

III Giornata Seminariale Progetto REFRESCOS
Giovedì 29 novembre 2012

**CARATTERIZZAZIONE DI FINITURE, STUDIO DI NUOVI
CONSOLIDANTI E ALLESTIMENTO DI PROVE SPERIMENTALI
PER LA VERIFICA DEL LORO COMPORTAMENTO IN OPERA.**



SPUNTI DI RIFLESSIONE

Aspetto “grigio” e liscio delle finiture applicate sulle pareti più esposte all’acqua *di stravento*, comune a numerose cappelle; a volte, tali finiture sono al di sotto di uno strato di pitturazione nei toni del giallo.

A tale **apparente omogeneità di aspetto**, corrisponde anche una **uniformità di composizione di materiali e di esecuzione tecnica?**

Nuova campagna di prelievo di campioni e di loro analisi

✓ **Lacune nelle finiture ad intonaco**

Metodi adeguati di integrazione sulla base delle conoscenze analitiche e tecniche

✓ **Intonaci decoesi (che *polverizzano*)**

Studio di consolidanti ibridi organici- inorganici

✓ **Ipotesi di prove sperimentali per verificare il comportamento degli intonaci e dei consolidanti in opera.**



IL COLORE GRIGIO COME DATO COMUNE A NUMEROSE CAPPELLE



Cappella 14



Cappella 25



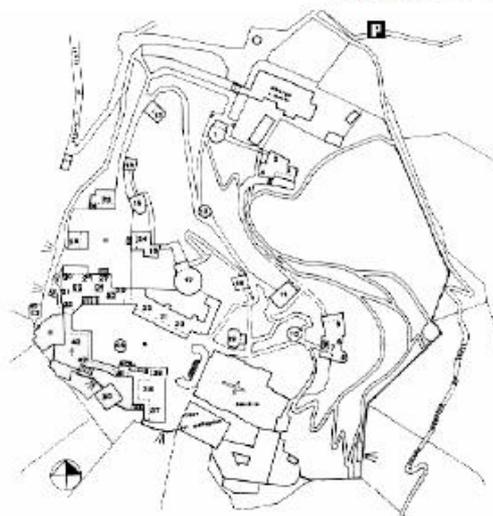
Cappelle 5 e 11



Cappella 17



Cappella 15



Cappella 17



Cappella 28



Cappella 13



Cappella 2



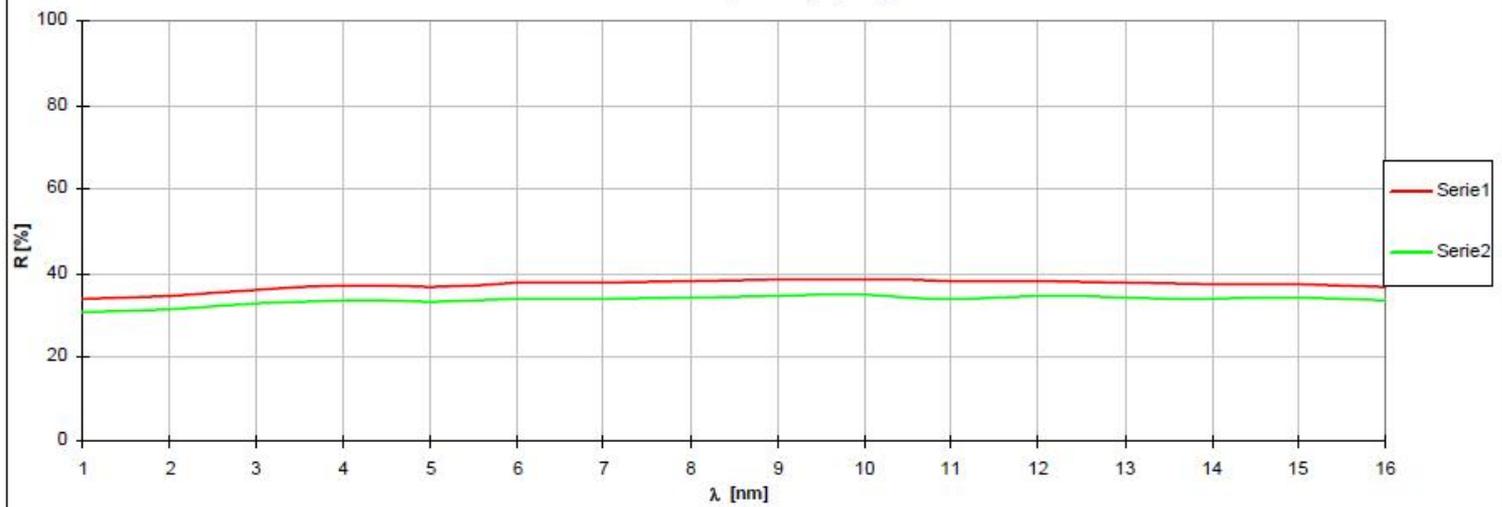
Cappella 36

IL RILIEVO COLORIMETRICO IN SITU

CAPPELLA 14

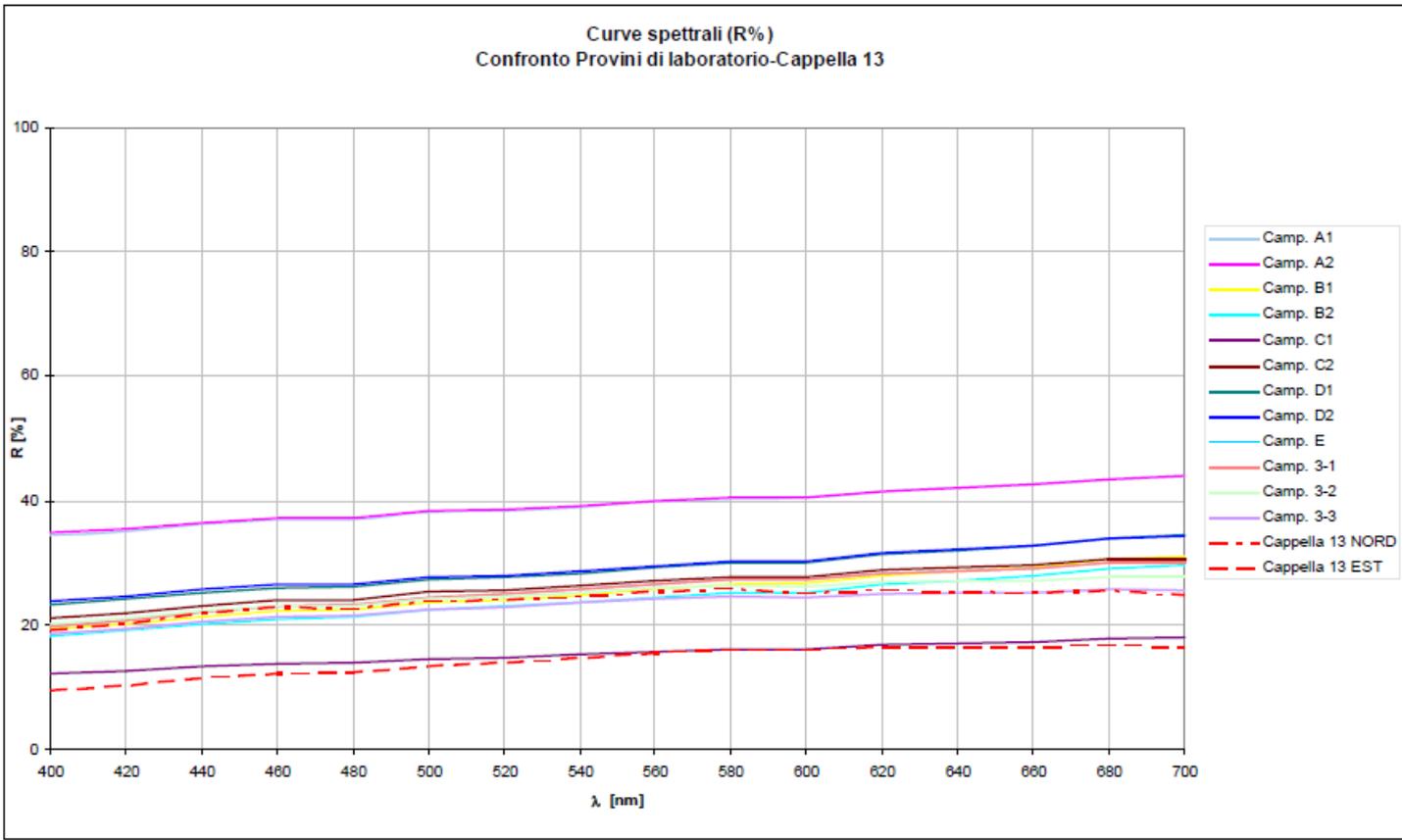


Curve spettrali (R%) cappella 14



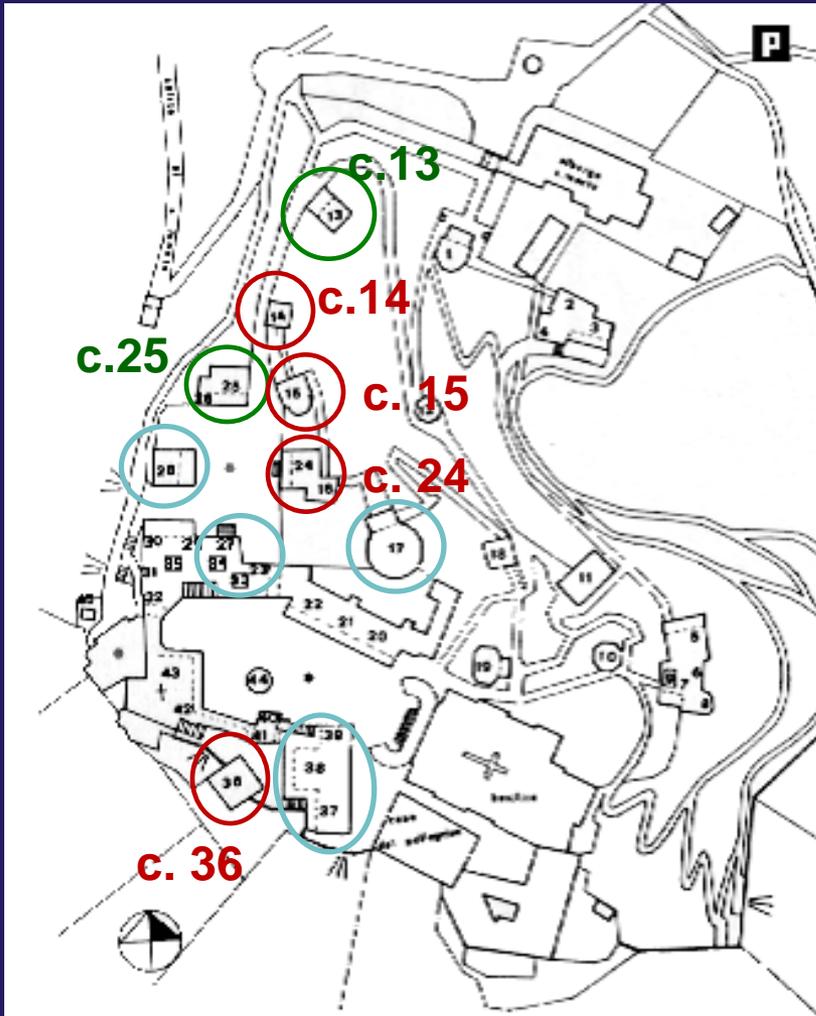
Sono stati rilevati i punti colorimetrici (coordinate CIE Lab) e le curve di riflettanza delle cappelle in cui è presente la finitura grigia.

CONFRONTI



Le coordinate e le curve rilevate di tutte le cappelle sono state confrontate con i quelle dei campioni creati in laboratorio.

LA NUOVA CAMPAGNA DI CAMPIONAMENTO: SCELTA DELLE CAPPELLE



Cappelle esaminate nell'anno 2010-2011



Cappelle esaminate nell'anno 2011-2012



Cappelle esaminate in anni precedenti

CAPPELLE 14 e 15.



Intonaci caratterizzati da numerose similitudini con quelli precedentemente analizzati (cappelle 13 e 25):

- ✓ la **superficie** estremamente **liscia e compatta**,
- ✓ il **colore grigio bluastr**
- ✓ l'**esposizione** (sul fronte maggiormente esposto all'azione dilavante dell'acqua di *stravento*),
- ✓ la **durabilità** (su di un arco temporale di secoli)

CAPPELLA 36



- Documenti d'archivio rispetto all'intervento del 1842
- Impiego del maciaferro e di frammenti di laterizio e "porcellane" nella finitura



Effetto estetico confrontabile / tecnologia differente

CAPPELLA 24

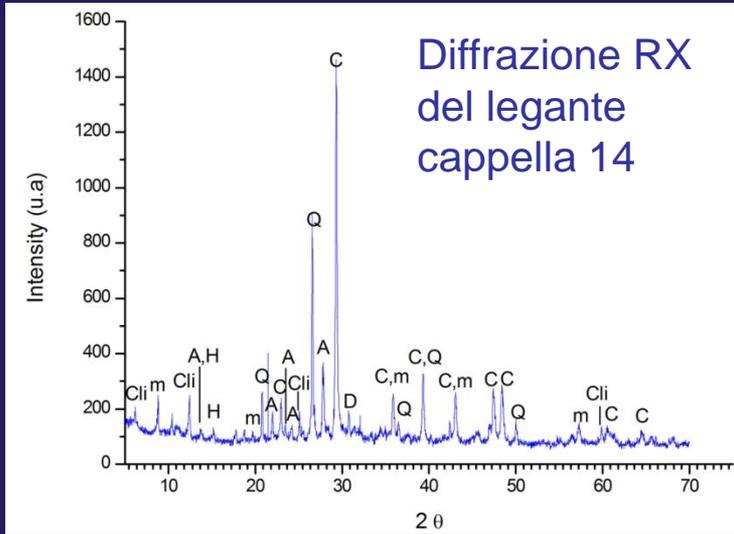


Diffuso degrado superficiale nonostante l'esposizione comune alle altre cappelle e un intervento conservativo recente



Impiego di materiale non idonei?
Presenza di agenti biodeteriogeni?

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INTONACI DELLE CAPPELLE 14 E 15.



Strato di arriccio:

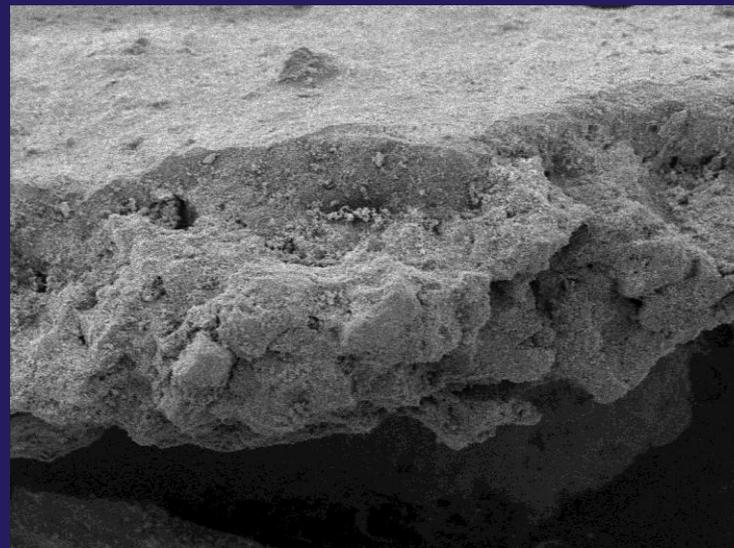
- Calce magnesiaca probabilmente proveniente dai dintorni del Monte Fenera
- Impiego di aggregati locali del fiume Sesia
- Sono presenti depositi di idromagnesite

Finitura:

Spessore inferiore alla finitura della cappella 13.
risultato estetico analogo

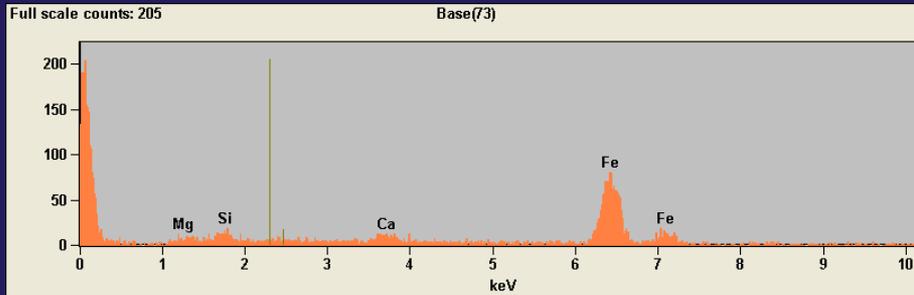


Microscopio	Voltaggio di Accelerazione	Distanza di Lavoro	Rilevatore	
-	20 kV	-	-	—20 µm—



Microscopio	Voltaggio di Accelerazione	Distanza di Lavoro	Rilevatore	
-	20 kV	-	-	—500 µm—

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INTONACI DELLA CAPPELLA 36.



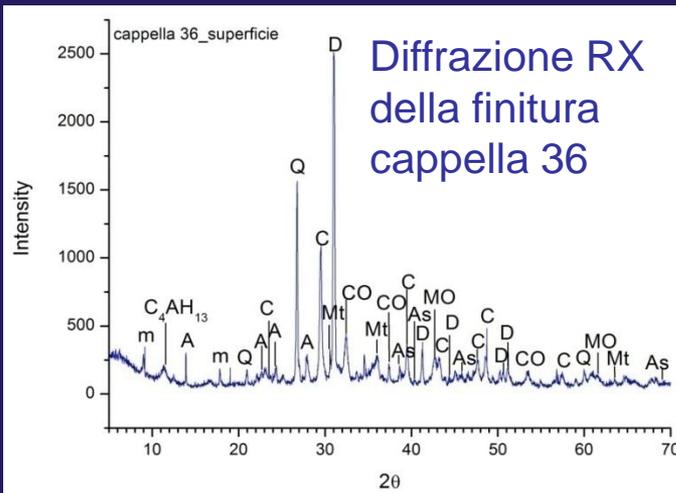
Element	F_1c14 (Weight %)	F_2c24 (Weight %)	F_2c36 (Weight %)	A_2c36 (Weight %)
Ca	76.13	53.01	5.68	58.19
Si	3.53	5.73	2.01	11.68
Mg	17.45	35.4	4.42	19.38
Al	2.88	/	/	2.52
Fe	/	5.86	87.23	8.23
S	/	/	0.65	/

Strato di arriccio:

- Calce magnesiaca e aggregati locali.

Strato di finitura:

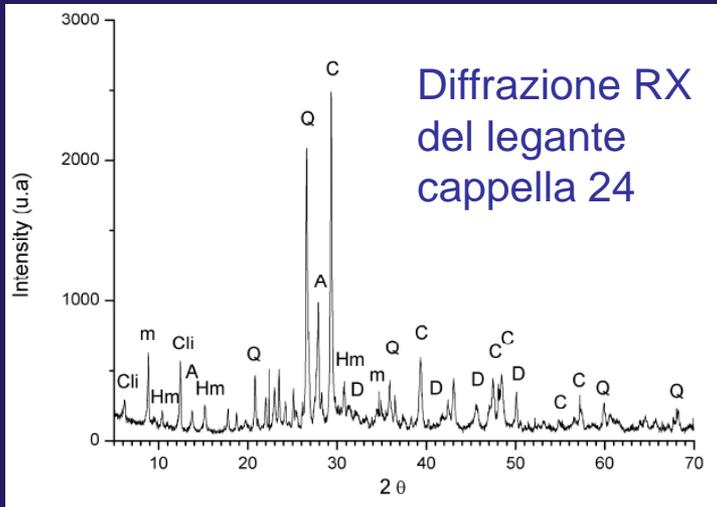
- Presenza di scorie ferrose, come evidenziato dalle analisi degli elementi
- Limitata reazione idraulica



“...la scoria che si separa dal ferro ribollito [...], ridotta in polvere tenuissima serve utilmente a rendere più consistente il cemento che si adopera in molti lavori architettonici, tra i quali gli idraulici esposti alle ingiurie del gelo [...]” da Archivi del proprietario e dell’agricoltore, 1837.

Anche il Milizia cita nel Trattato (1804) l’impiego dei *rosticci* per le superfici esposte all’acqua e al gelo.

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INTONACI DELLA CAPPELLA 24.

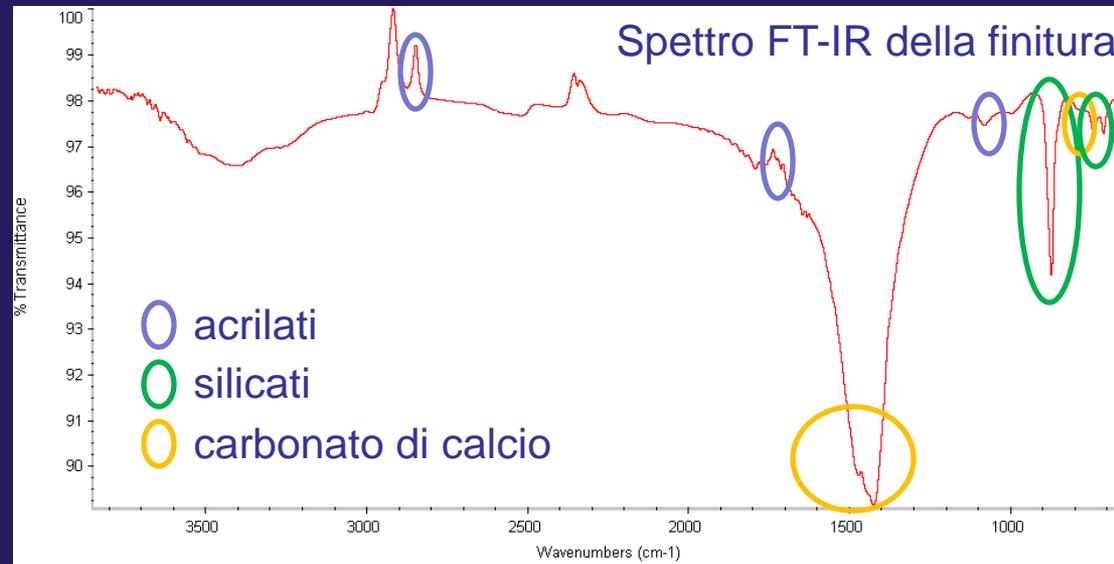
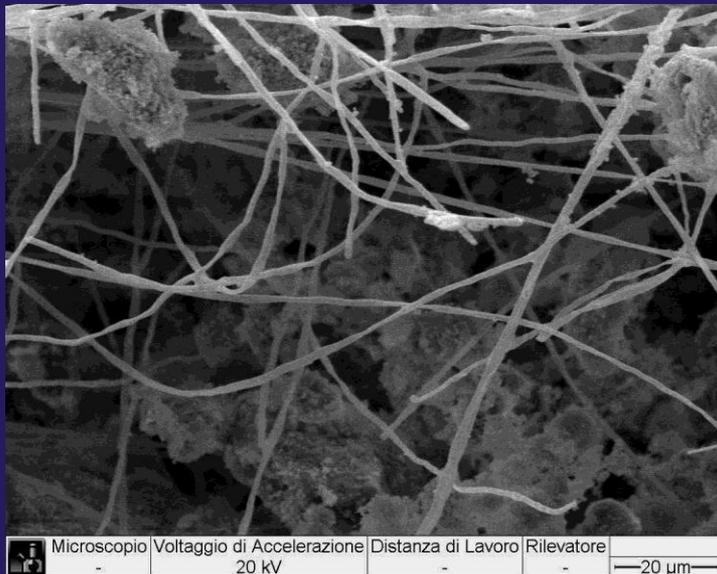


Strato di arriccio:

- Calce magnesiaca e aggregati locali.

Strato di finitura:

- probabile presenza di composti acrilici
- Ambiente idoneo alla formazione di agenti biodeteriogeni





IL CONSOLIDAMENTO CORTICALE

Trattamento in profondità finalizzato a ridare al materiale saldezza e continuità nelle sue caratteristiche fisico meccaniche; è volto a migliorare le caratteristiche di adesione e coesione tra i costituenti del materiale, cercando di **ristabilire le condizioni della materia prima del degrado**.

I REQUISITI DI BASE:

- Compatibilità fisica e chimica con il substrato
- Deve mostrarsi stabile
- Non deve ostruire le porosità
- Deve essere insolubile in acqua
- Deve mostrare stabilità chimica e termica alle radiazioni e ai microrganismi
- Non deve essere tossico né al momento dell'applicazione né successivamente



CONSOLIDANTI ORGANICI

CONSOLIDANTI INORGANICI



NUOVE ESIGENZE NELL'AMBITO DEL CONSOLIDAMENTO:



SOLVENTI:

Volatili

Tossici

Inquinanti

Limitano le proprietà consolidanti

AMMINE (normalmente impiegate nella polimerizzazione delle resine epossidiche):

Irritanti per la pelle

Sospetti cancerogeni

NANOMATERIALI:

non si possono trasferire le informazioni disponibili sugli stessi materiali in forma macro.

Si tratta di composti nuovi con proprietà proprie.

Il restauratore è un soggetto a rischio:

- INALAZIONE
- CONTATTO
- ACCUMULO

Riduzione dei prodotti tossici per un intervento più compatibile e più sostenibile



PERCHE' I MATERIALI IBRIDI?

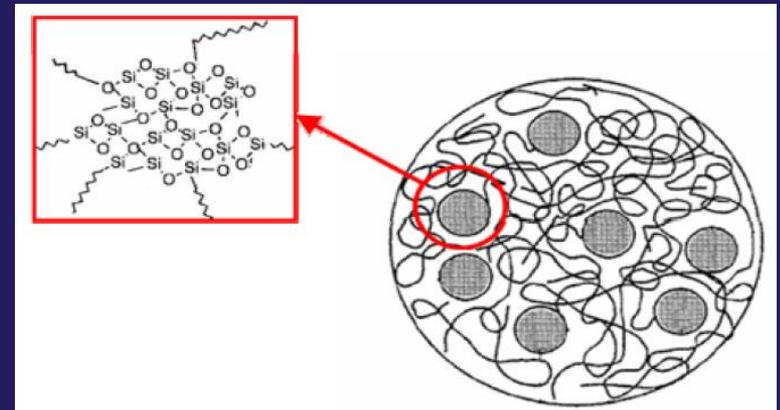
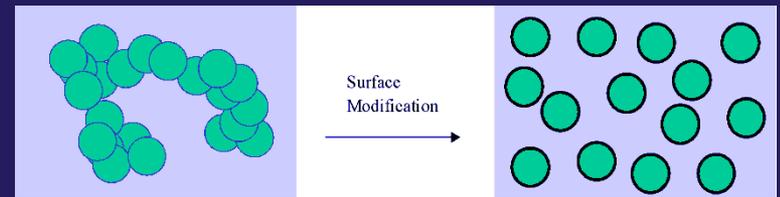
- i domini inorganici conferiscono durezza
- la matrice organica conferisce resistenza, flessibilità e in alcuni casi idrofobicità

COME OTTENERE I MATERIALI IBRIDI?

INTERAZIONE TRA LE 2 FASI

❑ Nanostrutture preformate incorporate nel polimero

❑ Generazione NEL polimero della fase inorganica



I MATERIALI IBRIDI: RESINE EPOSSIDICHE + SILICATO D'ETILE

Reticolazione e formazione delle particelle di silice con l'impiego di un acido (cationica)

La reticolazione dell'epossido può essere ottenuta tramite polimerizzazione cationica per apertura di anello iniziata da un acido.

In queste condizioni, i gruppi silossanici reagiscono **con l'umidità** e generando gruppi silanoli che condensano per formare un reticolo silossanico.

Quindi sia la polimerizzazione per apertura di anello che la reazione sol gel del TEOS sono catalizzate da un acido generato per via UV o termica, ottenendo **due benefici in un solo step**.

Sali di iodonio, itterbio, in seguito a una sollecitazione termica o UV originano un acido protonico che fa iniziare la polimerizzazione



NO AMMINE

Formazione IN SITU dei domini inorganici di dimensione nanometrica dispersi in modo omogeneo



NESSUN CONTATTO CON I NANO MATERIALI



LE FORMULAZIONI STUDIATE

1 Resina epossidica polisilossanica (TEGO RC 1411) + Itterbio

2 Resina epossidica cicloalifatica CE + Itterbio

AGGIUNTA DEL TEOS

- Contribuisce all'incremento delle proprietà meccaniche e della stabilità del film
- Permette di ridurre la viscosità senza impiegare solventi
- Il TEOS. Essendo incorporato nella matrice organica, non è soggetto a craccatura.

REQUISITI:

- Stabilità
- Compatibilità
- Basso contenuto di solventi
- Reticolazione a temperatura ambiente

1

VALUTAZIONE
DELLE PROPRIETA'
DEI FILM

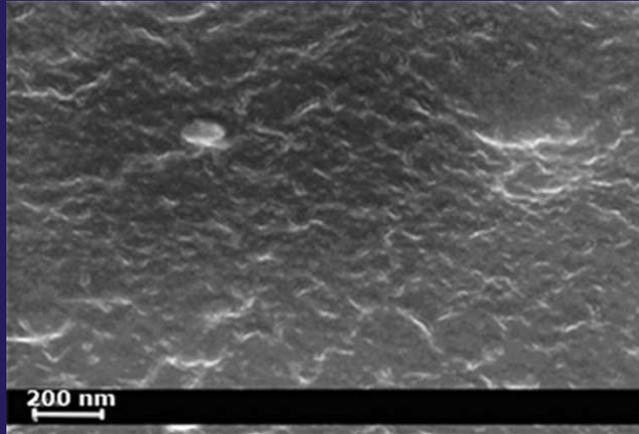
2

APPLICAZIONE A
PENNELLO SU
CAMPIONI DI
INTONACO

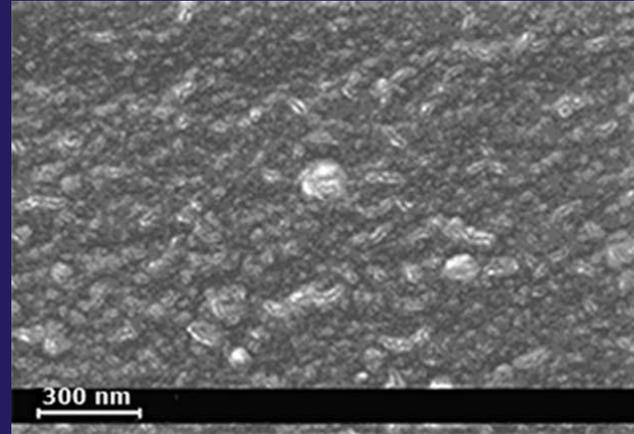
3

VALUTAZIONE
DEGLI INTONACI
CONSOLIDATI

CARATTERIZZAZIONE DEI FILM: OSSERVAZIONI FE-SEM

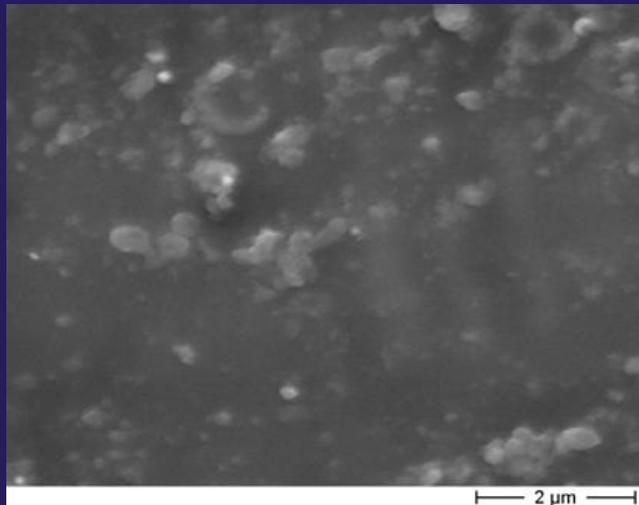


Pristine TEGO



TEGO + 40% TEOS

- I domini inorganici generati in situ sono ben dispersi nella matrice organica e con dimensioni nanometriche
- I cluster di silice hanno una dimensione media di 60–80 nm.



CE+CY+GPTS+40%TEOS

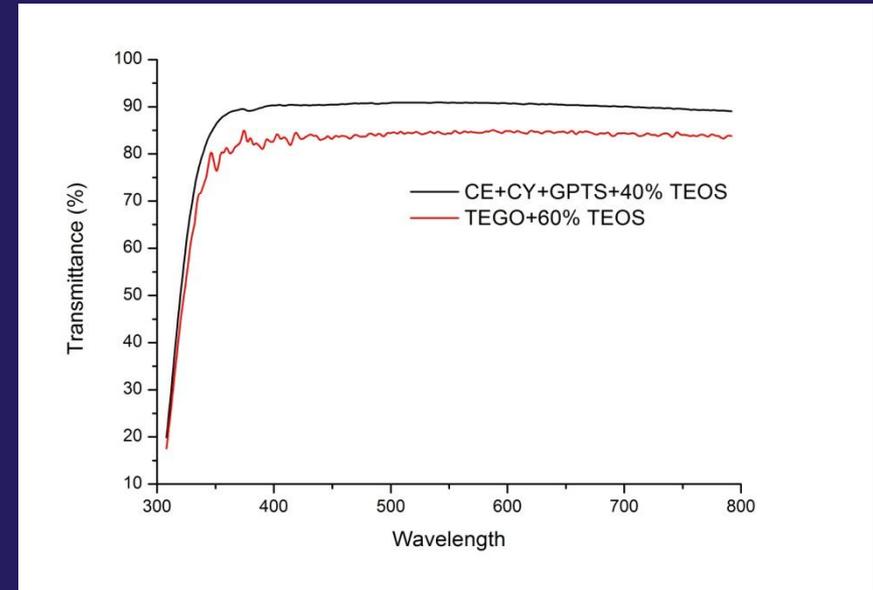
- I domini inorganici sono ben dispersi nella matrice organica
- I cluster di silice hanno dimensione sub-micrometrica
- Il diverso comportamento può essere dovuto alle condizioni ambientali e alle quantità di catalizzatore.



LE PROPRIETA' DEI FILM

In seguito all'aggiunta del TEOS (15-60% phr) si è verificato:

- incremento delle proprietà di adesione
- incremento della durezza superficiale
- incremento del comportamento termico
- formazione di film trasparenti
- l'angolo di contatto della resina polisilossanica è di circa 90° anche in presenza di elevate quantità di TEOS



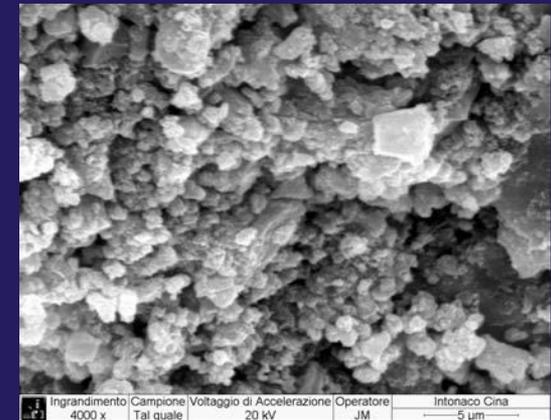
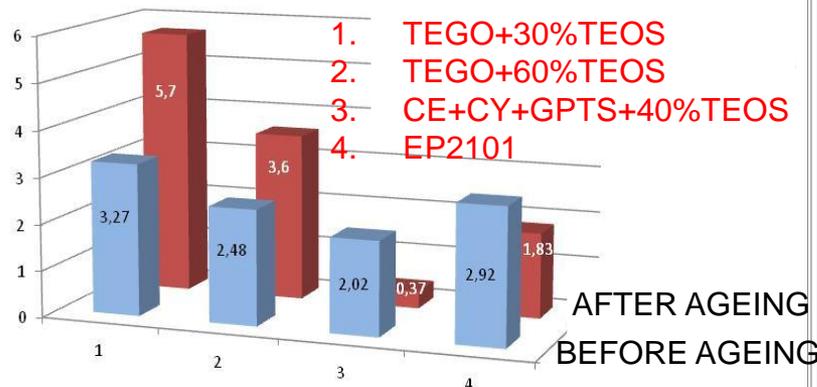
I film sono incolori e trasparenti alla luce visibile

APPLICAZIONE: I PRINCIPALI RISULTATI OTTENUTI

Le migliori performance sono state ottenute in seguito all'aggiunta del 40-60 % di TEOS:

- Riagggregazione dei grani
- profondità di penetrazione: 1,5 cm circa
- Porosità mantenute
- No coating superficiali
- Rallentamento della velocità di risalita capillare dell'acqua.
- Rallentamento del degrado nei cicli di invecchiamento salino
- Limitato ingiallimento e variazione di colore in seguito all'invecchiamento UV per 1000 h.

ΔE VARIATION



Cross Section X4000_ TEGO+60%TEOS





CONCLUSIONI RISPETTO AI 2 CONSOLIDANTI IBRIDI

VANTAGGI	LIMITI	FUTURI SVILUPPI
<ul style="list-style-type: none">• formazione di nanoparticelle di silice• no solventi• no reagenti tossici• tempo di reticolazione coerente con l'applicazione• buona capacità di riaggregazione• rispetto della porosità• buon comportamento in seguito all'esposizione UV e all'invecchiamento salino	<ul style="list-style-type: none">• I valori della Tg non sono ancora ottimali per la formulazione a base di CE• Non è noto il comportamento delle formulazioni applicate in situ e la stabilità in condizioni di invecchiamento reali.	<ul style="list-style-type: none">• Confronti con altri prodotti commerciali e con nanocompositi• Applicazione su una superficie esposta al degrado ambientale• Prove meccaniche• Ulteriore riduzione della Tg per il consolidante a base di CE

SPERIMENTAZIONE IN SEVERE CONDIZIONI AMBIENTALI

- ❖ Applicazione di diverse miscele di intonaco formulate sulla base degli studi condotti, confronti e valutazione del loro comportamento in opera (anche in relazione al requisito di aspetto)



- ❖ Produzione di campioni eseguiti correttamente e di campioni “difettosi”, a disposizione dei Ricercatori dell’INRIM per la messa a punto di sistemi di indagine non invasivi capaci di individuare fenomeni di distacco
- ❖ Applicazione di consolidanti e protettivi con formulazioni sperimentali: verifica del loro comportamento in condizioni di invecchiamento naturale.



PUBBLICAZIONI INERENTI L'ATTIVITA' SVOLTA

Anno 2011

- Formia, A.; Zerbinatti, M.; Tulliani, J.M.; Gomez Serito, M.; De Filippis, E., *Un particolare "intonaco liscio" al Sacro Monte di Varallo Sesia. Approccio pluridisciplinare di indagine per la riproposizione di interventi a carattere conservativo*, in GOVERNARE L'INNOVAZIONE. Processi, strutture, materiali e tecnologie tra passato e futuro, Bressanone, Convegno Internazionale di studi, 21-24 giugno 2011, pp. 635-644.
- Tulliani, J.M.; Formia, A.; Sangermano M., *Organic-inorganic material for the consolidation of plaster*, in: Journal of Cultural Heritage, vol. 12, a. 2011, pp. 364-371.

Anno 2012

- Serra, C.L.; Formia, A.; Zerbinatti, M.; Sangermano, M.; Tulliani, J.M., *Conservation of outdoor plaster finishes in an architectural complex: the case of the Sacro Monte di Varallo Sesia*, in: La conservazione del patrimonio architettonico all'aperto. Superfici, strutture, finiture e contesti, Bressanone, Convegno Internazionale di studi, 10 - 13 luglio 2012, pp. 857-867.
- Formia, A.; Serra, C.L.; Zerbinatti, M.; Sangermano, M.; Tulliani, J.M., *Application of new organic-inorganic materials as consolidants for the deteriorated plaster*, in: TechnoHeritage - International Congress on Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage, Santiago de Compostela (Spain), 2 - 5 ottobre 2012.