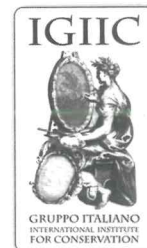


# Lo Stato dell'Arte<sup>13</sup>

CONGRESSO ANNUALE



22/24 ottobre 2015

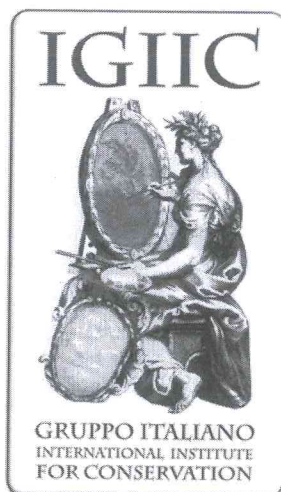
Centro per la Conservazione ed il Restauro dei Beni Culturali  
La Venaria Reale



NARDINI EDITORE

C.B.C. Soc. Coop.  
CONSERVAZIONE BENI CULTURALI  
Via Manzoni n° 26  
00185 - ROMA

ATT



XIII Congresso Nazionale IGIIC

## Lo Stato dell'Arte 13

Volume degli Atti

Centro Conservazione e Restauro La Venaria Reale – Torino  
22/24 ottobre 2015

Realizzato con il sostegno di



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TORINO



con il patrocinio di



ACCADEMIA BELLE ARTI  
BOLOGNA

#### COMITATO SCIENTIFICO

*Lorenzo Appolonia*, Soprintendenza Beni Culturali, Aosta  
*Paolo Bensi*, Università di Genova  
*Carla Bertorello*, Cooperativa CBC, Roma  
*Achille Bonazzi*, Università degli Studi di Parma  
*Giorgio Bonsanti*, Università degli Studi di Firenze  
*Giovanna Cassese*, Commissario straordinario MIUR  
*Sara Di Gregorio*, restauro pitture murali  
*Guido Driussi*, Chimico professionista, Venezia  
*Luciano Formica*, Accademia di Belle Arti di Brera  
*Augusto Giuffredi*, Accademia di Belle Arti di Bologna  
*Camilla Mazzola*, Studio e conservazione opere d'arte Milano  
*Gianluca Nava*, Nova Ars Restaurandi  
*Lorella Pellegrino*, Restauratrice  
*Rolando Ramaccini*, Coobec  
*Antonio Rava*, Restauratore, Rava & C., Torino  
*Ornella Salvadori*, Sopr. Speciale per il Patrimonio storico, ed etnoantropologico e per il Polo Museale della Città di Venezia

Si ringrazia per l'ospitalità e la collaborazione il Centro Conservazione e Restauro La Venaria Reale,  
*Michela Cardinali*, Direttore dei laboratori di restauro della Scuola di Alta Formazione e Studio (CCR) e  
*Rosanna Piervittori*, Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi Sede di Torino (UNITO)  
per l'apporto scientifico organizzativo

#### SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Dott.ssa Daniela Rullo – [daniela.rullo@igiic.org](mailto:daniela.rullo@igiic.org)  
IGIIC - Gruppo Italiano dell'International Institute for Conservation  
Via Valeggio, 18 - 10128, Torino  
[www.igiic.org](http://www.igiic.org) / [info@igiic.org](mailto:info@igiic.org)  
Tel. +39 0115533839

#### SEDE DEL CONGRESSO

Centro Conservazione e Restauro La Venaria Reale – Torino

#### EDITING e ELABORAZIONE GRAFICA

Daniela Rullo – IGIIC

In copertina: particolare della foto di Paolo Gili de "La Notte barbara" di Pinot Gallizio, in fluorescenza UV



NARDINI EDITORE  
ISBN9788840444543

## DALLA SPERIMENTAZIONE ALL'APPLICAZIONE: IL CONSOLIDAMENTO DI DIPINTI MURALI ROMANI AD ERCOLANO

Leslie Rainer\*, Mark Gittins\*\*, Francesca Piqué\*\*\*

\*Restauratore-conservatore di dipinti murali e Senior Project Specialist, Getty Conservation Institute, 1200 Getty Center Drive, suite 700 Los Angeles, CA 90049 USA. [lrainer@getty.edu](mailto:lrainer@getty.edu)

\*\*Restauratore-conservatore, CBC Conservazione Beni Culturali Soc. Coop. a r.l., Viale Manzoni 26, Roma, Italia. [m.gittins@cbccoop.it](mailto:m.gittins@cbccoop.it)

\*\*\*Restauratore-conservatore di dipinti murali e chimico, Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI), Via Trevano, CH-6952 Canobbio, Svizzera. [francesca.pique@supsi.ch](mailto:francesca.pique@supsi.ch)

### Abstract

Questo articolo descrive le procedure impiegate per la scelta di materiali e metodi per la stabilizzazione della pellicola pittorica di alcuni dipinti murali romani affetti da gravi problemi conservativi. Gli studi sono stati eseguiti nel contesto di una collaborazione fra il *Getty Conservation Institute*, la Soprintendenza Speciale per Pompei, Ercolano e Stabia e il *Herculaneum Conservation Project*.

L'intervento è stato eseguito su dipinti romani collocati in un ambiente semi-confinato negli scavi di Ercolano: il *tablinum* della Casa del Bicentenario. I dipinti, scoperti, portati alla luce, rimontati e restaurati negli anni 1938-39, presentano complessi fenomeni di degrado che includono estesa polverulenza e decoesione dello strato pittorico, e presenza di scaglie composte da spessi strati di colore impregnati di materiali cerosi. L'articolo descrive il procedimento seguito per risolvere i problemi del consolidamento; la selezione e il confronto di una serie di prodotti idonei; la procedura adottata per valutare in sito l'efficacia del trattamento e per paragonare i risultati ottenuti con diversi materiali; lo sviluppo di sistemi per l'applicazione del prodotto scelto (il silicato di etile); la documentazione dell'intervento; e la valutazione dei risultati un anno dopo l'applicazione.

### 1. Introduzione

Il *tablinum* della Casa del Bicentenario contiene raffinati e pregevoli dipinti murali che sono considerati tra le opere più importanti rinvenute negli scavi archeologici di Ercolano e tutt'ora in situ. Questi dipinti si presentano in uno stato di grave e incalzante degrado, con problemi di polverulenza e scagliatura, che stanno progressivamente portando alla perdita di questo inestimabile patrimonio. Il *Getty Conservation Institute*, seguendo un approccio metodologico in collaborazione con il *Herculaneum Conservation Project* (HCP) e la Soprintendenza Speciale per Pompei, Ercolano e Stabia (SSPES), ha intrapreso un progetto di restauro volto allo studio e alla conservazione delle superfici architettoniche decorate presenti in questo ambiente. Il progetto è stato messo a punto partendo da ricerche preliminari ed ha incluso: la valutazione dello stato di conservazione, lo studio dei materiali e delle tecniche, una serie di indagini diagnostiche, un sistema di monitoraggio ambientale per comprendere e affrontare le cause e i meccanismi all'origine del degrado dei dipinti murali, e una sperimentazione di vari trattamenti e la loro successiva implementazione.

Il *tablinum*, che misura 4 m x 4 m circa, si apre a nord verso l'atrio e a sud verso il peristilio del giardino della casa. Le da tre pareti principali, orientate approssimativamente ad est, sud ed ovest, sono tutte decorate con dipinti.

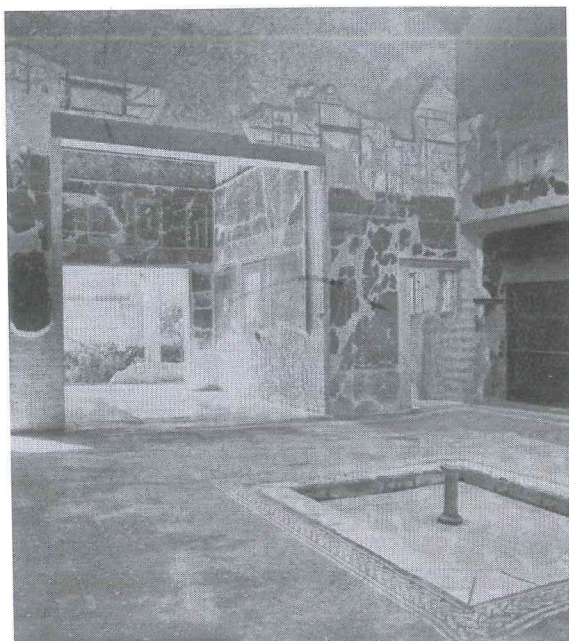


Figura 1: atrio e *tablinum* della Casa del Bicentenario, 1938



Figura 2: parete est del *tablinum*, 2012

Sulle pareti est ed ovest sono rappresentate scene figurative su un fondo monocromo dal colore predominante rosso. Varie aree del fondo sono ancora gialle, ma solo sulla parete est. Le zone rimaste in corrispondenza dello zoccolo sono dipinte su fondo di colore nero e sono presenti nella parte inferiore della parete est e sud, mentre i dipinti murali nella parte inferiore della parete ovest sono perduti. La parte centrale delle pareti esposte ad est e ad ovest è suddivisa da fasce verticali con decorazione a grottesche su fondo nero. Ogni pannello è decorato da una scena figurativa. Il fregio orizzontale che corre a metà altezza delimitando la parte superiore da quella inferiore delle pareti, raffigura amorini cacciatori e pescatori dipinti su fondo nero. La parte superiore dei dipinti, sopra al fregio, presenta elementi architettonici con sculture e figure che reggono ghirlande. La decorazione dello zoccolo rimane molto frammentaria sulla parete est e consiste in una fascia orizzontale con motivi geometrici e floreali su fondo nero. Tutte queste caratteristiche sono tipiche dei dipinti murali romani risalenti al Terzo e al Quarto stile e si ritrovano in altri scavi archeologici dell’area vesuviana come Pompei, Oplontis e Stabia.

## 2. Tecniche di esecuzione dei dipinti murali

I dipinti murali furono eseguiti originariamente su un muro costruito con blocchi di tufo (principalmente *opus reticulatum*) con una stesura dell’intonaco caratteristica della tecnica murale romana e variabile in base alla posizione e al tipo di decorazione (per una descrizione dettagliata di questa tecnica, vedi Mora, Mora, Philippot [1984] e Vitruvio [1985]).

Il fondo monocromo sembra essere stato applicato con la tecnica *a fresco*. Su questo fondo sono stati dipinti i medaglioni. Le fasce verticali nascondono le giunzioni di intonaco del fondo monocromo dei pannelli laterali e centrali. Il fregio è eseguito su uno strato di intonaco supplementare che copre la giunzione della pontata superiore e quella inferiore. Le scene rettangolari centrali sono state eseguite su uno strato di intonaco aggiunto. I colori degli elementi decorativi e delle scene figurative sono stati applicati, in strati spessi, probabilmente con un legante a base di calce (Piqué et al, 2015).

## 3. Storia fisica dei dipinti

Il *tablinum* della Casa del Bicentenario è stato portato alla luce nel 1938, nell’ambito della grande campagna di ‘scavi a cielo aperto’ condotta da Amedeo Maiuri. Con gli scavi è stato rimosso il materiale vulcanico solidificato che aveva ricoperto la casa e sono stati eseguiti importanti lavori strutturali sull’edificio. Durante gli scavi, parte dei dipinti murali riportati alla luce nel *tablinum* della Casa del Bicentenario si presentava in frammenti, mentre una parte, probabilmente, era rimasta adesa alle pareti. I frammenti furono riasssemblati, restaurati e rimontati sulle pareti originali o ricostruite, mentre i dipinti murali rimasti *in situ* furono stabilizzate sul posto. I dipinti della parete ovest sembrano essere rimasti per lo più adesi e presentano solo qualche limitata zona di frammenti rimontati. Sulle pareti est e sud invece sembra che i dipinti siano per la maggior parte costituiti con frammenti rimontati. Di conseguenza l’attuale stratigrafia presenta una

combinazione di intonaco originale e intonaco ricostruito durante gli interventi di Maiuri. Al momento della ricostruzione, sulla superficie dei dipinti fu applicato uno strato di cera (Maiuri, 1938). I custodi degli scavi raccontano che i dipinti venivano trattati regolarmente con applicazione di paraffina sciolta in benzina, come intervento di manutenzione e per migliorare la leggibilità delle pitture.

Il tetto posto al momento degli scavi sopra il *Tablinum* ha subito dei danni nel corso del tempo, causando per un periodo prolungato l'infiltrazione di acqua piovana direttamente sui dipinti e sulla pavimentazione musiva. La Casa del Bicentenario è stata uno dei luoghi più frequentati dai visitatori degli scavi di Ercolano fino agli anni '80, quando per problemi strutturali e per evitare pericoli alle persone venne chiusa al pubblico. Nel 2011, l'HCP e la SSPES hanno provveduto all'installazione di una nuova copertura ed è in corso un progetto di stabilizzazione e conservazione-restauro di tutta la casa che per il momento rimane chiusa al pubblico.

#### 4. Lo stato di conservazione dei dipinti

I principali problemi degli strati pittorici e della superficie erano l'estesa decoesione del fondo monocromo e i fenomeni di sollevamento delle parti figurative e decorative, con conseguente perdita di ampie porzioni di elementi figurativi e decorativi. Le scaglie si presentavano spesso fragili e indurite, con un substrato sottostante polverulento; in alcune zone, la pellicola pittorica era ricoperta da una dura crosta di colore bianco.

I problemi relativi alla decoesione della pellicola pittorica si sono rivelati alquanto complessi, data l'eterogeneità delle tecniche di esecuzione e dell'esposizione agli agenti ambientali, inoltre le infiltrazioni d'acqua dal tetto, la risalita capillare, gli interventi di restauri precedenti hanno avuto un effetto negativo sulle superfici. Nelle zone danneggiate dall'acqua o dai sali è evidente un fenomeno di disgregazione polverizzazione. Nonostante questo, nei punti in cui è visibile l'intonaco romano originale, lo strato superiore (intonachino) appare in condizioni abbastanza stabili. Le condizioni di degrado dell'intonaco e dei dipinti sono complesse e molto variabili, e possono essere distinte a grandi linee nelle seguenti categorie:

1. Polverizzazione della pellicola pittorica, con presenza di cera minima o nulla, in corrispondenza di zone affette da pregresse infiltrazioni d'acqua;
2. Fondo monocromo decoeso e ricoperto da uno spesso strato coeso di materiale ceroso;
3. Fondo monocromo decoeso e ricoperto da uno strato di materiale ceroso più sottile che presenta microscagliature; e
4. Polverizzazione degli strati preparatori al di sotto della pellicola pittorica coesa ma sollevata in scaglie (elementi decorativi e scene figurative).

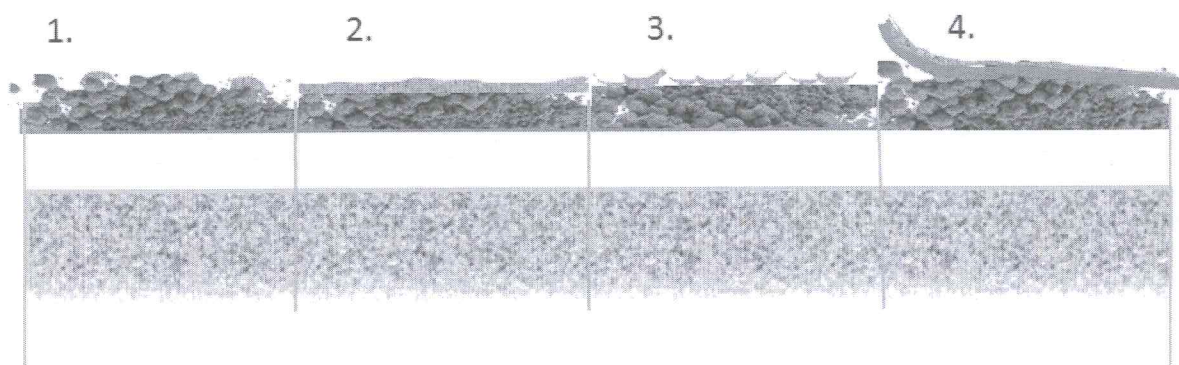


Figura 3: schema delle quattro condizioni di degrado della pellicola pittorica

#### 5. I criteri che hanno guidato l'intervento di consolidamento e la selezione dei materiali

Lo scopo dell'intervento di consolidamento, illustrato in questo articolo, è stato quello di stabilizzare e ridare coesione allo strato pittorico polverulento, ricoperto e impregnato da un materiale composto principalmente da paraffina, cera d'api e depositi superficiali. Durante la pianificazione dell'intervento, è stato ritenuto di importanza basilare affrontare innanzitutto il complesso problema della mancanza di coesione, descritto in precedenza, e trovare un metodo di consolidamento che consentisse la stabilizzazione del substrato e la riadesione delle scaglie di colore laddove necessario (soprattutto in corrispondenza degli elementi decorativi e delle scene figurative). I criteri alla base di questo intervento sono stati formulati tenendo presente le successive fasi di intervento e considerando la necessità di dover affrontare contemporaneamente la mancanza di coesione e la riadesione in alcune zone.

L’intervento conservativo ha inteso rispettare i criteri generali di minimo intervento, durabilità, ri-trattabilità e compatibilità (Cather 2006). Oltre a questi criteri validi in generale, sono stati identificati dei criteri specifici per i materiali consolidanti, al fine di definire le particolari proprietà funzionali (durante l’intervento) e di prestazione (nel tempo) richieste per questi dipinti; tali criteri hanno svolto un’importante funzione nella scelta preliminare dei consolidanti da valutare *in situ*. Le proprietà funzionali hanno incluso il medium utilizzato, la viscosità, il grado di penetrazione, la quantità depositata, il meccanismo e la velocità di presa del consolidante. Nel caso dei dipinti murali di Ercolano, la capacità di penetrare lo strato idrofobico che ricopre la pellicola pittorica è stata fondamentale [1]. I criteri di prestazione specifici per il consolidamento erano un efficace consolidamento, la stabilità nel tempo, la compatibilità con il sistema murale, una minima alterazione ottica, la resistenza al biodeterioramento, e la possibilità di effettuare operazioni successive..

Le proprietà che si richiedevano al materiale erano quindi:

- un’adeguata e omogenea coesione della pellicola pittorica, che offrisse al contempo la possibilità di ulteriori trattamenti;
- un’adeguata penetrazione dello strato ceroso, di spessore variabile; la profondità da consolidare includeva la pellicola pittorica e il primo strato (qualche micron) di intonaco, ma non oltre;
- la compatibilità con le proprietà fisiche e meccaniche dei dipinti originali;
- assenza di alterazioni dell’aspetto superficiale;
- nessuna aggiunta di componenti potenzialmente nocivi (come sali solubili o materiali con coefficienti di espansione e contrazione molto dissimili dall’originale);
- la ritrattabilità e la possibilità di riconsolidare nel tempo.

I criteri di compatibilità sono stati ritenuti di importanza fondamentale, sia per i risultati a breve termine che per quelli a lungo termine. Per i dipinti murali a base di calce spesso infatti si esclude l’impiego di composti organici polimerici, che in genere possiedono buone proprietà funzionali ma sono poco compatibili con un sistema inorganico come quello a base di calce. Nel caso del *tablinum*, data la presenza di un rivestimento organico costituito da strati di cera parzialmente penetrata nella pittura, la situazione era diversa. Il sistema pittorico presentava caratteristiche (come ad esempio una spiccata idrofobicità) simili a quelle dei questi composti organici che infatti sono stati presi in considerazione per i test preliminari [2].

## 6. Materiali: selezione iniziale e successiva cernita

In base ai criteri adottati per l’intervento, nella selezione iniziale sono stati inclusi consolidanti di origine sia organica che inorganica. Fra i materiali inorganici erano presenti diversi tipi di dispersioni di idrossido di calcio (ritenute le più compatibili con i costituenti originali dei dipinti murali) e consolidanti a base di silice (silice in dispersione e silicati di etile) compatibili con gli aggregati silicei e i le terre usate come pigmenti nei dipinti murali a base di calce. Fra i polimeri organici selezionati per test preliminari vi erano polimeri acrilici e vinilici. Anche se di natura diversa, questi materiali sono stati considerati potenzialmente accettabili, tenendo conto della massiccia contaminazione organica conseguente ai precedenti interventi eseguiti sulle opere. Stante la difficoltà con cui l’acqua sarebbe penetrata nella pellicola pittorica, sono stati scelti i polimeri applicabili tramite medium organico (in solvente organico o in dispersione alcolica).

I test preliminari sono stati condotti su piccole zone per valutare il grado di penetrazione degli agenti consolidanti, il loro aspetto e la loro efficacia nei confronti dell’intonaco e del colore pulverulenti. I materiali testati sono stati:

- Calosil IP25 (nano-dispersione di idrossido di calcio in isopropanolo)
- Calosil E50 (nano-dispersione di idrossido di calcio in etanolo)
- NanoRestore (nano-dispersione di idrossido di calcio in isopropanolo)
- NanoEstel (nano-dispersione di silice in acqua)
- SioXal A35 e Syton X30 (nano-dispersione di silice in acqua)
- Wacker-OH Ethyl silicate (silicato di etile parzialmente pre-polimerizzato)
- Acqua di calce (con funzione catalizzatrice) seguita da Wacker-OH
- Paraloid B-72, B44 e B48 in acetone e in MEK (metiletilchetone)
- Butvar B98 (butirrale polivinilico disciolto in alcol isopropilico/etanolo)
- Acril ME (dispersione acrilica in acqua ed etanolo)
- Primal E411 (dispersione di resina acrilica in acqua ed etanolo)

In base ai risultati ottenuti dai test iniziali, l’elenco dei consolidanti è stato ridotto. Come previsto, uno dei problemi principali con le dispersioni acquose era la difficoltà di penetrazione dello strato ceroso idrofobico. Le nano-dispersioni di idrossido di calcio tendevano a creare velature bianche sulla superficie senza fornire sufficiente coesione al sistema. L’efficacia dei polimeri organici si è rivelata generalmente insoddisfacente, ad

eccezione del Paraloid B72, con il quale sono stati ottenuti, in alcune zone, risultati accettabili, anche se con difficoltà di penetrazione nelle aree in cui la cera è più spessa. I risultati più promettenti sono stati ottenuti con il silicato di etile. Su suggerimento del prof. Rolf Snathlage, docente presso il *Naturstein, Bauchemie und Bauphysik in der Denkmalpflege*, oltre al prodotto originale Wacker OH (TEOS tetraethylorthosilicate, puro, parzialmente polimerizzato) sono stati provati due altri tipi di silicati di etile, il Remmers KSE 300, un silicato di etile puro parzialmente polimerizzato, e il Remmers KSE 300E, un silicato di etile elasticizzato parzialmente polimerizzato (con un gruppo funzionale aggiunto alla catena polimerica per conferire una maggiore elasticità al sistema consolidato). I successivi esperimenti si sono concentrati sui vari tipi di silicato di etile e sui diversi metodi di applicazione.

Uno dei problemi era come valutare l’effetto del consolidamento e come stabilire un confronto attendibile tra i vari campioni [3]. Secondo le schede tecniche del silicato di etile, il trattamento consigliato in caso di decoesione della pietra è quello di applicare il prodotto fino a “saturazione”. È apparso subito evidente, particolarmente considerando le ridotte dimensioni delle zone testate, come il concetto di saturazione fosse arbitrario e inadatto per un confronto dei risultati: la quantità di consolidante necessario per ottenere tale “saturazione”, infatti, dipendeva non solo dal grado di decoesione della pellicola pittorica, ma anche dal livello di porosità dell’intonaco sottostante, dal metodo di applicazione del prodotto, dalla velocità di applicazione e da svariati altri fattori. Di conseguenza, per determinare una base di confronto tra i test con i vari silicati di etile è stato utilizzato il concetto di dosaggio identico (volume di consolidante per unità di superficie) per tutti i materiali ed i test sono stati eseguiti su aree che presentavano lo stesso tipo di problema e la stessa entità del problema.

## 7. Procedure dei test

I test di consolidamento sono stati condotti sulle pareti est e ovest del *tablinum*, nonché in una sala adiacente con analoghi problemi di decoesione. Le prove sono state mirate a testare i consolidanti su diversi punti delle pareti per confrontare eventuali problemi dovuti alla diversità di condizioni della pellicola pittorica da consolidare. Le prove hanno interessato zone estese, in modo da valutare l’aspetto della variabilità locale in condizioni più evidenti su superfici di prova maggiori rispetto a superfici ridotte (<10 cm<sup>2</sup>); una zona di controllo è stata sottoposta a prove con solventi utilizzati durante i test preliminari, per stabilire se il solvente stesso fosse responsabile di alterazioni estetiche significative a carico dei dipinti ricoperti dallo strato ceroso (saturazione, sbiancamento, comparsa di effetto di lucidità sulla superficie).

## 8. Procedure di valutazione (test di consolidamento con tamponi)

Una volta consolidata un’area di prova, la valutazione dell’intervento veniva eseguita in modo da ottenere un confronto attendibile con le altre prove. Per questo motivo è stato messo a punto un apposito protocollo di valutazione delle zone testate, basato su un giudizio qualitativo della resistenza meccanica ottenuta dalla pellicola pittorica. La resistenza meccanica della pellicola pittorica è stata valutata con l’ausilio di due test, eseguiti in questo ordine:

- *Test con tampone asciutto*: un tampone è stato fatto rotolare avanti e indietro contro la superficie per 5 volte, esercitando una pressione moderata, ed è poi stato brevemente strofinato dall’alto verso il basso, sempre esercitando una pressione moderata.
- *Test con tampone bagnato*: la stessa procedura è stata eseguita con un tampone imbevuto di ligroina [4].

Per ridurre la variabilità durante le procedure di valutazione, sono stati impiegati tamponi disponibili in commercio (Puritan standard) e tutte le prove sono state eseguite dalla stessa persona. Per ogni test i risultati della resistenza meccanica sono stati giudicati nel modo seguente:

- 1-Ottimo = nessuna traccia di colore sul tampone
- 2-Buono = leggera presenza di colore (piccole tracce di pigmento polverizzato)
- 3- Discreto = tracce evidenti di pigmento polverizzato e/o una o due microscaglie
- 4-Mediocre = striatura di polvere sul tampone e/o diverse microscaglie o scaglie
- 5-Scadente = disintegrazione della pellicola pittorica, con notevole presenza di colore in polvere e in scaglie

In linea generale, se in un’area trattata il test con tampone asciutto si otteneva un risultato “mediocre” o “scadente”, il test con tampone bagnato non veniva eseguito e il risultato finale del trattamento era considerato insoddisfacente. Per contro, una valutazione “mediocre” al test con tampone bagnato non precludeva ulteriori prove con il consolidante impiegato se i risultati ottenuti al test con tampone asciutto si erano dimostrati validi. Malgrado la semplicità e la soggettività del metodo impiegato, i risultati ottenuti sono stati generalmente coerenti e utili a guidare le decisioni sulle successive prove da condurre. Una zona era considerata sufficientemente stabile e consolidata, e non richiedeva ulteriori interventi, se i risultati ottenuti erano 1-Ottimo o 2-Buono sia al test con tampone asciutto che al test con tampone bagnato. Le prove sono state eseguite nell’arco di vari periodi,



da luglio a dicembre 2013, mentre la valutazione delle zone trattate (spesso più di volta, per saggiare la ripetibilità della procedura) nel periodo da settembre 2013 a giugno 2014.

## 9. Risultati del programma di prove

In linea generale, tutte le resine sintetiche hanno dato risultati relativamente sovrapponibili, con uno scarso livello di penetrazione e un consolidamento moderato, in base alla concentrazione impiegata. Il Butvar B98 ha mostrato la peggiore penetrazione, mentre i tre Paraloid (B72, B44 e B48) hanno avuto un comportamento abbastanza simile tra loro. Per i test successivi si è deciso di utilizzare solo il B72, dal momento che i risultati erano stati uguali o migliori rispetto alle altre resine sintetiche e che questo materiale rimane il prodotto acrilico più stabile e più studiato.

Il B72 dimostrava un'efficacia accettabile laddove si richiedeva una scarsa penetrazione, come nelle zone caratterizzate da una polverizzazione superficiale della pellicola pittorica o della preparazione. Tuttavia, in presenza del rivestimento ceroso, la resina tendeva ad accumularsi in superficie, anche a concentrazioni estremamente ridotte (1% in acetone), senza consolidare il pigmento polverulento sottostante. Ciò ha portato all'abbandono del B72 come consolidante.

Tutti e tre i tipi di silicato di etile provati hanno ottenuto, nel complesso, risultati soddisfacenti. Il silicato di etile [5] è un liquido che, grazie alla sua bassa viscosità, riesce a penetrare efficacemente nei substrati porosi. Possiede inoltre una bassa pressione di vapore e di conseguenza non evapora immediatamente dal substrato [6]. Diversamente dalle resine acriliche, il silicato di etile non sembrava accumularsi in superficie e/o indurire la pellicola pittorica impregnata di cera. Durante il trattamento, anzi, le scaglie irrigidite si sono ammorbidite, cosa che ne ha agevolato l'appiattimento. Un altro vantaggio del silicato di etile consiste nella sua affinità con i materiali a base di silice; la maggior parte dei pigmenti da consolidare sono terre colorate contenenti silicati.

In queste prove, il silicato di etile si è rivelato l'unico materiale in grado di penetrare attraverso lo strato di cera e consolidare la pellicola pittorica sottostante. Uno dei problemi da affrontare è stato proprio quello di limitare la penetrazione di questo prodotto, dal momento che l'obiettivo del trattamento era quello di consolidare la pellicola pittorica e non l'intonaco sottostante che non ne aveva bisogno. Per limitare il consolidamento agli strati pittorici si è verificato che era meglio applicare il prodotto più volte a dosaggi inferiori piuttosto che in un'unica dose consistente. Inoltre, si è apparso evidente (dopo il test con tampone) che le zone più danneggiate richiedevano più di una applicazione e che era necessario ritrattare con silicato di etile fino a un massimo di tre volte. Tra un intervento e l'altro si lasciavano trascorrere almeno 21 giorni, in modo da consentire una presa adeguata del prodotto consolidante [7]. Per ogni trattamento eseguito sono stati registrati tutti i dettagli necessari: data e volume applicato per area trattata. Questo ha permesso di valutare il dosaggio, ossia la quantità di materiale utilizzato per unità di area.

In linea di massima, sulla base del metodo di valutazione con tampone asciutto e bagnato (descritto sopra), ogni trattamento con silicato di etile migliorava la stabilità della pellicola pittorica di un fattore 1. Pertanto, se una zona prima del trattamento era stata valutata di grado 3-Discreto, dopo il trattamento la valutazione diventava in genere di grado 2-Buono. Nel caso di zone con una valutazione iniziale di 5-Scadente, per ottenere un grado 2-Buono erano necessari almeno tre trattamenti.

Un altro effetto del trattamento con silicato di etile è stata la notevole riduzione dell'eccessivo sbiancamento delle superfici pittoriche. Non sappiamo fino a che punto questo effetto sia permanente, ma a 12-18 mesi dal termine dell'intervento non c'è traccia di sbiancamento sulle superfici trattate.

Considerate le condizioni conservative della superficie e utilizzando i metodi di valutazione sopra descritti, non sono state riscontrate differenze di particolare rilievo nel confronto tra i tre silicati di etile impiegati. A nostro avviso, il Wacker 100 tende a saturare maggiormente la pellicola pittorica rispetto agli altri prodotti, mentre il grado di consolidamento ottenuto con Remmers KSE300 pare essere leggermente inferiore. Va aggiunto inoltre che il terzo prodotto testato (Remmers KSE 300E) è un silicato di etile elasticizzato, quindi leggermente più flessibile degli altri due e, di conseguenza, forse più adatto al consolidamento di uno strato pittorico soggetto a condizioni ambientali estreme e fluttuanti. Per tali ragioni, si è deciso di scegliere il prodotto Remmers KSE 300E per stabilizzare la pellicola pittorica.

## 10. Implementazione del metodo di trattamento e sistemi di controllo utilizzati

I metodi descritti in precedenza sono quindi stati applicati per l'intervento su larga scala dei dipinti del *tablinum*, avviato a dicembre 2013 e proseguito, con vari cicli di trattamento, fino a maggio 2015.

### *Stabilizzazione dei fondi monocromi*

Durante le prove di trattamento, è stata stabilita una dose massima,  $2 \text{ l/m}^2$ , per il consolidamento iniziale dei fondi monocromi, avendo valutato che una quantità maggiore non avrebbe migliorato in modo significativo l'effetto finale. Inoltre, il trattamento veniva interrotto quando la superficie pittorica si saturava prima

raggiungere la dose massima prevista. L’intervento di consolidamento con Remmers KSE 300E è stato caratterizzato dalle seguenti fasi:

1. Se sufficientemente stabile, la superficie veniva pulita a secco con spugne morbide o pennelli a setole morbide e, laddove possibile, sottoposta a una pulitura preliminare con acqua e/o citrato di triammonio, applicati mediante spugne morbide. La superficie veniva lasciata ad asciugare completamente prima di applicare il consolidante.
2. Dopo aver misurato l’area della zona da trattare, si preparava la relativa dose massima di 2 l/m<sup>2</sup> di silicato di etile per l’applicazione.
3. La zona da trattare veniva ricoperta con fogli di carta giapponese, fissati in sede mediante una saldatura a punti con piccole quantità di ciclododecano, fuso mediante una punta metallica riscaldata (si è utilizzata una pistola per colla a caldo) [7].
4. Il volume predisposto di prodotto veniva applicato in modo uniforme sulla carta giapponese con un pennello. Come già detto, il trattamento non proseguiva in caso di saturazione. I dati relativi a tutte le applicazioni di silicato di etile sono stati registrati: le aree trattate, la data dell’intervento e la quantità utilizzata (da cui si è ricavato il dosaggio (l/m<sup>2</sup>)).
5. Al termine della applicazione del prodotto si lasciavano trascorrere circa 30 minuti per poi tamponare la superficie con cotone idrofilo imbevuto di acetone per rimuovere il silicato di etile in eccesso e appiattire le scaglie sollevate.
6. La carta giapponese veniva poi immediatamente rimossa.

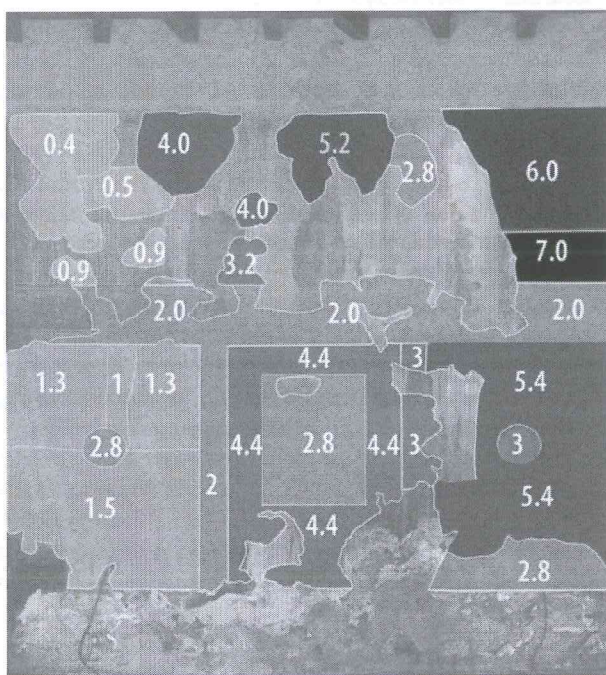


Figura 4: applicazione della quantità dosata di silicato di etile sulla carta giapponese. Figura 5: *tablinum*, parete est, indicazioni delle dosi totali di silicato di etile applicate (l/m<sup>2</sup>).

Il tempo di applicazione totale è stato generalmente di 30-60 min/m<sup>2</sup>. La quantità totale di silicato di etile assorbita per raggiungere un adeguato livello di consolidamento è stata estremamente variabile, non solo da una parete all’altra, ma spesso anche tra due zone adiacenti della stessa parete. Diversi fattori potrebbero spiegare questo fenomeno, ma ovviamente lo spessore e la condizione della pellicola pittorica e degli strati di cera sono quelli più importanti.

Dopo tre settimane, la zona trattata veniva valutata mediante i test con tampone e, se necessario, si procedeva a un secondo trattamento con silicato di etile, applicando le stesse procedure. Generalmente, una zona che poteva essere pulita solo con un pennello, già dopo un primo consolidamento poteva essere pulita con una spugna o addirittura con acqua. Generalmente le dosi di silicato di etile si riducevano notevolmente da un trattamento all’altro.

#### *Stabilizzazione delle scene figurative, dei medaglioni, del fregio e delle fasce verticali*

Data la tecnica e la struttura di queste superfici, i principali problemi di conservazione riscontrati differivano da quelli dei fondi monocromi. Questi dipinti sono composti da una serie di spessi strati di pigmento applicati su

uno strato di fondo. Gli strati di colore si presentavano sovente sotto forma di scaglie deformate, spesse e fragili. Il trattamento di queste scaglie richiedeva ovviamente un appiattimento preliminare prima della loro riadesione al substrato. Tuttavia, in genere anche il colore al di sotto delle scaglie risultava polverizzato e in gravi condizioni, e necessitavano di un consolidamento. Di conseguenza, il trattamento con silicato di etile ha interessato anche queste zone, al fine di stabilizzare lo strato pittorico sottostante e garantire il successo del successivo intervento di riadesione delle scaglie.

Il metodo adottato inizialmente era stato quello di bagnare la zona da trattare con un solvente non polare, attendere che la pellicola pittorica si ammorbidisse, quindi appiattire le scaglie tramite pressione con una pellicola di Melinex o carta giapponese e successivamente applicare il silicato di etile. Tuttavia, lo stesso silicato di etile si è rivelato l’agente più efficace per ammorbidire le scaglie per cui la fase di imbibizione preliminare è stata abbandonata, applicando lo stesso metodo utilizzato per il trattamento dei fondi monocromi. In queste zone il tempo di attesa è stato superiore, per consentire alle scaglie di colore indurite di ammorbidirsi prima di procedere con l’appiattimento; spesso è stata adoperata una spatola, sopra la pellicola di Melinex applicata sulla carta giapponese, per appiattire e fissare anche le scaglie più sollevate e deformate.

Pur non avendo un ruolo attivo nella riadesione delle scaglie al substrato, il silicato di etile è stato estremamente efficace per ammorbidire le scaglie deformate e consentire l’appiattimento e per consolidare i substrati sottostanti. Ciò ha consentito, in un secondo tempo, di procedere alla riadesione delle scaglie con un adesivo.

## 11. Risultati e osservazioni generali

### *Risultati ed efficacia del trattamento*

La valutazione delle singole aree è stata eseguita almeno tre settimane (il tempo di indurimento necessario) dopo il trattamento. Nel caso di risultati di grado 3-Discreto) o inferiore, la zona veniva sottoposta a un secondo trattamento.

In tutti i casi, il trattamento con silicato di etile ha prodotto un miglioramento in termini di resistenza meccanica delle pellicola pittorica; in linea di massima, un singolo trattamento con TEOS migliorava la resistenza meccanica di una zona di un fattore 1, secondo la scala di valutazione descritta in precedenza. Dato che alla maggior parte delle zone era stato assegnato un punteggio di 4 o 5 prima del trattamento, è stato inevitabile dover ricorrere a più di un trattamento.

In quanto alle condizioni dei dipinti, descritte nella parte 4, i risultati più immediati sono stati ottenuti quando la pellicola pittorica polverulenta non presentava che poche tracce di cera, e in presenza di una polverizzazione degli strati preparatori sotto le scaglie. Per esempio, nell’angolo est della parete sud dove, dopo due trattamenti con silicato di etile, il grado di valutazione della pellicola pittorica, inizialmente talmente fragile da rendere impossibile la pulitura preliminare, è passato da 5 ad 1 o 2.

Invece, com’era prevedibile, una grande quantità di cera sulla superficie pittorica sembrava ridurre l’efficacia del trattamento sebbene, come già menzionato, il silicato di etile ha migliorato la stabilità della pellicola pittorica in tutti i casi. Sembra anche che strati più spessi di pigmento richiedano un maggior numero di trattamenti per la stabilizzazione. Circa l’80% delle superfici ha richiesto un secondo trattamento e circa il 25% un terzo trattamento.

### *Variabilità di assorbimento e condizioni delle pareti e dei dipinti*

La quantità di silicato di etile assorbita per arrivare a saturazione tendeva approssimativamente a diminuire dal primo trattamento a quelli successivi; ciò indica che la porosità del substrato si riduceva man mano con il consolidamento. Per esempio, una zona nella parte superiore della parete sud non ha raggiunto la saturazione neanche dopo aver assorbito la dose massima di  $21/m^2$  durante il primo trattamento; con il secondo trattamento, la dose applicata è stata ancora quella massima di  $21/m^2$  ma la superficie appariva completamente satura; nel terzo trattamento, la zona ha assorbito solo  $1,21/m^2$  prima di raggiungere la saturazione.

Tuttavia, come già affermato in precedenza, è stata osservata una notevole variabilità in termini di dose applicata per raggiungere la saturazione non solo fra una parete e l’altra, ma anche spesso tra due zone adiacenti sulla medesima parete. Questo comportamento potrebbe essere spiegato in vari modi. Le zone che hanno subito gravi danni dovuti all’acqua hanno assorbito nel complesso una quantità di silicato di etile notevolmente maggiore rispetto alle zone non danneggiate o dove i danni sono stati minimi; ciò è probabilmente dovuto all’aumento della porosità della pellicola pittorica ma anche dell’intonaco sottostante. Altri fattori che sembrano avere un nesso con il grado di assorbimento sono lo spessore e lo stato di degrado dello strato ceroso sopra la superficie pittorica, lo spessore degli strati di colore e la collocazione dei dipinti sopra un intonaco rimontato da frammenti riassemblati (maggiore assorbimento) oppure un intonaco apparentemente rimasto intatto durante gli scavi (minore assorbimento). Data questa eterogeneità, la quantità totale di silicato di etile applicata per metro

quadrato è variata da un minimo di 0,3l/m<sup>2</sup> (un’unica applicazione) fino ad un massimo di 7l/m<sup>2</sup> (quattro applicazioni).

#### *Aspetto*

Prima del trattamento con silicato di etile i dipinti presentavano un aspetto notevolmente sbiancato, come accennato in precedenza, probabilmente dovuto per lo più a difetti e deterioramenti dello strato di cera superficiale applicato in passato e responsabile di un effetto di riflessione diffusa. Nel periodo immediatamente successivo al trattamento, i colori dei dipinti sono apparsi molto più saturi, un effetto che tende leggermente a ridursi col tempo anche se, a più di un anno dall’intervento, i dipinti mantengono ancora un aspetto decisamente migliore. Ciò potrebbe essere in parte dovuto alla rimozione dello sporco durante la pulitura delle superfici, considerato il notevole effetto di ammorbidimento della cera sui dipinti del *tablinum* osservato durante il trattamento con silicato di etile; tuttavia, è possibile che le cause siano da attribuire al parziale rigonfiamento della superficie cerosa e alla seguente “riformazione” e chiusura delle microfratture superficiali della cera. Perfino nelle zone in cui non è stato possibile effettuare la pulitura preliminare della cera, è possibile osservare un notevole aumento della saturazione. E’ possibile che si tratti di un effetto temporaneo, che si affievolirà nel tempo con il riavviarsi del processo di degradazione della cera superficiale.

## 12. Conclusioni

Il silicato di etile è risultato il miglior agente consolidante tra quelli esaminati ed ha prodotto in tutti i casi dei miglioramenti alla pellicola pittorica polverulenta. Il silicato è in grado di penetrare il rivestimento ceroso e di consolidare la pellicola pittorica sottostante caratterizzata da una stratigrafia complessa ed eterogenea, con elementi originali e aggiunti, e da uno stato di conservazione molto problematico.

Il silicato di etile rientra nei criteri definiti per un intervento di consolidamento adeguato nel rispetto dei materiali originali: consente il ritrattamento ed interventi conservativi successivi, come la riadesione delle scaglie pittoriche, la riduzione degli strati cerosi, e la pulitura delle superfici. Nonostante il consolidamento con silicato di etile riduca in una certa misura la porosità delle superfici, queste rimangono sufficientemente porose da consentire ulteriori interventi anche dopo quattro trattamenti consecutivi [9].

È possibile che l’efficacia del consolidamento sia legata all’affinità tra il silicato di etile e i pigmenti, terre rosse e gialle ricche di silicati, presenti nei fondi monocromi e in molte altre parti delle decorazioni pittoriche. [10]

Inoltre, sebbene non previsto, il silicato di etile è stato molto efficace ad ammorbidire le fragili scaglie di colore deformate, consentendone l’appiattimento prima di procedere alla successiva riadesione al substrato di intonaco.

Il trattamento ha presentato alcuni inconvenienti. Nonostante la pulitura preliminare delle superfici e il convincimento che il silicato non si sarebbe legato allo strato ceroso, sembra che in alcune zone si siano verificati dei fenomeni di intrappolamento di contaminanti, la cui rimozione potrebbe risultare difficile nel caso in cui si siano legati in un reticolo a base di silicato. Inoltre, come previsto, il silicato non è riuscito a consolidare le zone in cui l’intonaco è ricco di sali, dove sarà necessario intervenire con un altro consolidante.

La durabilità del consolidamento con il silicato di etile non è chiara data la carenza di studi sistematici per verificare il consolidamento nel tempo soprattutto nel caso di intonaci dipinti. Tuttavia, la letteratura sul consolidamento della pietra (sia carbonatica che silicatica), basata su studi di laboratorio e su prove sul opere reali *in situ*, ha emesso un parere abbastanza favorevole nei confronti della stabilità a lungo termine (10-20 anni) del materiale, a condizione che il prodotto sia stato applicato in modo corretto e su superfici lapidee adatte, e che una volta consolidate, tali superfici non siano soggette a processi di deterioramento aggressivi e ininterrotti (Wheeler 2005).

Nel complesso, il trattamento è risultato comunque efficace: dopo 18 mesi dall’intervento, le superfici pittoriche consolidate sono rimaste stabili ed è stato possibile intervenire con ulteriori trattamenti, non solo di consolidamento ma anche di fissaggio della pellicola pittorica sollevata e di riduzione dello strato ceroso che la ricopre. Fortunatamente, si prevede che l’équipe di restauro proseguirà con il trattamento completo dei dipinti nei prossimi anni e il monitoraggio delle superfici pittoriche continuerà ancora per diversi anni. Sarà dunque possibile fornire un aggiornamento su un metodo di consolidamento che finora ha dato risultati promettenti per la risoluzione di una serie di problemi conservativi complessi.

#### Note

[1] A causa della presenza dello strato ceroso, le misurazioni dell’assorbimento di acqua allo stato liquido, eseguite col il metodo della spugna di contatto in alcune zone non affette da efflorescenze saline, ha mostrato valori di assorbimento molto bassi, e vicini allo zero per unità di superficie.

[2] Consolidamento e adesione sono spesso interventi strettamente correlati; nel caso in cui è stato previsto un trattamento di adesione, si è considerato l’impiego di polimeri organici in aggiunta ai consolidanti inorganici.

[3] La valutazione *in situ* dell’efficacia di un trattamento è sempre problematica. Vedi J. Meinhardt et al (2012) per una descrizione dei metodi potenzialmente utilizzabili per una valutazione del trattamento *in situ*.

[4] Questa prova è stata effettuata per simulare un intervento programmato di riduzione dello strato ceroso, dove sarà impiegato probabilmente un solvente non polare come la ligroina.

[5] Numerosi sono i testi che descrivono la chimica elementare del silicato di etile e i relativi meccanismi di consolidamento. Vedi per es. Borgioli (2006) pp. 46-58 e Siegesmund, (2014).

[6] Vedi Wheeler (2006), p. 16. Dopo la penetrazione, il silicato di etile si idrolizza abbastanza rapidamente all’interno del substrato, formando un gel che si solidifica, consolidando la pietra.

[7] Rolf Snethlage (comunicazione privata) ha suggerito che un ritrattamento prematuro impedirebbe un consolidamento corretto. Questa opinione è suffragata dai dati pubblicati da De Clerq (2007).

[8] La carta giapponese è stata necessaria per proteggere la superficie pittorica dall’azione meccanica del pennello poiché, anche in assenza di aree di pittura polverulenta, il silicato di etile ammorbidiva la pellicola pittorica coperta dalla cera.

[9] Per una breve discussione sull’importanza della ritrattabilità rispetto alla reversibilità di un trattamento, vedi Doehne (2010), pp. 55-56.

[10] Il pigmento nero presente nelle fasce verticali e sul fregio, a base di carbonio, rimane estremamente fragile e polverulento anche dopo il trattamento con silicato di etile, e non sembra essersi consolidato del tutto.

#### Bibliografia

1. Borgioli, Leonardo, *“Polimeri di sintesi per la conservazione della pietra”*. Il Prato, Padova, 2002, pp. 46-58.
2. Cather, Sharon, *“Trans-technological methodology: setting performance criteria for conserving wall paintings”*. In *“Proceedings of the International Seminar: Diagnosis, conservation and restoration of far Asian mural paintings: when east and west encounter and exchange”*, Ravenna, 28-29 May 2004, Longo Editore, Ravenna, 2006, 89-95.
3. De Clerq, Hilde, Stefania De Zanche and Guido Biscontin. *“TEOS and Time: The Influence of application schedules on the effectiveness of ethyl silicate based consolidants.”* in Guido Biscontin, Guido Driussi (ed) *Scienza e beni culturali XXIII, 2007: Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi. Atti. Convegno di studio Bressanone 10-13 luglio 2007*, pp. 171-180.
4. Doehne, Eric and Clifford Price. *“Stone conservation, an overview of current research”*. 2<sup>nd</sup> ed. Los Angeles, Getty Conservation Institute, 2010, pp. 55-56.
5. Maiuri, Amedeo, *“Giornale di Lavoro,”* np, 1938.
6. Meinhardt, Jeannine, Rolf Snethlage and Michael Auras, *“Natural Stone Monitoring: Investigating methods for a reliable evaluation of the effectiveness of conservation measures,”* In *“Proceedings of the 12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone,”* Columbia University, New York, 2012.
7. Mora, Paolo, Laura Mora, and Paul Philippot, *“The Conservation of Wall Paintings,”* Butterworths, London, 1984, pp. 97-100.
8. Piqué, Francesca, Emily MacDonald-Korth and Leslie Rainer, *“Beyond Iconography: Materials, Methods, and Meaning in Ancient Surface Decoration,”* In *“Selected Papers on Ancient Art and Architecture,”* vol. 1, Archaeological Institute of America, Boston, 2015, pp. 57-76.
9. Pollio, Vitruvius, *“On Architecture, book VII,”* translated by Frank Granger, Harvard University Press, Boston, 1985, pp. 91-95.
10. Siegesmund, Siegfried and Rolf Snethlage, Editors, *“Stone in Architecture: Properties, Durability”* 5th ed. Springer, Berlin, 2014.
11. Wheeler, George. 2005. *“Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone”*. Getty Publications, Los Angeles, 2005, pp. 89-106.