



CITTA' DI CHIOGGIA

PIANO PARTICOLAREGGIATO DEI CENTRI STORICI

ai sensi delle L.R. 80/1980, 61/1985, 11/2004

APPENDICE II – Tecniche di intervento

Progettisti incaricati:

arch. Anna De Palma
arch. Elena Marchigiani
arch. Angelo Sampieri

Collaboratori:

arch. Keoma Ambrogio
arch. Carla Arcolao
restauratore Fabio Bevilacqua
arch. Nicoletta Bevilacqua
arch. Silvia Bizzarri
geol. Gian Carlo Grillini
arch. Lucina Napoleone
arch. Sebastiano Roveroni
arch. Rita Vecchiattini

Elaborazione:

SETTORE URBANISTICA

Ufficio Piani Attuativi

Dirigente: dott. Gianni Favaretto
Istruttore: arch. Fernando Sambo
Istruttore: Oscar Ballarin
Coordinatore: arch. Riccardo Bruni

Il Sindaco

arch. Alessandro Ferro

L'Assessore all'Urbanistica

arch. Alessandra Penzo

Il Segretario Generale

Dott. Michela Targa

Introduzione

1. Pulitura

- 1.1 Premessa
- 1.2 Trattazione schematica delle tecniche
 - 1.2.1 *Materiali lapidei*
 - 1.2.2 *Materiali lignei*
 - 1.2.3 *Materiali metallici*

2. Consolidamento

- 2.1 Premessa
- 2.2 Trattazione schematica delle tecniche
 - 2.2.1 *Preconsolidamento*
 - 2.2.2 *Consolidamento corticale e incollaggio dei materiali*
 - 2.2.3 *Consolidamento strutturale*

3. Deumidificazione

- 3.1 Premessa
- 3.2 Trattazione schematica delle tecniche
 - 3.2.1 *Sifoni atmosferici o aeratori drenanti*
 - 3.2.2 *Deumidificazione col metodo delle barre polarizzate*
 - 3.2.3 *Depolarizzazione elettromagnetica*
 - 3.2.4 *Intercettazione capillare*
 - 3.2.5 *Elettrosmosi attiva*
 - 3.2.6 *Elettrosmosi passiva*
 - 3.2.7 *Drenaggio perimetrale e pozzi assorbenti*
 - 3.2.8 *Applicazione di intonaco macroporoso*
 - 3.2.9 *Deumidificazione mediante taglio della muratura*
 - 3.2.10 *Riduzione dei ponti termici*
 - 3.2.11 *Vespajo orizzontale*
 - 3.2.12 *Impermeabilizzazione verticale*
 - 3.2.13 *Intercapedine orizzontale o vespajo a camera d'aria*
 - 3.2.14 *Intercapedine interna con «contromuro»*
 - 3.2.15 *Trasformazione di sali*

4. Disinfestazione

- 4.1 Premessa
- 4.2 Trattazione schematica delle tecniche
 - 4.2.1 *Materiali lapidei*
 - 4.2.2 *Materiali lignei*

5. Integrazione e sostituzione

- 5.1 Premessa
- 5.2 Trattazione schematica delle tecniche
 - 5.2.1 *Risarcimento dei giunti di malta*
 - 5.2.2 *Tassellatura dei materiali lapidei*
 - 5.2.3 *Integrazione e consolidamento mediante il cosiddetto «cuci-scuci»*
 - 5.2.4 *Modellazione in opera con impasti a base di resine sintetiche*
 - 5.2.5 *Integrazioni di parti lacunose mediante formatura di impasti in opera*
 - 5.2.6 *Integrazione dei mattoni alveolizzati o erosi*
 - 5.2.7 *Integrazione di fratture e di piccole cavità con materiali in pasta*
 - 5.2.8 *Stuccature di elementi lapidei*
 - 5.2.9 *Preparazione delle malte di calce nelle integrazioni*
 - 5.2.10 *Macrostuccature o rappezzi eseguiti con malta*
 - 5.2.11 *Stuccature salvabordo lacune di intonaco*
 - 5.2.12 *Integrazione cromatica mediante tinteggiatura*
 - 5.2.13 *Integrazione di pavimento alla veneziana in calce*
 - 5.2.14 *Integrazione di pavimento alla veneziana in cemento*

- 5.2.15 *Integrazione e consolidamento di controsoffitti intonacati*
- 5.2.16 *Integrazione di stucchi con modellazione in opera di materiale plastico*

6. Smontaggio e rimontaggio

6.1 Premessa

6.2 Trattazione schematica delle tecniche

- 6.2.1 *Smontaggio e sostituzione parziale o totale del telaio fisso di porte e finestre*
- 6.2.2 *Smontaggio e rimontaggio di pavimenti*
- 6.2.3 *Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura*
- 6.2.4 *Demolizioni e rimozioni parziali di manufatti architettonici*

7. Protezione

7.1 Premessa

7.2 Trattazione schematica delle tecniche

- 7.2.1 *Materiali lapidei*
- 7.2.2 *Materiali lignei*

8. Manutenzione

8.1 Premessa

8.2 Trattazione schematica delle tecniche

- 8.2.1 *Manutenzione di pavimenti alla veneziana*
- 8.2.2 *Manutenzione dei pavimenti in cotto*
- 8.2.3 *Manutenzione dei pavimenti e dei rivestimenti lignei*
- 8.2.4 *Manutenzione dei pavimenti di marmo, pietra*
- 8.2.5 *Manutenzione di tetti e coperture*
- 8.2.6 *Riparazione e manutenzione di infissi ignei*
- 8.2.7 *Manutenzione di elementi metallici*

9. Proposta di intervento conservativo della facciata di un edificio con intonaco tradizionale (Calle Fabris 823 – Chioggia).

- 9.1 *Dati Edificio*
- 9.2 *Documentazione fotografica*
- 9.3 *Indicazioni sullo stato di conservazione*
 - 9.3.1 *Analisi dei fenomeni di degradazione della facciata*
- 9.4 *Le analisi sui materiali costitutivi*
- 9.5 *Obiettivo intervento*
- 9.6 *Fasi operative*
- 9.7 *Descrizione sintetica delle fasi operative*

10. Bibliografia

- 10.1 *Testi generali*
- 10.2 *Testi specifici*

11. Glossario

Nota

Le premesse, la bibliografia tematica e il glossario sono a cura di Lucina Napoleone.

Il capitolo *Proposta di intervento conservativo della facciata di un edificio con intonaco tradizionale* è a cura di Fabio Bevilacqua.

Introduzione

L'appendice "Tecniche di intervento" fornisce indicazioni sulle principali procedure operative in uso negli interventi di recupero dell'edilizia storica. L'importanza e l'attualità dell'argomento del recupero dei centri storici deriva dal fatto che gli interventi che si compiono in tale ambito devono rispettare alcuni principi basilari, ormai contenuti in tutti i documenti nazionali e internazionali, tra cui garantire il più possibile la trasmissione alle future generazioni degli edifici storici così come ci sono pervenuti, con tutti i segni che si sono accumulati nel tempo¹,

Da quanto detto, deriva che gli attuali obiettivi generali del recupero degli edifici dei centri storici sono i seguenti.

1. Prolungare la vita dell'edificio nella sua consistenza materiale, con tutti i mezzi tecnici di cui disponiamo, in modo che l'edificio stesso risulti il più possibile solido, protetto e sano.

2. Assicurare la permanenza dei segni che connotano l'opera nella sua configurazione generale e nelle sue parti anche minime, senza preferenze di natura storica o estetica.

3. Assicurare l'utilizzabilità degli edifici in tutti i casi in cui ciò è necessario e/o possibile, ma in modo che questa azione non cancelli le tracce storiche.

In base a tali considerazioni, le tecniche di seguito segnalate sono scelte tra quelle più adeguate per gli edifici costruiti con sistemi costruttivi tradizionali basati sul mattone, sulla calce aerea o idraulica, sulla pietra, sul legno e, ove necessario e possibile, sul ferro forgiato.

Le tecniche, suddivise per settore di intervento, sono tratte da alcuni manuali di uso comune nel settore del recupero; in questa sede, per brevità, viene fornita esclusivamente la trattazione schematica delle tecniche stesse, ma per ognuna di esse si indica il testo dove questa è reperibile e consultabile per esteso.

La successione dei settori di intervento non intende suggerire un ordine metodologico, ma riprende i tre momenti principali del procedimento di restauro, così come proposti dalla Commissione NorMal per il trattamento dei materiali lapidei²: pulitura, consolidamento, protezione. Su queste fasi si innestano altre sezioni ad esse strettamente connesse.

In particolare le tecniche si riferiscono ai seguenti ambiti:

- Pulitura
- Consolidamento
- Deumidificazione
- Disinfestazione
- Integrazione e Sostituzione
- Smontaggi e rimontaggi
- Protezione
- Manutenzione

Il quadro delle tecniche esposte per ogni settore non è completo, perché esistono altre tecniche che non sono state citate per diversi motivi: perché poco usate o quasi del tutto abbandonate, perché troppo recenti e tuttora allo stato sperimentale, perché semplici varianti di quelle elencate, perché eccessivamente specialistiche (ad esempio pulitura con il laser o con microsabbatura).

Ogni tecnica è indicata in modo sintetico, solo con rapidi cenni al nome e alla sua generica utilità, ma di tutte è possibile definire:

- il principio scientifico e/o funzionale su cui si fondano;
- gli specifici campi di applicazione ai quali si adattano;

¹ Da non trascurare, tra gli effetti di un recupero attento alle preesistenze, quelli legati al turismo culturalmente avvertito, per la forte attrazione esercitata dalle opere del passato e per la loro capacità di creare e incanalare flussi di viaggiatori e visitatori. Se il patrimonio dell'architettura e della città svolgono efficacemente la loro funzione attrattiva, i benefici ricadono su tutto il sistema produttivo del territorio.

² L'espressione «*materiali lapidei*», è ormai diffusamente adottata nel settore del restauro, soprattutto grazie al lavoro di riordino nel linguaggio del restauro svolto dalla Commissione **NorMaL** (**N**orme per i **M**ateriali **L**apidei). Essa indica e comprende ogni materiale, naturale o artificiale, che deriva in modo diretto o indiretto dalle rocce, e include, di conseguenza, le *pietre* propriamente dette, i *marmi*, le *argille*, le *malte* per i giunti dei mattoni e per gli intonaci, gli *stucchi*, le *miscele* impiegate negli strati pavimentali e così via. Questo allargamento di significato del termine «*lapideo*» è giustificato dalla analogia che accomuna questi materiali, dalla natura dei fenomeni di degradazione che li investono e dal genere di tecniche di trattamento alle quali sono sottoposti nel campo del restauro.

- il modo corretto della loro esecuzione, con le fasi operative, i materiali, i macchinari necessari, le maestranze richieste;
- gli effetti collaterali e le controindicazioni che la caratterizzano, come pure le varianti o gli speciali accorgimenti con cui possono essere impiegate.

Il problema che emerge, tuttavia, è il seguente: con quale criterio si può scegliere una di queste procedure quando si deve operare concretamente? La domanda ha molta importanza, perché ogni problema di recupero ammette più di una soluzione e raramente esiste «la soluzione ideale». Inoltre, leggendo l'elenco delle tecniche si può constatare che molte di esse si assomigliano e le differenze appaiono talvolta poco rilevanti. La loro stessa applicazione può subire variazioni che dipendono dall'esperienza, oppure da circostanze specifiche che possono consigliare o addirittura imporre scelte alternative o adattamenti più o meno radicali.

Per affrontare gli interventi di manutenzione e di restauro e per adottare le soluzioni adatte (e i mezzi tecnici per realizzarle), è sempre indispensabile, perciò, un esame e una definizione accurata degli scopi finali dell'intervento suggeriti dalle concrete circostanze operative, vale a dire dalle caratteristiche storiche, formali e materiali dell'oggetto su cui si deve intervenire.

E' inoltre sempre necessario analizzare le possibili soluzioni tecniche, soprattutto se frutto delle moderne tecnologie, valutandole nei loro pregi e nelle loro eventuali carenze, confrontandole costantemente con gli eventuali sistemi tradizionali di intervento (si veda, ad esempio, il capitolo sulla deumidificazione, dove sono analizzati in maniera critica i principali sistemi attualmente in uso nel mondo del recupero).

Si specifica, pertanto, che il repertorio di tecniche di seguito segnalate intende più che altro suggerire delle opzioni che potranno essere considerate anche semplici punti di partenza per successivi approfondimenti dipendenti dalla natura delle situazioni e delle problematiche da affrontare.

TESTI DI RIFERIMENTO DA CUI SONO TRATTE LE TECNICHE INDICATE NEI CAPITOLI SUCCESSIVI.

UTET 2003 Torsello B. P., Musso S., *Tecniche di restauro architettonico*, UTET, Torino, 2003

DEI 2005 Franceschi S., Germani L., *Capitolato speciale di Appalto, Restauro Architettonico. Edilizia storica e restauro archeologico*, DEI- Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005

Se presente, accanto a ogni tecnica è specificata la sigla con cui questa è indicata nel testo di riferimento. Ad esempio la dicitura « PLT 01 – UTET 2003» indica la scheda numero 1, del capitolo *Puliture*, del testo: Torsello B. P., Musso S., *Tecniche di restauro architettonico*, UTET, Torino, 2003.

1. Pulitura

1.1 Premessa

Si intende per pulitura l'insieme di operazioni tecniche finalizzate alla eliminazione di materiali estranei al manufatto, depositatisi su di esso nel tempo.

Come precisato nel documento *Normal 20/85*, finalità dell'intervento di pulitura è la rimozione di quanto è dannoso per il materiale: particellato atmosferico, stratificazioni di materiali vari applicati intenzionalmente e non idonei o non più funzionali, vegetazione infestante, deiezioni animali, sali solubili o insolubili, ecc., e a questo deve limitarsi, rispettando non solo policromie e patine naturali, ma anche lo strato più superficiale del materiale lapideo.

In effetti una prima difficoltà metodologica consiste proprio nella possibilità di distinzione tra gli strati di deposito sulla materia e la cosiddetta "patina", alterazione naturale strettamente limitata alla superficie del materiale e che va assolutamente conservata. Tema, questo, assai delicato e non risolvibile unicamente dal punto di vista quantitativo ma da affrontare nell'ambito del processo decisionale di restauro.

In realtà, se i depositi e le croste costituiscono fonte continua di degrado in quanto agiscono in pratica come "impacchi" che assicurano il contatto tra la superficie del materiale e gli agenti inquinanti e i sali solubili che li compongono, accentuando l'effetto delle variazioni termiche che deformano il materiale (in particolare le croste nere), le patine, al contrario, hanno un effetto protettivo sul materiale, e di questo bisogna tener conto.

La distinzione del tipo di deposito porta a differenziare la tecnica di pulitura che dovrà essere calibrata dal punto di vista dell'aggressività, proprio a partire dai tipi di depositi da eliminare. Tali depositi possono essere distinti in:

- depositi incoerenti (particellato atmosferico terroso o carbonioso) che non risultano coesi con il materiale, depositati per gravità, derivati da reazione chimica, veicolati dalle acque meteoriche o di risalita (efflorescenze saline);
- depositi incoerenti (particelle atmosferiche penetrate in profondità, sali veicolati dall'acqua di dilavamento ecc.) che tendono a solidarizzarsi alla superficie del materiale tramite un legame meccanico non intaccando, però, la natura chimica del materiale;
- strato superficiale derivato dalla combinazione chimica delle sostanze esterne (volatili o solide) con il materiale di finitura; i prodotti di reazione che ne derivano sono, ad esempio, le croste (prodotti gessosi) e la ruggine (ossidi di ferro).

Altro fattore di cui tener conto è la caratteristica del materiale da pulire. Pertanto, prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno effettuare alcune operazioni preliminari, quali:

- analisi della consistenza del materiale al fine di ottenere informazioni relative alla sua natura, compattezza e inerzia chimica;
- analisi dei prodotti di reazione, così da poter identificare la loro effettiva consistenza, la natura e la reattività chimica;
- esecuzione di prove di pulitura su campioni di materiale al fine di determinare il sistema di pulitura più idoneo, prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie interessata.

Solo combinando i due fattori sopra accennati (tipo di deposito e caratteristiche del substrato), è possibile stabilire il sistema di pulitura che unisca efficacia e sicurezza per il materiale sottoposto all'intervento.

Sostanzialmente i sistemi di pulitura si distinguono in due categorie: quelli che fanno uso di strumenti che operano meccanicamente e quelli che applicano prodotti che agiscono chimicamente.

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale che non intaccano la natura chimica del materiale, potrà essere eseguita ricorrendo a sistemi meccanici di facile esecuzione quali, ad esempio: la spazzolatura, l'aspirazione, ecc. da integrare, se necessario, con lavaggi a base di acqua; invece nel caso in cui si debbono asportare depositi solidarizzati con il materiale, sarà conveniente ricorrere a dei veri e propri *cicli* di pulitura che contemplino, ad esempio, la pulitura con impacchi acquosi o con sostanze chimiche, la pulitura meccanica, la pulitura mediante l'uso di apparecchi aeroabrasivi, ecc.

In ogni caso, qualunque sia il sistema di pulitura, chimico o meccanico, questo deve rispettare i seguenti assunti:

- essere ben controllabile in ogni sua fase, graduabile e selettivo;
- non produrre materiali dannosi per la conservazione della materiale sul quale agisce (es. sali solubili);
- non produrre modificazioni, microfratture o forti abrasioni sulla superficie pulita, in quanto ciò potrebbe portare ad accelerare il deterioramento del materiale, per aumento della porosità superficiale.

1.2 Trattazione schematica delle tecniche di pulitura

1.2.1 Materiali lapidei

1.2.1.1 Pulitura meccanica

La pulitura meccanica di superfici lapidee, comprende tutta una serie di strumenti specifici il cui impiego è in stretta relazione al grado di persistenza dei depositi da asportare. La riuscita delle operazioni di pulitura meccanica è strettamente connessa all'abilità ed alla sensibilità dell'operatore che dovrà prestare particolare attenzione a non arrecare danni irreversibili al materiale (incisioni, graffiature, ecc.). La pulitura meccanica consente la rimozione di depositi ed incrostazioni più o meno aderenti alla superficie; a tal fine si potrà ricorrere a strumenti di vario tipo partendo dai più semplici come: spazzole di saggina o di nylon, bisturi, lame, raschietti, piccole spatole metalliche, sino ad arrivare ad utilizzare apparecchiature meccanizzate più complesse. La carta abrasiva fine o la pomice potranno essere impiegate in presenza di superfici piane o poco irregolari anche se, la bassa velocità di avanzamento che caratterizza questo sistema, implicherà tempi di lavoro troppo lunghi e, per questo, potrà essere applicato solo su porzioni limitate di materiale. In presenza di stuccature cementizie, o in casi analoghi, si potrà procedere alla loro asportazione ricorrendo all'uso di un mazzuolo e di uno scalpello (unghietto) anche se, considerato l'impatto che potrà avere tale operazione sul materiale, si consiglia di effettuare l'operazione in maniera graduale in modo da poter avere sempre sotto controllo l'intervento.

Questo tipo di pulitura potrà produrre variazioni morfologiche superficiali in funzione alla destrezza dell'operatore ed alle condizioni conservative della superficie mentre saranno assenti variazioni del colore delle superficie trattate con tale procedura. (DEI 2005)

1.2.1.2 Pulitura mediante spazzolatura

Questa tecnica è una delle più diffuse nel campo del restauro e si applica su manufatti realizzati con i materiali più diversi. La spazzola si utilizza per la pulitura delle superfici lapidee (intonaci, superfici di pietra e di mattoni, superfici dipinte), dei legni e degli oggetti ceramici, ma non sono rari i casi di applicazione di questa tecnica ai manufatti metallici. La pulitura con spazzole è impiegata per eliminare depositi superficiali polverulenti, per l'asportazione di concrezioni o incrostazioni superficiali morbide, ma anche per operazioni di finitura, per asportare detriti e rifinire superfici sgrossate con altri metodi di pulitura. (cfr. PLT 23 - UTET 2003)

1.2.1.3 Pulitura a secco con spugne wishab

Questo tipo di pulitura può essere utilizzata per asportare da superfici di pietra, di legno, da intonaci, da carte da parati ecc., purché perfettamente asciutte e non friabili, depositi superficiali relativamente coerenti ed aderenti, mediante particolari spugne costituite da due parti: una massa di consistenza più o meno morbida e spugnosa (secondo del tipo prescelto), di colore giallo, supportata da una base rigida di colore blu. L'utilizzo di queste spugne consente di asportare normali depositi di polvere, mentre non sono particolarmente adatte per rimuovere depositi aderenti al substrato (come le croste nere) e sostanze penetrate troppo in profondità. La massa spugnosa è esente da ogni tipo di sostanza dannosa, presenta un pH neutro e contiene saktis (sosta di linosina), lattice sintetico, olio minerale, prodotti chimici vulcanizzati e gelificanti legati chimicamente. L'intervento di pulitura è estremamente semplice: esercitando una leggera pressione (tale da produrre granuli di impurità) si strofinerà la superficie da trattare (con passate omogenee a pressione costante) con la spugna seguendo sempre la stessa direzione dall'alto verso il basso, partendo dalle aree più chiare passando, successivamente, a quelle più scure; in questo modo lo sporco e la polvere si legheranno alle particelle di spugna che si sbriciolerà con il procedere dell'operazione senza lasciare rigature, aloni o sbavature di sporco (grazie alla continua formazione di granuli si avrà anche l'auto pulitura della spugna. (cfr. DEI 2005)

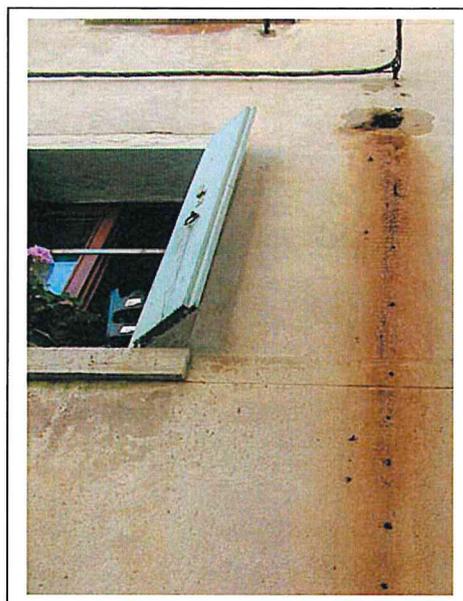
1.2.1.4 Pulitura con impacchi di argille assorbenti

Si tratta di un sistema di pulitura che si avvale dell'impiego di speciali argille assorbenti quali la sepiolite, l'attapulgit e, in alcune esperienze recenti, anche la bentonite. Il fango che si ottiene mescolando l'argilla con l'acqua esercita sulle superfici un'azione di tipo fisico: l'elevata capacità assorbente delle argille selezionate, infatti, agevola il richiamo verso l'esterno degli ioni dei sali solubili presenti all'interno della struttura porosa dei materiali lapidei; favorisce l'estrazione delle sostanze grasse e/o oleose; prolunga l'azione solvente dell'acqua facilitando così la dissoluzione del gesso e dei leganti di natura organica che cementano depositi e croste nere.

Va precisato che l'azione di pulitura vera e propria è esercitata dall'acqua, mentre il fango, duttile e adesivo, garantisce il contatto tra il liquido e la superficie, ed esalta l'azione pulente dilatando i tempi di interazione tra il mezzo solvente (l'acqua, appunto) e i depositi da rimuovere. La permanenza in sito dell'impacco agevola la dissoluzione del gesso, delle croste nere e dei leganti di natura organica, assorbiti dalle argille in fase liquida o solubilizzata.

La sepiolite e l'attapulgit sono utilizzate come materiali disperdenti e assorbenti. I tempi di contatto tra la superficie e le soluzioni solventi aggiunte alla poltiglia, garantiscono un'efficace azione pulente. Inoltre, la mancanza di azione aggressiva nei confronti dei substrati autorizza l'impiego degli impacchi di argille anche su superfici lapidee delicate o su materiali deteriorati. La sepiolite e l'attapulgit hanno impiego principalmente nella rimozione di croste nere, nell'eliminazione di macchie, per l'estrazione dei sali solubili, di sostanze grasse, cerose o oleose. La pulitura mediante impacchi è vantaggiosa oltre che per l'asportazione dei sali solubili, per la rimozione, dalle superfici lapidee, di strati omogenei di composti idrosolubili o poco solubili (come croste nere poco spesse, intorno a 1 mm), macchie originate da sostanze di natura organica, strati biologici (batteri, licheni e algali) inoltre, saranno capaci di ridurre le macchie di ossidi di rame o di ferro.

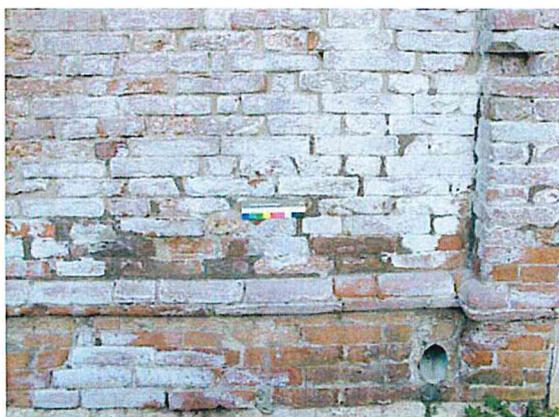
Il vantaggio del loro utilizzo risiederà nella possibilità di evitare di applicare direttamente sulla superficie sostanze pulenti (in special modo quelle di natura chimica) che, in alcuni casi, potrebbero risultare troppo aggressive per il substrato. La tipologia d'impacco dipenderà dal grado di persistenza e dalla solvenza dello sporco da rimuovere, anche se si dovrà tenere presente che gli impacchi non risulteranno particolarmente adatti per asportare croste spesse e, in caso di materiali porosi e/o poco coesi sarà opportuno, al fine di non rendere traumatica l'operazione d'asportazione, interporre sulla superficie carta giapponese o klinex. Potrà essere conveniente, prima di applicare l'impacco operare lo "sgrassamento" e la rimozione d'eventuali incrinature superficiali ricorrendo a dei solventi come acetone, cloruro di metilene ecc. e, dove risulterà possibile, effettuare un lavaggio con acqua (deionizzata o distillata) in modo da asportare i depositi meno coerenti ed ammorbidire gli strati carboniosi più consistenti. In presenza di efflorescenze si dovrà provvedere alla loro asportazione meccanica tramite lavaggio con acqua deionizzata e spazzolino morbido prima di procedere con l'operazione. In linea generale si dovrà preferire basse concentrazioni con conseguenti tempi di applicazione più lunghi rispetto ad impacchi con soluzioni elevate con tempi di applicazione brevi. (cfr. PLT 16 - UTET 2003)



Chioggia- Macchia di ruggine su intonaco "a marmorino". Una macchia di questo tipo può essere trattata con impacchi di argille assorbenti (EDTA).

1.2.1.5 Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di acqua (estrazione sali solubili)

L'impacco acquoso consisterà nell'applicazione, direttamente sulla superficie, (preventivamente umidificata con acqua distillata o deionizzata) di argille assorbenti (sepiolite o attapulgitte) o polpa di carta previa messa in opera, dove si renderà necessario, di klinex o fogli di carta giapponese indispensabili per interventi su superfici porose e/o decoese. La preparazione dell'impacco avverrà manualmente imbevendo con acqua deionizzata o distillata il materiale assorbente fino a che questo non assumerà una consistenza pastosa tale da consentire la sua applicazione, con l'ausilio di spatole, pennelli, o, più semplicemente con le stesse mani in spessori variabili. Sia l'attapulgitte sia la sepiolite saranno in grado di assorbire una grande quantità di liquidi in rapporto al loro peso (un kg di attapulgitte è in grado di assorbire 1,5 kg d'acqua senza rigonfiare); l'attapulgitte riuscirà ad assorbire, oltre l'acqua, anche gli oli. Le argille assorbenti, rispetto alla polpa di cellulosa, presenteranno l'inconveniente di sottrarre troppo rapidamente l'acqua dalle superfici trattate. In presenza di pietre molto porose potrà essere indicato ricorrere alla polpa di cellulosa (più facile da rimuovere rispetto alle argille). (cfr. DEI 2005)



Chioggia- Muratura in mattoni con diffuse efflorescenze saline. In casi di questo tipo l'impacco deve essere applicato dopo aver spazzolato la superficie.

1.2.1.6 Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di sostanze chimiche

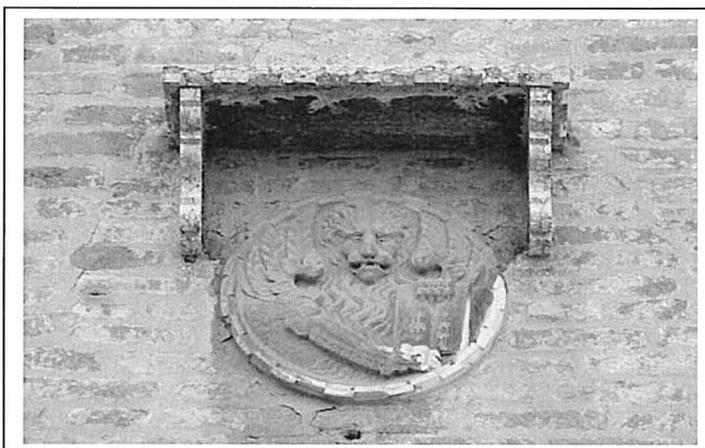
In presenza di sostanze patogene particolarmente persistenti (croste poco solubili) gli impacchi potranno essere additivati con dosi limitate di sostanze chimiche, in questo caso l'operazione dovrà essere portata a compimento da personale esperto che prima di estendere il procedimento a tutte le zone che necessiteranno dell'intervento, eseguirà delle limitate tassellature di prova utili a definire, con esattezza, i tempi di applicazione e valutare i relativi effetti. Le sostanze chimiche, a base di solvente o di sospensioni ad azione solvente, con le quali si potranno additivare gli impacchi dovranno avere una limitata tossicità, bassa infiammabilità, adeguata velocità di evaporazione e una composizione pura.

Si potrà ricorrere a prodotti basici o a sostanze detergenti quali saponi liquidi neutri non schiumosi diluiti nell'acqua di lavaggio. Le sostanze a reazione alcalina più o meno forte (come l'ammoniaca, i bicarbonati di sodio e di ammonio) saranno utilizzate soprattutto per saponificare ed eliminare le sostanze grasse delle croste a legante organico e, in soluzione concentrata, saranno in grado di attaccare incrostazioni scure spesse e scarsamente idrosolubili. I detergenti saranno in grado di diminuire la tensione superficiale dell'acqua incrementandone, in questo modo, l'azione pulente; l'utilizzo dei detergenti consentirà di stemperare le sostanze organiche (oli e grassi), di tenere in sospensione le particelle di depositi inorganici non solubilizzati o disgregati, di compiere un'azione battericida presentando il vantaggio di poter essere asportati insieme allo sporco senza lasciare alcun residuo.

Per la rimozione di ruggine dalle superfici lapidee il reagente utilizzato sarà diverso a seconda se si riterrà di operare la pulitura su rocce calcaree o su rocce silicee; le macchie di ferro, su queste ultime, si potranno rimuovere mediante acido fosforico e fosfati, fluoruri o citrati mentre, sulle rocce calcaree, si potrà ricorrere a una soluzione satura di fosfato di ammonio (con pH portato a 6 per aggiunta di acido fosforico) facendo attenzione a limitare al minimo il tempo di contatto.

È buona norma, prima di applicare gli impacchi sgrassare la superficie da pulire e, al fine di limitare la diffusione del ferro all'interno del materiale, applicare i primi impacchi su di un'area doppiamente estesa rispetto a quella dell'intervento e, quelli successivi, limitandosi alla parte interessata dalla patologia.

Questo tipo di pulitura comporterà inevitabilmente un blando effetto di corrosione delle superfici calcaree soprattutto in avanzato stato di degrado. La pulitura con impacco chimico aumenterà, inoltre leggermente l'assorbimento capillare di acqua in relazione all'effetto di corrosione corticale esaminato in precedenza. In alcuni casi, inoltre, la pulitura chimica potrà presentare una leggera sbiancatura delle superfici trattate. (cfr. DEI 2005)



Chioggia - Croste nere su bassorilievo in pietra d'Istria. In casi complessi come quello illustrato in figura la pulitura deve essere realizzata utilizzando più metodi in successione quali, ad esempio:

- Pulitura mediante spazzolatura
- Pulitura con acqua nebulizzata mediante spruzzatore manuale
- Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di sostanze chimiche

1.2.1.7 Pulitura con impacchi di carbonato d'ammonio

Il carbonato d'ammonio in soluzione acquosa, è uno dei solventi di più largo impiego nella pulitura di materiali lapidei di natura calcarea ed è solitamente applicato ad impacco, utilizzando come supportante la polpa di cellulosa, la sepiolite (argilla) o la silice micronizzata (silice precipitata: polvere finissima che stemperata nel solvente forma una miscela facilmente applicabile).

Il carbonato esercita un'efficace azione desolfatante e consolidante, ed è un solvente reattivo, cioè capace di portare in soluzione la sostanza da rimuovere, per effetto di una reazione chimica. La sua azione, infatti, consiste nell'ammorbire e rigonfiare la sostanza da eliminare, in modo tale da differenziarla e staccarla dal supporto cui è ancorata, limitando così il ricorso a tecniche di asportazione meccanica, generalmente più invasive e rischiose per i manufatti.

La pulitura con impacchi di carbonato d'ammonio può dare buoni risultati per rimuovere croste nere (ricche di solfato di calcio) presenti sia su pietre sia su intonaci.

Che si tratti di pitture murali o di generici elementi lapidei, il procedimento di pulitura con il carbonato d'ammonio è lo stesso, anche se cambiano, in funzione della concentrazione dello sporco da rimuovere, le percentuali di soluzione ed i tempi di applicazione dell'elemento.

Si prepara, in sostanza, una miscela di pasta di cellulosa e di carbonato d'ammonio: la pasta di cellulosa (chiamata anche pasta di legno) è inizialmente imbevuta con acqua distillata, fino ad ottenere un impasto idoneo rispetto alla capacità assorbente della superficie da pulire, determinata eseguendo opportuni saggi preliminari; vi si aggiunge poi una quantità di carbonato d'ammonio solido pari circa a 1/3 del peso dell'impasto e si mescola il tutto fino ad ottenere una miscela omogenea. Preparata questa miscela, è preferibile lasciarla riposare per almeno un giorno, affinché abbia maggior effetto. (cfr PLT 20 - UTET 2003)

Si veda anche *Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Carbonato e Bicarbonato d'Ammonio*. (cfr. DEI 2005)

1.2.1.8 Pulitura con acqua nebulizzata mediante spruzzatore manuale

L'utilizzo dello spruzzatore manuale, accompagnato dalla prudente azione meccanica di una spazzola di saggina o di fibre di altro materiale organico, si rivela utile per la rimozione di depositi di polvere da motivi ornamentali e sculture situate all'interno o all'esterno degli edifici. Il sistema è utilizzabile anche per eseguire prove e saggi di pulitura, per verificarne l'efficacia ed estenderlo su campioni di superfici estese; è utilizzato inoltre per lavori di finitura, da eseguire al termine di interventi che hanno richiesto l'adozione di una o più tecniche di pulitura ad azione generalizzata, su ampie porzioni di superfici. (cfr. PLT 01- UTET 2003)

1.2.1.9 Pulitura di superfici con spray d'acqua

La tecnica dello spray sfrutta la capacità solvente dell'acqua per rimuovere incrostazioni carboniose o altri depositi di sporco, aderenti alle superfici. Il sistema si avvale di ugelli abitualmente utilizzati negli impianti di irrigazione o in orticoltura; per questo, la gradualità e la selettività dell'intervento sono fortemente legate alla scelta di tali dispositivi, oggi presenti sul mercato in gran numero e con caratteristiche spesso adatte al trattamento di manufatti lapidei. Accade spesso, però, che l'attenzione degli operatori, anziché soffermarsi sulla scelta degli ugelli appropriati (per diametro dell'orifizio, per modi di erogazione dello spruzzo, ecc.), si concentri sulla possibilità di affidare alla pressione del getto la rapidità e la qualità della pulitura. Nella generalità dei casi, infatti, più che all'azione solvente dell'acqua, ci si affida alla capacità di rimozione meccanica dello sporco, assicurata dallo spruzzo diretto e dal ruscellamento sulla superficie sottostante l'area trattata.

Così inteso, lo spray d'acqua non può essere in alcun modo paragonato alla nebulizzazione, il cui principio d'azione si fonda sulla migliorata capacità solvente delle microgocce ad elevata superficie specifica, nonché sulla gradualità, selettività e controllabilità del getto deviato rispetto alla perpendicolare ugello-superficie. Del resto, l'azione meccanica generata dalla pressione elevata dello spruzzo provoca solamente il distacco meccanico dei depositi incoerenti e delle incrostazioni, ma non aumenta l'effetto solvente che è garantito dall'azione chimica dell'acqua, ed è indipendente dalla forza con la quale quest'ultima colpisce la superficie.

Lo spray d'acqua è una tecnica di pulitura largamente utilizzata nei cantieri di recupero dell'edilizia, ma trova applicazione anche nel restauro monumentale. Pur garantendo una gradualità certamente non comune agli interventi di idropulitura o idrosabbatura, non deve essere tuttavia confusa con la nebulizzazione propriamente detta.

Può essere utilizzato su superfici di natura carbonatica, per rimuovere depositi poco coerenti e croste nere di scarso spessore, contraddistinte dalla presenza di gesso, calcite di riaccumulo e altri materiali solubili in acqua. Il sistema consente pure l'estrazione dei sali solubili presenti all'interno della struttura porosa della pietra, anche se l'operazione è difficilmente controllabile, a meno di non ricorrere con cadenza regolare al rilevamento della conducibilità elettrica sulle aree di volta in volta sottoposte a trattamento.

(cfr. PLT 05 - UTET 2003)



Chioggia- Croste nere su un balcone in "pietra artificiale". In casi di questo genere la pulitura con spray d'acqua si rivela efficace. Nel caso della "pietra artificiale", bisogna porre attenzione alla presenza di ferri di armatura a vista che andranno adeguatamente protetti

1.2.1.10 Pulitura con acqua nebulizzata

L'azione del sistema di nebulizzazione consente all'acqua di rimuovere depositi incoerenti, *croste nere* e materiali particellari poco legati alle superfici da pulire. Favorisce inoltre la parziale asportazione dei sali solubili. Può essere utilizzata per la pulitura di manufatti lapidei tanto all'interno quanto all'esterno degli edifici, ed è particolarmente indicata per interventi su pietre calcaree compatte e poco porose. È particolarmente indicata per interventi su pietre calcaree compatte e poco porose, quali ad esempio i marmi e la pietra d'Istria. A Venezia, infatti, il suo impiego ha dato risultati soddisfacenti. La tecnica può essere utilmente impiegata per la pulitura di superfici lapidee e cortine laterizie di grande estensione, ma anche per la rimozione dello sporco da apparati decorativi e da elementi isolati (statue, capitelli, ecc.).

La nebulizzazione può rivelarsi non sufficientemente efficace ai fini del raggiungimento del grado di pulitura desiderato, specialmente nelle zone ricoperte da incrostazioni consistenti o nei sottosquadri. In tali casi, tuttavia, può rappresentare un valido sistema operativo preliminare, da integrare successivamente con metodi di pulitura più specifici e puntuali. Pertanto, qualora le condizioni del substrato lapideo lo consentano, l'acqua nebulizzata può precedere ma anche seguire e concludere puliture eseguite con altri metodi. Si possono, così, eseguire: operazioni di rigonfiamento parziale dei depositi di alterazione, da eliminare successivamente con idonei agenti chimici; interventi di rimozione dei residui lasciati da impacchi di materiali adsorbenti addizionati ad agenti chimici o biocidi; lavaggi finali di superfici trattate con soluzioni ad azione solvente e/o complessante; altri eventuali interventi di sostegno ai differenti sistemi pulenti.

L'acqua nebulizzata ha il pregio di non portare alcuna variazione alle condizioni della pietra, e consente la conservazione dello strato di indurimento superficiale acquisito dal materiale lapideo nel tempo. (cfr. PLT 02 - UTET 2003)

1.2.1.11 Pulitura di materiali lapidei con idrosabbatura

L'idrosabbatura è utilizzata per la pulitura di quelle superfici che, per ragioni di sicurezza e opportunità, non possono essere trattate con sistemi abrasivi a secco, benché controllati. L'adozione della tecnica, peraltro, è spesso privilegiata rispetto alla versione a secco, proprio per evitare l'abbondante produzione di polveri. La sabbatura ad umido consente la rimozione meccanica e la simultanea solubilizzazione dei depositi e delle incrostazioni carboniose di una certa consistenza. È adatta soprattutto per interventi su superfici verticali estese, lisce o modanate, purché in buono stato di conservazione. La tecnica è adottata su superfici in granito, ma soltanto nei casi in cui l'azione di sistemi più leggeri non è riuscita a rimuovere i depositi più tenacemente legati alla superficie. (cfr. PLT 07 - UTET 2003)

1.2.2 Materiali lignei

Prima di eseguire le operazioni di pulitura sulle superfici lignee, sarà opportuno identificarne la specie. Tutte le operazioni di pulitura dovranno essere sempre eseguite rispettando l'andamento delle venature e non in senso ortogonale o trasversale a esse.

1.2.2.1 Pulitura meccanica manuale

La procedura sarà impiegata qualora sia richiesto un lavoro accurato e basato sulla sensibilità operativa di maestranze specializzate, oppure per quelle superfici difficilmente trattabili con tecniche tradizionali (svernicatura tramite decapante neutro). Prima di iniziare l'operazione di pulitura sarà necessario esaminare la superficie lignea con lo scopo di determinare l'eventuale presenza di olio, grasso o altri contaminanti solubili; in tal caso un ciclo di pulitura con solventi opportuni precederà ed eventualmente seguirà quella manuale. Gli strumenti occorrenti per la pulizia manuale saranno costituiti da spazzole metalliche, raschietti, spatole, scalpelli, lana di acciaio e carta abrasiva di varie grane, oppure utensili speciali (tipo sgorbie) sagomati in modo da poter penetrare negli interstizi da pulire, tutti questi strumenti verranno impiegati, alternativamente, in base alle condizioni delle varie superfici. Le spazzole metalliche potranno essere di qualsiasi forma e dimensione mentre le loro setole dovranno essere di filo d'acciaio armonico. Le scaglie di vernice in fase di distacco saranno eliminate attraverso un'adeguata combinazione delle operazioni di raschiatura e spazzolatura. (cfr. DEI 2005)

1.2.2.2 Levigatura e lamatura manuale

La levigatura consisterà nell'asportazione manuale meccanica di un sottile strato di materiale (0,2-1 mm) qualora questo si presentasse seriamente compromesso, mentre con l'operazione di lamatura si opererà una levigatura totale dello strato di vernice o pellicola presente riportando "al vivo" la superficie lignea. Di norma pavimenti o altri rivestimenti lignei potranno sopportare al massimo, nell'arco della loro esistenza, 8-10 lamature integrali ogni 20-25 anni (per i prefiniti i passaggi integrali scendono a tre). (cfr. DEI 2005)

1.2.2.3 Svernicatura con decapante neutro

Lo scopo dell'intervento sarà la rimozione, dalla superficie lignea, di vecchie vernici o pellicole protettive degradate, tramite l'applicazione di un prodotto decapante generalmente costituito da miscele solventi addizionate con ritardanti dell'evaporazione presenti sia sotto forma di gel sia come liquidi. Prima di procedere con questo tipo d'operazione sarà opportuno assicurarsi del reale stato conservativo del materiale ovvero, accertarsi che non siano presenti parti fragili facilmente danneggiabili o asportabili, inoltre si dovrà provvedere alla rimozione di tutte le parti metalliche, come serrature, borchie e cerniere, al fine di evitarne il danneggiamento da parte del solvente.

In alternativa potranno essere utilizzati sverniciatori in pasta la cui procedura operativa sarà molto simile a quella adottata per quelli in gel: facendo uso di una spatola si applicherà la pasta stesa in strati più o meno sottili (1,5-3 mm) in ragione al numero di strati di vernice o dello sporco presente, nel caso in cui le condizioni atmosferiche od ambientali dovessero far asciugare troppo velocemente l'impasto sarà conveniente mantenere umida la superficie mediante l'aiuto di panni bagnati o fogli di polietilene così da ritardare l'evaporazione del solvente e di conseguenza consentire la corretta reazione. Avvenuta la reazione sarà necessario asportare il prodotto con spatola o pennello a setola dura, dopodiché si potranno eliminare gli ultimi residui con spugna inumidita. L'uso di sverniciatori in pasta richiederà dei tempi di lavorazione più dilatati ma, al contempo, permetterà di asportare contemporaneamente più strati di pellicola pittorica. (cfr. DEI 2005)

1.2.2.4 Pulitura ad aria calda o a fiamma

La procedura di svernicatura con l'utilizzo di aria calda avrà lo scopo di rimuovere dalla superficie vecchi strati di vernici o colori, residui di scialbature, croste organiche od inorganiche, pellicole protettive ecc.; la differenza di comportamento al calore tra il legno e le pellicole di vernice faranno sì che queste si stacchino (dando vita a vesciche di rigonfiamento) dal supporto sia grazie alla dilatazione termica subita dal legno e dalle sostanze che costituiscono il rivestimento sia dalla rapida evaporazione dell'umidità eventualmente presente sotto le superfici da rimuovere. L'operazione, proprio per la sua stessa natura (abbastanza "violenta") dovrà essere eseguita con molta attenzione al fine di non provocare la combustione del legno.

L'intervento prevedrà l'asportazione del rivestimento mediante il riscaldamento con idonea pistola termica (produttore aria calda) da far scorrere sulla superficie da pulire in posizione ortogonale ad una velocità ed ad una distanza variabile in ragione dello stato di conservazione del legno, del tipo di deposito da asportare e dalla facilità o meno con cui i residui di rivestimento si distaccano dalla superficie del manufatto oggetto di trattamento (ad es. per vecchie verniciature a smalto la distanza media sarà di circa 8-10 cm). Al momento che il rivestimento accennerà a sbollare e a distaccarsi dal supporto si procederà con la raschiatura mediante l'utilizzo di raschietti o spatole a manico lungo; la rimozione di vecchie vernici dovrà essere radicale. La procedura terminerà, previa spazzolatura della superficie al fine di eliminare tutti i residui non completamente staccati, con una leggera carteggiatura della superficie mediante carta abrasiva semi grossa a secco (grana/cm2 80-100-120) montata su tappi di sughero. (cfr. DEI 2005)

1.2.3 Materiali metallici

1.2.3.1 Pulitura a fiamma o ad aria calda

Questo sistema di pulitura è utilizzato per preparare le superfici di manufatti metallici ai successivi trattamenti di protezione. La tecnica consiste nel sottoporre la superficie metallica che deve essere pulita ad una fonte di calore elevato: la differenza di comportamento al calore tra il metallo e i suoi prodotti di corrosione, o tra esso e le pellicole di vernice vecchia, fa sì che i materiali estranei si staccino dalla superficie del manufatto a causa della differente dilatazione termica subita dal metallo e dalle sostanze suddette, nonché della rapida vaporizzazione dell'umidità eventualmente presente sotto gli strati da asportare. In alcune circostanze, nel caso di pulitura da vernici o pellicole combustibili, le alte temperatura indotte dalla fiamma ne causano l'eliminazione per combustione.

La tecnica è utilizzata per pulire metalli ricoperti da incrostazioni o pellicole di varia natura: strati di vernice o di colore, concrezioni o formazioni derivanti da fenomeni corrosivi o di ossidazione. Si tratta di un metodo di pulitura ad azione piuttosto violenta e non perfettamente controllabile, impiegabile in situ e in laboratorio. Il suo uso comporta rischi per tutte quelle parti che sono instabili a temperature elevate e a variazioni termiche repentine. (cfr. PLT 37 - UTET 2003)

1.2.3.2 Rimozione di vernici o smalti con sverniciatori chimici

Talvolta è necessario rimuovere dalla superficie dei manufatti, in special modo di quelli lignei o metallici, le finiture protettive superficiali, costituite da pellicole continue, opache o trasparenti, ottenute mediante la stesura di miscele di resine, oli – naturali o di sintesi – pigmenti e cariche, allo scopo di rinnovarle, soprattutto quando il loro degrado è tale da non consentire di realizzarne solo una ripresa. Uno dei metodi più diffusi di sverniciatura si avvale dell'impiego di sostanze chimiche che, stese sulla superficie verniciata, ammorbidiscono lo strato di pittura, facilitandone la rimozione.

I prodotti in commercio sono numerosi e tra i più utilizzati vi sono quelli a base di cloruro di metilene anche se si stanno diffondendo altri formulati a base di sostanze meno inquinanti. I prodotti svernicianti più diffusi si presentano sotto forma di gel, anche se ne esistono di tipi liquidi, in pasta o in polvere, che devono essere idratati prima dell'impiego; sono per lo più costituiti da miscele solventi addizionate con ritardanti dell'evaporazione, per facilitarne l'uso e migliorarne le prestazioni. Altre sostanze impiegate per l'eliminazione delle vernici sono la soda caustica e l'acido ossalico, entrambi molto aggressivi e perciò generalmente sconsigliati.

I prodotti svernicianti attualmente commercializzati sono di tipo universale, vale a dire impiegabili per eliminare qualsiasi tipo di vernice da qualsiasi supporto. Si prestano perciò ad essere impiegati per la sverniciatura di legni, metalli, materiali lapidei, laterizi. La scelta del sistema di rimozione delle vernici da un manufatto dipende quindi, soprattutto, dalle condizioni di conservazione di quest'ultimo e dalla tenacità degli strati di pittura che si vuole eliminare.

La sverniciatura con prodotti chimici può variare leggermente in ragione del tipo di prodotto utilizzato sverniciatore (in gel, o sverniciatore in pasta). Le procedure esecutive nel caso in cui si utilizzi un prodotto sverniciante in pasta, sono assai simili a quelle adottate per l'uso di sverniciatori in gel, ma prevedono in più che, dopo la stesura del prodotto sull'oggetto da trattare, quest'ultimo sia avvolto in fogli di polietilene per ritardare l'evaporazione del solvente. L'uso dello sverniciatore in pasta richiede applicazioni prolungate per realizzare il suo effetto, ma è efficace contemporaneamente anche su più strati di pittura. (cfr. PLT 40 - UTET 2003)

2. Consolidamento

2.1 Premessa

Con il termine consolidamento si intende riferirsi sia al trattamento delle superfici dei materiali costituenti l'architettura sia agli interventi rivolti alle strutture. In ogni caso bisogna sempre tener presente che le procedure di consolidamento sono operazioni che necessitano di un'attenta analisi dello stato di fatto sia per quanto riguarda i materiali sia le strutture, in modo da poter comprendere a fondo e nello specifico la natura e le cause innescanti le varie problematiche degradative. In base a tali accertamenti si effettuerà la scelta dei prodotti e delle metodologie di intervento più idonee.

Nel caso di consolidamento dei materiali, possono anche essere necessari interventi di *preconsolidamento* che consistono in operazioni che puntano a dare stabilità provvisoria a superfici decoese o distaccate dal supporto e sulle quali sono richiesti interventi e trattamenti (soprattutto di pulitura), che potrebbero essere incompatibili con la fragilità della superficie stessa. Per tale ragione, il preconsolidamento dovrà essenzialmente "presidiare" il materiale costitutivo del supporto e non agire, invece, sugli strati e sulle croste dei depositi. Non di rado per eseguire quest'operazione si utilizzano tecniche e metodi propri del consolidamento, anche se in questo caso la "terapia" è spesso concentrata su zone puntuali di superficie mentre nel consolidamento è lecito procedere anche su zone più ampie di materiale degradato. Una volta che siano terminati gli interventi, si procede al consolidamento definitivo.

Il consolidamento degli strati superficiali, è invece rivolto a restituire al materiale degradato (materiali lapidei, materiali lignei e, talvolta, metallici), compattezza, resistenza e tenacia. Il consolidamento pertanto migliora la resistenza meccanica del materiale mentre la struttura interna si modifica rendendo difficoltoso l'accesso dell'acqua e delle soluzioni saline o acide. In questi interventi infatti si introduce nel materiale da consolidare un nuovo materiale che va a formare con il primo un differente composto che dovrà mantenere le caratteristiche proprie del primo.

Il consolidante deve pertanto raggiungere lo scopo di restituire al materiale le caratteristiche di resistenza meccanica ma deve al contempo assicurare il mantenimento di una caratteristica fondamentale del materiale di partenza: la *porosità* che deve rimanere, nel nuovo composto, simile all'originale (in caso contrario si impedirebbe la eliminazione dell'acqua sotto forma di vapore). Al contempo è necessario tendere alla *compatibilità* chimica che si manifesta con l'assenza di reazioni chimiche tra il consolidante e il materiale degradato, di sottoprodotti a loro volta dannosi e di prodotti dovuti al degrado del consolidante stesso.

Le tecniche di applicazione dei prodotti consolidanti devono riuscire a far penetrare il più possibile in profondità il materiale riuscendo al contempo a mantenere il contatto tra soluzione e materiale lapideo il più a lungo possibile. A tale fine è norma, nelle applicazioni che sfruttano il principio dell'impregnazione (a pennello o a spruzzo), stendere le soluzioni a concentrazioni man mano crescenti.

Attualmente i prodotti più utilizzati sono i consolidanti organici, polimeri sintetici basati su molecole costituite da lunghe catene di atomi di carbonio ai quali si uniscono altre specie atomiche quali, ad esempio, idrogeno e ossigeno.

I materiali quali le resine epossidiche, acriliche, silconiche, poliestere, uniscono all'alto potere consolidante la caratteristica di essere solubili in solventi organici (il che favorisce la penetrazione nel materiale da consolidare) e, in alcuni casi, di essere reversibili.

Gli svantaggi riguardano la durabilità, soprattutto in ambienti ostili: con atmosfera ricca di inquinanti e in località marine.

Altri materiali molto utilizzati sono i consolidanti a base di silicio che comprendono sostanze organiche, inorganiche e sostanze, come il silicato di etile, oggi molto utilizzato, che sono intermedie.

Tra i consolidamenti rientrano anche tutte quelle operazioni di riadesione di parti distaccate dal loro supporto originale quali, ad esempio, strati di intonaco, lastre lapidee, frammenti di pietra, ecc., per i quali si renderà necessario ristabilire la continuità fra supporto e rivestimento. Questo tipo di consolidamento, può essere eseguito tramite iniezioni di malte fluide o resine acriliche in emulsione, oppure, con ponti di pasta adesiva a base di calce o di resine specifiche. Sarà necessario verificare, anche sommariamente, il volume dei vuoti da riempire al fine di scegliere la giusta "miscela" da iniettare. Cavità piuttosto ampie dovranno essere riempite con malte dense e corpose; al contrario, modeste cavità necessiteranno di composti più fluidi con inerti piuttosto fini.

Il consolidamento strutturale è invece rivolto a conferire la necessaria resistenza alle componenti strutturali quando essa sia diminuita o sia insufficiente ad assicurare il comportamento statico delle parti senza rischio per le persone o le cose.

L'analisi dell'eventuale quadro fessurativo, in tali casi, costituirà il fondamento essenziale per la corretta impostazione delle adeguate operazioni di salvaguardia e di miglioramento statico. Il rilievo e il controllo delle lesioni (monitoraggio),

dovranno essere eseguiti con appropriati strumenti al fine di verificare con esattezza se il dissesto è in progressione oppure se è in fase di fermo, avendo raggiunto la fabbrica una nuova condizione di equilibrio, nel qual caso sarà comunque doveroso controllare il grado di sicurezza dello stato di fatto.

Gli interventi di consolidamento dovranno essere realizzati esclusivamente in quelle porzioni dell'apparecchio murario affette da dissesto (lesioni) o caratterizzate da fenomeni d'indebolimento locale quali, ad esempio carenze di ammorsature ai nodi, evitando interventi generalizzati e invasivi, se non necessari. Analogamente questo criterio dovrà essere rispettato per gli elementi componenti le strutture di orizzontamento e di copertura.

In linea generale gli interventi strutturali, ove possibile, dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe, o quantomeno il più compatibili possibile, con quelle dei materiali in opera.

2.2. Trattazione schematica delle tecniche di consolidamento

2.2.1 Preconsolidamento

2.2.1.1 Ponti di malta magra e/o resina

Questo tipo di operazione, che sovente precede la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci o dei rivestimenti di pietra, avrà il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture dei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura. Al fine di sorreggere scaglie lapidee di dimensioni ridotte, si potrà impiegare come collante una malta magra (cioè debole, con poca calce, in modo da poter essere rimosso facilmente), o impasti a base di resine sintetiche. In entrambi i casi gli impasti dovranno essere stesi in modo molto puntuale al fine di mettere in opera solo i "ponti di collegamento" che verranno in seguito completati da operazioni successive alla pulitura. (cfr. DEI 2005)

2.2.1.2 Velinature con garza di cotone o carta giapponese

Questo tipo di intervento, potrà essere utilizzato in presenza di elementi lapidei particolarmente esfoliati, erosi o disgregati al fine di preservarli da, se pur lievi, abrasioni causate dall'eventuale passaggio di un pennello per un trattamento preconsolidante o consolidante o da l'azione abrasiva di una pulitura ad acqua. Le scaglie saranno assicurate mediante bendaggi provvisori di sostegno: si procederà in modo progressivo mettendo in opera "fazzoletti" di garza di cotone (comuni compresse di garze sterili), di tela grezza (da scegliere in base alla pesantezza e alle dimensioni del frammento in oggetto) o fogli di carta giapponese di pochi centimetri di lato (da 6 a 12) fermati con resina acrilica in soluzione o in dispersione. Questa sorta di "filtro", realizzato con fogli di carta giapponese, potrà essere messo in opera anche in presenza di impacchi pulenti (a base di polpa di cellulosa o di argille assorbenti) allorché si operi su strutture particolarmente porose o decoese. (cfr. DEI 2005)

2.2.1.3 Nebulizzazione miscela di silicato di etile

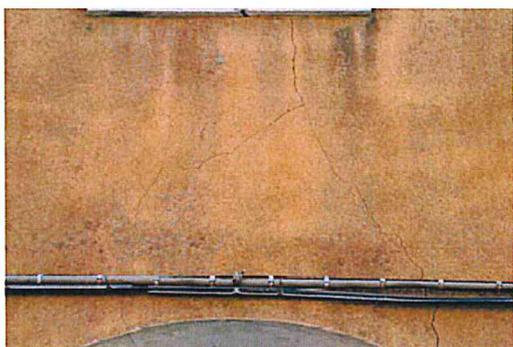
La procedura potrà essere utilizzata sia per la riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti sia in presenza di fenomeni di polverizzazione e decoesione della superficie lapidea e, si porrà come obiettivo quello di fissare temporaneamente il materiale. L'operazione consisterà nella nebulizzazione o, preferibilmente, nell'applicazione con pennello a setola naturale morbida di miscela d'esteri dell'acido silicico (silicato di etile) in percentuale variabile in ragione del supporto. (cfr. DEI 2005)

2.2.1.4 Applicazione di sospensioni di idrossido di calcio

La procedura sarà rivolta, in modo particolare, agli intonaci di calce o alle pitture murali, allorché si manifesteranno fenomeni di polverizzazione del colore o esfoliazione di strati pittorici così da garantire sia la riadesione del pigmento sia della pellicola al supporto. Il preconsolidamento si baserà sull'applicazione di sospensioni, direttamente sulle superfici, di soluzioni stabili d'idrossido di calcio in solventi inorganici (alcoli alifatici), le particelle veicolate dal solvente penetreranno all'interno delle porosità superficiali così da produrre un nuovo processo di presa all'interno della matrice. (cfr. DEI 2005)

2.2.1.5 Micro-iniezioni di miscele a bassa pressione

Questo tipo di operazione sarà indirizzato verso la riadesione di modeste parti di intonaco o di scaglie di laterizio sollevate. Queste micro-iniezioni potranno essere effettuate in prossimità di piccole fessure, lacune o fori già presenti sulle superfici intonacate; in assenza di queste si potranno creare dei microfori con l'ausilio di idonei punteruoli o micro-trapani manuali, previa pulitura della fessurazione con una miscela di acqua demineralizzata ed alcool. Tale pulitura ha lo scopo di creare dei canali nella parte retrostante e, al contempo, di verificare l'eventuale esistenza di lesioni o fori da dove la miscela consolidante potrebbe fuoriuscire. In alcuni casi, all'operazione di preconsolidamento, sarà utile affiancare dei presidi provvisori. Ad esempio, nel caso di una porzione consistente d'intonaco "spanciato" che minaccia di distaccarsi totalmente dal supporto, sarà utile effettuare una protezione provvisoria facilmente realizzabile con la messa in opera, alla distanza di circa 2-3 cm di un tavolato continuo in legno protetto nella faccia verso il manufatto da un foglio di Alluminio o un film plastico in Polietilene (tipo Domopak), infine, lo spazio tra presidio e interfaccia dell'intonaco (precedentemente protetto con foglio di alluminio) sarà riempito da materiale morbido tipo gommapiuma (o in alternativa da schiuma di resina poliuretana). (cfr. DEI 2005)



Fessurazioni di piccola entità sull'intonaco. In questo caso le microiniezioni di consolidante possono risolvere problemi di distacco degli strati di intonaco.

2.2.2 Consolidamento corticale e incollaggio dei materiali

2.2.2.1 Fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati

La procedura ha come obiettivo quello di far riaderire parti in pietra staccate o in fase di stacco mediante idonei adesivi sia a base di leganti aerei ed idraulici (calci) sia di leganti polimerici (soprattutto resine epossidiche). Si ricorrerà a questa procedura allorché si dovranno incollare, o meglio far riaderire, piccole scaglie di materiale, oppure riempire dei vuoti dovuti a un distacco di strati paralleli alla superficie esterna della pietra (dovuti ad es. a forti variazioni termiche). La procedura applicativa varierà in ragione dello specifico materiale di cui sarà costituito l'elemento da incollare, dei tipi di frattura che questo presenterà e che occorrerà ridurre, e dei vuoti che sarà necessario colmare affinché l'operazione risulti efficace.

Nel caso di interventi su manufatti e superfici particolarmente fragili e degradate e su frammenti molto piccoli, l'adesivo dovrà presentare una densità e un modulo elastico il più possibile simile a quello dei materiali da incollare in modo tale che la sua presenza non crei tensioni tra le parti.

In alternativa alla malta di calce idraulica, per il fissaggio e la riadesione di parti più consistenti si potranno utilizzare modeste porzioni di resina epossidica (bicomponente ed esente da solventi) in pasta, stesa con l'ausilio di piccole spatole ed eventualmente, caricate con aggregati tipo carbonato di calcio o sabbie silicee o di quarzo al fine di conferire maggiore consistenza alla pasta e consentire il raggiungimento degli spessori previsti. (cfr. DEI 2005)

2.2.2.2 Consolidamento o realizzazione di sistemi di ancoraggio

Nei casi in cui i manufatti lapidei presentino rotture, distacchi e discontinuità di varia entità, origine e natura, per restituire continuità al manufatto, evitando ulteriori danni o dissesti, si possono utilizzare i cosiddetti sistemi di ancoraggio che consentono di collegare le parti distaccate all'area di appartenenza. Per queste ragioni, i dispositivi di ancoraggio devono spesso "trasferire", mediante impernature di vario tipo, alle zone ancora salde del manufatto, ossia alle sue porzioni dotate di maggior affidabilità strutturale, le azioni di tipo meccanico necessarie a restituire stabilità agli elementi che, a seguito del totale o parziale distacco, si trovano in equilibrio precario e a rischio di definitiva caduta.

Le tecniche di ancoraggio comprendono sia le impernature dirette, ossia i sistemi cosiddetti passivi (realizzati con chiodi, viti, zanche, cavicchi, perni semplici o ad espansione, ecc. che variamente intaccano il frammento per connetterlo nuovamente al manufatto cui appartengono), sia i dispositivi attivi (costituiti da apparecchi esterni, quali grappe e staffe che consentono di ancorare la parte distaccata rimanendone esterni).

Dispositivi di tale natura si applicano in genere per mantenere insieme pezzi di pietra (ad esempio pezzi di cornici, cornicioni, mensole), distaccati tra loro e da un manufatto di maggiore consistenza, là dove un semplice intervento di incollaggio con adesivi non sarebbe efficace e/o possibile. (cfr. CSD 03 – UTET 2003)

2.2.2.3 Riadesioni e ancoraggi con perni e formulati adesivi

Un manufatto può, per cause diverse, presentare fenomeni di distacco, totale o parziale, che interessano parte degli elementi di cui è costituito. Per ripristinare la continuità tra le porzioni staccatesi e l'oggetto da cui si sono separate, è possibile ricorrere, tra gli altri metodi disponibili, all'utilizzo congiunto di perni e di adesivi. Negli ancoraggi, i perni svolgono un ruolo di sostegno della parte staccata, collegandola al resto del manufatto, migliorando la solidità dell'ancoraggio grazie all'aumento che essi offrono alla superficie dell'eventuale incollaggio e, soprattutto, alla capacità che esprimono di estendere la connessione oltre le sole superfici di contatto reciproche tra frammento e manufatto da integrare.

I perni sono impiegati per molteplici scopi e su manufatti realizzati con materiali diversi quali, ad esempio, rivestimenti o paramenti lapidei, ceramici e lignei, manufatti lignei tridimensionali quali travi, montanti e traversi di serramenti, strutture di arredi fissi e mobili, elementi scolpiti e plastici. (cfr. RCP 01 - UTET 2003)

2.2.2.4 Riadesione di scaglie mediante adesivi

Questa tecnica è utilizzata per l'incollaggio di scaglie parzialmente distaccate e pericolanti o completamente staccate, di manufatti realizzati con materiali lapidei, come sculture, superfici murarie in conci di pietra, rivestimenti, cornici e modanature di marmo, ecc... (cfr. RCP 04 - UTET 2003)

2.2.2.5 Riadesione di distacchi tramite iniezioni

Gli intonaci possono perdere la propria aderenza al supporto e cadere, scoprendo e mettendo a rischio la sottostante muratura. Analoghi fenomeni possono interessare gli strati superficiali di manufatti lapidei soprattutto se di natura scistosa. In questi casi, quando al distacco non è ancora seguita la caduta, è possibile fare nuovamente aderire l'intonaco al supporto. La tecnica di cui si tratta ottiene tale scopo riempiendo le cavità tra il supporto e l'intonaco distaccato, tramite iniezioni di prodotti e malte consolidanti, in modo da ottenere un'azione adesiva tra le superfici distaccate. La ricostituzione di una continuità tra muro e intonaco e tra i suoi diversi strati restituisce, in tutto o in parte, le loro caratteristiche fisiche e meccaniche. (cfr. RCP 05 - UTET 2003)

2.2.2.6 Consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione con consolidanti organici

La procedura di impregnazione può essere eseguita su manufatti in pietra, intonaco, laterizio e legno allorché si renda necessario garantire il consolidamento non solo corticale ma anche in profondità. Questa procedura si basa sul principio fisico della capillarità,

ovverosia la capacità dei fluidi in genere (i liquidi in particolare), di riuscire a penetrare naturalmente per adesione dentro lo spazio tra due superfici molto vicine di una cavità. Grazie all'impiego di sostanze organiche, che penetreranno all'interno del manufatto, si potranno ristabilire o migliorare sia le proprietà fisiche (riduzione della porosità e aumento della coesione) sia meccaniche (incremento della resistenza a compressione) dei materiali trattati. Il consolidante entrerà all'interno del manufatto, in una prima fase, per capillarità e solo in un secondo tempo si distribuirà per diffusione; al fine di permettere questa seconda fase (sovente sviluppata molto lentamente) è opportuno che il prodotto scelto non polimerizzi troppo velocemente così da poter riuscire a diffondersi in maniera uniforme nel manufatto. I parametri da valutare prima di iniziare la procedura sono:

- viscosità del fluido consolidante;
- diametro dei pori e dei capillari e loro distribuzione all'interno dell'elemento da trattare;
- bagnabilità del materiale.

La procedura d'intervento varierà in ragione al consolidante indicato dagli elaborati di progetto (silicato di etile, resine acriliche in dispersione o in soluzione, resine acril silconiche ecc.) in ogni caso saranno necessarie alcune operazioni preliminari comuni a tutti i trattamenti. (cfr. DEI 2005)

2.2.2.7 Consolidamento (riaggregazione) mediante silicato di etile

Un buon consolidante per laterizi decoesi o pietre arenarie e silicatiche, da applicare su superfici assolutamente asciutte, è il silicato di etile. Questo consolidante presenta il vantaggio di far sì che, nella pietra trattata, non rimangano sostanze che potrebbero in qualche forma (ad esempio efflorescenze) danneggiare l'aspetto e soprattutto le caratteristiche del materiale lapideo consolidato; la reazione si completa nell'arco di 2 o 3 settimane in ragione delle condizioni atmosferiche, della porosità del materiale, della sua natura e struttura chimica ecc.

Il trattamento può essere eseguito a pennello, a spruzzo mediante irroratori a bassa pressione (massimo 0,5 bar), per percolazione, a tampone mediante spugne (nel caso di manufatti modellati tipo le volute dei capitelli) o per immersione (esclusivamente per piccoli manufatti mobili); la superficie da trattare va completamente saturata "sino a rifiuto" evitando però eventuali accumuli di prodotto sulla superficie.

Questo tipo di consolidante è molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non viene alterato dai raggi ultravioletti, e possiede un elevato potere legante (dovuto alla formazione di silice amorfa idrata) nei confronti di materiali lapidei naturali contenenti silice anche in tracce, anche su altri materiali artificiali quali i mattoni in laterizio, gli intonaci, le terracotte, gli stucchi; risultati positivi sono stati ottenuti anche su materiali calcarei (come la pietra di Vicenza).

La natura chimica dei silicati è però tale per cui potranno esercitare soltanto un'azione consolidante, ma non avranno alcun effetto protettivo nei riguardi dell'acqua, pertanto, al trattamento di superfici esterne con un silicato, generalmente, si dovrà fa seguire l'applicazione di una sostanza idrorepellente salvaguardando le caratteristiche di traspirabilità e di permeabilità al vapore acqueo dei materiali lapidei, garantendo la conservazione nel tempo, nel rispetto della loro fisicità (per maggiori dettagli sulle procedure di protezione si rimanda agli articoli specifici). (cfr. DEI 2005)

2.2.2.8 Sigillatura materiali lapidei (mediante resine sintetiche)

La procedura prevedrà l'esecuzione di stuccature delle soluzioni di continuità mediante occlusione eseguita con iniezione, colatura o spatolatura in profondità di miscela adesiva costituita da polimeri sintetici acrilici in soluzione, o in emulsione, caricata con carbonato di calcio o polvere di pietra macinata dello stesso tipo di quella in opera.

Le resine acriliche non potranno, causa la loro natura termoplastica, essere impiegate come adesivi strutturali, pertanto se si rendesse necessario effettuare una sigillatura con tale caratteristica sarà opportuno ricorrere ad un adesivo epossidico bicomponente.

Eseguite le opportune operazioni preliminari si potrà procedere alla sigillatura in profondità delle soluzioni di discontinuità mediante l'utilizzo di siringhe (ovvero mediante iniezione sotto leggera pressione 0,1-0,5 atm, quando le fessure da riempire si presenteranno sottili o verticali, o mediante colata, quando le fessure saranno sufficientemente grandi ed orizzontali) o piccole spatole secondo le dimensioni delle fessurazioni da sigillare e le specifiche di progetto; in ogni caso la resina dovrà penetrare fino a rifiuto nel vuoto da colmare tra le facce e i frammenti destinati a combaciare.

Durante la procedura sarà opportuno che siano controllate eventuali vie di fuga che potrebbero far percolare il materiale intromesso (specialmente nel caso di uso di resine epossidiche), in tal caso si renderà necessaria l'immediata rimozione con spugne o tamponi umidi se si utilizzeranno maltine a legante acrilico, con acqua e detersivi idonei (ovvero seguendo scrupolosamente le indicazioni del produttore della resina) se invece si utilizzeranno adesivi epossidici.

Una volta che sarà verificato l'intasamento della fessurazione si potrà passare alla realizzazione di stuccature di superficie costituite da malte a base di leganti idraulici naturali a basso contenuto di sali, sabbie silicee vagliate e lavate (granulometria 0-1,2 mm), eventuali additivi polimerici, terre colorate o pietre macinate dello stesso tipo di quelle in opera. In alternativa si potranno effettuare tali stuccature utilizzando idoneo stucco costituito da copolimeri fluorurati e polvere della stessa pietra, utili anche a coprire micro lesioni o fori di trapani (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo sul fissaggio e riadesione d'elementi sconnessi e distaccati. (cfr. DEI 2005)

2.2.2.9 Consolidamento in profondità mediante iniezioni con miscele leganti

La procedura sarà eseguita al fine di consolidare strati di intonaco distaccato dal supporto, così da risarcire le eventuali lesioni e riempire le sacche perimetrali presenti tra il substrato e l'apparecchio retrostante. Prima di procedere al consolidamento vero e

proprio sarà necessario effettuare delle operazioni di "saggiatura" preventiva eseguite mediante leggera, ma accurata battitura manuale, (tramite martelletto di gomma o semplicemente con le nocche della mano) sulla muratura al fine di individuare con precisione sia le zone compatte sia delimitare (ad es. con un segno tratteggiato a gesso) il perimetro di quelle in fase di distacco (zone gonfiate e formanti "sacche").

Le iniezioni verranno eseguite o tramite aghi metallici (nel caso di fori e aree di modeste dimensioni o in presenza di intonaci particolarmente degradati), o direttamente dal beccuccio di siringhe, nel foro di accesso attraverso una cannula precedentemente posizionata (in caso di sacche di maggior dimensione ed estensione), controllando e graduando la compressione dello stantuffo. Le miscele dovranno essere iniettate a bassa pressione poiché le tensioni prodotte dal fluido sotto pressione, alterando l'equilibrio del manufatto, potrebbero causare pericolosi fenomeni di precarietà statica

Per la riadesione di elevate superfici d'intonaco, potrà rilevarsi utile una compressione della superficie in questione tramite una pressione regolare ed uniforme, sia durante il periodo di iniezione del consolidante, sia durante la presa; tale pressione potrà essere eseguita, a seconda dei casi, per mezzo di mani, molle, martinetti a vite montati sull'impalcatura, tavolette di legno rivestite di feltro o carta per un durata variabile di qualche decina di minuti a 12-14 ore in ragione del tipo e della quantità di prodotto immesso.

Previo indurimento del consolidante (minimo 7 giorni) si rimuoveranno manualmente le stuccature provvisorie e le eventuali, cannule in gomma e si sigilleranno i fori con stucco costituito da grassello di calce e polveri di marmo (per maggiori dettagli sulla stuccatura si rimanda alla procedura specifica). Il collaudo si effettuerà mediante le stesse tecniche non distruttive utilizzate per individuare le zone di intervento.

Specifiche sui materiali: l'iniezione della sola emulsione acrilica dovrà essere evitata (se non dietro specifica indicazione di progetto) in quanto potrebbe dar vita ad un corpo di plastica che riempirebbe la sacca ma non farebbe riaderire le facce distaccate.

Anche l'iniezione di calci idrauliche naturali potrà avere degli inconvenienti in quanto il calcio idrato potrebbe non carbonatare all'interno della muratura, e migrare dentro di essa (a causa della sua parziale solubilità in acqua) provocando efflorescenze di calcio carbonato in superficie o, in presenza di solfati e alluminati potrebbe reagire dando vita a subflorescenze quali thaumasite o ettringite. (cfr. DEI 2005)

2.2.3 Consolidamento strutturale

Nella trattazione delle tecniche di consolidamento non sono state intenzionalmente inserite le procedure operative di consolidamento strutturale inerenti le strutture in generale (fondazioni, murature portanti, archi e così via), in quanto comportano una specifica attività progettuale o di calcolo e la cui esecuzione non dipende tanto da una procedura in qualche modo acquisita dall'esperienza e guidata da regole dell'arte più o meno consolidate, ma devono, per così dire, essere "inventate" dal progettista per ogni caso specifico. Per tali procedure si rimanda, pertanto, alla normativa vigente e alla manualistica e letteratura scientifica di settore.

Le esclusioni, tuttavia, non sono assolute, per cui si segnalano comunque alcune tecniche di consolidamento che non implicano particolari problemi di calcolo o di ideazione progettuale (ad esempio la tecnica di consolidamento a "cuci-scuci"), o che, in alcuni casi, possono essere considerate "reversibili" (ad esempio le tecniche di consolidamento di strutture verticali mediante cerchiatura o fasciatura con materiali fibrosi).

Lo stesso criterio vale per le tecniche di seguito segnalate di consolidamento di solai e di capriate lignee, in quanto comportano metodiche ben circoscritte sotto il profilo esecutivo, e possono far parte, come è nella realtà operativa, delle pratiche di intervento correnti.

2.2.3.1 Murature continue e puntiformi

2.2.3.1.1 Integrazione e consolidamento mediante il cosiddetto «cuci-scuci»

Sono generalmente oggetto di simili interventi sia le murature in elevato sia le fondazioni, specie se realizzate con laterizi e materiali lapidei naturali a faccia-vista. In questi casi, la ragione principale per il ricorso a questa particolare tecnica di integrazione è data dalla necessità di scongiurare rischi di collasso delle strutture, di porre rimedio alla diminuzione delle sezioni resistenti. Inoltre, molti manufatti architettonici sono stati sottoposti a interventi di rimozione-sostituzione con la tecnica del «cuci-scuci» per restituire una perdita completezza morfologica o estetica (in tale caso si deve parlare più che altro di tecnica di integrazione). Un ulteriore campo di impiego della tecnica del «cuci-scuci» è infine costituito dall'opportunità che essa offre di costituire una barriera alla risalita d'acqua per capillarità nelle murature dal terreno. (cfr. INT 03 UTET 2003)

2.2.3.1.2 Iniezioni a bassa pressione di miscela leganti

Iniezioni a base di silicato di etile si applicano a murature di mattoni per fermare l'esfoliazione e la decoesione della superficie e la conseguente polverizzazione totale o parziale degli elementi. Se sono presenti all'interno della muratura vuoti o profondi stati lesionativi, si applicano iniezioni con malte idrauliche. La finalità è quella di restituire alla muratura, attraverso la sostituzione della malta originaria, o il riempimento dei vuoti e delle fessure con la miscela di legante iniettata. Resine acriliche e acril-siliconiche possono essere iniettate con funzione consolidante e protettiva all'interno della muratura, quando devono essere risolti anche

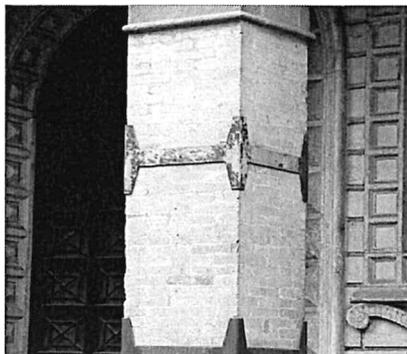
problemi di fessurazione o di riadesione tra le parti. (cfr. CSD 11 - UTET 2003)

2.2.3.1.3 Consolidamento mediante fasciatura con fibra di carbonio

La fasciatura a base di fibre di carbonio può essere utilizzata per il consolidamento di elementi verticali (colonne, pilastri, balaustri ecc.), di materiale lapideo naturale o artificiale o di muratura in mattoni, portanti o non portanti, soggetti a degradazioni di vario genere (fessurazioni, distacchi ecc). Tale intervento è particolarmente indicato nei casi in cui è necessario ripristinare la portanza di elementi strutturali puntiformi (come i pilastri) soggetti prevalentemente a compressione, o se si deve realizzare un consolidamento preventivo (ad esempio per un cambio di destinazione d'uso). (cfr. CSD 13 - UTET 2003)

2.2.3.1.4 Cerchiatura di colonne, pilastri e altri elementi

E' una tecnica tradizionale di riparazione e di consolidamento delle strutture compresse, come le i pilastri e le colonne, ma anche le colonnine delle balaustre. Possono essere interessati da questa tecnica anche interi manufatti architettonici, come le torri o le costruzioni snelle, dove la cerchiatura sostituisce, talvolta, altri sistemi di rinforzo e di contenimento. (cfr. CSD 14 - UTET 2003)



Cerchiatura di un pilastro in muratura di mattoni.

2.2.3.1.5 Consolidamenti e rinforzi con tiranti, stralli o catene

Tiranti e catene sono da sempre utilizzati in diverse tecniche costruttive e in molti tipi di costruzioni, ove svolgono compiti complementari di connessione e di collegamento, d'irrigidimento e di rinforzo, di eliminazione delle spinte. Altre volte, essi hanno esclusivamente una funzione di «riserva statica» e sono destinati ad entrare in funzione solo alla presenza di variazioni del suo assetto. In particolare, i tiranti possono essere inseriti in pareti e in pilastri murari, entro strutture lignee di copertura o nei solai intermedi, ma anche in strutture di fondazione, entro muri di sostegno e di contenimento. (cfr. CSD 17 - UTET 2003)

2.2.3.2 Solai e coperture lignee

Le procedure di seguito elencate mirano a restituire alle strutture lignee la loro effettiva efficienza statica ricorrendo, se necessario, anche all'apporto di congegni aggiuntivi. I criteri e gli obiettivi da raggiungere sono quelli di rispetto e conservazione delle strutture originarie, e dei materiali che le costituiscono³.

Il consolidamento di un orizzontamento si compie riparando le orditure principali e secondarie, eventualmente ammalorate, recuperando le capacità residue, la resistenza e la rigidità, e, in alcuni casi, riattivando o migliorando le connessioni tra le parti componenti i solai e le coperture e quelle relative alle componenti murarie su cui si innestano.

Le diverse soluzioni menzionate sono tutte in grado di rispondere ad esigenze specifiche tra cui, le principali sono:

- la capacità di irrigidire la struttura consolidandola ed evitando sostituzioni arbitrarie;
- la facilità di comprensione ed esecuzione da parte delle maestranze specializzate con costi consoni al caso.

In ogni caso qualsiasi intervento, dovrà sempre essere preceduto e supportato da tutta una serie di verifiche preliminari sulla resistenza meccanica del materiale ed il suo relativo stato conservativo.

Se queste analisi dovessero rilevare che le membrature lignee, a causa delle esigue e/o insufficienti sezioni o del sopraggiunto degrado (e relativa debilitazione) del materiale, non risultassero più in grado di assolvere il loro compito e le notevoli deformazioni o frecce di inflessione non permettessero più un recupero dell'unità strutturale, non resterà che la sostituzione integrale, ma questa deve essere considerata una soluzione limite. Si ricorda che in caso di sostituzione questa dovrà essere operata in riferimento ad analisi accertate e non, come spesso accade nella pratica, su sommarie *considerazioni visive*, in modo così da ovviare l'ingiustificata rimozione di componenti strutturali di interesse storico-architettonico ancora efficienti.

Tra l'altro è necessario considerare che la sostituzione degli orizzontamenti lignei, a favore di equivalenti strutture in acciaio o latero-cementizie può implicare (a causa di un diverso peso proprio e di un diverso comportamento statico), sbilanciamenti dell'assetto strutturale globale strettamente connessi, come sovente accade, alla carenza di verifiche strutturali che prendono in esame il comportamento dell'intero organismo.

Le procedure operative di seguito descritte hanno come fine ultimo il consolidamento delle strutture operando in sito, così da non alterare l'assetto statico esistente tra i diversi elementi che compongono il solaio. Lo smontaggio del solaio per eseguirne il

³ In generale, gli indirizzi espressi dall'ICOMOS (International Council for Monuments and Sites) ed in particolare i principi enunciati nella Carta Internazionale *Principles for the Preservation of Historic Timber Structures* (ICOMOS, International Wood Committee, 1995) costituiscono una guida alla quale riferirsi nella definizione degli interventi di manutenzione e consolidamento delle strutture lignee degli edifici storici.

consolidamento, può implicare il venir meno di un equilibrio strutturale intrinseco esistente tra i singoli elementi assestatisi nel tempo e, come tale, possono insorgere delle complicazioni statiche al momento del rimontaggio perciò, gli interventi proposti, al fine di poter ovviare l'insorgenza di simile inconveniente, non prevedono questa operazione.

È opportuno considerare che gli interventi su strutture lignee presuppongono una vasta conoscenza di tecniche costruttive passate, di leggi della statica e della resistenza dei materiali lignei (che varia secondo le diverse essenze) pertanto, un'attenta analisi può agevolare il progettista nella scelta del lavoro da eseguire. Indipendentemente dal protocollo operativo adottato esistono tutta una serie di operazioni preliminari, necessarie ed obbligatorie, che occorre attuare prima di iniziare qualsiasi procedura di consolidamento di strutture lignee.

(cfr. DEI 2005)

Ulteriori accertamenti e indicazioni sono segnalate per ognuna delle tecniche di seguito indicate, che saranno da prendere in eventuale considerazione a seconda delle caratteristiche di ogni singolo edificio su cui si intende intervenire.

2.2.3.2.1 Consolidamento solai con apposizione all'estradosso di doppio tavolato

Consiste nell'apporre un doppio strato di tavole sovrapposte (in alternativa, pannelli multistrati sovrapposti) sulla struttura del solaio antico, smontando o eliminando il pavimento con relativo massetto e asportando il sottofondo del quale il nuovo dispositivo prende il posto. È una sostanziale variante del getto di calcestruzzo armato per realizzare una soletta collaborante, in quanto si prevede di utilizzare legno per consolidare legno, ed è pure una versione diversa dell'impiego di pannelli di legno per usi strutturali in due strati distanziati. (cfr. CSD 40 - UTET 2003)

2.2.3.2.2 Unione di parti lignee con inserimento di spinotti

Gli spinotti sono impiegati per irrigidire le giunzioni, siano esse incastri o riconessioni di parti fratturate. Essi svolgono una funzione duplice: aumentano la superficie di incollaggio e limitano la possibilità di movimento reciproco delle parti collegate. Secondo il tipo di frattura, gli spinotti possono essere nascosti dentro il pezzo rotto o inseriti in un foro trapanato dall'esterno; in questo secondo caso l'estremità resta visibile. (cfr. CSD 38 - UTET 2003)

2.2.3.2.3 Apposizione di guance lignee (placcaggio laterale)

Il provvedimento consiste nell'eseguire le riparazioni necessarie: a) per fornire le resistenze supplementari, ad integrazione di quelle perdute, alle membrature danneggiate da agenti biotici o da altre cause; oppure, b), per conferire la rigidità all'intera membratura che ha perduto in esercizio le caratteristiche geometriche iniziali, per insufficienza dimensionale, per carico eccessivo o per fluage. (cfr. CSD 42 - UTET 2003)

2.2.3.2.4 Consolidamento dei solai con membrature per dimezzare l'interasse delle travi

La tecnica consiste nell'aggiungere nuove travi disposte come quelle esistenti, a metà di ciascun campo libero. Nei casi più ricorrenti tali travi poggiano sulle pareti, ma talvolta può essere opportuno disporre (inserire o applicare) mensole sulla muratura o apporre travi dormienti alle pareti. Con tale presidio, il carico sulle travi originarie è in pratica dimezzato. Anche la luce libera delle travi secondarie è teoricamente ridotta a metà e ciò è particolarmente vantaggioso perché, come noto, le tensioni interne variano con il quadrato della luce. La diffusione delle pressioni sugli appoggi è grandemente migliorata. Le nuove membrature possono essere di legno o d'acciaio; se d'acciaio, sono preferibili quelle a traliccio. (cfr. CSD 44 - UTET 2003)

2.2.3.2.5 Imbragatura di capriate

È una tecnica per il consolidamento delle capriate e delle incavallature con una sorta di puntellamento provvisorio. Si tratta di applicare all'unità strutturale una serie di tiranti metallici e di elementi compressi che fungono da confinanti delle deformazioni in corso o temute, e delle degradazioni, specialmente dei collegamenti. Gli schemi operativi sono quelli indicati, variabili secondo la tipologia dell'unità strutturale. (cfr. CSD 45 - UTET 2003)

2.2.3.2.6 Consolidamento delle capriate e delle incavallature

Le degradazioni delle capriate e delle incavallature consistono in rotazioni rigide intorno agli appoggi murari, quando i collegamenti trasversali sono insufficienti o i carichi sono asimmetricamente disposti, e svergolamenti (cioè perdita della planarità) che accadono frequentemente quando la geometria della capriata è imperfetta e le simmetrie geometriche non sono rispettate con le lavorazioni e la posa in opera, oppure quando i carichi sono asimmetricamente disposti; possono riguardare, inoltre, la dissoluzione o rottura delle connessioni (che riguardano le terminazioni delle aste o gli organi di collegamento come perni, cerchiature, staffe ecc.), con dislocazioni relative (rotazioni, traslazioni) delle aste concorrenti nei nodi. (cfr. CSD 43 - UTET 2003)

2.2.3.2.7 Inserimento di trave rompitratta

L'adozione di questa tecnica di consolidamento di una unità strutturale complessa, come un solaio o una falda di tetto, si basa su principi intuitivi e consiste nell'apposizione di un elemento resistente lineare destinato a sostenere le travi principali in corrispondenza della loro mezzera. (cfr. CSD 46 - UTET 2003)

2.2.3.2.8 Consolidamento di membrature lignee mediante viti autofilettanti e cerchiature

L'intervento, a carattere topico, si compie ricollegando le parti distaccate e deformate della rottura mediante le operazioni congiunte di inserimento di viti autofilettanti e di apposizione di cerchiature. Il vantaggio maggiore consiste nel fatto che non sono richiesti smontaggi. (cfr. CSD 47 - UTET 2003)

2.2.3.2.9 Riduzione della luce libera di una trave mediante saette

Il provvedimento è perfettamente congruente con la natura e la storia dell'evoluzione delle strutture di legno. Si deve ricordare a tal proposito che, proprio a causa della difficoltà di realizzare incastri perfetti (cioè inibitori di ogni libertà di movimento relativo tra due o più aste di legno concorrenti), date le peculiarità del legno, i collegamenti si compiono sempre con la presenza di un elemento supplementare, vale a dire una saetta o contraffisso, che opera a compressione. Questo elemento, a volte, ha anche la funzione di contrastare l'instabilità laterale di membrature compresse snelle. (cfr. CSD 48 - UTET 2003)

2.2.3.2.10 Inserimento di trave lamellare all'interno di un solaio

È una tecnica alternativa alla soluzione che prevede l'inserimento di un profilato metallico nel vuoto lasciato dal nucleo distrutto della trave, dopo aver dedotto delle tavole esterne, e consiste nell'inserire una trave di legno lamellare in luogo di quella ammalorata. (cfr. CSD 50 - UTET 2003)

2.2.3.2.11 Appoggio supplementare per le testate di elementi strutturali lignei

La tecnica si basa sulla realizzazione di un nuovo appoggio, spostato rispetto a quello originario verso la parte centrale della membratura o dell'unità strutturale, in modo da corrispondere alle sue parti sane o a un suo nodo, quando le estremità sono interessate da fenomeni di degrado o di dissesto. (cfr. CSD 52 - UTET 2003)

2.2.3.2.12 Profilato metallico applicato al bordo inferiore della membratura

La tecnica è basata sul principio di apporre un dispositivo strutturale che sia in grado di sopperire autonomamente alle deficienze di una membratura, senza però alterare la consistenza materica della struttura trattata, i cui vincoli, sono lasciati in opera. Eventualmente, è la configurazione della struttura stessa che subisce dei cambiamenti. (cfr. CSD 53 - UTET 2003)

2.2.3.2.13 Rinforzo di elementi strutturali lignei con lamine metalliche

Questa tecnica consente il rinforzo di travi lignee eccessivamente inflesse o dissestate con rotture mediante l'inserimento nelle travi stesse, praticando apposite scanalature, di lamine metalliche. Consente di operare in situ e non richiede quindi deprecabili smontaggi della struttura. (cfr. CSD 56 - UTET 2003)

2.2.3.2.14 Miglioramento delle condizioni di esercizio di una trave mediante mensole o appoggi supplementari

L'apposizione di mensole a travi (o nodi di incavallature) che ne sono privi, operazione che si compie *in situ* senza smontaggi, ha lo scopo di aumentare la superficie di appoggio della trave riducendone al contempo la luce effettiva, fatti che senz'altro migliorano le condizioni di esercizio; l'apposizione di mensole di tipo tradizionale però comporta lo strappo della muratura per il suo inserimento. Il ricorso però a materiali moderni adeguati come l'acciaio inossidabile ed il titanio, che consentono dimensioni minime delle sezioni resistenti, e il disegno di mensole, applicate alla muratura può risolvere tali problemi.

Le tecniche di consolidamento o di confinamento esposte possono essere applicate in diverse situazioni. L'intervento che prevede la riduzione della luce di una trave mediante l'aggiunta di mensole sottotrave nelle molteplici varianti può risultare utile sia nel caso di travi che hanno subito un degrado complessivo tale per cui si rende necessaria la riduzione delle tensioni sia nel caso di travi complessivamente sane ma con sezione insufficiente - per dimensionamento inadeguato o aumento dell'entità dei carichi - a sopportare i carichi agenti. L'intervento può essere finalizzato anche a migliorare le condizioni di appoggio di una trave le cui teste siano parzialmente degradate, per cui è utile creare una nuova base d'appoggio che interessi la parte sana della trave.

(cfr. CSD 57 - UTET 2003)

2.2.3.2.15 Rinforzo di strutture lignee con nuovi elementi resistenti

Con l'aggiunta di nuovi elementi strutturali autonomamente resistenti le strutture lignee preesistenti sono coadiuvate nelle loro funzioni portanti. Diverse sono le relazioni strutturali che si possono instaurare tra i nuovi elementi e quelli esistenti. Le strutture lignee originarie, infatti, possono essere totalmente o parzialmente liberate dalle funzioni portanti in ragione dello stato di conservazione (accertato mediante indagini diagnostiche), dei carichi indotti sulle strutture (effettivi o di progetto) e, infine, delle norme vigenti in materia di sicurezza statica.

Esistono diverse tecniche che prevedono l'inserimento di nuovi elementi per coadiuvare strutture lignee degradate nelle loro funzioni strutturali e, a questo scopo, possono essere impiegati diversi materiali, come l'acciaio e il legno. Queste tecniche sono impiegate quando le analisi delle performance strutturali, che devono essere basate su indagini diagnostiche accurate, mettono in luce carenti condizioni di servizio degli elementi strutturali lignei, tali da richiedere l'ausilio di nuove strutture resistenti.

Il campo di applicazione di queste tecniche riguarda principalmente i solai lignei. Questi

interventi sono mirati a recuperare la capacità statica persa a causa di fenomeni di degrado o a migliorare quella esistente per adeguare le strutture a nuovi carichi di esercizio.

Si può fare ricorso a queste tecniche come interventi di consolidamento definitivo, migliorando le condizioni di esercizio di strutture lignee indebolite.

Alcune di queste tecniche possono avere carattere provvisorio. Si può, infatti, fare ricorso all'aggiunta di elementi autonomamente resistenti allo scopo di rimediare a situazioni di pericolo immediato, realizzando un intervento cosiddetto di tipo provvisorio, in attesa di poter eseguire un vero e proprio intervento di consolidamento. (cfr. CSD 64 - UTET 2003)

2.2.3.2.16 Consolidamento di strutture lignee mediate chiavarde o sogofese

La tecnica, per le costruzioni esistenti, si basa sul collegamento delle membrature principali delle unità strutturali di orizzontamento (travi principali dei solai, catene delle incavallature, puntoni dei tetti a semplice falda ecc.), con le pareti portanti dell'edificio; oppure delle travi secondarie, se queste sono perpendicolari ai muri, dopo averne collegato i vari segmenti.

Le membrature, per migliorarne il comportamento, specialmente nei casi di compressione eccessiva o che s'intende comunque tenere entro limiti ristretti, possono essere ancorate alla muratura per essere poste in trazione

La tecnica è di impiego universale, costituendo la trascrizione, in termini di riparazione, di regole costruttive. E' di facile e immediato impiego nelle costruzioni storiche e rurali. (cfr. CSD 65 - UTET 2003)

2.2.3.2.17 Sostituzione di membratura lignea

La tecnica è, di fatto, il riconoscimento della propria impotenza di fronte all'estremo degrado, alla inutilizzabilità di una o più membrature di una struttura lignea. L'obiettivo è la rimozione delle membrature degradate, senza danneggiare le rimanenti parti della struttura e quanto rimane dello stesso elemento, sostituendole con nuove, preferibilmente di legno, e inserendole senza danno ed efficacemente al posto delle prime. (cfr. CSD 60 - UTET 2003)

2.2.3.2.18 Consolidamento di strutture lignee mediante tirantature

Si tratta di una tecnica di consolidamento e d'irrigidimento di membrature inflesse che permette di operare in situ, senza eseguire smontaggi di sorta, e consiste nell'applicare elementi lineari interni o esterni resistenti a trazione, eventualmente integrati da elementi che possano fornire resistenze supplementari a compressione, sfruttando le resistenze residue della membratura. Secondo un'altra ottica, consiste nell'indurre nella membratura una tensione normale (compressione) che si oppone a quelle esistenti e una o più reazioni perpendicolari all'asse della trave, come potrebbero essere quelle prodotte da appoggi supplementari cedevoli o da un appoggio cedevole continuo. (cfr. CSD 62 - UTET 2003)

2.2.3.2.19 Consolidamento dei sistemi strutturali lignei

La tecnica ha lo scopo di riportare il sistema di unità strutturali al funzionamento coordinato di insieme, riattivando le sinergie affievolite o attivando quelle latenti, oltre che di ovviare a problemi di equilibrio e di stabilità, se non di resistenza. Più concretamente, si tratta, nella maggior parte dei casi, di rendere indeformabili le maglie dell'orditura delle strutture di legno a sviluppo e organizzazione spaziali.

La tecnica si attua riparando gli organi interni di collegamento e apponendo organi di stabilizzazione. Non sono in generale richiesti smontaggi (si opera in situ) salvo che per necessità locali.

La tecnica si applica a coperti, grandi complessi strutturali, strutture tridimensionali e, in particolare, ai sistemi di copertura, allorché si riscontrano degradazioni da accatastamento delle unità strutturali (capriate e incavallature). Si attua per danni effettivi o anche temuti. (cfr. CSD 39 - UTET 2003)

3. Deumidificazione

3.1 Premessa

Con questo termine si intende il complesso dei rimedi tecnici che hanno lo scopo di difendere l'edificio dal degrado indotto dall'acqua e dall'umidità ambientale. Le tecniche da impiegare sono quelle che raggiungono lo scopo di allontanare, ridurre o eliminare l'umidità senza alterare le componenti costitutive degli edifici. In questo campo specifico, tuttavia, il problema conservativo si presenta in forme inedite, in quanto si tratta di adattare risorse tecnologiche moderne (in termini di materiali e di procedure costruttive) a manufatti edilizi concepiti e realizzati con i vecchi sistemi costruttivi, per di più menomati dall'invecchiamenti e dagli agenti aggressivi.

Nella difesa delle costruzioni storiche dai fenomeni dell'umidità si genera, pertanto, una sorta di *ibridazione* tra i materiali e le tecniche della tradizione con quelli del nostro tempo. In ogni caso è necessario intervenire con un progetto che preveda interventi globali di controllo dell'umidità, sia essa di risalita, di condensa o di infiltrazione e che, partendo da una seria analisi dello stato di fatto, individui esattamente il risultato al quale è *realistico* aspirare, scegliendo la tecnica, o il complesso di tecniche più adatte per raggiungerlo. Ma per fare ciò in modo efficace è necessario indagare accuratamente le cause del fenomeno.

Come in altri casi di degrado, quello indotto dall'acqua non è un fenomeno singolo e isolato, ma appartiene a un processo complesso nel quale le cause e le conseguenze che ne derivano si accavallano, si amplificano e si complicano, associandosi e interagendo gli uni con gli altri. In questa difficoltà si nasconde l'insidia maggiore nella lotta all'umidità, traducendosi nella diffusa tendenza a ricercare "la" causa da combattere con "una" determinata tecnica, eventualmente raffinata e complessa, e possibilmente sostenuta da articolati argomenti di tipo fisico-chimico. Ma in natura, di solito, non esiste la causa unica di un processo, ed è spesso su tale equivoco che si basa la discutibile efficacia di quasi tutte le tecniche di deumidificazione proposte dal mercato.

La lotta contro l'umidità, soprattutto quella dovuta alla risalita, ha una lunga tradizione a partire dalla città di Venezia, vista la speciale situazione idrogeologica della città. Nella città lagunare si è adottato a lungo la tecnica del cuci-scuci che, piuttosto che come tecnica di deumidificazione, si poneva soprattutto come indispensabile rinnovo di quei tratti di muratura ormai completamente ammalorata dall'azione dei sali. Altra scelta, ora del tutto abbandonata (anzi ormai apertamente sconsigliata) per i pericolosi «effetti collaterali», è stata quella del taglio della muratura (tecnica dello sbarramento fisico mediante interposizione di materiali di varia natura).

Da questa forma di opposizione passiva all'umidità si è passati, negli ultimi decenni, a metodi di tipo attivo che cercano di prevenire i danni indotti dall'umidità e, quando ciò non è più possibile, di limitarne la portata. Tecniche che spesso hanno mostrato i loro limiti solo attraverso la prova del tempo, come avvenuto con i sifoni atmosferici Knapen, utilizzati fino a pochi anni fa, nonostante già dagli anni '60 fosse chiaro l'equivoco su cui si basava la convinzione del loro funzionamento.

Come i sifoni, anche le barriere hanno evidenziato limiti notevoli. Se quelle che si basano sul taglio delle murature non hanno dimostrato, a tutt'oggi, di essere completamente innocue per la stabilità del manufatto, quelle chimiche non permettono il controllo da parte dell'operatore della diffusione effettiva del prodotto all'interno della muratura.

Tra l'altro mancano quasi completamente ricerche sperimentali sul comportamento delle murature sottoposte a deumidificazioni troppo repentine che potrebbero causare decoesione dei materiali, distacchi e naturalmente formazione di ulteriori efflorescenze sulle superfici.

E pertanto sempre opportuno tenere presente, indipendentemente dalla risoluzione che si intende adottare, che difficilmente un trattamento può ritenersi completamente risolutivo e che ogni procedura ha i suoi limiti e le relative controindicazioni per cui, in alcuni casi, può risultare conveniente ricorrere a sistemi integrati di più tecniche in modo da poter attuare una compensazione reciproca capace di annullare, in parte, le diverse limitazioni insite in ogni intervento.

I fenomeni relativi all'umidità risultano, spesse volte, difficili da eliminare, e per questo lo scopo che deve prefiggersi l'intervento è quello di *attenuarli* in modo da renderli meno nocivi per la struttura. Il tecnico deve disporre di un ampio ventaglio di risoluzioni e di un'analisi dettagliata dello stato di fatto, al fine di poter pianificare un progetto globale di controllo dell'umidità su tutto il manufatto strettamente relazionato alle specifiche esigenze evitando così, come contrariamente avviene nella pratica, sia lo scaglionarsi nel tempo di una serie illimitata di operazioni circoscritte poco risolutive sia l'estensione, arbitraria, di una medesima risoluzione a tutto il fabbricato.

3.2 Quadro riassuntivo delle più note tecniche di deumidificazione

Un esame completo delle tecniche di deumidificazione non è materialmente proponibile in questa sede. È un campo, questo, continuamente alimentato da nuove proposte, più o meno sostenute da principi «scientifici» o semplicemente dal buon senso.

Alle soluzioni «innovative» si aggiungono inoltre le numerose varianti applicate ai sistemi vecchi e avvalorate da esperienze e documentazioni non sempre controllabili o convincenti. Si tratta, in sostanza, di procedimenti che in generale presentano tre grossi limiti:

- a. sono spesso invasivi o addirittura distruttivi;
- b. sono costosi;
- c. la loro efficacia è limitata o addirittura inesistente, salvo rari casi, nei quali concorrono circostanze particolarmente favorevoli (il basso tasso di alimentazione dell'umidità, la speciale natura costruttiva e materica delle murature, la possibilità di una manutenzione attenta e continua, ecc.).

Per tali ragioni l'elenco che qui si propone ha essenzialmente il compito di offrire delle informazioni indicative su quanto esiste in materia, almeno nelle procedure più reclamizzate, in modo da offrire la possibilità al tecnico di "orientarsi" in un settore di intervento particolarmente problematico.

Il criterio espositivo, in questo caso, è quindi duplice:

- _ la prima parte di ogni tecnica ne descrive i principi funzionali, i campi di applicazione suggeriti dalle aziende produttrici del sistema, brevi riferimenti a esperienze applicative;
- _ la seconda parte, scritta in corsivo, mette in luce i limiti e le eventuali controindicazioni della tecnica.

3.2.1 Sifoni atmosferici o aeratori drenanti

La tecnica (ideata dal belga Knapen) si propone di eliminare l'umidità da una muratura inserendo al suo interno dei "sifoni drenanti" al fine di aumentare l'aerazione e la capacità d'evaporazione di una parete. Il principio secondo il quale questo metodo dovrebbe assicurare l'eliminazione dell'umidità, è basato sulla considerazione che l'aria esterna è più asciutta e quindi più leggera di quella contenuta all'interno del manufatto che, proprio per tale ragione, entra nel sifone inserito al suo interno e comunicante con l'esterno, facendo uscire l'aria umida e più pesante che vi si è accumulata.

Il sistema è impiegato per eliminare dalle murature l'umidità ascendente, connessa a fenomeni di risalita capillare in murature verticali poste a contatto diretto con il terreno umido o con acque di falda. I tubi drenanti devono essere localizzati in zone ventilate e, per questo motivo, sono generalmente posti sul lato esterno delle murature. Tali tubi possono essere inseriti in tutti i tipi di muri, sia in pietra sia in laterizio, aventi spessore maggiore di 20cm e, nel caso di muri con spessori maggiori di un metro, è necessario disporli anche sulla faccia interna della parete, dal momento che la velocità di evaporazione è correlata allo spessore del muro e su tali dimensioni una sola serie di aeratori non sarebbe sufficiente a garantire l'efficacia dell'intervento.

L'utilizzo di tali dispositivi è tuttavia di incerta efficacia nei climi caratterizzati da un'umidità relativa dell'aria che permane entro valori molti elevati durante tutto l'arco dell'anno.

A partire dalla metà del secolo scorso, sono state brevettate molte varianti del cosiddetto "sifone atmosferico", perciò si possono oggi trovare in commercio aeratori in laterizio di sezione triangolare, cilindrica, o semicilindrica, aeratori di plastica bucherellata o, anche, in acciaio inossidabile. È stato inoltre studiato un sistema di collegamento tra i tubi, realizzato mediante conduttori di rame con messa a terra, in modo da creare un campo elettrosmotico che favorisca il passaggio dell'umidità dal muro al terreno circostante. In inverno, accade però che i muri siano spesso più caldi dell'aria esterna e, quindi, l'aria umida contenuta nei sifoni non esce, perché è più leggera di quella esterna. Per ovviare a tutto ciò, sarebbe allora necessario orientare la bocca dei tubi verso l'alto, ma in questo caso, essi si comporterebbero in sostanza come degli imbuti pronti a raccogliere pioggia e neve, divenendo con ciò fonte di ulteriori problemi. In estate, analogamente, se il muro è esposto al sole, l'aria contenuta nel sifone è sì più umida, ma si riscalda sotto l'effetto della radiazione solare e vi rimane intrappolata perché più leggera di quella esterna. Se, invece, il muro è freddo e l'aria esterna è calda e umida, si crea all'interno del sifone un fenomeno di condensa che anziché disperdere l'umidità contenuta nel muro la raccoglie e la trattiene. Il sistema basa, poi, il suo funzionamento sulla considerazione che in presenza di una maggiore ventilazione o di un'azione diretta del sole si determini sulla superficie del muro un prosciugamento uniforme, ma nella realtà ciò non accade.

Altri ancora possono essere i motivi di insuccesso cui questo tipo di trattamento va incontro. I sali naturalmente contenuti nel muro e veicolati dall'umidità che migra al suo interno, tendono ad esempio a depositarsi sulle pareti porose dei sifoni, creando così degli intasamenti che impediscono l'evaporazione dell'acqua e peggiorando la situazione complessiva della parete. Può accadere, inoltre, che non si realizzi il corretto contatto fra le pareti del foro e il tubo che vi è inserito ad esempio perché, quando la profondità del foro è molto maggiore del suo diametro, è difficile per l'operatore stendere la malta al suo interno e ancora più creare la pendenza richiesta e ciò può vanificare l'intero intervento.

In conclusione, occorre considerare che, anche quando tutte le condizioni descritte siano propizie per un corretto funzionamento del sifone, l'effetto prosciugante che esso è in grado di assicurare è alquanto limitato, poiché limitata è la portata di aria che entra al suo interno e, quindi, quella dell'umidità che, attraverso di esso può evaporare. (cfr. DMF 01 - UTET 2003)

3.2.2 Deumidificazione col metodo delle barre polarizzate

Il metodo è impiegato nei casi di umidità ascendente, connessa a fenomeni di risalita capillare in murature verticali a contatto con il terreno umido o con acqua di falda. L'impianto può essere applicato a tutti i tipi di strutture, su murature fuori terra e seminterrati, di pietra, mattoni, calcestruzzo o miste. Il sistema, introdotto in Italia all'inizio degli anni '90, è stato a lungo sperimentato e impiegato in Germania, e può essere installato anche su strutture murarie in condizioni statiche non ottimali, in quanto determina anche un effetto consolidante.

Fenomeni di disturbo possono derivare dalla natura del sottosuolo, dalla concentrazione di sali nell'acqua, dalla microstruttura dei materiali, dalle variazioni stagionali, dalla velocità di evaporazione che dipende dallo stato igrometrico. (cfr. DMF 02 - UTET 2003)

3.2.3 Depolarizzazione elettromagnetica

Il metodo è impiegato nei casi di umidità di risalita capillare alimentata da acqua dispersa accidentalmente nel terreno o dalla falda freatica, in murature verticali o strati pavimentali a contatto con il terreno. L'installazione dell'impianto può essere adottata a tutti i tipi di strutture, su murature di mattoni, di pietra, miste, affrescate, anche contro-terra e su fondazioni. La mancanza di opere murarie nella installazione del sistema favorisce il suo impiego per l'assenza d'invasività o di modificazione delle parti edificate.

Limiti al funzionamento del sistema potrebbero essere legati al principio di risalita dell'acqua nella muratura anche per effetto di forze capillari (legge di Jourin-Borelli). Queste sono, a loro volta, dipendenti dalla porometria dei capillari, dalla tensione del liquido verso la parete del capillare, dal loro numero e regolarità, dalla temperatura esterna e del muro, dalla concentrazione dei sali presenti nelle murature, dalla pressione barometrica, dall'esposizione, dal grado d'evaporazione e permeabilità al vapore. Fenomeni di disturbo potrebbero, inoltre, derivare dalla natura del sottosuolo e dalla concentrazione di sali nell'acqua, dalla microstruttura dei materiali, dalle variazioni stagionali, dalla velocità di evaporazione che dipende dal contenuto, dallo stato idrometrico. (cfr. DMF 03 - UTET 2003)

3.2.4 Intercettazione capillare

Il sistema è impiegato nei casi di umidità ascendente connessa a fenomeni di risalita capillare in murature verticali a contatto con il terreno umido o con acqua di falda, ed è praticabile in muri fuori terra o interrati di mattoni, di pietra o di calcestruzzo. Il sistema è applicabile senza interferire con le funzioni d'uso degli edifici, in qualsiasi periodo dell'anno, sia pure considerando che i tempi di indurimento del materiale, a basse temperature, possono aumentare anche del 60% circa. La realizzazione di una barriera chimica non arreca cambiamenti statici alla struttura e non esistono controindicazioni per il suo impiego su pareti lesionate, sconnesse e non compatte, anche se in questi casi possono esserci dispersioni di materiale non previste e tali da rendere inefficace l'intervento.

Il problema principale di questo tipo di tecnica pare essere la penetrazione del prodotto. Non sempre, infatti, si crea una barriera continua all'umidità ma solamente un suo contenimento. Si è cercato di ovviare a questo problema aumentando la viscosità dei formulati con additivi e solventi che rischiano, però, di ridurre l'efficacia del trattamento. Inoltre, eventuali modificazioni chimiche dei materiali utilizzati possono generare, nel tempo, la formazione di capillari secondari, aprendo nuove vie di risalita. Di solito, non è possibile verificare se il materiale iniettato si sia effettivamente disposto in modo omogeneo e continuo all'interno della muratura. Esiste, infatti, la possibilità che non si realizzi uno strato orizzontale completamente impermeabile in special modo in presenza:

a - di murature miste, con lesioni interne e canalizzazioni non previste. In questi casi, per ridurre il rischio di dispersione del materiale, è necessario, prima dell'intervento, eseguire sondaggi per localizzarle e provvedere alla loro saturazione con stuccature e iniezioni consolidanti di boiacche

b - di forte risalita capillare. La catalizzazione del prodotto non è immediata, avviene in un certo tempo, e perciò, durante la fase d'immissione del formulato può accadere che la pressione dell'acqua in salita sia tale da trascinare con sé il formulato, prima della sua solidificazione, disperdendolo all'interno del muro.

Per gli sbarramenti verticali è possibile controllare la riuscita dell'intervento estraendo carote di materiale per sottoporle a prove di laboratorio che misurino l'assorbimento dell'acqua, la resistenza e altri parametri.

Altri fattori, come la velocità di polimerizzazione del componente, la presenza di sali e la tecnica di iniezione possono, inoltre, influenzare la penetrazione. In altri termini, per scegliere la sostanza e la metodologia di immissione, sono necessarie tutte le analisi preventive mirate a determinare le cause e le concause dell'umidità, la tipologia costruttiva delle murature, l'umidità relativa dell'aria, la misura di assorbimento d'acqua, il valore del pH della muratura. Fondamentale è la verifica sulla localizzazione ed il tipo di sali presenti in quanto l'influenza dei sali nel meccanismo di reazione chimica è in gran parte sconosciuto, ma è certamente importante.

Si possono inoltre verificare alterazioni nelle caratteristiche cromatiche della parete.

I formulati devono rispondere ad alcuni requisiti elencati nelle Raccomandazioni Normal 20/85 (CNR-ICR, Roma 1985):

- non provocare la formazione di sottoprodotti secondari dannosi;

- venire uniformemente assorbito dal materiale lapideo e raggiungere tutto il materiale alterato, [...] la profondità di penetrazione richiesta varia secondo le caratteristiche della pietra; può essere quindi di pochi millimetri in una pietra compatta, di molti centimetri in una pietra porosa;

- presentare un coefficiente di dilatazione termica non molto difforme da quello del materiale, per non essere causa di fessurazioni o sgretolamenti nel caso non abbia buone caratteristiche elastometriche;

- se si tratta di prodotto idrorepellente, non deve rendere il materiale lapideo completamente impermeabile al vapor d'acqua;
- conservare l'aspetto esteriore del materiale evitando fenomeni di scurimento o imbiancamento, formazione di pellicole lucide o ingiallimento sotto l'azione della luce" (punto 3.3).

Per i formulati occludenti, le resine sono soggette, catalizzando, alla formazione di microcricche, non sono stabili nel tempo e tendono ad ossidarsi a contatti con molti Sali; inoltre depolimerizzano, a talune pressioni, in base alla differente dilatazione termica, ed a dati valori di pH della muratura modificando le loro caratteristiche di resistenza. I silicati favoriscono la formazione di sali (carbonato di sodio e di potassio), mentre i gel acrilamidici, se immessi con iniezioni a bassa pressione, sono caratterizzati da buona penetrazione.

Sui sistemi di iniezione va detto inoltre, che, se il liquido è inserito a pressione nel muro, esiste la possibilità che questo si incanali verso le vie di minor resistenza oppure tende a creare rotture tra i diaframmi dei capillari. Un limite della tecnica eseguita con paraffina potrebbe nascere dalle alte temperature a cui viene sottoposta la muratura. A causa dello stress termico potrebbero, infatti, diminuire le prestazioni della muratura e del suo rivestimento. (cfr. DMF 04 - UTET 2003)

3.2.5 Elettrosmosi attiva

Questo metodo è impiegato nei casi di umidità ascendente connessa a fenomeni di risalita capillare. L'impianto può essere applicato a tutti i tipi di strutture, su murature di mattoni, pietra, miste, affrescate, anche contro-terra e su fondazioni, ma è sconsigliato dove è presente del metallo. Il sistema elettrosmotico è stato sperimentato ed impiegato, per il consolidamento ed il prosciugamento di terreni argillosi, per l'essiccazione della torba, per la disidratazione di materie.

Le prove sperimentali eseguite per verificare il funzionamento dell'elettrosmosi applicata per la deumidificazione delle strutture non hanno dato, tuttavia, in oltre cinquant'anni di applicazione, risultati incoraggianti. Le variabili che determinano il risultato finale sono molte e purtroppo non sono ancora stati individuati tutti i fattori per i quali l'applicazione pratica presenta incertezze.

L'acqua sale nella muratura anche per effetto di forze capillari (legge di Jourin-Borelli), dipendenti a loro volta dalla porometria dei capillari, dalla tensione del liquido verso la parete del capillare, dal loro numero e dalla loro regolarità, dalla temperatura del muro ed esterna, dalla concentrazione dei sali nelle murature, dalla pressione barometrica, dall'esposizione, dal grado di evaporazione e permeabilità al vapore, oltre che da forze elettrosmotiche.

Il fenomeno può quindi essere influenzato da molte variabili; in particolar modo è stato verificato come la natura del sottosuolo e la concentrazione di sali nell'acqua esercitino grande influenza sul potenziale elettrico.

Un fattore che esercita una notevole influenza è stato dimostrato essere anche il contenuto percentuale iniziale di acqua della muratura. Il fisico B. H. Vos ha dimostrato come tutte le sostanze porose e quindi anche le murature hanno un loro punto critico di contenuto percentuale d'acqua. Egli sostiene che al di sopra di questo valore l'acqua può essere trasportata per elettrosmosi mentre al di sotto può solamente evaporare. Questa teoria potrebbe spiegare come in molti casi il sistema produca un miglioramento iniziale, con una diminuzione di acqua intorno all'1/3% in peso, mentre successivamente non si abbiano ulteriori incrementi. Inoltre, "il metodo non sembra essere efficace se adoperato su murature con un basso contenuto di umidità" (G. Sala, M Valentini, 1996). Gli ingegneri Giovanni ed Ippolito Massari ritengono che "il punto critico di Vos coincida con quello che impropriamente chiamiamo punto di flesso del diagramma di Krischer e Görling [...] per cui [...] l'elettrosmosi è valida e utile nel 1° ramo (a superficie satura ed evaporazione costante) e perfettamente inutile nel 2° ramo (ad evaporazione decrescente) ossia inutile nel vero prosciugamento" (G. e I. Massari, 1985). Nasce perciò l'esigenza di verificare, prima dell'installazione dell'impianto, in quale fase di evaporazione si trovi la struttura.

Una spiegazione al fenomeno potrebbe essere data dal fatto che una muratura umida conduce molto bene l'elettricità, mentre nella fase di prosciugamento la resistenza elettrica aumenta.

La constatazione che la malta di calce a differenza degli altri materiali testati, presenta un valore negativo del coefficiente di trasporto elettrosmotico implica che, se ad esempio si applica un circuito su una muratura di calce e mattoni, avviene un trasporto di acqua nei due sensi, verso il terreno attraverso i mattoni e su per il muro attraverso la malta. Fondamentale importanza assumono, dunque, le analisi preventive rivolte alla conoscenza della natura del materiale e della tecnica costruttiva, oltre che della velocità di evaporazione (che dipende dalla struttura specifica di ogni materiale), delle caratteristiche di conducibilità capillare, del livello di saturazione della muratura, delle condizioni termoigrometriche interne ed esterne, della temperatura superficiale delle pareti. (cfr. DMF 05 - UTET 2003)

3.2.6 Elettrosmosi passiva

Il metodo è impiegato nei casi di umidità ascendente. L'impianto può essere installato in tutti i tipi di strutture, su murature preferibilmente di mattoni, ma anche di pietra o miste, senza limitazioni di spessore. Il sistema non può essere adottato per deumidificare costruzioni di cemento armato o con strutture metalliche, ed è sconsigliato nei casi in cui è accertata la presenza di catene e infissi di ferro, di canalizzazioni e di altri elementi che possono generare correnti vaganti.

Il sistema, fortemente invasivo nella conservazione del costruito presenta grossi limiti. E' stato verificato, mediante semplice misurazione con elettrodi puliti, che anche dopo la realizzazione della cortocircuitazione la differenza di potenziale tra muratura e terreno continua ad esistere.

Attraverso l'elettrosmosi passiva si può, infatti, al massimo eliminare quella porzione di acqua che risale il muro per elettrosmosi ma non quella che ascende per capillarità. Non sembra che il sistema riesca a contrastare le forze capillari ed osmotiche responsabili anch'esse della risalita. I fattori coinvolti riguardano, quindi, anche la porosità e la porometria dei capillari, la tensione del liquido

verso la parete del capillare, il loro numero e la loro regolarità, la temperatura del muro ed esterna, la concentrazione dei sali presente nelle murature, la pressione barometrica, l'esposizione, il grado di evaporazione e permeabilità al vapore.

Uno dei maggiori problemi di insuccesso del sistema è costituito, inoltre, dalla polarizzazione degli elettrodi che si deteriorano sotto l'effetto di correnti vaganti, con la conseguente diminuzione della resistenza del circuito dovuta alla loro corrosione. L'impiego di conduttori di titanio-platino e di giunzioni di titanio dovrebbe evitare gli effetti di corrosione anche a tutte le strutture metalliche conduttrici presenti all'interno della muratura.

Il funzionamento del sistema può, inoltre, essere compromesso dalla presenza di elementi conduttori all'interno della muratura o nel terreno, in quanto questi tendono a concentrare le linee di forza del campo elettrico creato. Si possono ritenere validi anche in questo caso i limiti e gli accorgimenti citati per l'elettrosmosi attiva (v. Elettro-osmosi attiva). (cfr. DMF 06 - UTET 2003)

3.2.7 Drenaggio perimetrale e pozzi assorbenti

Il sistema ha lo scopo di bonificare il terreno mediante l'intercettazione e la deviazione del percorso delle acque meteoriche o di falda, per proteggere le fondamenta di un edificio dall'umidità. In un edificio isolato, è possibile eliminare o ridurre le oscillazioni idriche stagionali mediante la realizzazione di una rete di fosse drenanti che circondano l'intero perimetro, e collegate attraverso una o più vie di uscita ad un collettore generale che raccoglie le acque. In alcuni casi, la rete può essere intervallata con pozzi assorbenti. L'intervento è generalmente realizzato in terreni poco permeabili, con presenza di argilla e limo che tendono ad accumulare e trattenere l'acqua.

Quando si voglia eliminare il problema della presenza di acqua nelle murature, è necessario verificare se vi sono le condizioni per una preventiva bonifica del terreno circostante. Nella maggior parte dei casi, infatti, questo è il sistema migliore per il risanamento delle murature umide, anche se non risolve il problema di risalita capillare nell'interfaccia orizzontale tra muratura e terreno, sotto la fondazione. Per entrambi i sistemi di drenaggio (fossa drenante, pozzi assorbenti), utilizzati sia singolarmente che in modo combinato, valgono alcune considerazioni.

Il problema principale del sistema è che, se s'interviene in terreni edificati, caratterizzati inizialmente dalla presenza di molta acqua, la portanza iniziale cambia. La bonifica, infatti, può modificare sensibilmente il contenuto d'acqua e, in certi casi, le caratteristiche di resistenza del terreno. Occorre quindi apprezzare se il terreno ha raggiunto una stabilità consolidata, e fino a che punto sia opportuno rischiare di alterarla. Durante la fase di prosciugamento del terreno, si verifica, infatti, un'iniziale diminuzione della portanza e delle resistenze del terreno; successivamente si assiste ad una deformazione o cedimento progressivi (fase di collasso), infine si ha un consolidamento definitivo (a deformazione avvenuta) del terreno. Ove s'intenda ugualmente procedere con l'operazione, sarà prima necessario intervenire almeno con un consolidamento del terreno.

Poiché ogni intervento determina cambiamenti del sistema idrogeologico, bisognerà svolgere una serie di indagini preventive (geologica, litologica, idrologica) ed elaborare accurate previsioni sul possibile comportamento del terreno sul quale si andrà ad intervenire. Se il drenaggio è realizzato a contatto con la muratura, è necessario avere un quadro diagnostico completo sulla tipologia costruttiva e sullo stato di conservazione delle murature interrato ed in elevazione. L'eliminazione di una consistente parte di terreno che funziona da contenimento per la parte di muro fondale, può, infatti, indurre cedimenti e provocare stati fessurativi. Se è prevedibile che ciò accada, è necessario intervenire con il consolidamento della struttura prima di incominciare lo scavo. (cfr. DMF 07- UTET 2003)

3.2.8 Applicazione di intonaco macroporoso

L'applicazione di intonaco macroporoso è una tecnica indicata soprattutto se si vogliono limitare gli effetti dell'umidità di risalita nelle murature, e agisce favorendo l'evaporazione dell'acqua presente al loro interno, fornendo una superficie di scambio traspirabile al vapore, più estesa rispetto a quella della parete. L'intonaco macroporoso è uno speciale prodotto resistente alla pressione dovuta ai fenomeni di cristallizzazione dei sali. I sali, durante l'evaporazione dell'acqua migrano dall'interno all'esterno della muratura, provocando, a volte, ingenti danni, sia quando la cristallizzazione avviene all'interno del materiale sia quando ha luogo sulla superficie esterna del muro.

L'applicazione dell'intonaco macroporoso è soprattutto adatta per superfici esterne poste a diretto contatto con l'atmosfera, dove i quantitativi di acqua presenti nella muratura possono venire più facilmente smaltiti per evaporazione, anche per la eventuale presenza di favorevoli condizioni di esposizione o di una certa ventosità.

La stessa soluzione tecnica presenta invece notevoli limiti di applicazione nei casi di elevata velocità di penetrazione dell'acqua nella muratura (ad esempio per fenomeni di risalita capillare), nei casi di acqua in pressione, di acqua stagnante, di infiltrazioni per percolazione. Alcuni limiti di applicazione si hanno anche ove si registrino nelle murature da risanare tassi molto elevati di umidità, con aria satura, o se si applica l'intonaco su porzioni di muratura con caratteristiche di elevata impermeabilità.

Se si utilizza l'intonaco macroporoso in una singola porzione di parete, per esempio nella parte basamentale soggetta ad umidità di risalita, un elemento critico può essere rappresentato dalla linea di discontinuità tra il nuovo intonaco e quello preesistente. La diversa composizione dei due materiali potrebbe infatti causare l'emergere nel tempo di cretti o di piccole lesioni che segnano il confine tra i due intonaci. Più gli intonaci sono simili nella granulometria degli aggregati, nella qualità del legante e nelle proporzioni legante-inerte, migliore sarà comunque la loro coesione reciproca. (cfr. DMF 08- UTET 2003)

3.2.8.1 Applicazione di intonaco macroporoso⁴

La procedura descrive una metodologia volta al prosciugamento di murature fuori terra, interessate da fenomeni di umidità di risalita, mediante l'applicazione di intonaci ad elevata porosità in grado di aumentare la velocità di evaporazione dell'acqua, presente all'interno della muratura, di quel tanto che basta affinché la stessa non sia in grado di umidificarsi in seguito al contatto ed al conseguente assorbimento d'acqua dal terreno umido. Questo tipo di operazione è consigliata quando risulta impossibile (per motivi tecnici e/o economici) intervenire con sbarramenti, deviazioni od altri sistemi più invasivi per cui non resta altra risoluzione che intervenire direttamente sull'apparecchio murario aiutandone la capacità di traspirazione. L'intonaco macroporoso, applicabile su tutti i tipi di muratura, potrà essere utilizzato anche su superfici di locali interni soggetti a forti concentrazioni di umidità o per ridurre i fenomeni di condensa sulle pareti degli ambienti confinanti, fermo restando un attivo ed efficiente sistema di aerazione. Questo tipo di intervento non sarà adatto in presenza di un costante contatto con acqua di falda.

L'intonaco macroporoso non sarà in grado di assicurare da solo nessun effetto di deumidificazione (ad eccezione di problematiche circoscritte a murature inferiori ai 30 cm interessate da modesti fenomeni d'umidità), ma assicurerà un buon prosciugamento dei residui d'acqua (specialmente nella stagione calda e secca), una volta limitata la fonte principale d'adescamento; inoltre, non essendo in grado di opporsi all'ingresso dell'acqua meteorica nel muro, dovrà essere trattato superficialmente con sostanze idrorepellenti ma traspiranti al vapore acqueo (ad es. pitture ai silicati), o con intonachino di finitura comunque additivato con idrorepellenti.

Questo tipo di intonaco sarà, di norma, ottenuto miscelando malte di base (ad es. calce idraulica naturale ed inerti leggeri selezionati o coccio pesto in rapporto 1:3) con agenti porogeni (additivi in grado di creare vuoti all'interno della massa legante come ad es. silicati idrati di alluminio espanso, perossido di calcio, agente tensioattivi ecc.) o sostanze di per sé porose (perlite, polistirolo ecc.). L'intonaco così ottenuto sarà ricco di macropori (>35-40% del volume) intercomunicanti tra loro con la funzione, sia di aumentare la superficie di evaporazione sia di immagazzinare i sali cristallizzati senza pericolo di disgregazione meccanica dell'intonaco.

La procedura operativa prevede le seguenti fasi esecutive:

a) Asportazione intonaco

Si procederà con l'accurata spicconatura dell'intonaco danneggiato da acqua e sali fino ad un'altezza sopra la linea evidente dell'umidità, pari come minimo, a tre volte lo spessore della muratura (sarà consigliabile, comunque, non scendere al di sotto di un metro) facendo cura sia di rimuovere tutti gli eventuali materiali non compatibili estranei alla muratura (ad es. elementi metallici, lignei ecc.), sia di raschiare i giunti fra mattone e mattone (per almeno 2-3 cm di profondità) allo scopo di assicurarsi l'asportazione di sporco, muffe ed altri elementi contaminanti presenti tra gli interstizi, il materiale di scarto dovrà essere rimosso celermente dallo zoccolo del muro in quanto inquinato di sali (per maggior specifiche sulla asportazione dell'intonaco si rimanda all'articolo specifico).

b) Lavaggio della superficie

La superficie, portata al vivo della muratura, dovrà essere pulita mediante un accurato lavaggio effettuato con l'ausilio di idropulitrice, o con getto di acqua deionizzata a bassa pressione, spazzolando la superficie mediante spazzole di saggina, o con altro idoneo sistema prescelto dalla D.L. In caso di consistenti concentrazioni saline sarà opportuno ripetere l'operazione più volte. Durante questa fase dovranno essere asportate le parti mobili e quelle eccessivamente degradate sostituendole con elementi nuovi e, nel caso di parti mancanti, od accentuati dislivelli, sarà opportuno procedere alla ricostruzione con cocci di mattoni e malta di calce (per maggior specifiche si rimanda all'articolo riguardante le "rincocciature").

c) Ristilatura dei giunti

Stuccatura dei giunti mediante malta a base di leganti idraulici ed inerti scelti e selezionati, eventualmente caricata con coccio pesto (per maggior specifiche si rimanda all'articolo riguardante le "risarciture-stilature dei giunti di malta").

d) Eventuale primer antisale

In presenza di umidità elevata ed in condizioni di alte efflorescenze saline, previo periodo di traspirazione diretta della muratura, sarà consigliabile applicare a pennello od a spruzzo con un ugello erogatore di circa f 2-4 mm

(ad una pressione di circa 1 atm), su superficie perfettamente punita ed asciutta un primer inibitore delle salinità e promotore della traspirazione costituito da emulsione polimerica, incolore, esente da solventi, ad alto contenuto ionico, traspirante, al fine di eliminare il problema della comparsa di efflorescenze saline senza la formazione di pellicola superficiale non traspirante. L'operazione dovrà essere eseguita su superfici non direttamente esposte ai raggi solari, alla pioggia, in presenza di vento; (temperature limite di esecuzione +5°C +35°C) dovrà essere, inoltre, eseguita dall'alto verso il basso, in più passate, bagnato su bagnato, facendo percolare per gravità, interrompendo l'applicazione solo quando la muratura sarà satura (ovverosia quando la superficie impregnata rimarrà lucida per almeno 10 secondi). Le eventuali eccedenze di prodotto rimaste sul supporto dopo il completamento del trattamento dovranno, necessariamente, essere asportate o, se sarà possibile, fatte penetrare nella muratura con applicazioni di solo solvente diluente.

Alla fine del trattamento si provvederà a proteggere la zona d'intervento dagli agenti atmosferici fino alla completa stabilizzazione della miscela applicata (tempo variabile da 12 a 48 ore).

e) Strato di rinzafo risanante

Previa bagnatura con acqua pulita della muratura (seguendo le accortezze in uso per l'applicazione di un normale intonaco) si procederà ad applicare, senza l'ausilio di guide e mediante cazzuola, lo strato di rinzafo (dello spessore variabile di 20-30 mm) a cui sarà demandato il compito di preparare un fondo ruvido atto all'adesione per il successivo strato di intonaco macroporoso. Il rinzafo,

⁴ In questo caso la tecnica è riportata integralmente, in quanto particolarmente utilizzata nella realtà lagunare.

che dovrà essere applicato a copertura totale del supporto, sarà costituito da una malta a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 resistente ai solfati, rafforzata e stabilizzata con coccio pesto vagliato e lavato (granulometria 3-8 mm) o, in alternativa pozzolane naturali di primissima qualità, unitamente a sabbie silicee e carbonatiche selezionate (granulometria: 2 parti 1,5/5 mm + 1 parte 0,5/1,2 mm) ed eventualmente additivata con idoneo agente porogeno/aerante così da essere caratterizzato da una porosità calibrata sottile (di norma 0,100-0,150 Kg per 100 Kg di legante) (rapporto legante-inerte 1:3). Caratteristiche medie dell'impasto: resistenza a compressione 6-8 N/mm², resistenza a flessione 2-3 N/mm², resistenza alla diffusione del vapore ca. 12-15 m, porosità >25 %.

f) Strato di arriccio macroporoso

Dopo almeno 24-48 ore, cioè solo quando il rinzafo inizierà ad rapprendersi, si procederà ad applicare, previa bagnatura del supporto, il successivo strato di intonaco macroporoso (macroporosità controllata) mediante cazzuola, per uno spessore minimo di 20 mm (in due strati di 10 mm/cad) eventuali strati superiori (fino ad un massimo di 30 mm) si applicheranno in strati successivi a distanza di 24 ore uno dall'altro (caratteristiche medie dell'impasto: granulometria 0,5-2 mm, resistenza a compressione 2-4 N/mm², resistenza a flessione 1-2 N/mm², resistenza alla diffusione del vapore ca. 6-8 m, porosità > 35 %, conducibilità termica 0,30-0,42 W/mK). La stesura dell'intonaco dovrà essere eseguita avendo l'accortezza di non esercitare alcuna pressione su di esso; inoltre andrà lavorato unicamente con staggia o cazzuola americana (al fine di non ostruire i vuoti) evitando l'uso di frattazzo fine o liscature a cazzuola. L'impasto dell'arriccio macroporoso sarà a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e grassello di calce caricate con sabbia vagliata (0,5-1,5 mm) e coccio pesto (grana 1-5 mm) o pozzolana selezionata di alta qualità con l'aggiunta di idoneo additivo pirogeno/aerante se non diversamente specificato si potrà utilizzare un impasto costituito da: 1 parte di grassello di calce, 1 parti di calce idraulica naturale, 2 parti di sabbia, 2 parti di coccio pesto, 0,04 parti di agente porogeno/aerante (di norma 0,200-0,250 Kg per 100 Kg di legante).

Passati almeno 20 giorni si potrà procedere (secondo le disposizioni di progetto), alla stesura della rasatura superficiale che potrà essere tirata a frattazzo o rasata, colorata in pasta o meno, fermo restando le condizioni tassative di un alto valore di permeabilità al vapore acqueo; infine si potrà applicare un'eventuale coloritura che non alteri le caratteristiche di traspirabilità dell'intonaco come, ad esempio, le pitture alla calce o ai silicati (per specifiche sui trattamenti di finitura e/o protezione-coloritura si rimanda agli articoli specifici).

Avvertenze: nel caso di utilizzo di prodotti premiscelati le modalità ed i tempi di applicazione potranno variare secondo la natura del prodotto e sarà obbligo seguire accuratamente le istruzioni del produttore, sia per quanto riguarda la preparazione degli impasti sia per i vari strati da applicare; ad esempio, alcuni produttori omettono il primer antisale in quanto già compreso nella malta da rinzafo, oppure, altri, non prevedono il rinzafo con copertura totale ma solo uno strato al 60% sopra il quale applicare un primo strato antisale macroporoso (spessore 15 mm) ed uno di risanamento sempre macroporoso (spessore minimo 20 mm).

Nel caso di spessori di malta maggiori di 30-40 mm potrà essere consigliabile inserire una rete di supporto che aiuterà anche la non creazione di fessurazioni; preferibilmente sarà montata una rete in polipropilene (PP) bi-orientata a maglia quadrangolare (ad es. 30x45 mm) caratterizzata da totale inerzia chimica, elevate doti di deformabilità ($\geq 13\%$) e leggerezza (peso unitario 140 g/m²), si ricorda che pannelli di rete adiacenti dovranno essere posati in modo da garantire almeno una sovrapposizione di due maglie.

Nel caso sia prevista l'applicazione dell'intonaco macroporoso soltanto su di una porzione di parete (ad es. per 150 cm), la linea di giunzione tra i due intonaci si potrà rivelare, nel tempo, un elemento critico: le diverse composizioni degli intonaci potrebbero far nascere cretti o piccole fessurazioni che demarcherebbero il nuovo intervento, si potrà cercare di ovviare a questo inconveniente mettendo sia in opera intonaci il più simile possibile (sia come leganti, sia come inerti) a quelli preesistenti sia posizionando, lungo la linea di giunzione (per un altezza di circa 30-40 cm) una rete antifessurazione in polipropilene a maglia quadrangolare (ad es. 13x16 mm), le bande di rete potranno essere semplicemente appoggiate sulla malta ancora fresca procedendo dall'alto verso il basso, ed in seguito annegati con l'aiuto di un frattazzo o di una spatola, sarà, oltremodo, consigliabile sovrapporre eventuali teli adiacenti per un minimo di 10 cm. (cfr. DEI 2005)

3.2.9 Deumidificazione mediante taglio della muratura

La tecnica prevede, sostanzialmente, la costruzione di uno sbarramento fisico continuo che impedisce la risalita capillare dell'acqua e dell'umidità all'interno di una parete. Tale obiettivo può essere raggiunto con l'interruzione del flusso d'acqua per mezzo di un taglio meccanico della muratura e con l'inserimento, nel vuoto determinato dal taglio, di materiali o di sostanze impermeabili. La tecnica, un tempo molto diffusa, è oggi in disuso a causa dei suoi molteplici e negativi effetti collaterali.

L'operazione del taglio della muratura è complessa e laboriosa e deve essere eseguita da operatori (esecutori e progettisti) altamente specializzati. Un aspetto del procedimento che suscita notevoli perplessità, soprattutto per quanto riguarda il tema della sicurezza delle costruzioni, è rappresentato dal comportamento statico del manufatto dopo l'intervento, in particolare se sottoposto ad una forza orizzontale vicino alle fondazioni (di tipo sismico o franoso, ad esempio). Le sperimentazioni fino ad ora condotte sembrano concordare sul fatto che la fascia del taglio costituisca una linea o meglio un piano preferenziale di rottura; nel momento in cui si taglia il muro si crea, infatti, una sorta di cerniera alla base della costruzione e, soprattutto in zone ad alto rischio sismico, è elevato il pericolo di scorrimento orizzontale della struttura su tale piano. Per questo motivo, una condizione necessaria per l'impiego del sistema, è che con la fase di riempimento del giunto si ripristini pienamente la capacità resistente originaria della muratura nei confronti sia delle azioni normali sia di taglio.

Un altro problema, che interessa principalmente le murature in mattoni, è rappresentato dalla modifica del loro equilibrio idraulico dopo l'intervento. Al di sotto del taglio, infatti, accade che, essendo la superficie d'evaporazione drasticamente ridotta, il contenuto di acqua nel muro aumenta notevolmente; la parete diventa presto satura e, sotto l'azione del gelo, dei sali, ecc., può anche perdere

stabilità statica. Al di sopra della barriera può invece verificarsi una veloce evaporazione dell'acqua contenuta nei mattoni, con la conseguenza che questi perdono resistenza meccanica, rischiando di arrivare ad un completo essiccamento e, quindi, ad un pericoloso sfarinamento. Mentre per la parte di muro carica di acqua si può ovviare al problema costruendo una camera d'aria di tipo aperto, al di sotto del taglio, favorendo così l'evaporazione, per il fenomeno dell'essiccazione dei materiali di cui è costituito il muro pare non vi sia alcuna soluzione definitiva.

E' possibile, inoltre, che, nel caso in cui non sia presente l'intonaco di finitura, si crei una zona umida nella fascia immediatamente sovrastante la barriera, a causa del ristagno di acqua meteorica.

Nel caso poi in cui, a conclusione dell'intervento, si realizzi un nuovo intonaco, esiste la possibilità che esso funzioni da nuovo veicolo per la risalita dell'umidità; per evitare, quindi, che la migrazione dell'acqua continui nel suo spessore, possono essere utilizzate lamine di larghezza maggiore rispetto, a quella della muratura (almeno di 2 cm. per parte) tagliate a filo intonaco a lavoro ultimato.

Infine, non sempre è possibile o opportuno intervenire con interventi così drastici e distruttivi su strutture o su muri a vista, cui si riconoscono spesso complessi valori storico-documentari, architettonici o estetici. (cfr. DMF 09 - UTET 2003)

3.2.10 Riduzione dei ponti termici

Il sistema prevede la protezione di tutte le zone di un edificio attraverso le quali è possibile che si verifichino dispersioni o che si formi condensa a causa di un insufficiente isolamento termico. I ponti termici, sono aree con isolamento minore rispetto al loro ambiente e generalmente sono localizzate nelle zone di contatto tra materiali o fra parti costruttive diverse. Per evitare danni alle costruzioni bisogna, quindi, annullare la formazione di condensato sulle superfici e si può intervenire attraverso: 1) la posa di uno strato di isolamento contro il freddo esterno; 2) l'aumento dell'apporto di calore verso il punto critico. L'intervento è eseguito nelle zone in cui può esserci dispersione di calore o dove le superfici sono a contatto con ambienti a temperatura diversa, con la possibilità che si formi umidità di condensa.

L'isolante posto sulla parete interna genera molto spesso ponti termici, in quanto non garantisce la continuità di isolamento con le altre parti costruttive.

La sostituzione degli infissi implica la perdita irreversibile di una parte costitutiva dell'edificio; dal punto di vista pratico, poi, l'installazione di finestre a tenuta perfetta si rivela positiva perché riduce drasticamente la ventilazione naturale e, di conseguenza, la perdita di calore, ma è non è sempre adatta per impedire all'ambiente di caricarsi troppo di umidità. (cfr. DMF 11- UTET 2003)

3.2.11 Vespaio orizzontale

La tecnica utilizza l'interposizione di un isolamento tra il pavimento ed il terreno, per eliminare il passaggio di umidità conseguente al loro contatto diretto. La creazione di uno strato di materiale anticapillare, asciutto e termocoibente, sotto il piano di calpestio, svolge il compito di ostacolare l'ascesa dell'acqua dispersa nel terreno e, in alcuni casi, di ridurre la condensa di origine atmosferica. È una tecnica ampiamente usata nella tradizione costruttiva.

Se applicato negli edifici storici, tuttavia, il sistema è fortemente invasivo, o addirittura distruttivo dei vecchi strati pavimentali. Infatti, la sua adozione comporta, quanto meno, lo smontaggio delle pavimentazioni esistenti e il successivo rimontaggio, con tutte le difficoltà e le conseguenze che ne derivano. Inoltre, le stesse operazioni di scavo sotto i pavimenti possono essere incompatibili con la conservazione di eventuali strati archeologici. Ove poi non sia possibile eseguire lo scavo, e si pensi di realizzare il sistema alzando la quota del pavimento, l'effetto invasivo o distruttivo coinvolgerà le altezze dei vani e gli strati che resteranno sepolti dalla massa del riempimento.

Il vespaio costruito in modo tradizionale con lo strato impermeabile posto al di sotto del pavimento presenta forte dispersione e non impedisce, in primavera/estate, la formazione di condensa sul piano di calpestio.

Inoltre, la collocazione dello strato impermeabile immediatamente al di sotto del pavimento fa sì che l'umidità invada il vespaio e arrivi a ridosso della superficie di calpestio, contribuendo a raffreddarla.

L'apertura di canali di aerazione sull'esterno può contribuire ulteriormente a raffreddare il pavimento facendo diminuire a tal punto la sua temperatura da creare fenomeni di condensa. Per ovviare a questo inconveniente si può ricorrere all'inserimento nel massetto di elementi scaldanti.

Il pavimento radiante con serpentino di termosifone può contribuire notevolmente al miglioramento delle condizioni termoisolometriche di un locale, rendendo in molti casi abitabili parti di un edificio un tempo insalubri.

Per la realizzazione dello strato anticapillare è meglio evitare materiali con alto peso specifico (graniti, gneiss pesante) in quanto in caso di condensa si formano sul pavimento ombre scure e nette in corrispondenza della loro posizione. (cfr. DMF 12- UTET 2003)

3.2.12 Impermeabilizzazione verticale

L'impermeabilizzazione interna di una parete verticale può essere realizzata per evitare che gli ambienti siano delimitati da muri saturi di umidità o che il vapore acqueo penetri nelle murature e si condensi al loro interno. L'obiettivo è migliorare le condizioni di salubrità e di benessere, interponendo tra le pareti e la fonte di umidità una barriera che ostacola il passaggio dell'acqua e del vapore. Il sistema è impiegato in locali seminterrati o soggetti a umidità proveniente dal terreno, su muri maestri di mattoni, di pietra, misti, di calcestruzzo, o in locali dove c'è una forte produzione di vapori (cucine, mense, bagni, ecc.) .

Il limite maggiore di questa tecnica è costituito dalla creazione, su una superficie traspirante, di uno strato completamente impermeabile.

Tutti i pori della struttura, infatti, restano irreversibilmente otturati, rendendo la parete incapace di traspirare. Il fenomeno può contribuire alla formazione di umidità di condensa che andrà a localizzarsi proprio sulle superfici oggetto d'intervento, procurando danni classici, quali la nascita sulle pareti di muffe, efflorescenze e peggioramento dei parametri termoigrometrici nei locali.

Un attento studio sul microclima interno ed anche sui materiali costituenti la muratura deve pertanto essere realizzato prima dell'intervento.

In genere è sconsigliato l'utilizzo di membrane impermeabili dove sono presenti infiltrazioni di acqua da risalita capillare e non è possibile realizzare uno sbarramento orizzontale. L'intervento, oltre a non eliminare la causa d'umidità (l'acqua, infatti, continuerà a essere presente e a risalire dentro i muri), può contribuire ad innalzare la linea di massima risalita, favorendo la sua penetrazione anche in locali dove prima non era presente.

Se poi l'impermeabilizzazione fosse applicata su ambo i lati di una muratura, si otterrebbe la formazione di una "condotta capillare" con conseguente aumento della capillarità.

Esiste, poi, la possibilità che si creino ponti termici non essendo garantita la continuità di isolamento. Questa condizione può essere evitata solamente se l'impermeabilizzazione è eseguita sulle pareti esterne.

Per gli sbarramenti verticali ottenuti con l'introduzione di sostanze ad effetto occludente si ritengono validi i limiti enunciati nella scheda relativa (v. Intercettazione capillare), con l'unica differenza che, in questo caso, sono possibili controlli sulla riuscita dell'intervento, e accertare se il liquido si sia distribuito in modo continuo ed uniforme estraendo carote di materiale. Le indagini di laboratorio cui sono sottoposti i campioni sono mirate alla valutazione del grado di assorbimento dell'acqua, di resistenza, ecc. (cfr. DMF 14- UTET 2003)

3.2.13 Intercapedine orizzontale o vespaio a camera d'aria

La tecnica prevede l'eliminazione del contatto diretto tra il pavimento e il terreno umido. Il vano vuoto, asciutto e termicamente coibente, creato sotto il pavimento, svolge il compito di bloccare l'acqua ascendente dispersa nel terreno e di favorire la riduzione della condensazione. Infatti, se i locali non sono regolati da riscaldamento o condizionamento dell'aria, come nel caso di cantine e magazzini, succede che in inverno la temperatura del terreno sia superiore di quella interna, e in primavera-estate che la temperatura dell'aria calda-umida sia inferiore a quella del sottosuolo.

Un limite rilevante nell'adozione di questi sistemi è costituito dal fatto che comportano interventi fortemente invasivi, o addirittura distruttivi dei vecchi strati pavimentali. Infatti, la loro adozione comporta, quanto meno, lo smontaggio delle pavimentazioni esistenti e il successivo rimontaggio.

Inoltre, le stesse operazioni di scavo sotto i pavimenti possono essere incompatibili con la conservazione di eventuali strati archeologici. Ove poi non sia possibile eseguire lo scavo, e si pensi di realizzare il sistema alzando la quota del pavimento, l'effetto invasivo o distruttivo coinvolgerà le altezze dei vani e gli strati che resteranno sepolti dall'intercapedine.

La creazione di una camera d'aria secondo la tecnica tradizionale prevede l'interposizione dello strato impermeabilizzante dal di sotto della pavimentazione. Questo fa sì che l'umidità invada l'intercapedine e arrivi a ridosso della superficie di calpestio.

Nel caso si debba intervenire per cercare di risanare vecchie intercapedini orizzontali costruite in questo modo sarà necessario creare, tramite l'apertura di bocche di aerazione contrapposte, una ventilazione interna. L'intervento non sarà però risolutivo in quanto, in generale, vespai con ricircolo d'aria presentano forte dispersione e il problema della condensa non è risolto perché la temperatura del pavimento diminuisce. Per rimediare, si può ricorrere all'inserimento nel massetto di elementi scaldanti. Il tasso di umidità relativa molto alto di un locale è dovuto, nella maggior parte dei casi, all'evaporazione derivante dal pavimento in quanto questo evapora per tutta la sua superficie mentre la risalita interessa le pareti in media per 1/2 metri.

Va rilevata l'importanza di analisi mirate all'accertamento della causa dell'umidità. I pavimenti sono, infatti, sottoposti oltre che alla risalita di acqua dal terreno anche all'umidità di condensa e, come è stato precedentemente spiegato, il sistema funziona principalmente da intercettatore di acqua proveniente dal sottosuolo e non realizzato solamente in presenza di umidità da condensa atmosferica. Sarà pertanto necessario accertarsi, eseguendo prelievi nella zona sotto il pavimento in due strati sulla stessa verticale, che sia la parte più profonda quella più carica di acqua e non viceversa. (cfr. DMF 16- UTET 2003)

3.2.14 Intercapedine interna con «contromuro»

La costruzione di un'intercapedine interna verticale con «contromuro» serve ad evitare che gli ambienti siano a contatto con una parete umida e a diminuire lo scambio di calore tra interno ed esterno, e viceversa. La realizzazione di una camera d'aria migliora le condizioni di salubrità e di benessere dei locali dove l'acqua s'infiltra nei muri per capillarità, o dove si forma umidità di condensa causata da una forte escursione termica tra le pareti e l'ambiente. Il metodo è praticabile nei muri maestri di mattoni, di pietra, misti o a sacco, o di calcestruzzo, e permette di intervenire anche in edifici abitati, in qualsiasi periodo dell'anno.

Nel caso di umidità dovuta a condensa ambientale è meglio realizzare intercapedini chiuse e non collegate con l'esterno. L'immissione di aria fredda all'interno dell'intercapedine potrebbe far nuovamente insorgere il problema sul contromuro. In tali circostanze, la resistenza termica è alta, ma il mancato ricircolo d'aria all'interno della camera d'aria non permette lo smaltimento del vapore acqueo. È comunque sempre necessario verificare che sulla parete esterna non siano presenti discontinuità (crepe, erosione dei giunti) che possano favorire l'ingresso di aria.

Le camere d'aria ventilate, al contrario, sono caratterizzate da isolamento termico minore, ma assicurano lo smaltimento del vapore acqueo che si crea nei locali e all'interno dell'intercapedine.

I fori di aerazione vanno protetti da infiltrazioni di acqua piovana e dal vento mediante griglie in metallo, laterizio o pietra.

Le prestazioni e l'efficienza del sistema rimangono costanti nel tempo, importante è tenere pulite le griglie o i condotti di aerazione. Un contromuro comune, con intercapedine di 5 cm circa, è caratterizzato da resistenza termica intorno a 0.35 m² °C/W. la sua protezione può essere aumentata se la camera d'aria è sostituita con pannelli leggeri termocoibenti (R = 0.60 m² °C/W) o con l'introduzione di un sottilissimo foglio di alluminio.

Molto spesso per il risanamento di locali umidi per condensazione sono utilizzati come pannelli termocoibenti delle armature naturali (cartalana, Juta), minerali (fibre di vetro) o sintetiche (poliestere, ecc.).

Le armature naturali, diffusamente impiegate in passato, hanno oggi perduto il loro interesse. Al comportamento notevolmente diverso da quelle minerali o sintetiche, aggiungono igroscopicità e putrescibilità rilevanti.

Le armature minerali sono igroscopiche e imputrescibili, con coefficienti di dilatazione e di elasticità assai vicine a quelle del calcestruzzo. Le caratteristiche di resistenza meccanica sono buone, ma evidentemente le armature in fibra di vetro non raggiungono grandi allungamenti a rottura (2-3%).

Le membrane con armature a base di vetro, sottoforma di tessuto o di feltro, possono essere impiegate su supporti monolitici, o comunque sostanzialmente rigidi, ed in assenza di rilevanti azioni di punzonamento statico. Se sono accostate a pareti umide, bisogna inserire un foglio di materiale impermeabile in quanto assorbono acqua.

L'adozione di tessuti sintetici per le armature delle membrane impermeabilizzanti si è rivelata particolarmente efficace, data l'ottima compatibilità di questi materiali con il bitume e le più complete prestazioni di carattere meccanico che sono in grado di assicurare al prodotto finito. Tra i tessuti sintetici trova impiego più estensivo il poliestere, soprattutto in considerazione della sua migliore stabilità ed inerzia termica.

Si possono inoltre trovare in commercio lamine di alluminio goffrato (spessore 6/100 mm), accoppiato ad un feltro di vetro di rinforzo. L'armatura inorganica conferisce al foglio ottime doti di stabilità dimensionale, mentre le fibre minerali conferiscono la resistenza meccanica necessaria per resistere agli sforzi di lacerazione e punzonamento. (cfr. DMF 17- UTET 2003)

3.2.15 Trasformazione di sali

La tecnica di trasformazione dei sali richiede, innanzi tutto, un'indagine su campioni essiccati di carote di materiale, prelevate a diverse altezze e sottoposte ad esami di laboratorio mirati alla determinazione della quantità dei sali solubili e alla determinazione delle concentrazioni dei cloruri.

L'estrazione dei sali solubili è realizzata, secondo la metodologia NORMAL 13/83, in due modi.

Metodo 1 - Imbibizione della superficie con preparati liquidi per la precipitazione dei solfati, nitrati e cloruri, in soluzione acquosa. Esistono sul mercato diversi prodotti capaci di ottenere questo risultato. Il trattamento può essere eseguito su entrambe le facce. Si procede, quindi, con l'eventuale applicazione di intonaco traspirante (v. *Applicazione di intonaco macroporoso*).

Metodo 2 - Il principio funzionale è quello dell'elettrosmosi attiva (v. *Elettrosmosi attiva*), vale a dire che è il sistema basa il suo funzionamento sul fatto che, applicando una tensione continua alla struttura, si provoca l'elettrolisi dei sali solubili. Gli ioni positivi (Ca⁺⁺, K⁺, Na⁺⁺, ecc.) dovrebbero migrare verso il catodo, mentre gli ioni negativi (So⁴⁻⁻, Cl⁻, NO^{3 -}, ecc) verso l'anodo, dove dovrebbero incontrare una speciale malta in grado di: a) trasformarli in sali insolubili e nello stesso tempo imprigionarli nella sua massa; b) formare sali altamente igroscopici che dovrebbero percolare in idonei raccoglitori.

Un prodotto antisale deve essere caratterizzato dai seguenti requisiti.

- Avere elevata capacità di penetrazione su supporti umidi.
- Evitare la migrazione dei sali verso l'esterno della struttura.
- Agire sul maggior numero possibile di sali (solfati, cloruri, nitrati, nitriti).
- Non diminuire la permeabilità al vapore della parete.
- Permettere applicazioni successive.

Parte dei limiti del sistema dell'elettrosmosi attiva (v. *Elettrosmosi attiva*) possono ritenersi validi anche per il metodo 2. (cfr. DMF 21- UTET 2003)

4. Disinfestazione

4.1 Premessa metodologica

Si intende con questo termine tutti quegli interventi volti alla eliminazione delle infestazioni vegetali (patine biologiche, muschi, licheni, alghe, piante superiori), quasi sempre favorite dalla presenza di umidità, e alla rimozione dei depositi di rifiuti organici e simili (ad es. guano).

I sistemi si suddividono, rispetto ai mezzi impiegati, in disinfestazioni meccaniche o chimiche. Tra queste sono da preferire quelle che raggiungono lo scopo della disinfestazione senza alterare le componenti costitutive degli edifici. Spesso, infatti, le superfici già sottoposte a pulitura possono essere più fragili, perché più porose o più disgregate, a causa dell'attività biologica dell'infestante, e perciò più facilmente aggredibili dagli agenti atmosferici o da nuove infestazioni.

I sistemi meccanici sono solo parzialmente efficaci (soprattutto in presenza di macro-vegetali o vegetazione superiore infestante), in quanto, agendo su organismi vegetativi, anche la mancata eliminazione di una piccola quantità può causare il ripresentarsi del problema dopo poco tempo. Questi sistemi sono dunque sempre associati a prodotti chimici biocidi che coadiuvano l'azione degli strumenti meccanici.

I prodotti chimici possono essere *specifici*, se al momento della diagnosi si è riusciti a compiere un riconoscimento dettagliato dei biodeteriogeni, o, in caso contrario, ad *ampio spettro*, utilizzabili anche se i biodeteriogeni presenti sono molto numerosi e dunque sia impensabile agire su ciascuno di essi con un prodotto ad hoc.

Al di là dei principi attivi, ogni prodotto deve essere applicato tenendo conto di alcuni fattori:

- la solubilità in acqua. E' assolutamente indispensabile usare prodotti poco solubili in modo tale che la loro migrazione nel terreno e all'interno del manufatto stesso sia minima;
- la tossicità che normalmente è abbastanza elevata e necessita che l'applicazione venga effettuata da manodopera specializzata e in tutta sicurezza (ad esempio evitando giornate molto ventose).

Ogni operazione di disinfestazione può causare cambiamenti significativi nell'aspetto di un manufatto e anche di questo fattore bisogna tenere conto. La lotta alle aggressioni biologiche che agiscono in profondità, come spesso avviene nel legno, pone problemi operativi non indifferenti, in quanto in molti casi è necessaria la rimozione del pezzo da trattare. Alcuni metodi però sono stati adattati per rendere possibile un'applicazione in situ, almeno su parti di dimensioni limitate e isolabili dal manufatto com'è per i serramenti o per una trave, e pertanto sono da privilegiare rispetto ad altri.

Concludendo, anche nel caso degli interventi di disinfestazione, vanno privilegiate quelle tecniche che soddisfano al meglio i seguenti requisiti:

- essere graduabili, controllabili e selettive, in modo tale da agire unicamente sul fenomeno di degrado da eliminare senza intaccare il materiale sul quale questo insiste;
- non adoperare materiali che possano lasciare sottoprodotti dannosi. In particolare è necessario evitare la formazione di sali solubili che potrebbero, una volta all'interno del materiale lapideo, ricristallizzare provocando disgregazioni ed efflorescenze.

4.2 Trattazione schematica delle tecniche di disinfestazione

4.2.1 Materiali lapidei

4.2.1.1 Eliminazione meccanica di agenti biodeteriogeni di natura vegetale (piante inferiori e superiori)

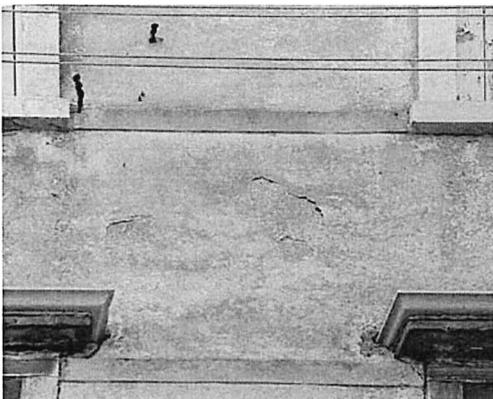
La rimozione meccanica di micro-vegetali, attuata con spazzole, bisturi o con microsabbatura deve preferibilmente essere limitata a superfici coerenti e compatte, poiché questi strumenti e i modi con cui sono utilizzati potrebbero provocare raschiature, lesioni o altri danni al substrato. Quando sono presenti piante superiori infestanti, è inoltre importante capire di quale specie si tratti e i processi di accrescimento dei relativi apparati radicali, per verificarne la effettiva pericolosità. A questo proposito, esiste una classificazione delle piante rispetto al loro «Indice di Pericolosità», un indice numerico che esprime sinteticamente, per ciascuna specie vegetale, la pericolosità nei confronti dei manufatti architettonici. Esso varia da un minimo di 0 a un massimo di 10: le specie con I.P. da 0 a 3 sono considerate poco pericolose, con I.P. da 4 a 6 mediamente pericolose, con I.P. 7, e oltre, molto pericolose. (cfr. DSZ 01 - UTET 2003)

4.2.1.2 Eliminazione di macrovegetali con trattamenti chimici

Per impedire ed eliminare la crescita spontanea di piante superiori, (erbacee, arbustive e legnose) sui manufatti architettonici e al loro interno, si può intervenire, secondo i singoli e specifici casi, ricorrendo all'estirpazione meccanica, ad opportuni trattamenti biocidi oppure, ancora, combinando tra loro i due sistemi. I prodotti chimici usualmente impiegati per la rimozione delle piante infestanti possono essere classificati in funzione del tipo di vegetazione che si intende eliminare (prodotti contro la vegetazione erbacea, arbustiva o legnosa), della specie di pianta coinvolta (pianta a foglia larga o a foglia stretta), dei tempi di applicazione necessari alla efficacia dell'intervento, dell'assorbimento della sostanza da parte dell'organismo da eliminare (assorbimento fogliare o radicale) e, infine, in funzione delle specifiche caratteristiche di azione dei prodotti stessi. (cfr. DSZ 03 - UTET 2003)

4.2.1.3 Eliminazione vegetazione inferiore mediante trattamenti chimici

L'eliminazione della vegetazione inferiore comprende vari metodi, come quelli meccanici (v. Eliminazione meccanica di agenti biodeteriogeni di natura vegetale), fisici (v. sistemi fisici e indiretti per l'eliminazione di agenti biodeteriogeni) e chimici, oggetto della presente trattazione. Ogni metodo chimico si basa sull'impiego di prodotti di sintesi (biocidi) e di prodotti d'origine biologica (antibiotici). I biocidi eliminano gli organismi agendo per contatto, bloccando, ad esempio, la fotosintesi, o per assimilazione. Hanno ciascuno uno specifico spettro d'azione, più o meno ampio, secondo il tipo di principio attivo utilizzato. Gli antibiotici, invece, agiscono specificatamente su un singolo e particolare gruppo di organismi (funghi, batteri e attinomiceti). E' pertanto indispensabile conoscere le caratteristiche dell'organismo bersaglio, per scegliere il prodotto più idoneo alla sua eliminazione. (cfr. DSZ 04 - UTET 2003)



Chioggia: agenti biodeteriogeni su superfici con finitura "a marmorino" e a cotto macinato in polvere. In casi di questo genere può essere utilizzato un biocida/disinfettante ad ampio spettro.

4.2.1.4 Sistemi fisici e indiretti per l'eliminazione di agenti biodeteriogeni

Ogni sistema di natura fisica e di tipo indiretto volto all'eliminazione di agenti biodeteriogeni utilizza metodi legati alla variazione di determinati fattori, prevedendo, ad esempio, l'eliminazione o la riduzione delle fonti di illuminazione che agiscono sul materiale e sul manufatto da disinfestare, allontanando le acque che lo raggiungono, oppure controllando l'atmosfera che lo circonda. Tali parametri, tuttavia, sono spesso difficilmente modificabili, e se è possibile modificare e controllare, ad esempio, le condizioni di un ambiente chiuso, è assai più difficile, se non impossibile, agire sulle condizioni ambientali di un manufatto esposto all'aperto. Vi sono poi altri sistemi di natura fisica, ma di tipo diretto, quali ad esempio le radiazioni elettromagnetiche, che comprendono trattamenti disinfestanti eseguiti con l'impiego di raggi ultravioletti particolarmente efficaci contro alghe e cianobatteri, o di raggi gamma, utili per eliminare insetti e funghi. (cfr. DSZ 05 - UTET 2003)

4.2.2 Materiali lignei

4.2.2.1 Disinfestazione con immissione di prodotti biocidi a pressione

La tecnica consiste nell'iniettare a bassa pressione un prodotto biocida per eliminare insetti xilofagi dai manufatti lignei. Al variare del grado di attacco da parte d'insetti, il legno sarà più o meno poroso a causa della presenza di gallerie e cavità; perciò più avanzato è il degrado, maggiore sarà la penetrazione del fluido introdotto.

Questa tecnica di disinfestazione è applicabile per l'eliminazione di insetti xilofagi di grande entità (ad esempio, Cerambici) su elementi lignei di tipo strutturale, ma anche su manufatti non dipinti o decorati.

Questa tecnica disinfestante, pur garantendo il completo annientamento degli insetti xilofagi, ha il difetto di richiedere numerose perforazioni sulla superficie degli oggetti, dimostrandosi parzialmente invasiva. (cfr. DSZ 09 - UTET 2003)

4.2.2.2 Disinfestazione mediante applicazione di biocidi a iniezione

La tecnica consiste nell'iniettare, all'interno del manufatto ligneo, un prodotto biocida che, secondo l'impregnabilità dell'oggetto stesso, penetrerà a livello più o meno superficiale.

La penetrazione nel legno del prodotto dipende principalmente da due fattori: a) la porosità del legno (che varia secondo la specie legnosa e il grado di attacco da parte di insetti: maggiore è l'attacco, maggiore è la porosità); b) il tipo di biocida impiegato: i biocidi oleosi sono adatti solo per legni stagionati, mentre quelli salini penetrano bene nel materiale fresco di taglio (la penetrazione è da 2

a 5 volte superiore a quella nel legno stagionato nella direzione delle fibre, e da 1,2 a 2 volte in direzione trasversale).

In ogni caso, le principali caratteristiche delle sostanze biocidi da impiegare nel trattamento ad iniezione sono:

- debole viscosità, per consentire facile penetrazione all'interno del legno;
- temperatura di ebollizione abbastanza elevata, per evitare il rapido drenaggio dei composti particolarmente volatili.

La tecnica è applicabile, in situ, ad elementi lignei attaccati soprattutto da termiti che danneggiano le parti più profonde del materiale. (cfr. DSZ 10 - UTET 2003)

4.2.2.3 Trattamenti chimici per l'eliminazione di microrganismi patogeni infestanti

Per limitare gli effetti del degrado del legno, s'interviene spesso su di esso con trattamenti di carattere preventivo e/o curativo.

Un trattamento *preventivo* protegge il legno dall'insediamento e dallo sviluppo di organismi di varia natura (per es. impedendo agli insetti di deporre le uova sulle superfici e nelle cavità interne di un manufatto, o impedendo alle spore fungine di svilupparsi insinuando le loro ife entro le fibre legnose). La durata nel tempo dell'azione protettiva dipende dal tipo di sostanza impiegata (prodotti chimici biocidi) e dalle procedure della loro applicazione (a pressione, ad immersione, a spruzzo, a pennello).

Un trattamento *curativo*, invece, mira a distruggere gli organismi già presenti all'interno del legno, come uova, larve, insetti, micelio fungino, impedendo il progredire l'espansione della colonia da essi costituita e, di conseguenza, del danno da essi provocato con progressivo interessamento del materiale ancora sano.

Perciò, l'intervento curativo può avvenire sia utilizzando mezzi fisici (ad esempio l'eliminazione dei fenomeni di condensa e delle infiltrazioni d'acqua nel manufatto sia ricorrendo a mezzi chimici (gas tossici, soffocamento mediante sottrazione di ossigeno, applicazione biocida) in grado di eliminare le condizioni favorevoli all'attecchimento e alla vita dei diversi organismi biodeteriogeni.

Conoscere la durabilità naturale del legno e la sua naturale resistenza all'aggressione dei vari organismi che potenzialmente ne possono determinare il degrado è quindi di estrema importanza, sia in termini progettuali, per scegliere la specie legnosa più adatta per le condizioni di impiego previste in un intervento di restauro che preveda l'impiego di nuovi elementi lignei, sia in termini terapeutici, per determinare il tipo di trattamento preventivo o curativo più efficace per contrastare ed eliminare gli attacchi presenti.

Il legno, una volta messo in opera, va incontro ad ulteriori possibili processi di degrado che possono essere causati da diversi fattori di natura biologica, fisica, chimica o meccanica, variamente connessi anche a errori costruttivi, a modifiche degli schemi strutturali, a particolari condizioni ambientali aggressive legate agli usi dei manufatti o alla mancata loro manutenzione.

Per quanto riguarda poi l'attacco da organismi infestanti, di origine animale o vegetale, occorre sottolineare che il degrado da essi provocato varia sensibilmente, per intensità, estensione ed esiti, in relazione alle varie specie coinvolte.

Sia gli insetti sia i funghi e i batteri lasciano inevitabilmente tracce più o meno profonde nel legno, in conseguenza dei loro stessi processi vitali, e saperle individuare e riconoscere è quindi di estrema importanza per diagnosticare la loro

presenza, la gravità del danno apportato e decidere il trattamento curativo più idoneo per eliminarli o per ridurre l'impatto sul manufatto sottoposto a trattamento biocida.

I trattamenti preventivi e curativi del legno e dei manufatti lignei, danno risultati positivi solo se è possibile identificare la causa e l'agente specifico che determina i processi deteriorativi rilevati.

(cfr. DSZ 15 - UTET 2003)

4.2.2.4 *Disinfestazione del legno*

Dopo aver individuato con esattezza la tipologia d'insetto presente nel materiale si procederà con il trattamento disinfestante; questo dovrà essere fatto nel periodo di maggiore attività dell'insetto (generalmente primavera o inizio estate). I prodotti da utilizzare dovranno presentare una buona capacità di penetrazione all'interno del legno (tipo gli insetticidi disciolti in solvente organico), in modo da riuscire ad eliminare le larve e le crisalidi e, allo stesso tempo dovranno essere in grado di impedire la penetrazione di altri insetti, per questo il prodotto dovrà essere applicato anche in superficie; l'applicazione del prodotto potrà essere fatta a spruzzo o a pennello per la superficie mentre tramite iniezioni (ricorrendo a siringhe) per garantire la penetrazione all'interno dei fori creati dagli stessi insetti in modo da assicurare il trattamento anche in profondità.

Il trattamento varierà in relazione alla tipologia di insetto presente (Anobiidi, Termiti del legno secco, Cerambicidi ecc.); i disinfestanti utilizzabili al riguardo potranno essere diversi; tra i più comunemente usati si potrà ricorrere a quelli a base di naftalina clorurata, paradiclorobenzolo, ossido tributilico di stagno ecc.

Per ovviare l'attacco del materiale da parte dei funghi le sostanze utilizzabili potranno essere miscele a base di fluoruri (miscele di fluoruri con sali arsenicati di sodio); sarà importante, inoltre, mantenere i valori di umidità tra il 10% e il 15% (l'attacco dei funghi si manifesta generalmente quando il legno raggiunge un'umidità superiore al 20%). L'efficacia della procedura di disinfestazione sarà, in ogni caso, vincolata dall'accuratezza della messa in opera e soprattutto dal reale sviluppo su tutta la superficie: i punti delicati saranno le sezioni di testa, le giunzioni, gli appoggi e in genere le alterazioni dovute ad incastri, tratti di sega, buchi per chiodi; in questi tratti sarà essenziale porre la massima attenzione affinché il trattamento li coinvolga completamente. (cfr. DEI 2005)

4.2.2.5 *Trattamento con sostanze antitarlo, antimuffa e antifungo*

La superficie lignea in oggetto dovrà essere priva di macroscopiche anomalie che potrebbero provocare l'insorgenza di degni a trattamento ultimato (marcescenze, parti mancanti ecc.) e priva di residui di precedenti vernici, cere grassi e polveri, che dovranno essere rimossi secondo le tecniche esplicitate nell'articolo inerente la pulitura degli elementi lignei. Prima di effettuare il trattamento preservante la struttura dovrà essere puntualmente ispezionata (per tutta la superficie in maniera puntuale) ricorrendo a strumenti come punteruolo, scalpello e martello al fine di saggiare la consistenza del legno asportarne piccole porzioni da analizzare in laboratorio e battere il materiale al fine di individuare le zone, eventualmente, attaccate dagli insetti o funghi; se necessario si potrà ricorrere all'uso della lente d'ingrandimento per osservare gli eventuali fori di sfarfallamento e il rosime riscontrati (elementi in grado di rivelare la specie d'insetto e se l'attacco è ancora attivo); attraverso l'igrometro elettrico da legno sarà possibile misurare il contenuto d'umidità in modo da poter determinare se esiste o è in atto un attacco fungicida mentre, per accertare il reale stato conservativo si potrà utilizzare la trivella di Pressler che consentirà di effettuare piccoli carotaggi.

È opportuno precisare che l'attacco da parte di insetti non sempre necessiterà di trattamento poiché alcuni di essi non depositano larve all'interno del materiale perciò, quando di queste specie (ad. es. i Siricidi) si riscontreranno i fori di sfarfallamento significa che la fuoriuscita è già avvenuta; inoltre occorre tenere conto della datazione del materiale, se l'attacco si riscontra su strutture molto antiche (oltre un secolo) spesse volte non risulterà più attivo (è il caso ad. es. dei Cerambicidi che se attivi presenteranno dei fori di sfarfallamento dai margini netti e il rosime chiaro). Eseguito, l'eventuale, consolidamento della superficie (stuccature, sostituzioni parziali ecc.) si potrà eseguire la procedura. (cfr. DEI 2005)

Il prodotto utilizzato per la protezione o disinfestazione dovrà presentare un bassissimo grado di tossicità, non dovrà formare una pellicola superficiale, produrre alterazioni cromatiche e dovrà consentire l'eventuale applicazione di una successiva verniciatura. L'applicazione del prodotto, potrà essere fatta a pennello o a spruzzo in modo da garantire una copertura uniforme della superficie; a tale riguardo potranno essere applicate più mani relazionandosi allo specifico prodotto utilizzato. Nel caso in cui all'interno del materiale si dovesse riscontrare la presenza d'insetti si dovrà procedere alla disinfestazione puntuale. (cfr. DEI 2005)

5. Integrazione e sostituzione

5.1 Premessa

Il termine *integrazione* sta ad indicare una serie di interventi che hanno la funzione di ridare integrità e completezza al manufatto aggiungendo materia laddove essa sia andata perduta.

In questo senso le integrazioni non rientrano a pieno titolo nel progetto di *conservazione*, a meno che l'intervento non vada a colmare una mancanza che provochi instabilità al manufatto (è il caso delle integrazioni dei giunti di malta, di alcune tassellature, delle integrazioni murarie, in sostanza delle integrazioni che abbiano anche una funzione di rinforzo della struttura).

E' dunque possibile distinguere tra integrazioni necessarie alla sopravvivenza del manufatto e integrazioni che abbiano come unico fine ridare al manufatto stesso l'unità e la completezza che il degrado ha intaccato. In quest'ultimo caso il termine *integrazione* è solitamente posto accanto a quello di *lacuna*, termine appartenente al lessico del restauro pittorico. Per l'architettura, invece, si utilizza generalmente il termine *mancanza*.

Il tema delle integrazioni ha assunto fin dalle prime sistemazioni teoriche del restauro un'importanza centrale in quanto pone il problema della riconoscibilità dell'intervento e conseguentemente del falso storico. Su tale problema ancora oggi ci si confronta e se da parte di alcuni è sottolineata la necessità di operare con linguaggio assolutamente moderno, dando libero spazio alla creatività progettuale, altri perseguono la linea del rifacimento mimetico. Le posizioni più conservative oscillano tra il limitarsi alla protezione assoluta delle tracce storiche del manufatto e la riflessione sulla possibilità dell'aggiunta con materiali e forme contemporanee.

In una prospettiva di tipo conservativo è comunque necessario tener presenti alcuni accorgimenti ed operare differenziando l'intervento di restauro seguendo alcuni criteri e accorgimenti:

- attraverso la differenziazione del materiale da accostare a quello preesistente;
- agendo sulle tracce di lavorazione sul materiale;
- agendo sulla forma da conferire alla porzione aggiunta (solitamente molto schematica e non *à l'identique*);
- puntando sulla riconoscibilità della composizione di malte, impasti, miscele;
- introducendo marchi, date, simboli che ne permettano l'immediato riconoscimento;
- segnalando in modo evidente il confine delle mancanze che sono state integrate.

In ogni caso gli accorgimenti utilizzati al fine di distinguere la preesistenza dall'aggiunta dovranno essere realizzati con estrema cura e sensibilità da parte del tecnico. Il dilemma di quale sia la risoluzione più consona difficilmente potrà avere una risoluzione chiara, capace di definire un modo di procedere adattabile a tutte le diverse situazioni.

Si intende invece per interventi di *sostituzione* quelli rivolti a rimuovere parti ammalorate e non recuperabili, da rimpiazzare con altre dotate di adeguata efficienza. La sostituzione è ammessa, di conseguenza, soltanto nei casi di accertata inutilizzabilità delle parti e quando la loro inefficienza diventa condizione di rischio per l'edificio o per le sue componenti. Ciò comporta, tra l'altro, che la sostituzione non sia una categoria di intervento da applicare alle componenti costitutive la cui efficienza possa essere recuperata mediante operazioni di consolidamento.

In questo senso le sostituzioni prevedono un rapporto stretto con altre due famiglie di tecniche: quelle degli smontaggi e quella delle integrazioni. Difatti la sostituzione prevede in ogni caso la rimozione di una parte che viene sostituita da un'altra parte che avrà una determinata funzione e una determinata forma. Proprio l'aspetto formale della sostituzione pone in campo tutti i problemi e le cautele già espresse nella premessa metodologica alle integrazioni, alla quale si rimanda.

Riguardo le operazioni di smontaggio si procederà con le attenzioni previste per gli smontaggi che prevedono il recupero degli elementi soprattutto per quel che riguarda la sequenza dell'operazione, individuando con esattezza il tipo di connessione e di collegamento tra le parti da smontare e rimuovere. La riuscita dell'operazione è dunque fortemente condizionata dalla comprensione del sistema e della sequenza costruttiva che porterà l'operatore a procedere a partire dagli elementi più

esterni (ad esempio gli elementi di rivestimento) che non abbiano funzione portante per altre parti del manufatto e procedere poi smontando gli elementi costruttivi veri e propri.

Lo smontaggio può richiedere la realizzazione di strutture provvisorie di sostegno, vere e proprie puntellature (semplici o doppie), armature provvisorie e centinature, soprattutto nel caso di sostituzioni di parti rilevanti dell'edificio, come solai, volte, coperture e comunque di elementi portanti che siano stati interessati da dissesti.

5.2 Trattazione schematica delle tecniche di integrazione

5.2.1 Risarcimento dei giunti di malta

La tecnica del risarcimento o ripresa dei giunti di malta di allettamento esistenti tra le pietre o i mattoni delle murature, o tra altri elementi costruttivi assemblati con l'uso di tale materiale, prevede l'integrazione delle porzioni di malta mancanti eseguita utilizzando e stendendo nelle mancanze impasti plastici dotati di resistenza analoga a quella del materiale preesistente e di caratteristiche fisiche (colore, grana, tessitura, rapporti clasti-matrice, ecc.) analoghi

Nel caso di murature, soprattutto in mattoni, faccia-vista è importante anche il colore degli inerti, perché da questo dipende come si percepirà visivamente il giunto reintegrato, sia nel caso si voglia ottenere un risultato mimetico, sia che si voglia invece marcare la differenza tra la nuova e la vecchia malta. Analogamente, ai fini del risultato finale, sarà importante il tipo di stilatura della risarcitura (sottosquadro, a filo ecc).

Va rilevato, tuttavia, che lo scopo principale dell'integrazione è di preservare la muratura da possibili ulteriori fenomeni di degradazione e di restituire continuità alla tessitura muraria per impedire infiltrazioni o attecchimenti di vegetazione infestante, rafforzandone le proprietà statiche e strutturali. L'integrazione delle porzioni di malta mancante nei giunti di allettamento rende inoltre i giunti più resistenti conferendogli una funzione di barriera alla penetrazione dell'acqua, all'attecchimento di vegetali e patine biologiche, ai depositi organici e inorganici. Gli strati di malta interposti fra i mattoni e tra le pietre delle murature, o tra altri elementi costruttivi, sono generalmente costituiti da malte a base di calce, e hanno caratteristiche di resistenza talvolta inferiori a quelle degli elementi litoidi che collegano.

Per questa ragione essi sono spesso i primi a cedere sotto l'azione degli agenti aggressivi. In questi casi, si procede integrando i giunti di malta che appaiono interessati da mancanze o da fenomeni di erosione e decoesione, aggiungendo ad essi nuovo materiale che, unendosi a quello superstite, recupera in tutto o in parte l'integrità funzionale del giunto.

Nel giunto da risarcire vanno rimossi la polvere e i detriti, raschiando il fondo e le altre superfici libere. Tutte le operazioni di pulitura devono tendere a lasciare l'interno del giunto con superfici non troppo lisce per favorire il contatto efficace con la nuova malta. (cfr. INT 01 -UTET 2003)



Sequenza delle fasi di risarcitura dei giunti di malta di una muratura in mattoni.

Risarcitura corretta effettuata con una malta di calce stesa a filo rispetto ai mattoni.

Risarcitura non corretta effettuata con una malta cementizia stesa debordante rispetto ai mattoni.

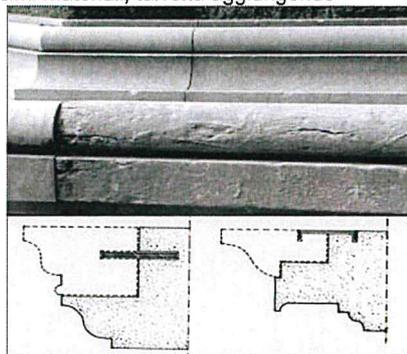
5.2.2 Tassellatura dei materiali lapidei

La tassellatura consiste nell'integrazione di un manufatto lapideo lacunoso o interrotto con elementi ricavati da un materiale analogo a quello della parte da integrare. Nella maggior parte dei casi, l'integrazione mediante tasselli si configura come una sostituzione parziale, in quanto spesso è preceduta dalla rimozione di una parte del materiale esistente. La rimozione può essere imposta da ragioni diverse tra le quali vi sono, ad esempio, la presenza di difetti congeniti o di fenomeni di degrado che compromettono le caratteristiche meccaniche del materiale e le sue prestazioni, indebolendo il manufatto, o mutandone in modi irreversibili l'aspetto.

Generalmente questo tipo di integrazione era comunemente eseguito su elementi costruttivi realizzati con materiali di un certo pregio, quindi costosi o di difficile approvvigionamento. Oggi la tassellatura è solitamente realizzata con materiali per lo più simili a quelli del manufatto da riparare, per ricostituire l'unitarietà del suo aspetto e per evitare problemi di reciproca incompatibilità, ma se questi non sono reperibili, si impiegano anche pietre diverse

Nel caso di tassellature di piccole dimensioni, realizzate, ad esempio, nei ricorsi di cornici marcapiano, dove le modanature erano relativamente grandi e sporgenti, i tasselli erano per lo più incollati nelle sedi di alloggiamento, con malte di calce ed erano poi stuccati, dall'esterno, con i medesimi materiali, talvolta aggiungendo ad essi aggregati colorati o altri pigmenti, per assimilare il colore della malta da stucco a quello della pietra del manufatto da integrare.

Talvolta, la realizzazione dell'elemento destinato all'integrazione richiede notevole perizia in quanto, per la sua particolare posizione, il tassello deve avere una forma articolata. (cfr. INT 02 - UTET 2003)



Tasselli semplici.
Tassello con tenuta a malta e perno metallico (esempio a sinistra).
Tassello con tenuta a malta e grappa metallica

5.2.3 Integrazione e consolidamento mediante il cosiddetto «cuci-scuci»

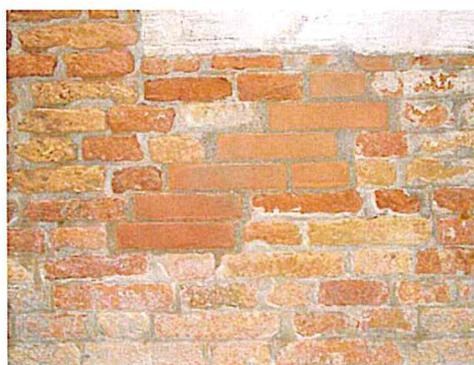
Talvolta, manufatti di tipo murario, interessati da mancanze localizzate o da porzioni più estese in cui gli elementi componenti sono degradati, per varie cause e con differenti effetti, possono essere riparati con la cosiddetta tecnica del «cuci-scuci» che, in realtà dovrebbe più correttamente essere nominata dello «cuci-scuci» poiché in essa l'azione distruttiva precede quella costruttiva o integrativa. L'intervento si basa, essenzialmente, sulla rimozione degli elementi ammalorati dal contesto murario entro cui sono inseriti, per poi sostituirli con altri elementi sani, analoghi o meno per forma, dimensioni, materiali e tecniche di lavorazione, rispetto a quelli rimossi, in relazione a precisi intenti progettuali (riconoscibilità del nuovo intervento, mimesi tra nuove opere e contesto preesistente ecc.).

Molti manufatti architettonici sono stati sottoposti a interventi di rimozione-sostituzione con la tecnica del «cuci-scuci» per restituire una perduta completezza morfologica o estetica.

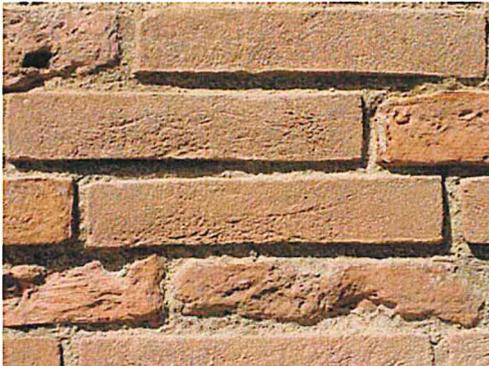
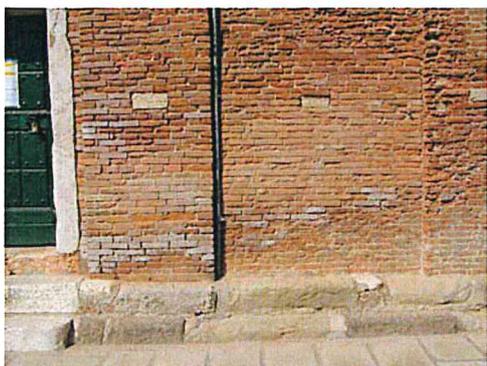
Per le numerose implicazioni che comporta, l'applicazione della tecnica richiede in ogni caso:

- un'attenta e prudente valutazione della stabilità e dell'equilibrio della muratura oggetto di intervento, in fase preventiva e diagnostica;
- la corretta scelta dei materiali e delle tecniche di posa in opera, in fase progettuale (affinché sia assicurato il mantenimento o il miglioramento delle caratteristiche di resistenza meccanica della parete riparata);
- un'accurata esecuzione che, in fase di cantiere, eviti di determinare rotture e crolli o incontrollati ampliamenti della sezione di inserimento dei nuovi elementi;

Per tali motivi è sempre consigliabile procedere per sezioni successive e di limitata estensione. Una diretta conseguenza di tali raccomandazioni è, ad esempio, costituita dal fatto che la scelta dei materiali non può essere governata esclusivamente da ragioni estetico-formali ma deve tenere conto di ben più ampie implicazioni. (cfr. INT 03 -UTET 2003)



Esempi di integrazioni a puntuali a «cuci-scuci».
Gli elementi sostituiti sono riconoscibili per le differenti caratteristiche cromatiche dei



Chioggia- In questo caso le caratteristiche cromatiche dei nuovi elementi sono molto simili a quelle degli elementi originali, dai quali si distinguono soprattutto per i bordi netti e

5.2.4 Modellazione in opera con impasti a base di resine sintetiche

Il criterio che guida l'adozione di questa tecnica risiede nel fatto che alcune lacune presenti sulle superfici lapidee possono essere colmate con speciali paste, o stucchi, che presentino caratteristiche meccaniche e cromatiche simili a quelle della pietra che si va a reintegrare. La composizione degli impasti utilizzati per le reintegrazioni è generalmente realizzata con resina e derivati della pietra dell'opera originaria (detriti e/o polveri). Nella maggior parte dei casi, per evitare che l'impasto si deformi sotto il suo stesso peso e aderisca in modo imperfetto al supporto, si realizza un'armatura di sostegno costituita da perni e reticolo in filo di ottone.

L'impiego nell'impasto dello stesso litotipo degli elementi che si vanno a reintegrare e l'eventuale aggiunta di pigmenti minerali, fanno sì che le parti reintegrate si avvicinino come grana e colore al materiale originario. I nuovi elementi sono tuttavia individuabili da una distanza ravvicinata.

Gli impasti con aggiunta di resine sintetiche sono utilizzati per la ricostruzione di parti mancanti nei manufatti di pietra. Questo tipo di impasti comporta alcuni vantaggi nella realizzazione pratica dei nuovi elementi, in quanto si applicano agevolmente sulle superfici originali e sono facilmente modellabili in opera durante la fase di presa. La tecnica può essere impiegata nella gran parte dei casi in cui il supporto lapideo da integrare sia in qualche modo «imitabile» nel colore, nella grana e nelle caratteristiche fisico-meccaniche.

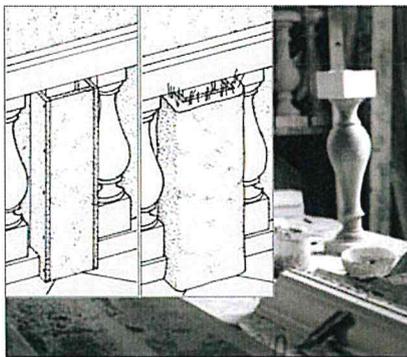
Alcuni dubbi su questo tipo di tecnica, comuni peraltro a tutti i casi in cui si utilizzano resine sintetiche, sono riferiti alla possibilità di alterazioni cromatiche e alla durata nel tempo di questo tipo di integrazioni. (cfr. INT 06 -UTET 2003)

5.2.5 Integrazioni di parti lacunose mediante formatura di impasti in opera

La tecnica si basa sulla possibilità di riprodurre o "clonare" le parti sane di un ornamento o di un manufatto lapideo, soprattutto se caratterizzato da elementi ripetitivi, per ricostruire le sue porzioni mancanti o rimosse in quanto irrimediabilmente degradate. A tal fine si impiegano solitamente materiali e procedimenti di lavorazione che consentono di eseguire l'operazione in cantiere, su banchi di lavoro all'uopo predisposti oppure in opera, agendo direttamente sulle mancanze da integrare.

L'intervento tende quindi a ricostituire la completezza materiale, costruttiva e figurale del manufatto mutilato, colmandone le lacune e determinando, al tempo stesso, il suo consolidamento e la sua protezione.

Per integrare un elemento plastico, del quale è andata perduta una parte, se ne può ricostruire la porzione mancante replicandola per mezzo di calchi, utilizzando come modello altri elementi o parti similari, ma sani, del manufatto stesso o di altri ad esso simili, purché il motivo decorativo o la parte mancante appartenga ad una serie di forme ripetitive. Questa tecnica può essere impiegata per integrare cornici e modanature architettoniche, costituite dalla successione di forme plastiche ricorrenti, ma anche per realizzare elementi isolati riconducibili a modelli esistenti, come balastrini, rosette, capitelli e simili. (cfr. INT 08 -UTET 2003)



Riproduzione del balastrino di un balcone.

5.2.6 Integrazione dei mattoni alveolizzati o erosi

La tecnica dell'integrazione dei mattoni consiste nell'integrazione della materia mancante in quei mattoni soggetti a fenomeni di disgregazione, erosione, alveolizzazione, polverizzazione o fratturazione. La perdita di materia può essere più o meno accentuata, sino ai casi in cui, in una cortina muraria, si rileva la completa mancanza di un intero mattone, il cui volume può tuttavia essere ancora delimitato dalla presenza di giunti di allettamento ben conservati. L'integrazione dei mattoni permette in questi casi di ricostituire la continuità della muratura e di difenderla dagli agenti atmosferici, assolvendo quindi ad azioni sia di consolidamento che di protezione, oltre che di "integrazione dell'immagine".

In genere, questo tipo di integrazione si esegue nel caso in cui, all'interno della cortina muraria faccia a vista, una parte limitata dei mattoni sia alterata e presenti una considerevole mancanza di materiale, dovuta a diversi fenomeni di degrado. Spesso, inoltre, la malta di allettamento posta tra i mattoni ha uno stato di conservazione migliore del mattone e si offre quindi per essere utilizzata come «cassaforma» entro la quale spalmare la malta per integrare la porzione mancante del mattone. (cfr. INT 09 -UTET 2003)



Prove di integrazione con impasti di diverso colore di mattoni

5.2.7 Integrazione di fratture e di piccole cavità con materiali in pasta

L'impiego di questa tecnica è adatto soprattutto all'integrazione di mancanze di materiale di modesta entità, quali le piccole fessure, le lacune di dimensioni limitate, i fori lasciati dai chiodi, ecc. Non è consigliabile per risarcire mancanze molto vaste, a causa del ritiro cui sono soggetti i prodotti impiegati per questo tipo di operazioni. Il ritiro, infatti, può indurre tensioni all'interno del manufatto su cui s'interviene e provocare il distacco tra il materiale di origine e quello apportato per l'integrazione. (cfr. INT 14 -UTET 2003)

5.2.8 Stuccature di elementi lapidei

Lo scopo dell'intervento sarà quello di colmare le discontinuità (parziale mancanza di giunti di malta, fratturazione del concio di pietra ecc.) presenti sulla superficie della pietra (qualsiasi sia la loro origine) così da "unificare" la superficie ed offrire agli agenti di degrado (inquinanti atmosferici chimici e biologici, nonché infiltrazioni di acqua) un'adeguata resistenza.

Prima esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione di parti non consistenti e lavaggio della superficie) e bagnatura con acqua deionizzata si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire (stuccatura di profondità e stuccatura di superficie).

Per la stuccatura di profondità (parti più arretrate), sarà consigliabile utilizzare una malta a base di calce idraulica naturale a basso contenuto di sali composta seguendo le indicazioni di progetto e la tipologia di lapideo (ad es. si utilizzeranno degli inerti calcarei se si opererà su pietre calcaree);

La stuccatura di s

uperficie sarà eseguita con grassello di calce e pietra macinata (meglio se tritettata a mano così da avere una granulometria simile a quella del materiale originale); verrà, preferibilmente, utilizzata la polvere della pietra stessa o, in mancanza di questa, un materiale lapideo di tipologia uguale a quella del manufatto in questione in modo da ottenere un impasto simile per colore e granulometria.

Specifiche sulla stuccatura: la scelta di operare la stuccatura a livello o in leggero sotto-quadro nella misura di qualche millimetro (così da consentirne la distinguibilità), dovrà rispondere principalmente a criteri conservativi; sovente, infatti, le integrazioni sottolivello creano percorsi preferenziali per le acque battenti innescando pericolosi processi di degrado. Gli impasti dovranno essere concepiti per esplicitare in opera valori di resistenza meccanica e modulo elastico inferiori a quelle del supporto, pur rimanendo con



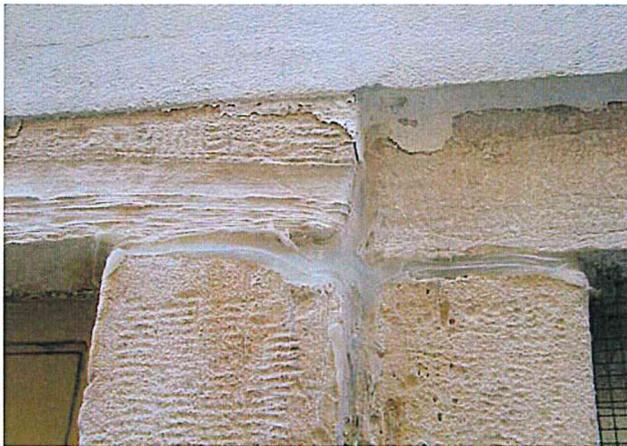
Stuccatura della fessurazione della lesione

ordini di grandezza non eccessivamente lontani da quelli del litotipo

Al fine di rendere possibile

un'adeguata lettura cromatica si potrà "aiutare" il colore dell'impasto additivandolo con terre colorate e pigmenti. Il colore della pietra si raggiungerà amalgamando, a secco, le cariche fino ad ottenere il tono esatto ma più scuro per bilanciare il successivo schiarimento che si produrrà aggiungendo la calce. (cfr. DEI 2005)

Stuccatura del giunto tra i due elementi lapidei effettuata con materiali impronni (silicone comune)



Particolare della stuccatura della lesione.

5.2.9 Preparazione delle malte di calce nelle integrazioni

Questa non può essere considerata una vera e propria tecnica di restauro ma un'operazione accessoria di altre tecniche che prevedono, per la loro realizzazione, l'impiego di malte a base di calce preparate direttamente in cantiere.

Le malte a base di calce costituiscono una materia prima indispensabile per la quasi totalità dei restauri delle componenti architettoniche realizzate con materiali lapidei.

Molti consolidamenti di murature e intonaci, integrazioni, stuccature o ripristini, ma anche molte esecuzioni di opere nuove, come pavimenti, muri, coperture, solai, volte o strutture di fondazione richiedono l'impiego insostituibile di questo materiale. In particolare, le malte a base di calce possono essere utilizzate per la realizzazione di rappezzi, stuccature (v. *Macrostuccature o rappezzi eseguiti con malta*), risarciture dei giunti di allettamento nei paramenti murari (v. *Risarcimento dei giunti di malta*), consolidamento di murature (v. *Consolidamento delle murature con iniezioni*) e di intonaci (v. *Riadesione di distacchi tramite iniezioni*) e in generale per tutti gli interventi di integrazione compiuti su manufatti realizzati con materiali lapidei.

I modi di applicazione variano in funzione delle finalità d'impiego e delle lavorazioni previste. L'impiego delle malte può avvenire, infatti, mediante le procedure e gli strumenti tipici del muratore (cazzuole, spatole, frettazzi, ecc.), oppure, se il composto è allo stato fluido, come nelle boiacche e nelle malte da iniezione, per il riempimento di cavità o di fessure di piccole dimensioni, mediante siringhe e cannule. (cfr. INT 07 - UTET 2003)

5.2.10 Macrostuccature o rappezzi eseguiti con malta

La perdita di porzioni di intonaco provoca talvolta estese lacune, più o meno profonde e dai bordi più o meno stabili e coesi, sulle superfici parietali di molti edifici storici e possono in alcuni casi mettere a nudo le sottostanti strutture murarie, con notevoli rischi per la durabilità della fabbrica. In questi casi, si può intervenire applicando sulle parti scoperte del muro un nuovo intonaco, realizzando il cosiddetto "rappezzo" altrimenti detto "macrostuccatura". Tale operazione ha innanzitutto una motivazione di tipo tecnico poiché ogni fessura, ogni lacuna o ciascuna discontinuità rappresenta un indebolimento del manufatto, una via di penetrazione dell'acqua al suo interno, che a sua volta veicola agenti inquinanti aggressivi, e un potenziale punto di innesco di molti fenomeni di degrado superficiale e profondo. Non si può tuttavia ignorare che, a fronte di tale motivazione, ne esistono altre di natura estetico-formale che chiamano in causa rilevanti problemi di ordine culturale e teoretico.

In generale, per la realizzazione dei rappezzi è comunque necessario che siano attentamente valutati i seguenti aspetti:

- la compatibilità fisico/chimica e meccanica tra nuovo intonaco, intonaco antico superstite e supporto murario;
- la composizione delle malte esistenti e di quelle di nuovo apporto;

- l'eventuale integrazione dei nuovi materiali con additivi o con resine e leganti idraulici, in grado di migliorarne le caratteristiche di lavorabilità, idraulicità, resistenza meccanica e durabilità.

La caduta di porzioni di intonaco può riguardare intonaci semplici o decorati e può interessare uno o più degli strati che lo compongono, in molte parti di tutti gli edifici, antichi e recenti. La tecnica del rappezzo mediante macrostuccatura trova quindi diffusa applicazione in questo vasto campo di manufatti. (cfr. INT 13 -UTET 2003)

5.2.11 Stuccature salvabordo lacune di intonaco

In presenza di lacune d'intonaco, nei casi in cui le indicazioni di progetto non prevedano il ripristino del materiale, l'intervento dovrà essere indirizzato alla protezione dei bordi della lacuna mediante una stuccatura che avrà la funzione di ristabilire l'adesione tra lo strato di intonaco e la muratura così da evitare, lungo il perimetro della mancanza, dannose infiltrazioni di acqua meteorica o particolato atmosferico che potrebbero aggravare nonché, aumentare la dimensione della lacuna nel tempo. L'operazione di stuccatura salvabordo, in particolar modo se realizzata su pareti esterne, dovrà essere eseguita con la massima cura; questo tipo di protezione proprio per la sua configurazione di raccordo tra due superfici non complanari costituirà un punto particolarmente soggetto all'aggressione degli agenti atmosferici (pioggia battente). Le malte adatte per eseguire tale operazione, dovranno essere simili ai preparati impiegati per la riadesione degli intonaci distaccati.

In ogni caso, oltre ad evitare l'utilizzo d'impasti con grane e leganti diversi da quelli presenti nell'intonaco rimasto sulla superficie non si dovrà ricorrere né all'uso di malte di sola calce aerea e sabbia (poco resistenti alle sollecitazioni meccaniche), né a malte cementizie (troppo dure e poco confacenti all'uso). Le stuccature salvabordo dovranno essere realizzate con malte compatibili con il supporto, traspirabili e con buone caratteristiche meccaniche.

La malta dovrà essere facilmente spalmabile in modo da poter definire con precisione l'unione dei lembi. (cfr. DEI 2005)

5.2.12 Integrazione cromatica mediante tinteggiatura

Gli strati pittorici di finitura delle superfici edilizie non svolgono soltanto un ruolo ornamentale, ma costituiscono una sorta di pelle protettiva che svolge una duplice funzione: difende i materiali sottostanti, in guisa di sottile barriera contro gli agenti aggressivi dell'atmosfera e del clima, fungendo inoltre da rivelatore dei fenomeni di degradazione, sin dalle loro prime fasi di sviluppo.

Se tali strati vengono a mancare o se presentano lacune che espongono gli intonaci a rischiosi processi di alterazione, può essere necessario ripristinarne l'azione protettiva realizzando integrazioni delle loro eventuali lacune, ossia ricostituendone formalmente la continuità.

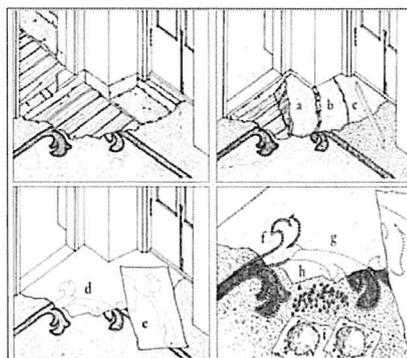
La tinteggiatura costituisce, generalmente, l'ultima operazione del ciclo di finitura delle superfici architettoniche e può interessare l'intera delle pareti o una loro singola parte, più o meno estesa. A quest'ultimo ambito appartengono gli interventi d'integrazione, che hanno lo scopo di colmare le lacune esistenti nella pellicola pittorica che spesso copre vecchi intonaci, per ricostituire la continuità cromatica ma, soprattutto per riabilitare la funzione protettiva dello strato pittorico.

Andrebbe anche annotato che, contrariamente a quanto spesso si ritiene, la combinazione tra interventi di consolidamento e d'integrazione delle vecchie pitture fornisce risultati migliori della ridipintura totale, e ciò per le seguenti ragioni:

- il procedimento preserva vecchi materiali che hanno dimostrato una buona resistenza;
- l'intervento localizzato lascia integra la struttura stratigrafica delle diverse tinteggiature che si sono sovrapposte nel tempo, assumendo un'importante significato documentario;
- anche sotto il profilo dell'impatto visivo, le superfici così trattate conservano i segni che conferiscono loro quel senso di antichità che verrebbe irrimediabilmente perso nel caso di un intervento di totale innovazione;
- spesso, l'intervento è più economico rispetto a quello della generale ridipintura tanto più se preceduta da una altrettanto globale rimozione degli antichi intonaci. (cfr. INT 22 - UTET 2003)

5.2.13 Integrazione di pavimento alla veneziana in calce

La tecnica si applica per integrare lacune più o meno estese di pavimenti alla veneziana, del tipo a «terrazzo» o a «pastellone», eseguiti con impasti a base di calce aerea. L'integrazione può riguardare semplici rappezzi localizzati, oppure intere porzioni di pavimento



mancante, e può investire gli strati superficiali, oppure estendersi anche al sottofondo. La tecnica è piuttosto complessa e si avvale ancora di procedure appartenenti alla tradizione. (cfr. INT 15 - UTET 2003)

5.2.14 Integrazione di pavimento alla veneziana in cemento

Anche questa tecnica si applica per integrare lacune più o meno estese di pavimenti alla veneziana ma eseguiti con impasti a base di cemento. L'integrazione può riguardare semplici rappezzi localizzati, oppure intere porzioni di pavimento mancante, e può investire gli strati superficiali, oppure estendersi anche al sottofondo e alla cosiddetta «coperta». (cfr. INT 16 - UTET 2003)



5.2.15 Integrazione e consolidamento di controsoffitti intonacati

La tecnica varia ovviamente secondo il degrado del manufatto e il suo sistema costruttivo. Il restauro è di norma eseguito su controsoffitti interessati da deformazioni, distacchi, cedimenti, perdite più o meno ampie di materiale e, in generale, da fenomeni di degrado che ne minacciano l'integrità, la durata e la sicurezza. I metodi di consolidamento dei controsoffitti possono essere utilizzati nei casi in cui il controsoffitto conserva ancora sufficiente consistenza statica, anche se precaria. I modi di intervento sono assai differenti e dipendono dalla tipologia del controsoffitto, ma in generale si rifanno al principio base della distribuzione del peso su una struttura portante, sia essa preesistente o nuova. (cfr. INT 17 - UTET 2003)

5.2.16 Integrazione di stucchi con modellazione in opera di materiale plastico

L'integrazione con materiali in pasta è una delle operazioni più diffuse nel campo del restauro. Essa si applica su manufatti realizzati con le tecniche e le materie più diverse. I materiali in pasta sono utilizzati, ad esempio, per l'integrazione e la riparazione di manufatti di legno, di malta di gesso o di calce, di cemento, di pietra o di materiali fittili o ceramici. Sono infatti frequenti i casi di manufatti, all'interno e all'esterno degli edifici, che hanno subito menomazioni e rotture con conseguenti perdite di parti più o meno estese e localizzate, in seguito a urti o traumi di diversa natura. Tali menomazioni possono essere costituite anche dal distacco e dalla perdita di intere porzioni dei manufatti, ed alcuni restauratori ritengono che esse vadano ricostruite, sia per conferire completezza formale agli oggetti, sia perché queste lacune possono costituire punti di fragilità per le parti sane o di discontinuità dei materiali che, talvolta, favoriscono infiltrazioni e possono agevolare l'insorgere di fenomeni di degrado più gravi. (cfr. INT 18 - UTET 2003)

6. Smontaggio e rimontaggio

6.1 Premessa metodologica

Con questi termini si intende indicare il complesso delle operazioni di disaggregazione e di riagggregazione di una componente edilizia nelle sue parti costitutive elementari. Tali operazioni sono

consentite per ristabilire o aumentare l'efficienza della suddetta componente edilizia, a condizione che si eseguano i rilievi, le misurazioni, le registrazioni e tutte le forme di cautela che assicurino il recupero scrupoloso del numero e della posizione originaria degli elementi.

I manufatti generalmente sottoposti a questa serie di operazioni sono:

- rivestimenti
- infissi
- interi manufatti (ad esempio pavimentazioni, solai, manti di copertura, decorazioni, affreschi, mosaici, ecc.)

Le ragioni dello smontaggio risiedono solitamente nella necessità di restaurare una parte del manufatto e nella possibilità di separare quella stessa parte dal tutto, senza pregiudicarne la conservazione.

Una seconda ragione per eseguire lo smontaggio di una parte, soprattutto nel caso si tratti di elementi di rivestimento, consiste nella necessità di intervenire sul supporto con operazioni di consolidamento, di pulitura e di protezione.

In entrambi i casi le operazioni devono essere effettuate seguendo alcuni accorgimenti mirate a garantire la conservazione dei pezzi da recuperare:

- numerando le parti che andranno smontate per facilitare il rimontaggio nella giusta posizione e con la esatta sequenza (ad esempio nel caso delle pavimentazioni);
- individuando con esattezza il tipo di connessione e di collegamento tra di essi e scegliendo il tipo di rimozione più adatta onde evitare rotture, sia dei pezzi sia degli elementi di connessione. La riuscita dell'operazione infatti è condizionata fortemente dalla comprensione del sistema costruttivo e delle sequenze costruttive;
- procedendo con la rimozione a partire dagli elementi più esterni che non abbiano funzione portante per altri parti del manufatto.

E' bene ricordare che l'operazione di smontaggio ha sempre una componente distruttiva, basti pensare all'impossibilità di conservare gli elementi di connessione tra le parti smontate, soprattutto quando si tratti di malte, chiodi, perni, ecc. e di mantenere, di conseguenza, la possibilità di lettura dei rapporti stratigrafici. In questo senso si tratta di un'operazione comunque invasiva che va effettuata solo nel caso in cui la si ritenga assolutamente necessaria per la sussistenza del manufatto.

6.2 Trattazione schematica delle tecniche di smontaggio e rimontaggio

6.2.1 Smontaggio e sostituzione parziale o totale del telaio fisso di porte e finestre

Le porte e le finestre sono costituite da parti fisse e parti mobili. Le prime, ancorate in modo permanente al muro per mezzo di viti, chiodi o zanche metalliche, sono composte da un telaio, generalmente ligneo, che costituisce l'infisso propriamente detto, mentre le altre, composte generalmente da battenti, persiane, scuretti e imposte, sono collegate al telaio fisso per lo più per mezzo di cerniere o cardini, e completano il serramento. I più diffusi sistemi di apertura sono quelli a battente incardinato in corrispondenza dei montanti. I telai fissi per essere rimossi dalla loro sede richiedono un intervento anche sulla parte muraria, in quanto è pressoché inevitabile causare qualche danno all'intonaco e, talvolta, anche agli stipiti cui il telaio è ancorato. La rimozione del telaio fisso può rendersi necessaria per diversi motivi, ad esempio in vista della sua totale o parziale sostituzione, oppure per riparare i margini murari dell'apertura o per ripristinarne la geometria deformata da dissesti strutturali dell'elemento o della fabbrica.

Occorre tuttavia osservare che, per smontare il telaio fisso di una finestra o di una porta, è pressoché impossibile non danneggiare gli elementi di cui esso è composto, e pertanto si ricorre allo smontaggio di tali strutture solo quando parte di esse o la loro totalità richiede di essere sostituita.

Lo smontaggio del telaio fisso e la sua sostituzione parziale o totale possono essere eseguiti su tutti i tipi di infisso, ma le operazioni necessarie possono variare molto in base alla morfologia degli elementi da rimuovere e sostituire.

Non sempre è necessario rimuovere e sostituire tutto il telaio fisso: più spesso è sufficiente asportarne le porzioni ammalorate, rinnovando solo queste ultime. Tra le parti più facilmente degradabili si trovano le traverse inferiori delle finestre e le parti basse dei montanti delle finestre e delle porte esterne, soggette all'azione della pioggia battente e dell'umidità che ristagna in corrispondenza del davanzale o della soglia. (cfr. SMG 03 - UTET 2003)

6.2.2 Smontaggio e rimontaggio di pavimenti

I pavimenti, se si escludono quelli realizzati con conglomerati a getto in opera (tipo il pavimento alla veneziana), possono essere effettivamente sottoposti ad azioni di smontaggio, totale o parziale. Tali azioni consentono di effettuare operazioni che senza la rimozione e la scissione dei legami che tengono insieme i pezzi costitutivi non sarebbero possibili.

I pavimenti possono essere smontati per molte ragioni e, in particolare:

- per essere restaurati e in seguito rimontati, in situ o altrove;
- per risanare, disinfestare e consolidare i supporti cui sono appoggiati e ancorati (solai, volte, impalcati ecc.);
- per essere rimontati e conservati in ambienti protetti diversi da quelli di provenienza;
- per recuperare i pezzi costitutivi da riutilizzare, anche solo parzialmente, nella realizzazione di nuove pavimentazioni.

Queste finalità comportano l'adozione di tecniche e presuppongono fasi operative diversificate e conducono ad esiti altrettanto vari, per quanto concerne l'effettiva conservazione dei manufatti.

In ogni caso bisogna considerare che ogni smontaggio è almeno in parte distruttivo, perché rescinde i legami istituiti all'atto della costruzione tra gli elementi che lo compongono e comporta, pertanto, la perdita di molte sue qualità e di numerose informazioni in esso contenute. Per questa ragione, è necessario che ogni smontaggio sia attentamente progettato e sia eseguito con strumenti adeguati e con metodi conformi al tipo di pavimento su cui s'interviene, ossia capaci di risolvere le unioni tra i suoi elementi, rimuovendo gli eventuali dispositivi e i materiali leganti utilizzati dal costruttore per collegarli reciprocamente e al supporto. Lo smontaggio, per conseguire gli obiettivi che lo hanno consigliato o imposto, deve, infatti, evitare di provocare danni al manufatto e alle altre strutture cui è collegato. (cfr. SMG 05 - UTET 2003)

6.2.3 Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura

Le tecniche dello smontaggio sono frequentemente utilizzate, con l'eventuale rimontaggio delle parti smembrate, nell'ambito dei lavori eseguiti sulle strutture di copertura e, in particolare, sui manti di protezione e sugli elementi che li sostengono, compresi quelli delle orditure principali, secondarie e minute dei tetti a struttura portante.

Questa natura composita, imposta dalle necessità costruttive che assimilano la realizzazione di queste strutture ad un vero e proprio montaggio di pezzi separati e distinti comporta la presenza, tra essi, di numerosi giunti, di labili legami e di frequenti sconnessioni. Queste discontinuità, tra l'altro, sono spesso responsabili di rilevanti problemi per il loro mantenimento in efficienza. Esse costituiscono, infatti, punti privilegiati per l'innescò di molti fenomeni di degrado e di dissesto che, se non prontamente contrastati, possono determinare il crollo delle coperture e dell'intero manufatto.

È quindi possibile, e talvolta agevole, operare su questi elementi con i metodi dello smontaggio proprio perché i manti di copertura, gli impalcati, le orditure minute, secondarie e principali dei tetti sono spesso costituite da elementi montati e connessi con dispositivi e materiali che è possibile rimuovere e sostituire per risanare, riparare

o rifare, in tutto o in parte, la copertura, anche se con procedure variabili in relazione al tipo di manufatto, come evidenziato nel seguito della scheda.

Questi elementi sono, infatti, generalmente posti in opera per semplice appoggio, in strati sovrapposti, debolmente incastrati tra loro, oppure ancorati ai supporti mediante cavicchi, perni, chiodi e ganci o, ancora, murati tra loro e al supporto con malte e collanti vari.

Analoghe potenzialità di smontaggio mostrano spesso le strutture lignee o metalliche che sostengono i manti di copertura con i loro strati d'appoggio, continui o discontinui che siano (impalcati costituiti da tavolati di legno, scempiati in mattonelle di cotto, listellati in legno o in metallo, ecc.) poiché anche i loro elementi costitutivi (capriate, incavallature, travi, puntoni e diagonali di falda, correnti o arcarecci, travi di colmo, puntelli e altri) sono spesso posti in opera a secco e collegati tra loro con dispositivi di connessione passiva, di ritenzione o di serraggio quali: viti, chiodi, perni, cavicchi, incastrati, cerchiature, fasciature, cerniere ecc., o con un limitato impiego di sostanze adesive poste a rinforzo delle unioni,

Si può, quindi, sostenere che quasi tutte le opere di carpenteria lignea e metallica possono essere smontate, parzialmente o totalmente e, in particolare, le strutture dei tetti, compresi gli elementi che usualmente completano le coperture, quali: opere di lattoneria, i comignoli, gli eventuali abbaini e altane. (cfr. SMG 06 - UTET 2003)

6.2.4 Demolizioni e rimozioni parziali di manufatti architettonici

La demolizione compare spesso, seppure in misura e con finalità variabili, tra le pratiche del restauro, nonostante l'apparente contraddizione con le sue dichiarate finalità conservative. Le demolizioni possono essere previste dal progetto o essere imposte da eventi imprevisti e da necessità che emergono durante lo sviluppo del cantiere. Questa differenza è importante poiché, nel primo caso, le demolizioni rappresentano un atto intenzionale, e possono quindi essere programmate, controllate ed eseguite con la massima garanzia ed efficacia tecnica. Nel secondo caso, invece, data l'urgenza con cui devono essere attuate, rischiano spesso di sfuggire al controllo del progettista, pregiudicando l'esito dell'intero intervento di restauro e producendo danni e distruzioni maggiori di quelli inizialmente ipotizzati. Anche per le demolizioni, perciò, esistono numerose tecniche e procedure che devono essere ben conosciute e applicate. (cfr. SMG 13 - UTET 2003)

7. Protezione

7.1 Premessa

Con il termine protezione si fa riferimento a procedimenti finalizzati alla difesa dall'aggressione di agenti di origine naturale o antropica. Si tratta dunque di preservare l'edificio e le sue parti componenti, dagli attacchi fisico-chimici degli agenti atmosferici e dalle sostanze aggressive che essi veicolano, oltre che dalle azioni di organismi animali e vegetali, oppure da alcuni degli effetti indotti dall'uso.

I sistemi utilizzabili si possono ricondurre essenzialmente a due differenti modalità di intervento:

- di tipo *passivo* consistenti nell'applicare, sui materiali da proteggere, prodotti che possiedono caratteristiche specifiche e in grado di costituire un vero e proprio strato di sacrificio che si deteriora in luogo della materia da proteggere;
- di tipo *attivo*, che utilizza tecniche e presidi atti ad impedire l'insorgere di un processo di degrado, agendo sulle cause del degrado stesso e all'intorno del manufatto.

Il primo gruppo è sostanzialmente formato da tecniche protettive che agiscono attraverso la stesura di film idrorepellenti sui materiali da proteggere, impedendo così il passaggio dell'acqua all'interno del materiale, rendendolo impermeabile e costituendo uno schermo contro gli inquinanti atmosferici.

Al secondo gruppo appartengono tutti quei presidi che agiscono per impedire che un fenomeno di degrado si verifichi, quali, ad esempio, la posa in opera di dissuasori antivolatili, l'applicazione di prodotti antigraffiti, lo studio di sistemi di copertura di porzioni di muratura, il ripristino di elementi tecnologici che impediscano l'infiltrazione delle acque piovane, ecc.

I prodotti protettivi devono possedere due proprietà: *idrorepellenza* e *permeabilità al vapore*.

L'*idrorepellenza* è la qualità principale che si chiede ad un prodotto perché possa essere definito "protettivo", essendo la qualità necessaria per ridurre la penetrazione dell'acqua nel materiale, riducendo l'idrofilia delle pareti dei capillari e della superficie esterna del materiale lapideo.

La *permeabilità al vapore* o traspirabilità, invece, è una proprietà altrettanto importante rispetto alla precedente, che permette al vapore acqueo, già presente nei muri o che si forma all'interno dell'edificio, di attraversare le murature e portarsi all'esterno, garantendo l'equilibrio igrometrico delle strutture e degli spazi abitati. È importante valutare questa caratteristica del prodotto¹, poiché, se la scarsa idrorepellenza non fa altro che mantenere il livello di vulnerabilità "naturale" del materiale, la mancata permeabilità al vapore accelera notevolmente il degrado.

Generalmente un prodotto è ritenuto efficace per un periodo che va dai 5 ai 10 anni, dopo di che esso perde la propria capacità idrorepellente rendendo necessario un nuovo ciclo di protezione. Tale operazione è possibile, in molti casi, solo dopo aver proceduto all'eliminazione del materiale applicato in precedenza e rende necessario il tener nota, anche a cantiere terminato, dei prodotti che sono stati utilizzati nei restauri, per consentire a chi si trovi ad intervenire dopo qualche anno di scegliere il giusto procedimento, a cominciare dalla scelta del solvente adatto per eliminare i residui dei prodotti ormai inefficaci.

In ogni caso, l'applicazione di prodotti protettivi dovrà essere eseguita alla fine del ciclo di interventi previsti e solo in caso di effettivo bisogno.

1- È possibile trovare le indicazioni per il calcolo della permeabilità al vapore nel Documento Normal 21/85.

7.2 Trattazione schematica delle tecniche di protezione

7.2.1 Materiali lapidei

7.2.1.1 *Trattamento all'acqua di calce*

La tecnica della scialbatura sfrutta la precipitazione del carbonato di calcio solido dalle soluzioni acquose di idrossido di calcio. L'idrossido di calcio non agisce direttamente come consolidante e protettivo, ma reagendo con l'anidride carbonica dell'aria, forma carbonato di calcio insolubile che può avere un effetto di fissativo sulle superfici disgregate e un effetto isolante contro i composti aggressivi presenti nell'atmosfera. In altre parole, il carbonato precipitato dovrebbe entrare nei pori del materiale e aderire alle superfici dei minerali che lo compongono, svolgendo un'azione legante e soprattutto protettiva, come una specie di "superficie di sacrificio".

I trattamenti a base di calce possono essere utilizzati con funzione protettiva e consolidante su manufatti realizzati con materiali lapidei naturali o artificiali che presentano fenomeni diffusi di disgregazione incipiente, molto superficiale e leggera, tale da non richiedere un forte intervento di consolidamento. (cfr. PTZ 16 - UTET 2003)

7.2.1.2 *Applicazione di strato pittorico a velatura*

Gli strati pittorici di finitura delle superfici edilizie non hanno soltanto una funzione legata alla percezione visiva dei manufatti architettonici, ma costituiscono anche una sorta di pelle protettiva che difende i materiali sottostanti dagli agenti aggressivi dell'atmosfera e del clima. Quando questi strati vengono a mancare o presentano lacune, si possono innescare nei manufatti processi di degrado, e può essere necessario ripristinarne l'azione protettiva mediante integrazioni, vale a dire ricostituendone materialmente e localmente la presenza.

Nell'ambito specifico del restauro architettonico la velatura si applica:

- su superfici monocrome nelle quali occorra ripristinare uno strato protettivo e colorante;
- per raccordare cromaticamente una stuccatura alla superficie circostante del manufatto e attenuarne il contrasto cromatico. In questo caso si definisce anche patinatura. La stuccatura può appartenere ad un manufatto realizzato con i materiali più vari, come ad esempio pietra, legno, intonaci, ecc.
- su superfici decorate interne o esterne nelle quali non si abbia una vera e propria lacuna della superficie dipinta ma un'abrasione della pellicola pittorica.

Il termine "velatura" è infine utilizzato per definire la finitura superficiale di una tinteggiatura applicata a una grande superficie monocroma. Quest'ultimo caso rientra più che altro nel campo delle integrazioni mediante tinteggiature (v. *Integrazione cromatica mediante tinteggiatura* INT 22 – UTET 2003). (cfr. PTZ 18 - UTET 2003)

7.2.1.3 *Applicazione di prodotti impermeabilizzanti*

Gli impregnanti ad effetto protettivo devono garantire, a fronte di una bassa permeabilità all'acqua (idrorepellenza), la capacità di far traspirare il materiale in modo da conservargli una buona diffusione del vapore, perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi e minima variazione cromatica. Gli impregnanti più utilizzati per le superfici lapidee (laterizi e pietre) sono brevemente elencati di seguito.

I *polimeri siliconici*, in concentrazioni più diluite, sono usati con funzione protettiva sulle superfici in cotto, per la loro spiccata idrorepellenza e la buona resistenza agli agenti chimici. Inoltre le loro proprietà fisiche sono scarsamente influenzate dalla temperatura e restano molto stabili al calore e all'ossidazione.

Soluzioni di *oligomeri silossanici* in base acquosa hanno funzione idrorepellente e sono applicabili su supporti umidi: conferiscono al materiale trattato resistenza all'umidità.

Soluzioni di *oligomeri silossanici*, a peso molecolare particolarmente basso, in base solvente, polimerizzano molto rapidamente solo su supporti non umidi: il principio attivo penetra in profondità grazie al peso molecolare medio dei suoi componenti. L'efficacia rilevata per questi prodotti è attribuibile alla loro notevole capacità di penetrazione.

Gli oligomeri

silossanici in microemulsione acquosa e gli oligomeri silossanici in base solvente, mostrano in pratica un comportamento simile. Negli interventi di conservazione dei materiali lapidei artificiali, questi protettivi sono impiegati come barriera chimica all'umidità ascendente, mentre la differenziazione nel loro utilizzo è dovuta soprattutto a motivazioni pratiche: su superfici perfettamente asciutte è possibile usare la soluzione in base solvente, su superfici uniformemente umide si preferisce la soluzione in base acquosa.

I *prodotti silanici* possiedono una serie di caratteristiche che li rendono particolarmente adatti come protettivi nel caso di supporti di natura silicatica come i mattoni, in quanto «...si formano dei legami di tipo van der Waals tra la superficie dei pori ed il prodotto finale della reazione di polimerizzazione, che conferiscono una particolare adesione tra prodotto e supporto. La bassa viscosità favorisce inoltre la penetrazione del prodotto all'interno del materiale, permettendo il processo di polimerizzazione anche in profondità». Questo consente al polimero di svolgere le sue funzioni idrofobe, depositandosi sulle pareti dei pori. La presenza di prodotto all'interno del

materiale, garantisce un'azione prolungata nel tempo, anche se condizioni ambientali particolarmente negative agiscono sulla superficie, asportandone una parte.

In molti casi, le strutture che necessitano di una protezione, si presentano umide anche in profondità. Questa condizione, rende generalmente problematico il trattamento con prodotti comunemente usati.

In particolare, gli *alchilalcossisilani*, richiedendo acqua nella prima fase della polimerizzazione, possono essere utilizzati anche in questi casi, senza presentare problemi né durante, né dopo l'applicazione. Infatti, la reazione che porta a composto attivo finale passa attraverso una prima idrolisi; pertanto, il prodotto ha bisogno della presenza di acqua per reagire. Successivamente, si ha una reazione di condensazione che porta alla formazione di un polisilossano, vale a dire di un prodotto avente capacità idrofobe, dovute alla presenza di gruppi R alchilici non polari. La reazione prosegue poi con la formazione di catene polisilossaniche.

Risultati soddisfacenti possono essere perseguiti con *alchilalcossisilani* a concentrazione intorno al 30%. L'impiego di soluzioni più concentrate, pur diminuendo ulteriormente la quantità di acqua assorbita, diventa controproducente in termini di traspirabilità al vapore.

Un'altra categoria di prodotti dei quali è stata sperimentata l'efficacia per la protezione del cotto sono i *polimeri fluorurati*. L'azione protettiva idro-oleorepellente del formulato è legata alla stratificazione sulla superficie esterna della parte fluorurata che agisce da barriera nei confronti di sostanze penetranti. Per queste caratteristiche il prodotto appartiene ad una differente classe, quella dei protettivi di superficie. Il copolimero fluorurato presenta, infatti, bassa penetrazione dovuta al suo peso molecolare medio, che è relativamente alto. Questo comportamento consente alla soluzione di raggiungere strati della sezione da trattare molto vicini alla superficie.

Come protettivo per i materiali lapidei conservati in ambienti interni, le resine acriliche diluite in solvente, oltre ad essere reversibili, offrono buone doti di stabilità e ottime possibilità di manipolazione. Tra queste, molto usato è il Paraloid B 72 sciolto in percentuale di peso non superiore al 5% in tricloroetano. Per uso esterno è però segnalata una particolare sensibilità all'acqua dei polimeri acrilici. (cfr. DEI 2005)

7.2.1.4 Impregnazione parziale con prodotti polimerici /silani

L'applicazione del silano consente di proteggere il materiale dalla penetrazione dell'acqua e dagli agenti aggressivi che contiene. Perciò il silano è un prodotto indicato per la prevenzione del degrado dei manufatti di mattoni, di pietra o anche di calcestruzzo, ma non è un materiale per il restauro in senso stretto, in quanto non è in grado di consolidare le strutture sulle quali è applicato. La caratteristica peculiare del silano è di impedire la penetrazione di acqua all'interno di un materiale, e di consentire nello stesso tempo la fuoriuscita dell'umidità verso l'ambiente, grazie al passaggio delle molecole di vapore acqueo attraverso i pori. D'altra parte, questa capacità di bloccare l'acqua, ma non le molecole di gas, rende i pori trattati con silano vulnerabili al passaggio di gas, quali l'anidride carbonica, l'ossigeno o lo stesso vapore acqueo. Pertanto, nel caso di impiego di un silano, è indispensabile procedere ad un successivo intervento protettivo con un rivestimento capace di bloccare in superficie la penetrazione dei gas e in particolare dell'anidride carbonica.

L'efficacia del trattamento con silano è in genere limitata ai materiali come le malte di calce, i mattoni o i calcestruzzi che presentano una basicità sufficiente a catalizzare la reazione di idrolisi. Per materiali "neutri" come le pietre, il gesso o il legno, è necessario che il silano sia catalizzato, prima dell'uso, con sostanze basiche in grado di innescare la reazione di idrolisi. (cfr. PTZ -06 UTET 2003)

7.2.1.5 Impregnazione di superfici lapidee con resine acriliche

La protezione mediante impregnazione con resine acriliche rientra nell'ambito delle metodiche di natura chimico fisica, che si avvalgono, per svolgere la propria azione, di sostanze che formano sulla superficie della pietra un film trasparente che la protegge dagli agenti atmosferici e dagli inquinanti.

L'impiego delle resine acriliche dovrebbe riguardare tutti quei casi di protezione delle superfici lapidee, ivi comprese quelle in mattoni o ricoperte da intonaco, per le quali, una volta che siano terminati gli interventi di restauro, sia necessaria una difesa contro le azioni aggressive dell'ambiente, anche se da alcuni anni si preferisce non estenderne l'impiego a manufatti non esposti direttamente agli agenti atmosferici. (cfr. PTZ -04 UTET 2003)

7.2.1.6 Protezione con fluoroelastomeri

I fluoroelastomeri sono polimeri ad alto peso molecolare dotati di proprietà elastiche e, come tutti i prodotti fluorurati, sono anche dotati d'elevata stabilità chimica, grazie alla stabilità del legame fluoro-carbonio e alla schermatura offerta dagli atomi di fluoro che impedisce l'attacco chimico. Ne esistono diverse varianti che si differenziano per il tipo di monomero impiegato, del peso molecolare e del contenuto di fluoro. I fluoroelastomeri trovano applicazione nel risarcimento di micro-fessure nelle pietre a vista, dove svolgono anche una funzione protettiva della fessura stessa. Come protettivi sono usati soprattutto per le pietre porose, a causa delle loro scarse capacità di penetrazione (cfr. PTZ -11 UTET 2003).

7.2.1.7 Protezione del legno mediante applicazione di vernici o smalti

I sistemi di protezione del legno sono prevalentemente basati sull'applicazione, secondo procedure diverse, di uno o più strati di prodotti liquidi che, creando un film superficiale, ne occludono la porosità, ne riducono la possibilità di assorbimento da parte della superficie del legno di sostanze estranee, contengono l'azione degli agenti atmosferici (luce, calore, umidità, ecc.) e degli attacchi biologici (muffe, funghi). I prodotti e i sistemi utilizzati per la protezione della superficie di un manufatto ligneo variano con il tipo di oggetto, la sua destinazione d'uso e la sua localizzazione (all'esterno o all'interno): ad esempio, nei manufatti di pregio, in genere destinati ad ambienti posti al riparo dagli agenti atmosferici, si impiegano le finiture a gommalacca, a cera o a olio, mentre per gli oggetti d'uso più comune e posti in esterno, come i serramenti, si realizzano protezioni più resistenti, a base di prodotti vernicianti ottenuti con resine, oli siccativi, e solventi, soli o integrati con pigmenti, cariche, additivi. Recentemente, le pitture a base di olio di lino e le finiture a cera, a olio e a gommalacca - quest'ultima è un tipo di vernice detta comunemente "a spirito" - sono state in parte sostituite con altre, più speditive nell'applicazione, che utilizzano prodotti di origine sintetica, richiedono una manutenzione meno assidua e si ritiene siano più resistenti agli agenti aggressivi ambientali e all'usura. Tra i prodotti vernicianti più utilizzati vi sono quelli a base d'acqua che offrono il vantaggio di eliminare le emissioni di solvente in fase di stesura e di essiccazione, evitando i rischi di intossicazione degli operatori.

La protezione mediante verniciatura o smaltatura può essere realizzata su quasi tutti i manufatti lignei. In genere essa costituisce un'operazione manutentiva che deve essere ripetuta ciclicamente per assicurare la protezione effettiva dei manufatti e, quindi, la loro durata. Variando il tipo di manufatto, la sua funzione e la sua abituale collocazione, occorre scegliere il tipo più adatto di finitura o di trattamento protettivo. (cfr. PTZ 24 - UTET 2003)

7.2.1.8 Protezione antigraffiti

Tecnica applicata alla protezione di superfici lapidee interessate dal «rischio graffiti». Si tratta quindi soprattutto di basamenti e di piani terra degli edifici particolarmente soggetti al fenomeno. E' possibile applicare il prodotto anche su intonaci finiti con pellicole pittoriche, se hanno mantenuto una certa capacità assorbente. (cfr. PTZ 17 - UTET 2003)

7.2.1.9 Protezione di cornici e aggetti

Gli sporti e aggetti presenti negli edifici quali cornici, tettoie, timpani, ecc., che possono avere sia una funzione di tipo protettivo rispetto ad elementi sottostanti (finestre, portali, parti scolpite o affrescate) sia di tipo precipuamente decorativo trovandosi all'esterno del filo di facciata non sono completamente protetti, rispetto all'aggressione delle piogge, dal cornicione e dal sistema di copertura.

Le tecniche di protezione di questi veri e propri "punti deboli" degli edifici, dovrebbero appartenere alle consuetudini dell'ordinaria manutenzione, ma spesso sono trascurate provocando, con il passare del tempo, la totale perdita di funzionalità che porta necessariamente ad infiltrazioni delle acque meteoriche con conseguente disgregazione e, nei casi più gravi, alla totale perdita del materiale costitutivo degli aggetti.

La protezione di aggetti e sporgenze fa parte delle opere finali degli interventi di restauro su facciate o coperture, sia quando i sistemi protettivi sono già in opera e vanno revisionati o sostituiti, sia quando non sono presenti. Si procede, infatti, alla revisione o alla posa in opera di tali parti solo quando tutte le opere di pulitura, consolidamento, stuccatura ed eventuale integrazione dei sottostanti elementi costruttivi sono state portate a termine. (cfr. PTZ 23 UTET 2003)

7.2.1.10 Allontanamento dei volatili

Nelle aree urbane in cui si registra la massiccia presenza di avifauna, i sistemi di allontanamento vengono impiegati per proteggere dalla sosta e dalla nidificazione degli uccelli i cornicioni, le modanature, i davanzali, i cavi e le tubature esterne, le grondaie, i pluviali, ecc. Anche i tetti, in caso di presenze particolarmente numerose di animali (stormi), o di volatili di dimensioni notevoli, quali i gabbiani, vanno salvaguardati, in quanto la loro presenza può determinare il sollevamento delle tegole, con successiva infiltrazione di acque meteoriche. Inoltre, vanno protette nicchie, feritoie, buche pontate e in genere i luoghi di preferenza adottati per la nidificazione. (cfr. PTZ -12 UTET 2003)

7.2.2 Materiali lignei

7.2.2.1 Trattamento con sostanze ignifughe

L'impiego di prodotti vernicianti di protezione dal fuoco, su strutture lignee, è previsto e normato dal Decreto Ministeriale 6 marzo 1992: "Norme tecniche procedurali per la classificazione di reazione al fuoco e omologazione dei prodotti vernicianti ignifughi applicati sui materiali legnosi".

Il trattamento delle superfici lignee mediante l'applicazione di sostanze ignifughe avrà lo scopo di abbassare la velocità di penetrazione della carbonatazione: le vernici sottoposte alle temperature elevate, presenteranno, infatti, la caratteristica di espandersi generando una schiuma isolante ed incombustibile che creerà uno strato

coibente intorno alla struttura trattata. Il tempo di protezione al fuoco (classe della pittura) sarà in rapporto alla natura del supporto e allo spessore applicato; di norma i prodotti utilizzati per una corretta ignifugazione saranno a base di silicati di sodio o di potassio miscelati a talco o caolino (rapporto 80:20), da applicarsi a pennello in 3 spalmature.

I supporti oggetto di trattamento dovranno essere preventivamente puliti, asciutti ed esenti da polveri, muffe, grassi parti marcescenti; al fine di favorire l'aggrappaggio potrà rivelarsi utile irruvidire la superficie mediante leggera carteggiatura.

Avvertenze: sarà necessario che le sostanze ignifuganti non emettano in caso di incendio gas tossici per l'uomo, che assolutamente non corrodano eventuali parti metalliche e abbiano contemporaneamente una buona efficacia biocida.

(cfr. DEI 2005)

8. Manutenzione

8.1 Premessa

La manutenzione consiste in una serie di operazioni utili a rallentare e tenere sotto controllo i processi di usura e ad impedire che i manufatti raggiungano una condizione di degrado tale da imporre un intervento di riparazione, se non la loro rimozione e sostituzione.

Tale manutenzione preventiva può essere programmata, ossia ripetuta ad intervalli di tempo prestabiliti. Oppure la manutenzione può essere attuata a guasto avvenuto o in stato di emergenza, in seguito ad avarie non previste, ed è volta a riportare un manufatto nello stato in cui possa svolgere in maniera adeguata la funzione richiesta.

La manutenzione andrebbe in realtà considerata come una prassi, ossia come un insieme di interventi frutto di una consuetudine consolidata, anche se sembra che non ci sia più la mano d'opera, i tempi e i mezzi, anche economici, per praticare le operazioni minute e ripetitive che consentivano di fare della manutenzione una prassi consolidata, così come avveniva in epoca preindustriale alla fine del Novecento.

Possono rientrare in tali interventi, ad esempio, la pulitura sistematica dei davanzali dai depositi e dalle polveri, per evitare che l'acqua piovana veicola sostanze che si trasformerebbero nei cosiddetti "colaticci", visibili al di sotto delle finestre, o ancora, la semplice e periodica pulitura delle superfici orizzontali di cornici, oggetti in generale, al fine di evitare la formazione di depositi che possono diventare vere e proprie "croste nere", di difficile rimozione.

8.2 Trattazione schematica delle tecniche

8.2.1 *Manutenzione di pavimenti alla veneziana*

I cosiddetti pavimenti alla veneziana, in calce o in cemento, sono soggetti ad alterazioni dovute principalmente all'uso, ma non di rado anche alla mancanza di una cura adeguata che li preservi dalle polveri, dallo sporco e perfino da macchie e depositi incrostanti o corrosivi. In questi casi, può essere utile o addirittura necessario intervenire con opere di manutenzione straordinaria atte a restituire alle superfici adeguata consistenza, oltre che idoneità all'uso.

Si sottopongono, allora, a trattamenti di pulitura, di stuccatura, d'impregnazione e talvolta di levigatura, con procedimenti e materiali simili a quelli impiegati per la loro realizzazione originaria, in modo da non determinare condizioni d'incompatibilità tra vecchie superfici e nuovi trattamenti, e da ridare al manufatto la minacciata o perduta efficienza.

Una normale opera di manutenzione è richiesta da tutti le pavimentazioni in genere. Speciali interventi manutentivi sono necessari, invece, quando un pavimento è stato a lungo abbandonato, oppure il prolungato uso ne ha intaccato l'integrità. Si applica, perciò, su superfici fortemente opacizzate, oppure sporche di sostanze untuose, o interessate da macchie superficiali, da depositi più o meno compatti, da piccoli crateri o da fessurazioni non provocate da dissesti statici. (cfr. MNT 01 – UTET 2003)

8.2.2 *Manutenzione dei pavimenti in cotto*

I pavimenti di cotto, pur richiedendo interventi manutentivi a grandi linee analoghi a quelli di altri manufatti della stessa categoria (v., al proposito: *Manutenzione di pavimenti alla veneziana; M. dei pavimenti e dei rivestimenti lignei; M. dei pavimenti di marmo, ardesia, pietra*), presentano specifiche caratteristiche materiali e costruttive.

La tecnica costruttiva dei pavimenti in cotto e le regole sulla produzione dei mattoni, così come riportate nei trattati d'architettura e nei "libri di fabbrica", sono rimaste sostanzialmente invariate nel tempo e, di fatto, confermano o ampliano le indicazioni vitruviane.

I pavimenti in cotto, o ammattonati, possono essere classificati in base alle loro caratteristiche di messa in opera o alla manifattura dei mattoni ("ordinati", "arrotati a secco", "arrotati ad acqua", "arrotati e tagliati", "intarsiati").

L'argilla di tipo marnoso è il principale elemento del corpo ceramico dei laterizi, con l'aggiunta di una parte sabbiosa, fusibile a temperatura compresa tra 110° C e 1200°C. Nella produzione attuale dei laterizi, questa temperatura è superata per ottenere materiali più resistenti, ma per la tecnologia antica ciò era impossibile per il tipo di forni utilizzati e pertanto i prodotti laterizi antichi sono meno resistenti. Questo è un altro motivo per pensare alla manutenzione come ad una tecnica che, oltre ad assicurare la praticabilità delle superfici pavimentali, deve anche provvedere alla loro protezione.

L'esame visivo di un pavimento antico è in grado di fornire una serie di dati informativi sul modo di produzione, sulle argille di cui è costituito il laterizio, sulla trasformazione dovuta alla cottura, sulla messa in opera dei mattoni, sulle lavorazioni e sui trattamenti superficiali.

Questa serie di dati, suffragata da analisi specifiche, fornisce indicazioni sullo stato di conservazione di un pavimento e, di conseguenza, sul tipo d'intervento necessario per mantenerlo ed eventualmente ripararlo e proteggerlo.

Nei pavimenti eseguiti al piano terra degli edifici, ad esempio, è facile riscontrare uno stato di degradazione dovuto all'assorbimento d'acqua di risalita dai sottofondi, con conseguente formazione di macchie e presenza di sali che creano distacchi a scaglie della matrice ceramica. In questo caso, generalmente, il pavimento non è più perfettamente coeso con le malte d'allettamento del sottofondo e presenta distacchi e fratture nel materiale. I pavimenti in cotto, inoltre, presentano spesso tracce di uno o più strati di trattamenti superficiali (coloriture, cere protettive ecc.), che ne modificano, a volte in maniera sostanziale, l'aspetto e il colore originari.

Un altro fenomeno frequente è dovuto all'usura, giacché il materiale subisce processi di consunzione provocati dallo sfregamento e dal calpestio, e si presenta con avvallamenti e segni di abrasioni. Assieme all'uso continuo, anche il disuso, vale a dire il completo abbandono, può essere fonte di degrado. È ciò che si riscontra, ad esempio, nelle pavimentazioni di edifici da lungo tempo disabitati e sulle quali ogni sorta di deposito organico (guano e patine biologiche) o inorganico (polveri e detriti), come pure l'azione di vento e pioggia, dei caldi estivi e dei geli invernali. Sono causa di alterazioni più o meno gravi. A tutto ciò, vanno aggiunti, naturalmente, gli urti accidentali, gli sfregamenti traumatici, i trattamenti manutentivi impropri, oltre alle impregnazioni di sostanze grasse o colorate e alle non rare applicazioni di coloriture e resine di ogni specie. (cfr. MNT 02 – UTET 2003)

8.2.3 *Manutenzione dei pavimenti e dei rivestimenti lignei*

Il legno è materiale deperibile. Recupero e riparazione dei manufatti lignei sono basati su una tradizione di sostituzione e riuso ben radicata nel processo manutentivo, al quale generazioni di falegnami e carpentieri hanno preso parte. La manutenzione è ad oggi l'operazione preventiva più utile a rallentare e mantenere sotto controllo periodico il processo di usura, e a impedire che questi manufatti, soprattutto se dotati di qualità storiche, raggiungano una condizione di degrado tale da imporre un intervento di restauro, se non la loro rimozione e la

sostituzione. Essa può essere considerata una prassi finalizzata a mantenere le prestazioni dei manufatti entro un determinato limite, in modo che il loro invecchiamento sia complessivamente equilibrato.

Il processo di invecchiamento naturale è una delle cause endogene del degrado e si concreta in forme e tempi variabili, in rapporto ai seguenti fattori:

- *caratteristiche di biodegradabilità del materiale*
- *livello di qualità del materiale*
- *esposizione agli agenti atmosferici*
- *usura*

La manutenzione, nei termini descritti più oltre, dovrebbe essere una pratica operativa pressoché costante che riguarda tutte le superfici realizzate con materiale ligneo applicato a strutture murarie orizzontali e verticali, vale a dire quei manufatti che rispondono alle seguenti caratteristiche generali:

- a) sono costruttivamente e strutturalmente concepiti come unione e collaborazione tra pietra e legno;
- b) sono sottoposti ad usura per strofinio e a sollecitazioni meccaniche (compressione, flessione, taglio), oltre che termoisometriche, e sono esposti ad attacchi biotici.

Non esistono metodiche standardizzate per diagnosticare lo stato di conservazione di pavimenti e rivestimenti lignei, e neppure si può contare su un sistema di norme tecniche per la loro manutenzione, ma alla luce di un approccio empirico, è possibile indicare alcune procedure di intervento comunemente utilizzate dagli artigiani del settore, posto che, in ogni caso, c'è la necessità di un'analisi attenta di parametri indicatori dello stato di conservazione del materiale, tra i quali:

- *segni di degrado biologico* – attacchi di funghi, muffe o insetti silofagi, il contatto tra le sostanze tanniche ed il metallo possono causare macchie e perdita di consistenza degli elementi ecc.;
- *abbrunimento e ingrigimento* – denotano il primo l'attacco della superficie del legno dalla radiazione solare ultravioletta, che decompone la lignina, ed il secondo il dilavamento dei prodotti di decomposizione da parte della pioggia;
- *segni di usura* – dovuti al traffico di persone e mezzi, urti e graffi accidentali, ripetuti cicli di lavaggio ecc., unitamente ad eventi accidentali quali la penetrazione della pioggia;
- *deformazioni o movimenti per variazioni termoisometriche ambientali* – è noto che gli ambienti civili, spesso riscaldati solo parzialmente, attualmente sono fortemente riscaldati.

La tendenza a raggiungere un equilibrio termoisometrico con l'ambiente porta il legno a ritirare o a dilatarsi;

- *deformazioni o movimenti per formati non ottimizzati* – dimensioni eccessive, soprattutto nel senso della larghezza degli elementi, causano forti deformazioni;
- *degrado del sottofondo e degli appoggi* – sopraggiunte condizioni di degrado del sottofondo o dei supporti lignei, comunemente realizzati con materiale di bassa qualità, sono frequenti.

La procedura di intervento per realizzare una manutenzione sistematica dei pavimenti e dei rivestimenti lignei consiste in una sequenza di azioni finalizzate da un lato a migliorarne le prestazioni di durata e di resistenza agli agenti di degrado, dall'altro a riportare i manufatti in condizioni di utilizzo soddisfacenti. (cfr. MNT 03 – UTET 2003)

8.2.4 *Manutenzione dei pavimenti di marmo, pietra*

La manutenzione dei pavimenti, in generale, consiste in una serie di operazioni cui è necessario ricorrere per far fronte ai danni derivanti da prolungati periodi di abbandono, da eventi traumatici come urti, dissesti, distacchi e simili, e dalla consumazione dell'uso. A seguito di tali eventi, le superfici pavimentali possono subire alterazioni più o meno gravi, che impongono talvolta interventi più o meno estesi e tecnicamente articolati. Inoltre, la normale usura dello strato più superficiale del manufatto richiede, a determinati intervalli, un'attività manutentiva costante, che ne assicuri l'efficienza e ne consenta la praticabilità.

In particolare, i pavimenti di ardesia, marmo o pietra, pur richiedendo interventi manutentivi a grandi linee analoghi a quelli di altri manufatti della stessa categoria (v., al proposito: *Manutenzione di pavimenti alla veneziana; Manutenzione dei pavimenti e dei rivestimenti lignei; Manutenzione dei pavimenti in cotto*), presentano caratteristiche specifiche di materia e di procedure costruttive. Sotto questo profilo, infatti, i pavimenti di marmo, ardesia o pietra si distinguono, quanto meno, perché:

- Non sono, in genere, esposti ad attacchi biotici, salvo quelli esposti all'aperto che possono essere interessati da croste di muschi, licheni o funghi.
- Non hanno struttura monolitica, ma sono generalmente composti dall'unione di parti elementari (mattoni, piastrelle, lastre).
- Sono costituiti da materiali di cava semplicemente lavorati, o da impasti di graniglia di pietra e cemento.

La manutenzione è l'operazione preventiva più utile a rallentare e mantenere sotto controllo periodico il processo di usura, e ad impedire che questi manufatti, soprattutto se dotati di qualità storiche o artistiche, raggiungano una condizione di degrado tale da imporre un intervento di restauro, se non la loro rimozione e la sostituzione. Essa può essere considerata una prassi finalizzata a mantenere il loro livello di efficienza e di prestazioni entro valori determinati, in modo che il loro invecchiamento risulti complessivamente equilibrato.

Una manutenzione ordinaria si applica a tutti i pavimenti normalmente in uso, con lo scopo di prolungarne la durata e di assicurarne un certo standard di praticabilità. Interventi manutentivi più radicali sono necessari, invece, se il pavimento ha subito danni più o meno gravi, causati da lunghi periodi di abbandono, da dissesti localizzati o da traumi dovuti ad un uso improprio, come urti violenti, graffi e incisioni, macchie e impregnazioni di sostanze estranee, rotture, sconnessioni, distacchi e simili. In talune circostanze, il danno può essere talmente spinto ed esteso da richiedere un vero e proprio trattamento di restauro. (cfr. MNT 04 – UTET 2003)

8.2.5 Manutenzione di tetti e coperture

La manutenzione delle coperture comprende una vasta serie di attività di controllo, tese ad accertare il loro stato di conservazione e la loro efficienza, cui sono spesso associate azioni di rimessaggio, riparazione o sostituzione puntuale di singoli elementi sconnessi, rotti o degradati che diminuiscono l'efficienza o impediscono il corretto funzionamento della struttura.

Per loro natura, i manti di copertura, gli impalcati e le intere strutture che li sostengono, sono d'altra parte costituiti da sistemi di elementi assemblati per proteggere gli edifici dall'aggressione degli agenti meteorici e sono, per questo, particolarmente vulnerabili.

Le tecniche costruttive, d'altra parte, assimilano la realizzazione di queste strutture ad un montaggio di pezzi separati e distinti e ciò determina la presenza di numerosi giunti d'unione, variabili per tenuta e saldezza. Le coperture, inoltre, possono essere interessate da movimenti propri o delle strutture di supporto, con conseguenti rischi di deformazione e di sconnessione dei loro elementi costitutivi. Deformazioni, allentamenti, disunioni, scivolamenti e rotture possono, infine, provocare rilevanti problemi per la conservazione e per il mantenimento in efficienza delle coperture, poiché costituiscono punti privilegiati d'innescio per molti fenomeni di degrado e di dissesto. A questo insieme complesso di rischi e di guasti cerca di opporsi e di fornire rimedi una corretta pratica di manutenzione. Le strutture e i manti di copertura sono le parti della costruzione su cui, in passato, s'interveniva con maggiore frequenza, esercitando controlli periodici e limitate operazioni di riparazione, almeno al passaggio tra le stagioni e quando avvenivano intense precipitazioni o dirompenti dissesti.

Queste operazioni consistevano, sostanzialmente, nella verifica dello stato di conservazione e d'efficienza del manto di protezione, o in interventi di fissaggio dei suoi elementi smossi, o di sostituzione di quelli caduti, spezzati o irrimediabilmente degradati.

Un accorgimento, valido per tutti i tipi di manti, consisteva poi nell'approvvigionamento di un certo quantitativo di elementi di "riserva", accuratamente accatastati in luogo protetto, in modo da disporre dell'occorrente per la sostituzione degli elementi degradati o per l'integrazione di eventuali mananze.

Simili operazioni erano tradizionalmente compiute dai proprietari o dagli abitanti dell'immobile, ma questa cultura materiale e manutentiva è ormai scomparsa e ciò comporta non pochi problemi. Inoltre, l'odierna organizzazione del mondo del lavoro, con le sempre più rigorose norme di sicurezza, impediscono che una persona non qualificata possa autonomamente attuare interventi di questa natura, per semplici che siano. S'interviene, così, ormai quasi esclusivamente, "a guasto avvenuto", ossia quando i fenomeni di degrado e di dissesto hanno assunto una gravità tale che la semplice manutenzione della copertura non è sufficiente e s'impone talvolta una sua radicale

trasformazione (smontaggio, demolizione e sostituzione totale), con rilevanti conseguenze in termini di tutela di elementi costitutivi storici.

Riconoscere l'insorgere dei fenomeni di degrado e di dissesto e valutarne prontamente le possibili conseguenze, è, pertanto il compito specifico di un'attenta pratica manutentiva. Simili accertamenti consentono, infatti, di porre rimedio ai problemi che investono la struttura, prima che si estendano e aggravino le loro conseguenze, limitando l'invasività e la complessità dell'intervento, con notevoli ricadute anche sul piano economico.

Inoltre, una corretta manutenzione che non si limiti ad interventi "a guasto avvenuto", ma che miri a tenere in efficienza le coperture, consente di affrontare in modi non distruttivi le sempre più frequenti ed estese richieste d'adeguamento funzionale.

Al termine di un intervento di restauro o di recupero, infatti, ci si attende spesso che le coperture di un edificio assolvano a nuovi compiti, assicurino il rispetto d'inediti requisiti e assicurino prestazioni quali: la sicura tenuta all'aria, all'acqua, alla radiazione solare; la stabilità e il benessere dell'edificio e, in particolare, degli spazi sottotetto, se destinati ad usi abitativi.

La manutenzione delle coperture coinvolge poi ulteriori problemi legati agli interventi di riparazione o di localizzata sostituzione di singoli elementi degradati, poiché l'intera struttura e il manto di copertura devono essere facilmente manutenibili e costituiti, quindi, da elementi di facile approvvigionamento e di elevata resistenza, e le loro connessioni debbono essere accessibili, controllabili e agevolmente riparabili. Il rispetto di questi requisiti, fondamentali per gli utenti, porta tuttavia, troppo spesso, ad interventi incompatibili con la tutela degli edifici e distruttivi della loro identità architettonica e ciò solleva particolari quesiti, poiché occorre evitare che la pratica manutentiva si trasformi in strisciante e incontrollata trasformazione. (cfr. MNT 06 – UTET 2003)

8.2.6 Riparazione e manutenzione di infissi ignei

Per manutenzione degli infissi lignei s'intende, in questa sede, un insieme di operazioni finalizzate al mantenimento della loro efficienza. Tali operazioni non sono organizzate dalla cultura tecnologica in procedure e fasi codificate, ma si riferiscono a interventi di dettaglio, riguardanti componenti specifiche di questi particolari manufatti.

Tra i fenomeni di degrado che vanno presi in considerazione, alcuni interessano i materiali, come il legno, il vetro, lo stucco, il metallo di eventuali viti o chiodi e delle ferramenta; altri riguardano l'efficienza funzionale dei serramenti e il ruolo delle sollecitazioni cui sono soggetti.

Si possono, infatti, riscontrare difetti e danni alle parti lignee, imputabili all'usura, a stress meccanici, a dissesti strutturali o ad attacchi di muffe, funghi e insetti xilofagi che richiedono specifici interventi e trattamenti e che, se trascurati, possono produrre alterazioni tali da rendere inevitabile la sostituzione di tutto l'infisso. Altri fenomeni ricorrenti sono la deformazione dei telai, fissi e mobili, delle traverse e delle stecche.

In genere, le cause sono molteplici e concorrenti, riconducibili ad assestamenti delle parti strutturali, all'azione del peso proprio dei battenti, al rigonfiamento del legno per assorbimento di umidità, ed altro ancora. Non va neppure trascurata la possibilità che le deformazioni dei telai possono essere spia di dissesti strutturali riguardanti la scatola muraria. Perciò è necessario, talvolta, controllare se quelle deformazioni siano di natura endogena o esogena, prima di porre mano a qualsiasi intervento di riparazione. Il problema della manutenzione presenta, dunque, una molteplicità di aspetti che coinvolgono altrettanto molteplici tecniche d'intervento, ciascuna con un proprio statuto operativo.

Tra le operazioni manutentive più frequenti si registrano:

- Sostituzione di vetri rotti.
- Sostituzione dei vetri tradizionali con invetriate termoisolanti.
- Regolazione o sostituzione delle cerniere.
- Miglioramento della tenuta.

Ciascuna delle operazioni descritte può presentare molte varianti che è impossibile descrivere in questa sede, in quanto ciascun intervento può essere attuato secondo sequenze esecutive non ripetibili perché specifiche dei numerosi casi particolari.

Un limite da porre in evidenza riguarda la tendenza spregiudicata verso le sostituzioni, che sono spesso adottate come pratica ricorrente in questo genere d'interventi, magari sulla spinta di esigenze "funzionali" legate al miglioramento delle prestazioni tecniche degli infissi. (cfr. MNT 07 – UTET 2003)

8.2.7 Manutenzione di elementi metallici

I metalli, una volta esposti agli agenti ambientali, sono soggetti a fenomeni degradativi che consistono nella tendenza a ripristinare la forma ossidata, che è quella nella quale sono naturalmente stabili, attraverso la formazione di patine. Queste possono essere protettive o, al contrario, porose e solubili, nel qual caso il degrado delle superfici progredisce con sempre maggiore intensità sino ad arrivare, talvolta, alla dissoluzione del metallo stesso.

Per contrastare la tendenza all'ossidazione, pertanto, i manufatti metallici devono innanzi tutto essere messi in opera nella maniera corretta, ed essere poi sottoposti ad interventi di manutenzione in grado di renderli quanto più possibile resistenti ai fattori ambientali.

Attualmente, l'ossidazione è trattata isolando le superfici esposte dei metalli con uno o più film protettivi sovrapposti. Tali protettivi, in genere di natura sintetica, possono essere trasparenti o coprenti, secondo i casi. Generalmente ciò dipende dalle categorie dei manufatti, nel senso che di alcuni si valorizza la patina, utilizzando prodotti trasparenti, in altri invece le superfici sono trattate con film coprenti.

Generalmente, nel primo caso rientrano i manufatti artistici e, nel secondo, i manufatti ferrosi più comuni, quali ringhiere, inferriate, cancelli ecc., e le strutture architettoniche in genere.

La semplice applicazione dei film protettivi, tuttavia, non è sufficiente. Per ottenere i risultati migliori, soprattutto per quanto riguarda la durata del trattamento, è necessaria una preparazione accurata delle superfici, che varia secondo il materiale specifico, del grado di corrosione e del tipo di manufatto. In alcuni casi è anche necessaria una pulitura radicale che prevede l'asportazione di tutte le tracce delle pitture preesistenti (svernicatura).

In generale, pertanto, l'intervento sulle opere metalliche ferrose consiste in un ciclo operativo che prevede le operazioni di pulitura e svernicatura, trattamento di protezione, applicazione di finiture decorative, mentre nel caso di manufatti artistici in bronzo, rame ecc., l'intervento manutentivo prevede esclusivamente la pulitura e l'applicazione di film isolanti trasparenti.

I trattamenti manutentivi si applicano alla maggior parte delle opere metalliche, soprattutto a quelle esposte ad una forte umidità (il ferro non subisce corrosione all'aria secca, o comunque in ambienti con umidità inferiore al 50%) e ad agenti esterni particolarmente aggressivi (aerosol marino, inquinamento atmosferico, contatto con il terreno, ecc.).

E' tuttavia necessario distinguere tra i vari tipi di metallo, in quanto ad ognuno di essi corrisponde una casistica degradativa diversa, che in qualche caso si riduce esclusivamente ad alterazioni di tipo cromatico o alla formazione di patine stabili.

Alcuni metalli, infatti, pur essendo soggetti alla corrosione, reagiscono all'ambiente esterno con fenomeni di autoprotezione (rame, stagno, zinco, alluminio, piombo) per cui si forma uno strato superficiale che isola il substrato metallico e, in assenza di condizioni ambientali particolarmente sfavorevoli, ne impedisce l'ulteriore deterioramento.

Pertanto, caso per caso, bisognerà valutare attentamente il tipo di trattamento o addirittura l'opportunità stessa di compiere l'intervento, in quanto le patine formate da ossidi protettivi costituiscono un rivestimento naturale da preservare e la loro asportazione determinerebbe solo il riattivarsi dei fenomeni di corrosione.

Invece, tutte le opere in materiale ferroso dolce utilizzato per ringhiere, balaustre, inferriate, ecc., che producono la cosiddetta ruggine, devono essere assolutamente protette per difendere il metallo, oltre che dall'azione dell'umidità, anche dalle sostanze che mostrano un'aggressività specifica nei confronti di questo materiale, come il gesso e le soluzioni acide.

Prima di intraprendere un trattamento su un manufatto metallico è necessario individuare le cause di degrado ed identificare i prodotti di corrosione, in quanto è su di essi, di fatto, che s'interviene.

Una superficie metallica può essere corrosa in maniera generalizzata (attacco uniforme), o soltanto in determinate porzioni (fenomeni di pitting). Raramente, tuttavia, i fenomeni della corrosione si diffondono in maniera omogenea e con spessori di attacco costanti, anzi spesso l'attacco non si allarga molto in superficie ma entra in profondità producendo cavità, cricche, crateri che determinano una fragilità progressiva alla corrosione.

E' necessario inoltre eseguire l'analisi puntuale di alcuni tipi di lavorazione degli elementi che compongono il manufatto, in quanto i siti preferenziali di attacco sono costituiti dalle giunzioni, dalle saldature, dalle fusioni, e da tutte le disomogeneità in genere, che pertanto vanno individuate per essere trattate durante il trattamento manutentivo con particolare attenzione. Anche nei casi in cui si riscontra un decadimento tecnologico, prima di procedere con l'intervento di manutenzione, bisognerà individuare le cause che lo hanno provocato, ed operare saldature, sostituzioni e quant'altro si ritenga necessario per ogni caso specifico. (cfr. MNT 08 – UTET 2003)

9. *Proposta di intervento conservativo della facciata esterna di un edificio con intonaco tradizionale (Calle Fabris 823 – Chioggia)*

Si propone di seguito la metodologia di intervento sulla facciata esterna di un edificio con intonaco tradizionale realizzato con malta di calce e sabbia nello strato di sottofondo e strato di finitura esterno a base di cotto macinato in polvere.

L'edificio è stato scelto come caso di studio significativo al fine di proporre un intervento di tipo conservativo. Le condizioni della facciata possono infatti essere definite "accettabili", e le forme di degradazione riscontrate non eccessivamente gravi, tanto da poter essere adeguatamente affrontate con gli interventi manutentivi opportuni.

Il fine di un intervento di tipo conservativo deve pertanto essere quello di minimizzare le demolizioni e le sostituzioni, e fare in modo che le rimozioni di materiale siano giustificate solo da un degrado irreversibile o comunque da reali stati di necessità, quali ad esempio, nel caso specifico, la rimozione della porzione di intonaco degradato a causa dell'umidità oppure la sostituzione dei rappezzi di cemento, incompatibili con le finiture storiche, con altri realizzati con malte a base di calce.

In tal modo si possono progettare operazioni tecniche che, pur ridando all'edificio un aspetto "decoroso", alterano il meno possibile la materia che lo costituisce, conservandola come documento e testimonianza di uno specifico sapere costruttivo del luogo, quale, nel caso specifico, l'intonaco tradizionale a calce con finitura a base di cotto macinato in polvere.

La metodologia esposta di seguito può ritenersi esemplificativa per i casi di intervento conservativo di manutenzione straordinaria di prospetti con finiture tradizionali in condizioni moderatamente degradate.

Lo schema proposto tratta i seguenti argomenti: dati di inquadramento dell'edificio, descrizione dello stato di fatto del prospetto (analisi del degrado), procedura di intervento con la descrizione delle fasi operative.

9.1 DATI EDIFICIO

9.2. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

9.3. INDICAZIONI SULLO STATO DI CONSERVAZIONE

9.3.1 ANALISI DEI FENOMENI DI DEGRADAZIONE DELLA FACCIATA

9.4 LE ANALISI SUI MATERIALI COSTITUTIVI

9.5. OBIETTIVO INTERVENTO

9.6. FASI OPERATIVE

9.7. DESCRIZIONE SINTETICA DELLE FASI OPERATIVE

9.1 DATI EDIFICIO

OGGETTO: Edificio costruito con tecniche costruttive tradizionali.

FINITURA ESTERNA: Finitura tradizionale realizzata con strato di sottofondo a malta di calce aerea e sabbia, e finitura esterna a cotto macinato in polvere

UBICAZIONE: Chioggia – Calle Fabris 823

TIPOLOGIA: Unica cellula con un solo affaccio a tre file di aperture; è presente il camino al piano terra tra due finestre.

DATA DI ESECUZIONE: Anteriore al 1847 (data presunta dalla presenza del camino al piano terra, la cui costruzione è stata vietata dopo tale data in tutto il territorio comunale).

PARTITURA DI FACCIATA: La facciata conserva la originaria partitura con le fasce marcapiano all'altezza dei davanzali e la riquadratura delle finestre, realizzate tutte con malta di calce in leggero rilievo. Al piano terra, al lato del portone di ingresso, è presente un basamento realizzato con lastre di pietra d'Istria. Le due finestre al lato del portoncino sono realizzate con elementi in pietra d' Istria.

ELEMENTI DECORATIVI /

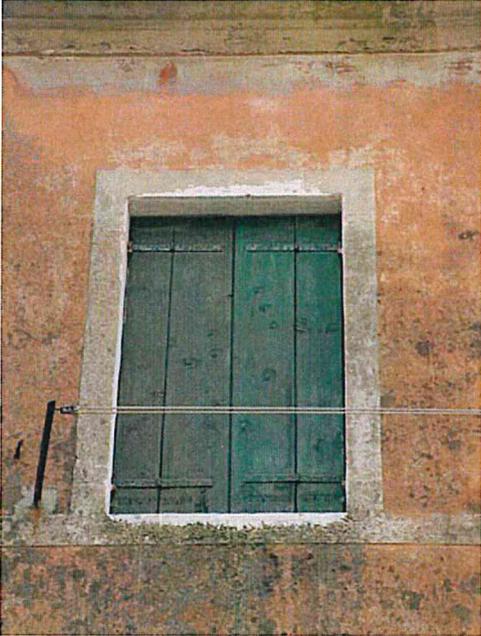
SIMBOLI RELIGIOSI: Iscrizione "IHS" in pietra d'Istria al di sopra del portone di ingresso.

9.2 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Prospetto –
Foto generale di
inquadramento
dell'intero fronte

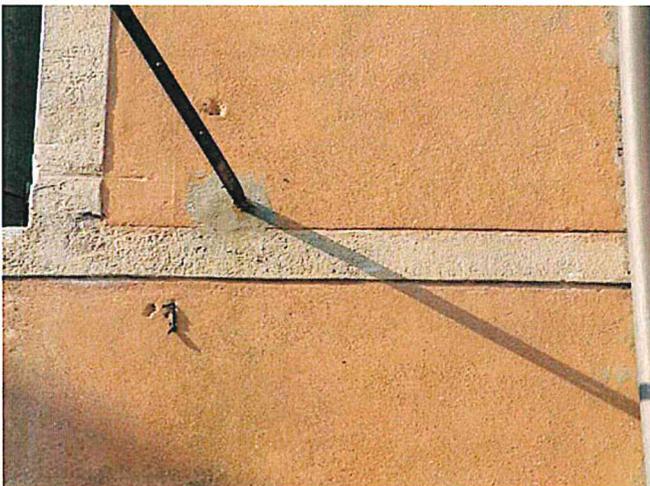
Prospetto – Foto di dettaglio degli elementi di facciata.



Finestra all'ultimo piano con il davanzale e l'architrave in pietra e gli stipiti ricoperti dalle fasce di malta di calce. Da notare che anche gli elementi in pietra erano in origine ricoperti dalla malta.



Particolare della finitura di cotto macinato e della fascia di malta di calce dello stipite della finestra. La malta presenta il tipico degrado delle malte a base di calce il cosiddetto *flos tectoris* (fiore dell'intonaco) che crea una sorta di disegno sulla malta stessa. Tale degrado deve essere considerato "fisiologico" e quindi non necessita di interventi specifici.



Fascia marcapiano in malta di calce in leggero rilievo rispetto alla superficie.



Particolare della iscrizione IHS (*In hoc sepulcro*) sotto il davanzale della finestra. Da notare che anche in questo caso la malta della fascia marcapiano sormonta il davanzale.

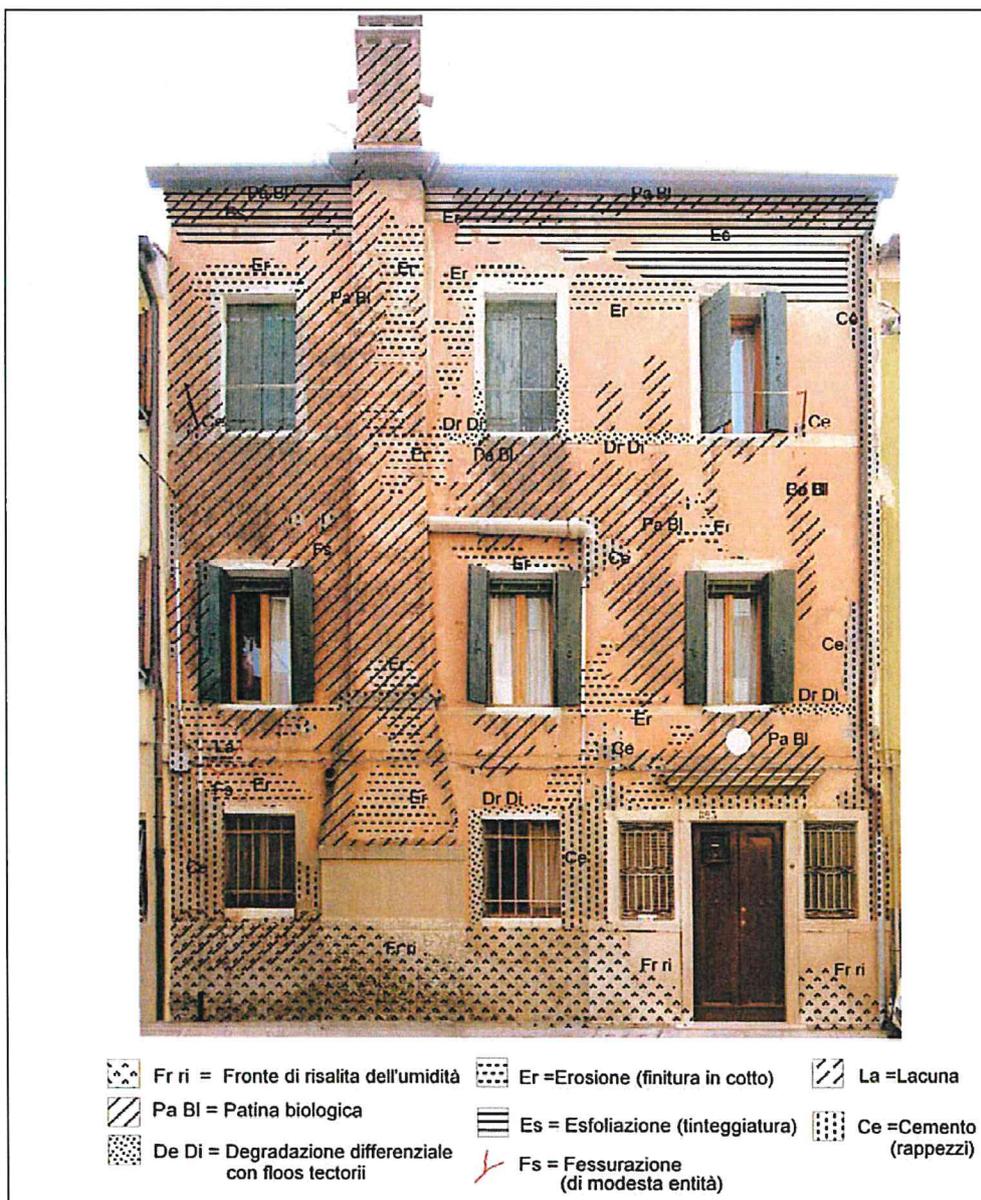
9.3 INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

9.3.1 Analisi dei fenomeni di degradazione della facciata

Lo stato conservativo della facciata è stato effettuato mediante un esame a vista delle superfici. Lo stato generale può definirsi discreto. Nella parte basamentale è distinguibile un esteso rifacimento (camino e zone laterali) realizzato con intonaco di malta idraulica, al quale è stato sovrapposto il tipico basamento "a rugolone" realizzato con malta cementizia.

Le principali patologie riscontrate, come si evince dalla mappatura del degrado¹, sono le seguenti:

- fronte di risalita dell'umidità (Fr ri) ad andamento discontinuo con punte massime di circa due metri;
- patine biologiche (Pa BI) con formazioni licheniche e algali diffuse in particolare nella parte sinistra della facciata;
- degradazione differenziale (De Di) riguardante le fasce e le riquadrature in malta di calce e sabbia;
- stuccature e rappezzi di varia dimensione effettuati con malte cementizie;
- erosione (Er) e perdita parziale della finitura di cocciopesto e cotto macinato in polvere;
- esfoliazione (Es) delle tracce di tinteggiatura a calce di colore bianco presente sotto il cornicione (la tinteggiatura è stata sovrapposta in una passata manutenzione alla finitura originaria di cotto macinato);
- fessurazioni di modesta entità (Fs) dell'intonaco presenti in alcuni punti;
- rappezzi eseguiti con malta cementizia (Ce) dislocati in vari punti della facciata.



¹ La mappatura del degrado è stata effettuata adottando i criteri e la terminologia stabiliti dal Lessico Normal 1/88 e aggiornamenti successivi (si veda in proposito la APPENDICE IV- *Analisi dello stato di fatto*, Sez. II – *Elaborati di analisi del rilievo*).

9.4 LE ANALISI SUI MATERIALI COSTITUTIVI

Prima di intraprendere qualsiasi intervento di recupero è necessario effettuare indagini di tipo diagnostico. Per l'edificio in questione sono state eseguite le seguenti analisi ²:

- a) l'analisi mineralogico-petrografica e granulometrica degli intonaci e della malta di allettamento al fine di individuare il tipo di intonaco e i suoi materiali costitutivi, e quindi la natura dei leganti e degli inerti,
- b) l'analisi stratigrafica del campione al microscopio ottico in luce riflessa, al fine di individuare la successione e la natura degli strati tecnici esistenti.

Si specifica che lo scopo delle analisi, in generale, non è quello di risalire alle "ricette originali", per poi riproporle per l'intervento, in modo da creare un "nuovo antico", ma quello di individuare i materiali costitutivi per poter mettere a punto delle *malte compatibili* con le quali effettuare alcune operazioni di tipo prettamente conservativo quali l'integrazione delle lacune, il risarcimento delle fessurazioni, la velatura delle porzioni erose della finitura.

In particolare, l'utilizzo di una malta simile per composizione a quella storica in opera è giustificabile per motivi tecnici di compatibilità elastica, di traspirazione e di invecchiamento, e non per fattori stilistici, filologici o storici.

Sempre in quest'ottica e per raggiungere gli intenti sopra esposti, è stata effettuata la ricerca di riferimenti alla malta di cocciopesto nella manualistica esistente³.

Si riportano i risultati conclusivi delle analisi rimandando alla relazione per la consultazione dei dati completi:

- a) Per l'analisi mineralogico-petrografica e granulometrica degli intonaci e della malta di allettamento le osservazioni conclusive, tratte direttamente dalla relazione sulle analisi, sono le seguenti:

Gli intonaci

Dai risultati si evince che i materiali impiegati e le tecniche esecutive utilizzate per realizzare lo strato bianco dell'intonaco (campione 1-1) e lo strato biancastro della mostra della finestra (campione 2-2), sono molto simili.

Il cantiere utilizzava la stessa sabbia di tipo fluviale, accuratamente setacciata, e la medesima calce aerea prodotta da una fornace che, calcinando calcari micritici parzialmente dolomitici, forniva un legante carbonatico debolmente magnesiacco.

Da rilevare che tutti e due i campioni presentano frammenti di calcare micritico biancastro a spigolo vivo ed a granulometria eterogenea, aggiunti quali additivi o, più probabilmente, quali residui della pietra calcarea calcinata ed utilizzata per la preparazione della calce.

Leggermente diversi sono i due strati rossastri:

-strato rossastro dell'intonaco (campione 1-2) presenta discrete quantità di un aggregato sabbioso di tipo fluviale, abbondante polvere di mattone e coccio pesto fine.

-strato rossastro della mostra della finestra (campione 2-1) presenta scarsissime quantità di un aggregato sabbioso di tipo fluviale, abbondante polvere di mattone e coccio pesto fine.

La malta di allettamento della muratura

L'aggregato sabbioso (campione 3) proviene, con ogni probabilità, dalla stessa cava, in quanto presenta la stessa composizione mineralogica della sabbia presente negli strati d'intonaco, pur presentando una granulometria media (leggermente superiore) con classe modale di massima frequenza di 1/4 di mm.

Da rilevare l'assenza dei frammenti di calcare micritico biancastro, quali probabili residui della pietra calcarea calcinata, probabilmente utilizzata per la preparazione della calce.

² Si vedano in proposito gli ALLEGATI 2 e 3 dell'APPENDICE I – *Materiali e tecniche esecutive delle finiture esterne*, dove si riportano integralmente i risultati delle analisi e le schede di localizzazione dei campioni analizzati.

³ Si veda in proposito il capitolo 2.1.6 *Intonaco con cocciopesto* della APPENDICE I – *Materiali e tecniche esecutive delle finiture esterne*.

a) Per l'analisi stratigrafica del campione al microscopio ottico in luce riflessa, le osservazioni conclusive, tratte direttamente dalla relazione sulle analisi sono le seguenti:

Il campione analizzato evidenzia, sull'intonaco bianco di base, uno strato di finitura colorata rossa, costituita da sabbia e abbondante polvere di cotto legata con carbonato di calcio. Sulla sua superficie si rileva una ulteriore finitura, un sottilissimo strato rosso, costituito da polvere di cotto e carbonato di calcio. Tale strato serviva probabilmente ad uniformare la colorazione generale. La superficie del campione è stata trattata con materiale oleoso, che la rende più scura.

In base ai risultati di tali analisi sono state messe a punto le malte compatibili a base di calce da utilizzare per le integrazioni delle lacune di intonaco e le risarciture di vario tipo che si rendono necessarie, ribadendo ancora una volta che l'utilizzo di malte compatibili rappresenta la soluzione più sperimentata nel tempo, come testimoniano generalmente gli antichi rappezzi eseguiti in passato sugli intonaci e rinvenibili ancora *in situ*.

9.5 OBIETTIVO INTERVENTO

Le fasi di intervento, come di seguito esposte, perseguono lo scopo di salvaguardare l'intonaco e le finiture tradizionali in opera, effettuando le necessarie operazioni di pulitura, consolidamento e integrazione. In tal modo gli strati originali risulteranno protetti e rimarranno perfettamente distinguibili ad una osservazione attenta.

L'intervento si prefigge inoltre lo scopo di difendere il più possibile la parte basamentale della muratura dell'edificio dall'umidità di risalita, sostituendo l'intonaco cementizio degradato esistente, risultato di una precedente manutenzione dell'edificio, con un nuovo strato di intonaco più adeguato a tale scopo, pur sapendo che tale rimedio non può essere considerato del tutto risolutivo del problema dell'umidità di risalita.

9.6 FASI OPERATIVE

La procedura di intervento conservativo prevede le seguenti operazioni:

- 1 - *Riadesione di parti distaccate di intonaco.*
- 2 - *Eliminazione delle patine biologiche mediante trattamento biocida.*
- 3 - *Pulitura mediante impacchi delle zone trattate con biocida.*
- 4 - *Rimozione meccanica delle malte non funzionali (rappezzi di cemento)*
- 5 - *Preparazione delle malte di risarcitura per l'esecuzione dei rappezzi*
- 6 - *Eliminazione dell'intonaco cementizio della parte basamentale.*
- 7 - *Realizzazione di intonaco da risanamento nella parte basamentale (esterno e interno)*
- 8 - *Velatura finale dei rappezzi e delle zone erose della finitura.*

9.7 DESCRIZIONE SINTETICA DELLE FASI OPERATIVE

Di seguito si descrivono brevemente le fasi operative elencate, rimandando per ulteriori informazioni e riferimenti alle tecniche di intervento segnalate nei capitoli precedenti.

Prima di ogni operazione bisognerà procedere con una serie di controlli puntuali del reale stato di conservazione dell'intonaco, individuandone da una distanza ravvicinata eventuali fenomeni di decoesione e/o eventuali distacchi non individuabili dall'analisi a distanza delle superfici.

Nel caso si riscontrino tali fenomeni, bisognerà verificare la opportunità di eventuali operazioni di preconsolidamento, in grado di dare stabilità provvisoria agli strati decoesi o distaccati dal supporto e sui quali i successivi trattamenti di pulitura potrebbero risultare eccessivamente invasivi.

Tali operazioni di preconsolidamento possono essere effettuate con il sistema della velinatura con garze di cotone (o carta giapponese), applicate con carbossimetilcellulosa.

(Per ulteriori indicazioni si fa riferimento alla tecnica segnalata alla voce 2.2.1.2 *Velinature con garza di cotone o carta giapponese*, nel capitolo *Consolidamento*).

1- *Riadesione di parti distaccate di intonaco*

La riadesione di distacchi di porzioni di intonaco dovrà essere effettuata nel caso i distacchi siano tali da far perdere all'intonaco aderenza al supporto, procurandone la caduta e quindi scoprendo e mettendo a rischio la sottostante muratura.

La tecnica di cui si tratta ottiene tale scopo riempiendo le cavità tra il supporto e l'intonaco distaccato, tramite iniezioni di prodotti e malte consolidanti, in modo da ottenere un'azione adesiva tra le superfici distaccate. La ricostituzione della continuità tra muro e intonaco e tra i suoi diversi strati restituisce, in tutto o in parte, le caratteristiche fisiche e meccaniche a tutta la compagine interessata.

Nel caso in questione le iniezioni possono essere effettuate con malte debolmente idrauliche a basso contenuto di sali.

(Per ulteriori indicazioni si fa riferimento alla tecnica segnalata alla voce 2.2.2.5 *Riadesione di distacchi tramite iniezioni*, nel capitolo *Consolidamento*).

2- *Eliminazione delle patine biologiche mediante trattamento biocida*

I metodi chimici di eliminazione delle patine biologiche (o vegetazione inferiore), si basano sull'impiego di prodotti di sintesi (biocidi) e di prodotti d'origine biologica (antibiotici). I biocidi eliminano gli organismi agendo per contatto, bloccando, ad esempio, la fotosintesi, o per assimilazione. Hanno ciascuno uno specifico spettro d'azione, più o meno ampio, secondo il tipo di principio attivo utilizzato. Gli antibiotici, invece, agiscono specificatamente su un singolo e particolare gruppo di organismi (funghi, batteri e attinomiceti). E' pertanto indispensabile conoscere le caratteristiche dell'organismo bersaglio, per scegliere il prodotto più idoneo alla sua eliminazione.

Nel caso specifico l'eliminazione delle patine biologiche può essere effettuata mediante un trattamento biocida di benzalconio cloruro e/o tributil stagno applicato a spray con pompa manuale oppure a pennello sino a completo assorbimento. La diluizione deve essere del 2-2,5% massimo. Il biocida deve essere lasciato agire sino al completo essiccamento delle specie infestanti (10-15 giorni circa).

(Per ulteriori indicazioni si fa riferimento alla tecnica segnalata alla voce 4.2.1.3 *Eliminazione vegetazione inferiore mediante trattamenti chimici*, nel capitolo *Disinfestazione*).



Formazione di patine biologiche in vari punti della facciata. La patina biologica trattiene anche pulviscolo e depositi di varia natura.

3- *Pulitura mediante impacchi delle zone trattate con biocida*

Una volta esaurito l'effetto del biocida, sulle superfici interessate dal trattamento andranno effettuate ulteriori operazioni di pulitura al fine di eliminare i resti della patina biologica e dei depositi presenti. La pulitura potrà essere effettuata mediante impacchi con polpa di cellulosa e carbonato di ammonio.

Il carbonato d'ammonio in soluzione acquosa, è uno dei solventi di più largo impiego nella pulitura di materiali lapidei di natura calcarea ed è solitamente applicato ad impacco, utilizzando come supportante anche la sepiolite (argilla) o la

silice micronizzata (silice precipitata: polvere finissima che stemperata nel solvente forma una miscela facilmente applicabile).

Il carbonato è un solvente reattivo, cioè capace di portare in soluzione la sostanza da rimuovere, per effetto di una reazione chimica. La sua azione, infatti, consiste nell'ammorbidire e rigonfiare la sostanza da eliminare, in modo tale da differenziarla e staccarla dal supporto cui è ancorata, limitando così il ricorso a tecniche di asportazione meccanica, generalmente più invasive e rischiose per i manufatti.

Si prepara, in sostanza, una miscela di pasta di cellulosa e di carbonato d'ammonio: la pasta di cellulosa (chiamata anche pasta di legno) è inizialmente imbevuta con acqua distillata, fino ad ottenere un impasto idoneo rispetto alla capacità assorbente della superficie da pulire, determinata eseguendo opportuni saggi preliminari; vi si aggiunge poi una quantità di carbonato d'ammonio solido pari circa a 1/3 del peso dell'impasto e si mescola il tutto fino ad ottenere una miscela omogenea. Preparata questa miscela, è preferibile lasciarla riposare alcune ore. La sua rimozione dovrà essere effettuata mediante lavaggio con acqua utilizzando pennelli e spazzolini di nailon.

(Per ulteriori indicazioni si fa riferimento alla tecnica segnalata alla voce 1.2.1.5 *Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di acqua (estrazione sali solubili)*, nel capitolo *Pulitura*).

4- Rimozione meccanica delle malte non funzionali (rappezzi di cemento)

La facciata presenta una serie di rappezzi effettuati con malte cementizie e malte bastarde di tipo idraulico, non compatibili con le finiture tradizionali presenti. Intorno a tali rappezzi sono talvolta visibili fessurazioni di modesta entità, provocate probabilmente proprio dal diverso comportamento elastico dei due materiali.

In tali casi i rappezzi devono essere rimossi meccanicamente con l'uso di scalpelli e raschietti, avendo cura di non danneggiare eccessivamente l'intonaco tradizionale in opera durante le operazioni di rimozione.



Rappezzi eseguiti con malte cementizie e malte bastarde di tipo idraulico. Tali rappezzi oltre ad essere incompatibili con le finiture originali presentano fenomeni di distacco e fessurazioni.

5- Preparazione delle malte di risarcitura per l'esecuzione dei rappezzi

Nei casi in cui siano stati rimossi i rappezzi di malta cementizia o nel caso si debbano integrare lacune di intonaco, si interviene applicando sulle parti scoperte del muro una nuova porzione di intonaco, realizzando il cosiddetto "rappezzo" o "macrostuccatura". Tale operazione ha innanzitutto una motivazione di tipo tecnico poiché ogni fessura, ogni lacuna o discontinuità rappresenta un indebolimento del manufatto, una via di penetrazione dell'acqua al suo interno e in generale un potenziale punto di innesco di molti fenomeni di degrado superficiale e profondo. Non si può tuttavia ignorare che, a fronte di tale motivazione, ne esistono altre di natura estetico-formale che chiamano in causa rilevanti problemi di ordine culturale e metodologico, ossia sul "come" effettuare la finitura di tali rappezzi.

(Per ulteriori indicazioni si fa riferimento alla tecnica segnalata alla voce 5.2.10 *Macrostuccature o rappezzi eseguiti con malta*, nel capitolo *Integrazione e sostituzione*).

Nel caso specifico, sulla scorta dei risultati delle analisi, le malte per effettuare i rappezzi possono essere realizzate nei modi seguenti:

- a) malta di fondo di calce aerea e cocchio pesto con granulometria di 1,2 mm e sabbia 1/8-1/16 di mm in rapporto :
- 1 parte di calce aerea;

- 1 parte di cocchio pesto;
- _ di sabbia fine .

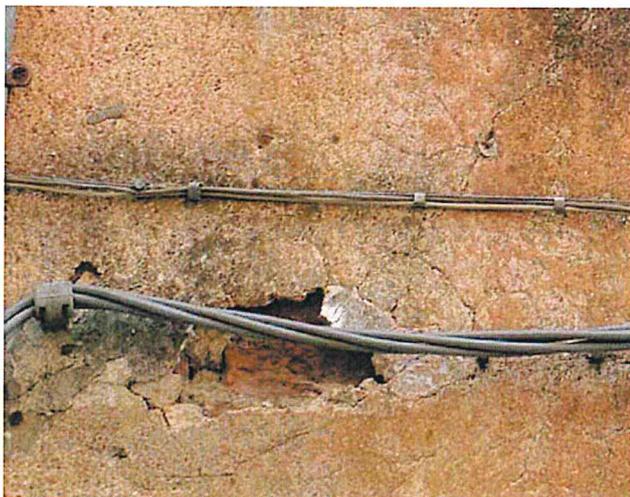
La malta andrà applicata in più strati se lo spessore raggiunge lo spessore di qualche centimetro.

b) malta di finitura di calce aerea e cocchio pesto con granulometria 1mm. in rapporto:

- 1 parte di calce aerea;
- 1 parte di polvere di mattone fine;

La finitura sarà molto fine di spessore e dovrà essere eseguita con lisciatura a ferro. In questo caso, quindi, la finitura dei rappezzati avrà una resa finale molto simile a quella originale esistente.

In alternativa a questa finitura si può prevedere un trattamento finale delle superfici realizzato mediante delle velature di colore a base di calce (v. punto 8).

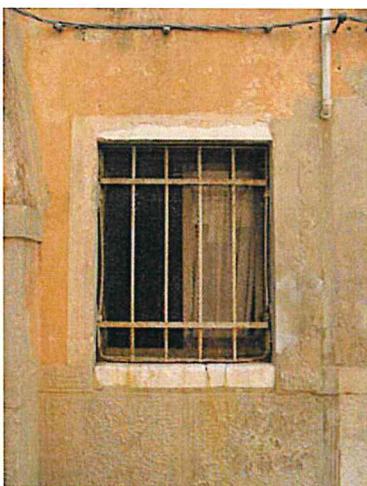


Lacuna di ridotte dimensioni nella quale utilizzare le malte indicate ai punti a) malta di fondo, e b) malta di finitura.

c) Analogamente, per la preparazione della malta biancastra delle mostre delle finestre si procederà a realizzare una malta di finitura simile a quella originale e composta da :

- 1 parte di calce aerea;
- 1 parte di polvere di calcare biancastro tipo pietra d'Istria molto fine (granulometria 1mm) .

La stesura della malta sarà molto fine di spessore e verrà eseguita con lisciatura a ferro. Anche in questo caso la resa finale della malta sarà piuttosto simile a quella originale in opera.



Una volta sostituite le porzioni di intonaco cementizio, le mostre delle finestre (immagine a sinistra), potranno essere realizzate con la malta di finitura indicata al punto c). La medesima malta potrà essere utilizzata per la integrazione delle fasce marcapiano (immagine a destra).



6- 7 *Eliminazione dell'intonaco cementizio della parte basamentale e realizzazione di intonaco da risanamento*

Per la zona basamentale bisognerà procedere con l'eliminazione dell'intonaco cementizio strullato e, previa esecuzione di tutte le operazioni necessarie, stendere un intonaco da risanamento adeguato, sia all'esterno sia all'interno

dell'ambiente al piano terra. Per la stesura dell'intonaco da risanamento e per tutte le operazioni necessarie di tipo preventivo, si rimanda alla voce 3.2.8 *Applicazione di intonaco macroporoso* del capitolo *Deumidificazione*.

In alternativa, se, una volta eliminato l'intonaco cementizio, si accerta sulla muratura una diffusa presenza di sali, si possono seguire le seguenti procedure:

- stendere un intonaco a calce aerea e sabbia a medio spessore per poter estrarre il più possibile i prodotti salini interni al muro; tale intonaco verrà lasciato in opera per circa un'annualità.
- eseguire impacchi di sepiolite e acqua bidistillata al fine di estrarre i sali presenti. In tal caso bisognerà stendere uno strato di circa due centimetri di materiale argilloso e lasciarlo in opera fino al suo completo essiccamento, asportarlo e lavare la muratura.

(Per ulteriori indicazioni si fa riferimento alla tecnica segnalata alla voce 1.2.1.4 *Pulitura con impacchi di argille assorbenti*, nel capitolo *Pulitura*).

Una volta realizzato l'intonaco definitivo nella parte basamentale, questo potrà essere completato con una malta chiara di finitura a base di calce aerea e polvere di calcare che andrebbe a "continuare" il rivestimento lapideo presente nella zona attorno al portoncino di entrata.

8 – Velatura finale dei rappezzi e delle zone erose della finitura

Come fase conclusiva, al fine di uniformare l'insieme e non avere una lettura "a macchie" del prospetto, si prevede un intervento di velatura in grado di rendere omogeneo il fronte sul quale si è intervenuti. Tale velatura deve essere realizzata con colori a calce sui toni del rosso mattone in modo da uniformare le parti nuove con quelle esistenti della finitura rossa originaria che caratterizza l'intera facciata. La velatura, eventualmente, può anche essere applicata nelle zone in cui la finitura di cotto macinato risulta particolarmente erosa.

Essendo a base di calce, tale trattamento risulta infatti compatibile sia con i rappezzi eseguiti ex novo, sia con le superfici originali.

Si specifica che questo tipo di trattamento non ha una funzione esclusivamente legata alla percezione visiva delle superfici, ma costituisce in primo luogo una sorta di pelle protettiva che difende i materiali sottostanti dagli agenti aggressivi dell'atmosfera e del clima.

(Per ulteriori indicazioni si fa riferimento alla tecnica segnalata alla voce 7.2.1.2 *Applicazione di strato pittorico a velatura*, nel capitolo *Protezione*).

9. Bibliografia

9.1 Testi generali sulle tecniche di intervento

- Comune di Città di Castello, *Manuale del Recupero di Città di Castello*, DEI, Roma, 1998.
- Comune di Roma, *Manuale del Recupero di Roma*, DEI, Roma, 1998.
- Agostinelli M., Diotallevi P., Scoccianti M. M., *Manuale del Recupero della città di Jesi*, DEI, Roma, 2002.
- Alessandrini G., *La conservazione del materiale lapideo e l'impiego di prodotti chimici*, in «Tema», n. 1, 1991, pagg. 20-25.
- Alessandrini G., *Il materiale lapideo: conservazione e normativa* in «Tema», n. 1, 1993, pagg. 50-55.
- Amoroso G. G., *Il restauro della pietra nell'architettura monumentale*, Flaccovio, Palermo, 1995.
- Amoroso G. G., Camaiti M., *Scienza dei materiali e restauro. La pietra: dalle mani degli artisti e degli scalpellini a quelle dei chimici macromolecolari*, Alinea, Firenze, 1997.
- Antonucci A., Antonucci R., Micozzi M., *La pratica del restauro degli edifici a struttura muraria: linee guida, tecniche, materiali*, Napoli, Sistemi editoriali SE, 2004.
- Bauce L., *Conservazione degli intonaci. Gli intonaci tradizionali*, in «Recupero & Conservazione», n. 47, 2002.
- Bellini A. (a cura di), *Tecniche della conservazione*, Franco Angeli, Milano, 1986.
- Biscontin G. (a cura di), *L'intonaco: storia, cultura e tecnologia*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova, 1985.
- Biscontin G. (a cura di), *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del Convegno di Studi, Libreria Progetto Editore, Padova 1986.
- Biscontin G., Dal Colle M., Volpin S. (a cura di), *Il Cantiere della Conoscenza. Il Cantiere del Restauro*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova, 1989.
- Biscontin G., Volpin S. (a cura di), *Superfici dell'architettura: le finiture*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova, 1990.
- Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova 1991.
- Biscontin G. e Mietto D. (a cura di), *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova 1992.
- Biscontin G., Driussi, G. (a cura di), *Lacune in Architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di Studi di Bressanone, Marghera-Venezia, Arcadia Ricerche, 1997.
- Biscontin G., Driussi G., (a cura di), *Progettare i restauri. Orientamenti e metodi - Indagini e materiali*, Atti del convegno di Studi di Bressanone, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia 1998.
- Biscontin G. e Driussi G. (a cura di), *Ripensare la manutenzione*. Atti del Convegno di Studi, Libreria Progetto Editore, Padova 1999.
- Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia, 2000.
- Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Sulle Pitture Murali: riflessioni, conoscenze, interventi*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia, 2005.
- Broccolo A., *Malte, intonaci e paste nelle costruzioni e nel recupero*, Carocci, Roma, 2000.
- Borgioli L., *Polimeri di sintesi per la conservazione della pietra*, Il Prato, 2002.
- Caravaggio P., Meda A., *Manuale del recupero di Castel del Monte*, DEI, Roma, 2004.
- Carbonara G. (a cura di), *Trattato di Restauro architettonico*, UTET, Torino, 1996.
- Carbonara G. (a cura di), *Atlante del restauro*, UTET, Torino, 2004.
- Carria F., *Le facciate, tecniche e materiali per il recupero*, BE-MA, Milano, 1994.
- Caterina G., *Il recupero degli infissi*. UTET, Torino, 1995.
- Codello R., *Gli intonaci: conoscenza e conservazione*, Firenze, Alinea, 1996.
- Della Torre S., Pracchi V., *Le chiese come beni culturali. Suggestioni per la conservazione*, Milano, Electa, 2003.
- Fabbi B., Ravanelli Guidotti C., *Il restauro della ceramica*, Nardini, Firenze, 2004.
- Feiffer C., *Il progetto di conservazione*, Franco Angeli, Milano, 1989.
- Feiffer C., *La conservazione delle superfici intonacate*. Ed. SKIRA, Milano, 1997.
- Fiori C., Pentrella R., *Restauro, manutenzione, conservazione dei beni culturali: materiali, prodotti, tecniche*, Pitagora, 2003.
- Gasparoli P., *La manutenzione delle superfici edilizie*, Alinea, Firenze, 1997.
- Gasparoli P., Talamo C., *Manutenzione e recupero. Criteri, metodi e strategie per l'intervento sul costruito*, Alinea 2006.
- Giordano L. (a cura di), *Soffitti lignei*, Atti del convegno internazionale di studi, Pisa, ETS, 2005.
- Franceschi S., Germani L., *Manuale operativo per il restauro architettonico. Metodologie di intervento per il restauro e la conservazione del patrimonio storico*, DEI, Roma, 2005.
- Franceschi S., Germani L., *Linee guida per il recupero architettonico*, DEI, Roma, 2004.

- Guffredi Augusto-Iemmi Fabio-Cigarini Claudio, *Il cantiere di restauro: materiali - tecniche - applicazioni*, Alinea, Firenze, 1991.
- Laurenzi Tabasso M., Lazzarini L., *Il restauro della pietra*, CEDAM, Padova 1986.
- Marconi P., *Manuale del recupero della città di Palermo*, Flaccovio, Palermo, 1997.
- Matteini M., Moles A., *La chimica nel restauro*, Nardini, Firenze, 1983.
- Matteini M., Moles A., *Scienza e Restauro*, Nardini, Firenze, 1984.
- Montagni C. (a cura di), *Materiali per il restauro e la manutenzione*, UTET, Torino, 2000.
- Mor G., *Manuale del recupero di Genova antica: elementi di conoscenza di base*, DEI, Roma, 2006.
- Peruzzi R., *La conservazione dei materiali lapidei: cause di degrado e interventi diagnostici*, Atti del Convegno *La Pietra Interventi, conservazione, restauro*, Lecce, 6-8 novembre 1981.
- Ranellucci S., *Manuale del recupero della regione Abruzzo: Edilizia, pavimentazioni, arredi per interni e esterni-Serramenti, infissi e opere in ferro*, Roma, DEI, 2004.
- Rossi Manaresi F., Riccomini E. (a cura di), *La conservazione delle sculture all'aperto*, Atti del Convegno Internazionale, Bologna, 1969, STEB, Bologna, 1971.
- Spadola G., *Il restauro con prodotti chimici. I prodotti, il cantiere, le tecniche, le misure di sicurezza*, EPC Libri, 2005.
- Tampone G., Mannucci M., Macchioni N., *Strutture di legno: cultura conservazione restauro*, Milano, De Lettera, 2002.
- Tinè S., *La pratica del restauro*, BE-MA editrice, Milano, 1985.
- Torraca G., *La cura dei materiali nel restauro dei monumenti*, Bonsignori, Roma, 2001.
- Torsello B. P., Musso S., *Tecniche di restauro architettonico*, UTET, Torino, 2003.
- Trivella F., *Recupero del costruito. Manuale di intervento pratico*, Palermo, Dario Flaccovio, 2007.
- Zevi L. (a cura di), *Il manuale del restauro architettonico*, Roma, Mancosu, 2001.

9.2 Testi specifici sulle tecniche di intervento

9.2.1 Pulitura

- Alessandrini G., Pasetti A., *La pulitura delle superfici lapidee: stato dell'arte e problematiche*, in AA. VV., in «Recupero Edilizio», n. 9, 1994.
- Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A., *Pulitura di una superficie lapidea: parametri e metodologie per la valutazione della nocività in La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno Studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1995.
- Biscontin G., Creminini R., *Il trattamento dei materiali lapidei*, in AA. VV., *La qualità della pietra. Indagine rilievo intervento conservativo per la facciata della Certosa di Milano*, Milano, Il Portico, 1983.
- Biscontin G., *Interventi conservativi sui materiali lapidei*, in F. Galloni (a cura di), *Il restauro delle costruzioni in muratura: problemi metodologici e tecniche di consolidamento*, Atti del II Corso di Informazione ASSIRCO, Venezia 21-23 maggio 1980, Roma, Kappa, 1982.
- Biscontin G., *La conservazione dei materiali lapidei: trattamenti conservativi*, in AA. VV., *La Pietra. Interventi conservazione restauro*, Atti del Convegno Internazionale, Lecce, 6-8 novembre 1981, s. I., Congedo, 1983.
- Biscontin G., (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1995.
- Brunetto A., *L'utilizzo della strumentazione laser per la pulitura delle superfici nei manufatti artistici*, Padova, Il Prato, 2000.
- C.N.R., I.C.R., *Normal 20/85 - Interventi conservativi: progettazione, esecuzione e valutazione preventiva*, Raccomandazioni Normal, Roma-Milano, ed. CNR ICR, 1985.
- Calcagno G., *Il Laser per la pulitura delle croste nere*, in «Recupero & Conservazione», n. 15, 1997.
- Cecchi R., *Processi di alterazione e interventi conservativi*, in AA. VV., *La qualità della pietra. Indagine rilievo intervento conservativo per la facciata della Certosa di Milano*, Milano, Il Portico, 1983.
- Cremonesi P., *L'uso dei solventi organici nella pulitura di opere policrome*, Il Prato, 2004.
- Cremonesi P., *L'uso di tensioattivi e chelanti nella pulitura di opere policrome*, Il Prato, 2004.
- Fazio G., *I metodi di pulitura prevalentemente usati*, in M. Ricci (a cura di), *Manutenzione e Restauro. Conservazione e consolidamento dei materiali lapidei*, volumi CRESME, n. 21, Milano, Giuffrè, 1985.
- Lazzarini L., *La pulitura dei materiali lapidei da costruzione e scultura: metodi industriali e di restauro*, Padova, Cedam, 1981.
- Pini R., Salimbeni R. (a cura di), *Tecniche e sistemi laser per il restauro dei beni culturali*, Firenze, Nardini, 2001.
- Rocchi P., *Materiali lapidei: sistemi di preparazione e pulitura superficiale*, in Gazzella R. (a cura di), *La conservazione dei monumenti. Metodologie di ricerca e tecniche di consolidamento contro il degrado*, Atti del 1° Corso di informazione ASSIRCO, Perugia, 6-8 novembre 1979, Roma, Kappa, 1981.
- Sanonetti A., *Il laser: una metodologia di pulitura innovativa*, in «TeMa», n. 2, 1998.
- Urbani G., (a cura di), *Problemi di Conservazione*, Roma, Editrice Compositori, 1986.
- Wolbers R., *La pulitura di superfici dipinte. Metodi acquosi*, Il Prato, 2005.

9.2.2 Consolidamento

- *Esperienze e materiali di restauro. Le resine acriliche sulle pitture murali*, Il Prato, 2006.
- *Metodi e tecnologie non convenzionali per il consolidamento e la conservazione*, in «Recuperare», n. 24, 1986, pagg. 364/365.
- Alessandrini G., Biscontin G., Peruzzi R., *La conservazione dei materiali lapidei: diagnosi di degrado e intervento*, in «Tecniche della Conservazione», Franco Angeli, Milano, 1994.
- Amesberger D., Caldart R., *Consolidamento di opere storiche in muratura mediante iniezioni di prodotti speciali a base cementizia o formulati epossidici*, in AA. VV., *Manutenzione e conservazione del Costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del convegno di studi, Bressanone, Libreria Progetto, Padova 1986.
- Barbisan U., Laner F., *I solai in legno*, Franco Angeli, Milano, 1997.
- Barbisan U., Laner F., *Capriate e tetti in legno. Progetto e recupero*, Milano, Franco Angeli, 2003.
- Baruchello L., Assenza G., *Diagnosi dei dissesti e consolidamento delle costruzioni*, Roma, DEI, 2004.
- Biscontin G., Cecchi R., *Progetto ed intervento di consolidamento sui materiali litoidi. Considerazioni e proposte operative per un nuovo cantiere*, Supplemento al n. 41 del «Bollettino d'arte», vol. II, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1987, pagg. 221-232.
- Biscontin G., Nicola G.L., Zendri E., *Controllo e valutazione di interventi sottovuoto su manufatti lapidei*, in G. Biscontin, D. Mietto (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del Convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova, 1991, pagg. 486-487.
- Borasi V., *Confronti tecnologici tra le diverse tecniche per il recupero di strutture portanti in legno*, in AA. VV., *Riabitat. Tecniche e tecnologie del recupero*, Sagep, Genova, 1985
- Borasi V., *Restauro o aumento della capacità portante, di strutture lignee, mediante protesi a base di resine sintetiche*, in G. Tampone (a cura di) *Legno nel restauro e restauro del legno*, Palutan editore, Milano, 1983.
- Brusati G., Laner F., *Innovazione dal recupero* in «Recuperare», n.5, 1992.
- Buti A., *Il degrado strutturale delle fabbriche*, in C. Montagni (a cura di), *Materiali per il restauro e la manutenzione*, UTET, Torino, 2000.
- Caleca L., De Vecchi A., *Tecnologie di consolidamento delle strutture murarie*, Palermo, Flaccovio, 1983.
- Cigni G., *Nuove tecniche di consolidamento di travi in legno*, Edizioni Kappa, 1981.
- Cigni, G. *Il consolidamento murario*, Edizioni Kappa, Roma, 1978.
- Conti C., Martines G., Usai C., *Interventi su materiali e superfici*, in *Trattato di restauro architettonico*, diretto da G. Carbonara, UTET, Torino, 1996.
- Cosentino M. C., Terranova, F. Margiotta G., Doria N., Pellegrino L., Mannuccia F., *Restauro Conservativo del prospetto lapideo della chiesa del collegio dei gesuiti di Trapani*, in G. Biscontin, D. Mietto (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del Convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova, 1991, pagg. 731/735.
- Croci G., *Conservazione e restauro strutturale dei beni architettonici*, Torino, UTET, 2001.
- Defez A., *Il consolidamento degli edifici*, Napoli, Liguori, 1981.
- Del Bufalo A., *Conservazione edilizia e tecnologie del restauro*, Edizioni Kappa, 1992.
- Di Stefano R., *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, ESI, Napoli, 1990.
- E.R.T.A.G., *Tecnica e pratica del recupero edilizio*, Alinea, Firenze, 1986.
- Ferroni E., *Restauro chimico strutturale di affreschi solfatati*, in *Metodo e Scienza*, Catalogo della Mostra, Sansoni, Firenze, 1982, pp. 265-269
- Fiengo G., *Diagnosi dei dissesti e consolidamento degli edifici*, ESI, Napoli, 1978.
- Giordano G., *Tecnologia del legno*, UTET, Torino, 1974.
- Lagomarsino S., *Il consolidamento statico*, in B. P. Torsello (a cura di), *Il castello di Rapallo. Progetto di Restauro*, Marsilio, Venezia, 1999, pp. 236-241
- Lamanna L. F., *Strutture in legno. Le resine per il recupero e il consolidamento*, Gangemi, Roma, 1996.
- Laner F., Ortolani V., *Le relazioni strutturali, un approccio ordinatore per il recupero del legno*, in «Recuperare», n. 8, 1992, pp. 722-725.
- Mariani M., *Consolidamento delle strutture lignee con l'acciaio*, Roma, DEI, 2004.
- Mariani, M., *Trattato sul consolidamento e restauro degli edifici in muratura*, Roma, Dei, 2006.
- Matteini M., Lanterna G., Raddi A., Moles A., *Proposta di uno stucco adesivo ad espansione per la ricollocazione di mosaici su nuovo supporto*, in "O.P.D. Restauro", V. 1, 1986, pp. 54-56
- Matteini M., Moles A., *La metodologia del "Bario" in relazione ai problemi di solfatazione e decoesione che interessano i dipinti murali*, in *Il restauro delle opere d'arte*, Accademia Nazionale Virgiliana, Mantova 1987, pp. 33 – 41.
- Matteini M., Moles M., *Aspetti critici del trattamento fondato sull'impiego di idrato di bario*, in Danti C., Matteini M., Moles A., (a cura di), *Le pitture murali - Tecniche, problemi, conservazione*, Centro Di, Firenze, 1990, pp.296-302.
- Munafò P. (a cura di), *Recupero dei solai in legno*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 1990.
- Munafò P., *Le capriate lignee per i tetti a bassa pendenza*, Alinea, Firenze, 2002.
- Rava A., *Metodologia di intervento per il restauro delle arenarie di facciata della chiesa abbaziale di Vezzolano*, in G. Biscontin, D. Mietto (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del Convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova, 1991, pagg. 422-445.

- Rocchi P., *Consolidamento di elementi lignei*, in F. Galloni (a cura di), *Il restauro delle costruzioni in muratura*, Atti di informazione del III° corso ASSI.R.C.CO., Edizioni Kappa, Roma, 1980.
- Rocchi P., Piccirilli C., Blasi S., *Manuale del consolidamento. Contributo alla nascente trattatistica*, Roma, DEI, 1991.
- Rocchi P. (a cura di), *Trattato sul consolidamento: storia del consolidamento, evoluzione storica degli studi e della tipologia degli interventi, consolidamento contemporaneo, opere provvisorie, analisi agli elementi finiti*, Roma, Mancosu, 2004.
- Rossi Manaresi R., *La conservazione dei materiali lapidei, in Il Restauro fra metodo e prassi*, a cura dell'Assessorato alla Cultura della Regione Emilia Romagna, Documenti/13, 1980.
- Serafini G., *Alcune considerazioni sul degrado strutturale di elementi lapidei causato da una esecuzione impropria delle impernature: un esempio d'intervento nella chiesa abbaziale di Nonantola*, in G. Biscontin, D. Mietto (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del Convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova, 1991, pagg. 532.
- Tampone G., *Sostruzione e lamine metalliche per il consolidamento di una capriata nella Sala di scherma della Fortezza da basso a Firenze*, in Tampone G (a cura di) *Il restauro del legno*, Nardini Editore, Firenze, 1989.
- Tampone G., *Il restauro delle strutture di legno*, Milano, Hoepli, 1996.
- Tampone G., *Testate degradate di travi, tiranti e incavallature*, in "Recupero e Conservazione", n. 28, 1999, pp. 30-47.
- Tampone G., *Testate di travi e di incavallature*, in "Recupero e Conservazione", n. 29, 1999, pp. 28-41.
- Turrini G., Piazza M., *Il recupero dei solai in legno, Esperienze e realizzazioni*, in "Recuperare", n. 7, 1983, pp. 396-407.

9.2.3 Integrazioni

- AA.VV., *Scienza e beni culturali - Superfici dell'Architettura: le finiture*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone 1990, ed. Libreria Progetto, Padova, 1990.
- AA.VV., *Superfici dell'architettura: le finiture*, Atti del Convegno di Bressanone 1990, Edizioni progetto, Padova, 1990.
- Amati F., *Restauro ligneo secondo le regole dell'arte*, Di Baio Editore Milano, 1993
- Astrua G., *Manuale del Mastro Muratore*, Hoepli, Milano, 1979.
- Baldini U., (a cura di) , *Metodo e Scienza: operatività e ricerca nel restauro*, Catalogo della Mostra, Firenze 23 giugno 1982 - 6 gennaio 1983, Sansoni Editore, Firenze, 1983.
- Baldini U., *Teoria del restauro e unità di metodologia*, vol. I- II, Nardini Editore, Firenze, 1993.
- Baroni G., *Le tinteggiature tradizionali degli intonaci esterni nei centri storici*, in, Atti del convegno di Studi Bressanone 1985, *L'intonaco: storia cultura e tecnologia*, Libreria Progetto, Padova, 1985.
- Bertolini L., Pedefleri P., *Tecnologia dei materiali leganti e calcestruzzo*, Milano, Città Studi, 1996.
- Brino G., *Le tinte a calce, ad affresco a secco, nel restauro delle facciate. Esperienze e problemi*, in, AA. VV., *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1986.
- Casazza O., *Il restauro pittorico nell'unità di metodologia*, Nardini Editore, Firenze, 1992.
- Costanzi Cobau A., *La pittura a calce: osservazioni*, in, AA. VV., *L'intonaco: storia cultura e tecnologia*, Atti del convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1985.
- Fabbri B., Ravanelli Guidotti C., *Il restauro della ceramica*, Firenze, Nardini, 1993.
- Forti G., *Antiche ricette di pittura murale*, Cierre, Verona, 1984.
- Frazzoni D., *L'imbianchino decoratore-stuccatore*, Hoepli, Milano, 1911.
- Giuliani M., *Trasformazione e comportamento previsionale di intonaci e loro protettivi*, in AA. VV., *Superfici dell'architettura: le finiture*, Atti del Convegno di Bressanone, Edizioni progetto, Padova, 1990.
- Giuliani M., *Protezione decorativa di oggetti storici con silicati*, in «Bollettino d'Arte», supplemento al n. 35-36, *Intonaci colore e coloriture nell'edilizia storica*, Roma, 1984.
- Giusti A. M., Raddi G., Frizzi P., *Restauro di una lunetta a mosaico del Battistero di Firenze: proposte tecniche e metodologiche*, in «O.P.D. Restauro», n. 2, 1987, pp.99-107.
- L. Mora, P. Mora, P. Philippot, *La conservazione delle pitture murali*, Bologna, Editrice Compositori, 1999.
- Menicali Umberto, *Vecchi decori di facciata*, in «Costruire», n° 83, 1990.
- Micocci Ferruccio-Pulcini G., *Gli intonaci. Materiali, tipologie, tecniche di posatura e finitura, degrado e recupero*, NIS, Roma, 1991.
- Palestra G. W., *L'intonaco: una superficie di sacrificio*, Etaslibri, Milano, 1991.
- Scarzella P., Trivella L., Broggi D., Gasparoli P., Melzi M., *Riferimenti tecnologici per il progetto delle ricoloriture degli edifici storici: dati coloristici, mezzi disponibili, indicazioni sperimentali di compatibilità e durabilità*, in AA. VV., *Superfici dell'Architettura: le finiture*, Atti del convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1990.
- Tufani A., *Le malte nel restauro*, ediart, Todi, 1987.
- Turco T., *Il gesso, lavorazione, trasformazione, impieghi*, Hoepli, Milano 1990.

9.2.4 Deumidificazione - Risanamento

- AA.V.V., *Deumidificazione*, in «Recuperare» n.30, 1987.
- AA.VV. *Manuale della climatizzazione*, ed. Tecniche Nuove, 1992.
- Aghemo C., Alfano G., Filippi M., Stella M., *L'umidità ascendente nelle murature, tecniche di intervento*, in «Recuperare», n. 2, 1992.

- Anselmi U., Lorenzi A., *Elementi di impianti di riscaldamento*, Masson, 1996.
- Asti P., *Umidità e condense - la prevenzione, la diagnosi, il risanamento*, Milano, BE-MA Editrice, Milano, 1996.
- Bianchi P., *Umidità nei fabbricati, analisi tecniche di prevenzione e risanamento*, BE-MA Editrice, Milano 1994.
- Bosia D., *Risanamento igienico edilizio: effetti dell'umidità, degrado dei materiali da costruzione, criteri di scelta degli interventi, tecniche di risanamento*, Roma, EPC Libri, 2005.
- Cigni G., *Murature degradate dall'umidità e dall'inquinamento ambientale: protezione e interventi di risanamento*, Roma, Kappa, 1977.
- Cigni G., Codacci-Pisanelli B., *Umidità e degrado negli edifici, diagnosi e rimedi*, Edizioni Kappa, Roma 1987.
- D'Ambrosio F. R., Imperato M., Riccio G., *Il risanamento delle pareti affette da umidità ascendente .Tecnologie e prodotti*, Napoli, CUEN, 2001.
- Domenici G., *Le tecniche per il recupero edilizio*, NIS Editrice, Roma 1994.
- Gelsomino L. (a cura di), *Recupero edilizio 6. Umidità. Tecniche e prodotti per il risanamento*, Alinea ed., Firenze, 1988.
- Gieri V., *Restauro, risanamento, consolidamento e impermeabilizzazione edilizia*, Maggioli Editore, Rimini 1994.
- Lamanna L. F., Bellucci A., *L'umidità nelle murature - Analisi, tecniche e materiali per il risanamento*, Roma, Carocci, 1998.
- Lamanna L. F., Bellicini A., *Tecniche di risanamento degli edifici*, Roma, Carocci, 2000.
- Massari G., Massari I., *Risanamento igienico dei locali umidi*, Hoepli, Milano, 1981.
- Micocci F., Pulcin G., *Gli intonaci, materiali, tipologie, tecniche di posatura e finitura, degrado e recupero*, Nis, Roma, 1991.
- Mundula I., Tubi N., *Umidità e risanamento negli edifici in muratura*, Rimini, Maggioli, 1997.
- Pasta A., *Ristrutturazioni e impianti*, Kappa, Roma, 1994
- Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlo A. R., *Manuale del risanamento: la difesa dall' umidità nella pratica edificatoria*, Roma, Kappa, 2000.
- *Speciale deumidificazione*, in «Recuperare», n. 2, 1992.
- Vinci R., *L'umidità ascendente nelle murature*, in «Recuperare» n. 2, 1992, pp.114-130.

9.2.5 Disinfestazioni

- *La biologia vegetale per i beni culturali*, Firenze, Nardini, 2005.
- Caneva G., Nugari M.P., Salvadori O., *La biologia nel restauro*, Nardini, Firenze, 1994.
- Caneva G., Nugari M.P., Pinna D. Salvadori O., *Il controllo del degrado biologico*, Nardini, Firenze, 1996.
- Caneva G., *Ruolo della vegetazione nella degradazione di murature ed intonaci*, in Biscontin G. (a cura di), *L'intonaco: storia, cultura e tecnologia*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova, 1985, pp. 199-209.
- Cardinale G., *Le strutture lignee di copertura e di impalcato nel Palazzo d'Arnolfo (sec. XIV-XV) in San Giovanni Valdarno: restauro e consolidamento*, in G. Tampone (a cura di), *Il restauro del legno*, Nardini, Firenze 1989-90.
- Castelli C., Gambetta A., Matteini M., Moles A., Orlandi E., Pandolfo A., Rizzi M., Sansoni M., Tosini I., *Studio sull'utilizzo di una formulazione a base di permotrina per il trattamento dei manufatti lignei di interesse artistico*, in G. Tampone (a cura di), *Il restauro del legno*, vol I, Nardini, Firenze 1989-90.
- Favali M.A., Fossati F., Mioni A., Realini M., *Biodeterioramento dei licheni crostosi dei calcari selciferi lombardi*, in G. Biscontin e G. Driussi (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del Convegno di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1995, pp. 205-208.
- Franchi R., Manganelli del Fa C., Medri L., Piacenti F., Tiano P., Scala A., *Un caso di protezione del marmo - Controllo dell'efficacia del trattamento nel tempo*, in G. Biscontin, D. Mietto (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del Convegno di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1991.
- Liotta G., *Gli insetti e i danni del legno, problemi di restauro*, Nardini Editore, Firenze 1991.
- Monte M., *La lichenologia applicata alla conservazione dei monumenti in pietra esposti all'aperto: problemi e prospettive*, in G. Biscontin, D. Mietto (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del Convegno di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1991, pp. 293-294.
- Nimis P.L., Pinna D., Salvadori O., *Licheni e conservazione dei monumenti*, CLUEB, Bologna, 1992.
- Nugari M.P., Pietrini A.M., Ricci S., Giuliani M.R., *Studio dei metodi di prevenzione degli attacchi biologici*, in G. Biscontin (a cura di), *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del Convegno di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1986, pp. 697 e segg.
- Pietrini A.M., Ricci S., Giuliani M.R., *Ricerca sulla microflora algale e sui trattamenti algicidi nell'ambiente n.75*, in G. Biscontin (a cura di), *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del Convegno di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1986, pp.694 e segg.
- Pinna D., *La pulitura e il controllo della crescita biologica sui materiali lapidei*, in G. Biscontin e G. Driussi (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del Convegno di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, 1995, pp. 619 e segg.
- Tiano P., *Problemi biologici nella conservazione del patrimonio culturale*, in «Kermes - arte e tecnica del restauro», anno IV, n.10, 1991.

9.2.7 Protezione

- Alessandrini G. *La protezione del materiale lapideo*, in «Tema», n. 2, 1993, pagg. 45-49.
- Bauce L., *La protezione*, in «Recupero & Conservazione», n. 24, 199
- Biscontin G., Bakolas A., Maravelaki P., Zendri E., *Indagini sulle azioni chimico-fisiche dell'ambiente sui laterizi*, in *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 1992.
- Biscontin G., Botteghi C., Dalla Vecchia C., Driussi G., Moretti G., Valle A., *Studio della stabilità delle resine silconiche impiegate nella conservazione dei materiali lapidei* in AA. VV., *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del convegno di Bressanone, Libreria Progetto editore, Padova, 1986.
- Biscontin G., Driussi G., Ferrari G., Zendri E., *La protezione delle murature in mattone con silani: le mura di Ferrara*, in AA. VV., *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di Bressanone, Libreria Progetto editore, Padova, 1992.
- Biscontin G., Zendri E., Schionato A., *Protettivi acrilici nella conservazione della pietra*, in «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione», n. 3, 1991.
- Calza G., *Restauro di antichi edifici in Ostia*, in «Bollettino d'Arte», VII, Serie II, 1930, pp. 291-310.
- Camaiti M., Ingoglia R., Moggi G., Pasetti A., Scala A., *Controllo della reversibilità di trattamenti protettivi effettuati con polimeri fluorurati su materiali lapidei*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova 1991, pp. 267-276.
- Camaiti Mara, S. Botticelli, Andrea Scala, F. Piacenti, Sintesi e sperimentazione di nuovi perfluoropolietteri funzionalizzati da impiegare quali protettivi di materiali lapidei, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova 1991, pp.313-321.
- Cancellieri Stefania, *La tecnica della risarcitura muraria*, in Biscontin G. e Driussi G. (a cura di), *Progettare i restauri. Orientamenti e metodi – Indagini e Materiali*, Atti del Convegno di studi di Bressanone, Edizioni Arcadia Ricerche, Marghera, 1998, pp. 331-339.
- Cilla Michele, Sabelli Roberto, *La reintegrazione nel consolidamento di edifici antichi: alcuni esempi a Vulci*, in Segarra Lagunes Maria Margherita (a cura di), *La reintegrazione nel restauro dell'antico. La protezione del patrimonio a rischio sismico*, Atti del Seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi Editore, Roma, 1997, pp. 247-256.
- Di Francesco C., Bevilacqua F., *Le finiture di prospetti architettonici rinascimentali a Ferrara: osservazioni storico-critiche e restauro*, Biscontin G., Volpin S. (a cura di), *Superfici dell'architettura: le finiture*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova, 1990.
- Fazio G., *Sull'efficacia di alcuni trattamenti di restauro su monumenti esposti all'aperto, realizzati dopo il 1960*, in «Bollettino d'arte» n. 41, 1986.
- Giusberti P., Ungaro L., Rava A., *Intervento di restauro sulle cortine in laterizio dell'emiciclo dei mercati di Traiano a Roma*, in *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova, 1992.
- Glisenti A., Biscontin G., Viscardi A., *Valutazione di protettivi all'acqua ed in solvente per superfici lapidee*, in *Le Pietre nell'Architettura: Struttura e Superfici*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Libreria Progetto editore, Padova, 1991, pp. 473-484.
- Ingoglia R., Seala A., Netti S., Bolognesi P., Pasetti A., Moggi G., *Protezione del laterizio con polimeri fluorurati*, in *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova, 1992.
- Marino Luigi, *La conservazione di manufatti edili ridotti allo stato di rudere: protezione delle creste dei muri e integrazione delle lacune*, in Masetti Bitelli Luisa (a cura di), *Archeologia Recupero e Conservazione*, Nardini Editore, Firenze, 1993, pp. 129-144.
- Marino Luigi, *Tecniche di intervento per la conservazione delle preesistenze archeologiche di murature in laterizio*, in *Le Superfici dell'Architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del Convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto Editore, Padova, 1992, pp. 737-741.
- Navone A., Sganzerla S., Folli L., *La protezione degli intonaci con resine organiche: valutazione dello stato di conservazione*, in Biscontin Guido, Driussi Guido (a cura di), *La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia, 2000.
- Pasetti Adolfo, *Una nuova classe di protettivi per i materiali corticali lapidei: i perfluoropolietteri*, in «Recuperare», anno 3 n. 11, 1984.
- Perinetti R., Pulga S., *I siti archeologici della Valle d'Aosta: problemi ed esperienze*, in Amendolea B., Cazzella R., Indrio L., (a cura di), *I siti archeologici, un problema di musealizzazione all'aperto*, atti del primo Seminario di studi, Multigrafica, Roma, 1988.
- Peruzzi R., Toniolo L., Alessandrini G., *Protettivi e consolidanti per materiali lapidei: correlazione tra resistenza fotochimica ed efficacia al variare dell'umidità ambientale*, in «Materiali e strutture», n. 1, 1995, pagg. 1-20.
- Piacenti F., Manganelli Del Fa C., Matteoli U., Tiano P., Scala A., *Protezione dei materiali lapidei: derivati funzionalizzati di perfluoropolietteri*, in *Manutenzione e Conservazione del Costruito fra Tradizione e Innovazione*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, 1986, pp. 473-483.
- Piacenti F., Tiano P., Manganelli Del Fa Carlo, Scala A., Medri L., *Un caso di protezione del marmo. Controllo dell'efficacia del trattamento nel tempo*, in *Le Pietre nell'Architettura. Strutture e Superfici*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone, 25-28 giugno 1991, pp.797-803.

- Ricci M. (a cura di), *Manutenzione e restauro: conservazione e consolidamento dei materiali lapidei*, Antonino Giuffrè editore, Milano, 1985.

10. Glossario dei termini utilizzati nell'ambito del restauro

ABRASIONE

Asportazione superficiale di materiale in seguito a ripetuta azione di attrito. (DRD)

ABRASIVO

Sostanza sia naturale sia sintetica, con caratteristiche di elevata durezza (cfr. scala di Mohs), adoperato per eseguire lavorazioni di finitura superficiale, di molatura e di taglio su materiali di diverso tipo. Gli abrasivi possono presentarsi allo stato di grani, polveri, o conglomerato. Tra gli abrasivi naturali è da indicare il talco, la pomice, l'ematite, il quarzo, lo smeriglio, il granato, il diamante. Tra quelli sintetici il corindone e i carburi, di silicio, di boro, di titanio, di tungsteno ecc. (EEG)

ACCELERATORE

Qualsiasi sostanza capace di abbreviare i tempi normalmente occorrenti al compiersi di un fenomeno di presa o di indurimento. Il termine ricorre in particolare in riferimento ad additivi che diminuiscono i tempi di indurimento delle malte, come il cloruro di calcio e le resine epossidiche. (ART)

ACETATO

Sale che si ottiene dalla reazione dell'acido acetico con una base di cellulosa. (DRD)

ACETONE

Dimetilchetone. È il più semplice dei chetoni. Si presenta come un liquido volatile e infiammabile, di colore caratteristico, miscibile con acqua, alcool, etere, cloroformio. È uno dei solventi commerciali più largamente usati, per il suo elevato potere solvente e bassa tossicità. L'olio di acetone, ricavato dalla distillazione del legno, è usato per la preparazione di lacche; serve anche per "lavare" l'argento liberandolo da vecchie vernici sintetiche. (EEG-DRD)

ACIDITA'

Misura della concentrazione di ioni di idrogeno (H⁺) derivanti dalla dissociazione di alcune sostanze in soluzione acquosa. L'acidità viene espressa dal logaritmo negativo della loro concentrazione, indicato con la sigla Ph. (EEG)

ACIDI

Sostanze che in soluzione acquosa si dissociano liberando ioni di idrogeno (H⁺). Si dividono in acidi inorganici o minerali (i più comuni sono l'acido solforico, il carbonico e il cloridrico) e organici come l'ossalico e il linoleico. (EEG-DRD)

ACQUA DEIONIZZATA

Acqua dalla quale sono state eliminate le impurezze presenti sotto forma di ioni. Nel restauro è utilizzata nelle operazioni di pulitura. (ART)

ACQUA DEMINERALIZZATA

Acqua ottenuta con un procedimento che si attua sia attraverso la distillazione, mediante l'impiego di evaporatori a multiplo effetto, sia attraverso ricompressione termica o meccanica del vapore prodotto sia, infine, mediante processi di scambio tramite resine cationiche o anioniche (acqua deionizzata). (ESG)

ACQUA DEIONIZZATA

Acqua depurata da tutti i costituenti ionici (elettrolita). Se si esclude la presenza di impurità non allo stato di ioni, è praticamente equivalente all'acqua distillata. La deionizzazione viene effettuata mediante resine scambiatrici di ioni (scambio ionico). La soluzione da deionizzare viene fatta passare su una resina cationica che fissa tutti i cationi liberando una equivalente quantità di ioni di idrogeno H⁺ e l'acqua ottenuta risulta acida; successivamente la si fa passare su una resina anionica che neutralizza l'acidità dell'acqua fissando gli anioni facendola risultare alla fine dell'operazione perfettamente neutra e al contempo esente da ioni. (ESG)

ACQUA DISTILLATA

Acqua chimicamente pura, cioè priva di sali. È ottenuta dall'acqua naturale per ebollizione e successiva condensazione. Per usi particolari si produce anche acqua bi-distillata, ottenuta dall'acqua distillata per successiva ebollizione e condensazione. Completamente inerte, serve per certe operazioni di pulitura (in particolare degli affreschi) e nelle emulsioni quale supportante di solventi per la pulitura dei dipinti. (ESG)

ACQUA RAGIA

Nome usato comunemente per indicare l'olio di trementina. La trementina è una resina oleosa che cola dai fusti di larici, abeti, pini, i cui componenti fondamentali sono il terpene pinene e l'acido abietinico. Per distillazione di tale resina si ottiene l'essenza o olio di trementina. È largamente usata per la preparazione di vernici e colori ad olio. (EEG)

ACQUA OSSIGENATA

perossido di idrogeno (H₂O₂), liquido incolore, piuttosto vischioso, instabile in soluzione alcalina, fortemente ossidante. L'acqua ossigenata viene commercializzata in soluzione acquosa con un titolo (es. a 12 volumi) che indica i litri di ossigeno liberati da un litro di acqua ossigenata per totale scissione in acqua e ossigeno. Viene impiegata come candeggiante e come antisettico. (EEG)

ADESIONE

Fenomeno che si manifesta fra le superfici di contatto di due corpi diversi (solidi o liquidi) sotto forma di attrazione reciproca. Nel caso di corpi uguali si parla più precisamente di coesione. L'adesione dipende dalla natura delle sostanze a contatto e in particolare dalla loro superficie, ma

anche dalla temperatura e dalla pressione; dall'equilibrio tra forze di adesione e forze di coesione dipendono importanti proprietà quali la $\text{tensione superficiale}$ e la capillarità . (EEG)

ADESIVO

Sostanza che viene interposta tra due superfici per farle aderire. Deve possedere la massima affinità molecolare con entrambi i solidi da far aderire. Per quanto un vasto gruppo di sostanze con proprietà adesive possa mostrare anche buone proprietà consolidanti (e protettive), si tende a definire azione adesiva quella che si esplica in relazione a una superficie, azione consolidante quella relativa al complesso di superfici di una porosità . Esistono adesivi di origine animale, dunque sostanze colloidi e adesivi sintetici, materie plastiche di vario tipo con molecola medio-grande.

Secondo l'impiego si distinguono in:

Mastici: adesivi cosiddetti di chiusura, impiegati per sigillare fenditure non sottoposte a sforzo

Adesivi di tenuta: vengono impiegati quando le parti da unire non sono soggette a intensi sforzi (ad es. rivestimenti);

Adesivi strutturali: quando le parti da far aderire devono sopportare carichi maggiori del loro stesso peso.

Secondo il meccanismo di azione in:

Adesivi plastici: soluzioni concentrate di bassi polimeri che agiscono che agiscono tra le superfici a contatto sotto forma di sottile strato di soluzione (nastri adesivi);

Adesivi per contatto: soluzioni di gomma naturale o sintetica e di plastificante che devono agire che agiscono inizialmente sotto pressione in attesa dell'evaporazione del solvente;

Adesivi rigidi: soluzioni di sostanze macromolecolari che esplicano la loro azione adesiva per adsorbimento, nelle superfici da unire, di parti delle catene macromolecolari;

Adesivi strutturali: resine termoplastiche o termoindurenti, applicate a caldo sotto forma di liquido vischioso, sulle superfici accuratamente preparate che vengono poi unite con pressione elevata e costante. (EEG)

ADDENSANTE

Additivo utilizzato per aumentare la viscosità di un preparato. (EEG)

ADDITIVI

Sostanze di diverso tipo che aggregate a certi prodotti ne modificano le caratteristiche aggiungendo determinate qualità. Possiamo avere sostanze additivanti che svolgono funzione idrofobizzante, isolante, ignifuga, fluidificante, stabilizzante alla luce, ecc. (EEG)

AEROSOL

Liquido nebulizzato in un mezzo gassoso, efficacemente impiegato per insetticidi. (DDO)

AGENTE

Nello studio del degrado, forza, sostanza o organismo capace di modificare la morfologia e la struttura dei materiali o degli organismi edili. Sono detti *agenti esogeni* quelli che svolgono dall'esterno la loro azione: acqua, vento, calore, pressione (i cosiddetti $\text{agenti atmosferici}$), oppure animali, piante. Sono *agenti endogeni* quelli che svolgono la loro azione dall'interno (es. salì). Sono detti *agenti mineralizzatori* l'acqua e i composti ad alta tensione di vapore, che intervengono nei processi di cristallizzazione . Sono detti *agenti biochimici* i microrganismi che attaccano le rocce e alterano la composizione chimica dei materiali. (EEG)

ALCALI

Sostanze che si comportano come basi e sono quindi antagoniste degli acidi , dei quali neutralizzano le proprietà. Il termine può essere considerato sinonimo di base ma nell'uso corrente si parla di alcali intendendo gli idrossidi e i carbonati di sodio o di potassio. Tra gli idrossidi, la soda caustica (idrossido di sodio) e la potassa caustica (idrossido di potassio) sono detti alcali forti in quanto fortemente solubili in acqua. (EEG)

ALCOOLI O ALCOLI

Sostanze organiche naturali e sintetiche di formula generale $R - OH$ dove R è un radicale: questo può essere saturo, insaturo, alifatico, aliciclico, aromatico o complesso, ma sono alcoli solo i composti in cui l'ossidrile è legato a un atomo di carbonio saturo. Vengono impiegati soprattutto come solventi. Nel restauro trovano essenzialmente impiego gli alcoli monovalenti, specificatamente nelle operazioni di pulitura (da soli o in miscela con altri liquidi) per la loro capacità di sciogliere alcune componenti delle resine naturali (alcol metilico, alcool etilico, alcool isopropilico). attribui decisamente il termine ai liquidi distillati (alcohol vini, essenza del vino). (EEG)

ALGHE

Denominazione con la quale si indicano molte forme vegetali: si tratta di organismi strettamente legati alla presenza di acqua, senza parti specializzate (in quanto costituite da solo tallo) e comunque sempre autotrofi . A seconda della colorazione si dividono in *alghe brune*, *verdi*, *azzurre* e *rosse*.

Possono vivere in simbiosi con un fungo costituendo i licheni .

Rivestono notevole interesse per la petrografia in quanto partecipano alla formazione delle rocce carbonatate. È il caso delle dolomie triassiche formate da alghe verdi, delle Dolomiti e i calcari formati da alghe rosse del terziario veneto. Inoltre i depositi di diatomee costituiscono le rocce organogene note con il nome di tripoli e farina fossile. (EEG)

ALLUMINA

Ossido di alluminio usato nella fabbricazione di refrattari, porcellane ed abrasivi . E' uno degli inerti usati nelle puliture tramite idrosabbatura e sabbatura controllata. (DRD)

ALTERAZIONE

Mutamento delle caratteristiche di una sostanza causata per lo più da agenti esterni. Nel fascicolo 1/80 delle Raccomandazioni Normal troviamo la precisazione della differenza concettuale esistente tra l'alterazione e la **degradazione**: «Per alterazione si intende una modificazione del materiale che non implica necessariamente un peggioramento delle sue caratteristiche sotto il profilo conservativo.» (EEG-NOR)

ALTERAZIONE CROMATICA

Alterazione che si manifesta attraverso la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore: tinta (*hue*), chiarezza (*value*), saturazione (*chroma*). Può manifestarsi con morfologie diverse a seconda delle condizioni e può riferirsi a zone ampie o localizzate. (NOR)

ALVEOLIZZAZIONE

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli può usare il termine *alveolizzazione a caratura*. (NOR)

AMMONIACA

È un gas, composto binario NH₃ tra idrogeno e azoto, è incolore, di odore acre e irritante. È particolarmente solubile in acqua. Prende il nome dalla divinità egizia Ammone, presso il cui tempio venivano prodotti i sali di ammonio per reazione tra sale marino e sterco animale. Viene conservata liquida sotto pressione in bombole di acciaio ma in commercio si trova anche in **soluzione acquosa**, che può essere più o meno concentrata (**concentrazione di una soluzione**). Viene usata per sintetizzare l'**urea**, il nitrato il solfato e il fosfato d'ammonio, e l'acido nitrico. Viene impiegato come sgrassante e come agente neutralizzante. (EEG)

ANGOLO DI CONTATTO

Valore tramite il quale è possibile indicare la **bagnabilità** di un liquido. Una goccia di liquido applicata su un solido può distribuirsi su di esso assumendo differenti forme a seconda del liquido e del solido. Una goccia d'acqua posta su un materiale idrofobo come la cera, conserva una forma quasi sferica senza spandersi e quindi non è bagnante. Viceversa la stessa goccia posta sopra una superficie di vetro perfettamente sgrassato si spande su di esso assumendo una forma appiattita ossia con una maggiore superficie di contatto e quindi risulta più bagnante. L'angolo di (CHR) contatto si esprime con il la lettera greca

ANOBIDI

Insetti **xilofagi**, appartenenti alla famiglia dei coleotteri, di piccole dimensioni e con antenne di varia forma, comunemente noti come **tarli**, e di cui il rappresentante più noto e diffuso è l'anobio (*Anobium punctatum*). (EEG)

ANTIOSSIDANTE

Composto chimico (detto anche antiossigeni) utilizzato per prevenire le alterazioni ossidative in diversi prodotti. Si tratta principalmente di fenoli, ammine aromatiche, composti solforati e parecchie sostanze naturali, che riescono a interrompere la catena della reazione che sta alla base dell'**ossidazione** impedendo che si propaghi. (EEG)

ANTIPARASSITARIO

Termine generico che indica tutti i prodotti chimici, naturali o sintetici utilizzati per combattere gli organismi animali e vegetali che possono essere dannosi per i materiali. In base al loro impiego specifico si distinguono in **insetticidi**, usati per la lotta contro gli insetti nocivi, **fungicidi**, usati per combattere l'insorgenza di muffe e funghi, **erbicidi** o diserbanti usati contro le infestazioni dovute a piante con apparato radicale e fogliare. (EEG)

ARCUATURA

In relazione ad un'asse di legno, indica un fenomeno di deformazione per cui la tavola assume una forma ad arco: rispetto alla più comune imbarcatura in cui la deformazione è nel senso della larghezza, l'arcuatura indica una deformazione nel senso della lunghezza. È dovuta principalmente alla scarsa stagionatura e al tipo di taglio (per esempio tangenziale). (ART)

ARRUGGINIRE

Processo di **corrosione** dinamica del ferro e dei metalli ferrosi. Si definisce **ruggine** lo strato di colore bruno rossastro che si forma per **ossidazione** sulla superficie del ferro esposto ad **umidità**. (DRD-DDO)

ASSORBIMENTO

In chimica-fisica, termine indicante sia il fenomeno per cui certe sostanze sono in grado di trattenere al loro interno altre sostanze, sia il fenomeno per cui certe sostanze sono invece in grado di trattenere parte dell'energia trasportata da radiazioni elettromagnetiche o da vibrazioni meccaniche che le attraversano. Si tratta di un fenomeno ben distinto da quello dell'**adsorbimento**, che è puramente superficiale. (EEG)

ATTAPULGITE

Materiale argilloso (paligorskite) dalla enorme capacità assorbente che viene usato come **supportante** nella pulitura di materiali lapidei con la tecnica dell'impacco. (DRD)

AUTOTROFO

Organismo capace di sintetizzare i propri costituenti cellulari utilizzando sostanze inorganiche semplici, per esempio l'anidride carbonica, come unica fonte di carbonio. Le piante verdi sono tipici organismi autotrofi. (EEG)

BAGNABILITA'

Capacità di superfici solide di essere bagnate quando poste a contatto con un liquido. La bagnabilità si misura valutando l'**angolo di contatto** tra la goccia di liquido e il materiale. In generale si può constatare che quando le forze di **adesione** tra un liquido e un solido sono maggiori di

quelle di **coesione** del liquido quest'ultimo bagna bene il solido. Normalmente però anziché alla coesione e alla adesione ci si riferisce ad altre grandezze ad esse correlate che sono le tensioni superficiali del liquido (σ_L) e del solido (σ_S) e la tensione interfacciale liquido-solido (σ_{LS}). (DRD-CHR)

BASE

In chimica, termine generico usato per indicare le sostanze che combinate con un **acido** danno un **sale**. Sono riconoscibili in quanto colorano di blu la cartina **tornasole**. È sinonimo di sostanza alcalina. Sono talvolta usate nei trattamenti di pulitura, in quanto agiscono sulle sostanze acide e grasse. La soda e la potassa sono basi molto forti; la calce stessa è una base. Nei restauri vengono usualmente impiegate basi deboli come l'ammoniaca. (EEG-DRD)

BASICO

Che appartiene alla famiglia delle basi. Anche **alcalino**.

BATTERI

Organismi viventi di dimensioni microscopiche (diametro 0,3-100 μ m), per lo più unicellulari e strutturati in modo relativamente semplice. Si possono sviluppare in particolari condizioni termoisometriche con **umidità relativa** superiore al 65-70%. Provocano processi di alterazione e degrado di alcuni materiali. Ceppi particolari di solfobatteri possono rendersi responsabili di alterazioni che producono gesso in materiali lapidei. (EEG-DRD)

BENTONITE

Roccia sedimentaria argillosa composta principalmente da montmorillonite e formata per devetrificazione o alterazione chimica di materiale effusivo vetroso. Ha la caratteristica di assorbire acqua fino al 70% del suo volume, trasformandosi in massa plastica che può essere modellata. È usato come materiale **supportante** per gli impacchi di pulitura dei materiali lapidei. (EEG)

BENZENE

Benzolo, il più semplice idrocarburo aromatico; ha un notevole potere solvente per cere, resine, grassi. Estremamente tossico, è cancerogeno. (DRD)

BIODEGRADABILE

Si dice di un materiale che può essere metabolizzato e decomposto dall'azione di batteri ed altri organismi e trasformato in sostanze non inquinanti o tossiche. (DRD)

BIODEGRADABILITA'

Attitudine di una sostanza organica a decomporsi per azione di processi biologici, con velocità e completezza variabili. Nel contesto della detergenza, con il termine biodegradazione si intende la decomposizione degli ingredienti organici presenti in un formulato mediante l'azione di batteri presenti nei sistemi di trattamento acque, nelle acque superficiali, oppure nel terreno. Poiché i **tensioattivi** rappresentano la parte preponderante di materiale organico nei detersivi, la loro biodegradazione diventa di massimo interesse. I tensioattivi usati oggi nei detersivi di uso domestico presentano tutti una biodegradazione veloce, paragonabile a quella del sapone. (GCH)

BIODETERIOGENI

Organismi quali **batteri**, **muschi**, **licheni**, **alghe**, **funghi** che favoriscono processi di degrado dei materiali. Generalmente fattori termoisometrici sfavorevoli (forte umidità, ristagno d'acqua, esposizione alla luce) facilitano il prosperare di questi organismi che vengono eliminati tramite tecniche di pulitura meccanica o chimica. (DRD)

BIODETERIORAMENTO

Processo di degrado attivato da organismi detti **biodeteriogeni**. Vedi **degrado biotico**. (DRD)

BIOINDICATORI

Sono organismi con un intervallo molto definito di tolleranza a certi fattori ambientali, per cui possono venir usati come spie di quegli stessi fattori. Ogni specie infatti, rispetto ai fondamentali parametri ambientali che ne condizionano lo sviluppo (umidità, temperatura, luce, pH, fattori nutrizionali, inquinamento), ha un valore di tolleranza ottimale. Note queste caratteristiche per ogni organismo, la sua presenza, il suo proliferare o addirittura la sua assenza, forniscono indicazioni ambientali importanti. Un caso classico è quello dei licheni, visti come bioindicatori di inquinamento, in quanto la loro scomparsa è stata correlata alla presenza di anidride solforosa nell'aria. (PED)

BOLLA

Termine generico e gergale a indicare un fenomeno di **decoesione** all'interno degli strati pittorici (o tra questi e il supporto) che si manifesta con la formazione di un vuoto a forma prevalentemente emisferica. Nella pittura parietale, ad esempio, il termine può indicare sia un rigonfiamento causato dalla presenza di un **calcinaro**, sia il vuoto causato dall'applicazione di rivestimenti (vernici finali) a insufficiente traspiranza. (ART)

CALCINAROLO

bottacciolo, **calcinello**, **palombella**. Nodulo presente nella malta dovuto a un non completo spegnimento della calce viva. Può causare dei fenomeni di **decoesione** all'interno degli strati con la formazione di **fenditure** e, più frequentemente, di vuoti di forma prevalentemente circolare (**bolla**). (ART)

CALCINAZIONE

Procedimento che consiste nel riscaldare una sostanza a elevata temperatura, così da allontanare tutte le sostanze volatili, sia quelle in essa originariamente contenute, sia quelle che si formano per la decomposizione della sostanza stessa provocata dal riscaldamento. Per estensione si chiama calcinazione il degrado subito dal materiale lapideo a causa di un incendio. (DRD)

CAMPIONE

Porzione rappresentativa di un insieme da analizzare del quale si vogliono determinare composizione o proprietà. Il campione può essere analizzato senza alcuna preparazione o manipolazione, oppure prelevato e adattato alle specifiche esigenze analitiche. (DRD)

CAPILLARITA'

Fenomeno presentato dai liquidi entro tubi di sottilissimo diametro (~ 0.1 mm.), detti capillari, per cui il liquido raggiunge nel tubo un livello superiore o inferiore a quello del liquido esterno al capillare secondo che bagni le pareti del tubo (tenda cioè ad aderirvi) oppure no. L'altezza del liquido risulta inversamente proporzionale al raggio del capillare e sarà tanto maggiore quanto più sottile è il tubo. L'azione assorbente dei materiali è dovuta alla capillarità negli interstizi tra i cristalli. (ESG)

CARBOSSIMETILCELLULOSA

Sale sodico. E' solubile esclusivamente in acqua, con la quale forma un impasto di alta densità e con elevatissime proprietà di ritenzione. Da anni è impiegata come **supportante** per la dispersione di **soluzioni** reattive acquose (es. il carbonato di ammonio) nella pulitura dei dipinti murali e dei materiali lapidei. (CHR)

CARICA

Nella tecnologia chimica, termine con cui si indicano genericamente sostanze aggiunte ai componenti base di un prodotto per aumentarne il peso o il volume oppure per aumentare particolari proprietà del prodotto. (ESG)

CARIE

Alterazione del legno causata da attacchi fungini. Si distingue in carie bianca (distruzione prevalente della lignina) e carie bruna, o burrosa, o a cubetti (distruzione della cellulosa con conseguente ritiro della lignina che, fessurandosi, prende una caratteristica forma a cubetti). (ART)

CARNAUBA

cera carnauba (dal portoghese carnauba, da una voce guarani). Cera estratta dalle foglie di una pianta brasiliana, la Copernicia cerifera. Si presenta dura, fragile, untuosa, variamente colorata (dal verdastro al grigio giallognolo): nel restauro è utilizzata mescolata ad altre cere per aumentarne il punto di fusione, la durezza, la resistenza, la lucentezza, e per diminuirne la plasticità e la tendenza a cristallizzare. (ART)

CARTA GIAPPONESE

Carta leggerissima ottenuta dalle fibre di riso, caratterizzata da notevole robustezza e da trasparenza. Disponibile in diversi spessori, trova impiego nel restauro come carta per la velinatura in alternativa alla normale **carta velina**. (ART)

CARTA MELINEX

Carta per il fissaggio. È trasparente e siliconata sui due lati, resiste bene al calore, all'umidità, ai grassi ed è antiaderente. (ART)

CARTA VELINA

Carta particolarmente sottile senza colla prodotta da residui tessili. Nel restauro è utilizzata durante gli interventi di rintelatura per la velinatura in alternativa alla **carta giapponese**. (ART)

CASEINA

Sostanza proteica contenuta nel latte, dal quale si separa per coagulazione mediante l'azione del caglio o di **acidi**. Nelle tecniche pittoriche ha trovato vario impiego sia come legante nelle tempere sia come elemento nella preparazione dei supporti lignei. (ART)

CASEINATO DI CALCIO O CASEATO

Forte adesivo utilizzato per ripristinare la coesione della malta interessata da fenomeni di **distacco**. Può anche essere utilizzato per incollare tavole di legno. (DRD)

CATALISI

Fenomeno per cui alcune reazioni chimiche vengono accelerate o ritardate per la presenza di sostanze dette **catalizzatori** che risultano inalterate alla fine del processo e possono anche influenzare la struttura dei prodotti. Se l'azione del catalizzatore determina un aumento nella velocità di reazione avviene una **catalisi positiva** in caso contrario una **catalisi negativa**. (ESG)

CATALISI ENZIMATICA

Catalisi tipica degli organismi viventi e in cui i catalizzatori sono gli **enzimi**. Questi possono catalizzare molti tipi di reazioni chimiche, e ciascun tipo di enzima è specifico per un tipo di reazione. (ESG)

CATALIZZATORE

Elemento o sostanza chimica che determina un aumento della velocità di una reazione. Il catalizzatore influenza positivamente o negativamente (in questo caso si parla di inibitore) una reazione chimica senza parteciparvi direttamente. Esempi di catalizzatore nel campo artistico sono alcuni ioni di metalli bivalenti (piombo, arsenico, cobalto) che agevolano la polimerizzazione degli oli, aumentandone la velocità di essiccamento. (DRD)

CATIONI

Ioni carichi di elettricità positiva normalmente presenti nelle **soluzioni** elettrolitiche degli **acidi**, delle **basi** e dei **sali** (in questo caso si formano per dissociazione) e nei sali fusi; la loro denominazione è dovuta al fatto che nei processi elettrolitici (**elettrolisi**) migrano verso il catodo. (ESG)

CAVILLATURA

Difetto (talvolta ottenuto ad arte) dello smalto superficiale delle maioliche che si presenta percorso da innumerevoli venature capillari. Il termine ricorre ugualmente in relazione al sistema di lesioni capillari che possono interessare lo strato superficiale di un intonaco, per lo più dovute (come nel caso della *③ craquelure* di essiccamento in pittura) a fenomeni di ritiro dovuti ad un essiccamento troppo rapido della malta. (ART)

CELLULOSA

Principale *③ polimero* strutturale del regno vegetale dove costituisce la sostanza di sostegno della pianta. Allo stato puro è presente nel cotone. Si ottiene industrialmente sottoponendo a trattamento meccanico e chimico il legno di alcune piante e alcuni sottoprodotti agricoli. Trova impiego, tra l'altro, nella fabbricazione della carta, di fibre tessili e di materie plastiche. Nel settore del restauro trova inoltre impiego sotto forma di polpa di legno come materiale di supporto per *③ solventi* e reattivi in soluzione nelle operazioni di pulitura e di consolidamento dei dipinti murali. (ART)

CERA

Nome comune di esteri di acidi grassi con alcoli superiori monovalenti di origine vegetale o animale. Nelle tecniche pittoriche e nel restauro trovano particolare impiego la cera di api e, in misura minore, la candelilla e la *③ carnauba*. Per quanto impropriamente (non contenendo *③ esteri*) è tradizionalmente considerata una cera anche la *③ paraffina*, per l'aspetto e le simili proprietà. (ART)

CERAMBICIDI

Famiglia di insetti coleotteri con corpo allungato, antenne sottili, a volte più lunghe di tutto il corpo. Gli adulti vivono in genere nelle fessure dei tronchi cibandosi di sostanze vegetali. Le larve scavano lunghe e tortuose gallerie nel legno morto. (ESG)

CIANOACRILATO

Resina cianoacrilica. ③ Resina sintetica utilizzata come ③ adesivo, caratterizzata dalla capacità di polimerizzare rapidamente sotto pressione, assicurando una giunzione tenace tra i materiali incollati e senza creare praticamente spessore. Si presta a essere utilizzata su svariati materiali, compresi quelli vetrosi e ceramici. Nel restauro trova impiego solo nei casi in cui l'esigenza della ③ reversibilità non sia considerata prioritaria, dato che il giunto è resistente alla maggior parte dei ③ solventi, ad esclusione della dimetilformamide. (ART)

CIPOLLATURA

Difetto del legname consistente nel *③ distacco* totale o parziale tra due anelli di accrescimento annuali consecutivi. E' provocato dal gelo o da sollecitazioni meccaniche del fusto durante la sua crescita. E' facilmente riscontrabile nel castagno, mentre ne sono esenti tutte le specie resinose. (ART)

CLOROTENE

Tricloroetano. E' un cloroderivato, molto volatile e poco tossico. E' impiegato nel restauro come ③ solvente blando per sciogliere ③ resine sintetiche. In condizioni normali non è infiammabile. A causa dell'alta ③ volatilità è consigliabile utilizzarlo con precauzione. (ART)

COEFFICIENTE DI DILATAZIONE

Coefficiente che esprime la variazione dimensionale che si verifica in un materiale in corrispondenza di una variazione unitaria di temperatura. Può essere considerata sia la variazione di volume sia quella di lunghezza. (GCH)

COESIONE

Forza che si esercita fra le molecole di un corpo opponendosi al loro distacco. La coesione in pratica determina lo stato di aggregazione: è molto grande nei solidi, minore nei liquidi, nulla nei gas. (ESG)

COLATICCIO

Deposito lasciato dall'acqua di *③ ruscellamento*. Le polveri trasportate dall'acqua si depositano preferenzialmente lungo i bordi del colaticcio, dove la velocità è minima; tale deposito di polveri mantiene l'umidità più a lungo. Ciò favorisce l'accrescimento del deposito che quindi aumenta col tempo. I colaticci sono nettamente riconoscibili e rimangono localizzati per secoli. (IRA)

COLEOTTERI

Ordine di insetti alati di forma, colore e dimensioni fortemente variabili. Rappresentano un gruppo significativo tra gli insetti *③ xilofagi*, attaccando e distruggendo il legno, alcuni già allo stato larvale, altri allo stato adulto. I più diffusi sono gli *③ Anobidi*, lo *Xestobium rufovillosum* (o orologio della morte) che attacca essenzialmente il rovere e altre latifoglie, e inoltre l'*Hilotrupes bajulus* (che attacca i legni di conifere stagionate) e il genere *Lictus* (che attacca preferibilmente le latifoglie a pori grandi). (ART)

COLLA

Termine generico per indicare una sostanza con potere di aderire e di far presa su diversi materiali. Le varie colle descritte nei ricettari antichi si possono classificare in colle animali e colle vegetali. (ART)

COLLAGENE

Proteina fibrosa molto abbondante nel regno animale, caratteristica del tessuto connettivo dove viene sintetizzata da particolari cellule dette fibroblasti. Le fibre collagene (di m e di lunghezza assai variabile) sono flessibilissime e comprese fra 1 e 12 μ e offrono grande resistenza alla trazione. Il collagene, denaturato con la bollitura o con mezzi chimici, si trasforma in gelatina. (ESG)

COLLOIDI, SOSTANZE

Sostanze la cui velocità di diffusione in soluzione attraverso una membrana di pergamena risulta pressoché nulla. Il campo di esistenza delle soluzioni colloidali è limitato da un lato dalle *③ sospensioni*, dall'altro dalle *③ soluzioni* vere e proprie. Le particelle presenti nelle soluzioni

colloidal, contrariamente a quanto avviene nelle sospensioni, non sono visibili al microscopio ottico e, contrariamente a quanto si verifica per le soluzioni vere, non diffondono attraverso le membrane di pergamena. Si tratta di soluzioni stabili e tra le caratteristiche hanno quella della presenza di cariche elettriche sulla superficie delle particelle (Ⓢ *elettroforesi*) sono sostanze colloidal i Ⓢ *gel* e gli Ⓢ *aerosol*. (ESG)

COLORANTE

Sostanza che si fissa stabilmente, attraverso un legame chimico o per Ⓢ *adsorbimento* fisico, ad un materiale, conferendogli una colorazione diversa da quella originaria. Si distingue per questo da un Ⓢ *pigmento*, che è una sostanza colorata semplicemente dispersa nella massa che si vuole colorare. Nonostante siano noti da molto tempo vari coloranti naturali, la maggior parte di quelli oggi usati ha origine sintetica e consiste in molecole organiche contenenti spesso atomi di azoto e/o zolfo. (GCH)

COMPATIBILITA'

Nel restauro si intende l'affinità chimico-fisica fra i materiali usati per l'intervento e quelli originali; nel caso di interventi su manufatti lapidei, ad esempio, i primi non devono provocare danni di tipo meccanico (causati da reattività termica o coefficienti di dilatazione diversi), fisico (per differenza Ⓢ *permeabilità* o Ⓢ *porosità*), chimico (per formazione di Ⓢ *sali*). (DRD)

COMPOSTI INORGANICI

Ⓢ *Composti* la cui molecola è formata da alcuni elementi chimici purché diversi dal carbonio: fanno eccezione l'ossido di carbonio (CO), l'anidride carbonica (CO₂), l'acido carbonico (H₂CO₃) e i suoi sali, cioè i carbonati che sono considerati ancora composti inorganici. I composti inorganici di base, derivati da metalli e da non metalli, sono chiamati Ⓢ *ossidi*, anidridi, Ⓢ *basi*, Ⓢ *acidi*, idracidi e Ⓢ *sali*. (PED)

COMPOSTI ORGANICI

Ⓢ *Composti* la cui molecola è formata essenzialmente da carbonio, idrogeno e ossigeno; più raramente compaiono altri elementi come i non metalli azoto, fosforo, zolfo, alogeni e i metalli silicio e magnesio. (PED)

COMPOSTO

Qualunque sostanza contenente elementi differenti legati fra loro in rapporto fisso e costante, esprimibile con una formula chimica. (ESG)

COMPOUNDING

E' l'operazione in cui un Ⓢ *polimero* viene mescolato con altre sostanze per trarne un materiale con le caratteristiche desiderate. Il compounding può essere fatto in estrusore o in opportuni miscelatori. (GCH)

CONCENTRAZIONE, di una soluzione

Chiamiamo concentrazione il rapporto esistente fra la quantità di soluto e la quantità di Ⓢ *solvente* in una Ⓢ *soluzione*. Essa può essere espressa in vari modi:

- g/kg esprime il rapporto tra il peso del soluto e il peso del solvente;
- g/l esprime il rapporto tra il peso del soluto e il volume della soluzione;
- M esprime il rapporto tra moli di soluto in un litro di solvente
- N esprime l'indice di normalità: viene usato per le soluzioni di Ⓢ *acidi* o di Ⓢ *basi*, composti per i quali si può considerare un grammo equivalente. Si hanno così soluzioni che contengono 1 eq., un suo multiplo o sottomultiplo in un litro di soluzione (1N, 2N, 0,5N).

(ESG)

CONCREZIONE

Deposito compatto generalmente formato da elementi di estensione limitata, sviluppato preferenzialmente in una sola direzione non coincidente con la superficie lapidea. Talora può assumere forma stalattitica o stalagmitica. (NOR)

CONDENSA

Acqua che si forma in seguito al fenomeno di Ⓢ *condensazione*. Il fenomeno della condensa è particolarmente dannoso per i dipinti murali in quanto agisce sui meccanismi di solubilizzazione dei sali presenti nel supporto murario che portano a migrazione degli stessi e a ricristallizzazione sulla superficie con formazione di Ⓢ *efflorescenze* saline o cristalli dannosi per lo strato pittorico. (DRD)

CONDENSAZIONE

Fenomeno per cui una sostanza passa dallo stato di vapore allo stato liquido. La condensazione può avvenire a qualunque temperatura, ma ovviamente avviene di preferenza a contatto con pareti fredde alle quali il vapore può cedere il calore (calore latente di condensazione) di cui deve liberarsi per condensare. (ESG)

CONDUTTIVITA'

Attitudine di un corpo a favorire la propagazione di un agente fisico, per esempio il calore (Ⓢ *conduzione termica*) o la corrente elettrica (conducibilità elettrica). (ESG)

CONDUTTORE

Corpo che permette la propagazione di un agente fisico (conduttore elettrico, conduttore termico); si contrappone a coibente e ⑩ *isolante*. (ESG)

CONSUNZIONE

Forma di degrado per sfregamento cui sono soggette pavimentazioni con decorazioni musive, lapidee, ceramiche, ecc. dovuta al continuo calpestio. Il termine è usato anche in relazione allo stato di conservazione di dipinti o per indicare l'alterazione di un'opera, legata ad un culto religioso, sottoposta a sfregamento continuo dei fedeli su uno o più punti della superficie. (DRD)

CONVEZIONE

Trasferimento di calore in un liquido o un gas provocato dal movimento del fluido. Le parti di fluido a contatto di una sorgente di calore diventano più calde, si espandono, diventano meno dense e tendono a salire, la loro primitiva posizione è allora occupata da materia più fredda. Si creano in questa maniera le cosiddette *correnti convettive*. (MTR)

COPOLIMERI

⑩ *Polimeri* contenenti nella catena più di un tipo di monomero; ne possono esistere diversi tipi a seconda del processo di ottenimento: a blocchi, ad innesto, random, alternati. (GCH)

CORINDONE

Minerale, ossido di alluminio Al_2O_3 (allumina). Si presenta in cristalli singoli ben formati e prismatici, di lucentezza adamantina. Ha elevata ⑩ *durezza* (9) e densità 4 g/cm³. Le varietà più pregiate sono lo zaffiro, il rubino, lo smeraldo, il topazio, l'ametista, l'acquamarina. La varietà compatta color bruno viene usata col nome di *smeriglio* come ⑩ *abrasivo* industriale. (ESG)

CORRASIONE

Processo di degrado di materiali lapidei dovuto a cause meccaniche e provocato da agenti atmosferici (piogge, venti). (DRD)

CORROSIONE

Processo di degrado dei materiali lapidei causato da sostanze corrosive che con essi vengono a contatto. (DRD)

CORTICALE

Che si riferisce alla superficie di un oggetto. Mutuato dalla botanica: relativo alla corteccia.

CRACKING

⑩ *pirolisi*

CRAQUELURE

Lemma francese per ⑩ *cretti*, screpolatura di una superficie pittorica o lapidea dovuta a trazioni meccaniche indotte da fenomeni fisici o chimici. (DRD)

CREPA

⑩ *Fessura* che si produce in un intonaco o in un manufatto lapideo. (DRD)

CRETTI

Microfratture che formano un reticolo sulla superficie pittorica o lapidea, ⑩ *craquelure*.

CRISTALLIZZAZIONE

In chimica operazione di separazione di una sostanza, allo stato cristallino, da una soluzione, oppure da un bagno fuso o direttamente da vapori. Gran parte dei prodotti chimici commerciali è ottenuta nella forma finale mediante cristallizzazione.

La cristallizzazione determina la "cementazione" di malte e intonaci e può essere legata a fenomeni di degradazione in particolare per la cristallizzazione di ⑩ *sali* sulla superficie o all'interno dei materiali lapidei. Le soluzioni saline migrano nella pietra a causa della sua ⑩ *porosità*, quando affiorano in superficie lasciano precipitare i sali che contengono a causa dell'evaporazione dell'acqua. I sali si organizzano in minutissimi cristalli ⑩ *efflorescenze* o ⑩ *subefflorescenze*. (ESG)

CROSTA

Strato superficiale di alterazione del materiale lapideo o dei prodotti utilizzati per eventuali trattamenti. Di spessore variabile, è dura, fragile e distinguibile dalle parti sottostanti per le caratteristiche morfologiche e, spesso, per il colore. Può distaccarsi anche spontaneamente dal substrato che, in genere, si presenta disgregato e/o polverulento. (NOR)

CROSTA NERA

Strato di materiale di vario tipo, duro e uniforme, proveniente dal degrado della pietra carbonatica operato dalle ⑩ *piogge acide* e da altri ⑩ *inquinanti atmosferici*. Hanno spessore anche di qualche millimetro e composizione complessa; sono costituite da cristalli di calcite sfuggiti

all'attacco acido della pioggia, da cristalli di nitrato, solfato e carbonato di calcio che derivano dall'evaporazione della soluzione formatasi per l'azione delle piogge acide sulla pietra. Il colore nero è dato da particelle molto fini di carbonio. (PED)

DECANTAZIONE

Operazione effettuata in apparecchi appositi (decantatori) che consente di separare le due fasi di una dispersione per mezzo della forza di gravità. Si impiega generalmente per le miscele solido-liquido, ma si può applicare anche alla separazione di due liquidi immiscibili (Ⓢ *miscibilità*) a diversa densità o anche di miscele gas-solido. (ESG)

DECOESIONE

Perdita di coesione fra gli elementi che compongono la struttura di un manufatto, da cui deriva l'alterazione dei suoi caratteri originari. (DRD)

DEFORMAZIONE

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore dei materiali e che si presenta soprattutto in elementi lastriformi. (NOR)

DEFORMAZIONE ELASTICA

Deformazione reversibile, cioè senza un allontanamento permanente degli atomi (o delle molecole) dalla loro reciproca posizione iniziale. La deformazione risulta proporzionale al carico applicato (legge di Hooke) secondo una costante di proporzionalità rappresentata dal modulo elastico del materiale in esame. (GCH)

DEFORMAZIONE PLASTICA

Deformazione permanente provocata dallo spostamento di atomi (o molecole) in posizioni reciproche diverse da quelle iniziali. Ciò avviene quando i materiali vengono sottoposti a carichi superiori a quello di snervamento e la deformazione non è proporzionale al carico applicato. (GCH)

DEGRADAZIONE DIFFERENZIALE

Degradazione da porre in rapporto alla eterogeneità di composizione o di struttura del materiale, tale quindi da evidenziarne spesso di originali motivi tessiturali o strutturali. (NOR)

DEPOSITO SUPERFICIALE

Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali, ad esempio, polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile e, generalmente scarsa coerenza e aderenza ai materiali sottostante. (NOR)

DEPURAZIONE

Trattamento col quale il contenuto di impurezze nelle sostanze viene abbassato a livelli compatibili con gli usi a cui le sostanze stesse sono destinate. Particolarmente importante è la depurazione delle acque. Quando sia richiesta una eliminazione spinta delle impurezze dai composti chimici si ricorre alla purificazione che è destinata ad eliminare ogni sostanza che possa inquinare un prodotto e si può realizzare per i liquidi tramite distillazione, estrazione con solventi, scambio ionico, Ⓢ *adsorbimento*. (ESG)

DETERGENTE

Sostanza organica che, disciolta in acqua, è in grado di allontanare da un substrato solido il materiale estraneo solido o liquido in esso penetrato (sudiciume, polvere, grasso, ...)

Detergenti *anionici* comprendono i sali di acidi grassi carbossilici, detti saponi, ottenuti dalla saponificazione dei grassi naturali.

Detergenti *cationici* comprendono cloridrati di ammine alifatiche, secondarie e terziarie e derivati di ammoniaci quaternari; questi ultimi hanno anche azione battericida.

Detergenti *non ionici* sono sostanze aventi come parte idrofila un gruppo poliossimetilenico a 5-10 unità. Sono di basso costo e largo consumo. (ESG)

DILAVAMENTO

Fenomeno di degradazione superficiale dei materiali di rivestimento sottoposti all'azione Ⓢ *solvente* delle acque meteoriche. Ad una prima azione dell'acqua di tipo pulente, sopraggiunge, con il tempo, un'azione erosiva che può portare a Ⓢ *disgregazione* e Ⓢ *decoesione* del materiale. (DRD)

DILUENTE

Sostanza fluida capace di disperdere e Ⓢ *diluire* soluti o altri fluidi; sinonimo di Ⓢ *solvente*.

Nelle tecniche pittoriche sono diluenti tutte quelle sostanze liquide che hanno la proprietà di diminuire la concentrazione di un altro liquido senza alterarne le proprietà caratteristiche.

(DRD)

DISGREGAZIONE

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

(NOR)

DISPERSIONE

In chimica termine che è sinonimo di sistema comprendente più fasi: indica cioè Ⓢ *sospensioni* (solidi dispersi in liquidi), Ⓢ *emulsioni* (liquidi dispersi in liquidi), soluzioni colloidali e nebbie (dispersione di solidi in gas).

(ESG)

DISTACCO

Soluzione di continuità tra strati superficiali del materiale, sia tra loro che rispetto al substrato; prelude in genere alla caduta degli strati stessi. Il termine si usa in particolare per gli intonaci e i mosaici. Nel caso di materiali lapidei naturali, le parti distaccate assumono spesso forme specifiche in funzione delle caratteristiche strutturali e tessiturali, e si preferiscono allora voci quali ③ *crosta*, ③ *scagliatura*, ③ *esfoliazione*.
(NOR)

DUREZZA

Caratteristica dei materiali solidi di cui non esiste una esatta definizione, ma solo criteri di valutazione empirica, basati sulla resistenza che essi offrono alla scalfittura, all'abrasione e alla penetrazione, a seconda del metodo di determinazione impiegato. La durezza dei *minerali* viene riferita alla scala di ③ *Mohs* confrontando la traccia lasciata sul minerale da una punta di diamante. La durezza dei *metalli* viene prevalentemente misurata con la prova della penetrazione: il rapporto P/S tra il carico applicato a un punzone di caratteristiche assegnate e la superficie dell'impronta ottenuta sul materiale fornisce l'indice di durezza in kg/mm².
(ESG)

DUTTILITA'

Proprietà dei materiali di lasciarsi ridurre in fili sottili. Le sostanze più duttili sono i metalli (particolarmente platino e argento). Nelle tecnologie il criterio di duttilità è fornito dalla minore o maggiore resistenza alla rottura di un materiale che abbia subito ③ *deformazioni* permanenti.
(ESG)

EDTA

Sigla dell'acido EtilenDiamminoTetraAcetico. Acido tetracarbossilico bianco, poco solubile in acqua che viene usato sotto forma di sale sodico come agente sequestrante per la proprietà di formare con gli ioni dei metalli composti di coordinazione molto solubili e stabili, mascherandone quindi la presenza in soluzione. Esso ha la capacità di catturare gli ioni di calcio e per questo viene usato nella pulitura di manufatti lapidei dalle croste nere. È un composto della miscela AB57. Viene usato come ③ *solvente* per ③ *efflorescenze* saline costituite di carbonato di calcio su dipinti murali e per complessare ioni metallici bivalenti (macchie ferruginose).
(ESG-PED-DRD)

EFFLORESCENZA

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o pulverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la ③ *cristallizzazione* può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di *criptoefflorescenza* o ③ *subefflorescenza*.
(NOR)

ELASTICITÀ

Proprietà di un corpo sottoposto a sollecitazione di deformarsi e riprendere la configurazione iniziale al termine della sollecitazione. Contrario di ③ *plasticità*.
(ESG)

ELASTOMERI

③ *Polimeri* naturali o sintetici, che allo stato vulcanizzato possiedono particolari proprietà elastiche. In particolare gli elastomeri fluorurati sono polimeri di varia formulazione che va dal *teflon* fino a oli fluorurati fluidi. Alcuni elastomeri fluorurati sono stati impiegati nella fermatura della patina sui marmi.

Un elastomero è un polimero che, da solo o opportunamente trasformato (mescolato con vari ingredienti e reticolato), presenta, nelle condizioni di utilizzo, proprietà elastiche per cui, se sottoposto a forze di trazione, raggiunge allungamenti elevati (diverse volte la propria lunghezza) e, rimuovendo la sollecitazione, recupera sostanzialmente e in tempi brevi le dimensioni iniziali. Esistono elastomeri naturali ed elastomeri sintetici.
(ESG-DRD-GCH)

ELETTROFORESI

Fenomeno elettrocinetico per cui particelle colloidali o ioni macromolecolari dotati di carica elettrica si muovono sotto l'influenza di un campo elettrico, spostandosi verso il catodo (*cataforesi*) se sono dotate di carica positiva e verso l'anodo (*anaforesi*) se hanno invece carica negativa.
(ESG)

ELETTROLISI

Processo di separazione (lisi) dei componenti di una *soluzione elettrolitica* per effetto della corrente elettrica e, più genericamente, tutte le trasformazioni chimiche che avvengono in un elettrolizzatore durante il passaggio di energia elettrica. Un elettrolizzatore è un sistema elettrochimico costituito da un ③ *elettrolita* (③ *soluzione acquosa* di un sale, di un ③ *acido*, di una ③ *base*, o un sale fuso) a contatto con due elettrodi metallici, tra i quali si applica una tensione continua mediante un generatore. Per effetto del campo elettrico venutosi a creare tra gli elettrodi, gli ioni positivi (cationi) e gli ioni negativi (anioni) presenti nell'elettrolita migrano rispettivamente verso l'elettrodo carico negativamente (catodo) e verso l'elettrodo carico positivamente (anodo).
(ESG)

ELETTROLITA

Composto chimico che in soluzione subisce dissociazione elettrolitica. Tutti i sali e molti acidi e basi inorganiche, disciolti in acqua, si scindono completamente in ioni e vengono chiamati *elettroliti forti*. Altre sostanze, in generale acidi e basi organiche e alcuni sali presenti in soluzione in parte come ioni e in parte come molecole indissociate, prendono il nome di *elettroliti deboli*. Ciò significa che, a parità di concentrazione, la conducibilità elettrica (che dipende dal numero di ioni) di un elettrolita debole è minore di quella corrispondente di un elettrolita forte.
(ESG)

ELUIZIONE

In chimica operazione mediante la quale una componente (ione o molecola) viene trasportato in una corrente fluida (gassosa o liquida) dopo essere stato de-assorbito o de-adsorbito (solubilizzato nel caso si tratti di un precipitato); per le resine a scambio ionico consiste nel trasporto in una corrente liquida di ioni precedentemente inglobati nella resina.

(ESG)

EMICELLULOSA

Polisaccaride complesso, solubile in alcali diluiti e facilmente idrolizzabile, che costituisce uno dei componenti delle pareti delle cellule vegetali e serve alle piante come materiale di riserva.

(ESG)

EMULSIONE

Dispersione di un liquido sottoforma di gocce minutissime in un altro liquido non miscibile. La stabilità dell'emulsione dipende da molti fattori, quali la temperatura e la presenza di sostanze stabilizzatrici colloidali dette emulsionanti (per esempio gomma arabica).

(ESG)

ENDOTERMICA, Reazione

Reazione chimica che avviene con sottrazione di calore dall'ambiente circostante.

(GDG)

ENSIMAGGIO

Trattamento lubrificante applicato sulle fibre per facilitare le operazioni a valle della filatura e sui fili continui per migliorarne gli andamenti nelle successive fasi di lavorazioni.

(GCH)

ENZIMI

Sostanze di natura proteica dotate di attività catalitica, in grado cioè, di accelerare una reazione chimica e di ritrovarsi inalterate alla fine del processo. Gli enzimi vengono classificati in base al tipo di reazione catalizzata: una classificazione internazionale li divide in sei classi: *ossidoreduttasi, transferasi, idrolasi, liasi, isomerasi, liasi*.

(ESG)

EQUILIBRIO CHIMICO

Ogni reazione chimica è caratterizzata da una cinetica, che ne individua la velocità e da una costante di equilibrio chimico, uguale al rapporto tra le concentrazioni di prodotti e reagenti e correlata alla variazione di energia libera (termodinamica) indotta dalla reazione stessa. Se la variazione di energia libera (che comprende termini di calore di reazione e di variazione di entropia) è favorevole, la reazione tende a decorrere, allora si parla di equilibrio spostato verso i prodotti. In caso contrario (bassa costante di equilibrio) sia in laboratorio, sia negli impianti industriali, spesso si ricorre ad una continua rimozione dei prodotti che, dovendo il rapporto tra prodotti e reagenti rimanere costante, induce una progressiva trasformazione di questi ultimi.

(GCH)

ERBICIDI

Fitofarmaci in grado di combattere le erbe infestanti eliminando la loro competizione con la coltura utile da proteggere, ovvero idonei ad eliminare la vegetazione indesiderata. Esempi di classi chimiche di erbicidi sono: triazine, difenileteri, solfoniluree, imidazolinoni.

(GCH)

EROSIONE

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura, diversa. Quando sono note le cause del degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per \otimes *abrasione* o erosione per \otimes *corrasione* (cause meccaniche), erosione per \otimes *corrosione* (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

(NOR)

EROSIONE SUPERFICIALE

Processo di degrado del legante che avviene, a carbonatazione avvenuta, per l'azione dell'acqua piovana; questa, combinata con l'anidride carbonica, l'anidride solforosa, solforica e altre sostanze si trasforma in acido e attacca il carbonato di calcio, provocando l'erosione della superficie dell'intonaco.

ESFOLIAZIONE

Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati subparalleli fra loro.

(NOR)

ESOTERMICA, Reazione

Fenomeno chimico che avviene con emissione di calore.

(GDG)

ESSICCAMENTO

Operazione di allontanamento per evaporazione di un liquido (generalmente acqua) da un'altra sostanza. Il solido può contenere il liquido solo superficialmente (liquido adsorbito) o anche al suo interno; in questo secondo caso le molecole di liquido possono essere legate chimicamente a quelle del solido (liquido di costituzione) oppure no (liquido di impregnazione).

(ESG)

ESTERI

Composti organici formati nelle cosiddette reazioni di esterificazione. Di queste la più importante è quella diretta tra un acido e un alcool in presenza di acidi minerali che esplicano un'attività catalitica aumentando la velocità di reazione. Sono poco volatili, non separabili per distillazione e immiscibili con l'acqua, vengono separati per **decantazione**. Poiché gli esteri sono più stabili degli **acidi** di partenza, possono venir usati per purificare gli acidi, trasformandoli in esteri che vengono poi distillati o cristallizzati e ripristinando l'acido di partenza per **idrolisi** dall'estere. Tra gli esteri più importanti ci sono gli oli e i grassi.

(ESG)

ESTERI DELL'ACIDO SILICICO

Sostanze basso-molecolari che penetrano in profondità nella pietra. Grazie all'azione di un **catalizzatore** neutro, reagiscono con l'umidità atmosferica o con l'acqua presente all'interno dei pori della pietra, liberando **alcool** e formando un **gel** di silice che diventa il nuovo legante dei granuli disgregati. I sottoprodotti della reazione chimica sono inattivi in quanto si volatilizzano molto rapidamente. Sono monocomponenti e dunque facilmente applicabili e producono oltre all'azione consolidante anche un aumento dell'**impermeabilità** del materiale pur lasciando inalterata la capacità di traspirazione ai pori.

ESTRAZIONE CON SOLVENTE

Trasferimento selettivo di un componente di una **soluzione** liquida ad un **solvente** particolarmente affine al componente da estrarre e poco solubile nella soluzione trattata.

(GCH)

ETANOLO

alcool assoluto, spirito di vino, alcool etilico. E' un prodotto della fermentazione delle sostanze vegetali contenenti zuccheri e amidi: l'acqua necessaria alla fermentazione viene eliminata con la distillazione che fornisce l'**alcool** propriamente detto, e che può essere ripetuta più volte per ottenere un alcool sempre più rettificato, cioè privo d'acqua. L'alcool etilico è un liquido molto volatile, buon solvente delle resine, delle vernici e dei bitumi. Nel restauro viene impiegato come **solvente** di vernici, di tutte le **resine naturali** molli e di alcune **resine sintetiche**: ancora oggi rimane uno dei solventi più conosciuti ed usati per la pulitura dei dipinti, anche per la scarsa tossicità (in elevate concentrazioni provoca comunque effetti anestetici e danni a carico del fegato). Tende, per la **volatilità**, a provocare l'effetto *bloom* (vedi **imbianchimento**).

(ART)

ETERI

Composti chimici organici di formula R-O-R', dove con R e R' si indicano due radicali, uguali o di diversa natura, alchilici, acrilici o eterociclici. Gli eteri sono sostanze caratterizzate da bassa reattività, poco solubili in acqua, miscibili con la maggior parte dei **solventi** organici.

(ESG)

ETEROTROFO

Dicesi di organismo che dipende per il proprio fabbisogno alimentare ed energetico da altri organismi animali o vegetali. Sono eterotrofi la maggior parte degli organismi animali e vegetali, e gran parte dei batteri. Si contrappone ad **autotrofo**.

(ESG)

ETILENE

E' il primo componente della serie degli alcheni (**idrocarburi** con doppio legame) e il più semplice dei monomeri, la sua formula chimica è CH₂=CH₂. A temperatura ambiente è un gas. Si ricava dallo steam cracking di **virgin nafta**. Sottoposto a **polimerizzazione**, dà origine al **polietilene**, il più diffuso tra i polimeri **termoplastici**.

(GCH)

EVAPORAZIONE

Passaggio di una sostanza dallo stato liquido allo stato di vapore che può avvenire a qualsiasi temperatura. L'evaporazione a temperatura costante dell'unità di massa del liquido richiede una determinata quantità di calore, detta **calore latente** di vaporizzazione. L'evaporazione è un procedimento cui si ricorre in generale per allontanare da una miscela liquida il componente presente in eccesso, in altre parole il **solvente**, allo scopo sia di recuperare quest'ultimo, sia di concentrare la soluzione, sia di realizzare una **cristallizzazione**.

(ESG)

FASE

In chimica, parte omogenea di un sistema che risulta delimitata da una superficie di separazione fisicamente definita. Così un recipiente in cui sia contenuta fino ad una certa altezza dell'acqua, ove galleggi del ghiaccio e sopra vi sia un gas qualsiasi, costituisce un sistema con tre fasi: solida (ghiaccio), liquida (acqua) e gassosa. E' importante osservare che se al posto del ghiaccio vi fosse un secondo liquido immiscibile con il primo le fasi sarebbero ancora tre, due liquide e una gassosa.

(ESG)

FENDITURA

Frattura longitudinale che si produce su una superficie. In particolare su un supporto in legno essa ha origine dalla cattiva stagionatura del materiale.

(DRD)

FESSURA

Piccola spaccatura che si forma su superfici lapidee, lignee, ecc. Può essere conseguente a movimenti di assestamento dei materiali, o dovuta all'esposizione dei manufatti in ambiente esterno. Le fessure possono dare l'avvio ad ulteriori fenomeni di degrado con alterazioni fisiche (vere e

proprie fratture), chimiche e biologiche (per insediamento di acqua stagnante e conseguenza formazioni di patine biologiche o per insediamento di semi e crescita di vegetazione infestante).
(DRD)

FESSURAZIONE

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità nel materiale, con distacco macroscopico delle due parti da cui
Ⓢ *fessura*.
(NOR)

FIBRA

Forma di un solido con elevato rapporto lunghezza/diametro. Accanto alle fibre naturali (lana, cotone, seta, lino, etc.) sono state sviluppate prima le fibre artificiali, ottenute per trasformazione chimica di polimeri naturali come la cellulosa, quindi numerose fibre sintetiche (poliestere, acriliche, poliammidi, etc.). Sono state ottenute per sintesi anche fibre elastomeriche, generalmente a base di poliuretani, e fibre resistenti alla fiamma, con l'inserimento nella catena polimerica di gruppi contenenti fosforo, azoto o alogeni. Accanto al prevalente uso tessile, sono state sviluppate fibre per uso industriale. In questo ambito hanno trovato spazio fibre di natura inorganica, come le fibre di vetro e le fibre di carbonio, che trovano largo impiego come rinforzo nei materiali compositi. Le fibre di carbonio si ottengono carbonizzando ad alta temperatura in atmosfera riducente fibre di poliacrilonitrile (PAN) o particolari peci da residui petroliferi.
(GCH)

FILM, FILM PITTORICO

Una notevole percentuale delle materie plastiche prodotte nel mondo sono trasformate in film, cioè in fogli di spessore non superiore a 200 µm. Durante la fabbricazione, le catene di Ⓢ *polimero* subiscono un processo di orientamento in direzione longitudinale e spesso anche trasversale (film orientati e biorientati), che influisce profondamente sulle proprietà meccaniche del film nelle varie direzioni. Se non è possibile ottenere tutte le proprietà volute con un solo materiale, sono state sviluppate tecniche di fabbricazione di materiali multistrato come la coestrusione o la laminazione.

Dicesi inoltre del sottilissimo strato applicato su una superficie. Sinonimo di pellicola pittorica costituita dalla stesura dei colori che si sovrappone all'ultimo strato di intonaco. (GCH-DRD)

FISSATIVO

Dicesi di una miscela di Ⓢ *solvente* e sostanze adesive che esercitano un'azione di fissaggio di sconessioni e distacchi di lieve entità. Dal punto di vista di un intervento di restauro il termine può identificare un'azione consolidante che interessa solo l'immediata superficie di un manufatto, senza che si verifichi un fenomeno di Ⓢ *impregnazione*. Nell'ambito della tecnica pittorica si intende generalmente una soluzione di gommalacca in alcool che fissa e protegge colori ad acquarello, pastelli e carboncini. (DRD-ART)

FLOCCULAZIONE

Fenomeno di aggregazione tra particelle solide disperse in un liquido sotto forma di Ⓢ *sospensione*, provocato da variazioni di Ⓢ *acidità*, Ⓢ *salinità*, o dalla presenza di particolari Ⓢ *additivi* quali i polielettroliti.
(CGH)

FLUIDIFICANTE

Ⓢ *Additivo* solubile in acqua che migliora l'attitudine a "deformarsi" di malte e di calcestruzzi freschi. La loro azione primaria consiste nel migliorare la lavorabilità a parità di tenore d'acqua e diminuire l'acqua nell'impasto. I fluidificanti agendo come Ⓢ *tensioattivi* riducono lo sforzo di taglio necessario alla messa in opera del calcestruzzo.
(PDR)

FLUOSILICATI

Sostanze di origine inorganica utilizzate per "indurire" la pietra; i fluosilicati di zinco e magnesio furono usati a partire dal XIX secolo per il consolidamento della pietra in particolare per le arenarie. Non adatti al marmo, vennero tuttavia largamente impiegati per consolidare superfici architettoniche ed opere d'arte fino agli anni Sessanta del Novecento, quando ancora non era del tutto nota l'interazione negativa fra i fluosilicati ed i supporti lapidei. Possono provocare sbiancamenti superficiali dovuti a concrezioni di fluoruri di calcio e magnesio e alterazioni cromatiche.
(DRD)

FORO DI SFARFALLAMENTO

Piccolo foro che rappresenta l'uscita delle gallerie scavate nel legno dalle larve degli insetti Ⓢ *xilofagi* che, completato il loro ciclo biologico, vengono fuori (sfarfallano) in forma di insetto adulto.
(DRD)

FOXING

Macchie gialle o brune che si manifestano sulla carta. Sono probabilmente causate dallo sviluppo di un microrganismo.
(DRD)

FRATTURAZIONE

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzione di continuità nel materiale, con o senza spostamento relativo delle due parti.
(NOR)

FRIABILITA'

Proprietà di alcuni materiali e minerali di disaggregarsi. In particolare, stato di degrado dei materiali ceramici consistente in una tendenza alla Ⓢ *polverizzazione* dei margini delle lacune dei frammenti.
(DRD)

FUNGHICIDA

Prodotto chimico atto a distruggere i **Ⓢ** *funghi* o ad impedirne comunque la crescita.
(ESG)

FUNGHI

Vasto gruppo di organismi vegetali privi di clorofilla e dotati di tallo. Appartengono, come i batteri e i mixomiceti, alle tallofite eterotrofe, ma si distinguono dai primi per la presenza nelle cellule di un nucleo ben differenziato e dai secondi per avere una parete cellulosica a protezione della membrana cellulare. Le forme più semplici constano di un'unica cellula, ma in generale i funghi possiedono un tallo costituito di filamenti (ife) più o meno allungati. Di solito si sviluppa in presenza di umidità e attacca tela, carta e superfici lapidee; forma colonie di colore verdastro o giallo, preferibilmente in presenza di colle e sulle parti dipinte.
(ESG-DRD)

GEL

Sistemi colloidal che si presentano sotto forma di masse semi solide gelatinose. I gel liofobi si ottengono per evaporazione o per **Ⓢ** *precipitazione*, provocata da piccole quantità di **Ⓢ** *elettroliti*, di colloid liofobi; sono generalmente di natura organica, come i solfuri metallici e lo ioduro di argento. I gel liofilii, che si ottengono per evaporazione o per raffreddamento di colloid liofilii (p. e. colle, amidi, proteine, silice, allumina e gelatina), perdono con difficoltà le ultime tracce di acqua e possono essere facilmente ritrasformate nelle soluzioni colloidal di partenza per assorbimento di solvente, contrariamente a quelli liofibi.
(ESG)

GELIFICAZIONE

Processo tipico delle sostanze colloidal che passano da uno stato di "sol", più fluido, a quello di "gel", più compatto. Dicesi anche di meccanismo col quale un adesivo colloidale di origine animale, dallo stato fluido di una soluzione calda tende a indurire per raffreddamento. La formazione di gel provoca una solidificazione apparente perché discrete quantità di acqua restano contenute nella colla. Il processo può essere ostacolato dalla presenza di **Ⓢ** *sali*.
(DRD)

GELIVO

Si definisce gelivo un materiale lapideo che si altera per fenomeni di gelo.
(ALE)

GELO, Degrado da

Il degrado da gelo è da collegarsi a diversi fattori tra i quali determinanti sono l'aumento di volume che accompagna la trasformazione acqua-ghiaccio, il grado di saturazione d'acqua da parte del sistema capillare caratteristico della pietra, le dimensioni dei pori, la loro stessa conformazione (pori aperti, pori interconnessi). Quando l'acqua liquida si trasforma in ghiaccio si ha un aumento di volume di circa il 10%. Conseguenza di questo aumento di volume è l'instaurarsi di elevate pressioni che producono una fratturazione più o meno diffusa all'interno della pietra che può portare al collasso del materiale.
(ALE)

GELO E DISGELO, Ciclo

Causa di degradazione dei materiali lapidei porosi. A fronte di un possibile danno dovuto al gelo dell'acqua contenuta nel materiale, la ciclicità del fenomeno aumenta in maniera esponenziale il fenomeno. Ciò spiega perché nei climi freddi dove la temperatura resta anche per mesi al di sotto di 0° C il danno da gelo sia meno grave che nei climi continentali dove sono frequenti, nel corso di una stessa stagione gli attraversamenti della linea di 0°C. L'alternanza di congelamenti che si traduce in un continuo rinnovarsi del fenomeno porta alla **Ⓢ** *disgregazione* del materiale in profondità.
(ALE)

GIACITURA

Forma con cui si presenta una massa rocciosa, relativamente omogenea, intesa nei suoi rapporti spaziali con le rocce circostanti. Per es. nelle rocce sedimentarie giacitura caratteristica è lo strato.
(ESG)

GRANULOMETRIA

Ramo della petrografia che studia le proprietà e le dimensioni dei frammenti rocciosi. Le caratteristiche granulometriche di un qualsiasi materiale sono misurate per mezzo di setacci o, per particelle inferiori ai 63 μm sfruttando la velocità di sedimentazione. La suddivisione più in uso classifica: *ciottoli*, con diametro sup. ai 2 mm.; *sabbia*, con diametro tra i 2 mm. e i 63 μm ; *silt*, con diametro fra 63 e 4 μm ; *argilla* con un diametro inferiore ai 4 μm . (ESG)

GUANO

Deposito formato da deiezioni di uccelli e ricco di nitrato di potassio; in ambienti urbani, le deiezioni dei piccioni, gabbiani e altri volatili possono accumularsi su superfici lapidee o metalliche provocando processi di degrado per **Ⓢ** *corrosione*.
(DRD)

IDRACIDI

Categoria di **Ⓢ** *acidi* non contenenti ossigeno, quasi sempre composti binari di un elemento non metallico con l'idrogeno. La nomenclatura chimica ufficiale preferisce considerare gli idracidi come **Ⓢ** *sali* di idrogeno (HCl cloruro di idrogeno, H₂S solfuro di idrogeno).
(ESG)

IDRATAZIONE

Denominazione comune a una serie di reazioni in cui un composto reagisce con l'acqua formando un legame di tipo chimico o di tipo fisico e dando un unico prodotto di reazione. Si ha formazione di **idrati** quando il composto trattiene una o più molecole d'acqua di cristallizzazione, di **idrossidi** quando l'acqua reagisce con ossidi metallici (ad esempio nella reazione tra ossido di calce e acqua), di **alcoli**, di **ammidi**. È un fenomeno di idratazione anche l'associazione tra ioni e molecole d'acqua in **soluzione acquosa**, con formazione di ioni idrati. (ESG)

IDRATI

Termine che si riferisce alle specie chimiche (**sali**, **ossidi**, ioni idrati) contenenti acqua. Nei **sali idrati** l'acqua è generalmente di **cristallizzazione**: tipici esempi sono gli allumi e la borace. Gli **ioni idrati** o acquocomplessi, sono **complessi** in cui il legante è l'acqua. (ESG)

IDROCARBURI

Sostanze organiche alifatiche contenenti nella molecola solo carbonio e idrogeno. Possono essere saturi, insaturi, ciclici e aromatici. Come solventi hanno ampia applicazione nel campo del restauro. Fra i più noti l'etere di petrolio, una miscela di idrocarburi leggeri distillati dal petrolio. (ESG)

IDROFILO

Si dice di un materiale in grado di reagire assorbendo acqua. È il contrario di **idrofobico**. (DRD)

IDROLASI

Enzimi che provocano la scissione di un legame chimico (reazione di **idrolisi**) per mezzo di acqua. I materiali idrolizzati possono essere proteine glucosidi, esteri, ecc. le cui idrolasi rispettive vengono dette proteasi, glucosidasi, esterasi. (ESG)

IDROLISI

Reazione per cui un legame chimico viene scisso per intervento dell'acqua. In chimica inorganica, l'idrolisi può essere inquadrata tra i fenomeni acido-base. Essa si manifesta in soluzioni di **sali** provenienti da **acidi** o **basi** deboli, i quali possono dare reazione o acida o alcalina. (ESG)

IDROPELLENTI

Sostanze che per la loro scarsa affinità con l'acqua modificano profondamente le caratteristiche idrofile superficiali dei materiali sui quali vengono applicati. In genere sono a base di **sali** basici e **ossidi** metallici, proteine e derivati organici, solforati e nitrati, **esteri** ed **eteri** della cellulosa, silicani. (ESG)

IDROSSIDI

Composti chimici contenenti ioni OH⁻ (ossidrilici o idrossilici) legati chimicamente ad un catione metallico del quale neutralizzano la carica elettrica positiva. Dunque composti che si formano nella reazione tra gli ossidi dei metalli e l'acqua. Un idrossido importante nello studio dei fenomeni di degradazione è l'idrossido di ferro: la **ruggine**. (ESG)

IGNIFUGO

Proprietà di un materiale di non essere attaccabile dal fuoco. Dicesi anche di sostanze utilizzate come **additivi** nel trattamento superficiale di materiali infiammabili per conferire loro questa proprietà. (DRD)

IGROSCOPICITA'

Proprietà di alcune sostanze chimiche di assorbire il vapore acqueo dell'atmosfera. I composti più spiccatamente igroscopici sono: la calce, il cloruro di calcio, la potassa, la soda caustica, l'anidride fosforica, il gel di silice, alcuni tessuti animali e certe fibre come la seta. Il vapore acqueo può combinarsi chimicamente con la sostanza, come nel caso dell'anidride fosforica o essere assorbito come nel caso del gel di silice. (ESG)

IMBARCAMENTO

Incurvamento del legno. Si può produrre sia nel corso di un aumento dell'umidità sia nel corso di una diminuzione della stessa, su tavole ricavate tangenzialmente dal tronco, ovvero quando una differenza d'umidità tra le due facce determina una curva gradiente asimmetrica nel contenuto di umidità interna del legno nonché una diminuzione di volume (vedi anisotropia). Nella pittura su tavola i fenomeni di imbarcatura possono essere accentuati dalla presenza di telai e cornici che impediscono l'estensione naturale delle tavole. (ART)

IMBIANCHIMENTO

In riferimento alla degradazione dei materiali il termine indica generalmente un fenomeno di opacizzazione che investe una superficie in realtà trattata in modo da apparire lucida, brillante. Estensivamente il termine è utilizzato anche nell'ambito della pittura murale in relazione a fenomeni di degrado provocati dal salnitro.

Comunemente il termine trova impiego soprattutto in relazione a manufatti pittorici su tela e tavola. In questo caso l'imbianchimento è provocato dalla presenza di umidità che determina delle microfessure della vernice di finitura, conferendole un aspetto lattiginoso fino a rendere illeggibile il dipinto (*effetto bloom*).

(ART)

IMBIBIZIONE

Assorbimento di un liquido da parte di un solido senza che si verifichino fenomeni chimici; il rapporto tra la massa del solido e quella del liquido assorbito non soggiace a leggi costanti. L'imbibizione si distingue in *capillare*, *molecolare* e *osmotica* a seconda che l'assorbimento avvenga riempiendo le piccole cavità naturali del corpo solido (il cui volume non muta) oppure avvenga in corpi privi di cavità, compatti (in questo caso il volume aumenta e ne deriva un sistema colloidale) o infine per il fenomeno dell'osmosi.

(ESG)

IMPERMEABILITA'

Proprietà di un materiale di non farsi imbibire da fluidi.

(DRD)

IMPREGNAZIONE

Azione che consiste nel far penetrare una sostanza fluida in un corpo poroso. (Ⓢ *porosità*)

(DRD)

INCROSTAZIONE

In riferimento allo stato di conservazione di un manufatto, qualsiasi formazione di uno strato di apprezzabile spessore e consistenza di sporco o sedimenti su una superficie.

(NOR)

INDURITORE

Materiale catalizzatore da mescolare con un composto base per accelerarne l'indurimento e la conseguente presa.

(ART)

INERZIA CHIMICA

Si intende la reattività scarsa o assente di alcune sostanze in determinate condizioni. È un requisito importante nella scelta dei materiali impiegati nel restauro.

(DRD)

INFESTAZIONE

Parassitazione o esteso attacco di un manufatto da parte di organismi vegetali (Ⓢ *muffe*, Ⓢ *funghi*, Ⓢ *alghe*, Ⓢ *licheni*) e animali (insetti Ⓢ *xilofagi*, Ⓢ *tarme*) che si stabiliscono in loco provocando indebolimenti strutturali nei supporti e alterazioni sulle pellicole pittoriche o plastiche.

(DRD)

INFILTRAZIONE

Termine riferito alla capacità di penetrazione di un fluido in un materiale attraverso le sue discontinuità.

(DRD)

INIBIZIONE

In chimica, fenomeno per il quale viene ostacolato lo svolgimento di una reazione. Può essere provocato alterando la pressione e la temperatura alla quale avviene una reazione, in senso opposto alle condizioni termodinamicamente o cineticamente favorevoli per lo svolgimento della stessa secondo che si voglia raggiungere un'alta resa nel prodotto utile o un'alta velocità di reazione. Inoltre può essere causata da sostanze introdotte con i reagenti in una reazione chimica, o prodotte dalla stessa reazione (autoinibizione). L'inibizione della Ⓢ *corrosione* elettrolitica dei conduttori metallici esposti all'atmosfera viene operata con il cromato e nitrito di sodio (inibitori anodici) e bicarbonato di calcio o fosfato di sodio (inibitori catodici) o con pellicole idrofobe, acidi e saponi alifatici a lunga durata.

(ESG)

INQUINAMENTO

Termine generico con il quale si indica un degrado dell'ambiente per immissione volontaria o involontaria, da parte dell'uomo, di sostanze che ne alterino le caratteristiche fisico-chimiche o biologiche. (vedi anche Ⓢ *inquinanti atmosferici*, Ⓢ *particellato atmosferico*).

(ESG)

INQUINANTI ATMOSFERICI

Gli inquinanti dell'atmosfera possono essere solidi (polveri, ceneri), liquidi (Ⓢ *aerosol*) e gassosi. Sebbene gli inquinanti derivino anche da eventi naturali, come le eruzioni vulcaniche, la maggior attenzione è rivolta a quelli prodotti dall'attività umana, tra cui prevalgono i prodotti derivati dalla combustione, a fini di produzione di energia termica per ottenere elettricità o per il trasporto: monossido di carbonio, anidride carbonica, ossidi di azoto, idrocarburi incombusti, etc. Come dimostrano la vicenda dei fluoroclorocarburi (ozono) e gli studi sull'effetto serra, anche concentrazioni relativamente basse possono provocare variazioni del clima ed influire sull'integrità degli esseri viventi.

(GCH)

INSOLUBILITA'

Proprietà di una sostanza di non trasformarsi in un soluto, cioè disperdersi omogeneamente a livello molecolare o ionico in un mezzo fluido detto Ⓢ *solvente*.

(DRD)

IONIZZAZIONE

Produzione di ioni, cioè processo in cui, per l'azione di un agente (detto *ionizzante*) gli atomi acquistano o perdono elettroni, assumendo carica elettrica negativa o positiva. Ciò avviene per esempio in un gas attraverso il quale si provochi una scarica elettrica.

(ESG)

IRREVERSIBILITA'

Termine con il quale, nel restauro, si intende l'impossibilità di cancellare un intervento e i suoi effetti secondari, indesiderati, imprevisti o imprevedibili che possono conseguirne. L'irreversibilità dipende dai materiali e dalle sostanze chimiche impiegate.
(DRD)

ISOLANTI

Termine con cui si indicano i materiali usati per impedire la trasmissione di suoni e di calore da un ambiente a un altro, da un ambiente all'esterno, dall'esterno all'ambiente stesso.

Isolanti termici: materiali a bassa o bassissima conducibilità termica, impiegati allo scopo di diminuire la trasmissione di calore tra ambienti diversi. Il più elementare isolante termico è l'aria che può essere contenuta in un'intercapedine fra due pareti.
(ESG)

ISOTROPO

Sostanza o corpo che, rispetto ad un determinato fenomeno (p.e. propagazione della luce, sollecitazione elastica, dilatazione termica) presenta proprietà uguali in tutte le direzioni. L'opposto avviene con i corpi **Ⓢ** (vedi *anisotropia*). Sono isotropi generalmente i fluidi, i solidi amorfi e spesso le sostanze policristalline.
(ESG)

ISOTTERI

Ordine di insetti pterigoti sociali caratterizzati da due paia di ali uguali membranose, apparato boccale masticatore, occhi ridotti o assenti. Vivono in luoghi privi di luce all'interno di travi di legno e si nutrono di cellulosa. Vi appartengono le termiti.
(ESG)

LACUNA

Caduta e perdita di parti di un dipinto murale, con messa in luce degli strati di intonaco più interni o del supporto.
(DRD)

LATTE DI CALCE

Si dice di una **Ⓢ** *sospensione* acquosa di idrossido di calcio.

LESIONE

Termine generico per indicare una discontinuità presente in un elemento costruttivo dovuta a sollecitazioni di tipo meccanico. Si distingue in **Ⓢ** *fratturazione* e **Ⓢ** *fessurazione*.

LICHENE

Vegetale risultante dall'associazione di un **Ⓢ** *fungo* con un'**Ⓢ** *alga*. Il fungo fornisce l'impalcatura del tallo; l'alga può essere sparsa uniformemente nell'intreccio di ife oppure può occupare strati ben determinati. Dal punto di vista della struttura si distinguono *licheni crostosi*, con tallo appiattito contro il substrato, *licheni frondosi* fissati solo per qualche porzione al tallo e *licheni fruticosi*, il cui tallo aderisce al substrato con la parte basale e per il resto è eretto o pendulo.
(ESG)

LIQUEFAZIONE

Passaggio di un corpo dallo stato gassoso allo stato liquido. Questo è favorito dalla compressione, ma il gas deve essere portato in ogni caso al di sopra della propria temperatura critica. La trasformazione ha luogo con cessione di calore ed è quindi un processo esotermico (**Ⓢ** *condensazione*). Quando tutto il gas è liquefatto, un aumento di pressione provoca una piccolissima diminuzione del volume del liquido.
(ESG)

MACCHIA

Ⓢ *Alterazione* che si manifesta con pigmentazione accidentale e localizzata della superficie; è correlata alla presenza di materiale estraneo al substrato (per esempio: **Ⓢ** *ruggine*, sali di rame, sostanze organiche, vernici).
(NOR)

MALLEABILITA'

Proprietà di alcune sostanze solide (generalmente metalli o leghe metalliche) di essere ridotte in fogli sottili mediante laminazione o martellatura. La sostanza più malleabile è l'oro m.mche può essere ridotto in fogli dello spessore di meno di 1
(ESG)

MANCANZA

Caduta e perdita di parti. Il termine, generico, si usa quando tale forma di degradazione non è descrivibile con altre voci del lessico. Nel caso particolare degli intonaci dipinti si adopera di preferenza **Ⓢ** *lacuna*.
(NOR)

MARCESCENZA

Fenomeno di degrado provocato dall'azione dell'**Ⓢ** *umidità*, associato alla presenza di **Ⓢ** *funghi* o **Ⓢ** *batteri*. È caratterizzata da putrefazione e decomposizione del materiale che ne compromettono gravemente la conservazione. Di solito il fenomeno è accentuato dalla presenza costante di umidità e colpisce in particolare i supporti di legno e tela.

METILAZIONE

Processo chimico mediante il quale si introducono nella molecola di un composto organico uno o più gruppi metilici $-CH_3$.
(ESG)

METILCELLULOSA

Etere metilico della cellulosa. Preparata per metilazione della cellulosa con cloruro di metile è usata come colloide protettivo.
(ESG)

MICROCLIMA

Indica tutti i parametri climatologici che determinano lo stato di un ambiente limitato sia esterno che interno.
(DRD)

MOHS, Scala delle durezza

Classificazione della durezza dei vari materiali in modo tale che ogni minerale di riferimento scalfisce (® *scalfittura*) tutti quelli di numero inferiore ed è scalfito da tutti quelli di numero superiore. Tale scala è usata esclusivamente per la durezza dei minerali.

Scala di Mohs

Numero di scala	minerale
1	talco
2	gesso
3	calcite
4	fluorite
5	apatite
6	feldspato
7	quarzo
8	topazio
9	corindone
10	diamante

(ESG)

MONOMERO

È il costituente fondamentale di un ® *polimero*, formato da una molecola contenente gruppi reattivi in grado di legarsi ad altri monomeri originando una catena lunga. Il gruppo reattivo più importante in ® *polimerizzazione* è il doppio legame. Il più semplice dei monomeri è l'etilene che dà origine al ® *polietilene*. Se due o più monomeri diversi reagiscono insieme a dare una catena polimerica mista sono chiamati comonomeri.
(GCH)

MORDENTE

Sostanza usata per impregnare fibre vegetali e animali prima della tintura; i coloranti impiegati devono essere capaci di reagire con essa per dare un composto insolubile. Sono costituiti da sali inorganici facilmente idrolizzabili (® *solfati*, ® *ossalati*, nitrati, acetati di alluminio, ferro, cromo, stagno). I mordenti più usati sono alcuni idrossidi metallici e il tannino.

Per mordente si intende, inoltre, una sostanza impiegata per far aderire i metalli su un supporto (ad esempio l'oro sul legno) oppure un solvente usato per la pulitura delle superfici metalliche.

(ESG -DRD)

MUFFA

Termine generico che indica alcune specie di ® *funghi* microscopici che possono attaccare manufatti di legno, carta, tela, ecc. provocando pericolose forme di degrado. Si manifestano con ® *efflorescenze* polverose, bianche, grigie, verdastre o nere.

(DRD)

NEUTRA

Dicesi di una sostanza né acida, né basica, dunque con ® $pH = 7$.

NEUTRALIZZAZIONE

Reazione chimica in cui una sostanza acida ed una basica reagiscono tra loro. Nel caso che la sostanza basica si dissocia dando gruppi ossidrilici OH^- (idrossidi) e quella acida dia ioni idrogeno H^+ , nella reazione di neutralizzazione si forma anche acqua.

(ESG)

NITRATI

® *Sali dell'acido nitrico* HNO_3 . Sono tutti solubili in acqua, ossidanti allo stato fuso ma non in ® *soluzione acquosa*.

(ESG)

NODO

In botanica, difetto del legname dovuto ad un ramo morto e indurito che attraversa il fusto in senso radiale rimanendo coperto dagli anelli legnosi successivi. In relazione alle caratteristiche del ramo al momento in cui è stato incorporato dal tessuto circolare circostante si è soliti parlare di ® *nodo fisso* o di ® *nodo mobile*. Anticamente, nella scelta delle tavole come supporto della pittura, è documentata una particolare attenzione a evitare la presenza di nodi, giustamente giudicati come possibile causa di degrado del film pittorico. In alcuni casi (Francia) risultano specifiche disposizioni per impedire l'uso di tavole con nodi, in altri (Italia) sono documentati particolari accorgimenti per limitarne i possibili danni. Cennino Cennini (fine sec. XIV), ad esempio, raccomanda di fissarli con l'uso di colla forte e quindi di livellare nuovamente la superficie.

(ART)

NODO FISSO

nodo incarnato, nodo vivo. Nel legname è un *Ⓢ nodo* generato da un ramo giovane rimasto incorporato nel tessuto del tronco e che ha formato con esso un blocco unico. Pur creando per la sua durezza notevoli problemi nel caso in cui il legno debba essere scolpito, non tende, a differenza del nodo mobile, a staccarsi.

(ART)

NODO MOBILE

nodo morto. Nel legname è un *Ⓢ nodo* generato da un ramo già morto al momento in cui è rimasto incorporato nel tessuto del tronco. Non essendo solidale con il tessuto circostante può facilmente staccarsi: la sua presenza è quindi inaccettabile, in particolare nel caso in cui si presenti in una tavola da utilizzarsi come supporto pittorico.

(ART)

OLIGOMERO

Polimero a basso peso molecolare formato, cioè, da pochi *Ⓢ monomeri*.

OSMOSI

È il flusso spontaneo di un liquido attraverso una membrana di separazione tra due *Ⓢ soluzioni* a diversa *Ⓢ concentrazione*. Nella maggior parte dei casi il soluto tende a passare dalla soluzione più concentrata a quella più diluita, sono però stati sviluppati processi (detti di osmosi inversa) in cui il flusso è contrario. L'osmosi è estremamente importante in biologia in quanto regola la comunicazione delle sostanze tra l'interno delle cellule ed il mezzo circostante; in chimica è utilizzata a fini separativi.

(GCH)

OSSALATI

Ⓢ Sali dell'acido ossalico, frequenti in natura. Sui materiali lapidei si formano probabilmente per effetto della mineralizzazione spontanea di sostanze organiche. I più diffusi sui materiali lapidei sono gli ossalati di calcio e di rame. Quelli di calcio (*weddellite*) creano delle patine pregiatissime sulle sculture lapidee e in particolare sui marmi.

(DRD)

OSSIDAZIONE

Reazione chimica corrispondente alla combinazione di un elemento o di un composto chimico con l'ossigeno. In senso più generale, sono chiamate ossidazioni tutte le reazioni nelle quali si verifichi una perdita di elettroni da parte di un elemento sia nel suo stato elementare, sia sotto forma di *Ⓢ composto*, o da parte di un gruppo funzionale in una molecola, e un acquisto di tali elettroni da parte di una sostanza detta in generale *riducente* (*Ⓢ ossidoriduzione*). Nel caso di un solo elemento, per es. il ferro, l'ossidazione può essere causata, oltre che dall'ossigeno, dal vapor d'acqua alle alte temperature, dagli alogeni, dagli idracidi, dagli ioni di metalli più nobili come il nichel: in tutti questi casi il ferro perde due elettroni come nell'ossidazione diretta con ossigeno.

(ESG)

OSSIDO

Composto chimico tra l'ossigeno ed un altro elemento, tipicamente un metallo.

(GCH)

PARAFFINA

Miscuglio ceroso di *Ⓢ idrocarburi* solidi di colore bianco, caratterizzati da un'elevata inerzia agli agenti chimici e per questo utilizzata come protettivo. Attualmente le sono preferite di norma sostanze cerose che hanno qualità meccaniche e adesive migliori, come le cere microcristalline.

(DRD)

PARTICELLATO ATMOSFERICO

Prodotto presente in atmosfera inquinata. È conseguenza dei processi di combustione nelle centrali termiche e negli impianti di riscaldamento domestico, dell'attività dei cementifici, delle acciaierie, delle industrie vetraria e tessile e delle raffinerie di petrolio.

(ESG)

PATINA

Ⓢ Alterazione strettamente limitata a quelle modificazioni naturali della superficie dei materiali non collegabile a manifesti fenomeni di degradazione e percepibili come una variazione del colore originario del materiale. Nel caso di alterazioni indotte artificialmente si usa di preferenza il termine *patina artificiale*.

(NOR)

PATINA BIOLOGICA

Strato sottile, morbido, omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microorganismi cui possono aderire polvere, terriccio.

(NOR)

PELLICOLA

Strato superficiale di sostanze coerenti fra loro ed estranee al materiale lapideo. Ha spessore molto ridotto e può distaccarsi dal substrato, che in genere si presenta integro.

(NOR)

PERFLUOROPOLIETTERI

Classe di sostanze chimiche fluorurate di consistenza oleoso-cerosa, commercializzate con vari nomi a seconda della formulazione del **® monomero** di partenza (es. Fomblin e Akeogard). Sono usate come protettivi dei materiali lapidei per le loro caratteristiche di **® idrorepellenza**, assenza di colore, **® inerzia chimica** e **® reversibilità**.
(DRD)

PERMEABILITA'

Proprietà dei corpi solidi di lasciarsi attraversare dai fluidi.
(GPA)

PESO SPECIFICO

Rapporto fra il peso P di un corpo, costituito da una determinata sostanza, e il suo volume V. Il peso specifico così definito si dice *assoluto* in contrapposizione al peso specifico *relativo* che, per i solidi e i liquidi, è il rapporto tra il peso di un corpo e quello di un ugual volume di acqua distillata a 4°C, mentre per gli aeriformi è il rapporto tra il peso di un dato volume della sostanza e il peso di un ugual volume d'aria secca che sia nelle stesse condizioni di pressione e temperatura.
(ESG)

pH

Sigla che indica il grado di acidità o basicità di una sostanza. Nel caso dell'acqua si parla di pH = 7, valore che viene usato per la rappresentazione della neutralità. Se il valore è inferiore la sostanza è detta **® acida**, se il valore è superiore la sostanza è detta **® base**. Il valore del pH può essere ottenuto in diversi modi, tramite degli indicatori, in genere sostanze organiche che cambiano colore gradualmente a seconda dell'acidità della **® soluzione** in cui vengono immersi. La più nota è la cosiddetta cartina **® tornasole**.
(EEG)

PIGMENTO

Sostanza colorante naturale, vegetale o animale, dalla quale, mediante amalgama con diversi tipi di leganti, specialmente gomma e olii, si ricavano i colori.

(ART)

PIOGGE ACIDE

Si dice di precipitazioni che presentano un tenore di acidità maggiore della media causata dalla presenza nell'atmosfera di **® particellato atmosferico** e sostanze derivate dallo zolfo e dall'azoto. Mentre la pioggia presenta naturalmente un **® pH** ~ 5,6 le piogge acide presentano valori molto inferiori (una media di ~ 4,1 in Europa e a volte ~ 3 in singoli temporali). La sostanza che provoca gli effetti maggiori è l'anidride solforosa (SO₂, ossido di zolfo) che reagisce con l'aria umida ossidandosi in ione solfato e trasformandosi poi in acido solforico.
(ESG)

PITTING

Degradazione puntiforme che si manifesta attraverso la formazione di fori ciechi, numerosi e ravvicinati. I fori hanno forma tendenzialmente cilindrica con diametro massimo di pochi millimetri.
(NOR)

PLASTIFICANTE

® Additivo che miscelato alle malte o al calcestruzzo ne migliorano la stabilità tramite una riduzione del fenomeno di trasudamento e una migliore ritenzione dell'acqua. Inoltre ne migliorano l'omogeneità consentendo una maggiore **® coesione**. Sono spesso chimicamente inerti.
(PDR)

POLIADDIZIONE

Procedimento per la preparazione di macromolecole detta poliaddizione addensante con migrazione di idrogeno. Tale processo non si limita solamente a molecole della stessa natura, ma si estende alla tecnica degli alti **® polimeri** per la possibilità di far reagire fra loro differenti molecole: ciò porta alla formazione di catene in cui una specie molecolare si alterna, aggregandosi, ad un altro tipo di molecola. In questo modo si producono un'infinità di nuovi prodotti detti "poliaddotti lineari reticolari". Fra le sostanze molecolari ottenute per policondensazione troviamo le **® resine siliconiche** e le **® resine epossidiche**.
(PDR)

POLIAMMIDI

Le poliammidi sono tra i primi **® polimeri** sintetici ad essere stati commercializzati. Esse sono note in una grande varietà di strutture chimiche, tutte contenenti gruppi ammidici CO-NH. Tra i prodotti di partenza più importanti ci sono il caprolattame (base della poliammide-6), l'acido adipico e l'esametildiammina (costituenti della poliammide-6,6). Le poliammidi 6 e 6,6 sono spesso associate al marchio Nylon®, di proprietà Du Pont. Le poliammidi sono utilizzate prevalentemente per applicazioni tessili.
(GCH)

POLICONDENSAZIONE

Per condensazione si intende l'unione di due o più molecole in una nuova più grande in seguito ad eliminazione di composti quali: acqua, acido cloridrico, ammoniacca, ecc. Se le molecole che entrano in reazione sono polivalenti, tali reazioni possono verificarsi senza interruzione: si ottiene una policondensazione. Il grado di condensazione si determina ricorrendo alla misurazione della **viscosità**, della **solubilità** o dell'intervallo fra i punti di rammollimento.

(PDR)

POLIESTERE

Macromolecola contenente numerosi gruppi caratteristici degli **esteri**. All'interno di questa vasta serie di materiali, le resine poliestere trovano impiego nella produzione industriale di materiali e prodotti diversissimi, alcuni utilizzati anche in alcune operazioni di restauro. In particolare, unite alle fibre di vetro le resine poliestere danno origine ai plastici rinforzati che, resi disponibili dagli anni Quaranta, hanno avuto un notevolissimo successo per l'eccezionale resistenza chimica, termica ed elettrica: l'elevata durezza e il basso coefficiente di dilatazione lineare li hanno fatti scegliere per la risuportazione di dipinti o mosaici staccati, o per il trasporto di dipinti su tavola di grandi dimensioni. La possibilità di poter ottenere supporti di spessore limitato avvolgibili ha potuto inoltre risolvere in vari casi il problema dell'immagazzinamento provvisorio dell'opera.

(ART)

POLIETERI

Prodotti di **polimerizzazione** degli **eteri** vinilici. Rientrano tra i polieteri le **resine epossidiche**.

(ESG)

POLIETILENE

È la materia plastica più diffusa nel mondo. Si ottiene dalla **polimerizzazione** dell'**etilene** che industrialmente è effettuata con due processi principali: radicalico e catalitico, chiamato anche Ziegler-Natta. Nel primo caso si ottiene un polimero con una rimarchevole quantità di catene laterali che ne abbassano la densità, per cui il prodotto viene chiamato LDPE (Low Density PolyEthylene). Con i processi basati sulla catalisi Ziegler-Natta si ottiene invece un polimero altamente lineare e denso, ad elevata cristallinità, chiamato HDPE (High Density PolyEthylene).

(GCH)

POLIMERIZZAZIONE

Processo chimico durante il quale le molecole di una sostanza (**monomeri**) si uniscono fra loro formando dei polimeri (**polimero**), con proprietà chimico fisiche differenti dal prodotto iniziale. A differenza della **policondensazione** la reazione avviene mediante la continua addizione di molecole senza separazione di altri prodotti. In relazione al tipo di reazione si può distinguere -sulla base di una classificazione proposta da W. Carothers nel 1929- in una **polimerizzazione per addizione** e in una **polimerizzazione per condensazione**.

(ART)

POLIMERO

Sostanza naturale o sintetica formata da un insieme di molecole di elevate dimensioni e peso molecolare (macromolecole), ciascuna delle quali è a sua volta formata dalla ripetizione di unità strutturali legate tra loro con legami generalmente covalenti, a costituire la catena polimerica. Ai polimeri appartengono costituenti fondamentali degli organismi animali e vegetali (proteine e cellulosa) e composti di sintesi di grande interesse industriale, tra cui varie fibre tessili e **resine sintetiche** che trovano ampio utilizzo anche nel restauro. (ART)

POLIMETILMETACRILATO

vetro organico. Materiale termoplastico, di elevate caratteristiche ottiche e meccaniche, completamente incolore, resistente alla luce, agli agenti atmosferici e all'invecchiamento.

Commercializzato essenzialmente con la denominazione di Plexiglas (o Vedril, o Perspex) è comunemente noto come vetro organico, proprio in relazione alle caratteristiche e agli impieghi che lo accomunano al vetro. (ART)

POLIURETANI

Polimeri caratterizzati dalla presenza di un numero significativo di gruppi uretanici. I poliuretani si prestano alla formazione di schiume solide, estremamente leggere e con bassa conducibilità termica e acustica (poliuretano espanso). Tra le tante applicazioni trovano quindi importanti applicazioni nel campo dell'imballaggio delle opere d'arte (pur presentando il grave difetto dell'infiammabilità). Inoltre, per particolari necessità, possono funzionare da adesivi sfruttando la possibilità di espandere le schiume solide in situ. (ART)

POLIVINILACETATO

Si ottiene dall'acetato di vinile, principalmente per **polimerizzazione** in **emulsione**. È utilizzato, assieme ai suoi **copolimeri**, per la preparazione di vernici all'acqua, adesivi per legno, leganti della carta, prodotti per il finissaggio dei tessuti.

(GCH)

POLIVINILCLORURO

È uno dei polimeri di maggiore impiego. È prodotto con vari processi di **polimerizzazione**, sempre con attivazione radicalica: in sospensione, in emulsione, in massa e, per usi particolarmente pregiati, in soluzione. Un passaggio essenziale della produzione del PVC è il **compounding**, che consente l'aggiunta di plasticizzanti e coadiuvanti di processo (per favorirne la lavorazione) e di stabilizzanti nei confronti del calore e della luce. Più della metà del PVC prodotto è utilizzata in edilizia, per tubazioni, canaline per cavi elettrici e telefonici, pavimentazione, pannelli, serramenti.

(GCH)

POLIVINILE

Nome generico di materie **termoplastiche** di vasta utilizzazione, ottenute per **polimerizzazione** di composti vinilici. Appartengono ai polivinili i **polivinilacetati**, polivinilalcol, polivinilcloruro.

(ESG)

POLPA DI CELLULOSA

Derivato cellulosico molto igroscopico (Ⓢ *igroscopicità*) composto da fiocchi, usato come supporto per impacchi, generalmente a base acquosa. (DRD)

POLVERIZZAZIONE

Ⓢ *Decoesione* che si manifesta con la caduta spontanea del materiale sotto forma di polvere o granuli. (NOR)

POLVERULENZA DEL LEGNO

Fenomeno di degrado del legno che si manifesta dopo un attacco massiccio e prolungato dei Ⓢ *tarli*, a seguito del quale il materiale assume un aspetto spugnoso, si sbriciola, sfarina e frana sotto la minima pressione. (ART)

POROSITA'

Presenza di piccoli spazi vuoti nella massa di un materiale detti pori. Da questi dipende la capacità del materiale di assorbire un liquido. I pori si distinguono in pori *aperti*, pori *chiusi* e pori *interconnessi*. I pori chiusi non sono coinvolti nel fenomeno dell'assorbimento d'acqua, mentre i pori aperti e quelli interconnessi potranno essere più o meno riempiti a seconda delle loro dimensioni. In questo senso distinguiamo:

- micropori, con diametro inferiore a 0,002 micron (20 μ);
- mesopori, con diametro compreso tra 0,002 e 0,05 micron (20-50 μ);
- macropori, con diametro superiore a 0,05 micron (500 μ).

(GPA-ALE)

POTERE SOLVENTE

Capacità di un liquido di sciogliere un solido. (GPA)

PRESA

Incremento di coesività di un impasto che corrisponde ad inferiore Ⓢ *plasticità* e ad un aumento di durezza; si realizza in due fasi. Prima avviene l'essiccazione dell'impasto e il suo ritiro e poi, nel caso di una malta, la carbonatazione per azione dell'anidride carbonica dell'ambiente e la conseguente eliminazione di acqua. (DRD)

PRINCIPIO ATTIVO

Sostanza in grado di svolgere un'azione specifica, generalmente di carattere biologico (es. fitofarmaci). E' normalmente impiegato come componente di formulazioni comprendenti, oltre ai principi attivi, agenti veicolanti e Ⓢ *additivi*. (GCH)

PROPRIETA' MECCANICHE

Comportamento di un materiale in risposta a sollecitazioni elastiche ed anelastiche imposte con diversi tipi di modalità: trazione, flessione, compressione, urto, torsione, etc. Misurano la tendenza del materiale alla frattura, alla Ⓢ *deformazione* o allo snervamento, la sua rigidità, fragilità, tenacità, resistenza a fatica o Ⓢ *creep*, etc. (GCH)

PURIFICAZIONE

Operazione destinata a eliminare tutte le sostanze estranee che possono inquinare un prodotto. Può essere realizzata:

- per i solidi solubili mediante Ⓢ *crystallizzazioni* ripetute o Ⓢ *scambio ionico*;
- per i liquidi e per i gas liquefatti, mediante distillazione, estrazione con Ⓢ *solventi*, scambio ionico, Ⓢ *adsorbimento*;
- per i gas mediante Ⓢ *assorbimento* e adsorbimento.

(ESG)

REAGENTE

Composto o miscela di composti chimici di natura nota, che è impiegato nell'analisi chimica per riconoscere e determinare quantitativamente anioni, cationi, e composti chimici. In base al tipo di reazione che originano sono distinti in reagenti di *precipitazione*, *colorimetrici*, *ossidanti* e *riducenti*; in base alla selettività, in reagenti di *gruppo* o generali e reagenti *caratteristici*. (ESG)

RESA

Termine utilizzato per esprimere le frazioni di reagente trasformato in prodotto in una reazione chimica. Se i reagenti sono stati completamente consumati, la resa è del 100%. (GCH)

RESINA

Sostanza vetrosa e amorfa costituite da miscele complesse di composti organici spesso di struttura non definita, di tipo solido-liquido, priva di punto di fusione netto che subisce, tramite somministrazione di calore, una graduale diminuzione della sua Ⓢ *viscosità*. Sono insolubili in acqua e solubili in solventi organici (Ⓢ *alcoli*, Ⓢ *esteri*, Ⓢ *idrocarburi*).

Le Ⓢ *resine naturali* si classificano in oleoresine o *balsami*, resine fossili, resine animali. Le Ⓢ *resine sintetiche* sono prodotte dal 1950 in poi. Le più impiegate sono le poliviniliche, acriliche e metacriliche, cianoacriliche, polietilene, polipropilene, poliuretani.

(ESG-DRD)

RESINA ACRILICA

Resina sintetica **® termoplastica**, trasparente e incolore, ottenuta dalla **® polimerizzazione** di derivati di acidi acrilici.

Il prodotto finale si presenta, a seconda del monomero di partenza e al tipo di polimerizzazione, viscoso e oleoso oppure rigido e duro. Grazie a questa loro duttilità, all'ottima resistenza ai raggi del sole e alla trasparenza dei **® films** (limpidezza prodotta dal metacrilato di metile) sono particolarmente utilizzate per la produzione di vernici e per il trattamento protettivo delle superfici esterne degli edifici. I prodotti ottenuti dalla **® soluzione** con solventi organici, noti come **polimeri in soluzione** trovano impiego soprattutto nel settore dei rivestimenti e delle impregnazioni. I films che si ottengono, in base al monomero usato per la polimerizzazione possono essere morbidi, rigidi, fragili o collosi. Nel settore edile vengono utilizzate vernici in emulsione e adesivi. Nel settore del restauro una importante resina acrilica è il Paraloid B 72 (copolimero di metile acrilato ed etile metacrilato) utilizzata come fissativo e consolidante. È insolubile in acqua, alcol e petrolio, mentre è solubile in solventi chetonici, esteri e idrocarburi aromatici. (GCH-PDR-DRD)

RESINE EPOSSIDICHE

Resina sintetica generalmente ottenuta dalla **® condensazione** di epichloridrina con bisfenolo, appartenente alla categoria dei **® termodurenti** e caratterizzata dalla presenza di gruppi epossidici nella struttura. Le resine epossidiche trovano ampio impiego come adesivi e come consolidanti, presentando proprietà altamente coesive nei confronti di materiali estremamente variati (vetro, metalli, ceramiche, cementi, etc.) e avendo in genere ottime proprietà termiche, meccaniche e di **® inerzia chimica**. Nel restauro sono utilizzate solo nei casi in cui l'esigenza della **® reversibilità** non sia considerata prioritaria, dato che il giunto che si instaura è insolubile e infusibile.

Le resine epossidiche indurite sono caratterizzate da un elevatissimo peso molecolare e da una molecola a "reticolo tridimensionale", rafforzata da legami di gruppi polari vicini tra loro. Tale configurazione molecolare fornisce loro eccezionali proprietà meccaniche e determina un'elevata resistenza alla deformazione da scorrimento viscoso (**® creep**). Il **® polimero** tridimensionale ottenuto dalla reazione d'indurimento risulta inoltre poco sensibile alle variazioni di temperatura, assicurando così il mantenimento delle proprietà meccaniche. Sono solitamente commercializzate in due fasi (resina e induritore). (GCH)

RESINA NATURALE

Sostanza organica generalmente di origine vegetale con spiccate proprietà filmogene (**® film**), adesive e anche **® idrorepellenti**, di varia e complessa composizione chimica e di impiego estremamente vario. Conosciute fin dalla remota antichità, le resine naturali sono essenzialmente utilizzate per ottenere vernici finali e da ritocco, ma anche stucchi, miscele adesive, soluzioni consolidanti, etc. Nel restauro, pur essendo state in buona parte sostituite dai **® polimeri** di sintesi, continuano ad essere ampiamente utilizzate. A seconda della loro origine e consistenza le resine naturali vengono generalmente classificate in *resine, oleoresine, balsami, resine fossili, resine animali* (quest'ultima classe in realtà comprende la sola gommalacca).

(GCH)

RESINE SILICONICHE

Numerosa serie di prodotti, a struttura macromolecolare, che in maniera più o meno accentuata presenta le seguenti caratteristiche:

- notevole stabilità termica e resistenza all'ossidazione a temperature elevate (200-250°C ed oltre);
- notevole **® flessibilità** ed **® elasticità** a temperature molto basse (-80° C);
- elevata antiadesività soprattutto negli oli;
- ottima **® idrorepellenza** dovuta alle notevoli proprietà tensioattive;
- resistenza alla luce solare, agli agenti atmosferici ed a vari tipi di sostanze chimiche;
- isolamento elettrico.

Tra le più usate troviamo i fluidi siliconici e gli elastomeri di silicone.

Sono usati nel restauro come protettivi, disciolti in solventi organici. Agiscono solo dopo l'evaporazione del **® solvente**. Possono essere usati per l'impregnazione di materiali porosi o compatti ma anche, a più riprese, di superfici già precedentemente impregnate. I siliconi non agiscono occludendo i pori ma penetrano capillarmente (**® capillarità**) rendendo i fori **® idrofobi** e resistenti ad una debole pressione idrostatica, di conseguenza il materiale rimane permeabile al vapor d'acqua. (PDR)

RESINA SINTETICA

Resina artificiale ottenuta mediante un processo di **® polimerizzazione**. Le resine sintetiche sono state rese disponibili dall'industria chimica essenzialmente a partire dagli anni Cinquanta e introdotte progressivamente in svariate operazioni di restauro, sia in risposta a specifiche esigenze irrisolte sia in sostituzione di molti prodotti tradizionali, seppure con le dovute cautele dovute alla scarsa conoscenza del loro comportamento nel tempo. La classificazione delle resine sintetiche risulta estremamente difficile sia per il loro numero (in costante aumento), sia per la mancanza di un preciso criterio distintivo tra queste e le materie plastiche, ovvero tra i polimeri di base e i prodotti ottenuti dalla lavorazione delle resine mediante aggiunta di plastificanti, lubrificanti, cariche, etc. Alcune resine sintetiche impiegate nel restauro sono: cianoacrilato, **® poliestere**, polimetilmetacrilato, poliuretano, **® acrilica**, **® epossidica**, **® polivinilica**. (ART)

RESINE UREICHE

® Resine **® termodurenti**; derivate da **® urea** e formaldeide, appartenenti al gruppo delle resine amminiche. Di facile lavorabilità, sono utilizzate come leganti nell'industria del legno. (GCH)

REVERSIBILITA'

Condizione fondamentale richiesta in un intervento di restauro, per cui si assicura che un materiale utilizzato possa essere rimosso anche dopo un lungo periodo e una operazione possa essere, nel suo complesso, reversibile. Tenendo presente che alcuni interventi non possono assicurare tali condizioni (come accade con vari tipi di consolidamento e con le stuccature interne), si definirà la reversibilità come un criterio a cui tendere

sempre quando possibile, e come elemento discriminante nei confronti di alcune operazioni, a meno che queste siano le uniche per impedire il degrado o la perdita dell'opera. (ART)

RIDUZIONE

Processo chimico in cui si ha diminuzione dello stato di \textcircled{R} *ossidazione* di una specie chimica, come risultato dell'acquisto di elettroni; può avvenire per via chimica o elettrochimica. Nel primo caso la riduzione avviene a spese di un elemento o di un altro composto chimico, detto riducente, che subisce ossidazione (per esempio nella riduzione dell'ossido ferrico Fe_2O_3 con carbonio C). Nel secondo caso la specie interessata alla riduzione reagisce direttamente al \textcircled{R} *catodo*, come nella preparazione dei metalli per \textcircled{R} *elettrolisi* di \textcircled{R} *soluzioni acquose* o di sali fusi, oppure è ridotta per opera dell'idrogeno attivo che si svolge al catodo, come nella riduzione dei composti organici.

(ESG)

RIGONFIAMENTO

Sollevamento superficiale e localizzato del materiale, che assume forma e consistenza variabili.

(NOR)

RITARDANTE

In generale una sostanza o un dispositivo che rallenta un'azione o un fenomeno. Nelle tecniche artistiche e nel restauro si identifica con una sostanza aggiunta a un legante, a un adesivo, a una malta, ecc. in modo da ritardarne la presa e permettere tempi più lunghi di manipolazione.

(ART)

RITIRO

Diminuzione dimensionale di una superficie o di un volume. Nel caso delle tavole lignee si verifica in concomitanza con una diminuzione dell'umidità: data la complessa struttura del legno e il conseguente fenomeno dell' \textcircled{R} *anisotropia*, il ritiro si manifesta in modo diverso in relazione alle tre direzioni del fusto, ovvero in stretta dipendenza al taglio effettuato per ottenere le singole assi. Nelle assi utilizzate come supporto pittorico il ritiro nel senso della larghezza porta allo scostamento delle tavole lungo i bordi longitudinali, accompagnandosi solitamente con un fenomeno di imbarcatura e con altri fenomeni che portano ad un deterioramento della struttura.

(ART)

RITROSA DEL LEGNO

Deformazione a vortice del legno dovuta a ferita o all'attaccatura dei rami \textcircled{R} *nodo*.

(ART)

ROSUME

Polvere composta da frammenti erosi (*rosura*) ed escrementi della larva di un insetto \textcircled{R} *xilofago*. Il rosime può essere depositato nella galleria o essere allontanato all'esterno: questo diverso comportamento della larva (e il diverso aspetto del rosime) può far determinare la specie, facilitando la scelta e il tipo di trattamento di disinfestazione.

(ART-GPA)

RUGGINE

Alterazione del ferro che in presenza dell'ossigeno dell'aria si ossida, a cominciare dalla sua superficie, fino alla sua valenza più alta (cioè la valenza tre) formando ossido ferrino di colore rosso scuro tendente al marrone.

Fe e O_2 \textcircled{R} Fe_2O_3

L' \textcircled{R} *umidità* dell'aria e l'acqua piovana trasformano questo ossido nel corrispondente \textcircled{R} *idrossido*, di uguale colore

Fe_2O_3 e H_2O \textcircled{R} $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

L'insieme dell'ossido e dell'idrossido costituisce la ruggine.

(PED)

RUSCELLAMENTO

Fenomeno causato dalla pioggia che batte su una superficie muraria e veicola le particelle aderenti alla superficie, oltre a distaccarne altre dal materiale costituente la superficie medesima. Quando vi è un rallentamento della velocità dell'acqua, le particelle mobilitate si ridepositano sulla superficie. Un ruscellamento di acqua localizzato è costituito da una banda di acqua di larghezza limitata, nella quale la velocità di colatura è massima al centro e nulla sui bordi. Questa forma il cosiddetto \textcircled{R} *colaticcio*. (IRA)

SALE

Chimicamente è il prodotto della reazione tra un **acido** e una **base**. I sali sono solidi, generalmente ionici, costituiti da almeno due elementi (come il comune sale da cucina NaCl) e spesso contenenti anche ossigeno (ad esempio il carbonato di calcio CaCO₃). (GCH)

SALE IDRATO

Dicesi dei cristalli di una sostanza disciolta che si separano da una soluzione contenendo del solvente, spesso in proporzioni molecolari definite. Si dice allora che i cristalli contengono del solvente di cristallizzazione e nel caso dell'acqua si parla di sali idrati. I processi di idratazione/disidratazione sono accompagnati da considerevoli variazioni di volume e di pressione interna. (MTR)

SALINITA'

Quantità di solidi disciolti (generalmente **sali**) entro un certo volume o peso di acqua: si esprime in grammi/litro o in parti per mille. (ESG)

SATURAZIONE

Fenomeno chimico-fisico che si verifica quando due fasi diverse in contatto tra loro (liquido con gas, oppure con altro liquido o con solido; gas con solido o solido con solido) raggiungono condizioni tali, per determinati valori della pressione e della temperatura, per cui non risultano più possibili fenomeni di scambio di materia da una **fase** all'altra; il sistema risulta, cioè in *equilibrio saturo*. (ESG)

SATURAZIONE DELL'ARIA

Stato dell'aria in cui essa non può più assorbire vapore acqueo. Varia con la temperatura. La saturazione (S) di un metro cubo di aria è la quantità massima di vapore che questo può contenere a una certa temperatura. (GPA)

SCAGLIATURA

Degradazione che si manifesta col distacco totale o parziale di parti (scaglie) spesso in corrispondenza di soluzioni di continuità del materiale originario. Le scaglie, costituite generalmente di materiale in apparenza inalterato, hanno forma irregolare e spessore consistente e disomogeneo. Al di sotto possono essere presenti **efflorescenze** o **patine biologiche**. (DRD)

SCALFITURA

Lieve incisione superficiale che interessa le superfici murali dipinte e i legni. Deriva da stress meccanici di varia origine. (DRD)

SCAMBIO IONICO

Reazione in cui uno scambiatore di ioni a contatto con una **soluzione** scambia alcuni ioni con altri presenti nella soluzione. Trova impiego in un numero sempre più vasto di processi (ad es. depurazione delle acque purificazione di materiali nucleari). Attualmente si impiegano come scambiatori di ioni prevalentemente sostanze organiche, costituite da alti polimeri reticolati (**resine**) che presentano funzioni acide e atte a scambiare il loro atomo di idrogeno del gruppo acido con i cationi; oppure funzioni basiche capaci di scambiare gli anioni.

Applicando successivamente una resina scambiatrice di cationi e una scambiatrice di anioni si può eliminare del tutto il **sale** dalla soluzione. (ESG)

SCREPOLATURA

Fenditura superficiale ovvero, generalmente, fitta e minuta rete di piccole crepe (**craquelure**). In relazione a un intonaco il fenomeno è per lo più dovuto a un essiccamento non omogeneo dei diversi strati che lo compongono. (GPA)

SEPIOLITE

Detta anche schiuma di mare, minerale ionosilicato di magnesio. Argilloso, si presenta in masse fibrose, compatte, molto porose e leggere, di colore bianco-grigiastro con durezza 2-2,5. (ESG)

SFALDATURA

Proprietà di molte sostanze cristalline di rompersi, in seguito ad un urto, secondo piani paralleli a facce possibili nel sistema di simmetria a cui appartiene il cristallo. La sfaldatura è dovuta all'esistenza di minimi di coesione in varie direzioni e pertanto può essere facile o difficile, perfetta o imperfetta, oppure solo in tracce. I tipi di sfaldatura imperfetta più comuni sono: *uncinata*, *porosa*, *terrosa*, *scagliosa*, *concoide* e sono caratteristici di gran parte dei materiali. (ESG)

SFARINAMENTO

Riduzione di una sostanza a consistenza farinosa. In ambito artistico e architettonico il termine ricorre per lo più in relazione a forme di degrado dei materiali (supporti lignei, intonaci, stucchi, ecc.) che si manifestano con la \textcircled{R} *polverizzazione* degli strati esterni superficiali. (ART)

SGORATURA

Chiazza che mostra i contorni lasciati da una macchia umida.

(DDO)

SILANI

Composti idrogenati del silicio. Sono sostanze instabili, facilmente ossidabili all'aria e idrolizzabili (\textcircled{R} *idrolisi*) in acqua; loro derivati sono gli alchil- o ariologenosilani, intermedi per la preparazione dei *silanoli* utilizzati nella sintesi dei \textcircled{R} *siliconi*. (ESG)

SILICONI

Nome generico della famiglia di polimeri sintetici la cui catena principale è costituita da atomi di silicio e ossigeno alternati. I siliconi possono assumere la forma di liquido, grasso, resina o gomma, con proprietà di resistenza all' \textcircled{R} *ossidazione* e al calore o di \textcircled{R} *idropellenza*. Sono usati come lubrificanti, impermeabilizzanti, sigillanti, isolanti elettrici etc. (GCH)

SILOSSANI

Resine della famiglia dei \textcircled{R} *siliconi* che presentano nella catena la sequenza -SI-O-SI-O-. (CDR)

SINTESI

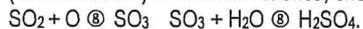
In chimica, il procedimento tramite il quale si ottiene un composto a partire dagli elementi componenti, o una sostanza complessa a partire da composti più semplici. (ESG)

SOLFATI

Derivati dall'acido solforico. Per la loro forte \textcircled{R} *igroscopicità* sono capaci di assorbire molta acqua. Poiché possiedono un elevato grado di \textcircled{R} *solubilità* spesso alternano a stadi di \textcircled{R} *soluzione*, stadi di \textcircled{R} *cristallizzazione* con conseguente variazione dimensionale. Si presentano sotto forma di solfati di magnesio, di calcio e di sodio; quest'ultimo, aumentando di volume (40% circa) causa all'interno dei materiali forti tensioni che ne provocano il rapido deterioramento. (DRD)

SOLFATAZIONE

Degradazione delle pietre calcaree per azione dell'anidride solforosa presente in atmosfera inquinata. L'anidride solforosa si ossida (\textcircled{R} *ossidazione*) in anidride solforica, che con acqua piovana dà acido solforico secondo la seguente reazione:



In presenza di calcare sia ha la rapida fissazione dell'anidride nelle pietre in presenza di \textcircled{R} *catalizzatori* quali polvere, carbone, ossidi di vanadio e di ferro, o anche di veicoli biologici (tiobatteri, ecc.) che sono sempre presenti nelle incrostazioni delle pietre.

L'acido solforico attacca i calcari trasformandoli in *solfato biidrato di calcio* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cioè in gesso, quindi in un prodotto solubile, secondo la reazione:



(IRA)

SOLLEVAMENTO

Rigonfiamento della pellicola pittorica particolarmente pronunciato, frequente sui dipinti in tavola per sollecitazioni derivanti dai movimenti del supporto. (DRD)

SOLUBILITA'

Proprietà che esprime la \textcircled{R} *concentrazione* massima che un solido cristallino può raggiungere ad una determinata temperatura in un volume costante di \textcircled{R} *solvente*. Essa indica quindi la quantità massima di solido cristallino che può sciogliersi in un solvente. Solitamente essa viene espressa rispetto ad un volume di 100 cm³ oppure al litro. Le variazioni di solubilità dovute alle variazioni di temperatura sono espresse dalle *curve di solubilità*. (EEG)

SOLUBILIZZAZIONE

Dicesi del processo che porta alla formazione di una \textcircled{R} *soluzione*. Nel caso di soluzioni solido/liquido (le più interessanti per il restauro) la solubilizzazione avviene in tre fasi:

- la rottura dei legami intermolecolari del soluto;
- la rottura dei legami intermolecolari del **solvente**;
- la formazione di nuove forze intermolecolari liquido/solido e la formazione di un nuovo sistema che è la soluzione. (EEG)

SOLUZIONE

Sistema chimico-fisico formato da una **miscela** di sostanze disperse a livello molecolare, che presentano caratteristiche di composizione chimica costante in ogni punto (*omogeneità della soluzione*).

Possiamo avere soluzioni formate da miscele di gas, di due o più liquidi, di solidi (alcune leghe, ad esempio). Nel caso di soluzioni tra un componente liquido ed uno solido allo stato cristallino, chiamiamo **solvente** il componente liquido e **soluto** il componente in esso disciolto. Il rapporto tra i due componenti, solvente e soluto, è detta **concentrazione della soluzione**. (EEG)

SOLUZIONE ACQUOSA

Dicesi di una soluzione in cui il **solvente** è costituito da acqua.

SOLUZIONE SATURA

Si dice di una **soluzione** in cui il soluto è presente nella massima quantità possibile. In questo caso la **concentrazione** è uguale alla **solubilità**. (EEG)

SOLVENTE

Si dice solvente la sostanza solitamente liquida presente in una **soluzione** e che ha la funzione di innescare il meccanismo che porterà alla **solubilizzazione** del soluto. Si parla di solvente in senso stretto quando esso agisce solo su forze di natura intermolecolare. In questo caso, evaporato il solvente, il soluto si riporta nella situazione precedente la solubilizzazione. Nel caso in cui, invece, il solvente agisca anche sulle forze intramolecolari, l'evaporazione del liquido non ridarà il soluto nella sua composizione originaria in quanto si saranno venuti a creare dei legami chimici tra i due componenti.

I solventi possono essere classificati in **reattivi** e **inerti** secondo che l'azione solvente avvenga con alterazione del soluto (es. nella dissoluzione di metalli o di ossidi in acidi) o senza alterazione (es. nella dissoluzione di zucchero in acqua).

(EEG-ESG)

SOSPENSIONE

Sistema bifasico in cui particelle solide sono disperse in un liquido. L'omogeneità e la stabilità sono mantenute dall'agitazione o dall'impiego di **additivi** disperdenti/stabilizzanti. (GCH)

SPACCATURA

Termine usato come sinonimo di **fenditura**, indica fratture di materiali lignei, lapidei e di intonaci soggetti a variazioni igrometriche, ovvero a sollecitazione esogene. (DRD)

SPACCATURA RADIALE

Difetto del legname dovuto al ritiro per invecchiamento in corrispondenza della direzione dei raggi midollari. (ART)

SPOTTING

Presenza di piccole aree variamente pigmentate, essenzialmente di origine biologica. Viene spesso indicato con il termine **macchia**. (NOR)

SPULITO

Nel gergo e nella letteratura sul restauro il termine allude a un dipinto pulito in profondità con conseguente asportazione delle velature e della **patina**. (DRD)

STABILITA'

Immutabilità nel tempo sotto sollecitazioni. Il termine si usa per qualificare la resistenza intrinseca dei manufatti o dei loro accostamenti, in relazione alle sollecitazioni normali dell'ambiente di conservazione. Si parla di stabilità dimensionale, fisica e chimica. (DRD)

STERILIZZAZIONE

Procedimento mediante il quale si distruggono tutti i microrganismi presenti nei liquidi e sui solidi o nell'atmosfera. Può essere realizzata con mezzi chimici (disinfettanti a elevata concentrazione) o fisici (calore, radiazioni ultraviolette, filtrazioni su setti sterilizzati ecc.). In particolare è molto applicata la sterilizzazione con luce ultravioletta per mantenere sterili gli ambienti. (ESG)

SUBEFFLORESCENZA o CRIPTOEFFLORESCENZA

Fenomeno di **cristallizzazione** dei **sali** presenti nella muratura non sulla superficie (**efflorescenza**) ma all'interno del materiale stesso. Questo avviene quando il flusso capillare di umidità all'interno della muratura diminuisce e il fronte di prosciugamento si ritira all'interno del materiale. La cristallizzazione ha luogo all'interno dei pori. La criptoefflorescenza può essere anche causata da consolidanti e protettivi che alterano la **porosità** della pietra e ne riducono la **permeabilità** e la velocità di evaporazione rispetto alla velocità di flusso di umidità. (MTR)

SUPPORTANTE

Sistema ausiliario per l'applicazione e la veicolazione dei fluidi, consente di mantenere i **solventi** in superficie e di lavorare su zone localizzate. Di frequente i supportanti sono impiegati nei trattamenti a impacco. Fra quelli più comunemente usati nei trattamenti conservativi la pasta di legno o di cellulosa, la **sepiolite** e l'**attapulgitte**. (DRD)

SVERGOLATURA

Deformazione. Tipica di un'asse di legno, indica il fenomeno per cui la tavola perde la planarità assumendo un andamento elicoidale. (ART)

SVERZATURA

Da sverza, scheggia lunga e sottile di legno o di altro materiale. In gergo (e in relazione a una tavola di legno) indica una ® *fessurazione* che si forma in una asse nel senso delle fibre ma di forma irregolare. (ART)

TACK

Proprietà di un adesivo di mantenersi appiccicoso per un certo lasso di tempo. (DRD)

TARLO

Nome comune dei Colerotteri ® *Anobidi*, famiglia di insetti di piccole dimensioni e con antenne di varia forma, di cui il rappresentante più noto e diffuso è l'anobio (*Anobium punctatum*). Già allo stato di larva si nutrono di sostanze contenute nel legno: le gallerie scavate dagli insetti per raggiungere tali alimenti sono di circa 1 mm di diametro e provocano danni gravissimi sia dal punto di vista strutturale sia da quello estetico. Per quanto riguarda le tavole utilizzate come supporto alla pittura è da rilevare che i tarli agiscono sia su legno di conifere sia su legno di latifoglie: tutti i supporti lignei utilizzati in pittura possono quindi rilevare la loro presenza. Gli attacchi si localizzano solitamente verso l'esterno dell'asse (che corrisponde all'esterno del tronco dell'albero dove il legno è più tenero) e in zone caratterizzate dalla presenza di colle (le stesse giunture e l'imprimitura) di cui ugualmente si alimentano. (ART)

TASCA

In relazione allo stato di conservazione di un supporto murale, la zona in cui vi è una mancanza di ® *coesione* tra intonachino e ariccio, o fra ariccio e rinzafo. (ART)

TENACITÀ

In tessitura, la resistenza a rottura della fibra riferita alla sua unità di massa. Nel caso delle fibre naturali, come il cotone, viene misurata su un fascetto di fibre la resistenza a rottura in centinewton (cN) e questa viene divisa per il peso del fascetto. (ESG)

TENSIONE DI VAPORE

È la pressione che un vapore saturo esercita sul liquido con il quale si trova in equilibrio; dipende dalla temperatura e cresce con essa. I liquidi dotati di elevata tensione di vapore sono detti *volatili* (® *volatilità*); i solidi con alta tensione di vapore possono presentare facilmente il fenomeno della ® *sublimazione*. Quando la tensione di vapore di un liquido riscaldato uguaglia la pressione atmosferica esterna, il liquido entra in ebollizione. (ESG)

TERMITE

Nome comune degli insetti appartenenti all'ordine degli ® *isotteri*. Risultano estremamente dannosi per il materiale ligneo che attaccano per nutrirsi delle sostanze in esso contenute. Rispetto ai Coleotteri appaiono ancor più temibili: rifuggendo dalla luce, sono difficilmente individuabili dall'osservazione della superficie esterna del legno, in modo che questo può essere già stato attaccato e indebolito pur mantenendo un aspetto integro. (ART)

TERMOINDURENTE

Letteralmente: materiale che indurisce quando riscaldato. In questa accezione sono compresi tutti i materiali polimerici per cui si ha una drastica variazione di peso molecolare in fase di formatura dei manufatti, generalmente con formazione di reticolazioni e ramificazioni e conseguente impossibilità di praticare ulteriori trasformazioni. Esempi tipici sono la gran parte degli elastomeri, i poliesteri insaturi, molti adesivi, le resine fenoliche, ureiche, epossidiche, etc. Opposto a ® *termoplastico*. (GCH)

TERMOPLASTICO

Materiale che diventa plastico per effetto del riscaldamento e che indurisce nella fase di raffreddamento, conservando la capacità di ridiventare plastico per ulteriore riscaldamento. Opposto a ® *termoindurente*. (ART)

TIXOTROPICO

Qualità di alcuni materiali detti agenti tixotropizzanti (ad es. la silice colloidale), che hanno la capacità di "ispessire" temporaneamente i liquidi per evitare che percolino. Gli agenti tixotropizzanti, estendendo l'area superficiale consentono alle loro particelle di legarsi formando piccole fibre a ragnatela. Questa conformazione limita i movimenti del liquido. (PDR)

TOLUENE

toluolo, idrocarburo aromatico liquido. È un buon ® *solvente* per le vernici; i suoi vapori sono tuttavia tossici, anche se meno di quelli del benzolo. (ESG)

TORNASOLE, Cartina

Strisce di carta imbevute di soluzioni di tornasole, sostanza colorante ricavata da alcuni ® *licheni*, costituita da diversi composti coloranti di cui la principale è l'azolitmina. Se ne prepara una tintura che ha la proprietà di colorarsi in azzurro in ambiente alcalino e in rosso in ambiente acido. È utilizzato per indicare il ® *pH*. (ESG)

TOSSICITÀ

Capacità di una sostanza di produrre intossicazioni. Dal punto di vista chimico la costituzione di sostanze tossiche risulta variabile: possono essere assorbite e metabolizzate dall'organismo umano oppure trasformate. (DRD)

TRASPARENZA

Proprietà fondamentale delle sostanze filmogene (® *film*) usate per la finitura superficiale o per la protezione dei materiali lapidei. La trasparenza ideale sarebbe quella che trasmette la componente visibile e risulta opaca alle altre radiazioni, soprattutto a quelle ultraviolette. La perdita di trasparenza dipende da fenomeni connessi al degrado delle sostanze filmogene, che sono anche funzione della loro composizione, dei parametri di esposizione e dell'impatto ambientale. (DRD)

TUMEFUZIONE

Aspetto delle superfici intonacate dipinte a fresco dove il carbonato di calcio si sia parzialmente trasformato in solfato di calcio. Il tipo di degrado varia in relazione ai ® *pigmenti* utilizzati e al rapporto calce-sabbia dell'intonaco. Gli intonaci tumefatti tendono a formare scaglie in falde precariamente sospese con una superficie appena convessa. (DRD)

UMIDITA'

Contenuto percentuale di vapore acqueo in un volume di gas o di acqua liquida in una struttura porosa; è uno dei principali parametri ambientali. Non è di per sé un agente aggressivo, ma associata ad altri esalta l'azione e le reazioni. Le sue variazioni provocano il movimento dei legni (con conseguenti ® *fenditure* e ® *imbarcature*), è agente di produzione di patine nei metalli, aggressivo nei confronti del peltro; è causa dell'alterazione di tutte le strutture murarie non solo per azione meccanica, ma perché avvia processi di alterazione del carbonato di calcio, di dissoluzione e di cristallizzazione dei sali solubili presenti nel muro o montanti nel muro per ® *umidità ascendente*. (DRD)

UMIDITA' ASCENDENTE

Processo di risalita dell'umidità nella ® *porosità* di una struttura muraria da zone di maggior ristagno a zone e maggior accumulo (terreno) a zone di maggior evaporazione.

È una delle cause più frequenti del degrado degli edifici; interessando i muri prospicienti le fondazioni, provoca un irreversibile processo di disfacimento sia delle malte leganti che degli intonaci. I meccanismi che regolano il fenomeno sono complessi e vengono sinteticamente definiti come fenomeni di ® *capillarità*.

Il fenomeno dell'® *assorbimento* non si limita alla sola diffusione del vapore d'acqua all'interno di un materiale; infatti il corpo assorbente dopo aver estratto il vapore acqueo dei gas fino a saturarsi, cede i vapori assorbiti all'ambiente circostante. Si instaura così, un flusso continuo di vapori d'acqua fra terreno, muri ed ambiente che diventa il tramite per il trasporto dei ® *sali* idrosolubili presenti nella struttura dei materiali da costruzione. Questi sali trasportati in ® *soluzione* sulle superfici esterne dei muri, si ® *cristallizzano* a causa dell'evaporazione dell'acqua. (GCH-PDR-GPA)

UMIDITA' DA CONDENSAZIONE

Dicesi del fenomeno che si verifica quando, in ambienti saturi di aria calda e umida (® *saturazione dell'aria*), sulla superficie delle pareti più fredde si depositano le particelle d'acqua prodotte dal raffreddamento dell'aria calda (® *condensazione*). L'acqua rimane sotto forma di goccioline se si deposita su superfici impermeabili ma può formare macchie scure generate da colonie di muffe e batteri quando è assorbita da superfici porose non protette. (GPA-PDR)

UMIDITA' RELATIVA

Rappresenta il grado di ® *saturazione dell'aria* e dipende dalla temperatura e dalla quantità di vapore acqueo presente nell'atmosfera. È espressa come il rapporto tra quantità di vapore acqueo presente in un volume d'aria e la quantità di vapore presente nello stesso volume necessario per raggiungere la saturazione completa alla medesima temperatura. È espressa in percentuale. (DRD)

UREA

La tecnologia più usata per la produzione di urea ($H_2N-CO-NH_2$) è quella basata sulla reazione tra ammoniaca e anidride carbonica (CO_2) che avviene a pressione e temperatura elevate. È impiegata nella produzione delle ® *resine ureiche* ® *termoindurenti*. (GCH)

VELATINO

Garza molto sottile ma estremamente resistente utilizzata per consolidare fori, lacerazioni, strappi e fratturazioni di piccole dimensioni. (GPA)

VISCOSITA'

Determina le proprietà di un fluido in fase di scorrimento. La viscosità è importante nel caso dei ® *polimeri* fusi in quanto indica la resistenza trovata dalla massa fusa nella direzione del suo movimento. Nelle applicazioni tecnologiche rappresenta un'informazione necessaria per determinare la scelta del materiale e le condizioni o il tipo di trasformazione. (GCH)

XILOFAGI

Categorie di insetti appartenenti a numerosi ordini e famiglie (lepidotteri cossidi, coleotteri bostricidi, scolitidi, cerambicidi, buprestidi, imenotteri siricidi); si nutrono di legno anche dopo l'abbattimento della pianta e rappresentano una delle cause del degrado dei supporti dei manufatti lignei, nei quali scavano gallerie anche molto profonde che rendono il materiale poroso e fragile. (DRD)

FONTI

- ALE Alessandrini G., *Appunti dalle lezioni al Centro CNR "Gino Bozza"*, 1987-88.
ART *glossario* all'interno del sito ARGOS (Art and Restoration Glossary Operating System) www.argosproject.org ©Copyright Palazzo Spinelli, 1998 - 1999
DRD Giannini C., Roani R. (a cura di), *Dizionario del restauro e della diagnostica*, Nardini, Fiesole, 2000.
DDO Devoto G., Oli G., *Il dizionario della lingua italiana*, Le Monnier, Firenze, 1990.
EEG *Enciclopedia Europea*, Milano, Garzanti
ESG *La nuova Enciclopedia delle Scienze Garzanti*, Garzanti, Milano, 1998.

- GCH *Le parole della chimica* all'interno del sito www.eni.it
CHR Matteini M., Moles A., *La chimica nel restauro. I materiali dell'arte pittorica*, Fiesole, Nardini, 1989.
GDG *Grande dizionario Garzanti della Lingua italiana*, Garzanti, Milano, 1987.
GPA *Glossario* all'interno del sito www.plasterarc.net/glossary/
IRA Rocchi G., *Istituzioni di restauro architettonico*, Hoepli, Milano, 1985.
MTR Amoroso G. G., *Materiali e tecniche nel restauro*, Flaccovio, Palermo, 1996.
NOR *Raccomandazioni Normal 1/88*, Roma, CNR, 1988.
PED Pedemonte E. Fornari G., *Chimica e restauro. La scienza dei materiali per l'architettura*, Marsilio, Venezia, 2003.
PDR Tiné S., *La Pratica del Restauro*, Milano, BEMA, 1985.