Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

Edgardo Pinto Guerra

Risanamento di murature umide e degradate

Sintomi e cause - Rimedi - Soluzioni progetturali

Presentazione di *Giovanni Carbonara*

Dario Flaccovio Editore

TERZA EDIZIONE

Scheda sul sito ›

Sintomi: umidità nell'aria e nei muri, macchie bianche, rigonfiamenti e distruzioni
Diagnosi, meccanismi di degrado, cure
Prevenzione: risalita, salsedine marina, acque esterne superficiali, infiltrazioni
Soluzioni per risanamenti, tecniche speciali, verifica del risanamento

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

"Quelli che s'innamoran di pratica sanza scienza son
come 'l nocchier ch'entra in naviglio sanza timone o bussola,
che mai ha certezza dove si vada".
Lionardo da Vinci

Ho avuto la fortuna di avere avuto il miglior nocchiere possibile,
Barrie Cooper in Australia.
Avevo l'Arte, ma è a lui che devo la "Scienza" qui esposta.

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

Edgardo Pinto Guerra

RISANAMENTO DI MURATURE UMIDI E DEGRADATE

Sintomi e cause – Rimedi – Soluzioni progettuali

Dario Flaccovio Editore

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

Edgardo Pinto Guerra
Risanamento di murature umide e degradate
Sintomi e cause – Rimedi – Soluzioni progettuali

ISBN 978-88-579-0301-9

© 2014 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686
www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Terza edizione: maggio 2014

..... <19.....>

..... / .....
..... - Palermo : D. Flaccovio, 2014.
ISBN 978-88-579-0301-9
....
624.151 CDD-22 SBN PAL0267211

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: ....., Palermo, maggio 2014

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.
L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.
La fotocopiatura dei libri è un reato.
Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

Indice

Presentazione di Giovanni Carbonara
Prefazione alla terza edizione
Prefazione

Parte Prima
Le cause e la diagnosi

1. Lo stato dell'arte

1.1. Generalità ... » 23
1.2. Umidità: causa o conseguenza? ... » 27
1.3. Gli edifici storico-artistici – Il vecchio ed il nuovo ... » 28
1.4. Risanamento qualitativo o quantitativo ... » 30

2. Leggere i tre sintomi

2.1. Generalità ... » 33
2.2. Sintomo 1 – Umidità nell'aria di un locale ... » 33
2.2.1. Umidità da infiltrazioni esterne ... » 35
2.2.2. Umidità da sali igroscopici ... » 36
2.2.3. Umidità da condensa ... » 37
2.3. Sintomo 2 – Umidità nel muro. Bagnato, macchie e strisce bianche – la condizione di equilibrio ... » 43
2.3.1. La condizione di equilibrio ... » 43
2.3.2. Altezza e posizione della linea bianca ... » 51
2.3.3. Macchie isolate o estese ... » 56
2.4. Sintomo 3 – Rigonfiamenti e distruzioni ... » 58
2.4.1. Intonaci distrutti o distaccati ... » 60
2.4.2. Materiali disuguali ... » 66
2.4.3. Calce su calce, cemento su cemento – Il vecchio ed il nuovo ... » 67
2.4.4. Danni da ambiente marino ... » 73
2.4.5. Conclusione ... » 75

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

3. Provenienza dell'acqua e dei sali nei muri

3.1. Generalità ... » 77
3.2. Acqua da infiltrazioni ... » 77
3.2.1. Smaltimento acqua piovana ... » 77
3.2.2. Acque sulle coperture ... » 79
3.2.3. Acque da monte ... » 81
3.2.4. Salsedine da burrasche marine ... » 83
3.3. Acque da risalita capillare ... » 84
3.4. Sali da attività umane ... » 88
3.4.1. Sali da decomposizione organica ... » 88
3.4.2. Sali da tubature e scarichi fognari ... » 90
3.4.3. Sali da caseifici e salumifici ... » 91
3.4.4. Sali da escrementi animali ... » 92
3.4.5. Sali dalle strade ... » 93
3.5. Acqua e sali da condensa ... » 94
3.6. Sali dai materiali da costruzione ... » 94
3.6.1. Sali dall'acqua d'impasto di malte e calcestruzzi ... » 95
3.6.2. Sali dai mattoni ... » 95
3.6.3. Sali dagli inerti ... » 97
3.6.4. Sali dai sottofondi di pavimentazioni lapidee ... » 98

4. Natura dei sali

4.1. Generalità ... » 99
4.2. I sali in soluzione ... » 100
4.3. La ri-cristallizzazione – I cristalloidrati ... » 104
4.4. L'igroscopia e la deliquescenza dei sali ... » 107
4.5. I sali più comuni nei muri ... » 109
4.5.1. I cloruri ... » 110
4.5.2. I solfati e i solfiti ... » 111
4.5.3. I nitrati e i nitriti ... » 114
4.5.4. I carbonati ... » 116
4.5.5. Sali complessi ... » 118
4.5.6. Mescolanze di sali ... » 118

5. Meccanismi di distruzione

5.1. Generalità ... » 121
5.2. Degrado da cause chimiche ... » 122
5.2.1. Ettringite e thaumasite ... » 124
5.2.2. Idrolisi delle pietre arenarie ... » 126
5.3. Degrado da cause fisiche ... » 127
5.3.1. Danni da cloruri ... » 133
5.3.2. Danni da solfati ... » 136
5.3.3. Danni da nitrati ... » 138

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

6. Diagnosi delle fonti dell'umidità e del degrado – le condizioni di abitabilità

6.1. Generalità ... » 139
6.2. Procedura generale per la diagnosi in situ ... » 146
6.2.1. Misura dell'umidità nel muro ... » 147
6.2.1.1. Metodi di misura ... » 148
6.2.2. Misura della risalita ... » 154
6.2.3. Misura della quantità di sali solubili in cantiere ... » 158
6.2.4. La termografia ... » 159
6.3. Misura della quantità di sali solubili in laboratorio – Misure su campioni » 162
6.3.1. Determinazione della percentuale totale di sali solubili in laboratorio ... » 162
6.3.1.1. Il metodo della conduttività ... » 162
6.3.1.2. Il metodo della cromatografia ionica ... » 163
6.3.1.3. La diffrattometria a raggi X ... » 164
6.3.2. Prelievi dei campioni per l'analisi dei sali contaminanti ... » 165

Parte Seconda
Gli interventi per un risanamento completo e permanente

7. Rassegna dei metodi per far fronte ai sali nei muri

7.1. Generalità ... » 169
7.2. Metodi basati sull'estrazione dei sali tramite impacchi ... » 173
7.2.1. Le tipologie di impacchi ... » 177
7.3. Metodi basati sulla neutralizzazione dei sali con converti-sali chimici ... » 181
7.3.1. Metodi basati sul rendere i sali incapaci di nuocere ... » 184
7.4. Metodi basati sull'impedire ai sali di cristallizzare ... » 185
7.4.1. L'impermeabilizzazione totale ... » 185
7.4.2. L'impermeabilizzazione con resine traspiranti non pellicolari o idrofobizzazione ... » 188
7.4.2.1. Le resine idrofobizzanti ... » 189
7.4.3. Conseguenze della idrofobizzazione ... » 191
7.4.4. Situazioni d'uso degli idrofobizzanti ... » 192
7.5. Metodi basati sul far fronte ai sali con intonaci ... » 194
7.5.1. Aspetti generali ... » 194
7.5.2. Gli intonaci osmotici asciuganti ... » 197
7.5.3. Gli intonaci risananti macroporosi assorbenti sali-trasportanti ... » 199
7.5.4. I sistemi risananti di intonaci secondo la UNI EN 998-1R sali-bloccanti ... » 203
7.5.5. Gli intonaci di sacrificio (o sacrificali) ... » 208
7.5.6. Gli intonaci di cocciopesto ... » 208
7.5.7. Gli intonaci pozzolanici e di tufo macinato ... » 210
7.5.8. Cause di danneggiamento degli intonaci ... » 211

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

7.6. Metodi basati sul lavaggio dei sali ... » 212
7.6.1. Il lavaggio semplice ... » 212
7.6.2. Il lavaggio sotto vuoto o a depressione ... » 214
7.7. Risanamento mediante controllo delle condizioni ambientali ... » 214

8. Rassegna dei modi di prevenire l'ingresso di nuova acqua e di nuovi sali nei muri

8.1. Generalità ... » 217
8.2. Prevenire l'ingresso di salsedine marina ... » 218
8.3. Prevenire le acque esterne superficiali ... » 219
8.4. Prevenire le infiltrazioni orizzontali da muri contro terra ... » 220
8.5. Prevenire la risalita verticale ... » 222
8.5.1. Il metodo della aerazione preventiva ... » 223
8.5.1.1. L'aerazione preventiva con buchi aeranti ... » 223
8.5.1.2. L'aerazione preventiva con vespai aerati ... » 225
8.5.1.3. L'aerazione preventiva con scannafossi aeranti ... » 227
8.5.1.4. L'aerazione con intonaci evaporanti ... » 229
8.5.2. Il taglio fisico ... » 231
8.5.3. Le barriere a iniezione ... » 233
8.5.3.1. La barriera chimica o taglio chimico ... » 234
8.5.3.1.1. Metodi di riempimento ... » 235
8.5.3.2. Il taglio fisico con boiacche intasanti ... » 238
8.5.3.3. Difficoltà della iniezione ... » 240
8.5.4. Il taglio elettrostatico o elettrosmosi attiva ... » 244
8.5.5. Barriere mediante l'emissione di onde o impulsi elettromagnetici » 249
8.6. Effetti e conseguenze della barriera alla risalita ... » 250

9. Soluzioni per i risanamenti

9.1. Generalità ... » 255
9.2. Soluzioni per muri faccia a vista ... » 255
9.2.1. Premessa ... » 255
9.2.2. Le tipologie di soluzione ... » 256
9.2.3. Consolidamenti-impregnazioni-protezioni ... » 260
9.2.4. Il risciacquo ... » 262
9.2.5. Principali classi di intervento ... » 263
9.3. Soluzioni per sanare i muri intonacati ... » 266
9.3.1. Intonaci sali-trasportanti assorbenti deumidificanti ... » 266
9.3.2. Intonaci sali-bloccanti a norma UNI EN 998-1R ... » 267
9.4. La soluzione controparete ... » 268
9.5. Soluzioni per risanare i locali interrati e i muri contro terra ... » 272
9.6. Soluzioni per sanare i pavimenti ... » 279
9.7. Tecniche speciali per i muri a sacco ... » 284

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

9.7.1. I muri a sacco a paramento ... » 284
9.7.2. I muri interamente a sacco ... » 286
9.8. Tecniche speciali per i muri in blocchi portanti o in forati ... » 287
9.9. Prevenire la condensa ... » 288

10. Verifica quantitativa di un risanamento – percentuali di contaminazioni "pericolose" o "sicure" - proposte

10.1. Generalità ... » 293
10.2. Norme europee ... » 294
10.3. Proposta 1: soglie di sicurezza ufficiali nazionali ... » 298
10.4. Proposta 2: metodologia sperimentale per soglie di sicurezza internazionali ... » 299
10.4.1. Introduzione ... » 299
10.4.2. Proposta metodologica ... » 300
10.4.3. Metodica ... » 300
10.4.4. Premesse ... » 301
10.4.5. Il database e le classi come base per il fattore di rischio da sali ... » 302

Parte Terza
Appendici

Nozioni sui fenomeni fisici

A.1. La porosità e la permeabilità ... » 309
A.1.1. Il coefficiente di imbibizione ... » 311
A.1.2. La permeabilità ... » 312
A.2. La capillarità e la risalita capillare ... » 313
A.2.1. Le forze molecolari – bagnato e non-bagnato ... » 314
A.2.2. La tensione superficiale ... » 317
A.2.3. La diffusione capillare ... » 318
A.2.4. La risalita capillare ... » 320
A.3. La traspirabilità ... » 322
A.4. Le argille ... » 326

Bibliografia ... » 329

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

Presentazione

di Giovanni Carbonara

Il tema del risanamento delle murature umide e degradate, pur essendo uno dei più importanti se non, in assoluto, il più grave e urgente nel campo della conservazione architettonica (e della buona qualità delle nuove costruzioni), non gode d'una pubblicistica né di una letteratura scientifica ampie come meriterebbe. Esistono pregevoli lavori sulla conservazione delle pietre naturali e artificiali, approfondite indagini scientifiche, di natura chimico-fisica, sui meccanismi di diffusione dell'umidità e dei sali, sugli effetti dei singoli composti salini e via dicendo, ma poche sono le opere espressamente volte ad inquadrare, nella sua globalità, il problema. Ancora meno quelle in lingua italiana pur se in questo campo il nostro Paese vanta, nel complesso, buoni contributi.
Basti pensare, fra gli altri, agli studi di G. e I. Massari, P. Bianchi, G. Cigni e B. Codacci Pisanelli, A. Aveta, nei soli ultimi vent'anni dello scorso secolo, ma anche alla prima edizione del volume di Edgardo Pinto Guerra che qui si presenta nella sua terza edizione, grazie al successo riscosso nel pubblico di lettori formato tanto da professionisti, operatori privati e funzionari pubblici, specie delle amministrazioni centrali e regionali di tutela, quanto da studenti universitari soprattutto in architettura e ingegneria. In esso sono affrontate, infatti, questioni relative propriamente ai fenomeni indotti dalla presenza, nei muri, d'umidità, associata a quella di numerosi sali che con essa interagiscono; alle modalità di analisi e diagnosi; a quelle di prevenzione e difesa attiva e passiva, quindi anche alle possibili soluzioni di risanamento ed alla verifica, auspicabilmente quantitativa, dei risultati ottenuti.

Il lavoro di Pinto Guerra si distingue, inoltre, per alcune sue caratteristiche peculiari:

a) una chiara apertura internazionale della ricerca, ben riscontrabile tanto nella *Bibliografia* finale quanto nella trattazione della materia, dove, in mancanza di norme o elaborazioni italiane, sono subito messe in campo quelle, utili al caso in esame, europee, francesi, tedesche, austriache;
b) un'esposizione quanto mai chiara e, per così dire, "amichevole" di una mate-

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

ria in sé piuttosto ostica, per i continui necessari rimandi oscillanti tra raffinati principi chimici e fisici e concretissime pratiche di cantiere. Il tutto con l'ausilio di un apparato di illustrazioni, composto da fotografie, grafici e, in prevalenza, disegni, pressoché tutte originali e a colori, che facilitano indiscutibilmente la comprensione e la memorizzazione dei principi e delle soluzioni proposte;

c) un sistematico e convinto rimando, nel valutare, uno per uno, i rimedi tecnici suggeriti, ai principi-guida del restauro, più volte nel testo richiamati: minimo intervento, non invasività, reversibilità e compatibilità;
d) l'assoluta chiarezza e logica sequenzialità dell'indice del volume e dell'articolazione della materia: stato dell'arte, sintomi, cause, meccanismi di danno, diagnosi, interventi di prevenzione e risanamento, verifica dei risultati e, in *Appendice*, un opportuno richiamo alle definizioni e ai principi chimici e fisici essenziali (porosità, permeabilità, forze molecolari, tensione superficiale, diffusione capillare, ecc.);
e) una ben costruita "leggibilità separata" dei singoli capitoli che, con qualche utile ma non pesante ripetizione, facilita la lettura per parti e per singoli problemi del volume il quale, nel suo insieme, conta circa trecento pagine;
f) infine, tutte le volte che le circostanze lo consentivano, il richiamo alla "biocompatibilità" ed "ecosostenibilità" dei materiali e procedimenti operativi, evidenziando quelli a minor impatto ambientale, più "naturali" e meno duramente dipendenti dall'industria chimica.

Nel quadro degli interventi, in ultimo, sono sottolineati i pregi dei sistemi di difesa e prevenzione attiva relativamente poco invasivi come, appunto, la elettrosmosi attiva, e di quelli passivi, come l'uso accorto di isolanti, guaine impermeabilizzanti ecc., con cenni anche alle più moderne nanotecnologie e con espressi riferimenti, ricorrenti in più punti del volume, alle molte questioni tuttora irrisolte o scientificamente non comprese, aprendo così più d'uno squarcio su possibili avanzamenti e progressi futuri.
Senza entrare negli aspetti tecnici, sui quali molto meglio può dire l'Autore, si desidera qui solo ricordare l'intento di fondo del volume, che è frutto, insieme, di studio e d'ampia sperimentazione. A tal fine è necessario rammentare l'utile riflessione preliminare sugli equivoci connessi all'uso onnicomprensivo del termine di "deumidificazione", che ha il difetto di trascurare, nel suo richiamo alla sola dannosità provocata dalla presenza d'acqua (nei suoi vari stati, dal vapore acqueo al ghiaccio) entro i muri, una seconda e più nascosta componente, subdola e quanto mai dannosa, vale a dire i sali.

Il volume, dunque, si propone di suggerire i modi di un autentico "risanamento permanente" e non, come il più delle volte avviene, soltanto temporaneo se non addirittura apparente e ingannevole. Modi perseguibili lavorando insieme su

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

sali e acqua, bloccando la continua penetrazione di questa (per risalita capillare, percolazione dai tetti, condensa ecc.) e rimuovendo (preferibilmente tramite un metodo puramente "fisico" e non inquinante, che l'Autore sinceramente mostra di prediligere, costituito da impacchi di cellulosa modificata con materiali altrettanto naturali, come la farina fossile) i sali, soprattutto i cloruri, i nitrati e i solfati, vere cause dei danni principali nei muri e portatori di acqua anch'essi. Ciò accanto al degrado da susseguenti formazioni biologiche, fungine, di muffe, licheni ed altro, sul quale lo studio volutamente non si sofferma.
Il tutto non in riferimento alle opere d'arte (quindi a singoli manufatti come una statua o un capitello) per le quali il problema è stato già affrontato e ben risolto dai restauratori, ma all'architettura, anche quella corrente, quindi ad una scala d'intervento molto più ampia, a quantità e superfici enormemente maggiori, a costi conseguentemente più elevati, a situazioni di cantiere spesso difficili e imprevedibili a meno di studi, saggi e analisi preliminari che l'Autore puntualmente raccomanda.
Da qui la rassegna sistematica e la discussione critica di tutte le possibili situazioni, cause e condizioni di degrado e di tutti i possibili rimedi, enumerando di ognuno pregi e difetti.

Ciò che appare evidente, alla lettura del libro, è la necessità, ancora oggi presente, d'imparare a individuare correttamente la "causa" o le "cause", spesso sinergiche, del degrado, vale a dire i sali (accumulatisi, per le più varie ragioni, nelle murature, specie in quelle antiche) e, insieme, quell'attore comprimario che è rappresentato dall'acqua (in quanto vettore continuo di nuovi sali e mezzo capace di attivarne la pericolosa migrazione – in combinazione con altri fattori fisici, come il vento o l'irraggiamento solare – dall'interno dei muri verso le superfici, con fenomeni di cristallizzazione e ricristallizzazione in forma di efflorescenze o, peggio, di sub-efflorescenze).

Un'ultima considerazione, che un po' sgomenta ma che, comunque, non deve frenare l'impegno a ragionare sui più efficaci modi d'intervento, è quella per cui tutto il sistema considerato, ricco di molte variabili (materiali: terreno, aria, murature, anche diverse fra loro, pietre silicee, calcaree, mattoni più o meno cotti, calci, cementi, metalli; fisiche e chimiche: temperatura, velocità del vento, umidità relativa, porosità, dimensioni dei capillari, senza considerare i fattori aggiuntivi indotti dall'inquinamento ecc.) appare sempre "dinamico", in continua fase di assestamento alla ricerca di un suo equilibrio, stagione per stagione, giorno per giorno, ora per ora, rendendo in tal modo difficile ogni generalizzazione o schematizzazione.

Circostanza, quest'ultima, che rende ancora più meritorio il lavoro di personale riorganizzazione della materia e d'offerta d'una guida sicura elaborato, col dovu-

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

to distacco scientifico ma non senza passione e determinazione nell'esprimere le proprie convinzioni, dall'ingegner Pinto Guerra e presentato, come si diceva in apertura, in una maniera quanto mai limpida e gradevolmente leggibile.

Giovanni Carbonara

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

Prefazione alla terza edizione

All'apparire della prima edizione l'impostazione innovativa dell'argomento aveva suscitato apprezzamenti da parte della stampa specializzata. Nei tre anni successivi mi sono pervenuti numerosissimi riconoscimenti da parte di tutti i tipi di addetti ai lavori direttamente interessati, anche dall'estero. Infatti, l'opera viene specificamente citata con titolo e nome anche nel testo della seconda edizione di *Stone Conservation – An overview of current research* pubblicato dal Getty Conservation Institute, 2011, testo molto considerato nella cultura anglo-sassone in materia. Per me è motivo di grande conforto l'aver dato un tale contributo all'Arte. La seconda edizione ha offerto una parziale ri-organizzazione dei capitoli per una esposizione ancora più chiara e agevole nonché diverse aggiunte e riferimenti di utile materiale informativo e grafico, anche innovativo. Lo stesso lavoro ho cercato di fare con questa terza edizione. I costanti ringraziamenti e riconoscimenti sono per me la prova di quanto il volume è utile. Non posso che ringraziare i lettori.

Lo scopo primario del volume è sempre quello di essere uno strumento di consultazione per la pratica operativa e progettuale facilitando il giudizio sull'offerta commerciale. Parallelamente, vuole presentare le tecniche più avanzate per il risanamento su larga scala dei deterioramenti della superficie, intonacata o meno, della massa muraria di edifici comuni, storicamente importanti o meno, ma sempre parte della nostra eredità culturale.
Come i precedenti, il volume vuol soltanto assistere, non invadere, la tradizionale competenza del restauratore storico-artistico che si occupa della conservazione-restauro "fina" di superfici lapidee soltanto su microscala con pulizie, consolidamenti, ecc. Questi procedimenti esulano da questa trattazione, anche se, essendo molti dei fenomeni e delle cure comuni, ci sono inevitabilmente sovrapposizioni. È da osservare che il persistente non-riconoscimento della distinzione tra queste due scale di intervento sul piano formale da parte della nostra cultura ufficiale, nonché da parte delle nostre Autorità, ha provocato, e provoca, una scarsa attenzione alle esigenze tecnico-normative della prima categoria. Questa lacuna è da sempre causa di grandi perdite di materiale di eredità culturale.

Edgardo Pinto Guerra

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

Prefazione

Già nel 420 a.C. Erodoto nota con disappunto la presenza di strisce bianche, di distruzioni e di macchie di umidità comunemente visibili sulle murature o sugli intonaci dei templi greci. Inoltre, durante il suo viaggio in Egitto annotava: "Ho osservato che […] talmente tanto sale emanava dal terreno da perfino danneggiare la base delle piramidi"[1]. Aveva perfettamente ragione, ma da allora la colpa di questi deterioramenti del materiale murario è sempre stata attribuita genericamente alla "umidità". Si può dire che la maggior parte delle persone, tecnici compresi, con le quali si parla dell'argomento ne sia convinta.
Pur tuttavia, da un punto di vista tecnico, così dicendo si tramanda un enorme equivoco: l'umidità, come comunemente intesa, anche se quasi sempre presente, non è affatto la responsabile *diretta* dei deterioramenti lamentati. Non è una *causa* ma bensì una *conseguenza* (tra le tante) dell'agire di altri fenomeni.

L'identificare un sintomo come origine dei danni causati da una malattia, e decidere di curarlo, vuol dire partire concettualmente con il piede sbagliato. La confusione tra le cure del sintomo e quelle della malattia comporterà facilmente l'andare incontro a fallimenti, come ve ne sono tanti.
In altre parole, bisogna porre al centro del discorso le *cause* dell'umidità piuttosto che l'umidità in sé. Curata la causa il sintomo scomparirà automaticamente.

Alle volte le conseguenze di scelte fatte sulla base di curare il falso obiettivo "umidità" possono essere pesanti: edifici e opere del nostro patrimonio hanno subìto irreversibili perdite che potevano forse essere evitate affrontando la questione nel modo corretto.

È necessario innanzitutto distinguere i due fenomeni: la responsabilità principale dei *danni* (esclusa la grande categoria dei gravissimi danni provocati dallo smog, cioè dalle cosiddette *croste nere*, o dal gelo) è da attribuirsi all'azione dei *sali*

[1] Erodoto, 420 a.C. Storie **2.12** (Libro 2)

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

solubili trasportati nella muratura dall'ingresso dell'acqua negli anni, mentre la presenza di umidità vera e propria (esclusa la condensa) è dovuta sia all'ingresso di nuova acqua (compresa la risalita) sia alla presenza degli stessi sali.
Persino molto del degrado biologico del materiale causato da muschi, alghe, funghi e licheni dipende dalla quantità di sali nel substrato, in quanto spesso è di essi che si nutrono tali organismi.

Figura 1. Danni causati non dalla "umidità" di Venezia ma dal sale portato da spuma marina e da acqua di mare in risalita capillare dalla laguna in basamento in forte Pietra d'Istria di palazzo del 1550. L'autore ha misurato più del 35% in peso di sali in queste pietre

Il ruolo fondamentale dei sali nel degrado è stato sempre riconosciuto dalla letteratura scientifica ma sembra non siano state tratte sufficienti conclusioni sul piano pratico-operativo per manufatti architettonici comuni, mentre ciò è da sempre avvenuto per i restauri "fini" ricadenti sotto l'egida dello storico-artistico, riservati solo a manufatti di particolare pregio.

Porre il contenuto di sali nel muro come innovativo punto di riferimento consente di unificare e inquadrare in una unica visione l'argomento, di giustificare tecnicamente e di comprendere lo scopo e la ragione d'essere della diagnosi e di tutte le soluzioni di prevenzione e cura del fenomeno "umidità". Altrimenti, tutte le soluzioni offerte appariranno riferite solo ad aspetti specifici della questione, indipendenti, circoscritti e in apparenza scollegati gli uni dagli altri,

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

generando il più delle volte confusione e difficoltà di comprensione del fenomeno globale.

Figura 2. Sali da evaporazione di risalita in laboratorio in diversi mattoni

Il testo è organizzato in tre parti con l'intento di presentare gli argomenti nel modo il più possibile ordinato, semplice e divulgativo:

- la prima parte descrive i sali, l'importanza e le conseguenze della loro penetrazione nelle murature e i danni che provocano in esse; inoltre, la diagnosi delle condizioni da sanare;
- la seconda parte esamina dettagliatamente le varie tecniche di cura e la loro applicabilità con i relativi vantaggi e svantaggi;
- la terza parte è una appendice di approfondimento dei termini e delle nozioni fondamentali ricorrenti nella materia.

L'auspicio è che l'architetto, l'ingegnere, il geometra progettista o l'impresario possano ricavare sufficienti nozioni per permetter loro di inquadrare tecnicamente in maniera corretta la questione e quindi di poter valutare criticamente le proposte tecnico-commerciali di un settore nel quale ancora abbondano facili terminologie, superficialità, approssimazioni e luoghi comuni. Per il progresso dell'Arte.

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

Parte Prima
Le cause e la diagnosi

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

1. Lo stato dell'arte

1.1. Generalità

Nel settore del risanamento edile, che l'umidità, specialmente da risalita, bagni un muro è cosa nota, ma che il muro possa essere mantenuto bagnato prevalentemente solo dai vecchi cristalli dei sali presenti in esso, anche in assenza di risalita, non lo è quasi affatto. Pur essendo gli operatori del settore consapevoli dell'esistenza dei sali, sembra non venga percepito il fatto che essi sono la principale causa del degrado e delle distruzioni di un intonaco, dei mattoni o delle pietre di un muro. Di dette distruzioni viene generalmente ritenuta responsabile genericamente la "umidità". Ciò dimostra quanto sia vaga la separazione concettuale tra i fenomeni causati dai sali presenti da anni in un muro e quelli dovuti a una risalita d'acqua in atto, che porta sì umidità nel muro, ma che non è l'unico fenomeno che agisce.
La piena comprensione dei meccanismi realmente in atto non sembra essere ancora entrata nella comune prassi edilizia. Tanto meno ancora la corretta diagnostica dei fenomeni e i metodi con cui curarli permanentemente.
L'esperienza comune di chi pratica il settore "risanamento" sostiene questa valutazione. Anni di esperienza danno la sensazione che pochi operatori abbiano chiara la problematica. In moltissimi casi la questione si trova relegata nella categoria mentale del "fastidioso problema estetico" da lasciar risolvere all'impresa.

L'estratto del seguente articolo pubblicato su un quotidiano nazionale pochi anni fa in merito al restauro appena finito di un importante edificio storico è illuminante riguardo all'atteggiamento comune.

> È già a pezzi […] Intonaci che si staccano negli androni, ma anche all'interno della struttura restaurata di fresco. Chiazze scure sulle pareti gialline su cui da poco è stato apposto uno strato di "marmorino". […] Che cosa succede al […] grandioso progetto dell'architetto […] che si pensava fosse ormai terminato, tanto che si prospettava di aprire […] già il prossimo autunno?
> Dalla Regione minimizzano: "Abbiamo affidato una perizia al professor […], docente ed esperto di restauro dell'Università […]" – dice il direttore

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

> dei Beni culturali […] – "E sa che cosa è venuto fuori? Che i muri erano impregnati dei sali presenti nelle urine umane. Lì un tempo c'erano le scuderie, e con i cavalli stavano gli stallieri: sa com'è, nella reggia non c'erano certo i gabinetti. E così, quei sali evaporando hanno spaccato la superficie degli intonaci. Adesso, nel giro di un mese, si rifarà il lavoro. Si tratterà di spendere 80mila euro in più. Certo, non sarà una tragedia: ma per questo incidente di percorso le imprese appaltatrici non hanno mai consegnato il cantiere.

Solo interpellando uno specialista del restauro la grande importanza dei sali (sicuramente in questo caso originati più dai cavalli che dagli stallieri) è stata apprezzata. Questa sottovalutazione sarà costata 80 mila euro, più il costo della perizia, il costo degli altri simili intonaci che saranno probabilmente da rifare tra breve, il tempo perso.

Bisognerebbe chiedersi come mai si sia verificato un simile "incidente di percorso" in un normale restauro edile, sopratutto se grande e importante. Gli operatori direttamente coinvolti erano tutti in buona fede. Infatti il motivo fondamentale è una lacuna culturale generalizzata dovuta al fatto che l'argomento "Umidità e danni da sali solubili, cause e rimedi" non viene generalmente insegnato *come tale* in un corso a sé stante nei percorsi universitari, di specializzazione o di Scuola edile, e raramente nei corsi avanzati di restauro, forse in quanto argomento interdisciplinare. I distinti aspetti della questione vengono compiutamente trattati in diversi corsi (Restauro architettonico, Scienza dei materiali, Chimica fisica, Ingegneria idraulica, Fisica, ecc.) ma sembra che essi non vengano mai configurati in una trattazione unica dell'argomento.

Il risultato è che, in assenza di formazione accademica, il vuoto culturale viene colmato dagli agenti rappresentanti delle grandi e piccole ditte, dalle quali vengono formati, che producono materiali edili per il risanamento e per il restauro, specialmente intonaci. In assenza di possibilità di valutazione critica ciò finisce per condizionare le scelte progettuali a tutti i livelli.
La maggior manchevolezza riscontrabile in questa "visione delle cose" circolante nel settore è la tesi di un *singolo* male denominato *umidità* da curare con *singola* cura. La non-distinzione fra i fenomeni dell'umidità causata dalla risalita in atto e i danni accumulati nel tempo dalla stessa risalita ha effetti nefasti.
Nondimeno, le vere grandi problematiche connesse ai sali contenuti nel muro da sanare devono essere affrontate in qualche modo e le grandi aziende produttrici di intonaci lo fanno, ciascuna a modo proprio, comunicandolo chiaramente o meno.

I metodi principalmente adottati (da soli o in combinazione) dalla pratica progettuale ed edilizia comune per far fronte ai sintomi dei danni da sali sono:

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

- impermeabilizzare la parete, ad es. con forti intonaci cementizi poco traspiranti;
- cercare di renderli innocui chimicamente;
- cercare di assorbirli all'interno di intonaci macroporosi;
- cercare di bloccarli all'interno del muro con resine idro-repellenti incorporate in pitture o intonaci;
- cercare di sciacquarli fuori dal muro con acqua deionizzata.

Nella pratica, nessuno degli questi metodi si rivela efficace per risolvere il problema permanentemente, salvo casi di lieve contaminazione. Anche se non ci sono cifre ufficiali in merito, si può stimare che, nel caso degli intonaci, nel 40-50% dei casi la cura proposta non funziona per più di qualche anno, se non per più di qualche mese. A questo proposito la figura 1.1 mostra un intonaco fotografato a Venezia dopo pochi mesi dalla sua stesura. Per le facciavista non intonacate la percentuale non è stimabile ma i fallimenti sono sicuramente superiori.

Figura 1.1
Venezia. Nuovo intonaco assorbente distrutto nel giro di pochi mesi solo perché steso su muro molto contaminato da sali (4-9% in peso, cifre comuni a Venezia)

La carenza di cultura nella materia sembra essere generale. Di recente (nel 2002) l'Unione Europea ne ha preso coscienza e ha cercato di colmare la lacuna isti-

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

tuendo specifiche ricerche[1] sulla possibilità di desalinizzare substrati mediante intonaci e impacchi. Obiettivi principali della ricerca sono "fornire a coloro che sono responsabili della manutenzione del patrimonio storico costruito (architetti, consulenti, proprietari e Autorità) chiare linee guida per la scelta di intonaci, più compatibili con, e resistenti, ai sali" e "lo studio della cristallizzazione dei sali e delle forze espansive in questi sistemi", nonché "l'analisi dei meccanismi di degrado e delle condizioni nelle quali si verificano".

In altri paesi la ricerca della soluzione al problema è iniziata prima. Ad esempio in Australia, dove il problema "danni da sali" è gravissimo a causa dei particolari cicli climatici del luogo, le ricerche sulla possibilità di risolverlo alla radice estraendo e rimuovendo i sali sono state promosse dal governo nel 1975. Gli intonaci sacrificali sono stati sperimentati con limitati successi fino al 1998, anno in cui sono iniziate ricerche private basate sull'estrazione diretta mediante impacco di cellulosa modificata. Nel 2002, dopo due anni di verifica della validità del prodotto, è stato brevettato un impacco[2] adatto all'impiego edile su larga scala per tutti i muri e intonaci.

La nuova possibilità di riportare un muro al suo stato di pulizia originale invertendo il processo di contaminazione ha messo in mano ai tecnici un nuovo potente strumento nella progettazione di recuperi e di restauri. Rappresenta senza dubbio un grande passo avanti nella pratica edilizia corrente, progettuale e pratica. Anche la ricerca europea, nei progetti di cui sopra, sta prendendo coscienza che la vera soluzione sta negli impacchi.

Vista la reale possibilità di ridurre il contenuto salino dannoso diventa di forte attualità avere norme guida nazionali e internazionali di percentuali di riferimento di contaminazione "sicura per la conservazione" (ad esempio si vedano le percentuali riportate dalla WTA tedesca nella tabella 10.1, i valori della tabella 10.2 delle norme austriache, le soglie per intervento di dissalazione secondo il Ministero della cultura francese della tabella 10.3). È notizia recente e confortante che la Commissione Europea CNT 146, presieduta dal nostro autorevole rappresentante, stia occupandosi della questione.

Una proposta più completa è quella illustrata nella tabella 10.4, che specifica maggiormente quanto già contemplato dal WTA nella tabella 10.1. Le cifre di questa tabella sono ora state riportate nel *Manuale Operativo del Restauro*[3] molto utilizzato

[1] Progetti *Compass* e *Desalination*.
[2] L'unico impacco di grande efficacia a larga scala edile ad oggi sul mercato, commercializzato con il nome *Westox Cocoon.*
[3] Edito dalla DEI.

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

da progettisti per il restauro dei più importanti immobili storici. Riassumendo, tutte le proposte ritengono che un substrato possa considerarsi *sano per la conservazione*, cioè non a rischio di degrado, quando il contenuto *totale* di sali solubili nei primi 15 mm della superficie è inferiore allo 0,20% in peso (si veda paragrafo 6.3.1 "Determinazione della percentuale totale di sali solubili in laboratorio").
Pertanto, nel contesto di questo volume, *sanare* vorrà dire ridurre lo stato di contaminazione del muro malato, ossia ridurre la quantità o l'effetto dannoso dei sali solubili in esso contenuti perché quelli in eccesso saranno stati estratti e rimossi, oppure perché gli stessi, seppur in quantità sconosciuta, saranno stati trattati in modo da non poter agire per causare danni.
Un muro si potrà considerare *risanato* quando sono state eliminate anche le fonti di nuova acqua esterna contenente sali che potrebbero ristabilire la situazione di contaminazione. Sanare temporaneamente può essere relativamente facile, risanare davvero molto più difficile.
Vi sono molte situazioni temporanee nelle quali si ha un substrato sano ma non risanato.

1.2. Umidità: causa o conseguenza?

Non c'è parola più comune e allo stesso tempo più sfuggente di *umidità*. Usata correttamente descrive uno stato. Affermare "c'è umidità in questa stanza" oppure "questo muro è umido" è corretto.
Allo stesso tempo, la parola viene spesso impiegata come *causa* di fenomeni: dichiarare "l'umidità mi ha distrutto la coperta nell'armadio" sembra ovvio ma non è esatto. In realtà la lana è marcita in quanto distrutta da muffe che hanno potuto proliferare grazie all'ambiente umido.
Si potrà osservare che la distinzione è noiosa e pedante in quanto agli effetti pratici il risultato finale è lo stesso: concettualmente non è affatto così e il non farla genera infinita confusione.

L'umidità come causa viene comunemente indicata a sproposito in tema di danni a muri, stucchi o affreschi. Ad esempio affermare che "l'umidità ha causato danni al muro o all'intonaco (o all'affresco)" è tecnicamente errato e fuorviante perché gli attori della reale catena causa-effetto sono diversi e più complessi.
Le affermazioni corrette sarebbero: "l'acqua che entra ancora oggi nel muro ha trasportato in esso sali solubili negli anni. L'acqua che continua a entrare e i sali nel muro provocano l'umidità oggi presente. L'azione dei sali al variare delle stagioni negli anni ha distrutto l'intonaco (o danneggiato lo stucco)", oppure "la risalita capillare ha imbibito d'acqua il muro antico costruito con malta aerea contenente gesso. La presenza dell'acqua ha sia indebolito la malta aerea che causato reazioni chimiche che hanno prodotto sali di ettringite e di thaumasite (si

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

veda il paragrafo 5.2 “Degrado da cause chimiche”) con i solfati del gesso. Questi sali hanno rotto la malta e danneggiato l’affresco” (figura 1.2).

Figura 1.2
Foto di stucchi e affreschi distrutti non dall’umidità ma da sali, probabilmente di ettringite e di thaumasite, provocati dal contatto gesso/calce in presenza di umidità

È estremamente importante rendersi conto che non è mai l’umidità che agisce direttamente nel causare danni: sono i materiali che, trovandosi in situazioni causate da altri fattori, alcuni dei quali generano anche umidità, subiscono trasformazioni dannose. L’umidità è sempre una conseguenza, non una causa.
Per un risanamento permanente vanno posti in essere metodi per eliminare o trattare le cause. Dopo, il sintomo sparirà automaticamente. Senza avere chiara questa fondamentale distinzione si cade in equivoci che possono avere ripercussioni pratiche anche molto gravi.

1.3. Gli edifici storico-artistici – Il vecchio ed il nuovo

Gli edifici storici sono soggetti alle stesse condizioni d’impiego, decadimento, manutenzione, conservazione e di restauro di qualsiasi altro edificio, con in più un valore aggiunto non materiale. Questi edifici possono essere grandi e importanti, ma più spesso si tratta di edilizia “povera”, non per questo meno antichi e ricchi di storia e di tradizioni che devono essere rispettate. Per questo motivo è necessario ripristinare tali edifici con amorevole cura e attenzione.
Le scelte progettuali di conservazione-restauro devono sempre tener conto delle loro peculiarità attraverso analisi, valutazioni e trattamenti speciali in aggiunta a quelle di un edificio moderno; in particolare, se devono essere reimpiegati, deve essere rispettata la loro natura originaria.
Dall’antichità, e per oltre 2300 anni, la struttura portante degli edifici di tutta Europa e del Medio Oriente, case, chiese, castelli, residenze, palazzi, cattedrali, il Colosseo, ecc. era di un solo tipo:

- per murare e intonacare veniva impiegata soltanto la calce, aerea o idraulica a seconda;

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

- si aveva una struttura a muri portanti in mattoni o in pietra, e solai e tetti sostenuti da volte o da travature in legno;
- i muri e le loro fondamenta erano quasi sempre costruiti senza tener conto della risalita capillare di umidità dal suolo al loro interno. Nessuna barriera veniva prevista (con importanti eccezioni come Venezia, dove gli edifici sono stati sollevati su un piedistallo di pietra d'Istria impermeabile, scelto proprio per questo scopo);
- il pavimento del piano terra poggiava direttamente sulla terra, su uno strato di ciottoli (l'acciottolato), senza sottostante impermeabilizzazione. Questo è fonte di umidità dal suolo, con l'accompagnamento inevitabile di sali. In passato i benestanti semplicemente evitavano il problema vivendo al primo piano. Oggi, dopo anni o secoli di umidità ascendente, molti di questi pavimenti e pareti risultano umidi e degradati, invasi dai cristalli di sali solubili.

Dal 1860 fino al 1930 l'uso della calce era ancora la normalità, ma vari cementi erano in corso di sperimentazione e sono stati progressivamente introdotti nella pratica comune, producendo le cosiddette malte bastarde, utilizzate sia per murare che come intonaci.
Durante la seconda guerra mondiale il cemento è stato massicciamente prodotto. Dopo il boom edilizio del dopoguerra, dal 1950-'60 in poi, si è introdotto e diffuso universalmente un nuovo e diverso modello di struttura per sostenere qualsiasi edificio, cioè uno scheletro fatto di travi e di pilastri in cemento armato. Si è costruito impiegando soltanto il cemento, sia per la struttura che come malta per murare dove necessario e per gli intonaci, con l'improvvisa scomparsa delle calci tradizionali. Con esse sono scomparsi 2500 anni di conoscenze e di tecnologie connesse.

Questo spartiacque nel tempo del modo di costruire significa che una grandissima parte del nostro attuale patrimonio costruito appartiene ad un vecchio "genere" a se stante che non ha nulla in comune fisicamente con quello "nuovo". In primis, di essere costruito senza cemento, che è materiale totalmente sconosciuto nell'antico. Sembrerebbe perciò ovvio che nel sentire della coscienza comune, (ma sopratutto in quella degli addetti ai lavori), per il restauro e la conservazione del nostro patrimonio storico il "vecchio" venga automaticamente collocato in una "categoria mentale" a sé stante, per cui intervenire correttamente e con rispetto su di esso comporta operare con materiali e competenze tecniche del tutto *diverse* dalle attuali, tecniche con le quali non abbiamo più familiarità e, molto più difficile, significa entrare nella mentalità, nella conoscenza artigianale e nel ragionare dei nostri avi. È purtroppo esperienza di tutti i giorni osservare che questa "coscienza" non è affatto un fatto acquisito.

Si devono conoscere le vecchie calci tradizionali e quelle "bastarde" e le loro caratteristiche essenziali. Purtroppo, è da dire, con grande rammarico, che, a partire dal dopoguerra fino ad oggi, questo aspetto è stato praticamente ignorato dalla

Abstract tratto da www.darioflaccovio.it - Tutti i diritti riservati

formazione sia accademica sia degli istituti tecnici che delle scuole edili.
La "moda" dell'uso del cemento come legante del "progresso" ha imperversato dappertutto. Molti tecnici, costruttori e muratori, soprattutto nelle comunità rurali dove gran parte dell'eredità del passato sopravvive, sono ancora convinti che il cemento debba essere utilizzato sempre, comunque, dappertutto, con gli effetti disastrosi descritti al paragrafo 2.4.3 "Calce su calce, cemento su cemento", alle volte non rispettando le specifiche dei propri regolamenti edilizi e delle raccomandazioni delle Soprintendenze. Solo di recente questa tendenza sta lentamente cominciando a invertirsi.

1.4. Risanamento qualitativo o quantitativo

Si possono muovere tre serie osservazioni alle proposte commerciali per i risanamenti:

- per brevità e convenienza viene proposta una serie di soluzioni globali preconfezionate definite indistintamente *deumidificanti* o *risananti* o *antiumidità*;
- viene normalmente proposta *una* soluzione come se ci fosse *un* problema da risolvere. Invece, per essere permanente, un risanamento necessiterà quasi sempre di due tipi di intervento, diversi e separati;
- le metodologie e/o i prodotti vengono quasi sempre venduti in modo soltanto *qualitativo*. Viene cioè proposto il raggiungimento di un risultato solo estetico, senza dimostrazione quantitativa, cioè con cifre, di che cosa e in quale misura si è risanato.

Ad esempio, la norma europea UNI EN 998-1R, *Specifiche per malte per opere murarie – Malte per intonaci interni ed esterni – Malte da risanamento*, non menziona a quale o quanta contaminazione salina essi possano far fronte o rispetto a quali substrati essi siano efficaci (si veda paragrafo 7.5.4 "I sistemi risananti di intonaci secondo la UNI EN 998-1R").
Fa lodevole eccezione la scheda tecnica di uno dei più importanti produttori di intonaci risananti assorbenti (si veda paragrafo 7.5.3 "Gli intonaci risananti macroporosi assorbenti") che informa l'utente che il proprio prodotto non elimina la causa responsabile della presenza di acqua e di sali nella muratura ma tende piuttosto a ridurre gli effetti derivanti dalla presenza di umidità operando in tal modo una riduzione del fenomeno, aggiungendo inoltre che tutti gli intonaci risananti esplicano la loro funzione sino a completa saturazione salina dei macropori d'aria; poiché la velocità di saturazione varia da caso a caso, non è possibile prevedere la durata nel tempo dell'intonaco risanante.

La diminuzione dell'umidità contenuta nel muro dopo un certo lasso di tempo non fornisce nessuna garanzia della durata di un intervento dal punto di vista del futuro eventuale degrado in quanto si rivolge ad *un solo* aspetto di un risanamento completo.