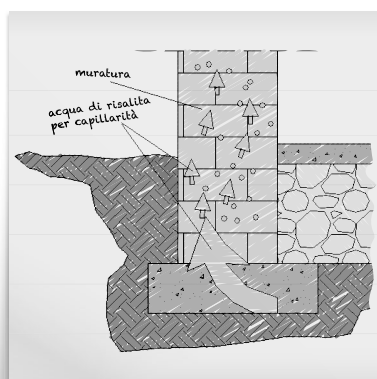


Vittoriano Gebbia – Valentina Gebbia

UMIDITÀ NEGLI EDIFICI

DIAGNOSTICA E RISANAMENTO

SECONDA EDIZIONE



SOFTWARE INCLUSO

MANUALE TEORICO-PRATICO, VOCI DI CAPITOLATO, ANALISI DEI MATERIALI
ED ESEMPI DI LAVORAZIONI CON REPERTORIO FOTOGRAFICO

Glossario (principali termini tecnico-normativi), **F.A.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti),
Test iniziale (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)



GRAFILL

Vittoriano Gebbia – Valentina Gebbia
UMIDITÀ NEGLI EDIFICI. DIAGNOSTICA E RISANAMENTO

ISBN 13 978-88-8207-774-7
EAN 9 788882 077747

Manuali, 176
Seconda edizione, settembre 2015

Gebbia, Vittoriano <1962->
Umidità negli edifici : diagnostica e risanamento / Vittoriano Gebbia, Valentina Gebbia.
– 2. ed. – Palermo : Grafill, 2015.
(Manuali ; 176)
ISBN 978-88-8207-774-7
1. Edifici – Danni [da] Umidità.
I. Gebbia, Valentina <1993->.
690.24 CDD-22 SBN Pal0281275
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Il volume è **disponibile anche in versione eBook** (formato *.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader**.
Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con conto corrente postale, bonifico bancario, carta di credito e paypal.
Per i pagamenti con carta di credito e paypal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno smartphone o un tablet il codice QR sottostante.



I lettori di codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313
Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di settembre 2015
presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

INDICE

INTRODUZIONE	p.	1
1. UMIDITÀ DI RISALITA	"	1
2. UMIDITÀ PROVOCATA DA SALI IGROSCOPICI	"	9
2.1. Attacco solfatico	"	9
2.2. Attacco da cloruri	"	9
2.3. Reazioni alcali-silicee	"	10
3. UMIDITÀ DI CONDENZA	"	17
4. INFILTRAZIONE NEI LOCALI INTERRATI E SEMINTERRATI	"	40
5. INFILTRAZIONI D'ACQUA DALLE COPERTURE	"	44
6. INFILTRAZIONI D'ACQUA DAGLI INTONACI E DAI RIVESTIMENTI ESTERNI	"	48
7. DANNI CAUSATI ALLE STRUTTURE DALL'INFILTRAZIONE D'ACQUA	"	50
8. DANNI CAUSATI DALL'INFILTRAZIONE D'ACQUA ALLE STRUTTURE PORTANTI VERTICALI	"	51
8.1. Strutture portanti verticali in legno	"	51
8.2. Strutture portanti verticali in muratura	"	51
8.3. Strutture portanti verticali in calcestruzzo armato	"	56
8.4. Strutture portanti verticali in acciaio	"	57
9. DANNI CAUSATI DALL'INFILTRAZIONE D'ACQUA AI SOLAI IN LEGNO	"	59
9.1. Esempio di calcolo di verifica di solaio in legno irrigidito con trave collocata perpendicolarmente ed inferiormente alle travi portanti del solaio	"	66
9.2. Esempio di calcolo di verifica di solaio misto legno-calcestruzzo consolidato con soletta collaborante in calcestruzzo	"	69

10. DANNI CAUSATI DALL'INFILTRAZIONE D'ACQUA AI SOLAI ED ALLE STRUTTURE ORIZZONTALI IN ACCIAIO E LATERIZIO.....	p.	73
11. DANNI CAUSATI DALL'INFILTRAZIONE D'ACQUA ALLE STRUTTURE ORIZZONTALI IN LATERO-CEMENTO E ALLA TRAVATURA IN C.A.	"	75
12. VOCI DI CAPITOLATO E MATERIALI UTILIZZABILI PER TIPOLOGIA D'INTERVENTO	"	78
12.1. Umidità di risalita	"	78
12.2. Umidità provocata da sali igroscopici	"	90
12.3. Umidità di condensa	"	99
12.4. Infiltrazione nei locali interrati e seminterrati.....	"	107
12.5. Infiltrazione d'acqua dalle coperture	"	113
12.6. Infiltrazioni d'acqua dagli intonaci e dai rivestimenti esterni.....	"	119
12.7. Danni causati dall'infiltrazione d'acqua alle strutture portanti verticali.....	"	123
12.7.1. Strutture portanti verticali in legno	"	123
12.7.2. Strutture portanti verticali in muratura.....	"	124
12.7.3. Strutture portanti verticali in calcestruzzo armato	"	131
12.7.4. Strutture portanti verticali in acciaio.....	"	132
12.8. Danni causati dall'infiltrazione d'acqua ai solai in legno.....	"	133
12.8.1. Solai in legno	"	133
12.9. Danni causati dall'infiltrazione d'acqua ai solai ed alle strutture orizzontali in acciaio e laterizio	"	141
12.9.1. Solai in acciaio e laterizi	"	141
12.10. Danni causati dall'infiltrazione d'acqua alle strutture orizzontali in latero-cemento e alla travatura in c.a.....	"	143
12.10.1. Solai in latero-cemento e travatura in calcestruzzo armato.....	"	143
∇ ESEMPI DI IMPERMEABILIZZAZIONE LASTRICI SOLARI	"	147
1. <i>Lavori di impermeabilizzazione delle coperture e dei terrazzi a livello e ripristino solai danneggiati da infiltrazioni d'acqua di un fabbricato condominiale.....</i>	"	149
2. <i>Lavori di manutenzione della copertura di un fabbricato condominiale</i>	"	158
∇ ESEMPI DI RISANAMENTO DA UMIDITÀ DI RISALITA	"	163
1. <i>Lavori di risanamento da umidità di risalita in un fabbricato condominiale</i>	"	165

↳ ESEMPI DI RISANAMENTO	
DA UMIDITÀ DI CONDENSAZIONE	p. 169
1. <i>Lavori di risanamento da umidità di condensazione</i>	
<i>in un fabbricato condominiale</i>	" 171
2. <i>Lavori di risanamento da umidità di condensazione</i>	
<i>in un fabbricato condominiale</i>	" 173
INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO	" 177
Note sul software incluso	" 177
Requisiti hardware e software	" 177
Download del software e richiesta della password di attivazione	" 177
Installazione ed attivazione del software	" 178

INTRODUZIONE

Ai nostri giorni l'attività professionale dei progettisti e dei tecnici dell'edilizia è indirizzata, quasi esclusivamente, verso il recupero del costruito. Oggi si costruisce pochissimo e si tende, sempre di più, a recuperare gli immobili esistenti riportandoli, quando possibile, agli splendori originari.

Le problematiche da affrontare nel momento in cui si dovesse redigere un progetto di ristrutturazione e restauro sono veramente tante e spesso di difficile, se non impossibile, soluzione.

Il problema dell'umidità negli immobili è stato sempre quello che ha impegnato maggiormente il progettista che si occupa di ristrutturazione e restauro.

Oggi, con le nuove tecnologie reperibili sul mercato e con l'esperienza tramandata dai nostri predecessori, difficilmente si costruiscono immobili non perfettamente efficienti per la difesa dall'umidità e dalle infiltrazioni d'acqua. Ma non dobbiamo mai dimenticare che nulla dura indefinitamente e presto il tecnico si dovrà impegnare per risolvere problematiche nelle abitazioni causate dalla vetustà e dagli ammaloramenti fisiologici degli edifici e dei materiali con i quali sono stati costruiti. Inoltre il progettista si troverà spesso a dover recuperare immobili di epoca preindustriale che sicuramente non possiedono le peculiarità di un nuovo edificio e riportano, quindi, difetti costruttivi che bisogna correggere.

Il testo che segue dà, ai progettisti ed ai tecnici dell'edilizia, le principali indicazioni per risolvere i problemi strettamente legati alle infiltrazioni d'acqua ed all'umidità negli edifici. Fra le svariate e numerosissime soluzioni, sono state scelte quelle più semplici, pratiche ed economiche dedotte dalle conoscenze teoriche e dall'esperienza di cantiere degli autori. Le problematiche sono state trattate esaminando separatamente le varie parti costituenti un edificio.

CAPITOLO 1

UMIDITÀ DI RISALITA

Per capillarità, in fisica, si intende l'insieme di fenomeni dovuti alle interazioni fra le molecole di un liquido e quelle di un solido che entrano in contatto.

Il fenomeno della capillarità, quindi, si manifesta sulla superficie di un liquido che entra in contatto con un solido (per esempio il suo contenitore). Nel caso dell'acqua, poiché le forze di adesione tra l'acqua ed il recipiente che la contiene sono maggiori delle forze di coesione tra le stesse molecole d'acqua, questa tenderà a salire lungo le pareti del contenitore. Più stretto è il contenitore, maggiore sarà la parte di liquido a contatto con le pareti dello stesso e maggiore sarà la parte di liquido che genererà le forze di coesione provocando lo spostamento del livello del liquido all'interno del contenitore.

Il fenomeno, quindi, è particolarmente evidente nei tubi sottili, di sezione paragonabile a quella di un capello: da qui il nome di capillarità.

L'innalzamento o l'abbassamento del livello del liquido all'interno di un capillare cilindrico può essere calcolato secondo la legge di Jurin:

$$h = \frac{2\gamma \cos\theta}{\rho g r}$$

dove:

γ è la tensione superficiale (J/m² or N/m);

θ è l'angolo di raccordo tra la superficie del liquido e la parete del contenitore;

ρ è la densità del liquido (kg/m³);

g è l'accelerazione di gravità (m/s²);

r è il raggio del capillare (m).

Il problema dell'umidità delle murature che per capillarità risale dal terreno, interessa quasi tutti i locali posti nei piani interrati, seminterrati e nei piani terreni degli edifici.

La cattiva esecuzione del vespaio di base o la mancanza di protezioni isolanti causano visibilissime macchie e condense di umidità sulle pareti e, nei casi più gravi, anche infiltrazioni d'acqua dal pavimento.

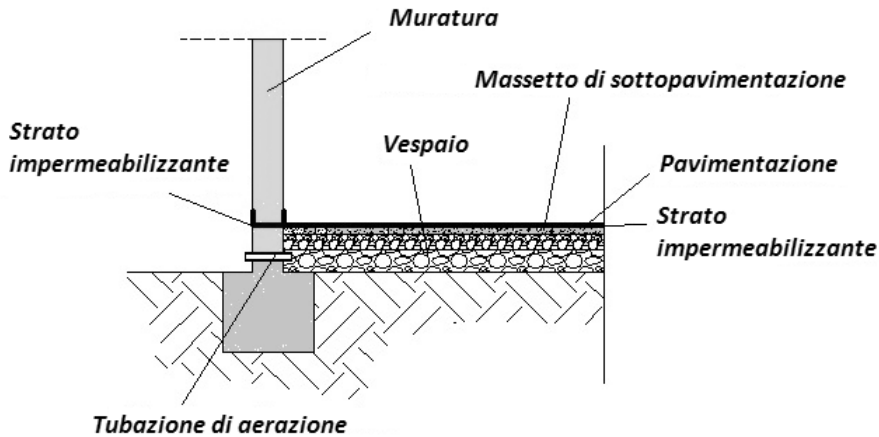
L'umidità di risalita, quindi, si manifesta sia per la presenza di acqua nel terreno, sia a causa della porosità e della capacità di assorbimento dei materiali da costruzione.

Nella maggior parte dei casi risulta impossibile eliminare l'acqua dal terreno in modo tale che non risalga, attraverso le fondazioni, nelle strutture verticali in elevazione. Perciò risulta più semplice interrompere il reticolo capillare delle murature e delle pilastrature in elevazione che rende possibile la risalita dell'acqua.

Gli interventi possibili sono molteplici e variano in riferimento allo stato dei luoghi, ai materiali, alla tipologia delle fondazione ed al terreno su cui poggiano.

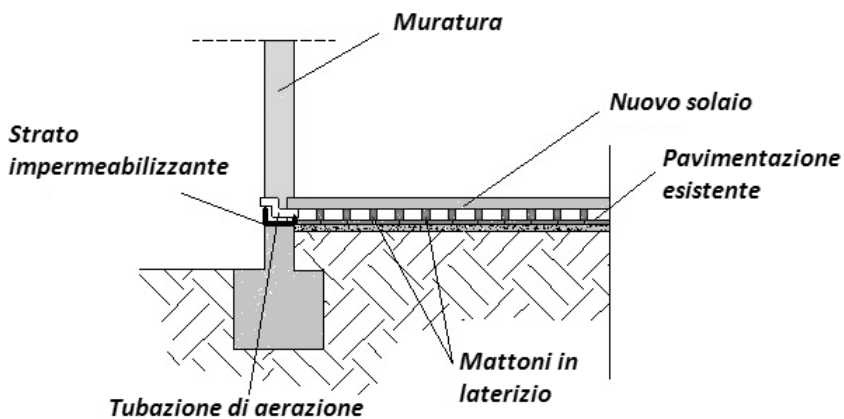
Un intervento di recupero abbastanza comune consiste nel taglio della muratura in elevazione, nel rifacimento del vespaio e nell'impermeabilizzazione dello strato di sottopavimentazione.

L'intervento consiste, in pratica, nella completa demolizione delle pavimentazioni interne e del relativo vespaio e al rifacimento degli stessi previo taglio delle murature a tratti in modo da inserirvi del materiale isolante.



Una semplificazione dell'intervento sopra descritto consiste nel taglio della muratura e nella costituzione di un solaio al di sopra della pavimentazione esistente.

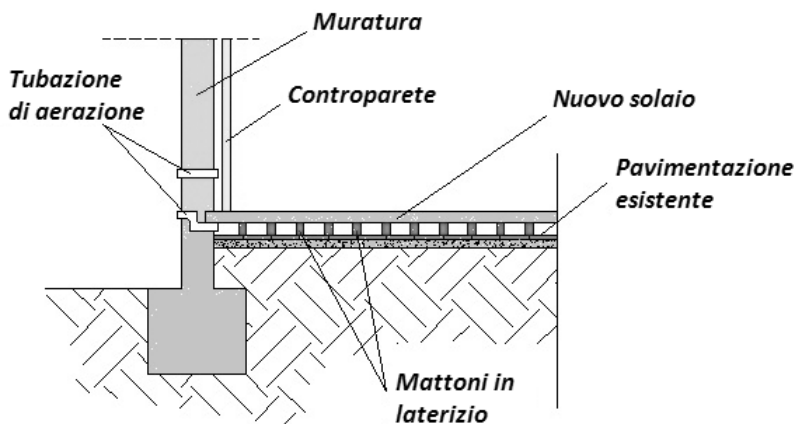
Il sistema prevede di tagliare le murature a tratti in modo da inserirvi del materiale isolante e nella costruzione di un solaio sul pavimento, lasciando, tra il vecchio e il nuovo, una camera d'aria. Questa dovrà essere messa in comunicazione con l'esterno con opportuni aeratori.



Qualora fosse impossibile (per motivi statici, architettonici, ecc.) il taglio della muratura per interrompere la continuità capillare della struttura in elevazione, si può procedere alla costituzione di un solaio al di sopra della pavimentazione esistente e di una controparete interna.

La metodologia d'intervento prevede l'isolamento delle pavimentazioni con la costruzione di un solaio sull'ammattionato esistente, lasciando, tra il vecchio e il nuovo, una camera d'aria. Questa dovrà essere messa in comunicazione con l'esterno con opportuni aeratori.

L'intervento, inoltre, prevede la costruzione, all'interno dell'edificio, di una controparete in laterizi forati, a una distanza di circa 5-10 cm dal muro umido, per creare un'intercapedine da mettere in comunicazione con l'esterno mediante appositi aeratori. Questo metodo, ovviamente, risolve il problema dell'umidità all'interno dell'edificio, ma non può, in ogni caso, eliminare le condense nella muratura esterna.



Test accurati sui materiali impermeabilizzanti e, soprattutto, la sperimentazione delle iniezioni consolidanti e risananti nelle strutture murarie, hanno portato all'esecuzione di interventi per il risanamento dell'umidità capillare di risalita delle strutture verticali in elevazione con iniezioni di impregnante antiumido ad alta e bassa pressione.

L'intervento con iniezioni ad alta pressione consiste, fondamentalmente, nell'iniettare, all'interno della struttura dei materiali, un liquido specifico (impregnante antiumido) che, cristallizzando, va a creare una barriera impermeabile all'acqua.

Le iniezioni di impregnante antiumido ad alta pressione hanno tempi di realizzazione abbastanza rapidi.

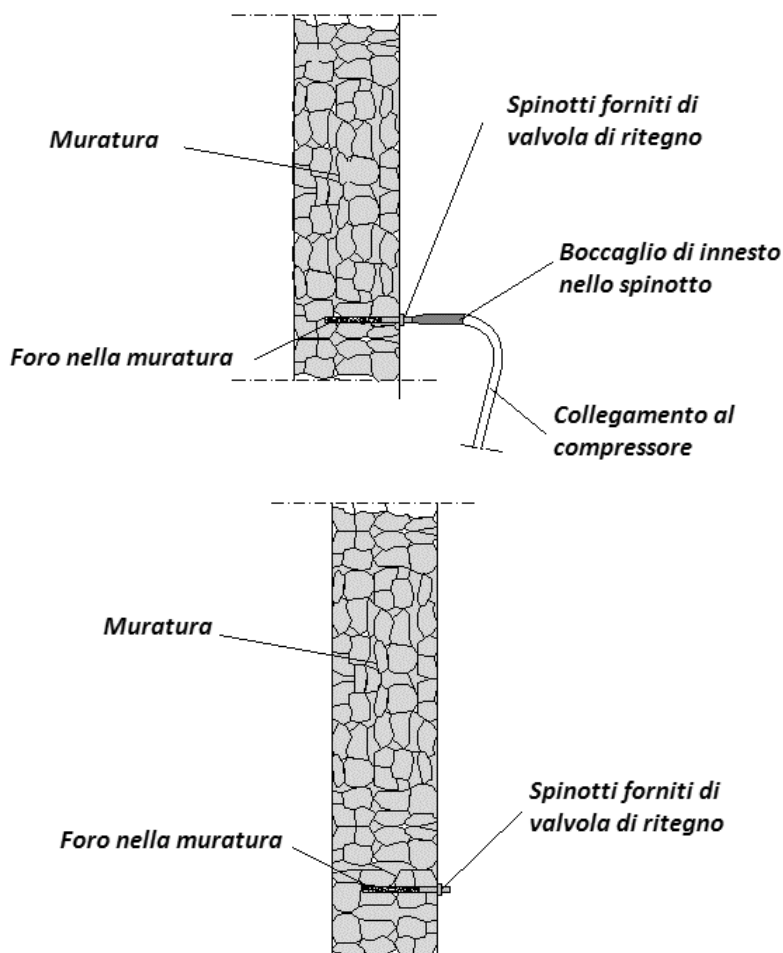
Per una corretta esecuzione del lavoro dovranno essere seguite le fasi appresso specificate.

La muratura dovrà essere forata orizzontalmente, su una sola faccia, a circa 15 cm dalla base inferiore esterna.

Il procedimento dovrà essere effettuato, qualora necessario, anche sui tramezzi interni. Il diametro dei fori dovrà essere di circa 15 mm per murature di spessore superiore ai 20 cm; di 10 mm per murature di spessore inferiore o uguale a 20 cm. La profondità dei fori dovrà essere uguale a circa i due terzi dello spessore del muro. I fori vanno praticati su entrambe le facce della muratura quando questa dovesse superare lo spessore di 40 cm. I fori vanno praticati alla distanza di 20 cm l'uno dall'altro.

Dopo aver liberato i fori dalla polvere si dovrà introdurre in ciascuno di essi uno spinotto specifico che, entrando a pressione, chiuderà perfettamente l'imboccatura del foro. Ogni spinotto, munito di valvola di ritegno, permetterà l'introduzione dell'antiumido e contemporaneamente impedirà allo stesso di tornare indietro.

L'iniezione verrà effettuata con l'aiuto di un compressore. La pressione di iniezione varierà da 10 a 20 bars a seconda della natura del materiale.



Il metodo di risanamento dall'umidità di risalita con iniezioni a bassa pressione consiste nell'effettuare fori di circa 10-12 mm di diametro lungo il perimetro della muratura o del pilastro da risanare, ad una distanza di 30-40 cm l'uno dall'altro e ad una altezza da terra non superiore a 20 cm.

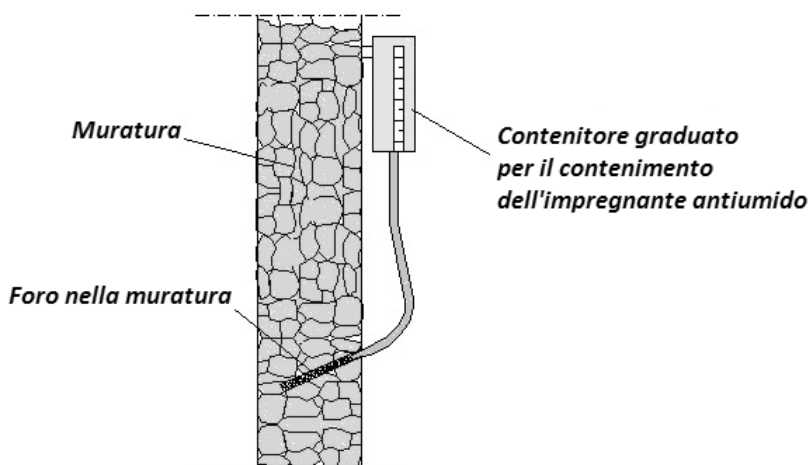
I fori dovranno avere una profondità corrispondente ai 2/3 dello spessore della muratura o del pilastro e dovranno essere inclinati dall'esterno verso l'interno.

Da un contenitore graduato, collegato ai fori, colerà lentamente l'impregnante.

Ogni giorno dovrà essere integrata, all'interno del contenitore, la quantità di impregnante consumato. Quando il consumo appare irrisorio o nullo si potrà provvedere alla sigillatura dei fori. L'intervento, per quanto efficace, richiede tempi di intervento lenti.

Le nuove tecnologie e studi approfonditi hanno permesso di sperimentare, con successo, nuove tecniche non distruttive per arrestare l'acqua che, per capillarità, risale nelle murature. Si tratta di sistemi elettrici atti a respingere l'acqua (tecnologia elettrofisica).

La metodologia si basa sul principio che un segnale elettromagnetico interagisce con le forze elettrostatiche.



Una centralina elettronica di piccole dimensioni e di facile installazione viene collocata all'interno dell'area da risanare. La centralina emetterà innocui segnali elettromagnetici che impediranno la risalita dell'umidità interagendo con le forze elettrostatiche presenti nei capillari delle murature ed in genere dei materiali porosi e permeabili.

La protezione dell'ambiente è del tipo sferico: i segnali elettromagnetici raggiungono sfericamente tutti i materiali a partire dal punto di installazione dell'apparecchiatura. Con questa apparecchiatura, in pratica, contemporaneamente possiamo proteggere dall'umidità di risalita tutto ciò che rientra nel raggio sferico del suo campo di azione: murature di compagno, tramezzature, pavimentazioni.

L'apparecchiatura, come sopra già accennato, è di facile installazione ed ha bisogno di una alimentazione elettrica a 220 V.

L'intervento di risanamento dall'umidità con intonaco macroporoso si basa sul principio della veloce evaporazione dell'acqua di risalita, prima che questa raggiunga altezze notevoli dalle pavimentazioni. Le lavorazioni consistono nella rimozione degli intonaci ammalorati ed imbibiti fino ad un'altezza superiore di 20 cm rispetto a quella raggiunta dall'umidità di risalita.

Sulle pareti stonacate, previa preparazione del supporto mediante raschiatura dei sali cristallizzati e delle impurità presenti e lavaggio con acqua, viene applicato un intonaco deumidificante macroporoso traspirante realizzato con malta a base di calce idraulica con aggregati pozzolanici, sabbie carbonatiche e silicee pure e selezionate. L'intonaco è realizzato da un primo strato dello spessore minimo di 2,5 mm da applicare a cazzuola. Un secondo strato dello spessore di circa 2 cm, da applicare a frattazzo. Un terzo strato dello spessore di 1,5 cm, da applicare a frattazzo. Un quarto strato di finitura dello spessore di 3 mm, da applicare a frattazzo.

La tipologia d'intervento, per quanto efficace, non è di lunga durata specialmente se l'umidità di risalita è notevole e se l'acqua di risalita è ricca di sali. Questi ultimi, infatti, tendono, con l'andare del tempo, a saturare la macroporosità dell'intonaco rendendolo inefficace.

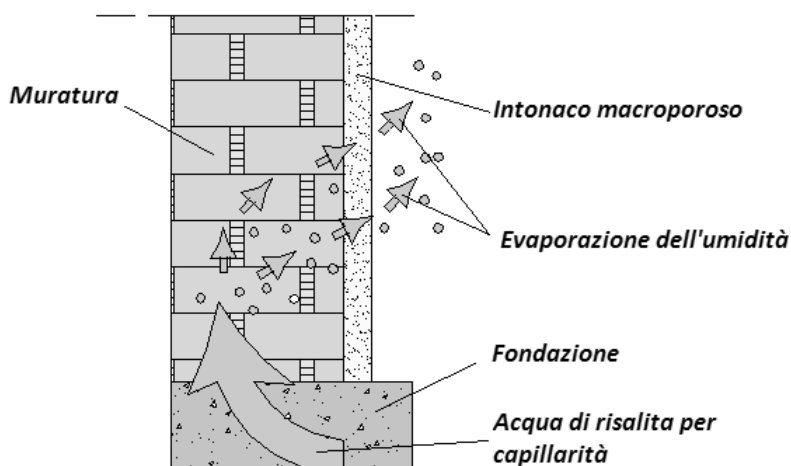
Gli intonaci macroporosi possono essere utilizzati indifferentemente sia all'interno che all'esterno, anche se il loro utilizzo all'interno di ambienti abitabili è sconsigliata. La veloce

evaporazione dell'acqua di risalita, infatti, elimina le macchie, le incrostazioni visibili ed impedisce all'intonaco di ammalorarsi e staccarsi dal supporto, ma l'acqua in evaporazione rimane all'interno dell'ambiente abitato che, se non opportunamente areato, raggiunge presto valori di umidità relativa inaccettabili.

Le pareti trattate con intonaco deumidificante devono essere pitturate con specifici prodotti atti a mantenere integre le caratteristiche di macroporosità dell'intonaco. Per questo la tinteggiatura delle pareti richiede l'utilizzo di pitture altamente traspiranti, di ottima qualità con struttura microcristallina a base di silicato di potassio. La pittura a base di silicato di potassio è idonea per il trattamento di qualunque parete, ma è utilizzata specificatamente negli interventi bioedili e nel restauro di edifici d'epoca e monumentali. La pittura presenta traspirabilità elevatissima e la sua applicazione in due mani su parete avviene, previo trattamento del supporto con apposito fissativo, mediante pennello, rullo o spruzzo.

Di ottima qualità, per il processo di finitura di pareti trattate con intonaco deumidificante macroporoso, sono anche le pitture traspiranti, per interni ed esterni, a base di grassello di calce.

Anche in questo caso, la pittura a base di grassello di calce è idonea per il trattamento di qualunque parete, ma è utilizzata specificatamente negli interventi bioedili e nel restauro di edifici d'epoca e monumentali. Il prodotto ha elevate capacità antimuffa ed anticondensa e traspirabilità elevatissima.



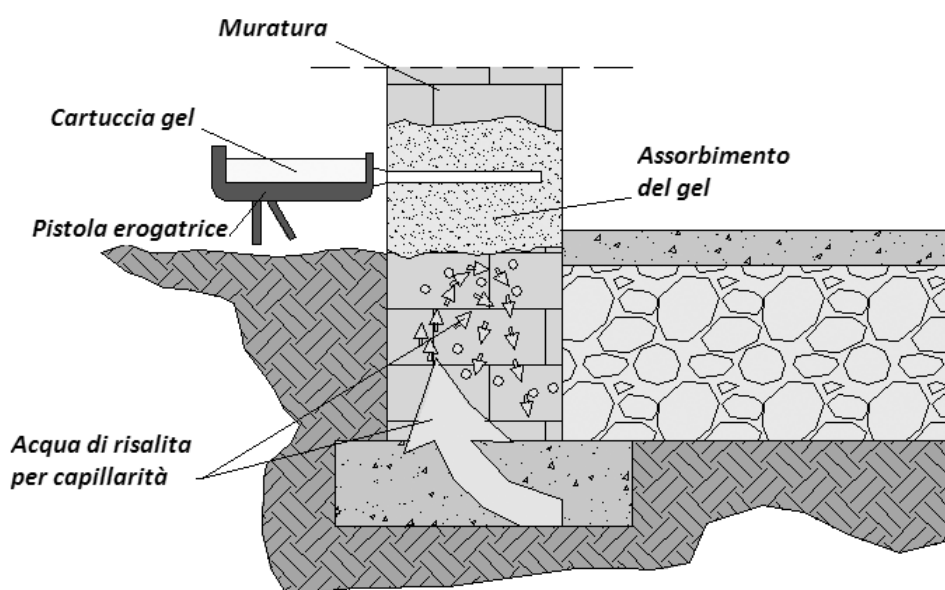
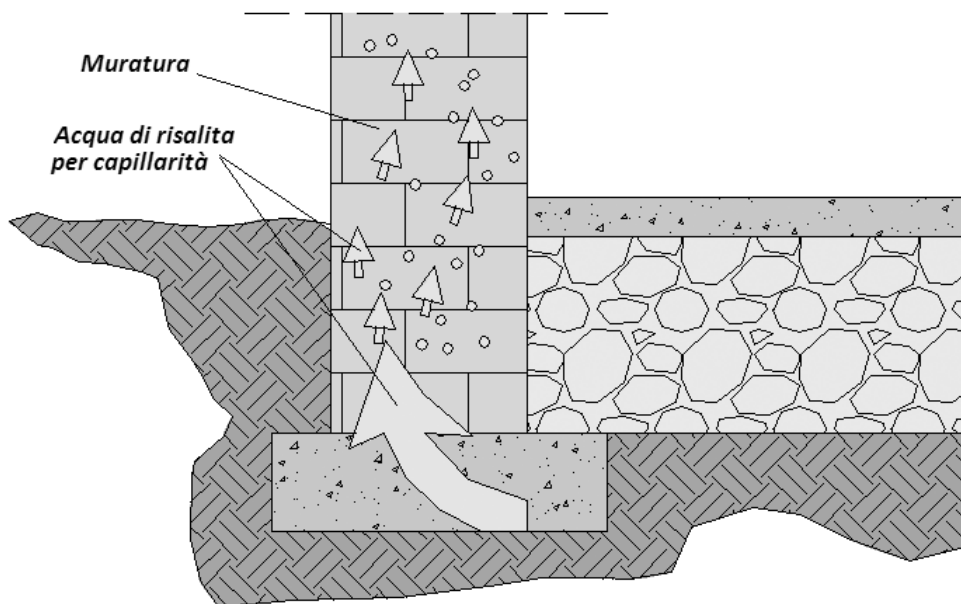
Da poco tempo sono stati sperimentati nuovi prodotti in gel che sostituiscono le classiche iniezioni ad alta o bassa pressione.

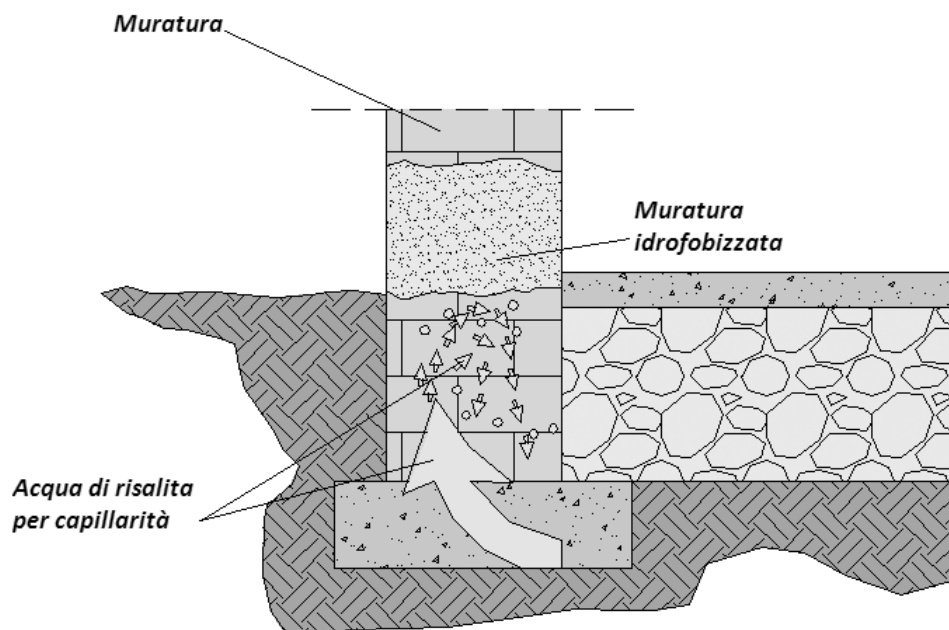
Le modalità d'intervento con gel antiumido, finalizzate all'arresto dell'umidità di risalita per capillarità, sono molto simili a quelle precedentemente descritte nel risanamento dall'umidità di risalita con iniezioni ad alta o bassa pressione di impregnante antiumido.

Il risultato ottenuto è pressoché analogo. Sono leggermente differenti le modalità operative e forse, in taluni casi, anche più semplici. In pratica si tratta di un prodotto in cartucce tipo "silicone" pronte all'uso. Il prodotto, specificatamente studiato per arrestare la risalita capillare, per la sua consistenza viscosa, consente l'utilizzo in fori orizzontali senza che il prodotto coli dal foro o si disperda nelle fessure della muratura. La quantità di prodotto da utilizzarsi dipende dalla tipologia di muratura (mattoni, pietra, laterizio, calcestruzzo, tufo) e dal suo spessore. Il trattamento

con gel specifico conferisce alla muratura un'altissima idrofobizzazione e, conseguentemente, determina l'arresto della risalita capillare.

Le modalità operative prevedono l'esecuzione di fori sulla muratura, più vicino possibile al piede della muratura stessa, di diametro 16 mm. I fori devono avere una distanza baricentrica di 11 cm l'uno dall'altro. Ogni foro, eseguito orizzontalmente, deve avere una profondità pari a 3-4 cm meno dello spessore della muratura da risanare. Inserire, quindi, il beccuccio della cartuccia gel del prodotto e, iniettando, saturare ogni foro di gel.





UMIDITÀ PROVOCATA DA SALI IGROSCOPICI

Il problema dell'umidità igroscopica delle murature possiede in sé cause intrinseche o estrinseche: intrinseche se sono dovute all'uso di particolari materiali che presentano al loro interno sali igroscopici; estrinseche se il fenomeno si verifica a causa del contatto della struttura con terreni che presentano particolari tipi di sali igroscopici, solubili in acqua e che, risalendo dal terreno, entrano in contatto con le murature in elevazione.

2.1. Attacco solfatico

È dovuto alla presenza nelle strutture dello ione SO_4^{2-} (causa intrinseca) o al contatto delle stesse con terreni ricchi di tale ione (causa estrinseca).

Il solfato di calcio viene impiegato in edilizia come regolatore di presa. L'introduzione di tale sale in dosi controllate nel calcestruzzo, circa lo 0,4-0,6%, determina ettringite primaria, che ai fini del deterioramento delle strutture non ha alcun effetto, ma ha solo il compito di rallentare il fenomeno di presa e garantire una migliore lavorazione del calcestruzzo. Il problema si genera quando la percentuale introdotta nell'impasto supera lo 0,6%. Ha origine, infatti, l'ettringite secondaria che genera, invece, effetti negativi nella struttura.

Il solfato di calcio in eccesso si presenta come un deposito bianco che mescolandosi ad altri sali, come il solfato di potassio, diventa solubile in acqua. Attraverso l'acqua, quindi, i sali vengono distribuiti nelle murature, aumentano notevolmente il proprio volume e determinano fessurazioni nelle strutture e fastidiosi fenomeni di efflorescenza.

Per poter verificare la presenza o meno di ettringite secondaria, la struttura viene posta ad un'analisi che prevede l'utilizzo del metodo della diffrazione a raggi X. I raggi che attraversano il provino estratto dalla struttura permettono di conoscere le sostanze presenti in esso. È ovvio che se dall'analisi risulta una quantità di solfato di calcio maggiore dello 0,6%, il degrado è proprio dovuto alla formazione di ettringite secondaria. La diffrazione a raggi X segue la legge di Bragg secondo cui un cristallo attraversato da raggi X dà vita a fenomeni di interferenza causati dalla diversa riflessione delle onde elettromagnetiche di piani cristallini diversi ma paralleli.

2.2. Attacco da cloruri

L'attacco da cloruri può avvenire se la struttura è posta a contatto con ambienti contenenti alte percentuali di cloruri, ad esempio acque marine o sali disgelanti.

Quando le strutture sono poste a contatto con ambienti ricchi di cloruri, l'eventuale presenza di acqua fa sì che i sali vengono distribuiti nelle murature. Nel caso di semplici strutture in calcestruzzo il fenomeno di degrado è pressoché nullo. Il problema viene a determinarsi nel caso di strutture in calcestruzzo armato. Tali sali, infatti, in presenza di acqua, raggiungono l'armatura

metallica e ne distruggono il film passivante che protegge i ferri dall'azione di ossigeno e umidità, rendendoli così vulnerabili all'azione di questi ultimi.

Non bisogna confondersi, però, nel caso di strutture completamente sommerse in acqua marina. La percentuale di cloruri è sicuramente elevatissima, ma essendo le superfici totalmente immerse in acqua, l'ossigeno non riuscirà ad attraversarle e quindi non innescherà sui ferri quelle reazioni che portano al deterioramento degli stessi. Il problema verrà a verificarsi nella zona immediatamente successiva alla superficie sommersa, che non essendo satura di acqua, permetterà il passaggio dell'ossigeno, che corroderà i ferri.

Stesso discorso vale se la struttura entra in contatto con ambienti ricchi di sali disgelanti, utilizzati in zone che presentano climi estremamente freddi, che in presenza di acqua raggiungono, nelle strutture in calcestruzzo armato, i ferri d'armatura, generando i problemi sopra descritti.

Per poter verificare che la causa di degrado nella struttura sia causata dalla presenza di cloruri, la struttura può essere posta a due differenti tipi di analisi. La prima prevede il prelievo di una carota della struttura, che verrà successivamente spruzzata con una soluzione di fluoresceina e nitrato di argento. A contatto con tale sostanza, il provino si colorerà di rosa chiaro se soggetto all'attacco da cloruri, di scuro se non vi è stato alcun attacco da parte di tali sali. Può ovviamente capitare che in un provino sia presente sia una parte *malata* che una *sana*. In questo caso, lo spessore della linea di demarcazione ci indicherà lo spessore di calcestruzzo interessato all'attacco dei cloruri e da ciò potremo affermare se questi hanno già raggiunto l'armatura metallica o meno.

La seconda analisi, a cui la struttura può essere sottoposta, prevede l'utilizzo dei raggi X.

2.3. Reazioni alcali-silicee

La reazione tra alcali (sodio e potassio) e silice crea una sorta di silicato alcalino gelatinoso che in presenza di acqua aumenta notevolmente il proprio volume creando fessurazioni e fenomeni di degrado nelle strutture. Tale degrado può aver luogo per la presenza di piccole quantità di alcali presenti nel cemento e di silice amorfa scarsamente cristallina in alcuni aggregati, formando gel di silicati alcalini che in presenza di acqua aumentano il proprio volume (causa intrinseca); o quando la struttura entra in contatto con il cloruro di sodio, utilizzato in climi molto freddi come sale disgelante (causa estrinseca).

Gli aggregati reattivi reagiscono con gli ioni ossidrili (OH^-) associati agli alcali dando luogo a prodotti espansivi. Anche in questo caso, da tale reazione si generano gel di silicati alcalini che in presenza di acqua aumentano il proprio volume. Ovviamente, tale reazione si manifesta tanto più velocemente quanto più aumenta l'umidità relativa dell'ambiente.

Questo tipo di degrado provoca fessurazioni a ragnatela sparse in maniera disordinata nella struttura. Una prova che permette di affermare se il degrado delle strutture sia dovuto alla reazione di alcali-silice è effettuata attraverso l'utilizzo di un reagente di esanitrocobaltato di sodio. Tale reagente reagisce con il potassio del gel facendo assumere alla struttura, soggetta a reazioni alcali-silicee, una colorazione giallastra.

È importante sottolineare che nel caso di umidità causata da sali igroscopici, la comparsa di fenomeni di deterioramento è ovviamente dovuta alla combinazione di umidità con tali sali. La sola presenza di sali igroscopici, senza la presenza di umidità, non creerebbe in sé problemi; così come la presenza di umidità in assenza di sali igroscopici non genererebbe le reazioni sopra descritte. Ovviamente, i degradi presenti nelle strutture non sono semplicemente legati alla

presenza di umidità. Abbiamo, infatti, dimostrato precedentemente che i degradi nascono dalla presenza di umidità, ma quando questa è combinata ad altri fattori.

Possiamo, quindi, affermare che il degrado dovuto all'umidità ha in se cause chimiche, ma anche fisiche. Il fenomeno del gelo e disgelo, infatti, è sicuramente un tipo di attacco fisico che subiscono le strutture.

La presenza di acqua nei pori del calcestruzzo, infatti, causa, in climi freddi, il fenomeno del gelo e disgelo. Per evitare tale fenomeno, ovviamente, non è necessario che il calcestruzzo sia totalmente asciutto; è importante, però, che esso non arrivi alla condizione di saturazione.

L'acqua presente nei pori, infatti, con le basse temperature, tende a congelare ed aumentare, quindi, il proprio volume. Se la quantità di acqua riempie quasi totalmente il volume dei pori, un aumento del proprio volume, provocherebbe delle forti tensioni nel calcestruzzo che, se superato il limite di snervamento, giungerà a rottura.

Il problema dell'umidità igroscopica delle murature è di sicura rilevanza, crea problemi notevoli alle murature ed agli intonaci di rivestimento e spesso è confuso con il problema dell'umidità di risalita per capillarità.

Che spesso i due problemi, quello dell'umidità di risalita e quello dell'umidità igroscopica, siano l'uno collegato all'altro non vi è dubbio, ma non sempre sono direttamente connessi.

Ma concentriamo l'attenzione sul fenomeno che provoca l'umidità igroscopia. L'igroscopia, o igroscopicità, è la capacità di una sostanza di assorbire le molecole dell'acqua presenti nell'ambiente. Tutto questo significa che se i materiali utilizzati per la costruzione di un fabbricato contengono sostanze igroscopiche, assorbiranno il vapore acqueo ambientale ed evidenzieranno, sugli intonaci di finitura, macchie ed efflorescenze tipiche da umidità.

Molte volte l'umidità igroscopica, durante la fase di ristrutturazione di un edificio, viene sottovalutata dai tecnici o viene scambiata per umidità capillare di risalita.

Molto spesso, fra l'altro, come sopra accennato, i due problemi, quello dell'umidità di risalita e quello dell'umidità igroscopica, sono collegati l'uno all'altro. L'acqua d'umidità di risalita, infatti, al momento dell'evaporazione, deposita, sugli strati murari esterni e sugli intonaci di finitura, sali portati dall'acqua che risale dal terreno.

Una corretta operazione di risanamento per impedire all'acqua di risalire per capillarità sulle strutture verticali di un edificio, potrebbe, quindi, non risolvere a pieno il problema: se sulla muratura, o sulla struttura in elevazione in genere, si sono depositati sali igroscopici, questi assorbiranno il vapore atmosferico, lo restituiranno sotto forma di acqua e provocheranno, sugli strati superficiali delle strutture in elevazione e sugli intonaci di finitura, evidenti macchie di umidità. E non solo. Quando il sale passa da solubile (nell'acqua che imbibisce la muratura e l'intonaco) a cristallo (quando l'acqua evapora) aumenta notevolmente il suo volume provocando lo sgretolamento dell'intonaco e del muro.

Per quanto sopra detto, quando si affronta il problema dell'umidità di risalita per capillarità, bisogna analizzare attentamente l'edificio e, qualora si riscontrassero, nella parte risanata, depositi di sali igroscopici provvedere di conseguenza.

Giusto per ulteriore chiarezza i sali igroscopici, nelle strutture di un edificio, assorbono il vapore atmosferico e lo restituiscono sotto forma di acqua provocando, sugli strati superficiali delle strutture in elevazione e sugli intonaci di finitura, evidenti macchie di umidità. I sali igroscopici possono essersi depositati sulle strutture di un edificio attraverso il terreno (risalita capillare), attraverso le piogge (infiltrazioni d'acqua meteorica), attraverso il vapore atmosferico, per

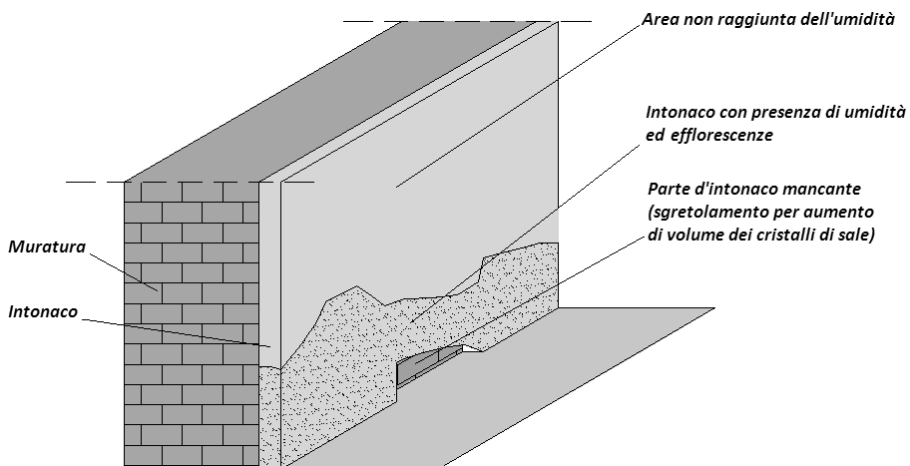
esempio per particolari lavorazioni che vengono effettuate all'interno dell'edificio o all'esterno nelle immediate vicinanze. Ma i sali igroscopici possono essere già contenuti all'interno dei materiali da costruzione: materiali edili, per esempio, depositati a lungo in ambienti marini, mattoni in cotto realizzati con terre contenenti sali, materiali edili depositati a contatto diretto con il terreno attraverso il quale, per capillarità, assorbiranno acqua e sali igroscopici, l'utilizzo di acqua contenente sali nel confezionamento di malte, betoncini e calcestruzzi.

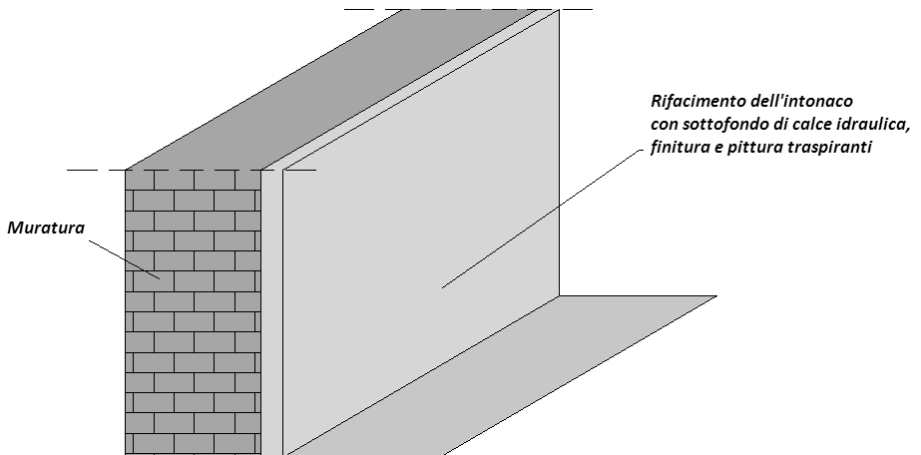
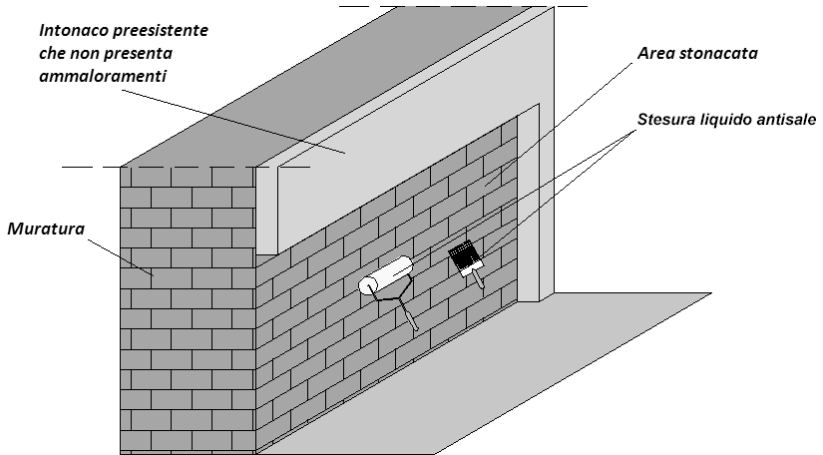
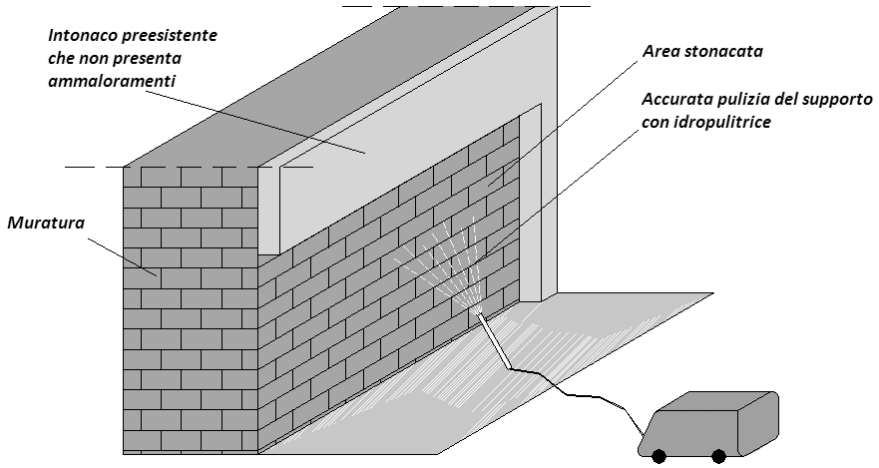
Per concludere, gli interventi di risanamento sono finalizzati all'eliminazione dei sali depositati ed al trattamento della muratura o della struttura in elevazione in modo da evitare successivi depositi di sali igroscopici.

La tipologia d'intervento dipende dallo stato in cui si trovano le strutture da risanare ed alla profondità di deposito dei sali igroscopici. Fondamentalmente gli interventi di recupero possono essere di risanamento profondo, di risanamento superficiale o di estrazione.

L'intervento di risanamento profondo è finalizzato all'eliminazione dei sali igroscopici dalla struttura in elevazione ammalorata con un'operazione in spessore con liquido antisale. L'intervento si attua specificatamente quando si riscontra la presenza di sali in profondità e non limitata agli strati superficiali della muratura o degli intonaci.

Si procede preparando il supporto con l'eliminazione degli intonaci e di tutte le superfici degradate e sfarinanti (superando di 80-100 cm l'altezza dell'area ammalorata). Si passa, quindi, al lavaggio a pressione con idropulitrice delle superfici da risanare. La fase del lavaggio deve essere molto accurata e deve essere finalizzata alla rimozione di qualunque efflorescenza e ad imbibire il supporto in profondità con acqua pulita (meglio se distillata). Lasciare asciugare la muratura, applicare a pennello, rullo o spruzzo il liquido antisale ed intonacare con calce idraulica creando così una barriera alle efflorescenze saline di alta traspirabilità. Il procedimento lavorativo può essere completato con intonaco di finitura traspirante a base di grassello di calce o silossanico. Sull'intonaco finito potrà essere utilizzata una pittura per esterni a base di silicato di potassio o comunque una pittura altamente traspirante. Il procedimento, qualora possibile, specialmente in presenza di murature di grosso spessore, dovrà essere eseguito su entrambe le facce della muratura o della struttura in elevazione (all'interno ed all'esterno dell'ambiente).





L'**intervento di risanamento superficiale** è finalizzato all'eliminazione dei sali igroscopici dagli intonaci e, superficialmente, dalla struttura in elevazione.

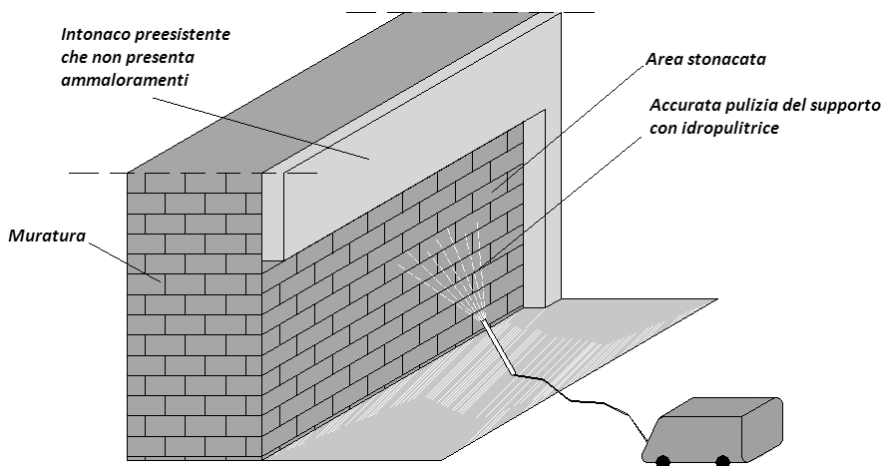
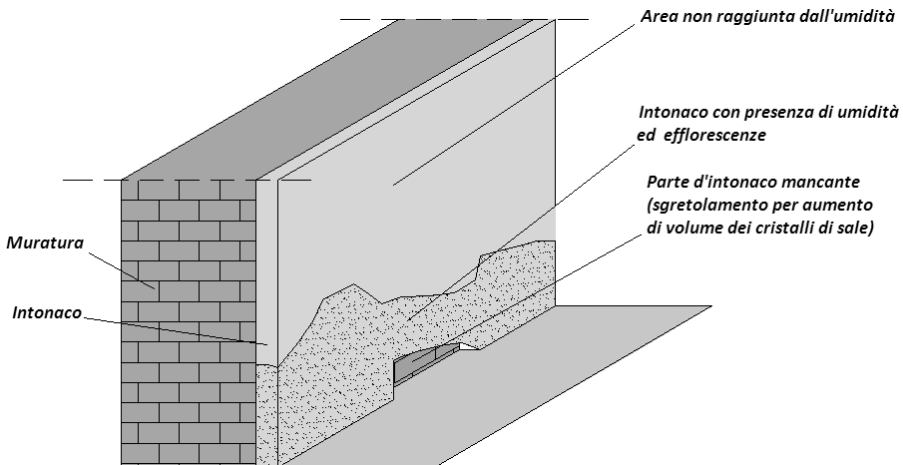
L'intervento è abbastanza semplice e consiste fondamentalmente nella rimozione e nel rifacimento degli intonaci ammalorati.

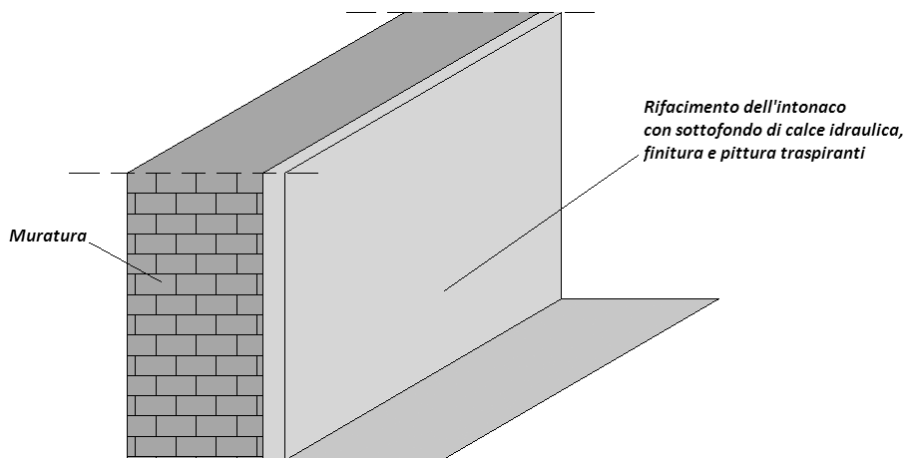
Si procede preparando il supporto con l'eliminazione degli intonaci e di tutte le superfici degradate e sfarinanti (superando di 80-100 cm l'altezza dell'area ammalorata). Si passa, quindi, al lavaggio a pressione con idropulitrice delle superfici da risanare.

La fase del lavaggio deve essere molto accurata e deve essere finalizzata alla rimozione di qualunque efflorescenza. Si potrà procedere, quindi, ad intonacare le superfici con calce idraulica creando così una barriera alle efflorescenze saline di alta traspirabilità.

Il procedimento lavorativo può essere completato con intonaco di finitura traspirante a base di grassello di calce o silossanico.

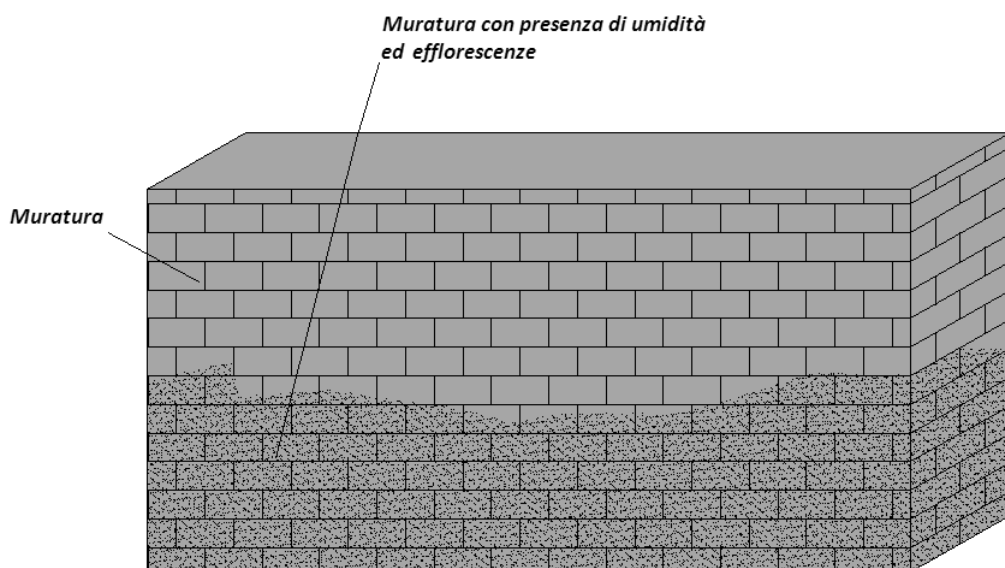
Sull'intonaco finito potrà essere utilizzata una pittura a base di silicato di potassio o comunque una pittura altamente traspirante.





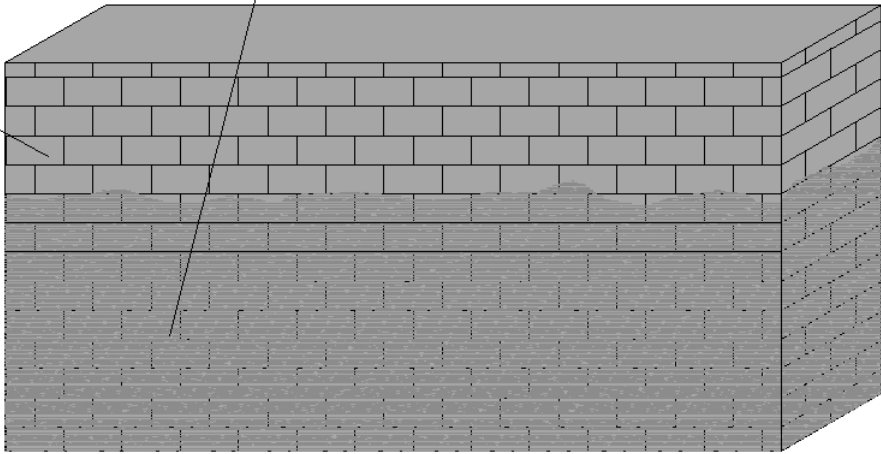
I sali igroscopici, infine, possono essere estratti dalle strutture verticali in mattoni e pietra, dalle pavimentazioni, dagli intonaci irrimovibili (negli edifici storici e di particolare pregio architettonico) e da qualsiasi superficie permeabile con l'applicazione di uno strato di materiale in pasta bonificante. Si tratta di un prodotto preconfezionato in pasta che viene applicato come un intonaco sulla superficie da risanare e sulla quale è necessario eliminare i sali igroscopici. Il prodotto, costituito fondamentalmente da cellulosa, funziona come la carta assorbente e si impregna della soluzione salina presente nel manufatto da risanare.

Il prodotto permette l'evaporazione del liquido e trattiene a sé i sali in esso contenuti. Una volta essiccato, dopo 15-20 giorni, l'impacco bonificante viene facilmente rimosso dal manufatto edile lasciando il supporto privo di sali igroscopici e pronto per i trattamenti successivi di protezione e/o finitura.



*Materiale in pasta bonificante
applicato a cazzuola o a spruzzo
come un semplice intonaco*

Muratura



*Muratura risanata in seguito alla
rimozione della pasta bonificante
(dopo 15-20 giorni)*

