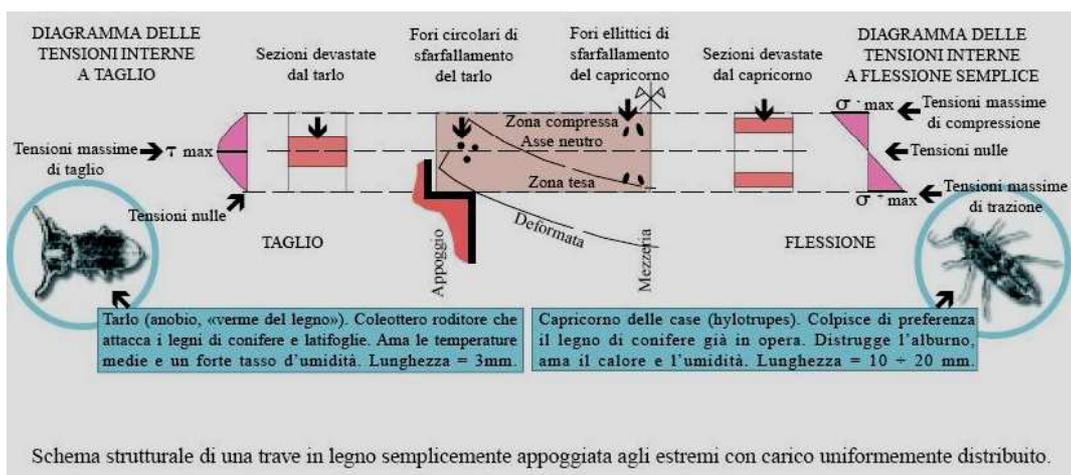


Le murature del sottotetto e il degrado degli elementi lignei: problematiche e soluzioni

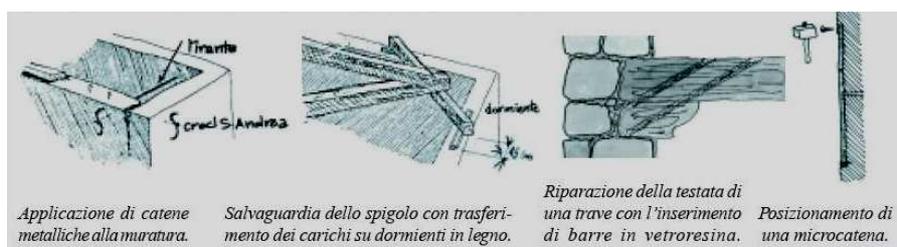
Valutare lo stato di salute delle murature e, in generale, delle strutture portanti verticali del sottotetto, è un'operazione importantissima che va svolta in modo accurato. Molto spesso, infatti, ci si trova di fronte a fessurazioni che vengono semplicemente sigillate con della malta, non risolvendo affatto il problema che le ha generate né tanto meno l'effetto visibile di esso, cioè la crepa. Diverse e molteplici possono essere le cause del dissesto di una muratura, ma solamente alcune sono particolarmente diffuse nel caso del sottotetto. Queste possono essere riunite in un sistema di concause, che fa capo alla spinta orizzontale della copertura non ben contenuta o non sopportata dalla muratura. Varie manifestazioni di degrado, dovute generalmente alla presenza di umidità sugli elementi portanti della copertura, capriate e puntoni, portano all'aggravarsi delle condizioni di carico della muratura, che non riesce ad assorbire la spinta della falda. Volendo aprire una parentesi sul degrado delle strutture lignee va detto che esse subiscono seri danni negli edifici non controllati. Conviene effettuare una diagnosi precisa di tutte le parti in legno (travi, puntoni, ...) rivelanti l'attacco di umidità (i funghi del legno più diffusi sono il *Merulius lacrimans* detto «fungo della marcedine» o anche «marciume rosso», la *Coniophora cerebella* detto «marciume nero» e il *Lenzites abietina* detto «marciume secco») e l'aggressione degli insetti (tra le varie specie i peggiori in assoluto sono il capricorno - che si nutre delle fibre superficiali della sezione lignea senza intaccare la pelle esterna in zona di mezzzeria della trave, privando la struttura di sezioni resistenti a flessione proprio dove sono necessarie - e il tarlo - che si nutre del cuore della trave in prossimità delle sezioni d'appoggio della trave privando la struttura delle aree necessarie a sopportare lo sforzo di taglio).



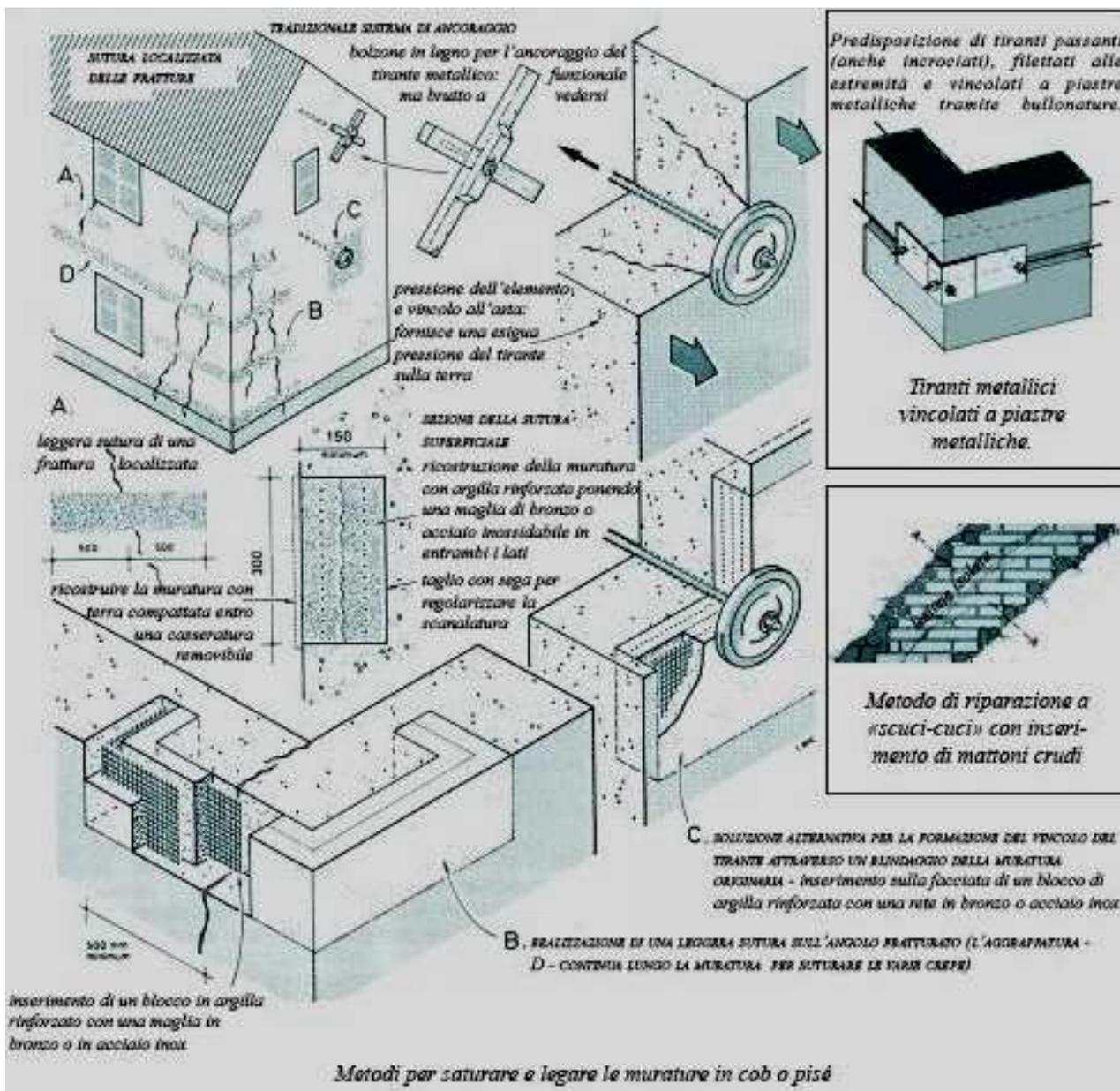
Normalmente si opera con l'impregnatura della trave di particolari sostanze chimiche (prodotti insetticidi in solventi organici) o, se le sezioni resistenti si trovano in pessimo stato, con interventi di consolidamento di svariato tipo (p. es.: solidarizzazione con una o due bandelle in acciaio estradorsali, solidarizzazione di una trave in legno, inserimento di putrelle, sovrapposizione di un cordolo in beton epossidico, ...); qui le soluzioni sono davvero varie e possono essere approfondite su specifici testi di consolidamento strutturale. In extremis si ricorre alla sostituzione dell'elemento colpito. Oggi sta però prendendo piede, soprattutto per edifici storici, una tecnica che a volte può essere più economica che la sostituzione della trave (perché non occorre smontare il tetto); si tratta di un intervento con l'inserimento di barre in vetro-resina nel corpo della trave per una lunghezza accuratamente calcolata dai tecnici delle ditte specializzate e conseguente perfetta sigillatura dei fori praticati con resina epossidica fluida. Il risultato è una trave, in parte ricostruita con il cosiddetto "beton epossidico", dalle capacità portanti nettamente superiori a quelle normalmente attribuite al legno (legno: $\sigma_{\parallel} = 60 \text{ daN/cm}^2$; $\sigma_{\perp} = 20 \text{ daN/cm}^2$; $\tau = 9 \text{ daN/cm}^2$; $E_L = 100.000$

daN/cm^2 — beton epossidico: $\sigma_{b.e.} = 270 \text{ daN/cm}^2$; $\sigma_{b.e. \text{ compressione}} = 730 \text{ daN/cm}^2$; $\sigma_{b.e. \text{ trazione}} = 110 \text{ daN/cm}^2$; $\tau = 260 \text{ daN/cm}^2$; $E_{b.e.} = 120.000 \text{ daN/cm}^2$).

Gli appoggi delle travi sul muro, soventemente luoghi poco ventilati e più umidi, sono da controllare regolarmente. Le unioni di elementi, deboli o putride, che non assolvono più ottimamente al compito strutturale loro affidato, non impediscono più gli sforzi trasversali di spostamento del muro, molte volte mal incatenato. I tiranti metallici, muniti di bolzoni verticali o croci di S. Andrea all'esterno, lavorano su una zona minima di muratura. Se per caso il tetto dovesse essere completamente sostituito e ricostruito (o perché troppo fatiscente o perché necessita di essere sopraelevato), allora sarà il momento buono per applicare in cima alla muratura (dove si appoggiano le travi) un cordolo continuo in calcestruzzo armato che si può ancorare alla muratura per mezzo di ferri verticali. Una pellicola plasticata impermeabilizzante, intercalata tra terra e calcestruzzo, evita tutta una serie di problemi di umidità durante e in seguito il realizzo della catena. Il punzonamento che scaturisce dall'appoggio sulle murature della grossa orditura lignea del tetto può essere evitato grazie all'inserimento di un dormiente di ripartizione degli sforzi, realizzato con una spessa tavola sbordante di almeno 15 cm dall'area di appoggio della trave sovrastante. Tornando al discorso degli interventi da effettuare in caso di dissesti localizzati della muratura, occorre citare le micro catene, che permettono di ripristinare la continuità della muratura interrotta dalle lesioni, senza intervenire sull'intera parete. Queste vengono applicate superficialmente a cavallo della fessurazione da un solo lato o, se il dissesto è passante, da entrambi i lati della muratura; in quest'ultimo caso è preferibile che la micro catena sia di acciaio inox, per evitarne la rapida degradazione dovuta all'esposizione agli agenti atmosferici. La loro conformazione e dimensione varia a seconda delle problematiche e del tipo di struttura nella quale devono essere inserite. Di solito sono nastri metallici di larghezza compresa tra i 5 e i 10 cm e spessore fra 0,5 e 1,5 cm, le cui estremità sono ripiegate ad angolo retto e opportunamente separate, per migliorarne l'aggancio alla muratura; vengono infine fissate con chiodi. Le micro catene vanno generalmente evitate anche quando il paramento murario presenti una tessitura particolarmente disomogenea o quando i giunti tra gli elementi presentino malta sovrabbondante e di scarsa consistenza. In questi casi, per migliorare anche in profondità la consistenza del paramento murario, sono più indicate le micro cuciture, realizzate con barre di metallo inossidabile o barre di materiale sintetico non reagente, annegate in resina o altre speciali sostanze a base di calce, con funzione di consolidante.



Una tecnica di antica tradizione è rappresentata dalle catene e dai tiranti in genere, che hanno l'obiettivo di stabilizzare le deformazioni strutturali già avvenute, impedendone nuovi sviluppi. I tiranti sono indicati per intervenire sui dissesti provocati da spinte orizzontali, tipicamente quelle della falda di copertura, che causano la rotazione dei paramenti murari. Di solito i tiranti vengono collocati in opera a livello del pavimento, in corrispondenza dell'intersezione tra i muri trasversali con quelli di facciata, in modo da ottenere un funzionamento migliore, mentre gli agganci terminali esterni possono avere svariate forme (a paletto, a piastra circolare o ellittica). Se, per la praticità e il costo, il sistema dei tiranti è tra quelli più diffusi nella manutenzione di edifici, esso possiede, per contro, un'elevata facilità di degrado della parte esterna, intaccabile dagli agenti atmosferici. Per evitare tale inconveniente, i tiranti possono essere protetti, anche per la loro intera lunghezza, entro guaine nelle quali viene iniettata una speciale sostanza sintetica isolante.



Se le murature presentano delle lesioni è possibile intervenire sostituendo gli elementi danneggiati. Va tenuto conto che stiamo trattando lesioni limitate e localizzate. Gli interventi strutturalmente consistenti esulano da questo discorso, in primis perché il tema sarebbe molto lungo e complesso da trattare in poche pagine (si rimanda il lettore ai testi specializzati di consolidamento) e, in secundis, per il fatto che sarebbe controproducente dal lato economico mantenere in vita una muratura di terra che subisce danni strutturali veramente consistenti.

Il ripristino della tessitura muraria

L'insorgenza di cedimenti e sollecitazioni particolari (sforzi orizzontali, pressoflessioni) provocano indebolimenti strutturali che non tardano a manifestarsi attraverso lesioni e scuciture, più o meno estese (puntuali e localizzate ovvero riguardanti vaste porzioni della muratura) e profonde (passanti o meno l'intero spessore della muratura), più o meno gravi e pericolose (basti pensare a lesioni degli spigoli della cellula muraria che impediscono il buon "ammorsamento" dei setti) e tali da

comportare l'introduzione di elementi di rinforzo (catene e quant'altro) oltre alle risarciture prevedibili.

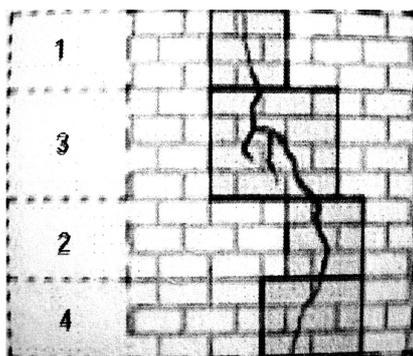
È bene chiarire che ogni intervento deve garantire la continuità della scatola muraria senza permettere l'inserimento di strutture intelaiate che disarticolano la continuità dei setti e valutando attentamente anche gli inserimenti di tramezze e pareti divisorie. Le risarciture devono essere congrue utilizzando possibilmente materiali omogenei, tali da non creare discontinuità nel comportamento meccanico e termoigrometrico. Le ricostruzioni dovrebbero prevedere il crudo.

Le cuciture possono essere attuate mediante l'inserimento di mattoni di terra cruda o di laterizio (*scuci e cuci*) per murature in elementi seriali (mattoni crudi) o monolitiche (terra battuta in casseri o *pisé*), oppure attraverso il ripristino di una porzione ben riquadrata e ripulita da tutte le parti friabili e incoerenti di *pisé*.

Il primo metodo viene attuato attraverso le seguenti fasi: 1) puntellatura della muratura, tenuto conto che se si deve intervenire in prossimità dello spigolo del fabbricato è necessario puntellare anche la muratura opposta a quella su cui si interviene; 2) messa a nudo della parte degradata ed eliminazione delle parti incoerenti, con rimozione elementi ammalorati e recupero di quelli ancora integri. Se il danno è vasto occorre procedere per piccoli cantieri non consecutivi (come rappresentato nell'immagine sottostante); 3) sostituzione con nuovi elementi in crudo o, eventualmente, in cotto alternati a fasce rispetto a quelli in crudo, nel completo rispetto degli allineamenti e delle tessiture originarie. No ai blocchi in calcestruzzo; 4) eventuale intonacatura mediante malte a base di terra e calce.

La riparazione della parete in adobe è molto rapida e decisamente meno impegnativa di quella in *pisé* in quanto viene applicato il metodo del "scuci-cuci", cioè della sostituzione puntuale e limitata (circa 10 mattoni ogni mq), dei singoli elementi degradati e dissestati, utilizzando nuovi elementi simili, per dimensioni e caratteristiche chimiche e meccaniche, a quelli sostituiti, eventualmente integrati con una piccola dose di cemento per ottenere un'adeguata stabilizzazione.

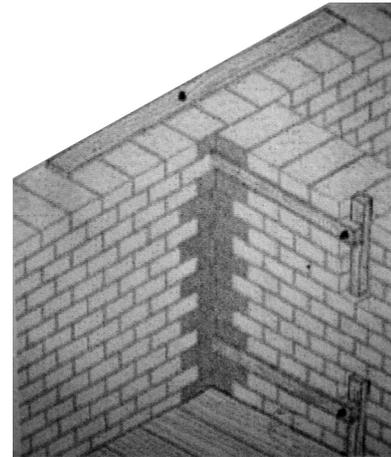
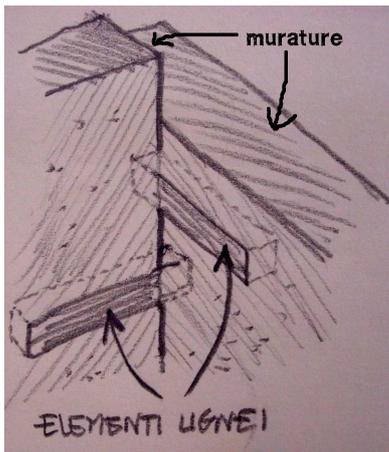
Metodi alternativi (o integrativi) al *cuci-scuci* sono la tecnica del consolidamento per stilatura profonda dei giunti e la ripresa delle lesioni con malte a base di terra e/o calce (evitare tassativamente intonaci cementizi), previa scarificazione delle parti ammalorate, sino a giungere sulla muratura ancora compatta.



Schema alternanza cantieri

Soprattutto negli angoli dell'edificio è raccomandabile inserire, a interassi ravvicinati e in maniera alternata fra una muratura e l'altra, dei dormienti lignei che consentono di ancorare e irrigidire meglio il nuovo cantonale con la muratura preesistente. I dormienti, aventi come altezza quella del mattone e lunghezza pari a quella di 3-4 mattoni messi in fila, vengono alloggiati rispetto al filo interno della muratura e penetrano in parte nella muratura ortogonale di circa metà spessore.

Sono anche possibili soluzioni dedicate alle ricuciture tra murature di perimetrali e di spina mediante il posizionamento di elementi di aggrappo ortogonali fra loro e fissati con collegamenti metallici.



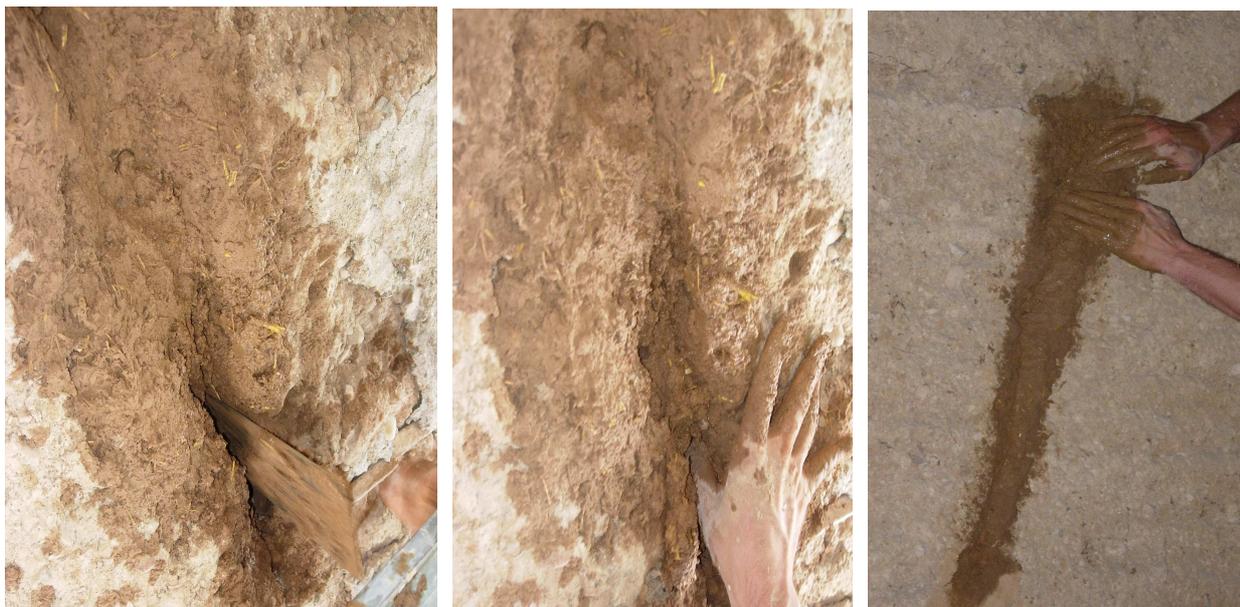
Nel caso del pisé è possibile: caso A) sostenere un intervento *in situ*, oppure, caso B) optare per la prefabbricazione di un elemento nuovo che andrà a sostituire la parte danneggiata, o ancora, caso C) scegliere di sostituire la muratura monolitica in pisé ammalorata con BTC.

Caso A)

Per piccole lesioni, anche passanti, è possibile rintuzzare la fessura con terra cruda, comprimendola con forza con un pestello, con una cazzuola o addirittura con le sole mani nude, previa idratazione iniziale della porzione di terra cruda sulla quale si va ad operare.

Volendo, alla terra si potrebbe aggiungere un po' di paglia ed, eventualmente, una spolverata di legante (calce o cemento).





Per interventi più consistenti, le operazioni preventive, di preparazione del supporto murario, sono le stesse di quelle usate per il ripristino dei mattoni crudi usurati (v. sopra); una volta ritagliata la cavità nella muratura sino a raggiungere la parte sana si procede nel predisporre eventuali mensole e tavole di contenimento. Infine si batte la terra sino al completo intasamento della lacuna con l'inserimento nell'impasto di chiavi ben conficcate nella muratura esistente.

La riparazione della muratura in pisé o in bauge (o cob) richiede maggior riguardo in quanto occorre ripristinare la trama della muratura così come si presentava prima del degrado o del crollo.

1) La prima operazione è quella di *ricostruire il mix d'impasto più idoneo* dosando opportunamente i componenti primari: terra, ghiaia, sabbia, acqua. Gli impasti vanno valutati con oculata attenzione, basandosi su studi effettuati sulle antiche miscele adottate nella zona di edificazione e effettuando prove di laboratorio e/o di cantiere che ne confermino la validità. Alcuni esempi d'impasto potrebbero essere i seguenti:

Miscela tipo A

Terra molto argillosa: 1 - Ghiaia: 3 - Sabbia: 1

Miscela tipo B

Tarare 10 parti del mix A con 1 parte di cemento bianco Portland*

Miscela tipo C (per l'esposizione a un ambiente aggressivo)

Terra poco argillosa additivata*: 1 - Ghiaia: 4 - Sabbia: 1-2

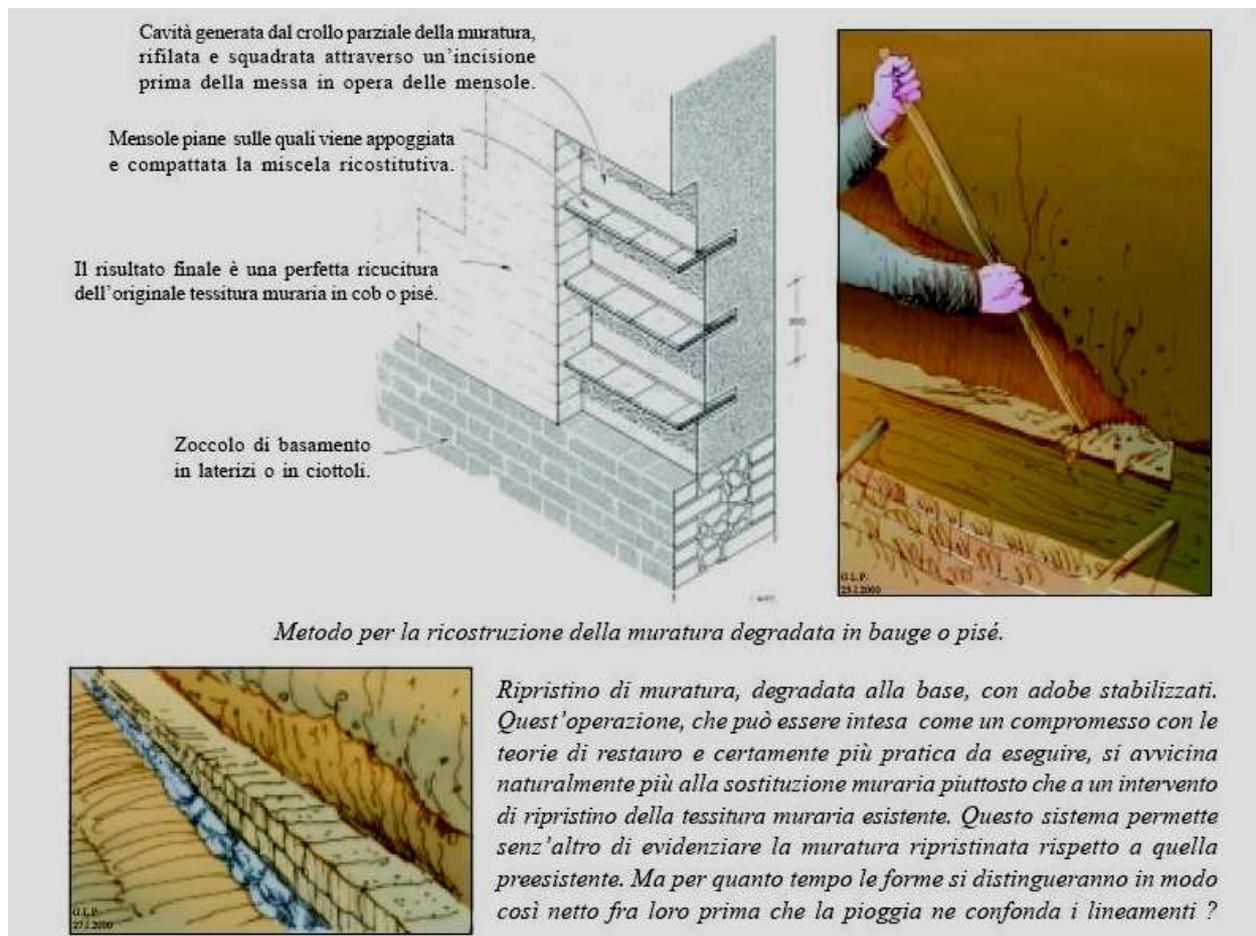
(*) Additivi idraulici sono usati in esigua quantità per attribuire all'impasto una maggiore resistenza ai fenomeni naturali, al di là una ottimale compattezza.

2) Come seconda operazione si provvede a creare una cavità regolare attraverso il taglio della muratura danneggiata. Dopodiché si inseriscono nella fessura delle tavelline o delle tavole in legno conficcandole, quindi vincolandole, nella muratura sana; questi ripiani dovranno arretrare rispetto al filo di facciata di circa $7 \div 8$ cm. Poco alla volta è possibile versare su di queste mensole dell'argilla, facilmente comprimibile manualmente tramite un pillo, fino all'otturazione completa della nicchia.

La faccia esterna del muro (cioè i $7 \div 8$ cm lasciati liberi dalle mensole) sarà completata con un adeguato impasto o rivestita con un paramano in laterizi o quant'altro. Un metodo alternativo, o una possibile sorta di combinazione a questo, è ottenuto con l'uso di casseri in legno che vengono

posizionati a filo della facciata o, se si prevede un rivestimento, rientrante di qualche centimetro e successivamente riempite con terra.

Le regole del restauro moderno impongono di segnalare l'intervento di ripristino, rendendolo visibile; questo modo d'operare eviterà di confondere le prossime generazioni di studiosi che analizzeranno l'edificio tentandone una datazione. Però, quando l'operazione viene compiuta su un edificio che non possiede i requisiti di *monumento*, risulta accettabile un discorso che dà priorità all'estetica piuttosto che cercare a tutti i costi di rimarcare la presenza di un insignificante rattoppo; piuttosto si potrebbe inserire una piccola targa o addirittura un'incisione su un mattone (come spesso si utilizzava in passato). Forse questo compromesso nel campo della terra cruda può essere reso anche con la differenziazione di tecnica; per esempio: in caso crollo di un tratto di muratura in pisé, sarebbe possibile operare un ripristino con mattoni crudi stabilizzati, che oltre a donare un aspetto cromatico simile a quello del pisé (pertanto sia la compatibilità che l'omogeneità di materiale verrebbero rispettati), differenzerebbe la trama muraria. Inoltre la facilità dell'operazione sarebbe superiore e metodologicamente più vicina a noi rispetto a quella della battitura; bisogna infatti saper comprendere i limiti e i desideri del personale con cui si opera e del committente per il quale si lavora. In questo campo di ricerca, dove il dibattito sulle tecniche è tutt'altro che concluso, vanno evitate soprattutto le prese di posizione; consiglieri piuttosto di saper ascoltare e ponderare le soluzioni alternative che ci vengono proposte e, se ne vale la pena, di adottarle. Infatti, ottenere il permesso da parte di un committente di operare con il crudo sulle abitazioni della 'piana' di Alessandria, dove alla popolazione manca ancora una certa sensibilità per il restauro e quella fiducia in sé stessi per lavorare nuovamente con la terra cruda – qualità già in possesso degli abitanti di altre Regioni italiane –, può già considerarsi un ottimo passo avanti. Purtroppo i clienti ideali sono rari come le perle nere e pertanto le delusioni non mancano...



Resta comunque un particolare delicato e difficile da chiarire: la nuova parte di muratura avrà mai un compito portante? Dato che con il crollo parziale si è andata a creare una particolare situazione che vede la formazione di un arco di scarico del peso della muratura superiore verso le pareti laterali del muro rimasto in piedi, tale nuova situazione statica potrebbe forse – chi lo sa con certezza? – mutare solamente con una nuova redistribuzione dei carichi in seguito a un forte assestamento oppure a causa di una scossa sismica. Questo comunque fa dubitare di tutti gli interventi di rimozione degli strati superficiali di muratura in pisé da ambo le parti per far aderire alla superficie scotennata una cortina di mattoni pieni, o peggio, di mattoni forati (succede anche questo...) di cui si abusa abitualmente; immaginiamo infatti un muro perimetrale di 60 cm iniziali che viene ridotto di 15 cm da ambo le facciate per applicargli due cortine di mattoni, tenute insieme con un po' di malta: $60\text{ cm} - 15\text{ cm} - 15\text{ cm} = 30\text{ cm}$ e pertanto $60\text{ cm} / 2 = 30\text{ cm}$, cioè metà della muratura di partenza se ne vada. E non si tratta di un setto in calcestruzzo armato calcolato scientificamente bensì di una muratura monolitica realizzata empiricamente (cioè senza calcoli ma basandosi esclusivamente sulle tradizioni costruttive locali), fatta di terra cruda collegata con chiavi lignee orizzontali. Se si tiene inoltre conto che attualmente anche queste capacità costruttive empiriche sono andate completamente perdute con l'ultimo "battitore di tron" (*tron* = letteralmente il mattone crudo, in senso lato le costruzioni in terra cruda proprio perché la *trunera* è l'edificio fraschetano realizzato con murature portanti in terra cruda), occorre meditare a lungo su questo ultimo particolare...

Nel caso di paramenti murari legati con malte poco consistenti, è possibile intervenire con iniezioni di miscele consolidanti, preferibilmente a base di calce spenta, che sono maggiormente compatibili, chimicamente e meccanicamente, con il legante originale della muratura.

Caso B)

Nel caso si scelga la strada della prefabbricazione in officina di un blocco monolitico di misura pari all'ammacco, sarà utile predisporre al termine del posizionamento delle chiavi di unione tra le due parti murarie.



Caso C)

Infine è sempre possibile ripristinare una muratura in pisé con i BTC, i quali permettono, come prescritto dalle norme di restauro, l'individuazione dell'intervento anche a distanza di anni, pur mantenendo una tessitura muraria omogenea sia dal punto di vista cromatico che materico, contrariamente al classico e assai squallido rattoppo eseguito con il mattone cotto.

Inoltre non va sottovalutata la maggior resistenza offerta da un BTC a fronte di un setto murario in pisé gettato in condizione disagiata.