

5. RECUPERO DI STRUTTURE IN TERRA BATTUTA: REHAB, UN CANTIERE SPERIMENTALE PER IL RECUPERO DI UN EDIFICIO IN PISÉ

Pont de Veyle, Rhône - Alpes

Sezione 2

5.1 FENOMENI DI DISSESTO E DEGRADO RICORRENTI SU EDIFICI IN TERRA BATTUTA

Gli edifici in terra battuta, e di terra cruda in genere, sono interessati da fenomeni di dissesto e degrado in molti casi riconducibili a quelli che interessano l'architettura in muratura di pietra o di mattoni, ma sono particolarmente affetti dalle patologie legate all'acqua e all'umidità, in quanto queste ultime minano la coesione del materiale terra, indebolendone i legami (Röhlen, Ziegert 2011).

Si tratta di processi complessi, spesso concatenati, causati da fattori naturali ed antropici che possono aver minato l'equilibrio dell'edificio con il suo intorno, non necessariamente localizzati dove il fenomeno di degrado si manifesta, e possono interessare anche eventuali trasformazioni del territorio circostante.

Prima di addentrarci nel caso specifico dell'intervento di recupero realizzato a Pont de Veyle, in Rhône - Alpes, Francia, pare opportuno dare una breve descrizione delle patologie ricorrenti su edifici in terra battuta, alcuni delle quali affrontate anche nel caso di ReHab.

5.1.1 PATOLOGIE STRUTTURALI: Fenomeni di dissesto

I danni di tipo strutturale su edifici in terra battuta sono riconducibili principalmente a carenza di manutenzione, abbandono, errori di progettazione o di realizzazione (Bollini 2013 p.69), ma, secondo alcuni autori, eccezion fatta per alcuni tipi di lesioni, la maggior parte dei dissesti è comunque dovuta all'azione dell'umidità, in particolar modo a fenomeni di risalita capillare (Röhlen, Ziegert 2011).

Fondazioni:

Le fondazioni di edifici in terra battuta hanno generalmente profondità limitate, in alcuni casi sottodimensionate (Houben - Guillaud 1994), possono soffrire in modo particolare dell'effetto di ristagni d'acqua dovuti a cattivo drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche che possono provocare dissesti sul terreno alla base del muro e cedimenti nelle fondazioni stesse (Bollini 2013). Queste condizioni possono portare a gravi danni sulle murature: basculamento delle pareti, perdita dell'ammorsatura, crolli e deformazioni (Jaquin 2008; Moriset 2013).

Ulteriori fenomeni di dissesto possono verificarsi in presenza di vegetazione alla base del muro nel caso in cui le radici delle piante dovessero infiltrarsi nelle fondazioni stesse riducendone la capacità di assorbimento dei carichi e minandone la stabilità. Altri autori fanno invece notare come, a volte, interventi di recupero effettuati sugli edifici portino ad un aumento sconsiderato dei carichi che le fondazioni originarie potrebbero non riuscire ad assorbire.



Fig. 5.3, Fessurazione nel giunto angolare, distacco e basculamento parete a causa di ristagni d'acqua sul terreno. (foto S. Moriset CRAterre, Marocco 2011)

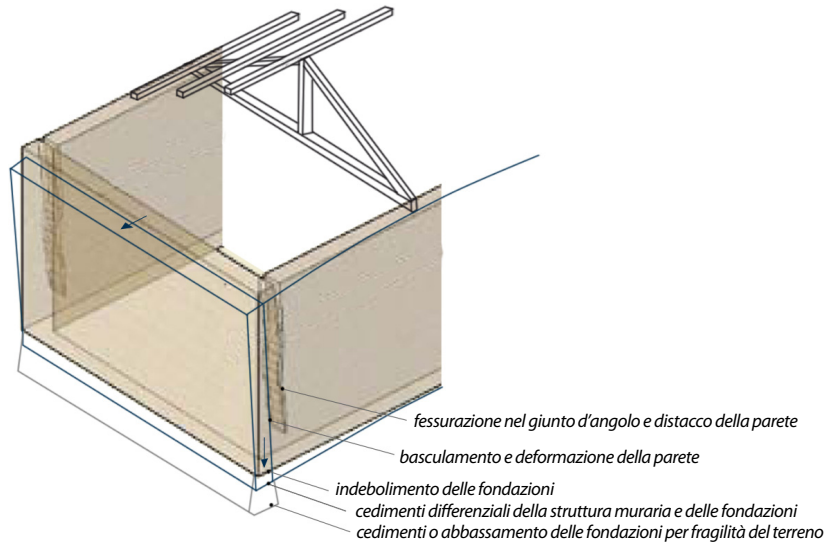


Fig. 5.1, Quadro riassuntivo dei fenomeni di fessurazione nel giunto d'angolo, distacco e deformazione della parete (reinterpretazione da Jaquin 2008).

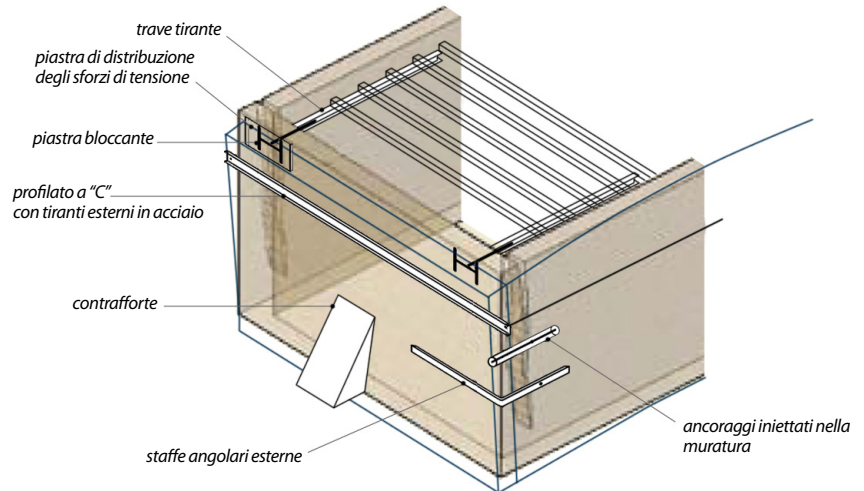


Fig. 5.2, Quadro riassuntivo di alcuni possibili interventi per l'irrigidimento di una scatola muraria in terra battuta, soggetta a dissesti statici (reinterpretazione da Jaquin 2008).

Murature

Le strutture in terra cruda sono progettate per resistere a sforzi di compressione anche in ragione delle caratteristiche fisiche del materiale, per cui la salute della muratura dipende fortemente dalla capacità di controllo di tutte le altre sollecitazioni.

Manca o malfunzionamento delle ammortature della scatola muraria

Rispetto a quanto già detto nei capitoli 2 e 3¹ circa il funzionamento scatolare del sistema costruttivo tradizionale in terra battuta, uno dei dissesti maggiormente incidenti sulle strutture verticali di questi edifici è il possibile distacco delle pareti dal sistema scatolare della muratura.

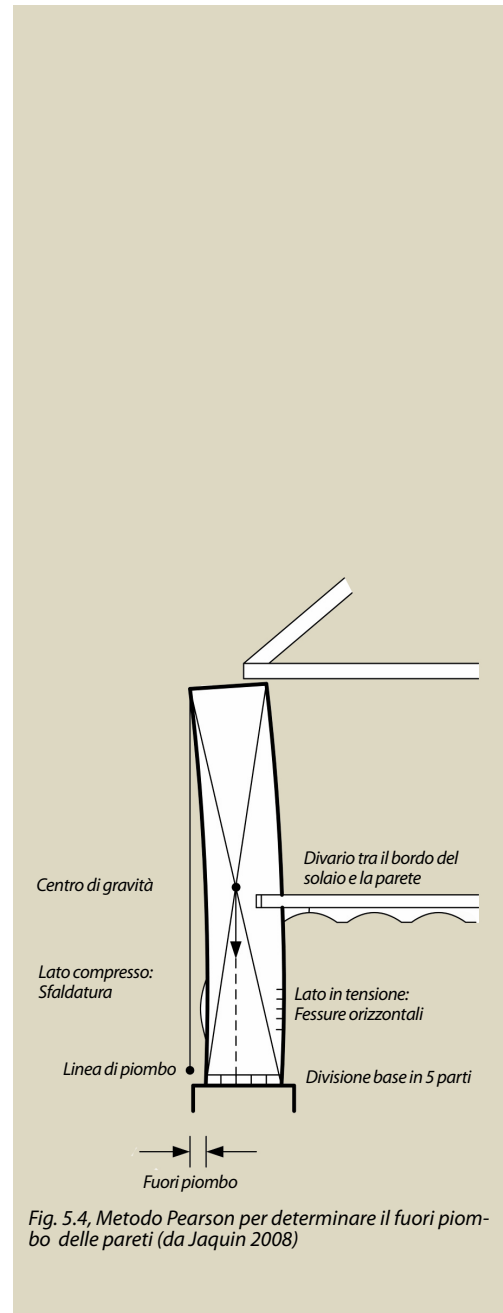
Il fenomeno può avvenire nell'ammorsatura delle pareti di spina interne, nel qual caso risulta poco evidente e non genera dissesti di grande impatto per la struttura a meno di un evento traumatico (ad esempio un sisma) (Bollini 2013 p. 74). In questo caso il fenomeno può essere dovuto a difetti di progettazione o di realizzazione dell'edificio.

Nel caso il fenomeno si presenti invece negli angoli, il problema è di maggiore entità poiché può portare a distacco della parete, eventuale deformazione, basculamento e conseguente crollo della parete non ammortata. Generalmente le cause possono essere:

- Carenze nella progettazione
- Carenze nell'esecuzione dei lavori di costruzione
- Pioggia. In caso di falle nella copertura o se, in seguito al basculamento della parete non ammortata, la testa dovesse trovarsi al di fuori della zona protetta dall'aggetto della copertura soggetta all'azione costante degli agenti atmosferici, con notevole aumento del rischio di crollo della struttura distaccata.
- Ristagni d'acqua. Il distacco della parete può avvenire anche per ristagni d'acqua sul terreno in prossimità della base del muro. Il terreno viene ammorbidito dall'acqua stagnante e può provocare cedimenti nelle fondazioni con conseguente basculamento della parete, eventuale distacco delle ammortature, deformazioni e crollo della parete.

In generale, la mancanza di ammortatura delle pareti tra loro rende la

¹ Le caratteristiche meccaniche delle murature in terra battuta viene descritto nel capitolo 2, a p. 22



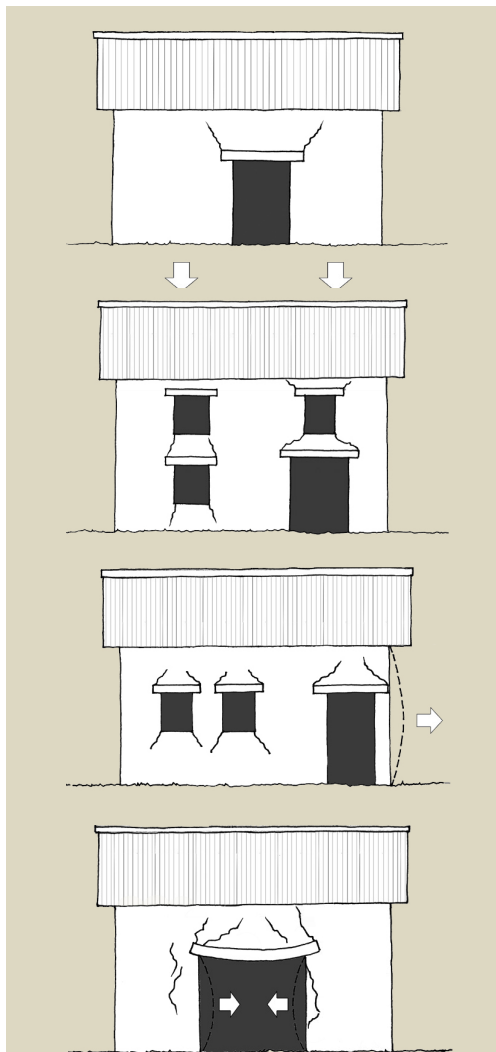


Fig. 5.5, Schemi dissesti frequenti legati alle aperture:
 A: Apertura asimmetrica e scarso appoggio dell'architrave nel muro
 B: Eccessive aperture nel muro e mal distribuite
 C: Aperture troppo vicine tra loro e al giunto angolare della muratura
 D: Apertura di dimensioni eccessive, con appoggio insufficiente dell'architrave nel muro.
 (rielaborazione da Houben-Guillaud 1989 e Bollini 2013)

scatola muraria più vulnerabile alle componenti orizzontali delle spinte esercitate su di essa da coperture e solai. Queste possono causare in particolare la separazione della testa dei muri negli angoli con rotazioni, deformazioni, fuori piombo e crolli delle stesse nel caso il fuori piombo della parete dovesse risultare eccessivo. Un metodo per dimensionare la stabilità di murature fuori piombo è descritto in Pearson (Jaquin 2008, pp. 334); in alternativa è possibile utilizzare la regola del *terzo medio* per stabilire se il baricentro della parete cade all'interno della zona di sicurezza o meno. Segni visibili di fuori piombo delle pareti sono la presenza di fessure orizzontali sul lato in tensione e sfaldamenti sul lato compresso (Jaquin 2008).

Fessurazioni nella muratura

Si presentano generalmente nei punti di appoggio delle strutture di copertura, soprattutto in mancanza di una trave di distribuzione dei carichi puntuali sulla muratura, e possono manifestarsi negli angoli quanto al centro della parete; oppure sugli appoggi delle architravi, in prossimità delle bucaure. In generale sono più frequenti su murature di edifici con particolare sviluppo longitudinale delle pareti (Röhlen, Ziegert 2011, p. 206).

Fessurazioni in prossimità degli appoggi delle bucaure hanno in genere sviluppo verso l'alto a 45° e sono dovute a squilibri nei rapporti di pieni e vuoti indicati per un corretto funzionamento delle murature (Houben, Guillaud 1989):

- Appoggi insufficienti delle architravi nella muratura
- Aperture sovradimensionate e in posizioni asimmetriche
- Volume di vuoti eccessivo dimensionato in modo disomogeneo
- Bucature eccessivamente vicine tra loro (per distanze inferiori a 60 cm). In questo caso si generano facilmente fessure a 45° verso il basso a partire dagli angoli inferiori dei vani finestre, in mancanza di elementi di distribuzione orizzontale del peso.
- Bucature eccessivamente prossime agli angoli delle pareti (distanze inferiori a 1 m) possono provocare anche lo spanciamento verso l'esterno della parete (Houben - Guillaud 1989).

Lesioni strutturali possono verificarsi anche per l'accostamento alla terra di materiali con modulo elastico molto diverso; le lesioni, inoltre, possono divenire facilmente canali preferenziali per la concentrazione

di flussi d'acqua e assorbimento di umidità che accelerano i processi di decomposizione del materiale, deformazione ed eventuali crolli (Röhlen, Ziegert 2011, p. 206).

5.1.2 FENOMENI DI DEGRADO: patologie ricorrenti

I fenomeni di degrado riscontrabili in genere su strutture in terra battuta sono in gran parte dovuti ad un rapporto non equilibrato dell'edificio con l'acqua, si presentano sotto forma di Perdita di materiale o Alterazione materica (Bollini 2013), e sono riconducibili essenzialmente a due tipi di fattori: Naturali, e di tipo Antropico.

Fattori Naturali: Umidità, Vegetazione, Animali.

Umidità

Effetti della pioggia:

- *Pioggia battente:* non è considerata generalmente un problema, in particolar modo se l'edificio è provvisto di copertura sufficientemente aggettante e basamento di protezione. Inoltre la penetrazione dell'acqua piovana è in grado di intaccare solo uno strato sottilissimo della parete in terra battuta.
- *Ristagni d'acqua:* in caso di strutture non coperte adeguatamente o a causa di falle nella copertura, l'acqua stagnante sulla sommità delle murature viene assorbita molto velocemente, riducendone la coesione; può provocare deformazioni e crolli delle pareti. Ristagni d'acqua sul terreno alla base del muro possono causare cedimenti del terreno e delle fondazioni con gravi pericoli per le pareti
- *Ruscellamento:* Può dipendere da perdite nella copertura o da grondaie difettose, se costante attraverso canali preferenziali, può causare l'asportazione di materiale decoeso dalla muratura.

Umidità di risalita capillare: L'umidità di risalita capillare dal terreno, passante attraverso le fondazioni, trasporta generalmente sali dannosi per le murature in terra. I processi di idratazione e cristallizzazione di questi sali tendono ad alterare la composizione fisico-chimica del materiale ed ad allentare i legami di coesione. Alcuni autori riportano come il problema sia più grave nei casi di edifici destinati a scopi agricoli a causa degli agenti chimici presenti nei fertilizzanti di cui il terreno è impregnato (Moriset 2013). La resistenza delle murature a questi processi è determinata dalla

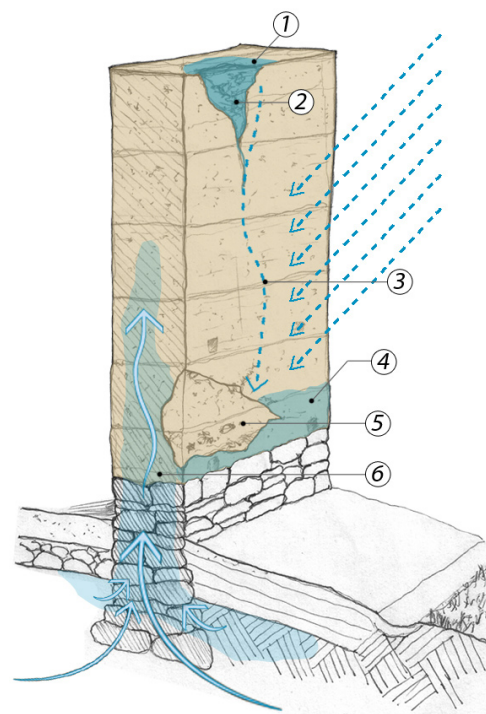


Fig. 5.6, Schema riassuntivo di alcune delle patologie umide più frequenti:

1 - Ristagno d'acqua sulla sommità del muro (a causa di perdite nella copertura o di coperture non sufficientemente aggettanti).

2 - Perdita di materiale per dilavamento favorito da canali d'infiltrazione preferenziali.

3 - Canale preferenziale di ruscellamento generato da fessure e/o infiltrazioni nella copertura.

4 - Cristallizzazione di sali portati dall'acqua per capillarità dal terreno attraverso la fondazione e il basamento

5 - Alterazione materica e decoesione, a causa dell'umidità di risalita capillare e dei sali cristallizzati; conseguente perdita di materiale per azione di agenti atmosferici.

6 - Umidità di risalita capillare dal terreno attraverso le fondazioni e il basamento.



Fig. 5.7, Zona erosa alla base di un muro in pisé in Isère.
(foto T. Joffroy, CRAterre)

resistenza a trazione della terra e dal volume di pori all'interno della parete (Röhlen, Ziegert 2011). Una volta decoeso, il materiale è facilmente eroso ed asportato dall'azione degli agenti atmosferici e la sezione della muratura viene ridotta, specialmente nelle zone a contatto con il basamento o le fondazioni. Inoltre, a causa dell'eccessivo contenuto di umidità, che in questi casi si può attestare intorno all'8%, contro un tenore abituale d'acqua tra lo 0,8% e il 2% per pareti in terra battuta, anche la resistenza a compressione della parte rimanente della sezione muraria può diminuire di circa il 70% (Röhlen, Ziegert 2011). Spesso la risalita di umidità può essere facilitata dall'uso di malte conduttive per l'allettamento dei corsi di fondazioni e basamento (Röhlen, Ziegert 2011); l'inserimento di una barriera a prova di umidità nell'interfaccia basamento - muro in terra battuta può costituire una valida soluzione per arginare il problema. E' consigliata la posa di un corso di mattoni al disopra della barriera, prima del muro, in modo da avere un piano di battitura uniforme.

Umidità e gelo: I processi di gelo e disgelo causati dalla cristallizzazione dell'acqua che può impregnare i muri provocano una *perdita di coesione* nella terra, che può facilmente essere portata via da agenti atmosferici quali vento e acqua piovana, oltre ad eventuali fenomeni di ruscellamento e dilavamento.

Vegetazione

Piante o alberi alla base del muro: Indicano presenza di particolare umidità nel terreno alla base, impediscono l'essiccazione naturale delle pareti in terra schermandole dai raggi del sole e favoriscono la penetrazione dell'acqua per azione capillare all'interno del muro. Piante rampicanti come edera e viti possono non costituire un problema per le murature (Moriset 2013).

Animali

Buchi nella muratura: Alcuni animali possono annidarsi nella muratura scavando dei fori al suo interno, si tratta di alcuni tipi di vermi oppure di topi, questi ultimi però solo nel caso in cui le tane siano nascoste da vegetazione. I vermi non costituiscono un problema, mentre lo sono le termiti che, oltre a scavare lunghi canali all'interno della terra, possono attaccare le strutture di copertura causandone il crollo e i danni indiretti alla struttura muraria che ne conseguirebbero. Alcuni uccelli e i pipistrelli possono essere dannosi a causa del contenuto acido dei loro escrementi.

Fattori Umani: Pratiche inadatte, Usura, Evoluzioni

I rapidi cambiamenti della società e dei modi di concepire l'abitare e di trasformare il territorio secondo le esigenze dell'uomo possono arrecare danno al patrimonio costruito in terra battuta, anche più dei fattori naturali (UNESCO 1972).

I danni e i dissesti di origine antropica possono essere dovuti ad errori di progettazione dell'edificio ma anche, e più spesso, del suo intorno, ad errori nella messa in opera dell'edificio o nella composizione delle miscele nel caso di eventuali interventi di recupero già effettuati. Fattori di questo tipo rischiano di avere impatto particolarmente negativo se facilitano o intensificano il contatto della muratura con l'acqua.

Pratiche inappropriate ed errori di progettazione

Impermeabilizzazione dei suoli: Solai esterni in cemento, marciapiedi realizzati con materiale bituminoso o che renda la superficie impermeabile, strade asfaltate, in prossimità o lungo il perimetro dell'edificio in terra battuta, possono sovvertire l'equilibrio igrometrico delle pareti in terra (Moriset 2013). Questi interventi impediscono all'acqua contenuta nel terreno attorno all'edificio la naturale evaporazione, con il risultato di convogliare la risalita di umidità all'interno delle fondazioni e nel basamento e da lì all'interno del muro. Un effetto analogo può verificarsi in caso di realizzazione di solai interni non traspiranti, in sostituzione di quelli originali che consentivano invece il passaggio di vapore. Gli effetti dell'impermeabilizzazione di suoli all'interno e nell'immediato intorno dell'edificio si sommano e possono causare danni molto gravi alle strutture murarie (Bollini 2013).

Inoltre, superfici impermeabili in prossimità degli edifici in terra sono causa del rimbalzo d'acqua sulle murature. Questo fenomeno può risultare particolarmente dannoso in caso di assenza di basamento o di basamento basso, poiché può scavare piccole zone di erosione sulla superficie del muro in terra oppure danneggiare gli strati di allettamento o l'intonaco del basamento. Platee fiorite o stoccaggio di materiali alla base del muro possono rendere più difficile la fase di essiccazione delle pareti (Moriset 2013).

In caso di pavimentazione permeabile, la mancanza di drenaggio e il mancato allontanamento dell'acqua dall'edificio può acuire i problemi legati alla risalita capillare di umidità.

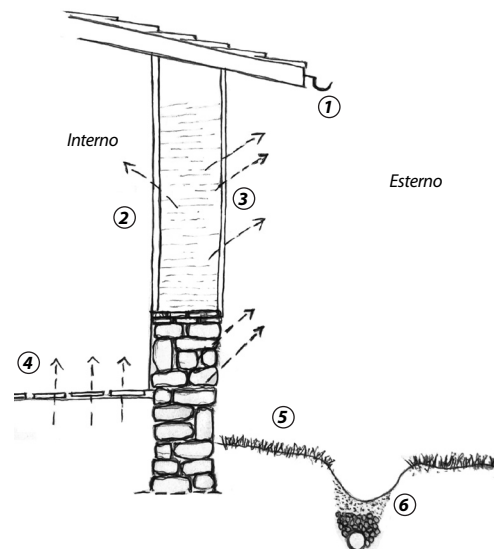


Fig. 5.8, Schema di un muro in terra battuta in normale equilibrio igrometrico.

- 1 - Sufficiente aggetto della copertura
 - 2,3 - Finiture permeabili al vapore acqueo
 - 4 - Solaio contro terra permeabile
 - 5 - Perimetro esterno leggermente pendente
 - 6 - Drenaggio delle acque
- (rielaborazione da Bollini 2013)

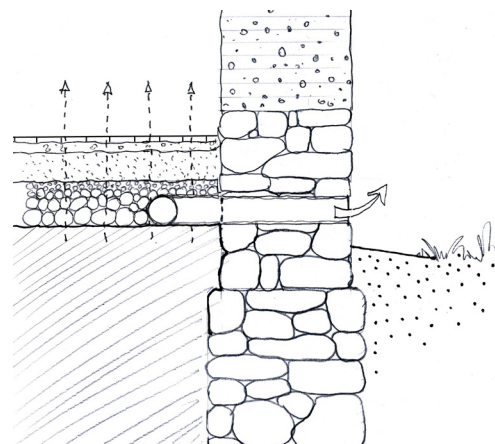


Fig. 5.9, esempio di drenaggio solaio verso l'esterno.
(da M. Beguin, CARACOL)



Fig. 5.11, Umidità di risalita capillare e distacco dell'intonaco a causa del drenaggio del manto stradale verso l'edificio, in Savoie. (foto S. Moriset CRAterre, 2012)



Fig. 5.12, Ruscellamento delle acque di pioggia su una parete in pisé, a causa della rottura del canale di gronda. (foto P. Doat, CRAterre)



Fig. 5.13, Isère, pendenze delle coperture mal progettate portano l'acqua piovana contro una parete in terra (foto S.Moriset CRAterre, 2012)

Rivestimenti non traspiranti: L'uso di intonaci a base di materiali che non permettono la naturale traspirazione del muro in terra battuta, come le malte a base cementizia e le malte bastarde, bloccano l'umidità assorbita per capillarità all'interno della parete. Durante le fasi di riscaldamento del muro possono verificarsi rigonfiamenti e distacco dell'intonaco, o di parti di esso, dalla parete stessa; generalmente questo fenomeno può facilmente causare infiltrazioni nello strato di interfaccia del rivestimento con la parete. In casi più gravi, se l'intonaco non dovesse staccarsi offrendo un punto di sfogo al vapore, la parete potrebbe perdere coesione a causa del livello di umidità troppo elevato e patire deformazioni o crolli. Anche in caso di rivestimenti poco traspiranti del solo basamento, l'umidità di risalita capillare, non trovando sbocco laterale, viene indirizzata all'interno della parete, aumentandone pericolosamente il livello igrico.

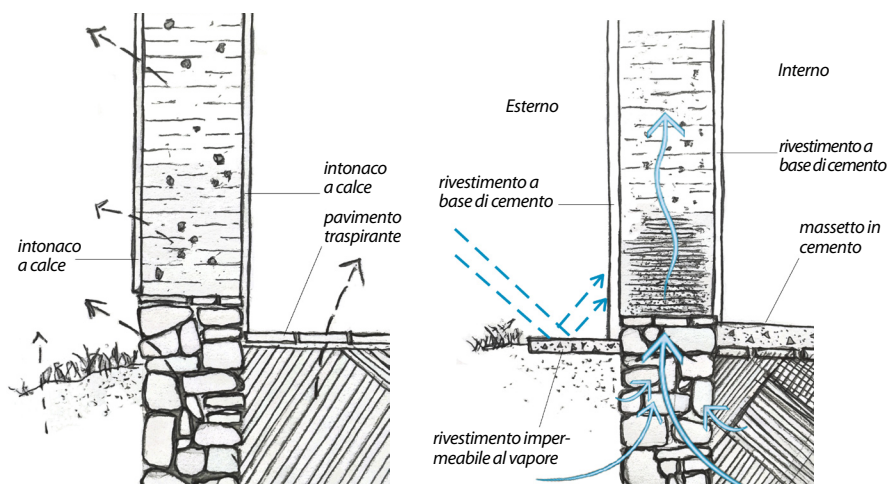


Fig. 5.10, Schema del fenomeno di risalita capillare di umidità in un muro in terra battuta, a causa di rivestimenti non traspiranti che impediscono la normale evacuazione del vapore acqueo in eccesso. (rielaborazione da Bollini 2013)

Errori di progetto e difetti costruttivi nelle coperture: Grondaie mal progettate o mancanti, aggetti insufficienti della struttura di copertura, davanzali sprovvisti di gocciolatoio possono favorire infiltrazioni d'acqua nelle pareti e fenomeni di dilavamento, concentrando i flussi dell'acqua piovana in canali preferenziali. Inoltre, un cattivo orientamento delle pendenze può portare l'acqua a formare ristagni in prossimità dei muri e causare infiltrazioni e perdita di materiale.

Aumento del livello del manto stradale: L'aumento progressivo del livello

del manto stradale, dovuto a successivi rifacimenti, in alcuni casi supera il livello dei basamenti protettivi dei muri in terra; in tal caso l'acqua drenata ai lati della strada può arrecare danno alla struttura muraria causando ristagnamenti alla base del muro (Moriset 2013; Houben - Guillaud 1989).

Usura

Abbandono: In generale molti dei fenomeni di degrado cui sono soggetti gli edifici in terra sono dovuti principalmente allo stato di abbandono in cui versano. Se le cause scatenanti non vengono controllate possono nel tempo determinare un peggioramento dell'entità dei fenomeni e dei danni.

Di seguito viene riportato uno schema generale di alcune tra le patologie più frequenti su edifici in terra battuta.

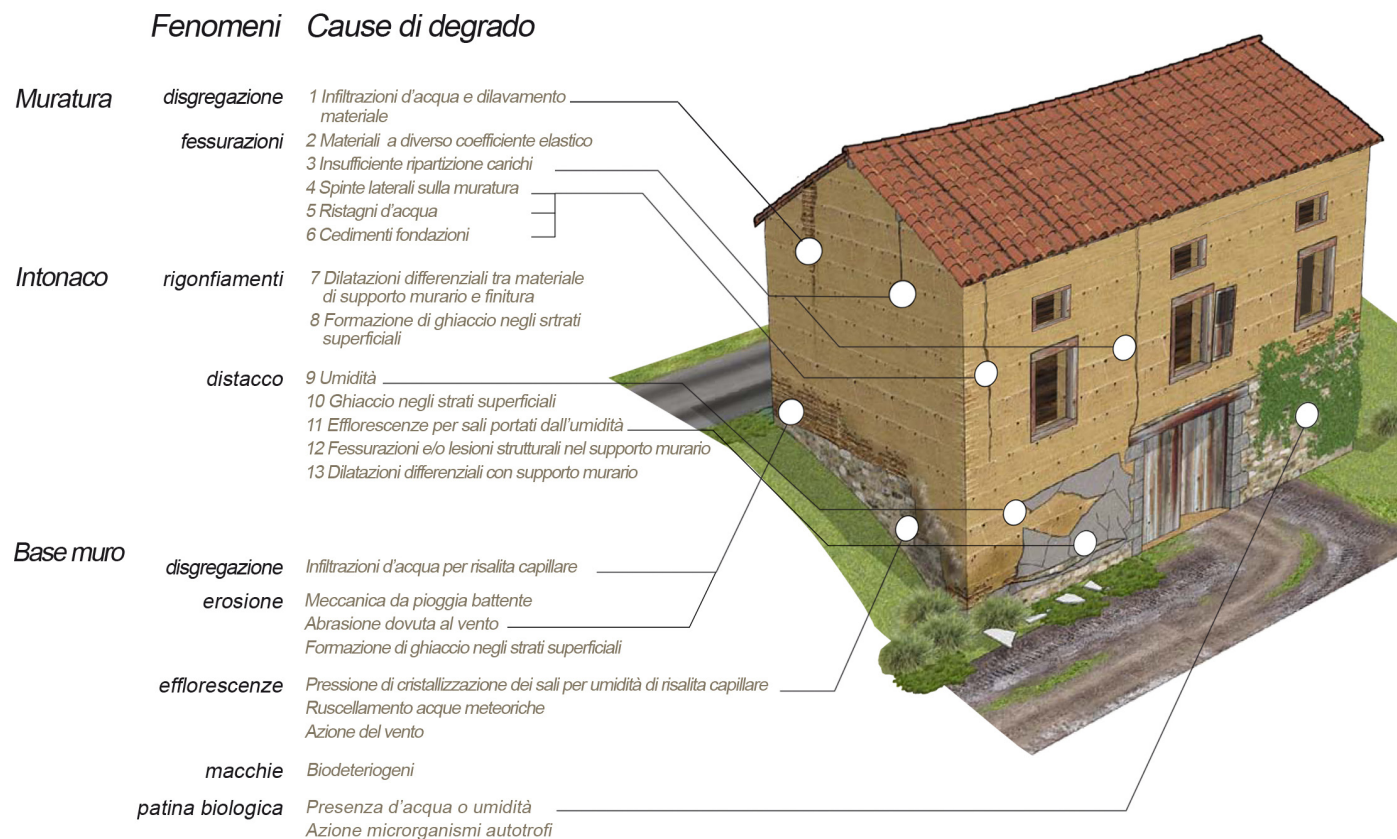


Fig. 5.14, Quadro riassuntivo di alcune tra le più frequenti patologie che possono manifestarsi su edifici in terra battuta. (rielaborazione da Parc Naturel régional Livradois-Forez, Moriset - Misse 2011, pp. 10-11)



Fig. 5.15, Esperimenti per intonaci a base di terra e fibre su pannello di incannucciato, posato su parete in balle di paglia.

5.2 REHAB: UN CANTIERE PARTECIPATO E SPERIMENTALE

ReHab è un cantiere sperimentale partecipato per il recupero di un edificio abitativo in terra battuta situato in località Pont de Veyle, Dipartimento de l'Ain, Regione Rhône - Alpes, in Francia.

Il territorio intorno a Lyon e Macôn sur Saône offre un patrimonio in terra, in special modo in aree rurali, tra i più ricchi d'Europa. Purtroppo anche qui, come in larga parte delle zone di diffusione del costruito in terra cruda in Europa, i saperi artigiani legati a questo tipo di costruzione sono stati dimenticati e il patrimonio in terra è da tempo minacciato da modalità di intervento, per il recupero e la manutenzione, inadeguate al sistema costruttivo e al materiale. La maggior parte di esse si basa su tecniche di riparazione e costruzione tradizionali, che spesso possono mettere in pericolo l'integrità e la sopravvivenza dei manufatti. I professionisti competenti nel settore della costruzione in terra cruda sono pochi e poco conosciuti e anche le attività di formazione sul territorio in quest'ambito sono piuttosto rare e cominciano a diffondersi solo da pochi anni.

In questo contesto, in seguito all'acquisto di un edificio in rovina in terra battuta, l'arch. Gregoire Paccoud ha sviluppato il progetto ReHab, proponendo un approccio partecipato, aperto alla comunità locale ad architetti e studenti, impostato sull'autocostruzione e sull'uso di risorse naturali, per lo più disponibili in loco, per il recupero del manufatto.

Cantiere partecipato per la sensibilizzazione

L'idea di aprire il cantiere alla partecipazione di persone interessate, provenienti da diversi paesi è nata principalmente con l'intenzione di sensibilizzare l'opinione pubblica e gli abitanti del paese sul potenziale della terra nel campo delle costruzioni, puntando a mostrare quanto l'interesse verso questo tipo di costruzione sia diffuso e condiviso in Francia e all'estero. L'iniziativa ha offerto opportunità di scambio frequenti con abitanti locali che occasionalmente hanno visitato il cantiere. Inoltre i partecipanti hanno potuto approfondire la conoscenza del materiale e delle tecniche costruttive e di recupero legate alla terra battuta, ma anche ai diversi aspetti che l'organizzazione di un cantiere di recupero comporta, inclusi i lavori preliminari di pulizia, preparazione e accessibilità del sito.

Approccio sperimentale

La natura del cantiere, attenta all'uso di risorse naturali disponibili in

loco, ben si prestava alla sperimentazione sui materiali da costruzione. I partecipanti al cantiere hanno potuto condurre diversi esperimenti per la riparazione delle strutture esistenti e per il miglioramento del comfort interno dell'edificio, che hanno poi fornito interessanti indicazioni per successivi approfondimenti in laboratorio, a Grenoble presso il *Laboratoire CRAterre – ENSAG*, e a Torino, presso il *Politecnico*. Durante il cantiere sono stati organizzati diversi workshop; di particolare interesse le prove condotte sull'uso di fibre in combinazione con terra locale per componenti e intonaci da utilizzarsi per l'isolamento interno di pareti in terra battuta. Per le prove sugli intonaci a base di terra e con la tecnica del torchis sono state utilizzate come supporto le pareti in paglia di una piccola capanna realizzata sul sito in precedenza. Sono state provate diverse miscele che sono servite da riferimento per la formulazione di diversi possibili strati di intonaco da utilizzare nel progetto; in quest'occasione sono stati affrontati i temi del ritiro, della stabilizzazione, e della plasticità delle miscele di terra.

È stato sperimentato inoltre l'uso di Blocchi in Terra Compresa (*BTC*), autoprodotti in cantiere, per il reintegro di mancanze di materiale nelle murature, e l'uso di miscele di terra per la rasatura e la protezione della sommità scoperta di pareti in terra battuta. La produzione di *BTC*, ha fornito l'occasione per introdurre con i partecipanti il concetto di contenuto umido nelle tecniche costruttive in terra battuta. Attraverso la ricerca delle miscele per la rasatura gli auto-costruttori hanno sperimentato miscele di terra stabilizzate con diversi additivi; hanno poi testato la resistenza ad erosione, la coesione e la resistenza meccanica dei composti sfruttando le prove da campo.

5.3 FENOMENI DI DISSESTO E DEGRADO RICONTRATI SULL'EDIFICIO

Al fine di individuare le patologie di dissesto e degrado cui l'edificio era soggetto, è stata eseguita dall'arch. G. Paccoud una serie di verifiche sul campo, che, seppur non riportate in un vero e proprio diagnostico, hanno permesso di stabilire una priorità degli interventi da realizzare per la messa in sicurezza dell'edificio e delle sue parti. I principali dissesti e degradi sono riassunti negli schemi riportati di seguito.



Fig. 5.16, Esperimenti per intonaci a base di terra e fibre su pannello di incannucciato, posato su parete in balle di paglia.



Fig. 5.17, Blocchi di Terra Compresi durante le sperimentazioni eseguite in cantiere con i partecipanti.

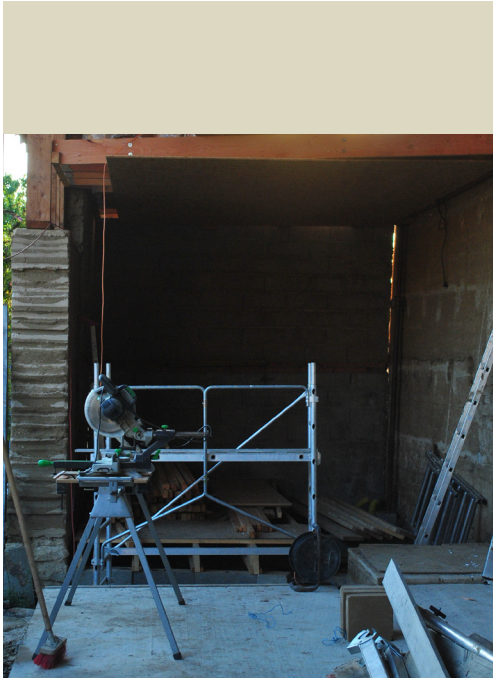


Fig. 5.19, Fuori piombo delle pareti Sud e Nord in pisé, rispettivamente sulla sinistra e destra della foto.

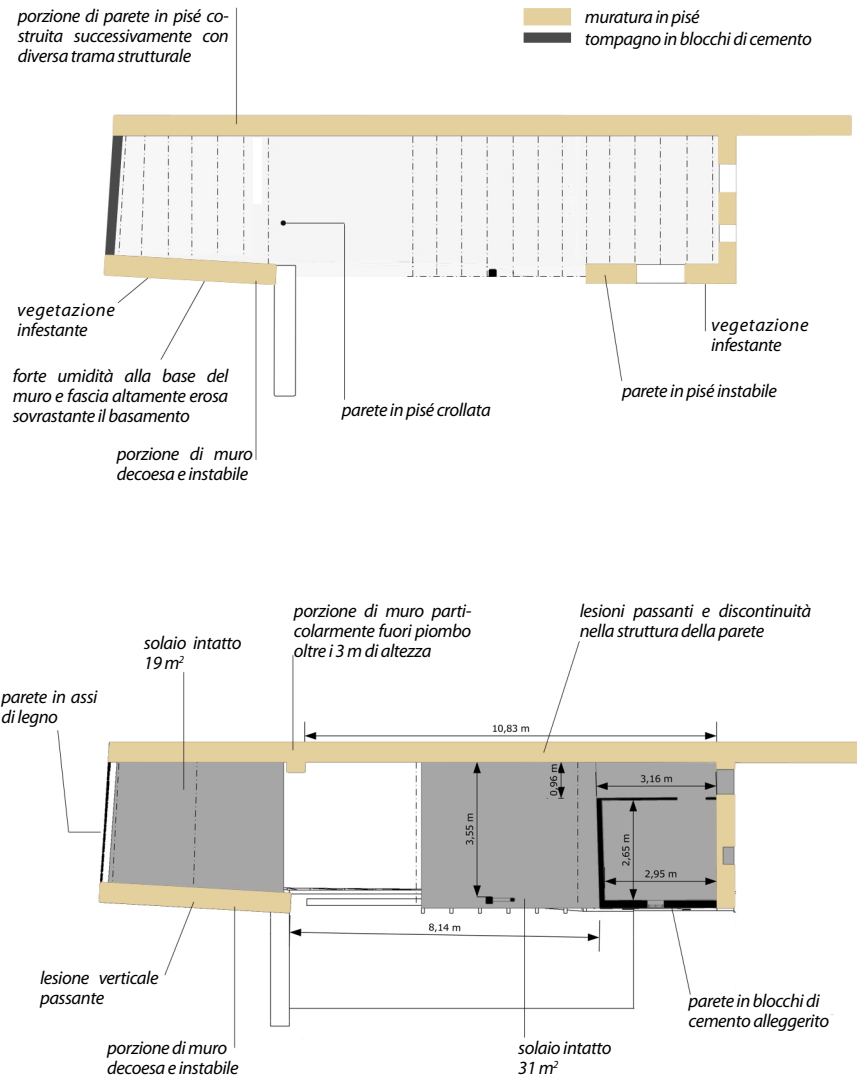


Fig. 5.18, Planimetrie piano terra e piano superiore dell'edificio di Pont de Veyle: sono indicati i fenomeni di dissesto e degrado riscontrati.

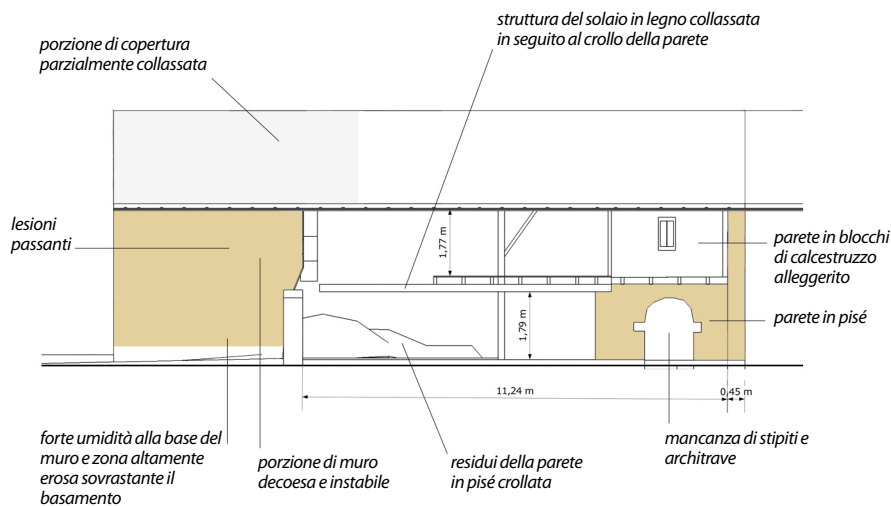


Fig. 5.20, Prospetto Sud dell'edificio di Pont de Veyle: sono indicati i fenomeni di dissesto e degrado riscontrati.

5.3.1 SCATOLA MURARIA

La continuità della scatola muraria è stata compromessa da interventi realizzati in precedenza da vecchi proprietari che hanno sostituito alcune pareti in terra battuta con altri materiali non del tutto coerenti con la struttura originale. La parete Ovest al piano terra è costituita di blocchi di calcestruzzo alleggerito, mentre al piano superiore è chiusa con un tavolato in legno; anche una porzione di parete sud al piano superiore è stata rifatta con blocchi in calcestruzzo alleggerito. Quest'ultima è stata smantellata, mentre è stato deciso di mantenere la parete ovest.

Deformazioni

In particolare sono state riscontrate sulla scatola muraria deformazioni di porzioni di pareti sui lati Nord e Sud dell'edificio. Le pareti presentano un eccessivo "fuori piombo" dai 3 m di altezza a salire, dovuto probabilmente ai cedimenti della struttura di copertura e di parte delle strutture orizzontali interne che hanno provocato carichi eccessivi spingenti sulla muratura. Una volta smontata la copertura, sono state asportate le parti eccedenti i 3m di altezza, considerate pericolanti, in modo da recuperare



Fig. 5.21, Nuovo solaio in legno realizzato. Il vecchio solaio nella foto ancora in opera verrà in seguito smontato.



Fig. 5.22, Muro di spina in terra battuta crollato, sono visibili i danni causati al solaio e alla parete perimetrale sud.



Fig. 5.23, Vegetazione infestante alla base della parete sud, successivamente rimossa.



Fig. 5.24, Lesioni sul muro nord. Sulla sinistra si nota una porzione di muro ricostruita in pietra, sulla destra risulta evidente dalle fila di blocchi sfalsati, come l'estremità ovest del muro sia stata costruita in un momento differente

la verticalità delle pareti e poterle sostituire con strutture più leggere. Nonostante questo, le pareti nord e sud all'estremità ovest presentavano entrambe rotazioni dell'asse verso il lato nord, anche al piano inferiore. Per ovviare al problema è stato ricostruito il solaio intermedio con una nuova struttura di travi in legno concatenata alle pareti in terra, spostata più in alto rispetto alla precedente, per esigenze sia strutturali che di progetto. A completamento dell'intervento verrà realizzata una scala interna spingente sulla parete sud per evitare eventuali ulteriori rotazioni dell'asse verticale delle pareti.

Crolli

Il cedimento della struttura di copertura nella zona ovest dell'edificio ha provocato anche il crollo di un muro di spina che collegava le pareti nord e sud, e parte della parete perimetrale sud, lasciando in stato di rischio anche una porzione di parete sud rimasta in piedi e provocando lesioni passanti da parte a parte del muro. L'acqua piovana filtrante attraverso la copertura danneggiata ha ulteriormente aggravato il problema contribuendo a ridurre la coesione della porzione di muro interessata.

La porzione instabile della parete sud è stata tagliata, smantellata e ricostruita in pisé, nelle modalità riportate più avanti.

5.3.2 MURATURE

Vegetazione infestante

Vegetazione infestante di vario tipo è stata trovata ai piedi del muro sud, per gran parte del suo sviluppo. Pur non avendo attaccato direttamente il muro, le piante costituivano una minaccia per il corretto funzionamento termo-igometrico della parete, facilitandone il contatto con l'acqua piovana e costituendo un canale preferenziale per l'assorbimento di umidità (Bollini 2013, p.91). Inoltre la presenza di vegetazione impediva ai raggi del sole di raggiungere gran parte della parete, minando la capacità del muro di asciugare l'umidità assorbita. Le piante sono state rimosse.

Lesioni

Sono state riscontrate diverse lesioni su parte del muro nord, di cui solo due passanti, in prossimità di una discontinuità della parete stessa. Una porzione del muro è infatti stata ricostruita in pietra; poiché le lesioni

seguono perfettamente i margini della discontinuità, sono state ritenute non particolarmente gravi. Altre lesioni più piccole sembrano essere dovute a carichi puntuali spingenti sulla muratura; mentre una terza lesione più profonda si trova in prossimità di uno scavo realizzato nel muro, evidentemente per alloggiare impianti, e del taglio effettuato per asportare la parte di parete nord fuori piombo. Quest'ultima potrebbe essere dovuta a carichi eccessivi e a discontinuità nella struttura dei filari di blocchi di muratura in terra battuta, segno che il muro è stato costruito e ripreso in diversi momenti (Paccoud - Pennacchio 2014).

Un'ulteriore lesione passante si trova sul muro sud in prossimità dei cedimenti occorsi alla copertura; la lesione percorre quasi interamente l'altezza della parete ed è certamente dovuta alle spinte anomale sul muro, causate dal cedimento della copertura, ed aggravata dai ristagni d'acqua piovana filtrante attraverso di essa, sulla sommità della parete. L'acqua, penetrando all'interno del muro, ha contribuito ad affievolire la coesione della struttura muraria in terra battuta. Una volta rimossa la copertura, la lesione è stata monitorata e non vi sono stati ulteriori movimenti apprezzabili, per cui il fenomeno è stato considerato sotto controllo.

Perdita di materiale per fenomeni erosivi

Alla base della parete sud, all'altezza di contatto con il basamento in pietra e per tutto lo sviluppo del muro, si riscontra una zona significativamente erosa con evidenti tracce di umidità che interessano anche il basamento in pietra, fin dall'attacco a terra. Un rapido test con il rilevatore di umidità ha permesso di verificare il livello di quest'ultima, oltre un metro al di sopra della zona erosa, più alta del livello raggiunto sulle altre pareti in terra (Paccoud - Pennacchio 2014). La causa del degrado è stata attribuita principalmente all'umidità di rimonta capillare, salita attraverso il basamento in pietra; non si esclude che l'abbondante vegetazione infestante trovata dinanzi alla parete possa avere giocato un ruolo nel fenomeno presentatosi. Il basamento peraltro risulta molto basso, considerando che la zona su cui è stato edificato il manufatto è a rischio di inondazioni, per cui, al fine di proteggere la parete in terra dall'umidità di risalita capillare e prevenire problemi connessi ad eventuali fenomeni di inondazione, si è deciso di asportare la parte del muro erosa e sostituirla con pietra locale, aumentando l'altezza del basamento di protezione.

Mancanze di materiale nelle pareti

Le strutture in legno della copertura e quelle orizzontali dei solai interni



Fig. 5.25, Lesione su muro nord. Si nota sulla sinistra, come la malta nell'interstizio dei filari di blocchi della muratura in terra risulti sfalsata; segno che il muro è stato battuto in momenti diversi.



Fig. 5.26, Lesione passante sulla porzione di muro sud ancora integra.

appoggiavano puntualmente sulle pareti nord e sud; in seguito allo smantellamento di queste strutture sono rimasti scoperti i fori nelle murature che consentivano l'appoggio delle travi. Al fine di assicurare la continuità delle pareti in terra e prevenire possibili danni alle strutture per l'azione di agenti atmosferici, i fori sono stati reintegrati con materiali a base di terra.

5.3.3 COPERTURA E STRUTTURE ORIZZONTALI INTERNE

Strutture di copertura

Parte delle strutture di copertura sono state trovate danneggiate; in particolare nella zona ovest dell'edificio la copertura permetteva il passaggio di acqua piovana che ha causato marcescenze nelle travi principali in legno e causato il crollo di una parete di spina in terra cruda, di parte della parete sud ad essa connessa e di una porzione di solaio in legno del piano intermedio. Diversi elementi della struttura in legno e tegole in cotto del manto di copertura, inoltre, sono risultati danneggiati anche in altre zone.

La copertura della zona ovest è stata rimossa immediatamente in modo da arrestare i fenomeni di dissesto dannosi per la struttura; il resto della copertura è stata rimossa in seguito e ricostruita una volta terminati gli interventi di recupero strutturale sulle murature. La nuova struttura è costituita da doppia orditura di travi in legno, barriera impermeabile all'acqua e copertura in tegole, riutilizzando quelle originali rimaste integre e sostituendo quelle danneggiate con pezzi nuovi.



Fig. 5.27, Operazioni di smontaggio della porzione di copertura particolarmente ammalorata e a rischio di crollo, nella zona ovest dell'edificio.



Fig. 5.28, La struttura di copertura completamente ricostruita con nuove travi in legno locale e tegole in cotto, di cui una parte recuperate dal vecchio manto di copertura.

Solai intermedi

Parte del solaio intermedio nella zona centro-ovest dell'abitazione è andato distrutto in seguito al crollo di alcune pareti, mentre le strutture della zona est e parte di quella della zona ovest sono rimasti integre, come gran parte del piano sottotetto sul lato est. Alcune travi, tuttavia, risultavano inflesse e le strutture non mantenevano sufficientemente l'orizzontalità; diverse tavole che costituivano il solaio di calpestio erano ammalorate. Inoltre, per esigenze di progetto, il piano superiore avrebbe dovuto essere spostato più in alto in modo da dare al piano inferiore un'altezza più consona e permettergli di ricevere una maggiore quantità di luce. I solai interni sono stati quindi interamente smontati, dando priorità immediata allo smantellamento delle strutture della zona centrale, pericolanti a causa

del crollo. Il solaio del primo piano sul lato ovest è stato ricostruito con una nuova struttura di travi in legno.

5.4 INTERVENTI DI RIPARAZIONE DELLE STRUTTURE MURARIE IN TERRA BATTUTA ESISTENTI

Durante il periodo di collaborazione con l'arch. Paccoud sul cantiere di Pont de Veyle, i lavori per gli interventi di recupero sono stati concentrati in particolar modo sulla riparazione delle strutture murarie in terra battuta. Gli interventi, in linea con la filosofia del cantiere, sono stati realizzati prevalentemente utilizzando materiali a base di terra locale, in gran parte recuperati dalla demolizione di parti della muratura stessa, e altre risorse reperibili in loco. Alcuni degli interventi presentati di seguito sono stati realizzati mettendo a punto miscele a base di terra o componenti precedentemente sperimentati durante i workshop del cantiere partecipativo.

Di seguito viene proposta una guida alla lettura delle schede descrittive degli interventi di recupero realizzati. Per una maggiore facilità di lettura, per l'illustrazione dei contenuti vengono sfruttati direttamente gli spazi ad essi dedicati nelle schede.

DISSESTI E DEGRADI

PATOLOGIE E CONDIZIONI

- Sono descritte brevemente le patologie e le condizioni di degrado da cui sono affetti gli elementi costruttivi oggetto dell'intervento di recupero.

ANALISI DELLE CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO

Sono indicate le possibili cause che abbiano potuto generare il dissesto e/o degrado occorso, con attenzione a possibili concatenamenti di eventi. Viene anche indicato come sono state messe in sicurezza le strutture interessate da eventuali dissesti prima di procedere alla descrizione dell'intervento di recupero sul degrado occorso.

VERIFICHE PREVENTIVE DA EFFETTUARE

È stata approntata una lista di verifiche da effettuare all'atto di intervenire sul recupero di murature, basandosi sulla letteratura consultata in materia di linee guida al recupero di strutture in muratura, in terra battuta e in terra cruda in genere.

In ciascuna scheda vengono spuntate le verifiche inerenti all'intervento descritto effettuate/consigliate, prima di procedere con le operazioni di recupero.

INTERVENTO DI RECUPERO

Descrizione

All'interno si riporta una breve descrizione dell'intervento di recupero, delle modalità e tecniche secondo cui è stato eseguito

Materiali

Sono descritti i materiali, le miscele per le malte, i componenti utilizzati; informazioni sulle modalità di produzione o assemblaggio dei componenti non riportate nel box a destra ad essi dedicato.

Raccomandazioni

Particolari precauzioni da prendere, consigli e accortezze necessarie durante l'esecuzione dell'intervento, la preparazione dei supporti murari o dei componenti edilizi ed eventualmente del loro trasporto e posa in opera, utili per una corretta e più consapevole realizzazione delle operazioni.

Componente / Miscela

Box di approfondimento sul componente o miscela utilizzati per l'intervento.

Sono indicate le seguenti informazioni:

Materiali

Composizione

Preparazione /Realizzazione/Stratigrafia (a seconda dei casi)

in modo che l'utente sia in grado di replicare la produzione dell'oggetto di approfondimento.

All'interno sono riportate immagini riguardo il processo di preparazione/realizzazione.

1

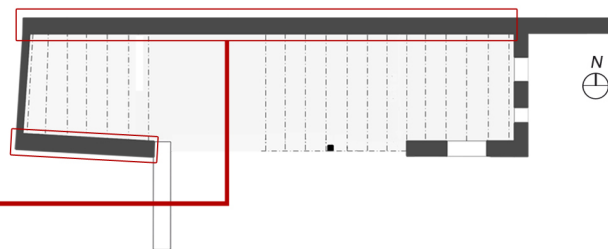
--

INDICAZIONE DELL'INTERVENTO ESEGUITO

All'interno di questo box si trova un'immagine significativa dell'intervento realizzato. La freccia in rosso riporta alla planimetria dell'edificio in modo da indicare la posizione della zona o dell'elemento costruttivo su cui è eseguito l'intervento. L'immagine può essere corredata da grafica in rosso che dia particolari indicazioni circa le modalità di intervento.



Di sotto viene rappresentata la planimetria dell'edificio. Eventuali segni in rosso indicano l'estensione e posizione dell'intervento realizzato. La freccia, dalla posizione sulla pianta riporta all'illustrazione dell'intervento a destra



All'interno di questo box si trovano immagini dell'intervento realizzato per la sua intera estensione, oppure inerenti lo stato iniziale dell'elemento costruttivo su cui l'intervento è stato eseguito.

Intervento di recupero - fasi esecutive

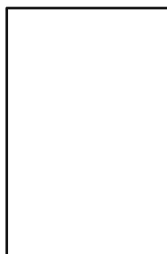
- Sono illustrate qui le fasi di esecuzione principali dell'intervento di recupero
- Le fasi descritte vengono poi commentate nel box in basso.

2

3

4

5



Attraverso una sequenza di immagini rappresentative nei box in nero sopra, vengono fornite importanti indicazioni sull'esecuzione delle diverse fasi esecutive dell'intervento, posa in opera, precauzioni e accorgimenti presi, utensili impiegati. La numerazione in bianco delle immagini viene ripresa nel commento per facilitarne l'associazione.

DISSESTI E DEGRADI

PATOLOGIE E CONDIZIONI

- *Erosione alla base del muro sud in terra battuta con ammaloramento della fascia muraria sovrastante il basamento in pietra.*

ANALISI DELLE CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO

Il degrado è dovuto ad agenti esterni: Umidità di risalita capillare fino a 1m di altezza. Il fenomeno interessa entrambe le facce della muratura per tutta l'estensione della parete.

Il basamento ha un'altezza di circa 40 cm, che appare insufficiente a proteggere il muro dall'umidità. La pendenza del terreno tende a portare le acque pluviali verso il fabbricato; trattandosi di una zona a rischio di inondazione si ritiene ci sia il rischio che lo stato della parte di muratura ammalorata possa peggiorare.

VERIFICHE PREVENTIVE DA EFFETTUARE

- Ispezione dell'intorno del fabbricato per la verifica di eventuali cedimenti o ristagni d'acqua.
Verifica stabilità degli appoggi delle murature sul terreno
Rilevamento di forma e dimensioni delle lesioni e deformazioni locali.
- Verifica di eventuali discontinuità nelle pareti, possibili canali di penetrazione dell'acqua nel muro.
- Verifica della eventuale presenza di zone della muratura soggette ad erosione e individuazione delle cause.
Verifica di eventuali fuori piombo della muratura, spanciamenti o rotazioni indice di rischio strutturale.
Verifica dello stato di compattezza delle murature.
Controllo degli angoli per identificare eventuali separazioni dei giunti dovute a ritiro o agenti esterni.

INTERVENTO DI RECUPERO

Descrizione

L'intervento consiste nella sostituzione di tratti di muratura in terra battuta ammalorata, con pietra locale, in modo da assicurare la stabilità dell'edificio.

L'intera fascia sovrastante il livello dell'attuale basamento viene rimossa per parti utilizzando una tecnica riconducibile al *cuci e scuci*; le parti rimosse vengono ricostruite in pietra locale, riprendendo la tecnica usata per il basamento.

Materiali

Per l'intervento vengono utilizzati elementi lapidei locali dello stesso tipo di quelli che compongono il basamento della parete, dopo accurato lavaggio e pulitura con spazzole dalle setole in ferro.

Coerentemente alla filosofia del cantiere, per la posa in opera è stata utilizzata una malta a base di terra e calce.

Raccomandazioni

È opportuno pulire con una spazzola le superfici di muratura dove è stato eliminato il materiale ammalorato, prima di procedere alla ricostruzione.

Fare attenzione a riprendere i corsi del basamento sottostante al momento della posa in opera dei nuovi elementi lapidei.

Malta a base di terra e calce



Materiali e proporzioni

- Terra da pisé - 2 volumi
- Sabbia - 2 volumi
- Calce - 1 volume
- Acqua - 1 volume

Preparazione malta

- Miscelare terra e sabbia in una vasca
- Aggiungere la calce e mescolare
- Aprire la miscela al centro, aggiungere acqua poco a poco
- Mescolare fino a raggiungere lo stato plastico

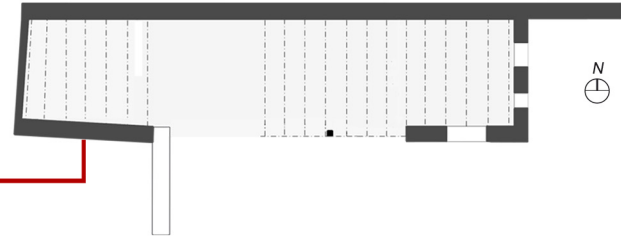


1



1 - Rimozione terra erosa operando dei fori nella muratura con un trapano e asportando il materiale con una cazzuola. Pulitura delle superfici delle aree da cui è stato asportato materiale, con acqua e spazzola.

RIPRESA IN OPERA BASAMENTO IN PIETRA DEL MURO SUD



Intervento di recupero - fasi esecutive

- *divisione zona ammalorata della parete in 5 parti*
- *rimozione parti in terra erose del muro*
- *pulitura delle superfici delle zone murarie asportate*
- *preparazione della malta a base di terra e calce*
- *posa in opera dei nuovi elementi in pietra previa pulitura*

2



2 - Riempimento aree dove è stato rimosso materiale, con pietra locale, posata con malta a base di calce e terra.

3



3 - Riempimento delle parti del muro in terra rimosse sul lato interno, con pietra locale, posata con malta a base di calce e terra.

4



4 - Ripresa del basamento completato per le parti 1 - 2 - 3; L'intervento si completa con la stessa metodologia descritta, rimuovendo le parti 4 e 5 sulla faccia esterna della parete e successivamente sulla faccia interna.