

## SCHEDA RIPARAZIONE STRUTTURE MURARIE ESISTENTI

### DISSESTI E DEGRADI

#### PATOLOGIE E CONDIZIONI

- *Collasso di una porzione di parete sud e instabilità di parte della muratura rimanente*

#### ANALISI DELLE CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO

Il dissesto è dovuto ad agenti esterni causati da eventi traumatici improvvisi: danni occorsi alla copertura a causa di abbandono hanno provocato il passaggio di acqua piovana attraverso la copertura e fenomeni di ristagno sulla sommità del muro e ruscellamento all'interno e sulla superficie della parete.

Questi fenomeni possono ammorbidire i legami di coesione della terra causando deformazioni e crolli.

I danni alla copertura hanno causato anche il crollo delle strutture del solaio che hanno contribuito al crollo del muro.

#### VERIFICHE PREVENTIVE DA EFFETTUARE

- Ispezione dell'interno 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, spiancamenti 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 ricostruzione della parte di muro Sud collassata; è stato inoltre costruito un basamento in pietra in modo da congiungere il muro con il muretto che divide la proprietà da quella del vicino.

Il muro viene ricostruito con la tecnica del pisé, utilizzando vecchie casseforme in legno per la compattazione, eseguita manualmente con un pestello ricavato da un puntone in acciaio.

#### Materiali

Per la ricostruzione è stata utilizzata la terra della parete smantellata unita a quella di scavo. Il cumulo di terra è stato umidificato e miscelato con una piccola scavatrice, e successivamente coperto con teli di plastica per due settimane, umidificato quotidianamente e infine rimiscelato prima dell'uso.

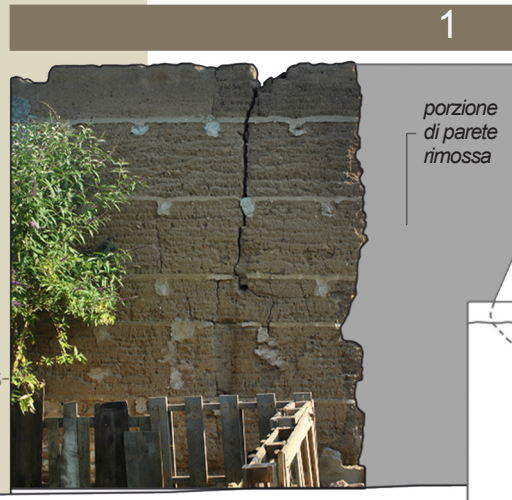
#### Raccomandazioni

Assicurarsi di avere spazio a sufficienza ai piedi della parete per l'installazione del sistema di casseforme. Effettuare almeno le verifiche da campo per stabilire il contenuto d'acqua necessario alla compattazione. Prevedere ammortature tra la parete ricostruita e quella contigua.

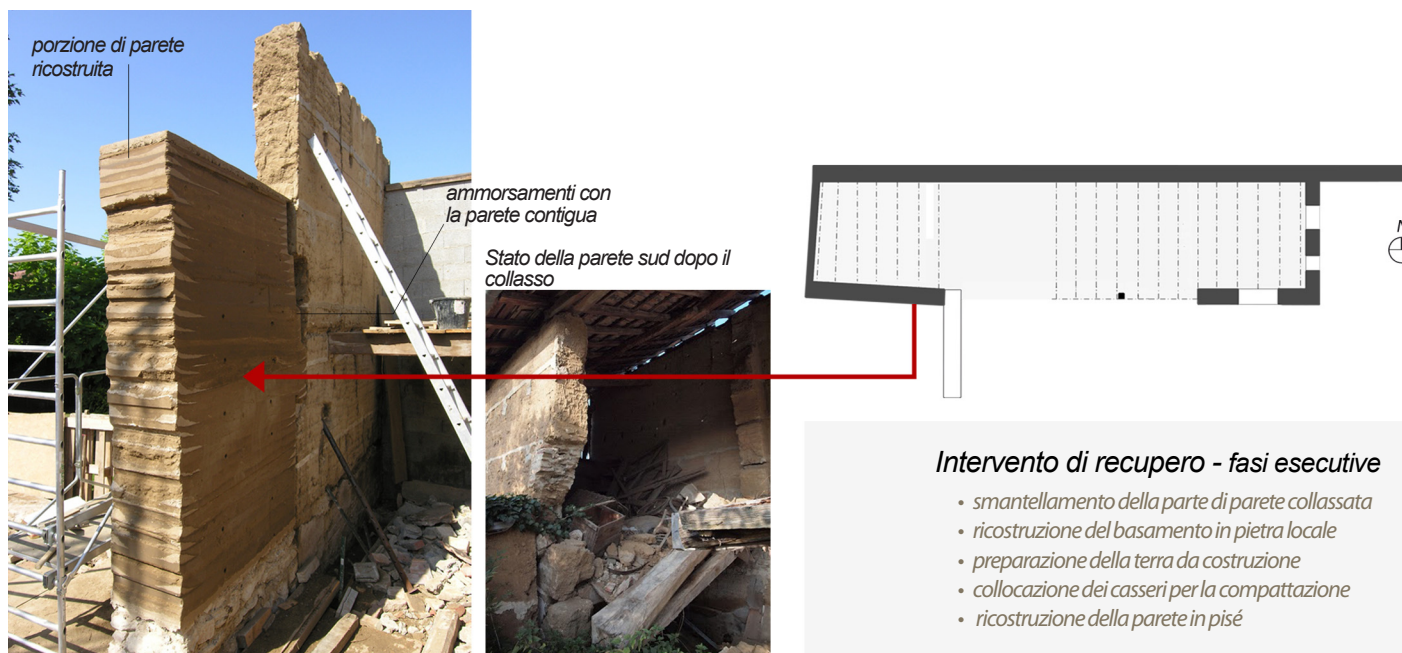
#### Costruzione basamento in pietra



- Scavo del letto di fondazione
- Posizionamento delle tracce con il metodo delle triangolazioni
- Posizionamento dei casseri di contenimento del getto della malta
- Preparazione miscela a base cementizia
- Versamento della malta di allettamento
- Posa in opera delle pietre locali
- Versamento della malta di allettamento



## RICOSTRUZIONE DI UNA PORZIONE DELLA PARETE SUD IN PISÉ



1 - La terra rimossa è stata aggiunta a quella di scavo, umidificata e miscelata con una piccola scavatrice. E' stata poi coperta con un telo per 2 settimane molto calde ed umidificata quotidianamente prima di essere nuovamente miscelata.

2 - Prima di erigere il muro sono state riprese le fondazioni ed è stato eretto il basamento in pietra locale sulle dimensioni della porzione di muro ancora sana.

3 - La terra passata al setaccio da 10mm viene umidificata e versata all'interno del cassero.

4 - Il riempimento delle casseforme è stato eseguito usando un cassero a fondo apribile, portato in posizione con una gru, per facilitare le operazioni di versamento.

5 - La terra viene compattata con l'aiuto di un pestello in acciaio all'interno di casseri in legno per strati di compattazione di 10 cm.

6 - Gli angoli della parete sono rinforzati con calce. Ogni due strati di terra viene gettato negli angoli del cassero un mucchietto di calce su cui vengono compattati due strati seguenti.

## SCHEDA RIPARAZIONE STRUTTURE MURARIE ESISTENTI

### DISSESTI E DEGRADI

#### PATOLOGIE E CONDIZIONI

- *Discontinuità della parete nord dovuta alla presenza di fori passanti che alloggiavano le travi del solaio originario.*

#### ANALISI DELLE CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO

Il dissesto è dovuto ad interventi sul cantiere: I fori costituivano gli alloggi delle travi principali del solaio intermedio originario, che sono state rimosse durante l'intervento di smantellamento delle strutture instabili.

I fori sono stati riempiti per evitare che potessero indebolire la parete in quanto discontinuità, e per prevenire possibili forme di degrado dovute a ristagno e ruscellamento delle acque meteoriche sulle superfici scoperte dei fori.

#### 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 nel riempimento dei fori di alloggi delle travi del solaio intermedio originale con Blocchi di Terra Compressa.

La superficie dei fori viene pulita con spazzole con setole metalliche e umidificata prima della posa dei BTC. I blocchi vengono preparati per mezzo di una pressa manuale e posati in opera, usando una malta a base di terra e sabbia come legante.

#### Materiali

I Blocchi di Terra Compressa sono stati preparati con la terra di recupero del cantiere, in dimensioni da 23 x 23 cm, per 9 cm di spessore. È stata utilizzata una miscela di terra non stabilizzata per poter dividere senza difficoltà i blocchi e riempire i fori irregolari. I blocchi sono essiccati al riparo dalla pioggia in un capanno ventilato. La possibilità di essiccare il prodotto prima della posa in opera permette di evitare discontinuità con la muratura dovute a ritiro.

#### Raccomandazioni

Una volta versata la terra nel cassero della pressa, si consiglia di pressare con cura gli angoli con le dita, in modo da rinforzarli, prima di comprimere.

Durante il trasporto, si consiglia di tenere ben fermi i blocchi con la parte piatta del palmo della mano evitando l'uso di polpastrelli e di fare pressione sugli angoli fragili.

#### Blocchi di Terra Compressi



a. La terra è passata al setaccio da 10 mm e umidificata con un vaporizzatore in modo che l'acqua sia uniformemente distribuita.

b. Eventuali grumi di terra vanno frantumati con i piedi o con un martello di gomma.

c. Preparare 8 L di terra e riempire la pressa



d. Abbassare la leva, rialzare e alzare il coperchio; riabbassare per far uscire il blocco.

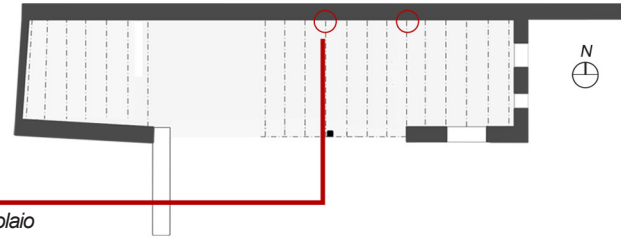
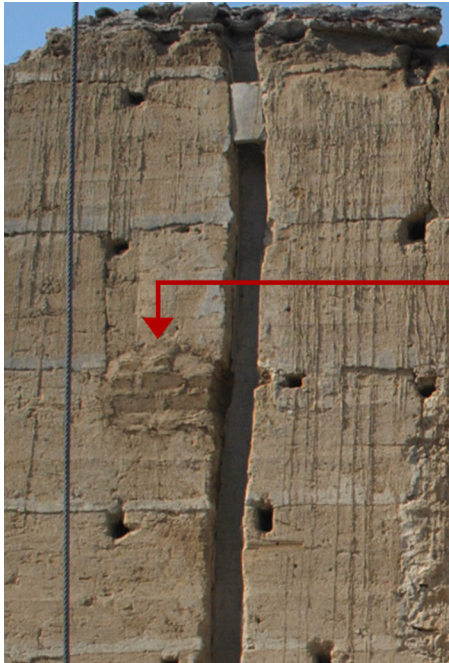


1



1 - Preparazione di BTC con terra di recupero, senza additivi stabilizzanti, in modo che possano essere facilmente tagliati adattandosi alle dimensioni dei fori della parete.

## RIEMPIMENTO FORI SU PARETE NORD CON BTC



Fori su parete nord, alloggio travi del solaio rimosse; il primo riempito con BTC.



### Intervento di recupero - fasi esecutive

- Produzione di Blocchi in Terra Compressa
- Pulitura dei fori su parete nord da riempire
- Preparazione di una malta a base di terra e sabbia
- Posa in opera dei blocchi realizzati

2



2 - Preparazione di una malta a base di terra e posa in opera di BTC a partire dal fondo del foro. Sulla faccia nord della parete è stata posta una doga per l'allineamento dei mattoni.

3



3 - I mattoni vanno posati avendo cura di sfalsarne il corso e pressando con le mani sulla sommità. Si raccomanda di spostarli usando il palmo della mano sull'intera superficie laterale, evitando l'uso dei polpastrelli.

4



4 - Una volta completato il vano di fondo si riprende la posa in opera dei mattoni compressi sul lato interno della parete. Si raccomanda di bagnare le pareti del foro prima di posare la malta di terra e mattoni.

5



5 - Terminato il lavoro, la malta in eccesso viene rasata con cura con una spatola; è opportuno riempire accuratamente con malta eventuali fessure rimaste tra i blocchi e la parete prima di lasciare essiccare.

## SCHEDA RIPARAZIONE STRUTTURE MURARIE ESISTENTI

### DISSESTI E DEGRADI

#### PATOLOGIE E CONDIZIONI

- *Discontinuità della parete nord dovuta alla presenza di fori che alloggiavano le travi del solaio originario ed altri elementi lignei.*

#### ANALISI DELLE CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO

Il dissesto è dovuto ad interventi sul cantiere: i fori costituivano gli alloggi delle travi principali del solaio intermedio originario, rimosse durante lo smantellamento delle strutture instabili.

I fori sono stati riempiti per evitare che potessero indebolire la parete e per prevenire possibili forme di degrado.

#### 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 nel riempimento dei fori di alloggi delle travi del solaio intermedio originale e altre discontinuità, con una miscela di terra - paglia.

La superficie interna dei fori viene pulita con spazzole con setole metalliche e umidificata prima della posa della miscela. La miscela viene preparata sul cantiere ed applicata all'interno dei fori sulla parete direttamente con le mani.

#### Materiali

Per la miscela di terra - paglia sono state utilizzate la terra di cantiere setacciata a 10 mm, maggiormente sabbiosa in modo da controllare fenomeni di ritiro, e una terra bianca particolarmente argillosa, per meglio legare i componenti. La paglia proviene da fattorie locali, nei dintorni del cantiere.

#### Raccomandazioni

Per la composizione della miscela è opportuno scegliere terre argillose ottimizzando la coesione del composto, ma è necessaria una buona quantità di sabbia e limo per controllare il ritiro una volta posato in opera.

Fare attenzione durante la miscelazione che le fibre siano completamente coperte dal composto terroso. Allo stesso modo nella posa in opera bisognerà avere cura di coprire con uno strato di terra la superficie a contatto con l'aria dei fori riempiti, in modo da evitare possibili marcescenze delle fibre.

#### Impasto di Terra - Paglia

##### IMPASTO DI TERRA

materiali:



Terra setacciata 10 mm - 1 volume

Terra bianca argillosa - 1 volume  
(terra granulometria fina da 2mm)

Acqua - quanto basta per impasto plastico

##### Preparazione

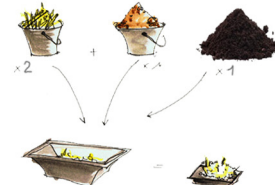
- miscelare i due tipi di terra omogeneamente
- aggiungere acqua poco a poco, miscelando con mixer elettrico o a mano
- lasciar riposare per 48 ore.

##### PROPORZIONI TERRA PAGLIA

Impasto di terra - 1 volume

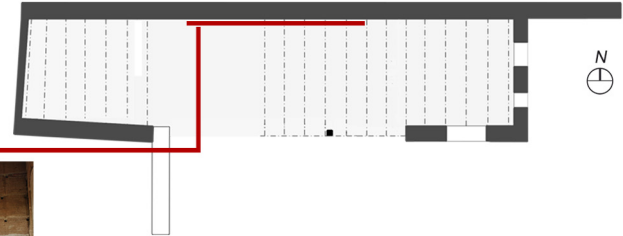
Terra al setaccio da 10 mm - 1 volume

Paglia - 2 volumi



1 - Riempita una bacinella con l'impasto di terra precedentemente preparato, si aggiunge la quantità di paglia secondo le proporzioni indicate. Successivamente è stato aggiunto un volume di terra per pisé ed acqua.

## RIEMPIMENTO FORI SU PARETE NORD CON TERRA - PAGLIA



### Intervento di recupero - fasi esecutive

- Preparazione della miscela di terra
- Preparazione della miscela di terra - paglia
- Pulitura della superficie dei fori
- Posa in opera a mano della miscela di terra

2



2 - Il composto viene ripetutamente mescolato, mentre si aggiunge la terra, e poi lasciato a riposo durante la notte in modo che la terra possa assorbire l'acqua aggiunta.

3



3 - Il giorno successivo la miscela viene rimescolata ed impastata con i piedi fino a che acqua, terra e paglia non siano perfettamente amalgamate in un composto di consistenza viscosa. E' importante fare attenzione a che le fibre di paglia siano completamente coperte dall'impasto di terra e acqua, altrimenti una volta posate in opera potrebbero marcire.

4



4 - Il composto è pronto e viene applicato nei fori della parete facilmente a mano. Una volta riempito il foro, la superficie a contatto con l'aria va rifinita con la spatola utilizzando impasto privo di fibre per evitare che possano marcire.

## SCHEDA RIPARAZIONE STRUTTURE MURARIE ESISTENTI

### DISSESTI E DEGRADI

#### PATOLOGIE E CONDIZIONI

- *Lesione passante nella parete sud, dovuta ad infiltrazioni d'acqua.*

#### ANALISI DELLE CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO

Il dissesto è dovuto al danneggiamento e al crollo parziale della copertura. I danni alla copertura hanno permesso il passaggio di acqua piovana e fenomeni di ristagno sulla sommità del muro e ruscellamento all'interno e sulla superficie della parete.

Questi fenomeni hanno scavato la lesione all'interno della parete, allentando la coesione tra le particelle e disgregando il materiale della parete.

#### VERIFICHE PREVENTIVE DA EFFETTUARE

Ispezione dell'interno 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 ricostruzione della continuità del tessuto murario, interrotto dalla lesione, avendo eliminato in precedenza la causa del dissesto.

La continuità della parete viene ricostruita con una tecnica di riempimento della discontinuità utilizzando un malta a base di terra con aggiunta di sabbia, allo stato plastico. La miscela viene distribuita all'interno della fessura e poi bagnata con un getto a spruzzo leggero\*. In questo caso si utilizza una bottiglia, applicando un foro sul tappo, in modo da poter facilmente distribuire la malta nella fessura.

\* (Le Tiec - Paccoud 2006)

#### Materiali

Per la miscela è stata utilizzata terra di cantiere passata al setaccio da 10 mm, in modo che fosse coerente con la composizione del muro; è stata inoltre aggiunta sabbia, in modo da controllare il ritiro in fase di essiccazione.

#### Raccomandazioni

È consigliabile effettuare prove da campo per il riconoscimento delle terre, al fine di poter stabilire con cognizione la composizione della miscela da usare.

Si consiglia in particolare di eseguire il test di Alcock per la verifica del ritiro\*\*.

La malta va preparata un giorno prima per consentire all'acqua di attivare le argille.

\*\* una descrizione del test è riportata nel cap. 7

#### Miscela a base di terra

##### materiali



Terra - 1 volume (setacciata a 10mm)

Sabbia - 1 volume

Acqua - quanto basta

##### Preparazione miscela

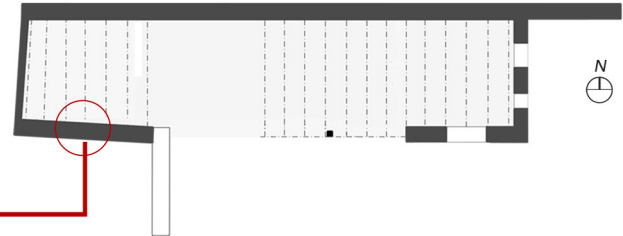
- 1 - miscelare in una vasca terra e sabbia in modo omogeneo con una cazzuola.
- 2 - aprire la miscela al centro, aggiungere 16-20% di contenuto d'acqua poco a poco distribuendo omogeneamente.
- 3 - mescolare fino a raggiungere una miscela plastica aggiungendo acqua se necessario.



## SARCITURA LESIONE SU PARETE SUD CON MALTA DI TERRA



Esito dell'intervento



### Intervento di recupero - fasi esecutive

- Pulitura della superficie interna della lesione e rimozione degli inerti decoesi.
- Preparazione della miscela a base di terra
- Umidificazione della superficie interna della lesione
- Posa della malta bagnandola contestualmente con getto d'acqua leggero e finitura della superficie.

1



1 - Pulizia: La fessura viene pulita accuratamente con una spazzola dura, rimuovendo le parti incoerenti e distaccate.

2



2 - La cavità e le superfici della fessura vengono bagnate con acqua, con la bottiglia dal tappo forato in modo da riattivare l'azione coesiva delle argille.

3



3 - Riempimento: La malta a base di terra preparata in precedenza viene distribuita all'interno della fessura. Se la malta è abbastanza plastica, può essere utilizzata una spatola, nel caso sia più liquida è possibile versarla all'interno della fessura.

4



4 - Al termine dell'operazione di riempimento l'intervento va rifinito ripianando la malta e facendo attenzione che non rimangano buchi o discontinuità.



## SCHEDA RIPARAZIONE STRUTTURE MURARIE ESISTENTI

### DISSESTI E DEGRADI

#### PATOLOGIE E CONDIZIONI

- *Esposizione della testa delle pareti nord e sud agli agenti atmosferici*

#### ANALISI DELLE CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO

Una volta smontate le strutture di copertura le teste dei muri portanti nord e sud sono rimaste prive di protezione contro le acque meteoriche. Si rendeva necessaria la copertura in vista della stagione autunnale.

Il muro nord avrebbe dovuto supportare una struttura lignea da realizzarsi a completamento della parete. Si rendeva quindi necessario il livellamento delle superfici di appoggio.

#### 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, spancamenti 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 copertura della superficie della sommità delle pareti nord e sud con una malta a base di terra. L'intervento è finalizzato alla protezione delle strutture murarie dagli agenti atmosferici e a rendere uniforme la superficie piana di appoggio per le strutture lignee a completamento di parte della parete nord.

#### Materiali

In linea con lo spirito del cantiere è stato scelto di utilizzare una miscela a base di terra per la rasatura della testa delle pareti. La miscela è stata scelta effettuando il test di erosione di Geelong\*; è stata preferita una malta a base di terra e cemento a presa rapida con aggiunta di olio di lino nell'impasto privilegiando le prestazioni di resistenza ad erosione rispetto alla resistenza meccanica.

\* (Walker - Maniatidis 2003)

#### Raccomandazioni

Prevedere sistemi di casserratura continui che permettano di essiccare la miscela allo stesso tempo.

Prevedere un buon contenuto di sabbia e limo nella miscela per contenere il ritiro in fase di essiccazione.

Per coniugare esigenze di resistenza ad erosione e resistenza meccanica è opportuno aumentare lo spessore dello strato di copertura ad almeno 15cm.

Ulteriori prove su miscele di sabbia e calce hanno dato buoni risultati per resistenza ad erosione, ma sono risultate troppo fragili per supportare il peso di strutture sovrastanti.

#### Test di Erosione

*Pastiglia A: miscela di terra pura*

*Pastiglia B: miscela di terra con 5% di calce*

*Pastiglia C: miscela di terra al 5% di cemento*

*Pastiglia D: miscela di terra con 5% di cemento a presa rapida*

#### Serie di test

*Serie 2: test di erosione con campioni base*

*Serie 3: test di resistenza*

*Serie 4: test con aggiunta di olio di lino spalmato sulla superficie dei campioni*

*Serie 4b: test con aggiunta di 4 gocce di olio di lino nella miscela di terra*

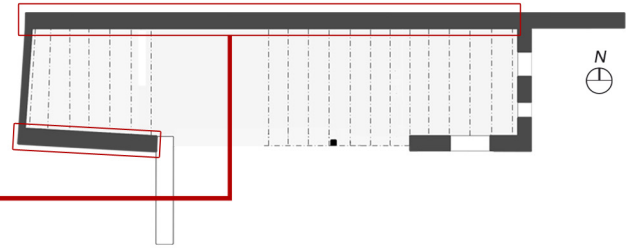


*E' stata scelta la miscela D perché più resistente all'erosione, sebbene la miscela A abbia dimostrato maggiore resistenza meccanica*



**1**  
*1 - Preparata la miscela scelta attraverso i test di erosione in una betoniera, con aggiunta di olio di lino, è stato preparato un quadro in legno che facesse da cassaforma mobile. La linea del muro viene mantenuta grazie a una riga posta sul lato esterno.*

## RASATURA E COPERTURA SUPERFICIE PIANA DEI MURI IN TERRA



Fessure al termine dell'essiccazione sulla superficie dello strato di copertura realizzato



### Intervento di recupero - fasi esecutive

- Prove di erosione per stabilire la miscela da impiegare per l'intervento
- Pulitura della superficie del muro da coprire
- Montaggio dei casseri sulla parete
- Preparazione della malta a base di terra
- Posa in opera della miscela
- Smontaggio dei casseri e copertura con telo in plastica ed essiccazione

2



2 - La miscela utilizzata è molto plastica, ma non liquida; in modo che non coli dalla cassaforma mobile, aggettante di 1 cm rispetto al muro. Il quadro, una volta riempito, viene sollevato e spostato, con attenzione per non rovinare i bordi della rasatura.

3



3 - Gli spazi lasciati tra un modulo e l'altro vengono riempiti con l'aiuto di una spatola e di una cazzuola. Per migliorare la resistenza del riempimento, sono state posizionate piccole pietre insieme alla malta a base di terra.

4



4 - La soluzione del quadro non permetteva alla malta di seccare tutta allo stesso tempo, passando molto tempo tra la posa dei diversi moduli. Si è optato quindi per una cassaforma continua con doghe in legno.

5



5 - Nonostante la nuova soluzione le fessure hanno continuato a formarsi; la copertura risultava comunque troppo fragile.

## SCHEDA RIPARAZIONE STRUTTURE MURARIE ESISTENTI

### DISSESTI E DEGRADI

#### PATOLOGIE E CONDIZIONI

- *Discontinuità del tessuto murario*

#### ANALISI DELLE CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO

Il degrado è dovuto alla rimozione di parte della muratura su lato nord, ritenuta instabile a causa di infiltrazioni d'acqua per crollo parziale della copertura in legno. Una volta risolte le cause del degrado si è valutato poco conveniente ricostituire la struttura muraria in terra battuta data l'altura della discontinuità. Si è preferito orientarsi su una struttura leggera.

#### 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, spiancamenti 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 ricostruzione di parte della parete nord smantellata perché instabile, con una struttura leggera in legno.

La struttura da isolare con pannelli rigidi è appoggiata sulla porzione di parete ancora integra; è fissata alla parete in pisé, precedentemente livellata, con una malta a base di terra e calce. I pannelli sono avvitati e inchiodati sui montanti in legno e protetti dagli agenti esterni con un doppio tavolato in legno sorretto da una struttura di montanti e traversi in legno.

#### Materiali

La struttura è in legno locale, fissata con malta a base di terra e calce e profilati in acciaio; l'isolamento è realizzato con pannelli in lana di legno da 6 cm di spessore.

#### Raccomandazioni

È fondamentale curare l'aggancio della struttura in legno con la muratura in terra cruda. In questo caso non sono stati utilizzati particolari giunzioni, ma è possibile sfruttare paletti di legno da inserire all'interno della muratura, in particolare modo per giunzioni degli elementi verticali.

È opportuno assicurarsi che l'isolante ad alta permeabilità al vapore non sia a diretto contatto con la terra per non incorrere nel rischio che possa assorbire acqua perdendo la propria funzione. In questo caso è stato utilizzato un isolante non permeabile a contatto diretto con il muro.

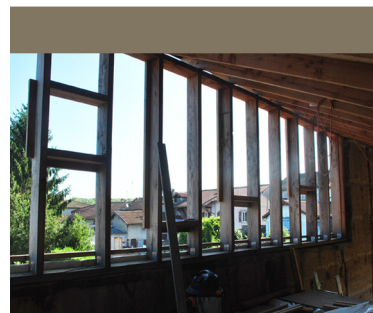
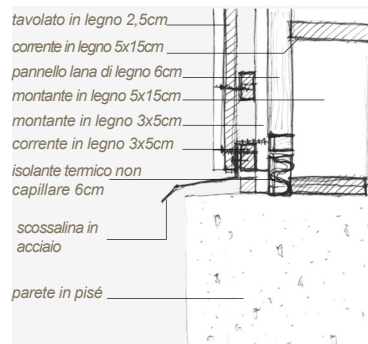
#### Struttura parete in legno

##### materiali



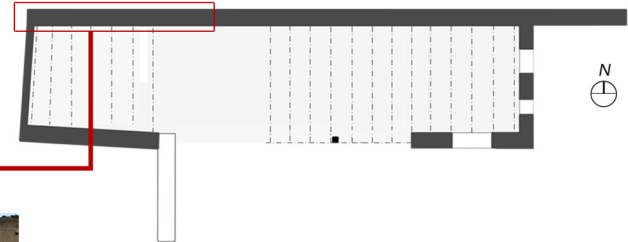
Legno massello 5x15 cm  
Listelli legno 3x5 cm  
Pannelli di lana di legno 6cm

##### Stratigrafia della parete



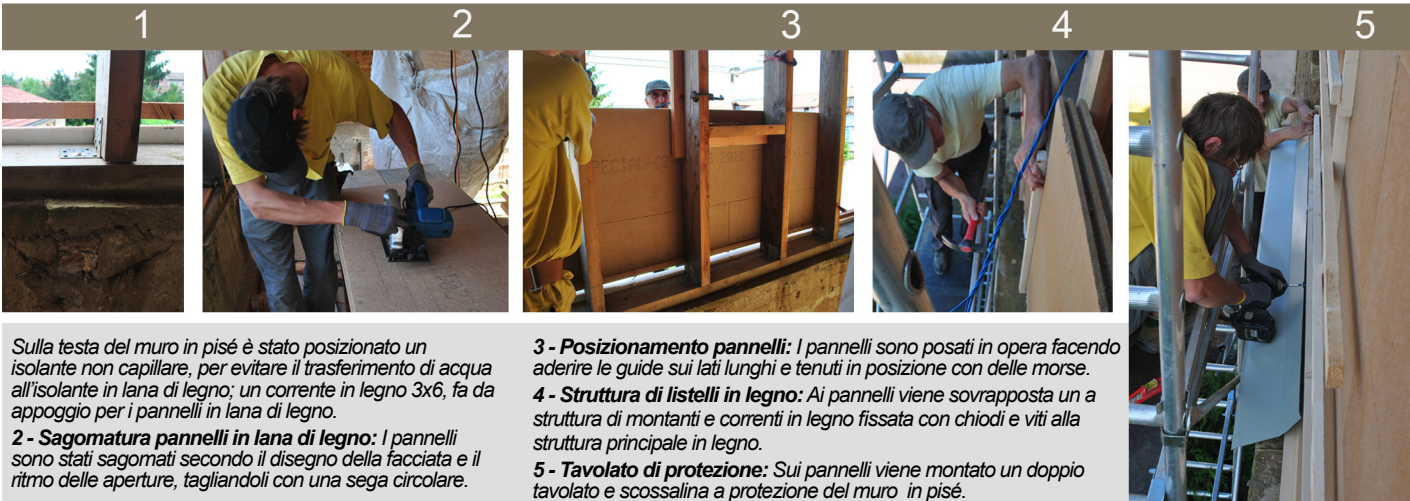
**1 - Assemblaggio struttura:** Un corrente 5x15cm è stato fissato sulla testa del muro in pisé, con malta a base di terra e calce. Montanti e correnti 5x15 cm sono fissati con angolari in acciaio. Il corrente superiore appoggia sulla testa della porzione di muro nord ancora integra.

## RICOSTRUZIONE TESSUTO MURARIO CON STRUTTURA IN LEGNO



### Intervento di recupero - fasi esecutive

- Preparazione delle superfici della parete di supporto.
- Preparazione miscela a base di terra
- Montaggio della struttura in legno
- Sagomatura dei pannelli isolanti
- Posa dei pannelli
- Montaggio struttura e tavolato in legno esterno



**1** Sulla testa del muro in pisé è stato posizionato un isolante non capillare, per evitare il trasferimento di acqua all'isolante in lana di legno; un corrente in legno 3x6, fa da appoggio per i pannelli in lana di legno.

**2 - Sagomatura pannelli in lana di legno:** I pannelli sono stati sagomati secondo il disegno della facciata e il ritmo delle aperture, tagliandoli con una sega circolare.

**3 - Posizionamento pannelli:** I pannelli sono posati in opera facendo aderire le guide sui lati lunghi e tenuti in posizione con delle morse.

**4 - Struttura di listelli in legno:** Ai pannelli viene sovrapposta una struttura di montanti e correnti in legno fissata con chiodi e viti alla struttura principale in legno.

**5 - Tavolato di protezione:** Sui pannelli viene montato un doppio tavolato e scossalina a protezione del muro in pisé.

## SCHEDA SPERIMENTAZIONE COMPONENTI PER L'ISOLAMENTO

### DISSESTI E DEGRADI

#### PATOLOGIE E CONDIZIONI

- Parete nord fredda
- Possibili basse temperature interne d'inverno

#### ANALISI DELLE CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO

La parete in terra battuta esposta a nord non è mai esposta a radiazione solare diretta, per cui potrebbe facilmente trasmettere le basse temperature invernali dell'aria ambiente esterna anche all'interno dell'abitazione.

Inoltre si ritiene si potrebbe facilmente generare una sensazione di parete fredda al tatto e in prossimità del muro stesso.

#### VERIFICHE PREVENTIVE DA EFFETTUARE

Assicurarsi che gli ambienti interni siano sufficientemente ventilati

Verificare eventuale presenza di macchie di umidità, forma estensione e trasudazione.

Verifica della capacità della parete durante i periodi secchi di asciugare l'acqua piovana assorbita durante i periodi di pioggia in modo da conservare l'equilibrio termo-igrometrico delle pareti stesse.

Verifica dell'eventuale presenza di piante infestanti, patine biologiche, muschi o licheni sulla parete, che possano generare fenomeni di umidità o che impediscano la naturale essiccazione e respirazione della parete.

### INTERVENTO DI RECUPERO

#### Descrizione

Sono state sperimentate diverse tecniche di isolamento con miscele e componenti a base di terra e fibre.

Sono state effettuate prime prove per la realizzazione di blocchi in terra alleggerita con fibre di Poligono del Giappone, da applicare eventualmente sulla parete nord dell'edificio che risente delle basse temperature invernali.

Sono state provate anche miscele per blocchi in terra paglia da 7 cm di spessore e superficie di 40x35 circa, ma con contenuto in terra più alto.

#### Materiali

I blocchi di prova in terra alleggerita sono stati realizzati con la fibra di Poligono del Giappone trovata sul sito di cantiere in prossimità della riva del fiume. La pianta è considerata un parassita infestante in gran parte d'Europa. I primi test sono serviti a verificare che la fibra non marcisca a contatto con la terra una volta essicata. I risultati sono stati positivi, per cui verranno condotti altri esperimenti in laboratorio a Grenoble e a Torino per definire granulometria del legante a base di terra, e proporzioni adatte alla realizzazione di blocchi in terra alleggerita per l'isolamento di pareti in terra cruda.

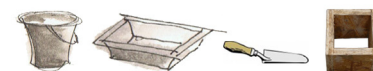
#### Blocchi di terra alleggerita

Terra bianca - Terra del cantiere  
Fibre di Poligono del Giappone - Paglia  
Acqua - Sabbia di vetro



#### Strumenti

Secchi, Bacinelle, Cazzuole, Casseforme



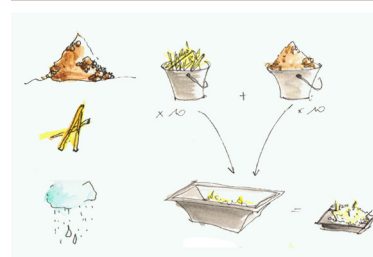
#### Blocchi 10x10x10 cm: composizione

1 volume di terra bianca argillosa  
2 volumi di terra di cantiere  
4 volumi di Poligono del Giappone  
Acqua



disegni Laure Boisseau

#### Intonaci

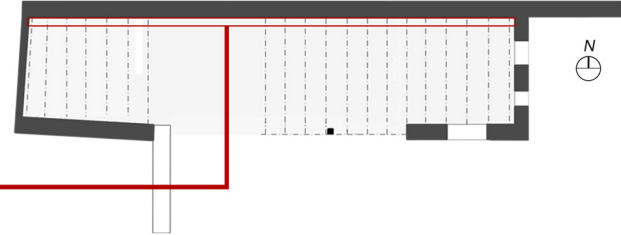


1 - Miscelare la terra setacciata con acqua in modo da avere un composto liquido-plastico; aggiungere la paglia e miscelare di nuovo.

## COMPONENTI A BASE DI TERRA E FIBRE PER L'ISOLAMENTO TERMICO

Mattoni 42x37x7 cm, composizione:

- 1 volume di terra bianca
- 2 volumi di terra da pisé
- 2 volumi di paglia
- 1 volume di sabbia di vetro
- 1 volume di fibra di Poligono del Giappone triturata in pezzi fini
- acqua



### Sperimentazione



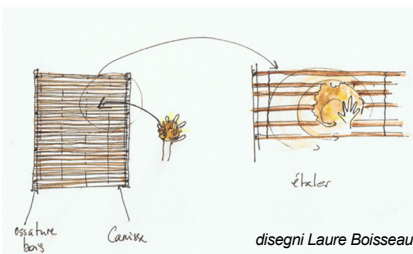
- Blocchi in terra alleggerita con fibre di Poligono del Giappone
- Mattoni a base di terra, fibre di Poligono del Giappone e paglia
- Torchis a base di terra e fibre su pareti in paglia
- Intonaci a base di terra su supporto incannucciato

1

2

3

4



2 - La miscela fine viene posata su un incannucciato precedentemente fissato al muro di terra, e spalmata con le mani, cominciando dall'alto. In questo caso l'esperimento è stato provato su un muro in balle di paglia.

Intonaco su incannucciato: 1 volume di terra da cantiere; 1 volume di paglia, acqua.  
A seconda della granulometria di terra sono state ottenute superfici più o meno fini.

3 - 4 In alternativa è stata sperimentata la tecnica del torchis, formando fusi in terra-paglia da applicare su supporto ligneo orizzontale:

1 volume di terra bianca; 2 volumi di terra da cantiere; 10 volumi di paglia; acqua quanto basta.

## Conclusioni

Interessante l'uso di materiali naturali. In particolare, la possibilità di provare miscele a diversa granulometria ha dimostrato come, per quanto non si possa fare affidamento su normative a riguardo, sfruttando le indicazioni ottenibili attraverso le prove da campo e le ricerche svolte in questo ambito negli ultimi decenni, l'uso della terra per la riparazione delle strutture murarie in terra battuta sia possibile in certi casi. In questo senso le esperienze realizzate con malta di terra umidificata in opera (Le Tiec - Paccoud 2006), per la sarcitura di lesioni, hanno dato buoni risultati, permettendo la ricomposizione del tessuto murario utilizzando solo terra, sabbia ed acqua, con un controllo del ritiro soddisfacente. Ottimi risultati sono stati raggiunti anche con l'uso di terra-paglia per il reintegro di materiale nelle pareti in terra che presentavano fori di media e piccola dimensione. Anche qui sono stati impiegati soltanto terra, acqua e paglia, con la sola accortezza, nella preparazione dell'impasto e nella posa in opera, di coprire interamente le fibre con l'impasto di terra.



*Fig. 5.29, I blocchi di terra compressi vengono agevolmente divisi e posati a completamento dei filari anche negli spazi angusti dovuti all'irregolarità delle dimensioni dei fori nella parete.*

Risultati altrettanto soddisfacenti sono stati ottenuti con la produzione di blocchi di terra compressi per il reintegro delle porzioni di muro mancanti di più grandi dimensioni. Anche in questo caso non sono stati aggiunti all'impasto additivi o aggregati di provenienza industriale, esso è stato realizzato con la sola terra del cantiere e il giusto contenuto d'acqua, in modo da poter dividere i blocchi facilmente, secondo le esigenze dimensionali dei fori da riempire.

Gli esperimenti per realizzare uno strato di copertura protettivo per la sommità delle pareti in terra battuta esposte alle intemperie, di pochi centimetri di spessore, non hanno purtroppo portato ai risultati sperati. Le miscele provate hanno mostrato buona resistenza all'erosione, ma presentavano una bassa resistenza meccanica ed i fenomeni di ritiro durante l'essiccazione non sono stati completamente risolti. La posa in opera è risultata, inoltre, piuttosto complessa anche a causa della particolare irregolarità della parete. Sono state provate anche soluzioni tradizionali a base di calce e sabbia, ma con esiti negativi; la porzione di muro direttamente a contatto con lo strato protettivo rimaneva umida, per cui più debole, tanto che, camminando sulla sommità, la parete cominciava a cedere negli angoli. La ricerca sulle miscele a base di terra ha dato comunque risultati interessanti per quanto riguarda la resistenza ad erosione, e si ritiene un utile sviluppo sperimentale verificarne la resistenza meccanica per strati di copertura di spessore maggiore, intorno ai 10-15 cm.

Il tentativo di ricostruzione della parete sud, con la tecnica del pisé, utilizzando la terra recuperata dalle demolizioni, è andato a buon fine; le maggiori difficoltà si sono riscontrate nell'uso di vecchie casseforme a scorrimento verticale, complicate da installare. Le casseforme necessitavano di spazio stabile alla base del muro per l'appoggio di ponteggi; purtroppo l'orografia del terreno e gli spazi stretti nella zona interessata dai lavori hanno reso l'operazione particolarmente precaria. La ricostruzione del muro sud è stata un'occasione per sperimentare l'uso di un particolare cassero con fondo apribile attraverso un semplice meccanismo, che ha velocizzato non di poco le operazioni di riempimento delle casseforme al momento della compattazione. Sono state sperimentate con successo tecniche di rinforzo, già diffuse in Francia (Houben, Guillaud 1994), degli angoli della parete durante la costipazione della terra, gettando mucchi di calce negli angoli delle stesse casseforme.

La sostituzione del materiale eroso alla base del muro sud si è resa necessaria, poiché, una volta attaccata dai sali, la terra non può essere più desalinizzata, né essere riutilizzata (Röhlen, Ziegert 2011, p. 202). Inoltre si è ritenuto di dover tutelare la struttura, essendo la zona geografica del sito di cantiere soggetta ad inondazioni; si è preferito così usare materiale lapideo per l'intervento di sostituzione, anche in ragione dell'elevato tasso di umidità di risalita capillare dal basamento, troppo basso. L'intervento va pianificato con accortezza e presuppone una certa difficoltà nell'operazione di sostituzione del materiale, dovendo operare con grossi elementi lapidei. Prima di procedere alla posa in opera del nuovo materiale è necessario assicurarsi di aver pulito bene la superficie della sezione di muro restante da eventuali residui salini. L'intervento avrebbe potuto essere probabilmente più efficace utilizzando una barriera a prova di umidità nell'interfaccia tra l'ultimo corso di pietre del basamento costruito e il muro in pisé, per ridurre ulteriormente il rischio di risalita capillare dell'umidità attraverso le fondazioni, interponendovi, subito dopo la barriera, un corso di mattoni o ancora in pietra (Röhlen, Ziegert 2011, p. 203).

Gli esperimenti condotti su intonaci e rivestimenti in *torchis* sull'interno delle pareti di una capanna in paglia hanno permesso di stabilire miscele a base di terra, fibre e sabbia a differenti granulometrie per strati di intonaco utilizzabili successivamente per il rivestimento delle pareti dell'edificio in terra battuta. Su una struttura di supporto verticale di canne è stato applicato 1 cm di impasto a diverse granulometrie e composizioni; sono state prodotte diverse miscele, aggiungendo progressivamente sabbia e paglia ad un impasto base iniziale di terra pura, in modo da effettuare prove



*Fig. 5.30, La porzione di parete sud ricostruita in terra battuta; si nota il sistema utilizzato per rinforzare gli angoli, posizionando mucchietti di calce negli angoli delle casseforme, ogni due strati successivi di terra compattata.*



sul controllo del ritiro e sull'adesione al supporto. I risultati mostrano che, per spessori inferiori a 5mm, è possibile usare impasti di sola terra, mentre, per spessori maggiori, possono presentarsi fessurazioni dovute al ritiro eccessivo. Sebbene lo spessore raggiunto con la miscela di terra pura risulti troppo fine, i risultati ottenuti potrebbero essere di interesse per realizzare elementi costruttivi finalizzati alla regolazione termo-igrometrica dell'ambiente interno; a questo scopo sarebbe necessario svolgere ulteriori test utilizzando terre con maggiore contenuto argilloso.

Le prove su elementi in terra-fibra per l'isolamento termico di pareti in terra battuta hanno permesso un primo riscontro sulle possibili proporzioni di legante a base di terra e di fibre da utilizzare nell'impasto. Per le prove è stata usata la fibra di una pianta infestante trovata sul sito di cantiere, molto diffusa in Europa, il Poligono del Giappone. Ulteriori ricerche sul legante sono state svolte al *Laboratoire CRAterre* e al *Politecnico di Torino*, con l'obiettivo di arrivare alla definizione di proporzioni utili per la produzione di pannelli in terra alleggerita con fibre, da utilizzarsi per l'isolamento termico di pareti in terra battuta.