



PARTE II



## 7. LA COSTRUZIONE DI UN MURO

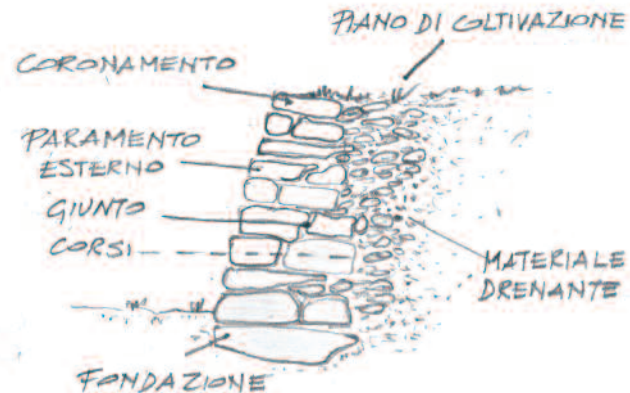
Nella tecnica di costruzione di un muro a secco di un terrazzamento, la stabilità dello stesso era affidata alla bravura del costruttore, solitamente lo stesso agricoltore, che tramandava la tecnica verbalmente. Le dimensioni del muro (altezza, larghezza, spessore) venivano valutate in funzione della pendenza e dell'estensione del versante da terrazzare, mentre la tessitura e il colore del muro erano il risultato dell'utilizzo del materiale reperibile sul posto.

La costruzione di un muro di sostegno era un'attività molto faticosa poiché attuata in condizioni disagiati, di notevole pendenza dei versanti e di difficoltà di trasporto delle pietre da costruzione. Secondo la tradizione rilevata oralmente in Val Camonica, erano ritenuti basilari alcuni principi nella scelta della collocazione del muro rispetto al versante e la sua realizzazione:

- fondazioni realizzate su "suolo buono", possibilmente su substrato roccioso messo a nudo; era questo un aspetto essenziale perché questi muri sono sensibili all'azione erosiva dall'acqua piovana agente sulle fondazioni. Se lo strato roccioso era posizionato ad eccessiva profondità, si realizzava una base di blocchi di pietra di larghezza superiore a quella del muro stesso;
- utilizzo prevalente del materiale presente in loco, proveniente dalla spietatura dello strato di suolo da coltivare. Le pietre portate da un luogo diverso da quello della costruzione costituivano l'eccezione e venivano

impiegate per usi specifici, come la realizzazione dei gradini di collegamento fra terrazzi, oppure la realizzazione di basamenti per fondazione o per ricoprire la parte superiore del muro usata come corridoio di transito e pertanto lasciata libera dalle colture.

I muri a secco costituiscono oggi un manufatto difficilmente realizzabile a causa del sempre più esiguo numero di persone capace di costruirli a regola d'arte. Purtroppo, molti muri di sostegno vengono rifatti legando le pietre con malta cementizia: questo costituisce un danno non solo dal punto



Le parti che compongono un muro a secco

di vista paesaggistico, ma anche ecologico (discontinuità del passaggio di microfauna), statico (rischio di distacco del paramento murario e suo ribaltamento) e di conseguenza idrogeologico (instabilità del versante).

Le scelte da attuare per terrazzare ex-novo un versante non sono state prese in esame poiché si è privilegiato dare rilievo alle tecniche di recupero dei manufatti esistenti. Le tecniche di seguito descritte riguardano solo i muri di sostegno dei terrazzamenti, escludendo quelli di confine, degli edifici, ecc. Gli aspetti statici della costruzione di un muro sono trattati seppur sommariamente in appendice.

#### 7.1. Le componenti di un muro a secco

Per descrivere la tecnica di recupero di un muro a secco è utile introdurre alcuni termini tecnici o di uso pratico (in corsivo tra parentesi) delle parti in cui è composto un muro e che verranno usati nella spiegazione delle fasi di intervento.

**Fondazione.** Parte del muro di sostegno, posta al di sotto del piano di campagna, che costituisce la base del muro e che è composta generalmente da pietre di maggiori dimensioni rispetto a quelle del resto del muro.

**Paramento murario o esterno (faccia).** Parte del muro di sostegno costituita dagli elementi litici posti in vista; è la parte visibile del muro e che ne determina le principali caratteristiche di aspetto.

**Coronamento.** Parte terminale superiore del muro di terrazzamento che, generalmente, si conclude a filo del piano di coltivazione.

**Piano di coltivazione (pianello, pianale).** Parte pianeggiante o leggermente inclinata (in base alla pendenza del versante) del terrazzamento su cui avviene la coltivazione, sostenuta a valle da un muro a secco.

**Materiale drenante, drenaggio, riempimento.** Parte del muro di sostegno costituita da materiale litico, generalmente di piccola pezzatura, nascosto alla vista, disposto tra il paramento murario e il terreno retrostante; svolge la funzione di drenare le acque interne al terreno e distribuirne la pressione uniformemente lungo il muro.

**Corsi.** Strati orizzontali di pietre disposte il più possibile ordinatamente che, sovrapposti gli uni agli altri, costituiscono il muro di sostegno. Ogni corso comprende sia gli elementi del paramento murario, sia gli elementi del drenaggio. La loro altezza è, generalmente, data dall'altezza delle pietre di maggiori dimensioni che sono impiegate nel paramento esterno.

**Giunto.** Interfaccia di separazione di due elementi litici. Si intendono divisi in orizzontali e verticali in base alla loro giacitura.

**Scarpa.** Inclinazione della facciata del muro rispetto alla verticale.

## 8. IL DEGRADO DEL MURO A SECCO

Le forme di alterazione dei muri si distinguono in:

- dissesto: alterazione degli equilibri statico-strutturali del modello costruttivo;
- degrado: alterazione dovuta ad agenti chimici, fisici e biologici che provoca effetti distruttivi sui materiali<sup>1</sup>

I dissesti danno luogo principalmente alle seguenti manifestazioni:

- Spanciamento
- Sgretolamento
- Crollo

Le cause possono essere endogene, dovute alle caratteristiche costruttive dei muri, come difetti di costruzione, o esogene, dovuti a cause esterne di sovraccarico antropico e/o animale, oppure a pressioni generate da componenti naturali (eccesso d'acqua). Si tratta solitamente di una combinazione di diverse forze che sollecitano contemporaneamente il muro fino a provocarne il crollo in uno o più punti.

Per quanto riguarda le cause esogene le più frequentemente riscontrate sono di tipo:

- Fisico: la formazione di ghiaccio derivante da ristagni di acqua all'interno della muratura comporta un aumento del volume che genera spinte tra le pietre.
- Meccanico: eccessiva sollecitazione del piano sovrastante

<sup>1</sup> Feiffer C., (1995) Il progetto di conservazione, Franco Angeli, Milano.

<sup>2</sup> Le definizioni sono riprese dalle Raccomandazioni NORMAL 1/88 sul degrado lapideo.

con carichi animali o meccanici.

Le capre, pur non essendo pesanti, sono particolarmente dannose, poiché si sporgono sul limite del muro a mangiare, spostando le pietre di coronamento del muro stesso. Le radici degli alberi d'alto fusto, sebbene da giovani contribuiscono a trattenere le pietre, a maturità possono generare spinte tali da compromettere la stabilità del muro e causarne il crollo. Molti alberi crescono infatti vicino ai muretti e, dove non viene effettuata una manutenzione costante, ne provocano il dissesto. Lo sradicamento di un albero di grosse dimensioni, per esempio a causa del vento, provoca il crollo del muro. Dissesti innescati da una difettosa circolazione idrica, si manifestano in occasione di precipitazioni intense o abbondanti. Unitamente ai dissesti, possono inoltre verificarsi fenomeni di degrado delle pietre stesse tali da consumarle e generare delle lacune nel paramento murario: si può ad esempio trattare di fatturazione (soluzioni di continuità del materiale che può implicare lo spostamento delle sue parti), scagliatura (distacco parziale o totale di piccole porzioni di materiale), polverizzazione (decoesione del materiale in forma di polvere o granuli)<sup>2</sup>.

### 8.1. Gli stadi del degrado e gli interventi da effettuare

Sono stati identificati diversi stadi di deterioramento del muro a secco di sostegno dovuti alla combinazione di dissesti strutturali e degradi materici, cui possono seguire diverse modalità di intervento di recupero da attuare. Le fasi di esecuzione che la tecnica tradizionale prevede in caso di



Degrado diffuso del coronamento, della base e di una parte superiore del muro



Degrado diffuso del coronamento, della base e di una parte superiore del muro

parziale o totale smontaggio del muro sono descritte nel capitolo "Recupero del muro a secco: modalità operative."

#### A. Degrado localizzato del coronamento.

Si tratta della perdita di stabilità in un preciso punto di alcune pietre superiori, che possono cadere alla base del muro. E' solitamente accompagnato da un eccesso di vegetazione che cresce tra gli interstizi del muro stesso.

In tal caso basta effettuare una pulitura della vegetazione presente sulla parte superiore terminale del muro e riposizionare gli ultimi corsi di pietre limitatamente alla zona interessata dallo smottamento (eventualmente ri-sagomando le canalette di scolo delle acque se presenti o da costruire nel caso murature di oltre 2 metri di altezza).

Gli interventi da effettuare sono di manutenzione ordinaria.

#### B. Degrado diffuso della parte superiore del muro.

Si tratta della perdita di stabilità della parte superiore del muro, anche continua ed estesa in lunghezza, che può dare origine a piccoli crolli.

In questo caso è necessario smontare la parte superiore del muro fino allo strato di pietre smosso e ricostruire il muro, giustapponendo gli strati di pietre e riempiendo posteriormente con materiale drenante. Lo smontaggio del muro interessa solo la parte instabile o crollata e non coinvolge l'intera sezione verticale del muro.

Gli interventi da effettuare sono di parziale ricostruzione del manufatto, nel rispetto della sagoma del tracciato e delle dimensioni.



Crollo di porzione di muro



Crollo di porzione di muro



### C. Spanciamento del muro.

Si tratta del rigonfiamento del paramento murario, che tende a staccarsi dallo strato drenante posteriore. Può interessare solo la metà superiore del muro oppure compromettere tutta la sezione verticale. In presenza di questo dissesto è necessario smontare tutta la porzione di muro caratterizzata dallo spanciamento e ricostruirla secondo la tecnica tradizionale. Lo smontaggio può non arrivare fino alla base del muro, ma è bene intervenire su tutta la porzione che si è mossa. Gli interventi da effettuare sono di smontaggio e ricostruzione del manufatto nel rispetto di sagoma e tracciato, se possibile con miglioramento delle condizioni di drenaggio retrostanti.

### D. Crollo di porzione di muro.

Il crollo interessa l'intera sezione verticale del muro. In caso di crollo di parte più o meno lunga del muro risulta sempre necessaria la ricostruzione dell'intera porzione crollata secondo la tecnica tradizionale.

È necessario prestare attenzione agli attacchi del muro da ricostruire con quello già esistente: è preferibile nello smontaggio del muro mantenere un profilo "a scaletta" per consentire un aggancio più stabile della nuova muratura.

Gli interventi da effettuare sono di ricostruzione totale della porzione di manufatto.

## 9. IL RECUPERO DEL MURETTO A SECCO: MODALITÀ OPERATIVE

La tecnica di recupero del muro è stata tracciata a partire da interviste effettuate ad alcuni muratori e agricoltori che, a giudizio dei tecnici del Parco, hanno eseguito in modo corretto il recupero dei muri stessi.

Il recupero comprende le seguenti fasi:

- smontaggio del muro danneggiato e preparazione delle fondazioni
- selezione e posa delle pietre nel muro
- completamento del muro

### 9.1. Smontaggio del muro danneggiato/crollato e preparazione delle fondazioni

La ricostruzione di un muro inizia dalla asportazione, dall'accumulo e dalla selezione delle pietre che componevano il muro crollato o, comunque pericolante.

Prima di cominciare la costruzione del muro, è opportuno selezionare le pietre per ordine di grandezza e/o di spessore o di lunghezza. Conviene che esse formino piccoli mucchi tali da facilitare la scelta delle singole pietre. In tal modo sarà più facile, in seguito, collocare le pietre per realizzare il muro. Si tratta di una fase importante perchè permette di comprendere se e quanto materiale originale è possibile recuperare o se è necessario reperire altre pietre e di quale tipologia.

Fondazione: nel caso più frequente di ricostruzione, le fondazioni sono già presenti o sono tutt'al più da riordinare. Nel caso di nuova costruzione conviene tracciare sul terreno ed evidenziare con picchetti e funicelle l'area da scavare.

Dallo spazio così delimitato, togliere lo strato superiore di terra vegetale con un badile. Con un piccone (o con una zappa) e una pala, scavare una trincea profonda circa 20/40 cm, leggermente pendente verso monte. La larghezza delle fondazioni è in funzione del muro. Indicativamente la larghezza dovrebbe essere circa 1/3 dell'altezza: così per muri di 1,5 m, la larghezza di fondazione può essere di 50 cm, per muri fino a 3 m la larghezza può essere tra gli 80 e i 100 cm. È utile accumulare sul piano la terra scavata che servirà successivamente per la messa a dimora delle piante. Parte della terra fertile che si trova in sommità viene tolta e spostata a monte del pianello. Il terriccio asportato può essere accumulato a valle mediante il deposito provvisorio su tavole e pannelli di legno. Alla base del muro (se l'intervento prevede la ricostruzione fino a terra) vanno poste le pietre più grandi, resistenti e pesanti, sia per la difficoltà di spostamento, sia per creare una base solida per il muro. Le fondazioni non devono necessariamente formare una superficie piana ma è bene che le pietre impiegate siano ben inserite nella loro sede. Nello scavare o nel ripristinare il sottosuolo per la fondazione, occorre togliere la vegetazione fastidiosa e soprattutto i ceppi delle piante per evitare che rendano instabili le fondazioni stesse.



**Consolidamento struttura:** Per consolidare il terreno retrostante, nei manufatti più alti, è utile conficcare uno o più pali di rinforzo trasversalmente alla muratura, per aumentare la resistenza del muro stesso alla spinta della terra. Durante la posa, pietre corte vengono alternate, anche se non regolarmente, con pietre lunghe che danno consistenza al muro. Le pietre più lunghe devono essere infilate nel terreno retrostante, poste leggermente inclinate verso monte per contrastare le spinte allo spanciamento e ribaltamento. Quante più pietre lunghe saranno disposte perpendicolarmente all'andamento del muro, quanto maggiore sarà l'ammorsamento tra il paramento murario e il terreno retrostante e dunque minore il rischio di crollo e di spanciamento.

**Riempimento:** è importante utilizzare negli spazi vuoti sabbia da frantoio o ghiaietto evitando sabbia o ghiaia di fiume,



Per la realizzazione delle fondazioni le pietre di grandi dimensioni vanno collocate sul fondo; per lo spostamento di tali pietre si può utilizzare una leva (in azzurro nella foto)



In presenza di ampie rocce superficiali, un palo di legno ancorato alla roccia madre aiuta a individuare un piano di appoggio del muro e impedisce lo slittamento delle pietre sulla roccia madre



La preparazione del muro a scaletta per l'attacco di una nuova parte di muro o il raccordo con la roccia



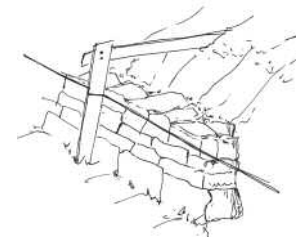
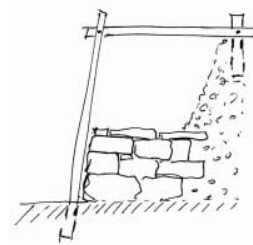
a spigoli arrotondati: questo materiale infatti non darà luogo a una struttura solida, poiché gli attriti sono minori.

Nel caso frequente di giunzione con muro esistente, occorre togliere le pietre da quest'ultimo, predisponendo la parte di muro restante a forma di scaletta che servirà ad avere una maggiore superficie di giunzione. Nel caso sia presente un grosso masso bisogna predisporre l'attacco ad esso cercando di sbazzare la pietra in modo da formare il più possibile un appoggio piano da cui far partire il muro. Il muro deve essere smontato non solo nel punto in cui è crollato, ma almeno per 0,5-1 m da entrambi i lati. A volte nel caso di attacco diretto alla roccia madre, può essere utile un ancoraggio del



Esempi di non corretto attacco del muro recuperato al muro esistente poiché non viene mantenuto il filo verticale esterno: col tempo questo sfalsamento darà facilmente origine a cedimenti differenziali

muro a secco tramite "spezzoni" di ferro infissi nella roccia stessa. Lo spazio a monte va progressivamente e accuratamente riempito, man mano che aumenta l'elevazione del manufatto, con scarti di pietrame e terriccio in modo da favorire lo scorrimento delle acque piovane, come pure la



Struttura realizzata con assi di legno per il mantenimento della corretta orizzontalità e inclinazione del muro; è consigliabile collocare le pietre più lunghe conficcate di punta nel terreno per consentire una maggior stabilità.



Esempi di giunzione del muro con la roccia.

Nella fase di riparazione occorre lasciare le pietre del muro esistente a forma di scaletta per facilitare l'attacco del nuovo muro.



Le pietre vanno disposte in modo da formare corsi orizzontali uniformi per ripartire equamente i carichi

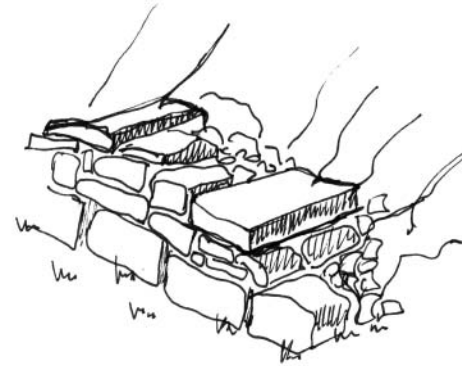
crescita di vegetazione e la dimora futura di insetti e animali utili.

Il riempimento è indispensabile per avere un buon drenaggio attraverso il muro, senza il quale si avrebbe un'eccessiva spinta della terra che comprometterebbe la stabilità del manufatto. È preferibile che anche le piccole pietre per il drenaggio siano collocate di punta per favorire il corretto deflusso delle acque.

Posa: per l'allineamento, posare verticalmente due tavole o tondini indicatori ai lati estremi del muro in esecuzione, poi tendere una cordicella tra i due supporti, in modo che questa sfiori lo spigolo esterno del pietrame posato.

## 9.2. La scelta e la posa delle pietre del muro

Negli interventi di recupero dei manufatti esistenti, la pietra da utilizzare è la pietra del posto, quella che si può recuperare nelle immediate vicinanze. Questo per evitare pezzi di muro non omogenei con le caratteristiche dell'esistente. Nei nuovi manufatti e in quelli più complessi, i materiali da costruzione preferibili sono le rocce dure quali il gra-



E' importante conficcare frequentemente pietre lunghe nella terra così da aumentare la stabilità del muro e legarlo al terreno retrostante. Molti crolli che si verificano su manufatti realizzati di recente sono spesso da attribuire alla non adeguata considerazione di questa semplice regola

nito o altre pietre purché resistenti al gelo. Nel caso il materiale in loco sia difficilmente recuperabile e insufficiente, bisogna procurarsi pietre della stessa roccia presente nella

zona. Le pietre adatte per l'edificazione di un muro a secco presentano facce grandi e piatte. Quelle che si trovano sulla faccia visibile devono avere almeno un lato liscio. Per questa ragione è bene preferire le pietre piatte e angolose piuttosto che quelle arrotondate e curvilinee. Le pietre angolose sono più facili da mettere in posa e offrono di conseguenza un appoggio durevole all'insieme della costruzione. Le pietre meno idonee servono da materiale di riempimento.

È bene avere abbondanza di materiale per consentire una scelta più facile al momento della posa in opera.

La scelta e la posa di ogni pietra, spesso anisotropa (cioè che resiste di più su un lato piuttosto che su un altro), deve avvenire evitando che questa sia soggetta a forze di taglio, specialmente se caratterizzata da venature, che ne comprometterebbero la resistenza. Inoltre, nella scelta della faccia della pietra, ovvero il lato che rimane a vista, bisogna scegliere quella più "bella" (più regolare, ben squadrata, piuttosto liscia e che presenta le venature più gradevoli alla vista) e/o più piatta per mantenere omogenea la superficie del muro (che non è verticale).

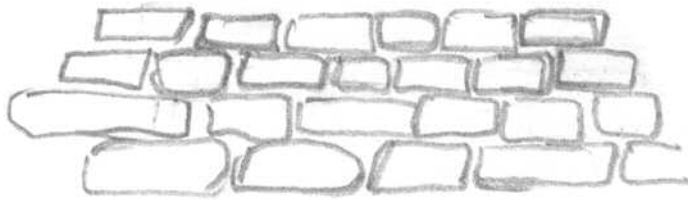
In tal senso è interessante notare che l'esigenza di costruzione, o ricostruzione, del muretto è accompagnata dalla volontà di realizzare un manufatto gradevole alla vista e di cui ci si possa compiacere sia durante la costruzione sia al termine di essa.



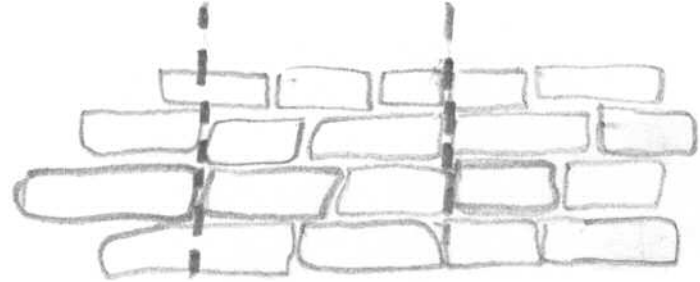
Le facce più regolari e più lisce vanno collocate verso l'esterno

La costruzione del paramento murario avviene apponendo strati successivi distribuiti su tutta la larghezza. Le pietre vanno depositate su uno strato di ghiaietto fine e assestate con una martellina o un mazzuolo in gomma nella parte posteriore. Non deve comparire alcun giunto continuo né in senso verticale né orizzontale; è indispensabile sfalsare i giunti verticali in modo tale da distribuire meglio i carichi. È importante che le pietre di paramento non siano semplicemente posate le une sulle altre nella parte anteriore del muro: devono essere disposte nel modo più ordinato possibile e devono presentare fin da subito la massima stabilità, ovvero evitare il minimo spostamento, se caricate.





Esempio corretto di realizzazione di giunti



Esempio scorretto



In un muro ben costruito, l'asportazione di materiale di grosse dimensioni rispetto alla granulometria media del muro non dovrebbe essere possibile, poiché causerebbe un principio di crollo: in questo caso la non perfetta fattura del muro consente una parziale asportazione di materiale.

Può essere necessario rendere più regolare la forma di certe pietre. Spesso si tratta di correggere gli angoli o gli spigoli. Per tagliare correttamente le pietre e adattarle all'impiego previsto, occorrerà uno scalpello e una maz-



Per migliorare la stabilità delle pietre è meglio modellare il profilo, eliminando le asperità

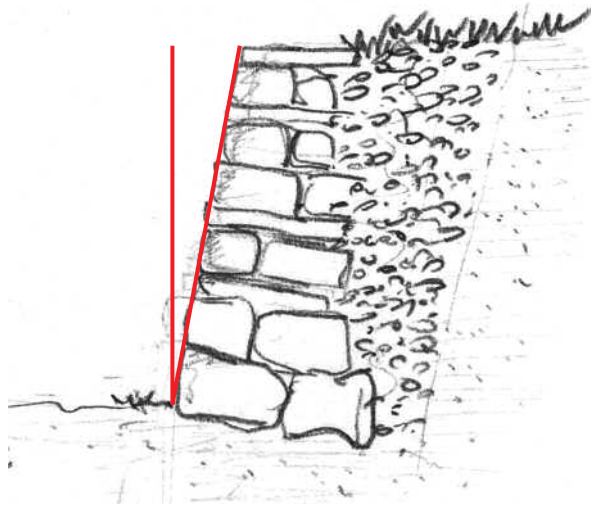
zuola, o meglio, il testù.

Per evitare incidenti nel maneggiare le pietre sbrecciate, è opportuno indossare guanti da lavoro idonei e calzature

con puntale d'acciaio resistenti alla caduta di pietre. Si procede ponendo le pietre per file il più possibile orizzontali (corsi), in modo da pareggiare costantemente il profilo superiore. L'altezza di ogni corso è determinata dalla pietra di maggior dimensione usata nel paramento esterno: ogni volta che si inizia un nuovo corso, si alza il filo-guida all'altezza della pietra-guida e si procede riempiendo la fila. Ogni strato va eseguito con sassi che abbiano altezza simile e pareggiato con scaglie di pietrame, prima di passare alla posa del successivo.

Bisogna rispettare un'inclinazione della facciata (scarpa) di circa il 10% verso monte. Lo spessore del muro deve diminuire progressivamente: da una base di 60-70 cm ad una testa di 20-30 cm (per muri alti circa 1 m fuori terra - per muri più alti sono necessari spessori maggiori). Per ottenere questo effetto basta arretrare progressivamente il filo della facciata e inclinare le pietre verso monte. Ciò consente una maggiore resistenza al ribaltamento e allo slittamento delle pietre verso l'esterno in presenza di spinte dal terreno retrostante.

Nel caso di un muro che deve seguire una curva, per mantenere correttamente il profilo curvilineo è opportuno aiutarsi predisponendo una serie di guide costituite da assi verticali disposte ad intervalli regolari e fissate a monte e a valle.



Sezione corretta di un muro a secco di contenimento con inclinazione della scarpa del 10% rispetto alla verticale

### 9.3. Il completamento del muro

È opportuno terminare il muro superiormente con pietre piatte e aggiungere il cotico erboso, separato all'inizio del lavoro.

Nel caso di muri di divisione o nella costruzione di un edificio bisogna procedere alla realizzazione di muri a doppia

testa o doppia facciata, con riempimento interno con pietre di scarto (piccole pietre o schegge) e giunzione effettuata in vari punti grazie a grosse pietre piatte e lunghe passanti da una facciata all'altra. Tale muro non viene rastremato.

### 9.4. Tempi di lavoro

Il tempo di realizzazione di un muro, inteso come tempo di sola costruzione del manufatto, è variabile in funzione della natura della pietra disponibile, anche se si considera essere mediamente di circa 2 m<sup>2</sup> (1 m<sup>3</sup>) di paramento al giorno, avendo già a disposizione in loco le pietre selezionate, ordinate e pronte all'uso. Si tratta, in effetti di una attività molto dispendiosa in termini di manodopera. Nel caso in cui alcune pietre debbano essere procurate altrove, i tempi aumentano. L'ottimizzazione delle operazioni e della fatica avviene quando si possono riutilizzare tutte le pietre del muro preesistente.

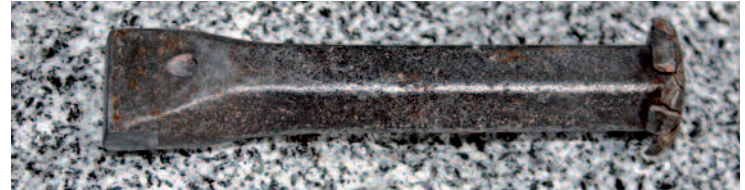




"Cricc" per il sollevamento di pietre di grande dimensione

## 10. LE ATTREZZATURE NECESSARIE

- Oltre ai comuni attrezzi per la costruzione quali:
- carriola; eventuali carrucole o attrezzi (martinetto, cricc) per agevolare lo spostamento e il sollevamento delle pietre più pesanti;
  - leva d'acciaio;
  - pala;
  - piccone;



Scalpello (a sinistra) e punta per lavorazioni fini (a destra)



"Testù" per la sgrossatura della pietra ( a sinistra) e "mahòt" per battere lo scalpello o la punta ( a destra)



"Punchòt" per la frattura regolare di grandi pietre

vi sono altri attrezzi specifici che dipendono dal tipo di materiale da lavorare (pietra):

- mazza in ferro, con manico in legno peso circa 10 kg per spaccare le pietre più grandi e renderle più piccole e leggere;
- martello da muratore per la pietra: in ferro, da una parte piatto come il martello normale, dall'altra terminante con punta a taglio possibilmente temperato, leggermente più pesante (800 g) di un normale martello da muratore;
- mazza leggera (4 - 6 kg), a gemma semplice o doppia, con una superficie almeno a taglio. Adatta per elaborare le pietre da paramento;
- mazzuolo leggero (mahòt): (1-1.2 kg) per battere su punte e scalpelli;
- mazzuola in gomma: idonea per la sistemazione finale delle pietre nel muro;
- punte (pònte) e scalpelli (giandì): usati per modifiche di particolari (es. scalini) ma utili anche per qualche intervento sulle pietre da costruzione dei muretti;
- testù: per squadrare o ritoccare gli spigoli della faccia esposta;
- punchòt: punte corte, utilizzate per ricavare pietre da opera da grandi massi;

Utili sono anche i seguenti strumenti:

- doppiometro;
- filo di ferro;
- filo a piombo;



Squadra per rendere regolare un concio

- matassine di filo di nylon per edilizia;
- squadra o dima: per regolare la forma delle pietre.

## 11. LA SICUREZZA NELLA ESECUZIONE DELLE OPERE

Nell'esecuzione di un muro a secco vanno considerati anche gli aspetti connessi alla sicurezza in fase di esecuzione dell'opera e della tutela della salute degli addetti. Inoltre, la necessità di selezionare le pietre e di accumulare attrezzi e materiali rende spesso necessario alterare, anche se di poco, i percorsi di eventuali escursionisti.

Un primo dettaglio importante è rappresentato dalla necessità di delimitare e segnalare l'area in cui è avvenuto il crollo e, comunque, l'area del cantiere. Ciò a mezzo di un semplice nastro a bande bianco-rosse teso tra i picchetti che delimitano l'area, in particolare quando non è escluso o escludibile il transito di terzi nell'area del cantiere.

Gli interventi avvengono normalmente in aree in pendenza ed è bene che vengano presi accorgimenti per impedire il rotolamento di massi e materiali in genere. Per questo è necessario realizzare, a valle del manufatto in costruzione, dei sistemi di trattenuta del materiale, per esempio, realizzando delle semplici barriere con tavole di legno appoggiate di taglio a paletti infissi nel terreno.

Altro accorgimento è commisurare la dimensione dell'opera alla capacità di intervento nel tempo previsto, per evitare di lasciare troppo a lungo il cantiere aperto.

Al momento della esecuzione delle opere è necessario che l'addetto si munisca e indossi i dispositivi di protezione individuale (DPI).

Tali sono:

- le calzature dotate di puntale in acciaio per proteggere il piede dalla caduta di massi;
- guanti da lavoro;
- elmetto per proteggere la testa dal rischio di cadute di materiale dall'alto;
- occhiali per proteggere gli occhi (se si devono sbazzare pietre con scalpelli).

Al momento della esecuzione dei lavori è bene ricordare anche di mantenere posture corrette nel sollevare i massi. Il peso massimo sollevabile da un addetto dovrebbe aggirarsi attorno ai 25-30 kg (un masso di circa 20x20x30 cm), pertanto, se occorresse spostare massi più grandi è opportuno chiedere aiuto ad altra persona e/o utilizzare carrucole e arganelli o leve. Il movimento corretto per sollevare i massi è quello di abbassarsi mantenendo la schiena verticale, afferrare il masso e alzarsi sempre tenendo schiena verticale e masso vicino al corpo, conseguenti dolori di schiena dovuti ad una postura scorretta possono manifestarsi dopo parecchi anni.



## 12. I COSTI DEL RECUPERO

L'ottimizzazione per i costi del recupero dei muri a secco si basa sulle seguenti condizioni:

- che la manodopera sia quella della azienda agricola o del proprietario;
- che il materiale impiegato per la costruzione del muro provenga dalla demolizione del muro pre-esistente o sia facilmente reperibile in loco;
- che il ricorso a materiali provenienti da altre aree sia ridotto al minimo, sia per minimizzare i costi di trasporto sia per ragioni paesaggistiche.

Per l'esecuzione delle operazioni di manutenzione i costi sono riferiti a:

- manodopera;
- materiali;
- trasporto dei materiali;
- organizzazione del cantiere;
- ammortamento attrezzature;
- adempimenti amministrativi.

### Manodopera

La manodopera è la principale voce di costo di queste opere ed è utilizzata per la demolizione delle parti ammalorate e la loro ricostruzione.

Per quanto riguarda la demolizione delle parti ammalorate, lo scavo sul retro e di fondazione, nonché l'accatastamento del materiale di risulta, è difficile fare stime generiche sui fabbisogni di manodopera, in quanto condizionati dalle reali situazioni di cantiere: non è escluso che, in determinati casi, parte di questo lavoro possa essere eseguito con piccoli mezzi meccanici, con grande risparmio nei tempi di esecuzione, ma con necessità di valutare i costi di uso o noleggio di tali macchine.

Data la natura geologica delle rocce del Parco - principalmente scisti o rocce sedimentarie più o meno metamorfosate - il materiale lapideo usato per i muretti a secco è tradizionalmente di piccole dimensioni, irregolare e richiede dispendio di manodopera per la posa.

Pertanto, si ritiene corretto ipotizzare un avanzamento di 1-1,5 m<sup>3</sup> (2/2,5 m<sup>2</sup> di paramento) di muratura realizzata al giorno (8 h) nell'ipotesi di maestranze con esperienza specifica, con tutto il materiale prontamente disponibile in cantiere.

Costo elementare della manodopera, nel caso di manodopera aziendale da utilizzare nei momenti di minor carico lavorativo: 10 €/ora.

Costo elementare della manodopera edile specializzata, comprensivo di spese generali e utili d'impresa: 28,18 €/ora.

### Materiale

Il materiale da costruzione necessario lo si ricava direttamente dalla struttura in manutenzione o da siti vicini. Tuttavia, non sempre le pietre del vecchio muro sono sufficienti per il suo recupero. Per rimpiazzarle è necessaria una riserva di pietre, che possono essere acquistate e trasportate da aree più o meno lontane. Il costo della pietra grezza è variabile da circa 20 €/m<sup>3</sup> a 80 €/m<sup>3</sup> e oltre, in base alla natura della pietra e alle lavorazioni subite dalla stessa. Normalmente pietre più regolari sono più costose, perché sono già state scelte o sbazzate da quelle più irregolari, per facilitare la successiva posa.

### Trasporto

Anche in questo caso è difficile fare una valutazione generale dei fabbisogni medi, in quanto troppo condizionata dalle reali situazioni del cantiere che devono essere valutate caso per caso: per esempio sono da valutare la distanza del cantiere dal paese più vicino e le condizioni di accessibilità (presenza di una strada di accesso, qualità, stato di manutenzione e praticabilità del fondo stradale, larghezza sufficiente per il transito di un mezzo di trasporto).

I costi di materiale e di relativo trasporto dipendono dalla effettiva necessità di integrazione di materiale lapideo: quanto più viene utilizzato il materiale già presente in loco e derivato dal crollo del muro, quanto più bassi

saranno i costi dell'intervento.

### Organizzazione del cantiere

Dal momento in cui si decide di procedere alla riparazione, occorre delimitare l'area del cantiere, selezionare il materiale e portare le attrezzature necessarie. In linea di massima, senza considerare condizioni estreme, si può stimare un impegno di circa mezza giornata di lavoro per un piccolo intervento di recupero.

### Attrezzature

Mazze, mazzette, scalpelli e dispositivi di protezione costituiscono attrezzature generalmente impiegabili per più anni salvo la sostituzione dei manici. Il costo delle attrezzature è, comunque, limitato (a nuovo potrebbe risultare di 400 € ma la durata è di oltre 20 anni). Pertanto, si può considerare una quota d'ammortamento di circa 20 €/anno. Nel caso di ricorso a manodopera esterna tale costo è già incluso nel costo della manodopera stessa.

### Adempimenti amministrativi

Questa voce di costo si riferisce alle spese necessarie per chiedere le autorizzazioni all'intervento e per l'eventuale finanziamento riferito ad uno specifico bando. In linea di massima, nel caso del semplice intervento di manutenzione dei muri esistenti e senza considerare condizioni estreme, si può stimare un impegno di circa mezza giornata di lavoro.

### Costo di recupero e calcolo del premio ammissibile

Alla luce di quanto sopra, date le difficoltà e le incertezze nella definizione di una stima sintetica dei costi di recupero di questi manufatti, nell'ipotesi della sola costruzione del paramento murario (escluso materiale, trasporto, spese amministrative e preparazione del cantiere), si può ipotizzare una spesa ammissibile variabile da 100 a 250 €/m<sup>3</sup>.

Ai fini dell'erogazione del contributo per la manutenzione dei muretti, il Parco ha ritenuto opportuno attestare l'entità massima del premio al di sotto del 100% dei costi ammissibili, come definiti sopra, per incentivare ulteriormente i proprietari all'esecuzione delle opere.

Il contributo nell'ultima campagna si è attestato ad un massimo di 60,00 €/m<sup>2</sup> (120 €/m<sup>3</sup>) di paramento murario recuperato e copre solo una parte del costo di ricostruzione stimato. Per facilitare le operazioni di controllo, il premio è stato trasformato in unità economica per unità di superficie (metro quadro di paramento murario realizzato), considerando uno spessore medio dei muri pari a 0,5 m. Nel caso di muri di separazione, si mantiene la misurazione a unità economica per unità di volume.

Per agevolare ulteriormente i beneficiari, il Parco si fa carico anche di espletare alcune formalità amministrative necessarie per l'esecuzione delle opere.

### 13. LA NORMATIVA RELATIVA ALLA MANUTENZIONE DEI MURETTI ESISTENTI

La normativa ambientale è complessa e in continua evoluzione. Le indicazioni fornite in questo volume sono valide in senso generale. È precisa responsabilità dell'esecutore delle opere e /o del proprietario del fondo informarsi preliminarmente e munirsi di tutte le autorizzazioni necessarie per l'esecuzione delle opere.

In linea di massima si ritiene che:

- se l'intervento comporta la semplice sistemazione di un crollo limitato in un muro esistente, nel rispetto della sagoma e della tipologia costruttiva originaria, può essere considerato ordinaria manutenzione del manufatto ed eseguito inviando una semplice comunicazione di mutamento temporaneo di destinazione d'uso del suolo (in carta semplice secondo il modello in allegato). Il tutto dovrà essere inviato o consegnato all'Ufficio Tecnico Comunale e all'ufficio protocollo del Servizio Parco dell'Adamello della Comunità Montana di Valle Camonica - piazza Tassara 3, Breno (solo per interventi nel Parco dell'Adamello). Nei trenta giorni successivi al ricevimento della comunicazione l'Ente potrà disporre prescrizioni particolari per l'esecuzione delle opere.
- se l'intervento comporta l'edificazione di un nuovo muro in pietra a secco, o l'alterazione della forma, del tracciato o del metodo di costruzione rispetto al

manufatto preesistente, si richiede il rilascio del permesso di costruzione dell'opera in oggetto da parte del Comune competente. Tale permesso presuppone la redazione della relativa documentazione progettuale (in base al D.L.gs.42/2004, alla L.R. 27/2004, alla L.R. 12/2005), a firma di un tecnico abilitato.

I riferimenti normativi all'interno del territorio del Parco nel caso di interventi di ordinaria manutenzione sono di seguito riportati.

#### Beni paesaggistici ed ambientali

In linea di massima si ritiene che gli interventi di manutenzione dei muretti a secco esistenti, nel rispetto massimo della tipologia e dei caratteri costruttivi originari, possano rientrare negli interventi "non soggetti ad autorizzazione" di cui al D.Lgs. 22/1/2004 N° 42 - Capo IV, articolo 149 "interventi non soggetti ad autorizzazione": si tratta di interventi inerenti l'esercizio dell'attività agro-silvo-pastorale, che non comportano alterazione permanente dello stato dei luoghi dal momento che il manufatto già esiste, seppur ammalorato, e la manutenzione dello stesso tende alla conservazione dell'assetto idrogeologico del territorio.

All'interno del Parco dell'Adamello vige l'art. 35 "Norme di salvaguardia paesistica" delle N.T.A. del P.T.C. del Parco dell'Adamello approvato con DGR. 24/03/2005 N° 7/21201, che indica come la manutenzione ordinaria dei



muri a secco non sia soggetta ad autorizzazione alcuna, purché non venga alterata la tipologia costruttiva originaria.

L'interpretazione circa la non necessità di autorizzazione paesaggistica è, quindi, legata al divieto di alterazione permanente dello stato dei luoghi ed al mantenimento della tipologia originaria del manufatto.

Per questo è necessario che nella manutenzione del muro:

- si usino pietre strettamente del luogo su cui sorge il manufatto;
- la tecnica costruttiva sia a secco;
- venga rispettata la sagoma, le dimensioni ed il tracciato del manufatto originario, senza alcun tipo di alterazione (aggiunte od omissioni).

#### Attività edilizia

È valida la normativa di cui al D.P.R. 380/2001 ed alla Legge regionale 12/2005.

È evidente che si è in presenza di norme concepite principalmente per la disciplina dell'attività riguardante l'edificazione e la manutenzione degli edifici. E' necessario operare delle interpretazioni per collocare l'operazione nell'ambito del giusto intervento di recupero, come definito dalla legge e pertanto nel definire quale titolo autorizzativo sia necessario per l'esecuzione dello stesso. In particolare, i problemi derivano dal fatto che gli interventi edilizi non classificabili come manutenzione ordinaria, anche

qualora fattibili, sono subordinati alla richiesta di permesso di costruire od alla denuncia di inizio attività con evidente aggravio di costi per il proprietario.

Le operazioni di manutenzione dei muri a secco, se eseguite correttamente, comportano la parziale demolizione del muro esistente, seguita dalla sua sistemazione e ricostruzione nella sagoma preesistente. Tali operazioni non sono eseguite a cadenza annuale, ma periodica pluriennale, e, in questo senso, l'ordinarietà della manutenzione deve essere intesa come consuetudine a svolgere queste operazioni per la sistemazione delle parti ammalorate a cadenza periodica dilazionata nel tempo.

Qualche dubbio sull'ordinarietà dell'intervento sorge quando lo stesso non è limitato ad una semplice manutenzione puntuale di un crollo, ma riguarda un esteso sistema di manufatti oppure quando il muro preesistente abbia subito nel tempo estesi e diffusi crolli, al punto da non essere più distinguibili sagoma e tracciato originari, rendendo necessaria la ricostruzione totale dello stesso.

Infine va tenuto presente che la nuova costruzione di manufatti edilizi fuori terra, ovvero l'ampliamento di quelli esistenti al di fuori della sagoma esistente, sono formalmente da considerarsi interventi di "nuova costruzione".

In tutti i casi dubbi è bene rivolgersi all'ufficio tecnico comunale competente prima dell'inizio delle attività.

## Vincolo idrogeologico

Riferimento L.R. 27/2004 e Art. 55 e 56 R.R. 1/93.

All'interno di aree vincolate non boscate, l'intervento di manutenzione dei muri in pietrame a secco esistenti, ai sensi del vincolo idrogeologico, pare correttamente inquadrarsi nelle fattispecie dell'art. 56 del Regolamento Regionale n°1/93, che prevede l'ipotesi di mutamento temporaneo di destinazione d'uso del suolo connesso alla realizzazione delle opere.

In tale caso è sufficiente una semplice comunicazione dell'interessato all'Ente delegato, il Servizio Parco dell'Adamello della Comunità Montana di Valle Camonica per interventi all'interno del Parco, il quale ha facoltà di prescrivere norme esecutive, richiedere una cauzione o disporre il termine dei lavori entro tre mesi dalla data della comunicazione.

Qualora la natura dell'intervento richieda l'esecuzione di opere che comportino mutamento permanente della destinazione d'uso del suolo è necessario seguire le procedure di cui all'articolo 55 del citato regolamento regionale, presentando uno specifico progetto a firma di un tecnico abilitato.

In aree non soggette a vincolo idrogeologico, nulla è richiesto in tale senso. La identificazione e delimitazione di tali aree è effettuata sulla base di una cartografia disponibile presso il Parco dell'Adamello e la Comunità Montana di Valle Camonica.

## 14. BIBLIOGRAFIA

Paesaggio terrazzato e muri e pietra a secco

-Batzing W., (2005) *Le Alpi. Una regione unica al centro dell'Europa*, Bollati Boringhieri, Torino.

-GAL Alta Langa, (2004) *Terrazzamenti dell'Alta Langa. Manuale tecnico per la costruzione in pietra a secco*, Leader II

-REPS (Réseau européen de la pierre sèche), Interreg IIIC, (2004) *Experiencias en catalogacion de construcciones de piedra en seco*, Atti del seminario del programma europeo svoltosi a Mallorca.

-Progetto PATTERN (2002) *Patrimoni de marjades a la mediterranea occidental. Una proposta de catalogació*, Consell de Mallorca.

-Cooperativa olivicola di Arnasco, (2002) *Metodologia e tecniche di costruzione dei muretti a secco*, Quaderno n°3, Arnasco

-Boriani M., Cazzani A., (2002) *Vie storiche: tutela, conservazione e valorizzazione*, *Inventario Vie Storiche*, Fondazione Cariplo, Milano

-Brancucci G., Ghersi A., Ruggiero M.E., (2000) *Paesaggi liguri a terrazze. Riflessioni per una metodologia di studio*, Alinea editrice, Firenze

-D.G.R. 1 marzo 2000, n°6/48929, *Approvazione del Piano dei percorsi escursionistici di interesse naturalistico e storico integrati con il Sistema delle Aree Protette*, Bol. Uff. Regione Lombardia 3°suppl. straord. al n°17, 28 aprile 2000

-Alessandrini A., De Concini E., Micati E., Berengo Gardin G., (2000) *Pietre nude, l'Italia dell'Architettura spontanea in pietra a secco, I parchi della memoria*, Carsa, Pescara

-Ambroise R., Frapa P., S. Giorgis, (1989) *Paysages de terrasses*, Edisud, Aix en Provence

-Casavecchia A., E. Salvatori, (senza data) *Il parco dell'uomo: storia di un paesaggio*, Parco Nazionale delle Cinque Terre

-Caselli A., *Manuale degli interventi-tipo relativi alle sistemazioni idraulico-agrarie tradizionali*, in *Paesaggio Urbano* n°5/98

-Tufnell R., F. Rumpe, A. Ducommun, M.Hassenstein, (1996) *Murs de pierre seches. Manuel pour la construction et la refectation*, éditions Paul Haupt, Berne, Stuttgart, Vienne

-Lausciatti C (1994) *L'evoluzione del paesaggio rurale terrazzato: analisi di un'area viticola significativa della Valtellina*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Milano, Facoltà di Agraria

-Regione Emilia Romagna, (1986) *Case di pietra. Il recupero del patrimonio edilizio nel demanio forestale*, Bologna

-AA.VV. (1985) *Enciclopedia Agraria Italiana*, REDA Ramo Editoriale Degli Agricoltori, Roma

-Oliva A. (1948) *Le sistemazioni dei terreni*, Edizioni Agricole, Bologna

Siti web

PATTERN

[www.conselldemallorca.net/mediambient/patter/index.html](http://www.conselldemallorca.net/mediambient/patter/index.html)

TERRISC

[www.conselldemallorca.net/mediambient/terrisc/index.htm](http://www.conselldemallorca.net/mediambient/terrisc/index.htm)

ALPTER [www.alpter.net/](http://www.alpter.net/)

APARE [www.apare-gec.org](http://www.apare-gec.org)

Lapis [www.pierreseche.com](http://www.pierreseche.com)

## Storiografia

- Gallo A., (2003) Le venti giornate dell'agricoltura e de' piaceri della villa (rist. an. Ed 1775), Fondazione civiltà bresciana
- Itinerari Culturali nel Bresciano, (1997) La montagna. Val Camonica, Valle Sabbia, Valle Trompia, Corbo e Fiore editori, Venezia
- Ricardi M., G. Pedersoli, (1992) Grande guida storica di Val Camonica, Sebino, Val di Scalve, ed. Toroselle, Cividate Camuno (BS)
- Rivista trimestrale di storia, arte e cronaca locale. Ceto - BS, . Realizzazione e stampa Società Editrice Vannini a.r.l..
- Jacini S., (1976) I risultati dell'inchiesta agraria -1884, Einaudi, Torino
- Rizzi B., (1870) Illustrazione della Valle Camonica, editoriale Insubria, Bisogne

## Architettura rurale

- Belotti W., (2005) I segni dell'uomo, alla scoperta dell'architettura rurale nelle valli camune del Parco Nazionale dello Stelvio, Tipografia camuna
- Bosia D., Franco G., Marchiano R., Musso S.F. (2004) Guida al recupero degli elementi caratterizzanti l'architettura del territorio del GAL Mongioie, Tipoarte Bologna
- Ferrari, Moretti, (2003) Il patrimonio edilizio del Parco Adamello Brenta, Tipoarte
- Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi, (2001) L'edilizia rurale. Valle del Mis - Guida al Recupero, Feltre

- Musso S.F., Franco G., (2000) Guida alla manutenzione e al recupero dell'edilizia e dei manufatti rurali, Parco dell'Aveto
- Regione Piemonte, (1998) Guida per gli interventi edilizi di recupero degli edifici agricoli tradizionali, zona bassa Langa e Roero
- Dematteis L., (1992) Case contadine nelle valli Bergamasche e Bresciane, Quaderni di cultura alpina n°36, Priuli & Verlucca
- Dematteis L., (1992) Case contadine in Valtellina e in Valchiavenna, Quaderni di cultura alpina n°36, Priuli & Verlucca
- Galbiati A., (non datato) Romanico. San Siro e San Salvatore in Capo di Ponte, stampa

## Geologia

- Sevizio Geologico Nazionale, (1990) Carta geologica della Lombardia. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma
- Salomon W., (1989) Il gruppo dell'Adamello. Traduzione dal tedesco di Silvino Romano Tarsia, edizione "Quaderni Camuni"
- Berruti G., (1981) Geologia del territorio bresciano. Grafo Edizioni, Brescia





Scheda richiesta contributo al recupero di un muro a secco

The image shows a form with several sections, but the text is too blurry to read. It appears to be a request form for a grant or contribution. The form has a header section, followed by several paragraphs of text, and a bottom section with a date field and a signature line. There are also some checkboxes or small boxes scattered throughout the form.

## APPROFONDIMENTI STATICI

Nel caso di costruzione ex-novo di un muro a secco o di continuazione di un terrazzamento, o di costruzione di un muro confinante con strade o altre proprietà, occorre garantire condizioni di sicurezza statica adeguate. Di seguito vengono date alcune indicazioni preliminari alla progettazione, che deve essere affidata ad un professionista abilitato.

Il comportamento statico di un muro nel suo insieme è quello di un elemento costruttivo capace di sopportare, con congruo margine di sicurezza e secondo le caratteristiche di resistenza dei materiali usati, oltre il peso proprio anche i carichi esterni che, secondo le circostanze, possono essere a risultante verticale, inclinata od orizzontale. Il solido murario ideale presuppone una massa inerte, estesa e compatta, omogenea ed isotropa, ovvero con caratteristiche fisiche e meccaniche identiche lungo tutte le direzioni. Nella pratica costruttiva si è ben lontani da un comportamento del genere. La tecnica esecutiva prescrive che: la costruzione di un muro proceda per strati orizzontali; i giunti dei singoli elementi siano sfalsati lungo tutta la successione degli strati orizzontali: mediante continuo incrocio, vi sia intimo collegamento degli elementi resistenti. L'applicazione diligente di queste norme, assicura un comportamento quasi isotropo, in senso verticale. In altri termini, queste muraure devono essere soggette unicamente a sforzi assiali di compressione. La condizione di stabilità dei solidi murari così sollecitati, assicurando i limiti entro i quali gli sforzi sono sempre di compressione, impone che la risultante di tutte le forze in gioco (carichi esterni e peso proprio) debba essere sempre mantenuta entro il terzo medio delle sezioni interessate, verificando altresì che la sollecitazione unitaria indotta rientri nel valore massimo di sicurezza,

ammisibile per il materiale usato.

Il problema del calcolo della spinta di un terrapieno è di relativamente semplice soluzione, ma spesso si traduce in sovradimensionamenti. Ciò non costituisce fattore economico negativo in quanto si opera con materiale recuperato in loco, conseguenza del necessario spietramento del terreno da coltivare.

La stabilità di un muro di sostegno comporta le seguenti verifiche: stabilità alla rotazione - si deve impedire il ribaltamento del manufatto intorno al bordo inferiore esterno: nascono un momento statico ribaltante dovuto alla spinta e uno resistente dovuto al peso del manufatto. Per sicurezza è necessario che il secondo abbia un valore doppio del primo. Il peso  $P$  del muro deve poter compensare la spinta  $F$  del suolo;

stabilità allo scorrimento - la componente orizzontale della spinta tende a spostare il muro parallelamente a sé stesso. A questo si oppone la forza di attrito generata, sulla superficie del terreno, dalla pressione del manufatto. Per la stabilità è necessario che il valore della forza di attrito sia una volta e mezza superiore a quello della spinta che può essere assimilata a una forza  $F$  che si applica a  $1/3$  della altezza del muro e che è inclinata di un angolo  $\alpha$  rispetto all'orizzontale.  $F$  dipende dal tipo di suolo (massa volumica, angolo d'attrito interno, coesione);

resistenza allo schiacciamento - il materiale del quale è costituito il muro, in corrispondenza alla sezione di appoggio sulla fondazione, e il terreno, sollecitato dalla fondazione stessa, è soggetto ad un carico unitario generato dalla risultante di due forze: la componente verticale della spinta ed il peso proprio del manufatto. Tale risultante deve cadere all'interno del terzo medio della sezione di appoggio, generando sforzi di compressione che devono essere compatibili con i carichi di sicurezza ammissibili, sia per materiali usati

nel manufatto, sia per il terreno

Con il calcolo allo stato limite, il rischio di ribaltamento o di slittamento interno è più forte alla base del muro (fondazione o primo strato di pietre).

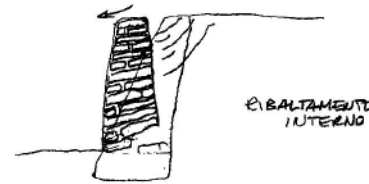
Per il calcolo della stabilità a lungo termine, un elemento importante è rappresentato dallo scorrimento di strati di pietra gli uni sugli altri che dipende dalla qualità della messa in opera, dalla natura della pietra e dal dimensionamento del muro e deve essere inferiore al limite ammissibile per l'opera.

Occorrerebbe, pertanto, sulla base del lavoro fatto da Boris Villemus, qualificare e quantificare lo scorrimento fra strati realizzati con pietre diverse, effettuando prove in laboratorio (lavorazione e posizionamento delle pietre) e prove di carico su muri a grandezza reale, sfruttando la pressione idraulica per accelerare la formazione delle crepe.

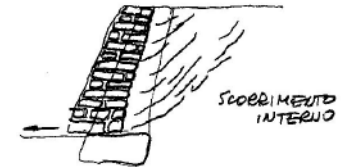
Nel caso dei gradoni, il peso del volume di terra ad essi sovrapposto collabora, con il peso del manufatto, alla stabilità dell'opera. Dal punto di vista planimetrico, la sezione di appoggio può essere a spessore costante in tutto il suo sviluppo, oppure presentare, ogni 3-4 m, punti di forza di maggior spessore, detti speroni o contraforti, situati all'interno, o all'esterno o dalle due parti del muro contemporaneamente. La porzione di parete interessata da uno sperone si chiama maschio.

Costruendo muri di sostegno, per ridurre i carichi, è necessario dare libero sfogo all'acqua di infiltrazione del terreno. A questo fine si deve eseguire un efficace drenaggio nella parte interna del muro predisponendovi inoltre, a tutto spessore, delle piccole aperture, dette barbacani, a intervalli regolari sia in lunghezza che in altezza. Nelle murature a secco questi provvedimenti non sono necessari in quanto l'acqua può liberamente filtrare tra le connessioni degli

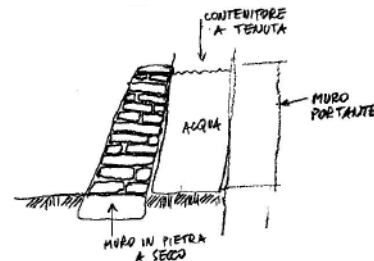
elementi lapidei. Altro accorgimento è quello di frazionare in lunghezza il manufatto secondo settori staticamente indipendenti formando dei giunti liberi di seguire gli inevitabili assestamenti del terreno che altrimenti provocherebbero lesioni incontrollate nella massa muraria. Particolare cura deve essere rivolta alle opere di fondazione, specialmente se effettuate su terreni a forte pendio. Le modalità di calcolo dei muri di sostegno sono riportate nei principali manuali di tecnica edilizia.



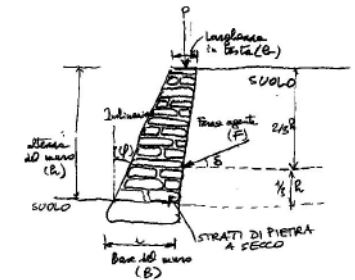
Ribaltamento interno (da Villemus)



Forze agenti su un muro a secco (da Villemus)



Scorrimento interno (da Villemus)



Prova sperimentale di resistenza di un muro a secco (da Villemus)



## GLOSSARIO INTEGRATIVO

**Banchinamento:** viene eseguito per la messa a dimora di piante da frutto. Si tratta di realizzare un gradone di larghezza compresa fra 0,5 e 2,0, ma anche maggiore, che ha per caratteristica l'ammucchiamento, subito a valle del ripiano, della terra di scavo, senza dare a questa funzione di sostegno. Il ripiano si trova, quindi, interamente in trincea. La piantina non viene posta secondo la linea mediana del ripiano, ma verso il ciglio. In definitiva si tratta di un terrazzamento nel quale i ripiani sono ridotti al minimo per adattarsi alle forti pendenze ed all'accidentalità della pendice, che viene accettata com'è.

**Cigionamento:** nei terreni fortemente declivi, ove non esistono pietre, la funzione di argine viene assolta dalla parte esterna del terrapieno, previamente inerbita e non di rado consolidata da alberature (ciglione) per cui si deve parlare più propriamente di cigionamento o di sistemazione a cigliani.

**Gradonamento:** sistema ravvicinato ed organico di strisce di terra ricavate a mezza costa secondo le curve di livello, a volte anche in modo discontinuo, per la presenza di rocce affioranti, scoscendimenti, frane ecc., allo scopo di costituire un letto per la messa a dimora di piante forestali o per la semplice semina a scopo sempre di rimboschimento. La striscia ottenuta è formata da uno spessore di terra di almeno 25-30 cm (meglio 40 ed oltre), sostenuto a valle da pietre opportunamente disposte. Il ripiano ha un'inclinazione piut-

tosto sentita verso monte ed una larghezza da 0,50 ad 1-2 m. Il gradone raccoglie l'acqua piovana immagazzinandone quantità che facilitano l'attecchimento delle piante e la loro vita successiva (a condizione di smuovere ogni anno la terra); la divisione delle acque operata dai gradoni, costituisce una delle opere più efficaci di difesa idrogeologica.

**Lunette:** tipo di sistemazione, simile al terrazzamento, utilizzato con pendenze spesso superiori al 100% ed estremamente rocciose, dove sarebbe praticamente impossibile realizzare il terrazzamento. Con esse si cerca di utilizzare al meglio il terreno coltivabile, anche se racchiuso fra massi di roccia. Si opera uno scasso parziale o addirittura una semplice buca in cui si pianta l'essenza arborea, castagno, olivo o un fruttifero; quindi, a distanza di circa 2-3 m dal piede del tronco, si circonda lo scasso con un muro a secco dell'altezza di metri 1-1, 20, di regola di forma circolare, o semi-circolare, da cui il nome della sistemazione. Con questa sistemazione si vengono ad utilizzare pendici che altrimenti rimarrebbero completamente improduttive.

**Materiali naturali:** normalmente derivano da banchi di rocce primarie o secondarie e sono impiegati in vario modo a seconda del loro grado di lavorabilità e delle modalità richieste per la messa in opera. Appartengono essenzialmente alle due categorie seguenti:

1 - Pietrame. - Detriti di rocce sia tenere (calcarei teneri, peperini, tufi), sia dure (calcarei compatti e saccaroidi, selce, dolomite, scisti, quarziti ecc.) direttamente impiegati nella loro forma originaria o sbazzati. Nelle zone dove questi

materiali abbondano, purché provengano da giacimenti superficiali in stratificazioni estesamente fratturate e quando l'incidenza economica dei trasporti sia compatibile con gli impieghi, le murature in pietrame sono ancora abbastanza diffuse. Il pietrame può essere messo in opera secondo i seguenti criteri che, a loro volta, dipendono dai carichi in gioco:

Opera incerta: apparecchiatura muraria caratterizzata da elementi disposti nella loro forma naturale;

Opera poligonale, quando le superfici del materiale vengono più o meno sbazzate nell'intento di far combaciare nella loro sovrapposizione le facce dei vari conci;

Opera listata, in cui il materiale presentando naturalmente, o previa lavorazione più profonda, un aspetto pressoché parallelepipedo, si dispone su piani di posa orizzontali con fasce ricorrenti anche discontinue.

L'eventuale fabbisogno di malta è tanto maggiore, quanto minore è la regolarità dei conci e quanto più piccole, sono le loro dimensioni.

2 - Pietra da taglio. - Proviene dal taglio, in forme parallelepipedo regolari e normalizzate, di rocce calcaree, compatte o saccaroidi (travertino, cipollino, botticino, bardiglio ecc.), largamente impiegata nel passato.

Muri di contenimento - murature di limitato spessore direttamente appoggiate ed estese sulla superficie del suolo e servono a impedire il dilavamento del terreno da parte delle acque meteoriche. Essi devono contribuire al mantenimento morfologico delle falde imbrifere naturali o artificiali, per la

protezione dei corsi d'acqua, dei bacini di raccolta, delle sedi stradali o di altri manufatti e sistemazioni particolari del terreno. Si costruiscono con malte leganti o anche a secco. In questo caso, interessante è l'impiego di conci prefabbricati di calcestruzzo di cemento, collegati fra loro mediante opportuni incassi e variamente forati in modo da permettere l'ancoraggio della vegetazione spontanea.

Muri: struttura costituita da elementi di materiale inerte e resistente, naturale o artificiale, giustapposti razionalmente gli uni agli altri con apparecchiature intese ad ottenere un elemento costruttivo organicamente continuo, le cui dimensioni nel piano verticale siano generalmente preminenti sullo spessore. Si distinguono di seguito tre categorie fondamentali di muri in funzione: 1) dell'uso o meno di malte pietrificanti di allettamento, 2) dei materiali di cui sono costituiti e 3) degli impieghi in opere specifiche.

I muri appartenenti alla prima categoria possono essere a secco o con materiale legante.

Muro a secco. Con questo sistema il materiale lapideo, di varia pezzatura, si dispone in modo che i singoli elementi trovino una giusta posizione di equilibrio e di stabilità sotto l'azione del solo peso proprio e senza l'ausilio di alcuna malta. Stabilità e compattezza saranno tanto maggiori, quanto più grande è la superficie di mutuo contrasto tra i blocchi, che dovranno risultare intimamente ben legati e con i giunti accuratamente sfalsati lungo i piani di posa. In questo senso si può ottenere il risultato migliore con conci parallelepipedo, o anche poligonali, a facce piane. Le pietre

migliori sono quelle di risulta dallo sbancamento di stratificazioni rocciose naturalmente fessurate, poiché presentano superfici di contatto sufficientemente piane, senza bisogno di ulteriori lavorazioni, tranne l'accortezza di disporre opportunamente scaglie minute per determinare, ove necessario, piani di posa più stabili e connesure meno accentuate (muri di confine, muri di divisione).

Muriccioli. Altro campo di impiego del sistema a secco, caratteristico di alcune zone rurali, per la delimitazione di confini di proprietà e di colture, o a sostegno di bassi terrapieni nei terrazzamenti di terreni acclivi per renderne più agevole la coltivazione. Il materiale comunemente usato, normalmente emergente durante la lavorazione dei campi, trova in questi impieghi anche un'utile possibilità di accantonamento.

Muri con materiale legante: la giustapposizione degli elementi inerti avviene su letti di malta pietrificante. È un sistema impiegato nella quasi totalità dei casi, in piccole e grandi costruzioni, permettendo di eseguire murature molto resistenti e compatte. Nei muri con paramento a faccia vista, i giunti di malta, più o meno accentuati nello spessore, vengono normalmente trattati mediante stilatura o ricorrendo alla formazione di piccoli cordoli in rilievo.

Terrazzamento o sistemazione a terrazzi: sistemazione artificiale di un rilievo collinare o montuoso, volta a realizzare dei piani orizzontali o leggermente inclinati su versanti scoscesi, generalmente per la coltivazione del terreno. È

costituito essenzialmente da una parte più o meno pianeggiante e da un muro di sostegno; può essere completato da canali di scolo delle acque, manufatti per il collegamento dei piani tra loro (rampe, scale).

Terrazzo: parte orizzontale del sistema del terrazzamento sostenuto a valle e limitato a monte da un muro a secco o con legante.