

### Generalità

La sistemazione a gradinata si attua allorché si intende correggere il profilo longitudinale di un torrente allo scopo di ridurre la pendenza mediante opere trasversali:

- briglie di consolidamento
- soglie

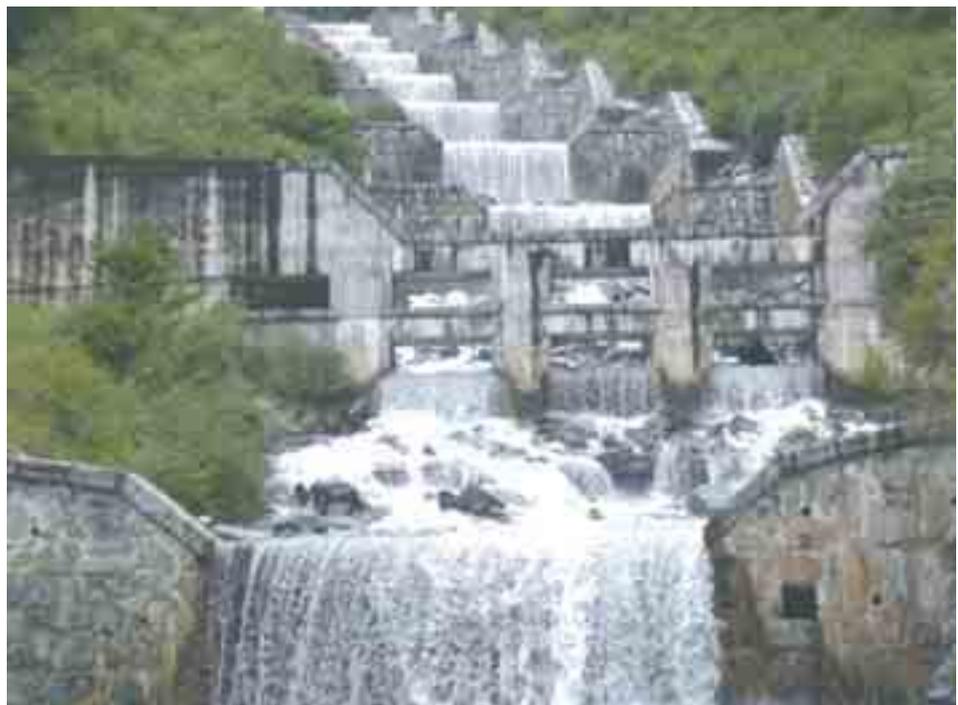
Scopo delle opere trasversali è la creazione di punti fissi lungo il profilo dell'alveo a cui, pertanto, viene data una configurazione pressoché definitiva.

L'ipotesi alla base degli interventi sistematori del secolo scorso era la tendenza naturale verso un profilo di equilibrio corrispondente ad una situazione in cui avviene il compenso fra erosione e deposito di materiale, ossia la quantità di materiale asportato eguaglia la quantità di materiale che proviene da monte. La pendenza che caratterizza il tronco d'alveo in tali condizioni fu identificata con il nome di pendenza di compensazione e risultava variabile in funzione della portata e delle dimensioni del materiale presente in alveo.

Una migliore comprensione dei processi, ha posto in evidenza, a seguito di fenomeni quali la corazzatura dell'alveo, l'instaurarsi di una pendenza di equilibrio intesa come pendenza limite per cui la corrente, in condizioni normali, non erode il letto.

L'effetto della correzione della pendenza con opere trasversali è quello di far raggiungere all'alveo una situazione di equilibrio con maggiore rapidità rispetto a quanto avverrebbe naturalmente. Nel caso delle briglie, questa nuova configurazione di equilibrio viene raggiunta col progressivo riempimento della capacità di invaso formatosi a monte, mentre nel caso delle soglie di fondo, la modifica della pendenza del fondo in genere di più limitata entità si ottiene per effetto dell'erosione che si determina a valle di esse.

**Figura 6.1.1:** Sistemazione a gradinata a monte di una briglia a finestre. Le briglie a gravità in calcestruzzo hanno il paramento rivestito in pietrame (Valtellina).



**Figura 6.1.2:** Sistemazione a gradinata con briglie in cemento armato, realizzata sull'accumulo detritico della frana della "Val Pola" in Valtellina (SO).

Il sistema è stato realizzato per impedire l'erosione dell'accumulo in caso di tracimazione delle acque innalzatesi dietro lo sbarramento naturale. L'alveo artificiale scavato nel detrito è stato rivestito in blocchi di roccia.



**Figura 6.1.3:** Val Pola (SO). Immediatamente valle del sistema briglie della foto precedente, è stata realizzata una protezione con prismi di cemento armato su pali, per impedire lo scavo da parte della corrente.



**Figura 6.1.4:** Sistemazione a gradinata in gabbioni e materassi. Lavori complementari sulla autostrada Messina - Palermo.



## La pendenza di correzione dei torrenti

L'esistenza di grandi variabilità tra un anno e l'altro dei processi idrologici, a scala di bacino, ed idraulici, alla scala del tronco d'alveo, ha portato ad introdurre il termine più realistico di pendenza di correzione, al posto di quello di pendenza di compensazione, riconducendone la determinazione all'ipotesi di Shields

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma)D} = \text{cost} \quad (1)$$

in cui:

- $\tau_c$  (N/m<sup>2</sup>) = azione di trascinamento della corrente sul fondo in grado di produrre erosione
- $\gamma$  e  $\gamma_s$  (N/m<sup>3</sup>) = peso volumico dell'acqua e del materiale solido
- $D$  (m) = dimensione caratteristica del materiale in condizioni di moto incipiente.

Si definisce pendenza di correzione la pendenza di un alveo in corrispondenza della quale il fondo dell'alveo medesimo si trova in condizioni di moto incipiente.

In tali condizioni valgono le seguenti relazioni:

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot i_c = \tau_c \quad (2)$$

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_c} \quad (3)$$

dove  $\gamma$  è il peso specifico dell'acqua,  $R$  è il raggio idraulico,  $A$  è la sezione trasversale bagnata,  $C$  il coefficiente di scabrezza di Chezy,  $i_c$  è la pendenza di correzione e  $\tau_c$  è la tensione di trascinamento per cui l'alveo si trova in condizioni di moto incipiente.

Il calcolo della pendenza di correzione richiede che si formulino delle ipotesi sul valore della portata, questa dovrà essere significativa ai fini della modellazione dell'alveo e pertanto viene definita come "portata formativa".

Per la valutazione della portata formativa, sono state proposte numerose opzioni; viene solitamente assunta corrispondente con la portata dominante, o con la portata di modellamento dell'alveo, o con la portata massima annuale di tempo di ritorno di 2-3 anni.

Una volta calcolata la portata formativa è possibile risolvere per tentativi le equazioni (2) e (3) e ricavare la pendenza di correzione  $i_c$ .

Una volta ricavato questo dato si può procedere alla progettazione dell'intervento di correzione: le opere trasversali vengono dimensionate e distanziate in modo da modificare la pendenza dell'alveo coerentemente con il valore  $i_c$ .

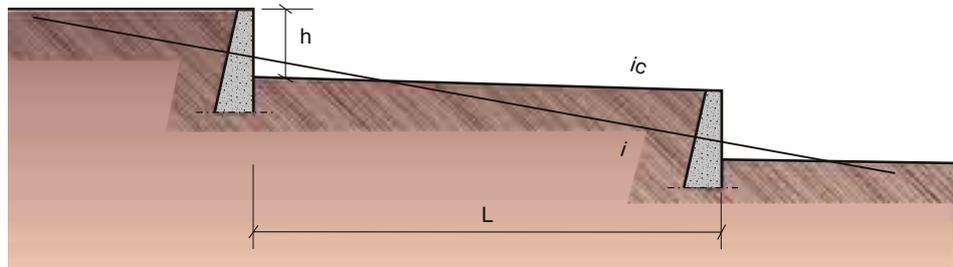
Per il calcolo dell'altezza delle opere trasversali e della loro distanza si utilizzano le seguenti espressioni

$$iL = h + i_c L$$

$$h = (i - i_c)L$$

In alternativa si può ricorrere alle numerose formule empiriche esistenti in letteratura.

**Figura 6.1.5:** Nel disegno sono indicati i parametri geometrici fondamentali utilizzati per il dimensionamento della sistemazione a gradinata:  $h$ =altezza fuori terra dell'opera trasversale,  $L$ = distanza tra le opere,  $i_c$ = pendenza di correzione,  $i$ = pendenza naturale dell'alveo.



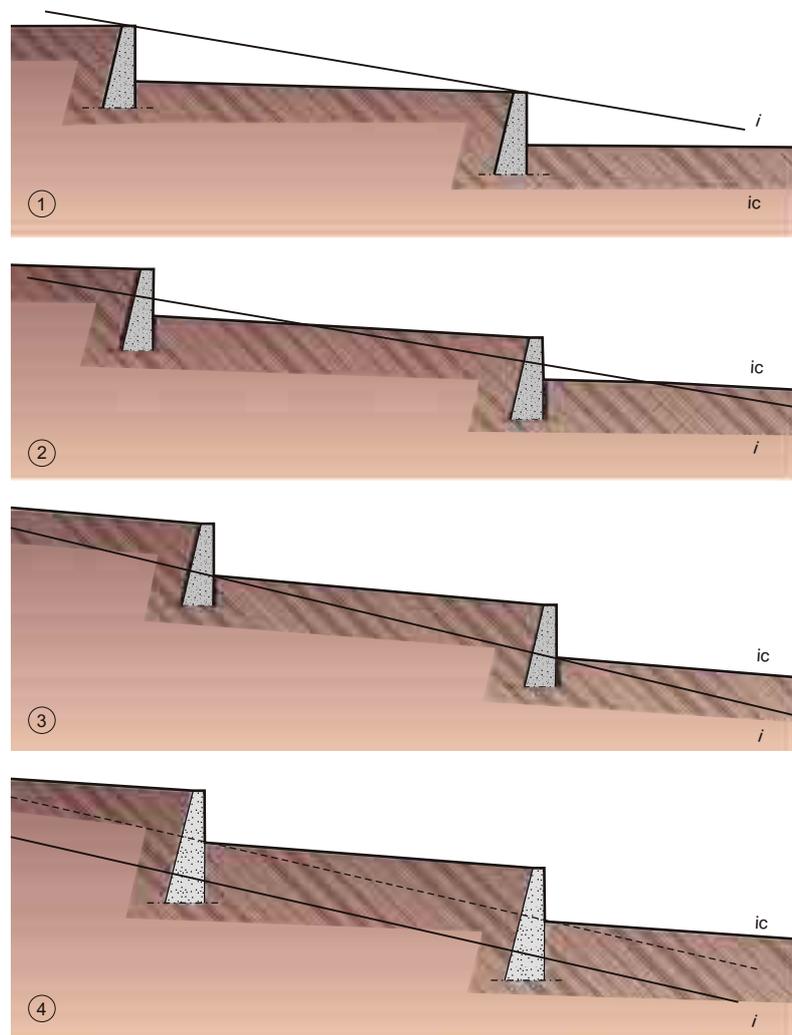
Le opere trasversali possono essere posizionate:

- 1) tutte immerse nell'alveo attuale (soglie di fondo);
- 2) parzialmente sollevate rispetto all'alveo attuale;
- 3) tutte sollevate rispetto all'alveo attuale;
- 4) su nuovo riporto.

La decisione dipende dalla situazione in cui si trova l'alveo rispetto alle sponde, ad esempio se occorre favorire un rialzamento generale dell'alveo, ecc.

Questo tipo di sistemazioni richiede interventi di manutenzione costante per evitare che il collasso di una o più briglie, degradatesi possa portare all'improvviso svuotamento dei materiali accumulatisi con conseguenze anche gravi. In alternativa alle sistemazioni a gradinata, qualora esista un problema di instabilità localizzata dei versanti, la costruzione di una o due sole strutture permette di creare un sostegno al piede sufficiente per stabilizzare la porzione instabile del versante.

**Figura 6.1.6:** Le opere trasversali in una sistemazione a gradinata possono essere posizionate in diversi modi rispetto alla quota dell'alveo prima della sistemazione. A seconda della scelta vi saranno effetti diversi in termine di erosione dell'alveo prima di pervenire ad un equilibrio, con conseguenze sulla stabilità delle sponde che vanno attentamente valutate.



## Generalità

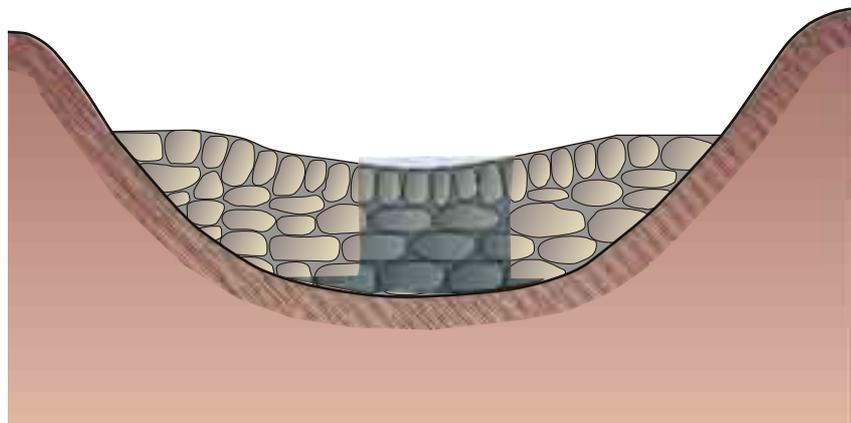
# Briglie di consolidamento

**L**e briglie di consolidamento sono opere trasversali al torrente, sporgenti dall'alveo nel quale sono fondate (vedi capitolo strutture di base).

Subito dopo la costruzione dell'opera, ha inizio il riempimento di materiale solido della capacità formatasi a monte di essa, Le briglie di consolidamento possono avere dimensioni differenti a seconda delle caratteristiche morfologiche dell'alveo: nelle aste secondarie strette e ripide, le briglie sono generalmente più piccole e ravvicinate, mentre nel fondovalle principale assumono dimensioni maggiori.

Esistono varie tipologie di briglie in uso, che vengono adottate a seconda delle condizioni morfologiche, delle dimensioni che debbono assumere e dei materiali a disposizione.

**Figura 6.1.7:** Esempio di briglia in pietrame con gaveta a catenaria. Sono opere particolarmente adatte ad interventi su torrenti in cui sia reperibile materiale adatto in loco. Si inseriscono bene nel contesto del paesaggio montano. (Benini, 1995, rid.)



## Generalità

### Briglie a gravità

**S**i tratta di briglie che resistono alla spinta a tergo del terreno e dell'acqua solo in virtù del peso proprio.

Il profilo trasversale di una briglia a gravità è di solito trapezio, (o a gradoni verso monte). Una vecchia norma legislativa (D.M. 20/8/1912) prescrive il paramento a valle verticale, è però ammissibile, e conveniente, una piccola scarpa a valle <0,2%. Sono strutture che possono venire realizzate con calcestruzzo, pietrame legato con malta, gabbioni in rete metallica a doppia torsione riempiti di pietrame e legname abbinato a pietrame.

## Descrizione e Caratteristiche

### Briglie a gravità in calcestruzzo

Nella figura seguente (ridisegnato da Benini, 1990) sono riportati prospetto e sezione di una tipica briglia a gravità ad andamento rettilineo.

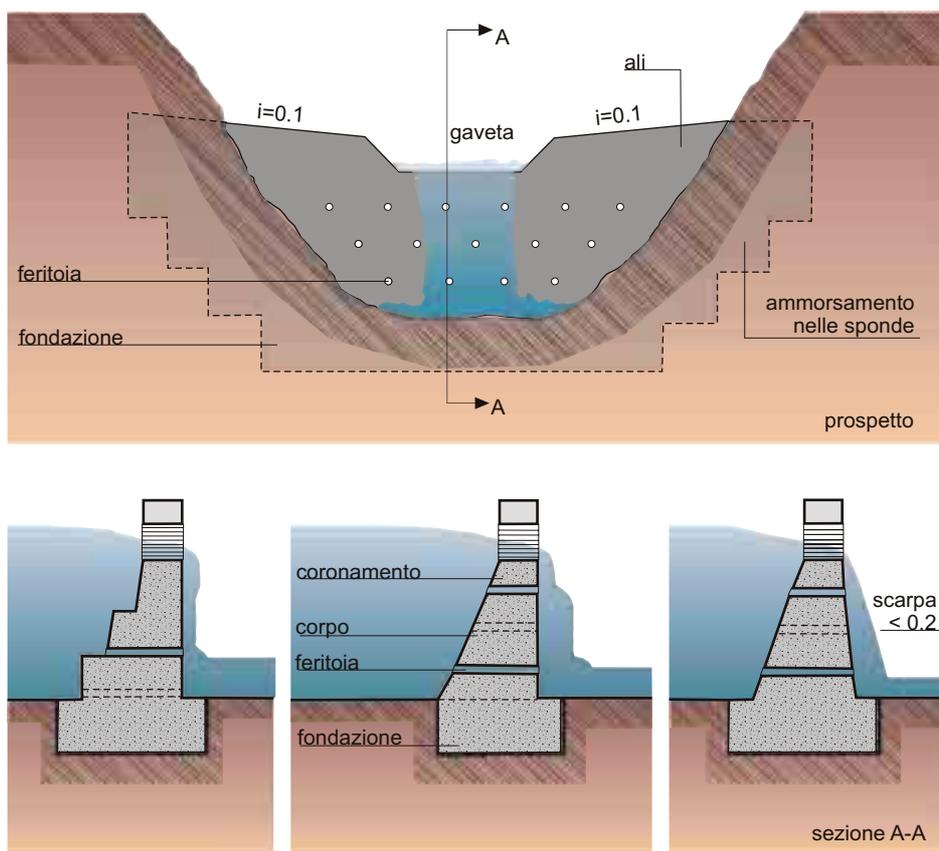
Con riferimento alla figura gli elementi caratteristici di una briglia a gravità rettilinea sono:

- la gaveta;
- le ali;
- il coronamento;
- il corpo.

**Figura 6.1.8:** Prospetto e sezioni di una briglia a gravità in cui si possono osservare gli elementi geometrici caratteristici di questo tipo di opera: gaveta, ali, coronamento.

Le viste in sezione mostrano alternative diverse per la conformazione del corpo della briglia: col paramento di valle verticale o subverticale, col paramento di monte gradonato o inclinato per aumentare la stabilità dell'opera.

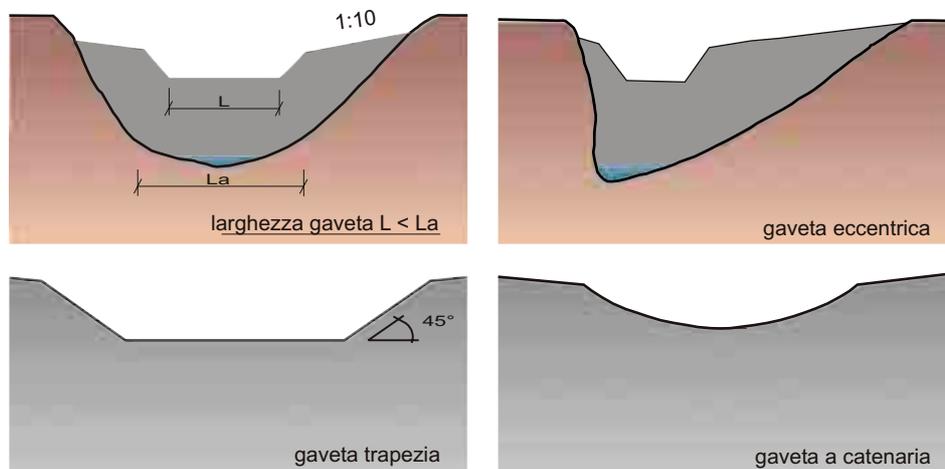
Si osservino inoltre i fori passanti che consentono la dissipazione delle pressioni neutre che altrimenti agirebbero a tergo della struttura.



La gaveta rappresenta una depressione del coronamento della briglia avente il compito di allontanare la corrente dalle sponde, mantenendola lungo l'alveo attivo. Per tale scopo, la larghezza della gaveta deve essere non superiore a quella dell'alveo solitamente occupato dalla corrente, in modo che la vena stramazzante dalla briglia non intacchi il piede delle sponde provocandone il franamento (e quindi l'annullamento dell'immorsamento della briglia). Eventualmente si provvede ad inserire la gaveta in posizione eccentrica rispetto alla mezzeria della briglia.

La gaveta ha forma trapezia (con lati inclinati di  $45^\circ$  sull'orizzontale) oppure a catenaria ed è raccordata alle sponde dalle ali della briglia, il cui coronamento è costruito con una inclinazione di  $1:10$  allo scopo di mantenere la corrente, per quanto possibile, lontana dalle sponde anche nel caso in cui la gaveta risulti insufficiente al convogliamento della portata (per esempio, perché parzialmente ostruita da grossi massi).

**Figura 6.1.9:** Gli schemi accanto mostrano tipologie di gaveta diverse per geometria e posizione. La gaveta ha la funzione importante di dirigere il filone della corrente evitando che questa possa intaccare le sponde e provocare l'aggiramento dell'opera. La gaveta deve essere mantenuta sempre sgombra dal materiale di trasporto solido pena la perdita di efficienza dell'opera.



Il coronamento ha uno spessore che generalmente viene stabilito mediante formule empiriche che fanno riferimento ad esempio all'altezza della briglia o alle dimensioni caratteristiche del materiale in condizioni di moto incipiente dopo la correzione (per  $i=i_c$ ).

Per quanto riguarda la fondazione, si può ritenere che essa debba avere una profondità superiore a quella del gorgo che la lama stramazzone provocherà nell'alveo a valle. Esistono varie formule empiriche che vengono utilizzate per stimare questo parametro, ad esempio Benini (1990) suggerisce di fare variare tale profondità ( $Z_r$ ) fra 0.3 e 0.5 volte l'altezza totale ( $Z + h$ ), mentre Puglisi propone profondità dell'ordine di 0.2 ( $Z + h$ ).

La sporgenza della fondazione a valle ed a monte del corpo della briglia deve rispondere alla necessità di migliorare la stabilità al ribaltamento limitando la sporgenza a valle sia per non avere danni dai massi che possono precipitare dalla gaveta, sia per non avere fessurazioni dello sporto a causa di una parziale ripartizione degli sforzi; Puglisi propone uno sporto di valle pari a  $b_v = 0.33 Z_r$  e quello di monte pari a  $b_m = 0.67 Z_r$ .

Per quanto concerne i criteri di dimensionamento del corpo della briglia si può fare riferimento al capitolo introduttivo sulle strutture di base in cui sono indicate le verifiche che vengono fatte per la progettazione di queste opere.

Come descritto nell'introduzione il paramento di monte di una briglia è sollecitato dalla spinta attiva del terreno in analogia con un muro di sostegno. Se si permette all'acqua di saturare il terreno a ridosso della struttura, su di questa agirà anche la spinta idrostatica. Le condizioni di esercizio sarebbero in tal caso molto gravose e pertanto si dispongono attraverso il corpo della briglia due o più serie di feritoie passanti aventi lo scopo di portare la pressione atmosferica sul paramento di monte scaricando, in tal modo, la pressione idrostatica. Spesso, dalle aperture si osserva colare acqua; tali colature, nel tempo, si affievoliscono lasciando intuire che il terreno a monte si è intasato ed è esclusa la presenza di acqua in grado di generare la spinta idrostatica sul paramento. In tali condizioni di regime, la configurazione di carico in esame risulta meno gravosa di quella iniziale.

**Figura 6.1.10:** Briglia a gravità in calcestruzzo con paramento rivestito in pietrame.



Le briglie sono soggette all'effetto delle sottospinte idrauliche a causa di moti di filtrazione dell'acqua nel terreno di fondazione della struttura.

L'effetto della sottospinta può essere sensibilmente ridotto od eliminato, secondo la tendenza verificata nelle realizzazioni più recenti, mediante l'inclusione nella fondazione di pozzetti riempiti di ghiaia che mettono in comunicazione il terreno sul fondo della fondazione con condotti sboccanti all'atmosfera sul paramento a valle dell'opera.

Una condizione di sollecitazione particolare è dovuta all'impatto di colate di detrito; il caso dovrebbe essere considerato poco frequente se si attua la precauzione di riportare materiale dell'alveo a tergo della struttura appena completata la costruzione.

Sulla base di valutazioni teoriche e sperimentali, si ritiene che l'azione dinamica di una colata detritica contro un ostacolo sia equivalente ad una forza statica dell'ordine da 7 a 10 volte la spinta idrostatica. Si tratta di azioni non contrastabili con la normale tipologia strutturale delle briglie a gravità. Si richiede pertanto il ricorso a strutture in calcestruzzo armato che permettono l'intervento dell'azione resistente dovuta alla spinta passiva del terreno in corrispondenza dell'ammorsamento nelle sponde. Si deve inoltre spesso ricorrere all'impiego di tiranti di ancoraggio.

**Figura 6.1.11:** Briglia a gravità in gabbioni per intercettazione colate detritiche. Il normale flusso dell'acqua passa attraverso l'apertura alla base della briglia mentre il corpo del manufatto ceo lo sbarramento al detrito durante la colata. La gradonatura verso valle della briglia fornisce la resistenza al ribaltamento nella fase di spinta della colata detritica.



**Figura 6.1.12:** Sistemazione di un torrente con briglie in gabbioni in ambiente calanchivo (Peralia PA).

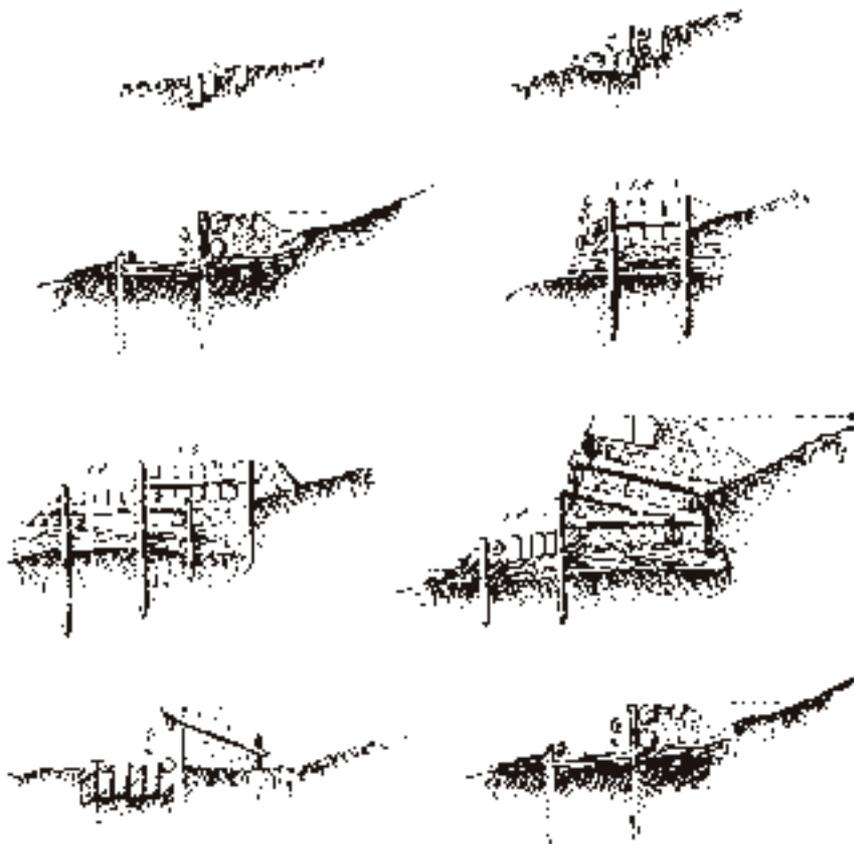


## Descrizione e Caratteristiche

### Briglie in legname e pietrame

Si tratta di una tipologia di briglie che si realizzavano in passato, quando si utilizzavano principalmente materiali naturali reperibili sul posto, e che di recente sono state riscoperte nell'ambito dell'ingegneria naturalistica.

**Figura 6.1.13:** Schemi costruttivi di briglie in legname e pietrame di semplice realizzazione. Si osservi la platea in massi disposti con asse principale verticale per impedire lo scalzamento alla base (da VIAPPIANI, 1923).



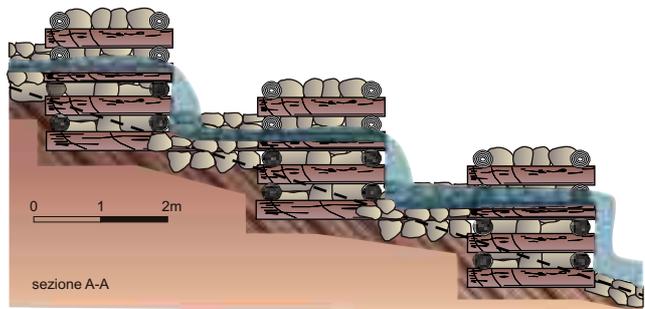
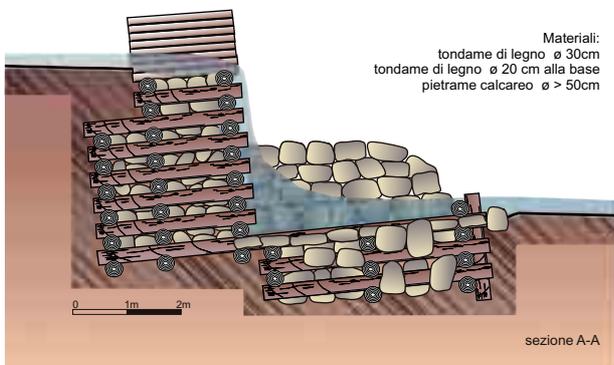
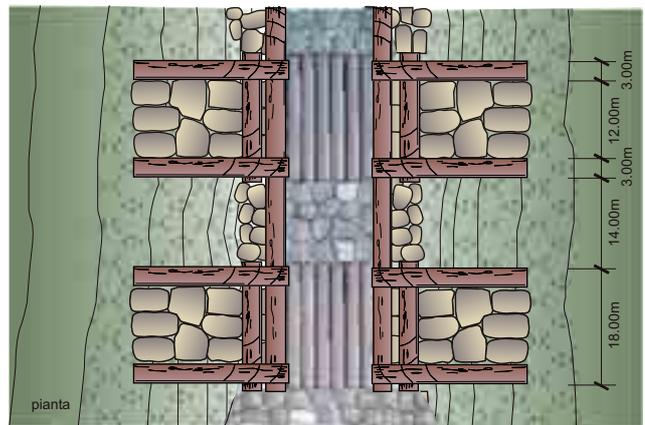
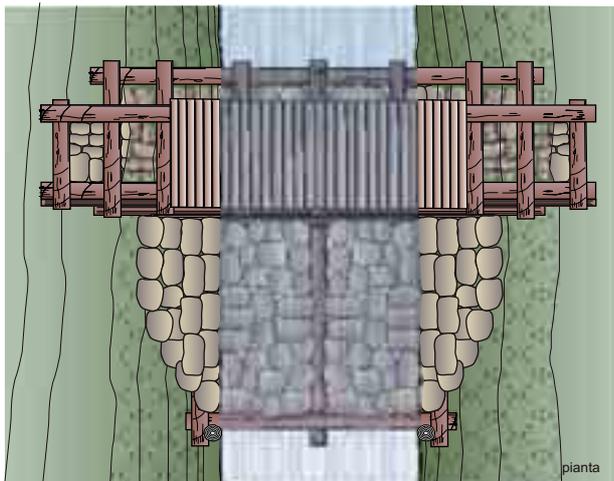
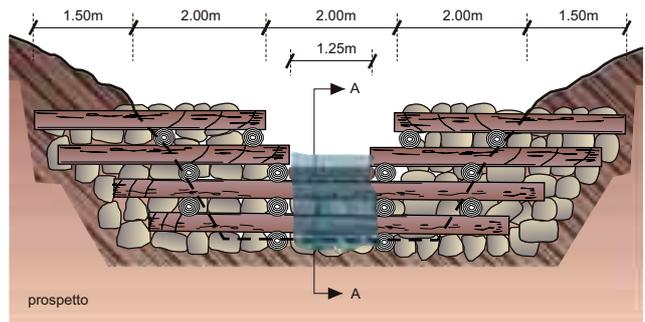
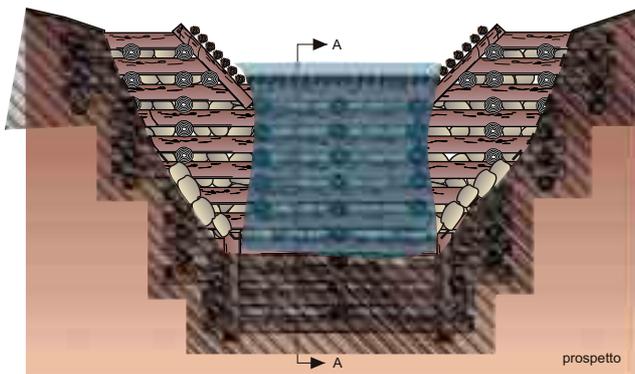
L'altezza di queste opere generalmente non supera 1,50 m dal fondo alveo al piano della gaveta.

I tronchi sono collegati tra loro con chiodi e grappe metalliche in modo che la briglia venga ad assumere la forma di un cassone.

Quanto alle dimensioni da assegnarsi alle briglie di legname, o miste di legname e pietrame, si osserva la consuetudine di ritenere che lo spessore alla base sia circa uguale all'altezza della briglia.

**Figura 6.1.14:** Briglie in legname e pietrame costruite sulla conoide incisa di un torrente (Friuli).





**Figura 6.1.15:** Schemi che mostrano le diverse viste di una briglia in legname e pietrame. La gaveta è rivestita con piccoli tondame di legno che possono venire sostituiti una volta usurati. Il piede è protetto dallo scalzamento con un cassone in legno riempito e rivestito di pietrame.

**Figura 6.1.16:** Gradinata di briglie in legname e pietrame collegate per mezzo dei traversi in legno e dotate di rivestimento protettivo in pietrame nel tratto di collegamento

È raccomandabile che la gaveta sia rivestita con tondame (intero o diviso a metà) disposto nel senso della corrente.

La protezione che si realizza a valle della briglia, dove impatta la lama stramazante è generalmente suddivisa in campi delimitati da travi di legname per contenere eventuali dissesti all'interno di un campo e limitare così anche gli interventi di ripristino. La protezione deve, ovviamente, interessare anche le sponde per una adeguata altezza.

La vita di queste opere, con riferimento alla durabilità del legname, può superare i 30 anni, in dipendenza dal tipo di essenza e dal fatto che mantenga un alto grado di umidità abbastanza costantemente. Solitamente è impiegato tondame di larice o castagno con diametro 20-40 cm e pietrame con diametro di 20-40 cm.

Sono state realizzate opere di questo tipo alte anche più di 10 m. Tuttavia è stato dimostrato che gli stati di sollecitazione interna di strutture così grandi non presentano sufficienti livelli di sicurezza soprattutto per quanto concerne gli sforzi di taglio prodotti in corrispondenza delle connessioni. Per tali ragioni ed anche per ridurre i problemi di dissipazione dell'energia a valle, è bene non superare i 2 m circa e piuttosto preferibile diminuire la distanza delle opere della gradinata.

**Figura 6.1.17:** Sistemazione a gradinata con briglie in legname pietrame, con gaveta rivestita in tondame di piccolo diametro si notino inoltre le talee di salice inserite nelle ali delle briglie. Sulle sponde rimodellate si possono osservare opere di stabilizzazione realizzate con talee di salice (gradonate vive).



**Figura 6.1.18:** Particolare della gaveta rivestita con tondame di legno.



## Descrizione e Caratteristiche

### Briglie in gabbioni

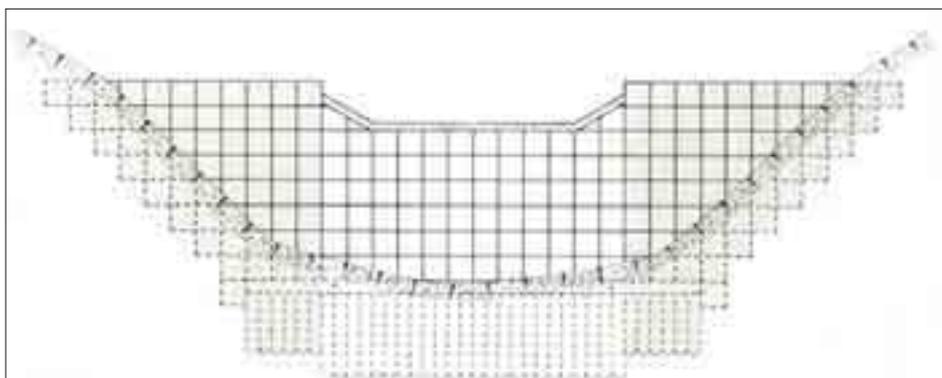
I gabbioni ed i materassi possono essere convenientemente usati per la costruzione di briglie a gravità in tutte quelle situazioni in cui non vi sia un trasporto solido troppo grossolano che possa danneggiare le reti metalliche. Risultano particolarmente convenienti nel caso in cui sia possibile utilizzare del materiale lapideo reperito in loco. Si possono realizzare briglie a gravità che hanno le stesse caratteristiche geometriche di quelle costruite in calcestruzzo: strutture dotate di gaveta, controbriglia, bacino di dissipazione.

**Figura 6.1.19:** Schema di una briglia in gabbioni dotata di controbriglia e vasca di dissipazione rivestita con gabbioni di spessore 0.50 m.



È necessario prevedere sempre il rivestimento della gaveta con calcestruzzo armato, poiché la rete metallica non resisterebbe a lungo in una posizione in cui è così fortemente sollecitata. Nel bacino di dissipazione invece, grazie all'assorbimento di energia dovuto al cuscino d'acqua che si forma, è possibile usare rivestimenti in gabbioni di altezza 0.5-1.0 m. Nel caso in cui si prevedano azioni molto intense dovute alla corrente ed al trasporto solido, si può prevedere un rivestimento con massi eventualmente legati con malta.

**Figura 6.1.20:** Nella foto: briglia in gabbioni a paramento verticale e gaveta rivestita in calcestruzzo. Il paramento ai lati della gaveta, dove non è sottoposto all'azione dell'acqua e del trasporto solido, è gradonato per migliorare la stabilità della struttura. Nel disegno si osserva l'immorsamento delle ali della stessa briglia e le fondazioni su pali per prevenire lo scalzamento.



I vantaggi derivanti dall'uso dei gabbioni risiedono soprattutto nell'elevata flessibilità delle strutture che si possono realizzare e nella minore influenza delle spinte dovute all'acqua grazie alla permeabilità elevata degli elementi riempiti con pietrame (anche se a lungo termine non si possono considerare completamente permeabili). Per le ragioni sopra esposte i gabbioni si prestano particolarmente bene per interventi su terreni argillosi quali quelli delle formazioni calanchive.

**Figura 6.1.21:** Una sistemazione a gradinata con briglie in gabbioni in una incisione in formazioni di tipo calanchivo. Le briglie non sono ancora state riempite a tergo dai sedimenti.



**Figura 6.1.22:** Sistemazione in gabbioni realizzata nell'ambito delle opere accessorie per l'autostrada Messina-Palermo.



## Descrizione e Caratteristiche

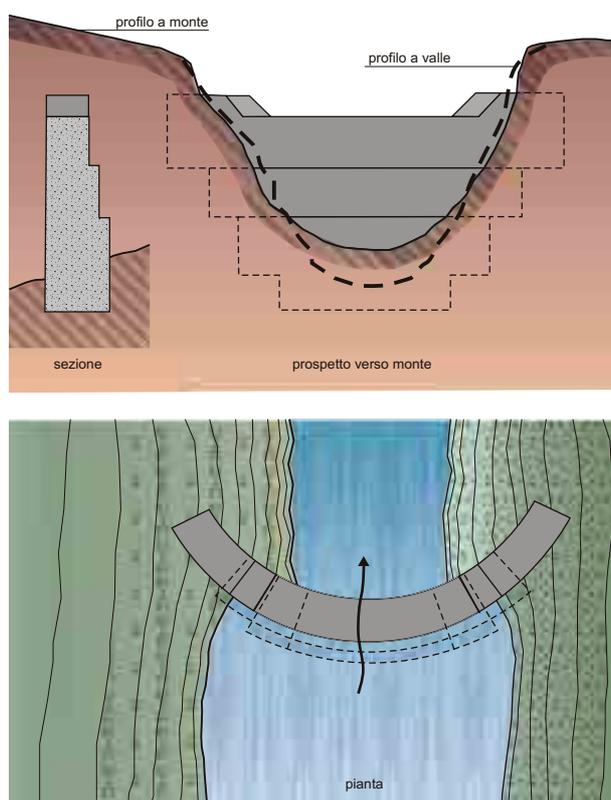
### Briglie ad arco

Le briglie ad arco a gravità trovano applicazione in caso di alveo stretto ed inciso fra pareti rocciose alle quali la struttura ad arco trasferisce la spinta. Con sponde in roccia compatta e rapporto tra larghezza al coronamento ed altezza  $< 3-4$ , sono convenienti le briglie ad arco.

Queste strutture in calcestruzzo generalmente sono caratterizzate da un angolo al centro di circa  $120^\circ$ , che può ridursi a  $85^\circ$  per gli anelli più bassi.

La sezione della briglia è trapezia con spessore del coronamento stimato come per le briglie a gravità rettilinee.

**Figura 6.1.23:** Viste schematiche di una briglia ad arco. La struttura è costituita da anelli sovrapposti con angolo al centro che diminuisce verso il basso per adattare la struttura alla morfologia dell'alveo in roccia.



**Figura 6.1.24:** Briglia ad arco in c.a. rivestita in pietra. Torrente Lamone in comune di Marradi (FI).

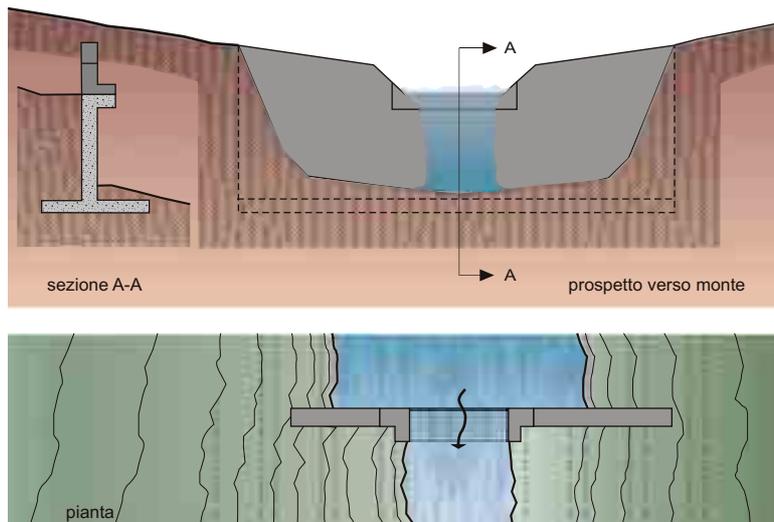


## Descrizione e Caratteristiche

### Strutture auto stabili

Le strutture auto stabili (DEYMIER et al., 1995) sono opere in calcestruzzo armato che in virtù della mensola in fondazione sfruttano il peso del terreno a tergo come contributo alla stabilità. Costituiscono il tipo più conveniente di briglia di correzione in sistemazioni a gradinata per altezze variabili da 3 a 8 m, tenendo conto della convenienza di utilizzare strutture a gravità per le altezze inferiori e tipologie a contrafforti per le altezze superiori. La struttura è utilizzabile anche in caso di terreni di fondazione con scadenti caratteristiche meccaniche, potendo disporre nella fondazione di una armatura adatta a sopportare cedimenti differenziali. Se l'alveo è stretto e l'ammorsamento nelle sponde può essere affidabile, si può ricorrere alla tipologia detta "a piastra".

**Figura 6.1.25:** Viste schematiche di una briglia autostabile. Questa briglia in cemento armato è caratterizzata dagli stessi elementi geometrici di una briglia a gravità in corrispondenza del coronamento. Il corpo invece è più sottile, essendo la struttura in cemento armato e la stabilità è garantita dalla presenza della mensola posteriore. Si osservi la sagoma della gaveta aggettante a valle per evitare sgocciolamenti sul paramento di valle e per allontanare la caduta dei massi dalla fondazione.

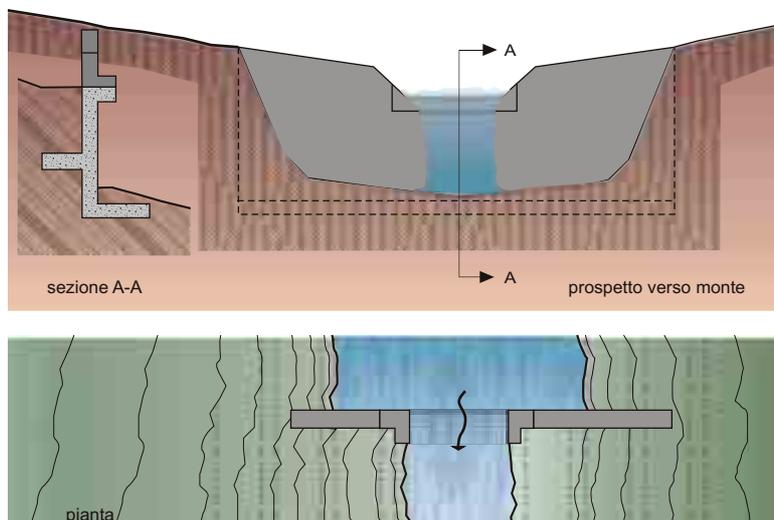


## Descrizione e Caratteristiche

### Strutture con stabilizzatore posteriore

Le strutture con stabilizzatore posteriore (DEYMIER et al., 1995) sono una tipologia derivata da quella detta "autostabile" interessante nei casi di intervento su versanti instabili perché presenta un ridotto volume della fondazione; grazie alla presenza di uno stabilizzatore che intercetta il cuneo attivo è infatti possibile ridurre significativamente la spinta del terreno a tergo; questa tipologia di briglia consente inoltre di minimizzare lo spessore della parete verticale in quanto si verifica una riduzione del momento all'incastro nella fondazione.

**Figura 6.1.26:** Briglia in cemento armato dotata di uno stabilizzatore posteriore per contrastare la spinta del terreno. (DEYMIER et al., 1995).



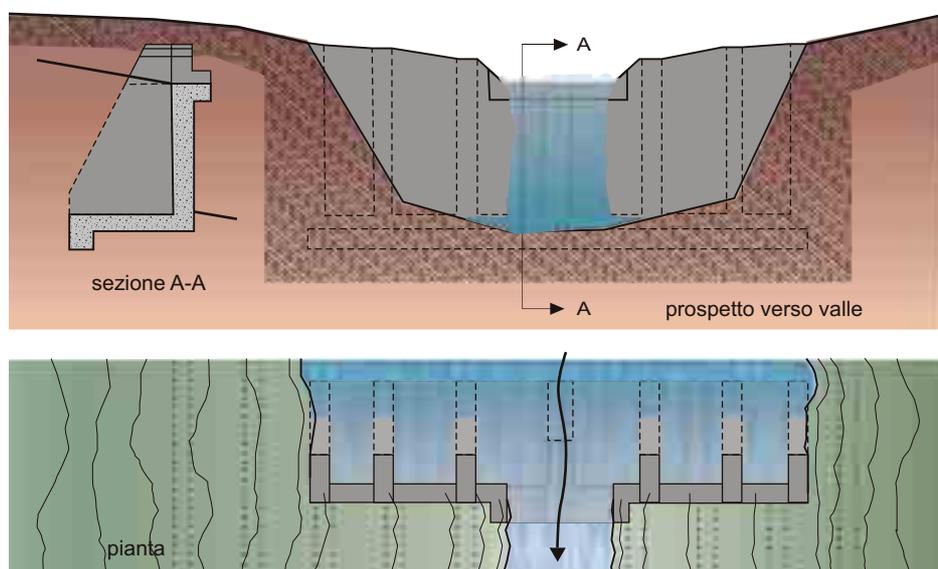
## Descrizione e Caratteristiche

### Briglie a contrafforti

Le briglie a contrafforti (DEYMIER et al., 1995) sono una tipologia che permette di raggiungere altezze elevate ( $> 10\text{ m}$ ). Si hanno strutture con contrafforti a monte o a valle, strutture piene (briglie di consolidamento) o aperte (briglie di controllo delle piazze di deposito). Utilizzando le caratteristiche di resistenza dei materiali, si possono ottenere sensibili riduzioni dello spessore della parete verticale e della fondazione. Si considera che la struttura a contrafforti sia più conveniente di quella autostabile per altezze superiori a 5-6 m, ma richiede, specialmente per altezze di 8-10 m, tempi di realizzazione più lunghi e cantieri più complessi. La struttura aperta con contrafforti a valle è considerata ideale per il controllo delle piazze di deposito permettendo di raggiungere altezze rilevanti e quindi di accumulare ingenti quantità di materiali pur consentendo, attraverso l'apertura, il deflusso della corrente senza raggiungere rilevanti altezze d'acqua.

In questo tipo di opere possono nascere problemi di ingombro nei confronti della lama d'acqua stramazzone dalla gaveta e la necessità di mascheramento per motivi ambientali.

**Figura 6.1.27:** Le briglie di altezza elevata possono venire realizzate convenientemente secondo la tipologia a contrafforti. La stabilità dell'opera è garantita dalla presenza della mensola e la resistenza interna è ottenuta per mezzo dei contrafforti. Questi ultimi possono essere posteriori od anteriori; la seconda configurazione sarà da preferirsi nel caso di sollecitazioni molto elevate.



**Figura 6.1.28:** Esempio di briglia a contrafforti a monte con apertura sbarrata da profilati in acciaio adatta al controllo delle piazze di deposito. I profilati possono essere rimovibili per facilitare lo svuotamento. (T. Champegron, Oulx, TO).

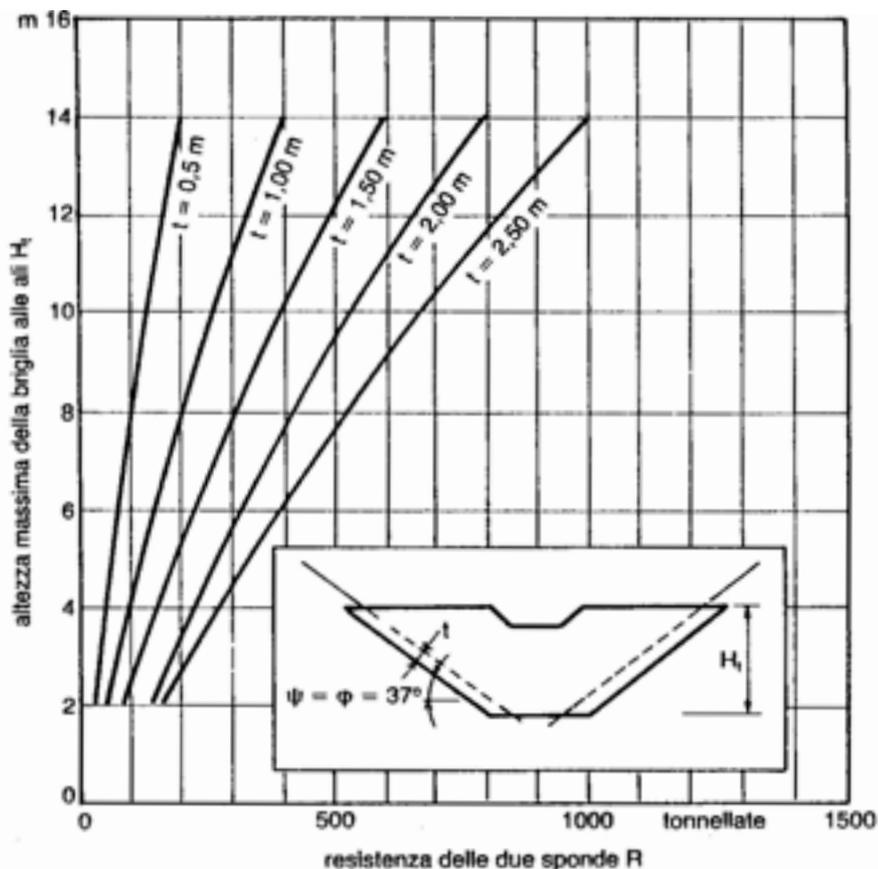


## Descrizione e Caratteristiche

### Strutture a piastra

Le strutture a piastra (DEYMIER et al., 1995) sono una semplice parete monolitica in calcestruzzo armato (in pratica il solo corpo della briglia senza fondazione) che si regge contando sull'apporto delle sponde. Pertanto è necessaria attenzione per il dimensionamento della gaveta e il funzionamento delle feritoie in quanto la corrente non deve assolutamente entrare in contatto con il versante e la spinta dell'acqua, a regime, deve essere annullata. Con queste precauzioni, la tipologia si rivela economicamente vantaggiosa nei siti con alveo stretto (meno di 8-10 m alla base) e incassati in terreni consistenti: la resistenza passiva che può offrire il terreno in cui si immorsano le spalle dell'opera è il parametro fondamentale per garantire la stabilità dell'opera. La stabilità interna può essere verificata sulla base di uno schema consistente in travi orizzontali appoggiate agli estremi oppure secondo lo schema a piastra.

**Figura 6.1.29:** Il diagramma consente di definire la resistenza passiva offerta dal terreno in cui si immorsano le ali di una briglia a piastra. La forza stabilizzante dipenderà dalla geometria della briglia e dall'angolo di resistenza al taglio del terreno. (Lichtenhan C.)



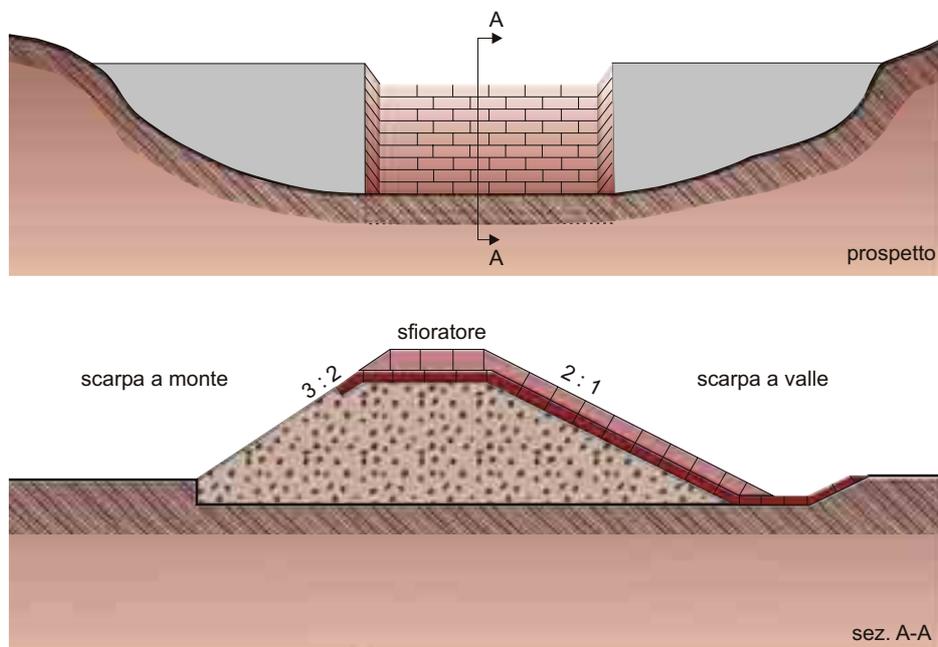
## Descrizione e Caratteristiche

### Briglie in terra

Sono opere di uso antico e particolarmente adatte alla soluzione dei problemi di sistemazione nei torrenti collinari dove, essendo l'alveo scavato in materiali fini e argillosi non si può realizzare un contatto corretto fra un'opera in calcestruzzo e il terreno di fondazione (a meno di costosi interventi di consolidamento e impermeabilizzazione). Vale quindi, come segnala BENINI (1990), il "criterio costruttivo generale che consiglia una sufficiente analogia costituzionale tra l'opera ed il terreno di fondazione". Le briglie in terra risultano particolarmente adatte in queste situazioni grazie ai contenuti valori di pressione che esercitano in fondazione e per la loro capacità di adattarsi ai cedimenti del terreno.

La costruzione di una briglia in terra viene preceduta dall'asportazione del terreno superficiale fino ad arrivare ad uno strato privo di residui vegetali e comunque non meno di 0.50 m di terreno. L'opera viene dimensionata tenendo conto di dover dare al paramento di valle una inclinazione dell'ordine di 1:2 e di 2:3 a quello di monte. La larghezza al coronamento deve essere tale da permettere il transito di mezzi meccanici. La costruzione avviene distendendo strati di terreno di circa 20-30 cm di spessore compattati utilizzando speciali rulli. La granulometria del materiale deve essere controllata per garantire la corretta percentuale di sabbia.

**Figura 6.1.30:** Tipologia di briglia in terra messa a punto dal Consorzio di bonifica della Val d'Era presso Volterra caratterizzata dallo scivolo centrale rivestito con lastre in calcestruzzo e delimitato da arginelli (da PUGLISI & TRISORIO-LIUZZI, 1992).



**Figura 6.1.31:** Esempio di briglia in terra con sfioratore in calcestruzzo. La foto in basso ripresa in un tempo successivo rispetto alla foto sopra, mostra il rialzo effettuato in seguito al riempimento della struttura inferiore. (da Puglisi & Trisorio-Liuzzi, 1992).

Le briglie in terra non possono essere tracimate, perciò devono essere dotate di uno sfioratore sufficiente allo smaltimento della portata di piena, calcolata con ampio margine di sicurezza. Lo sfioratore di tali briglie è costituito da uno scivolo posto al centro della struttura, realizzato disponendo lastre di calcestruzzo prefabbricate, gabbioni in rete metallica a doppia torsione riempiti con pietrame, oppure inserendo una vera e propria struttura in calcestruzzo con muri d'ala e controbriglia. Le briglie in terra si prestano ad essere sopraelevate nel tempo allorché si realizza il completo interrimento del bacino a monte.

Un'altra soluzione adottata per la costruzione di piccole briglie in terra, in tempi recenti, è quella del rinforzo dei terreni. Vengono utilizzati i terreni reperiti in posto, migliorandone le caratteristiche meccaniche grazie all'impiego di rinforzi di vario genere: rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plasticata o geosintetici. Anche in questo caso è importante la protezione dall'erosione, che si potrà attuare per mezzo di gabbioni e materassi in rete metallica a doppia torsione, posti sulla gavetta, sul paramento ed al piede. Con questo sistema si ottengono delle strutture molto deformabili, ideali per le applicazioni su terreni argillosi, inoltre è possibile utilizzare il terreno locale adeguatamente compattato rinverdendo completamente la struttura qualora si utilizzi per la protezione dall'erosione un geocomposito tridimensionale posto sul paramento ai lati della gaveta.

**Figura 6.1.32:** La foto mostra una piccola briglia in terra rinforzata completamente rinverdita costruita su un calanco; la struttura è stata realizzata col terreno stesso del calanco e rinforzata con elementi in rete metallica a doppia torsione a maglie esagonali rivestiti in materiale plastico. Sullo sfondo si vede una briglia in legname e pietrame (calanchi di Canossa)



## Descrizione e Caratteristiche

### Soglie

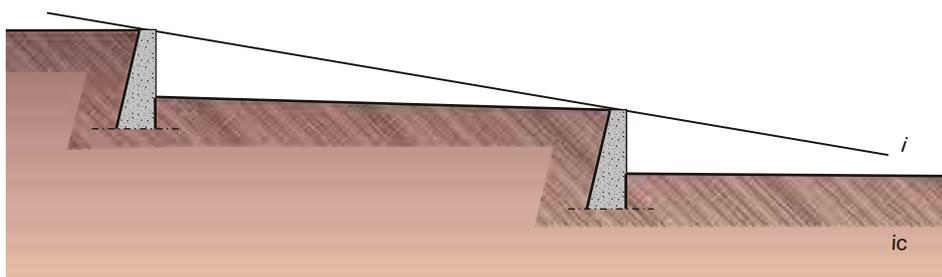
Come indicato precedentemente le soglie sono, a differenza delle briglie, opere trasversali non sporgenti: con lo scopo primario di fissare nella sezione considerata il fondo dell'alveo circa alla stessa quota dell'alveo naturale.

Le soglie possono essere impiegate sia nelle sistemazioni a gradinate che isolatamente, e trovano applicazione oltre che nelle correzioni dei torrenti nella stabilizzazione del fondo dell'alveo dei fiumi di pianura.

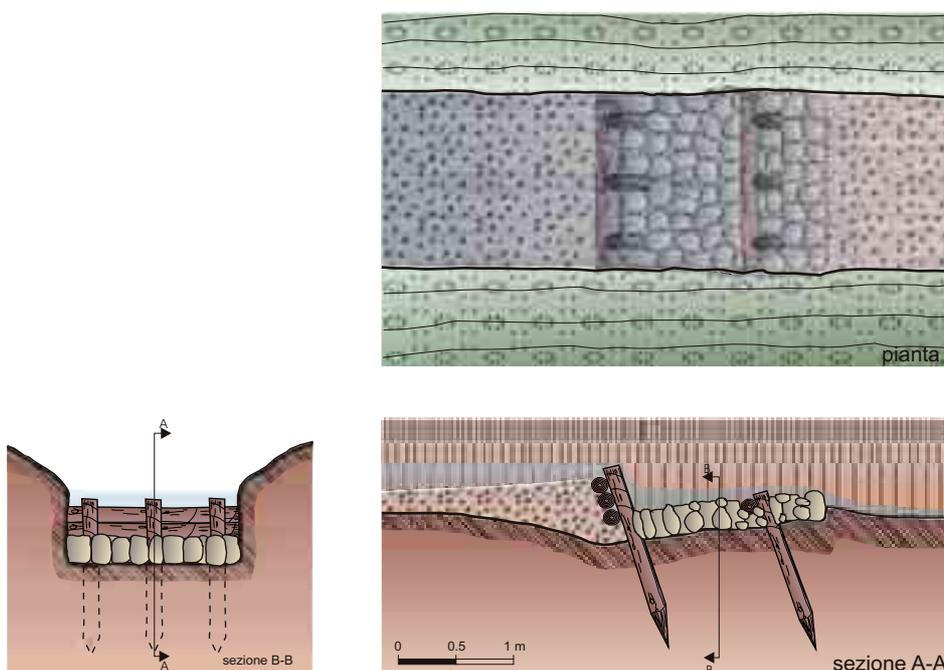
Nel primo caso, diversamente dalle briglie, tra una soglia e l'altra, al succedersi delle piene e delle morbide, l'asportazione del prisma di materiale d'alveo compreso tra due soglie successive provoca una diminuzione di pendenza.

Dal punto di vista del dimensionamento le soglie andranno trattate come delle briglie, poiché nel tempo verranno a trovarsi in condizioni di sollecitazione simile. A differenza di quelle però bisognerà tenere conto degli effetti dell'erosione a valle, che può indurre movimenti nella struttura se questa non è adeguatamente fondata. Inoltre poiché l'equilibrio si raggiunge attraverso l'erosione e non il deposito, si dovrà tenere conto degli eventuali fenomeni di instabilità che questa potrebbe indurre nei versanti presenti tra una soglia e l'altra. Questo tipo di opere possono essere costruite in calcestruzzo o con massi vincolati; l'uso del legname mal si presta per la difficoltà di creare cassoni in scavo nell'alveo e per l'impossibilità in genere di infiggere pali in un alveo in cui sono presenti trovanti.

**Figura 6.1.33:** Sistemazione a gradinata con soglie. Il terreno tra un'opera e l'altra verrà eroso dal corso d'acqua, fino al raggiungimento della pendenza di correzione.



**Figura 6.1.34:** Piccole soglie in legname e pietrame, utilizzate per fissare la quota di fondo di corsi d'acqua minori. Si può realizzare solo in condizioni in cui sia possibile infiggere i pali di legno nel terreno.



**Figura 6.1.35:** Sistemazione a gradinata con soglie di fondo nella conoide di un torrente. Il sistema muri di sponda più soglie, impedisce la divagazione laterale del torrente e l'approfondimento del fondo per erosione.



**Figura 6.1.36:** Le soglie vengono utilizzate anche isolatamente per controllare localmente la quota di fondo di un corso d'acqua. Questo avviene normalmente nei fiumi, presso i ponti, dove è necessario preservare le pile dallo scalzamento dovuto all'aumento di velocità dell'acqua ed all'evoluzione a più grande scala dell'alveo.

