

Generalità

Il controllo del trasporto solido è un problema che si presenta principalmente nei corsi d'acqua di montagna; questi generalmente sono alimentati da bacini caratterizzati da un rilievo geologicamente giovane, in evoluzione, e quindi interessato dalla presenza più o meno diffusa di fenomeni erosivi. I corsi d'acqua di montagna vengono distinti generalmente in:

- **torrenti di erosione;**
- **torrenti di trasporto.**

I primi hanno capacità di trasporto maggiore rispetto al tasso di alimentazione di materiale eroso proveniente dal bacino e pertanto saturano la capacità di trasporto residua con materiale eroso lungo l'alveo; i secondi, invece, si limitano a trasportare il materiale eroso proveniente dalla superficie del bacino senza avere la capacità di prenderne in carico dal fondo e dalle sponde dell'alveo. In certi casi, localmente, il volume di trasporto solido in eccesso viene depositato lungo l'alveo e può essere causa di esondazione o di ostacolo al deflusso delle acque. In quest'ultimo caso le conseguenze possono essere pericolose per la stabilità delle sponde e dei versanti che possono venire scalzati dalla corrente costretta a deviare rispetto al corso naturale.

L'eccesso di trasporto solido inoltre può dar luogo ad accumuli negli alvei di materiale che può successivamente mobilizzarsi in forma di colate detritiche caratterizzate da elevata capacità distruttiva.

Figura 5.0.1: Un esempio di torrente in scavo. L'alveo è inciso profondamente nel detrito e sulle sponde ripide sono evidenti e segni di instabilità. Oltre al materiale lapideo, nell'alveo si possono vedere delle piante. In occasione di eventi alluvionali sono le piante il materiale che può creare i maggiori problemi accumulandosi in corrispondenza delle opere d'arte e impedendo il deflusso delle acque.



Figura 5.0.2: Esondazione dovuta ad eccesso di trasporto solido e sovralluvionamento in zona di conoide. Il deposito del trasporto solido in corrispondenza della rottura di pendenza presso lo sbocco a valle del torrente, dà luogo all'innalzamento del fondo e conseguente esondazione. Oltre a questo fenomeno, spesso in queste condizioni, si riversano a valle le colate di fango o di detrito che si innescano nelle parti alte dei bacini, con conseguenze che possono essere devastanti. (Vallescura, BG)



Le soluzioni a problemi di eccesso di trasporto solido possono essere di due tipi:

- interventi di tipo attivo: vengono realizzati direttamente sui versanti combinando quelli di carattere intensivo con quelli estensivi (stabilizzazione di frane e controllo dell'erosione);
- interventi di tipo passivo: si effettuano lungo il corso d'acqua allo scopo di intercettare il materiale trasportato prima che possa venire depositato in maniera incontrollata causando danni.

Gli interventi di tipo passivo sono costituiti dalle cosiddette briglie di "trattenuta" e dalle piazze di deposito.

- **Le briglie di trattenuta**, sono opere trasversali che intercettano il trasporto solido ed il materiale flottante in maniera pianificata ed in luoghi dove periodicamente sia possibile asportare i sedimenti.
- **Le piazze di deposito**, spesso posizionate sulla conoide o prima di essa, hanno il compito di provocare la deposizione preferenziale del materiale in aree sufficientemente vaste e pianeggianti, lontane dai punti sensibili.

Entrambi i sistemi descritti sopra, presuppongono che sia programmata un'attenta manutenzione poiché tali opere riempiendosi di depositi alluvionali divengono inefficaci ed anzi possono risultare pericolose.



Figura 5.0.3: Briglia di trattenuta a finestre. La struttura massiccia e di grandi dimensioni è stata quasi completamente riempita a tergo dai sedimenti depositi dalla corrente. E' necessario procedere alla manutenzione per ripristinare a pieno la funzionalità dell'opera.



Figura 5.0.4: Piazza di deposito con briglia a fessura per il trattenimento dei sedimenti. L'opera deve essere abbastanza grande da contenere i sedimenti che possono deporsi almeno nell'arco di un evento importante. Per mantenerne la funzionalità sono molto importanti le manutenzioni periodiche e successivamente ad eventi estremi.

Generalità

Nella seconda metà del secolo scorso si è sviluppata la tecnica di costruire briglie dotate di ampie aperture aventi la funzione di lasciare passare solo il materiale più fine trattenendo il materiale grossolano.

Queste strutture oggi prendono il nome di briglie aperte, mentre in passato venivano anche indicate come briglie selettive o filtranti.

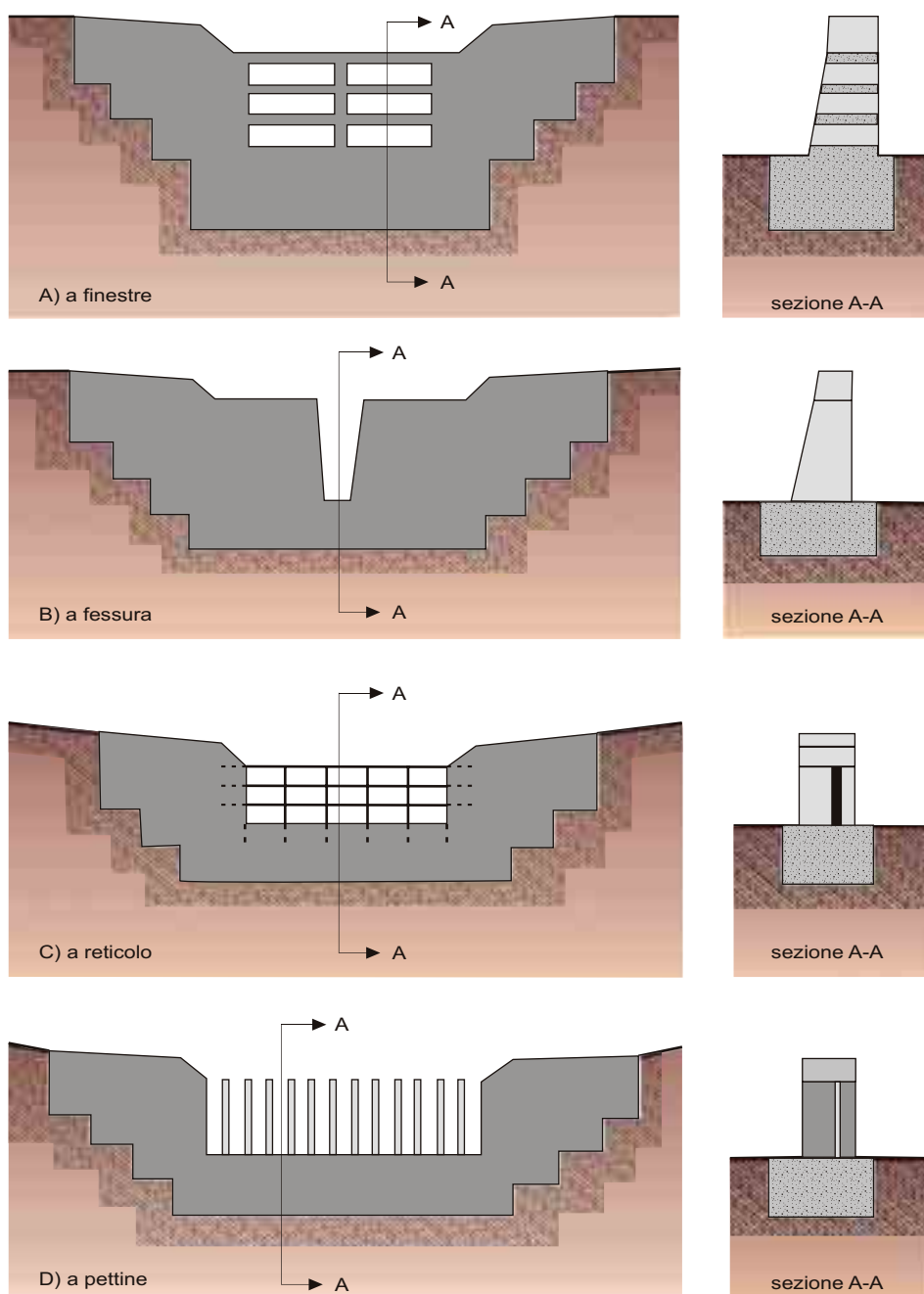
Si distinguono due categorie di briglie aperte: quelle studiate per trattenere il trasporto solido di fondo e quelle impiegate per intercettare anche il materiale flottante.

Figura 5.1.1: Tipologie di briglie aperte:

- a) a finestre
- b) a fessura
- c) a reticolo
- d) a pettine

Hanno la caratteristica di lasciare passare l'acqua trattenendo i sedimenti in carico alla corrente ed il materiale flottante. Le diverse tipologie si adattano a differenti caratteristiche del regime dei corsi d'acqua e del tipo di trasporto solido.

Se ben progettate le briglie per il trattenimento dei sedimenti, vengono ripulite dal materiale più fine dalla corrente stessa nei periodi di morbida.



Briglie per il trattenimento del trasporto di fondo

Ne esistono due tipi: a “fessura” e a “finestre”.

Queste strutture lasciano transitare senza apprezzabile disturbo le portate ordinarie, mentre in occasione delle piene provocano un rigurgito che, rallentando l'acqua, causa la deposizione del materiale di medie grandi dimensioni in carico alla corrente.

Una volta esauritasi la piena, la corrente di morbida asporta il materiale di dimensioni medie e lo ridistribuisce a valle. Questo fenomeno garantisce una efficienza più prolungata delle opere e non altera eccessivamente il bilancio dei materiali trasportati dal corso d'acqua.

Briglie per il trattenimento del materiale flottante

Le cosiddette briglie a “reticolo” ed a “pettine”, hanno il compito di intercettare il materiale galleggiante oltre al trasporto solido di fondo.

Queste briglie consentono di intercettare quei materiali, tronchi e ceppaie che creano così tanti problemi in occasione delle piene in corrispondenza dei ponti e tombini.

A differenza delle opere descritte precedentemente, queste necessitano di una manutenzione immediata, al termine di ogni evento, in quanto vengono completamente ostruite dal materiale intercettato.

Figura 5.1.2: Briglia a fessura.



Figura 5.1.3: Briglia a pettine occlusa dal materiale trasportato.



Descrizione e Caratteristiche

Briglie aperte a finestre (BENINI, 1990)

Sono briglie (vedi strutture di base) il cui corpo è caratterizzato dalla presenza di una serie di aperture rettangolari che hanno il compito di lasciar passare a valle i materiali fini e di trattenere quelli più grossolani. La dimensione della finestra deve essere dell'ordine di grandezza di 1.5-2 volte le dimensioni del materiale più grande da trattenere. Le piene con ingente trasporto solido non devono transitare attraverso le finestre, ma il livello dell'acqua deve innalzarsi sopra la soglia della gaveta. A monte si forma un rigurgito ed il conseguente rallentamento provoca la deposizione del materiale solido.

Nella fase di morbidia, il deflusso dovrebbe provvedere al trasporto a valle del materiale solido di minori dimensioni. Nella realtà si assiste spesso al totale intasamento delle luci delle finestre, anche a causa del materiale vegetale

Le dimensioni delle finestre possono aumentare fino ad avere un reticolo di travi di acciaio o calcestruzzo e la briglia viene appunto denominata a "reticolo". In questo caso le dimensioni delle aperture sono tali che il materiale di trasporto solido lapideo passa liberamente nella parte bassa, mentre nella parte alta viene intrappolato il materiale legnoso fluitato. In realtà con il procedere dell'accumulo di tronchi e rami, si crea un ostacolo al deflusso che comporta un rigurgito ed una deposizione della frazione più grossolana del materiale lapideo.

Figura 5.1.4: Esempio di briglia aperta a finestre orizzontali, adatta a trattenere anche materiale di medie dimensioni.



Figura 5.1.5: Briglia aperta a finestre. Il volume disponibile a tergo dell'opera per il trattenimento del trasporto solido è parzialmente riempito e richiederebbe un intervento di manutenzione per ripristinare completamente la funzionalità della briglia. (Valmalenco, SO)



Descrizione e Caratteristiche

Briglie aperte a fessura (BENINI, 1990)

Si tratta di strutture con scopi analoghi a quelli delle briglie a finestre, ma che risultano più efficienti. Sono briglie caratterizzate da una apertura centrale di forma trapezoidale quasi rettangolare. La fessura deve essere dimensionata in maniera opportuna affinché sia soddisfatto un compromesso tra il trattenimento della massima quantità possibile di materiale solido durante la piena e il maggiore svuotamento possibile durante la fase calante della piena.

Per motivi statici le briglie a fessura, che spesso raggiungono altezze rilevanti per consentire l'accumulo di grandi volumi di materiale a monte, sono frequentemente realizzate con la tipologia a contrafforti, ove la trave orizzontale aggiunge stabilità alle due pareti della briglia essendo lo spessore contenuto in 0:60 m con altezza massima di 9 m circa.

La necessità di fermare materiali di grandi dimensioni e di lasciar defluire a valle i materiali trasportati dalle piene ordinarie può indurre ad aumentare le aperture in numero e dimensioni fino ad eliminare del tutto la parete piena, eventualmente sostituita da robusti profilati o tubi di acciaio rimovibili nel caso si debba consentire l'accesso di mezzi meccanici da valle.

Nei casi in cui si prevede l'accesso di mezzi meccanici a tergo della briglia attraverso la fessura, questa dovrà avere una larghezza della base non inferiore a 2.5 m



Figura 5.1.6: Briglia a fessura con contrafforti e traverse. La fessura è dotata di tubolari amovibili di sbarramento e la sua larghezza è definita in modo da permettere l'accesso a mezzi meccanici per lo sgombero dei materiali eventualmente accumulati a tergo (Rio Champeyron, Comune di Oulx, TO).



Figura 5.1.7: Briglia a fessura. La fessura è stata dotata di profilati d'acciaio che non fanno filtrare neanche il materiale di dimensioni medio piccole. Si osserva il rivestimento con scogliera del tratto d'alveo immediatamente a valle della briglia, per evitare l'erosione della corrente.



Figura 5.1.8: Briglia a fessura rettangolare con barre trasversali in profilato di acciaio smontabili da valle per permettere l'asporto del materiale solido in accumulo. Si osservi il paramento di valle rivestito in pietrame locale per migliorare l'impatto visivo della struttura. Sulla sinistra della foto inoltre si può vedere un muro d'ala con funzione di protezione della sponda a valle della briglia. (Comune di Lucca)

Descrizione e Caratteristiche

Briglie a pettine (BENINI, 1990; DEYMIER et al., 1995)

In questo tipo di opere il corpo della briglia è completamente scomparso e viene sostituito da elementi tubolari o putrelle in acciaio, verticali, incastrati nella fondazione in calcestruzzo.

Sono utilizzate con lo scopo principale di trattenere materiale vegetale di grandi dimensioni e devono ovviamente essere mantenute pulite, pena il decadimento della funzionalità.

I singoli elementi di queste strutture possono essere soggetti a momenti flettenti molto elevati, considerando che la briglia si può riempire completamente e che mancano elementi orizzontali in grado di assorbire parte della spinta.

Per tale ragione questo tipo di struttura è poco adatto nel caso in cui si preveda che possano essere interessate dall'impatto di colate detritiche.

Figura 5.1.12: Negli schemi sono mostrate alcune tipologie di briglie a pettine. Le putrelle verticali possono essere immorsate alla base nel calcestruzzo o possono essere fissate a due putrelle trasversali. In questo tipo di opere i punti più sollecitati, che vanno dimensionati con attenzione, sono le zone di immersione delle putrelle nel calcestruzzo.

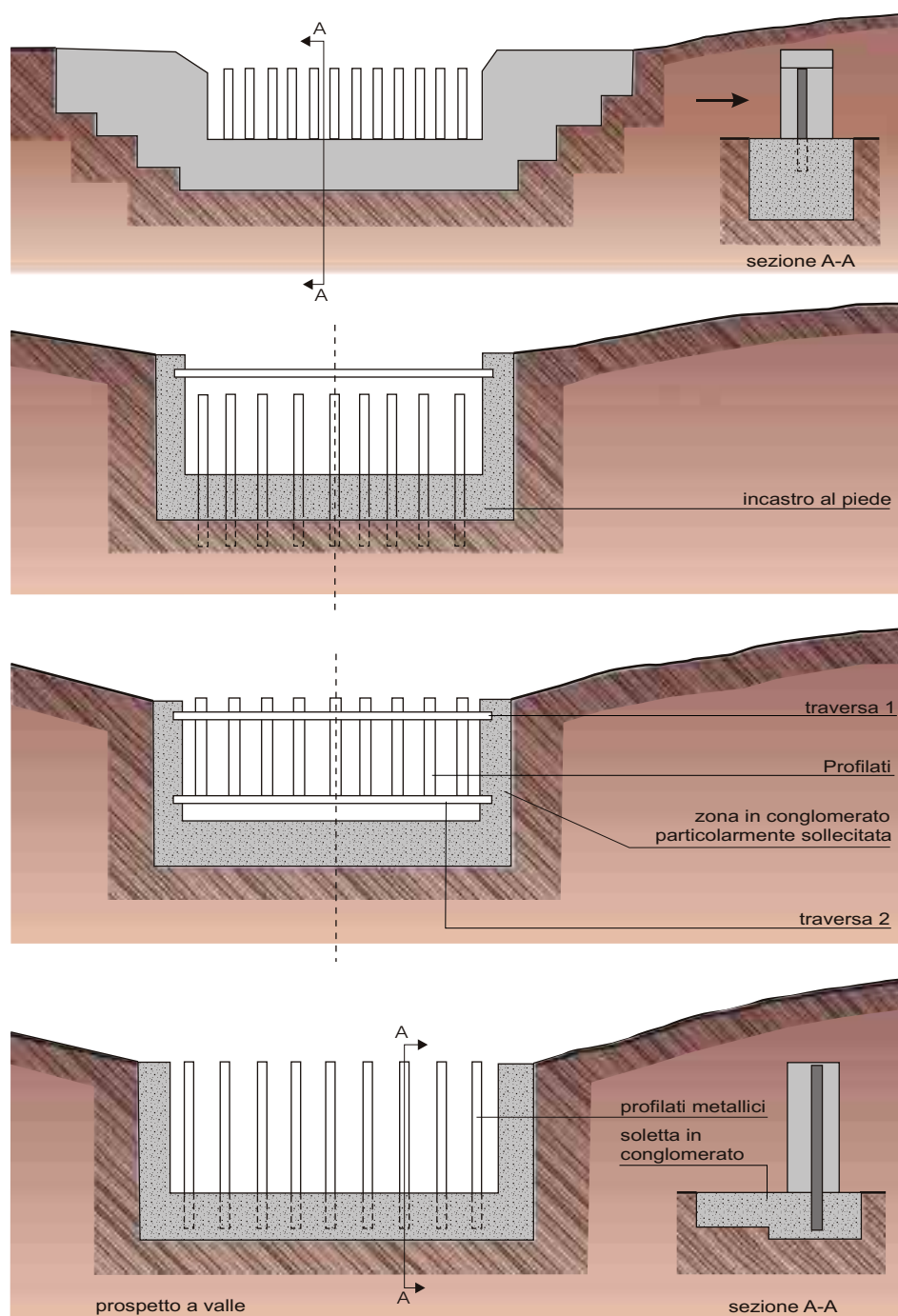


Figura 5.1.9: Briglia a fessura con controbriglia. Fiume Plima (Val Martello BZ).



Figura 5.1.10: La foto mostra il comportamento di una piccola briglia a pettine in occasione di una piena. Il materiale legnoso si accumula a ridosso delle putrelle e l'acqua passa oltre. Se la briglia però viene completamente occlusa l'acqua è costretta ad aggirare l'opera con il rischio di scalzamento o di esondazione. Quando è possibile, in opere di piccole dimensioni, si può intervenire ad asportare il legname per mezzo di escavatori operando dall'alto.



Figura 5.1.11: Le briglie a pettine sono impiegate soprattutto nei torrenti, dove il trasporto solido flottante può essere abbondante a causa delle caratteristiche dei bacini montani. In certe situazioni però le briglie a pettine possono venire impiegate anche nei grandi fiumi di pianura. E' questo il caso in cui sia necessario proteggere delle opere quali ad esempio le casse di espansione o i ponti. (Briglia a monte di una cassa di espansione lungo il Secchia)



Generalità

Questo dispositivo si presta ad arrestare il movimento verso valle dei materiali solidi, lapidei e vegetali, trasportati anche sotto forma di colate detritiche o fangose. Si tratta di aree a bassa pendenza ricavate in tratti in cui la sezione del corso d'acqua si allarga: la diminuzione di velocità della corrente provoca il deposito del materiale trasportato o l'arresto delle colate detritiche. Se non è disponibile una varice naturale è possibile ricavare il bacino di accumulo del materiale solido scavando o realizzando degli argini di contenimento.

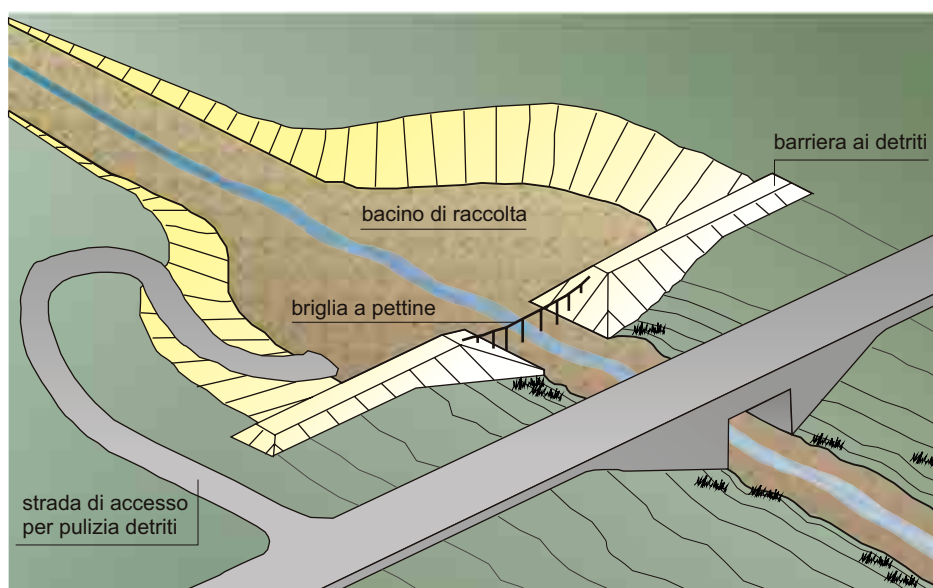


Figura 5.2.1: Schema di piazza di deposito realizzata in scavo.



Figura 5.2.2: Piazza di deposito con creazione di una zona umida. Rio Anteselva (BZ)

A valle della piazza di deposito si pone una struttura trasversale con funzione di trattenuta: una briglia a fessura o a pettine; la configurazione così realizzata consente il passaggio dell'acqua e dei sedimenti più fini in condizioni di deflusso normali, mentre impedisce il transito dei materiali più grossolani e delle colate in occasione degli eventi estremi.

Il mantenimento dell'efficienza di queste opere dipende strettamente dalla manutenzione: devono essere periodicamente svuotate, preferibilmente dopo ogni evento grave, altrimenti riempiendosi dei sedimenti perdono di capacità d'invaso, vengono scavalcate e possono causare anche delle esondazioni.

A monte della piazza di deposito si può realizzare una briglia che svolga la duplice funzione di rallentare ed indirizzare la corrente o la colata prima dell'immissione all'interno del bacino, in tal modo si riduce l'erosione e si riduce il rischio di by-pass dell'opera.

Per ridurre ulteriormente la velocità della corrente e favorirne l'espansione all'interno della piazza di deposito, si possono realizzare delle briglie o dei setti in terra compattata con una fessura al centro che lasci defluire l'acqua in condizioni normali.

Figura 5.2.3: Briglia a fessura con barre trasversali posizionata in maniera da costituire uno sbarramento e creare a monte della stessa una ampia piazza di deposito per l'accumulo del detrito.

Si osservi il paramento di valle rivestito in pietrame locale per migliorare l'impatto visivo della struttura.

La briglia aperta e gli eventuali argini che possono essere soggetti ad impatto da parte delle colate dovranno essere dimensionati tenendo conto degli effetti dinamici dovuti alla spinta della massa di materiale in rapido movimento e dovranno avere forma ed altezza tali da impedirne lo scavalco. Il bacino della piazza di deposito invece dovrà avere un volume d'invaso sufficiente ad invasare il quantitativo di materiale solido mobilizzabile in occasione almeno di un singolo evento con adeguato tempo di ritorno e dovrà essere dotato di una strada di accesso per i mezzi che devono eseguire le manutenzioni periodiche.



Generalità

Si tratta di un'opera utilizzata nella sistemazione dei torrenti; può essere impiegata sia nei torrenti di trasporto che in quelli in scavo, ma principalmente trova applicazione nel primo caso e nei settori di conoide.

Col termine cunettone, si indica un alveo artificiale sufficientemente regolare, protetto con pietrame legato con malta o altro materiale che non venga eroso dalla corrente.

La protezione impedisce l'erosione dell'alveo ed al tempo stesso diminuisce la scabrezza causando un aumento della velocità della corrente che impedisce la deposizione di sedimenti. In tal modo la diminuzione di scabrezza può compensare gli effetti dovuti alla diminuzione di pendenza.

Questo tipo di sistemazione ha un impatto piuttosto pesante sia dal punto di vista ambientale (cementazione di fondo e sponde), che idraulico (riduzione del tempo di corrvazione) per tali ragioni deve essere riservata ai tratti ove sia strettamente necessaria, e cioè:

- nell'attraversamento dei centri abitati;
- in corrispondenza del cono di deiezione.

Le tipologie di cunettone comunemente usate sono le seguenti:

- di forma trapezia, con fondo e sponde di calcestruzzo rivestite di pietrame duro;
- a pareti verticali, con fondo rivestito in cemento e pietrame e con sponde sostenute da muri di sponda;
- formato con grossi sassi disposti a secco, caratterizzato da impatto visivo gradevole in montano;
- con sponde in lastre di calcestruzzo prefabbricato; solo se il trasporto solido è limitato o di granulometria non troppo grossolana, in quanto il calcestruzzo è facilmente erodibile.

Figura 5.3.1: Esempio di cunettone realizzato con sponde in calcestruzzo e fondo in pietrame squadrate, con l'asse maggiore in verticale, annegato in una fondazione di calcestruzzo magro. L'utilizzo di muri di sponda consente di massimizzare la sezione di deflusso e la sezione completamente rivestita diminuisce la scabrezza. Il manufatto con queste caratteristiche consente di evitare l'esondazione nel tratto finale del torrente, dove la diminuzione di pendenza può causare il deposito del trasporto solido e l'innalzamento del fondo. (CEMAGREF, 1983).

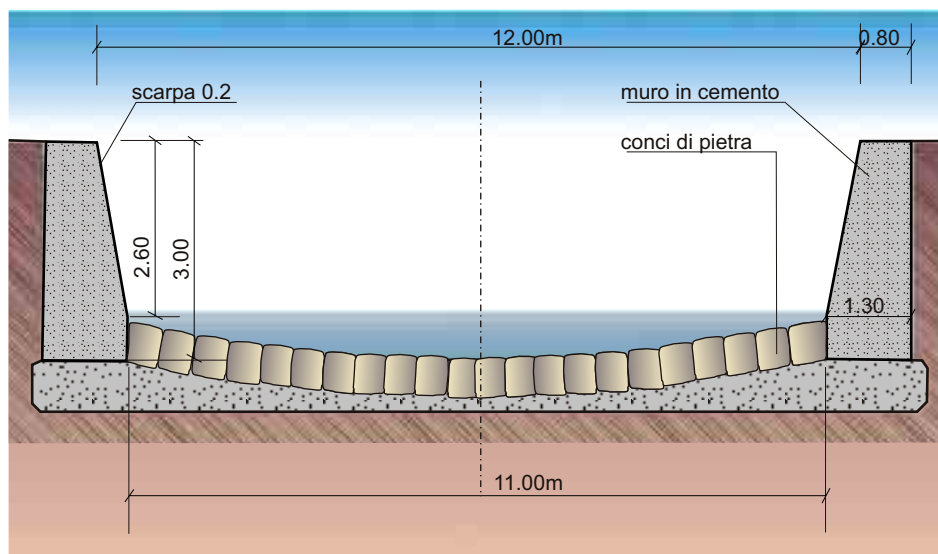


Figura 5.3.2: Nello schema a fianco è raffigurato un cunettone con muri di sponda e fondo in calcestruzzo rivestiti in pietrame. Il pietrame oltre a migliorare l'impatto visivo dell'opera ha la funzione di proteggere il calcestruzzo dall'abrasione e dagli urti dovuti al materiale, anche di grosse dimensioni, in carico alla corrente.

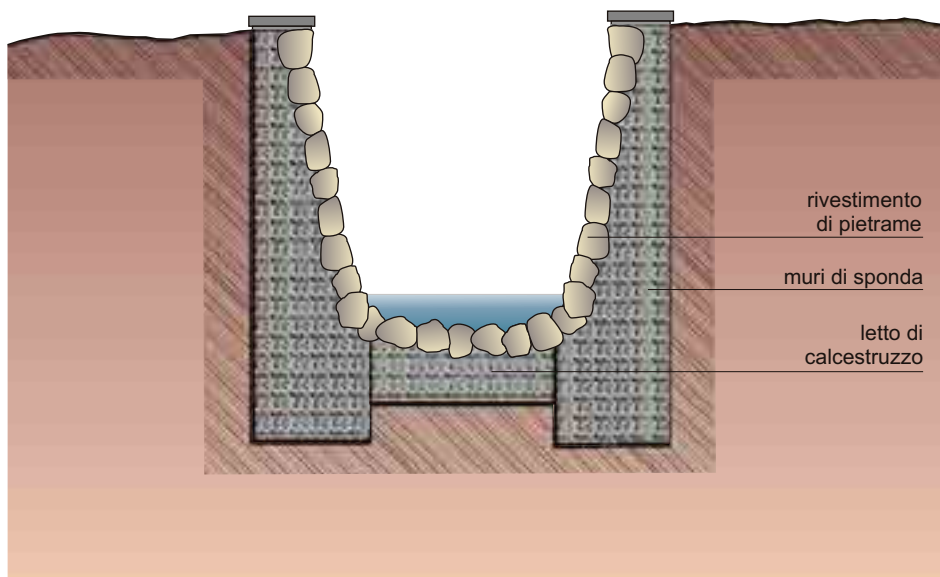


Figura 5.3.3: La foto riprende un cunettone in pietrame, a sezione trapezoidale, realizzato in prossimità di un attraversamento di una strada, in corrispondenza di un tributario del fiume principale.



L'utilizzo di questo tipo di opera è controindicato in abbinamento con la vegetazione, in quanto è necessario mantenere basse le scabrezze, cosa resa difficile dalla presenza di piante.

La cunetta deve essere dimensionata in funzione della portata di progetto, escludendo, in linea di massima, che la stessa sia interessata da lave torrentizie. Tale eventualità porterebbe facilmente all'intasamento della sezione con conseguente esondazione laterale, secondo uno schema purtroppo osservato in numerose occasioni.

Si richiede pertanto l'approntamento di opere di riduzione del trasporto solido (briglie aperte o piazze di deposito) e dei materiali vegetali di grandi dimensioni (briglie a pettine) ubicate in condizioni adeguate (generalmente all'apice del conoide di deiezione, con adeguate strade di accesso per lo svuotamento).

Il cunettone deve adattarsi alla topografia del conoide, pertanto risulta sempre a forte pendenza. Onde contenere la velocità dell'acqua a valori accettabili (4-5 m/s e comunque inferiore sempre a 8 m/s) si rendono quasi sempre necessari salti di fondo in modo da ridurre la pendenza dei tratti di cunettone compresi fra un tronco e l'altro. I salti, creando con l'aerazione della vena un miscuglio acqua-aria, oltre a diminuire la velocità della corrente riducono le azioni di impatto.

Particolare attenzione deve essere riservata alla realizzazione della confluenza del corso d'acqua sistemato nel corso d'acqua principale. Per evitare che il materiale trasportato durante una piena isolata del corso d'acqua tributario si depositi nell'alveo del corso d'acqua recipiente, eventualmente sbarrandolo, si devono evitare le confluenze ad angolo retto. Risulta opportuno operare in modo che l'angolo compreso fra l'asse del tributario e l'asse del corso d'acqua principale sia dell'ordine di 20° - 30° .

Figura 5.3.4: Cunettone a sezione trapezia, rivestito in pietrame. Il torrente, che in questo tratto passa all'interno di un abitato, è costretto ad una brusca variazione di direzione e subisce una riduzione di sezione in corrispondenza del ponticello che si vede nella foto successiva. In occasione dell'evento alluvionale verificatosi in Friuli nel settembre 2003, l'eccesso di portata e il transito di colate detritiche hanno causato l'esondazione in questo punto critico. Nella foto successiva è mostrato il ponte con i segni dei danni prodotti dai detriti che lo hanno investito.

