

VITO FERRO (\*) - SALVATORE BONSANGUE (\*\*)

## SUL DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA BRIGLIA A FESSURA TRAPEZIA ROVESCIA

*Le briglie aperte, a differenza delle opere di tipo tradizionale, operano un arresto discriminato del materiale solido trasportato dalla corrente fluviale contribuendo al mantenimento dell'equilibrio dei tratti a valle della sistemazione ed alla alimentazione solida del litorale interessato dalla presenza della foce del corso d'acqua.*

*Nella nota per il caso della briglia a fessura viene, inizialmente, descritto il funzionamento idraulico del manufatto. Per il caso di fessura trapezia rovescia vengono poi presentate le equazioni disponibili per la soluzione dei classici problemi della tecnica. Vengono fornite, infine, sia per il caso del problema di verifica che per quello di progetto delle soluzioni analitiche in forma chiusa.*

*Parole chiave:* sistemazione dei corsi d'acqua; briglie aperte; briglie a fessura; dimensionamento idraulico.

*Key words:* stream rehabilitation; open check dams; slit-check dams; hydraulic design.

### INTRODUZIONE

Il concetto informatore della sistemazione idraulica del tratto montano di un corso d'acqua è, notoriamente, quello di permettere il raggiungimento di una condizione di equilibrio permanente tra la portata solida e quella liquida, che assicuri la stabilità del cavo fluviale, mediante interventi di tipo strutturale capaci, in conformità con la vigente normativa in tema di tutela ambientale, di conservare gli ecosistemi preesistenti a valle (FERRO, 2006).

Questa visione ecosistemica del corso d'acqua prende in esame sia la componente *biotica*, derivante dal carattere *naturale* del sistema fluviale

---

(\*) Professore Ordinario di «Sistemazioni Idraulico-Forestali», Dipartimento di Ingegneria e Tecnologie Agro-Forestali, Facoltà di Agraria, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo, vferro@unipa.it.

(\*\*) Ingegnere, Dipartimento delle Foreste, Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Siciliana.

stesso, sia quella *abiotica*, dipendente anche dai processi legati alla sfera conoscitiva dell'uomo e alle stesse azioni antropiche. L'ecosistema fluviale è articolato in sottosistemi che interagiscono e si modificano anche per bilanciare, seguendo un meccanismo di autoregolazione interna, le azioni provenienti da altri sottosistemi e dall'uomo (FIEBIGER, 1984, 1986), (FERRO *et al.*, 2004), (KETTL, 1989).

Precisa valenza ambientale (FERRO, FERRERI, 1988), (ZOLIN, 1995) hanno assunto le *briglie aperte* che consentono un arresto *non indiscriminato* del materiale solido trasportato dalla corrente, per cui solo il materiale grossolano, prevalentemente trasportato dalle correnti di piena, viene trattenuto a monte del manufatto mentre quello di piccole e medie dimensioni prosegue verso valle migliorando, peraltro, l'efficacia della sistemazione stessa.

Nel caso di opere di *consolidamento* la possibilità di convogliare il materiale solido a valle dell'opera evita l'approfondimento del fondo alveo a valle della briglia, e contribuisce al mantenimento dell'equilibrio del corso d'acqua nel tronco vallivo che risulterebbe altrimenti alterato dalla cresciuta capacità di trasporto della corrente fluviale (FERRO *et al.*, 2004).

Inoltre durante il periodo di morbida la corrente fluviale, in relazione alla sua capacità di erosione e trasporto, può essere in grado di rimuovere parte del materiale depositatosi durante la piena, convogliandolo a valle e ripristinando, pertanto, a monte del manufatto una zona di deposito. Il risultato di questa azione naturale di *autopulizia* può in ogni caso essere migliorato con qualche modesto intervento antropico.

Nel caso di briglie di consolidamento il dimensionamento dovrà privilegiare la capacità di *selezione granulometrica* del manufatto e la necessità di effettuare una laminazione della portata solida in arrivo (FERRO *et al.*, 2004).

Nel caso di briglie di *trattenuta* la possibilità dell'opera di arrestare prevalentemente il materiale di maggiori dimensioni massimizza l'efficacia sistematoria del manufatto in corrispondenza degli eventi di piena dato che la capacità di invaso a monte della briglia risulta disponibile solo per l'accumulo del materiale grossolano. Anche nel caso di opere con funzione di trattenuta una adeguata progettazione del manufatto può consentire un funzionamento della briglia caratterizzato da una apprezzabile capacità di autopulizia (ARMANINI, BENEDETTI, 1996), (ARMANINI, LARCHER, 2001), (BENEDETTI, 1997), (BRATH *et al.*, 1992), (LARCHER, ARMANINI, 2000), (KASAI *et al.*, 1996) (MATSAMURA *et al.*, 1996).

Nel caso di briglie con funzione di trattenuta è indispensabile realizzare le opere in siti idonei dal punto di vista orografico, dove cioè sia possibi-

le invasare volumi solidi rilevanti senza impiegare opere caratterizzate da valori notevoli dell'altezza fuori terra del manufatto. La progettazione dovrà perciò stabilire un sito che consenta di ricavare, con lo sbarramento della sezione fluviale mediante la briglia aperta, un volume per l'accumulo in alveo confrontabile con quello del materiale solido che attraversa la sezione di inserimento del manufatto nell'intervallo di tempo compreso tra due successivi svuotamenti della cassa a monte dell'opera (MAIONE, 1988), (MAIONE *et al.*, 2000), (MILANO, 2003), (MIZUYAMA *et al.*, 1996).

Nonostante le numerose ricerche di tipo sia teorico sia sperimentale effettuate in questi ultimi anni (ARMANINI, BENEDETTI, 1996), (ARMANINI, LARCHER, 2001), (BENEDETTI, 1997), (BRATH *et al.*, 1992), (BUSNELLI *et al.*, 2001), (CATELLA *et al.*, 2002), (CERATO, 1995, 1996), (CLAUZEL, PONCET, 1963), (COLA, 1970, 1972), (DRAGOGNA, 1967, 1970a, 1970b, 1975), (DELLA GIACOMA *et al.*, 1989), (FERRO, 1988, 1990, 2000a, 2000b, 2006), (FERRO, FERRERI, 1988), (GENET, 1953), (JOHNSON, MCCUEN, 1989), (MILANO, 2003), (MILANO *et al.*, 1998), (PASSERINI, 1957), (POGGIOLINI, 1961), (PUGLISI, 1968) abbiano consentito di porre le basi per effettuare un dimensionamento delle briglie aperte che fosse il più possibile scevro da regole empiriche o dedotte dalla sola osservazione *ex-post* delle opere già realizzate, il funzionamento idraulico delle opere aperte, selettive o filtranti è complesso e risulta non del tutto chiarito nei suoi molteplici aspetti.

Nella presente nota sarà descritto, inizialmente, il funzionamento idraulico di una briglia selettiva a fessura inserita in un alveo cilindrico. Questo tipo di briglia presenta una apertura che interessa tutto il corpo dell'opera e che può raggiungere anche la base della stessa.

Per il caso di briglia a fessura trapezia rovescia, cioè con base maggiore di larghezza  $L$  adagiata sul fondo alveo (Fig. 1), inserita in un alveo a sezione rettangolare di larghezza  $B$ , assegnando al manufatto una capacità di selezione granulometrica nei confronti del materiale solido trasportato a monte dell'opera, saranno risolti in forma analitica sia il problema di verifica che quello di progetto.

## IL FUNZIONAMENTO IDRAULICO DELLA BRIGLIA A FESSURA

La briglia a fessura (Fig. 1) costituisce un ostacolo al libero deflusso della corrente fluviale che risulta costretta a passare attraverso una sezione, ristretta rispetto a quella dell'alveo, che è localizzata proprio nel corpo della briglia (COLA, 1970), (FERRO, FERRERI, 1988).

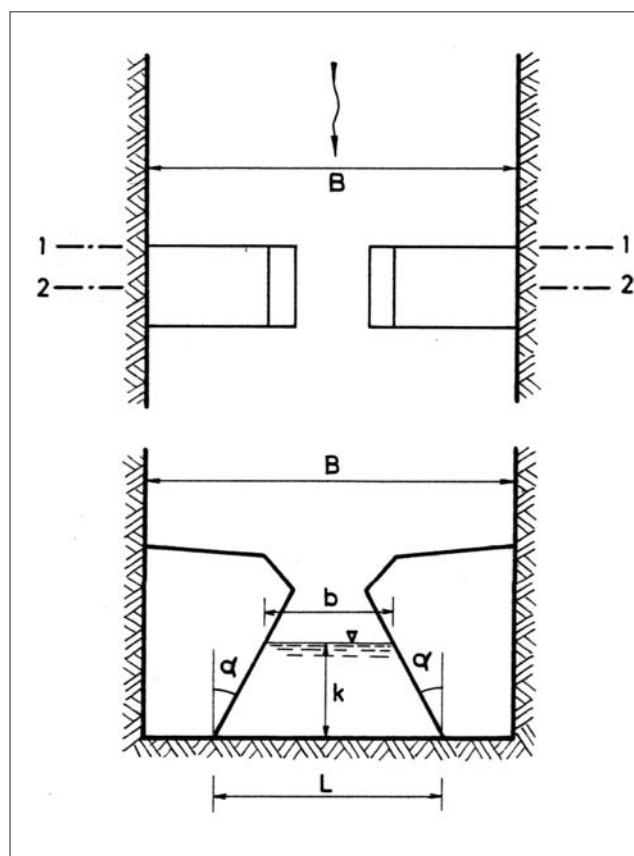


Figura 1 – Schema di una briglia a fessura trapezia rovescia.

Una corrente generalmente veloce, quale è quella che defluisce in un torrente, può manifestare due diversi comportamenti incontrando un ostacolo (FERRO, 2006):

- a) possiede un contenuto energetico tale da superare l'ostacolo senza mutare le sue caratteristiche di corrente veloce;
- b) è costretta invece a rallentare a monte dell'ostacolo, in modo da presentarsi in corrispondenza della sezione ristretta con il minimo contenuto energetico che ne consenta il passaggio in condizioni di stato critico.

Se l'alveo è a forte pendenza, situazione quest'ultima tipica dei torrenti, a monte della sezione 2 di inserimento della briglia la corrente, veloce, muove di moto uniforme. Perché la corrente rimanga veloce (caso a), il restringimento, operato con l'inserimento del manufatto, deve risultare

poco marcato (fessura larga). In questo caso nel tronco a monte della sezione di inserimento della briglia la corrente muove di moto uniforme e, dopo un breve tratto in cui si perdono le caratteristiche di linearità proprio in corrispondenza del passaggio nella sezione ristretta, a valle si ha un profilo di corrente veloce accelerata (FERRO, 2006). È evidente che nel caso di fessura larga la briglia, a causa dei valori elevati della velocità media della corrente che si stabilisce sia a monte sia a valle dell'opera, non consente certamente di perseguire gli obiettivi propri della sistemazione.

Nel secondo caso ipotizzato (b), invece, a monte dell'opera la corrente è costretta a rallentare per acquistare il minimo contenuto energetico, di valore superiore a quello corrispondente alla condizione di moto uniforme, che consente il passaggio attraverso la sezione ristretta. Tale passaggio avverrà, ovviamente, in condizioni di stato critico.

In questo caso, a differenza del precedente, il restringimento è tanto marcato (fessura stretta) che a monte della sezione in cui è inserita la briglia si verifica il passaggio, mediante risalto idraulico, dalla corrente veloce ed uniforme in arrivo al manufatto ad una corrente lenta ritardata. Il profilo di corrente a valle del manufatto è invece quello di una corrente veloce ritardata che tende asintoticamente al moto uniforme (FERRO *et al.*, 2004), (FERRO, 2006).

Una briglia a fessura ben dimensionata deve provocare le condizioni di moto descritte in questo secondo caso (*fessura stretta*), dato che il rallentamento della corrente determina una zona, corrispondente alla lunghezza del tratto d'alveo interessato dalla corrente lenta, in cui si verifica il deposito di materiale solido.

Lo studio del funzionamento idraulico delle briglie a fessura può essere effettuato, come suggerito da COLA (1970) e da FERRO e FERRERI (1988), con un approccio di tipo energetico che consiste nell'imporre che la corrente attraversi la fessura, qualunque sia la sua forma, con il minimo contenuto energetico, che è quello corrispondente alla sua condizione di stato critico, e che nel suddetto attraversamento la linea dei carichi totali si mantenga parallela al fondo:

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = k + \frac{\bar{k}}{2} \quad (1)$$

in cui si è indicato con  $h_1$  il tirante idrico nella sezione 1 (Fig. 1) dell'alveo, a sezione rettangolare di larghezza  $B$ , a monte della briglia, con  $V_1$  la corrispondente velocità media, con  $k$  l'altezza critica nella sezione ristretta 2 di forma trapezia rovescia (Fig. 1) e con  $\bar{k}$  la corrispondente altezza critica media (FERRO, 2006).

All'equazione del moto (1) deve essere accoppiata la seguente equazione di continuità:

$$B h_1 V_1 = \sigma \sqrt{g \bar{k}} \quad (2)$$

avendo indicato con  $\sigma = \sigma(k)$  la sezione idrica della fessura corrispondente all'altezza idrica  $k$ .

Ricavando  $h_1$  sia dalla (1) che dalla (2) ed eguagliando le due espressioni si ottiene la seguente relazione:

$$\frac{\sigma \sqrt{g \bar{k}}}{B V_1} = k + \frac{\bar{k}}{2} - \frac{V_1^2}{2g} \quad (3)$$

Dalla (3), tenuto conto della definizione di altezza critica media (FERRO, 2006), ed indicando con  $b = b(k)$  la larghezza in superficie corrispondente all'altezza critica  $k$  nella sezione ristretta (Fig. 1) si ottiene:

$$\sigma = \frac{B V_1 \left( k + \frac{\sigma}{2b} - \frac{V_1^2}{2g} \right)}{\sqrt{g \frac{\sigma}{b}}} \quad (4)$$

La (4) è l'equazione generale delle briglie a fessura variabile che può essere utilizzata per risolvere i seguenti due *problemi della tecnica*:

- 1) per una briglia con fessura di nota forma e dimensioni, per la quale è quindi nota la funzione  $b = b(k)$ , determinare la relazione tra la velocità media  $V_1$ , nella sezione 1 dell'alveo, di forma e dimensioni note, immediatamente a monte del manufatto, e l'altezza critica  $k$  nella sezione ristretta della fessura (*problema di verifica*);
- 2) per una briglia a fessura di nota forma geometrica, inserita in un alveo con sezione trasversale di forma e dimensioni note, determinare la relazione  $b = b(k)$  corrispondente ad un assegnato valore della velocità media  $V_1$  nella sezione 1 dell'alveo immediatamente a monte del manufatto (*problema di progetto*).

#### IL PROBLEMA DI VERIFICA DELLA BRIGLIA A FESSURA TRAPEZIA ROVESCIA

Consideriamo una fessura trapezia rovescia, di larghezza al fondo  $L$  e con una scarpa delle pareti laterali della fessura pari a  $s$  ( $s = \tan \alpha$ , essendo  $\alpha$  (Fig. 1) l'angolo che la parete forma con la verticale), per la quale,

pertanto, la larghezza in superficie  $b$  e la sezione idrica  $\sigma$  assumono le seguenti espressioni:

$$\sigma(k) = k(L - sk) \quad (5a)$$

$$b(k) = L - 2sk \quad (5b)$$

Sostituendo le (5) nella (4) si ottiene:

$$k(L - sk) = \frac{B V_1 \left( k + \frac{k(L - sk)}{2(L - 2sk)} - \frac{V_1^2}{2g} \right)}{\sqrt{g \frac{k(L - sk)}{L - 2sk}}} \quad (6)$$

da cui con semplici passaggi si perviene alla seguente equazione di terzo grado:

$$\left( \frac{B}{2g} \right) V_1^3 - B k \left( \frac{3L - 5sk}{2L - 4sk} \right) V_1 + \sqrt{\frac{g k^3 (L - sk)^3}{L - 2sk}} = 0 \quad (7)$$

La (7) è una equazione di terzo grado incompleta che può essere riscritta nella seguente forma:

$$V_1^3 + p V_1 + q = 0 \quad (8)$$

avendo posto

$$p = -\frac{g k (3L - 5sk)}{(L - 2sk)} \quad (9)$$

$$q = \frac{2 g^{3/2} k^{3/2} (L - sk)^{3/2}}{B (L - 2sk)^{1/2}} \quad (10)$$

Poiché il quoziente  $Q_{pq}$  avente la seguente espressione

$$Q_{pq} = \left( \frac{p}{3} \right)^3 + \left( \frac{q}{2} \right)^2 \quad (11)$$

risulta sempre negativo, per qualsiasi valore delle variabili  $B$ ,  $L$ ,  $s$  e  $k$ , allora la (8) ammette tre radici reali distinte. L'unica soluzione avente significato

fisico, cioè sempre positiva, a cui corrisponde un tirante idrico  $h_1$  maggiore dell'altezza critica della corrente in alveo, dato che il tirante  $h_1$  deve appartenere ad un profilo di corrente lenta ritardata, è la seguente:

$$V_1 = -2 \sqrt{\frac{g k (3 L - 5 s k)}{3 (L - 2 s k)}} \cos\left(\frac{\alpha + \pi}{3}\right) \quad (12)$$

in cui l'angolo  $\alpha$  ha la seguente espressione:

$$\alpha = \arccos \left\{ \frac{-\frac{2 g^{3/2} k^{3/2} (L - s k)^{3/2}}{B (L - 2 s k)^{1/2}}}{2 \sqrt{\left[\frac{g k (3 L - 5 s k)}{3 (L - 2 s k)}\right]^3}} \right\} \quad (13)$$

La Fig. 2 che riporta, a titolo d'esempio per assegnati valori di  $B$ ,  $L$  e  $s$ , i valori della velocità  $V_1$  in funzione dell'altezza critica  $k$  in corrispondenza della fessura, calcolati con la (12) e la (13), evidenzia che la velocità della corrente a tergo della fessura assume un valore massimo per un determinato valore dell'altezza critica  $k_p$  e quindi della corrispondente portata  $Q_p$ . In altri termini, se la briglia a fessura trapezia rovescia viene dimensionata per un valore di portata  $Q_p$ , cui corrisponde il valore massimo della velocità  $V_1$ , in tutte le altre condizioni di funzionamento, cioè quando la portata assume valori sia minori sia maggiori di quella di progetto, i valori di velocità a tergo del manufatto risultano *sempre* più contenuti rispetto al valore  $V_1$  corrispondente alla portata  $Q_p$  di progetto.

Per una briglia così dimensionata, pertanto, anche per valori di portata più grandi di quella di progetto  $Q_p$  non si verifica uno svuotamento della piazza di deposito a monte del manufatto e quindi questo tipo di dimensionamento e questa tipologia di fessura sono capaci di privilegiare l'azione di consolidamento che il manufatto è capace di esercitare.

L'impiego di una briglia a fessura trapezia rovescia non è, in definitiva, adatto al caso di una sistemazione con finalità di trattenuta del manufatto dato che non si potrebbe fare affidamento su una capacità di autosvuotamento e quindi la piazza di deposito a monte della briglia avrebbe una efficienza nel tempo più limitata, al meno di non effettuare periodiche operazioni di pulizia della capacità a monte dell'opera.

Dalla (4), trascurando l'altezza cinetica della corrente nella sezione immediatamente a monte del manufatto, si ottiene la seguente relazione:

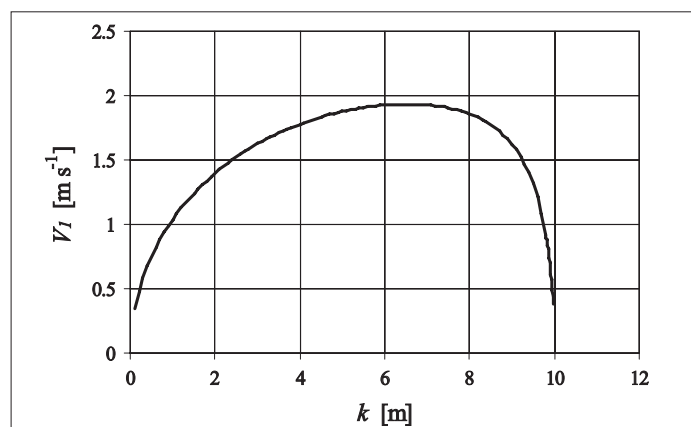


Figura 2 – Relazione tra la velocità media immediatamente a monte della briglia e l'altezza critica in corrispondenza della fessura.

$$V_1 = \frac{g^{1/2} \sigma^{3/2}}{B b^{1/2} \left( k + \frac{\sigma}{2b} \right)} \quad (14)$$

Questa ipotesi è ammissibile sia perché i valori della velocità  $V_1$  della corrente lenta ritardata a tergo del manufatto devono risultare contenuti, per gli scopi propri della sistemazione, sia perché la suddetta ipotesi è in parte compensata dall'aver assunto che il passaggio della corrente attraverso la fessura avviene con una linea dei carichi totali parallela al fondo alveo.

La (14) nel caso di fessura trapezia rovescia, utilizzando le (5), assume la seguente espressione:

$$V_1 = \frac{2 \sqrt{gk} (L - sk)^{3/2} (L - 2sk)^{1/2}}{B (3L - 5sk)} \quad (15)$$

La Fig. 3 che riporta, a titolo d'esempio per assegnati  $B$ ,  $L$  e  $s$ , i valori della velocità  $V_1$  calcolati con la soluzione approssimata (15) e quelli calcolati con la soluzione esatta (12) dimostra che l'ipotesi semplificativa adottata comporta nel calcolo della velocità  $V_1$  degli errori del tutto trascurabili ai fini pratici. L'esplorazione numerica effettuata, per differenti valori di  $B$ ,  $L$  e  $s$ , ha evidenziato che l'errore che si commette nella valutazione di  $V_1$  è di fatto indipendente da  $s$  ed il suddetto errore risulta sempre inferiore al 4% per valori del rapporto  $B/L$  maggiori o eguali a 2.

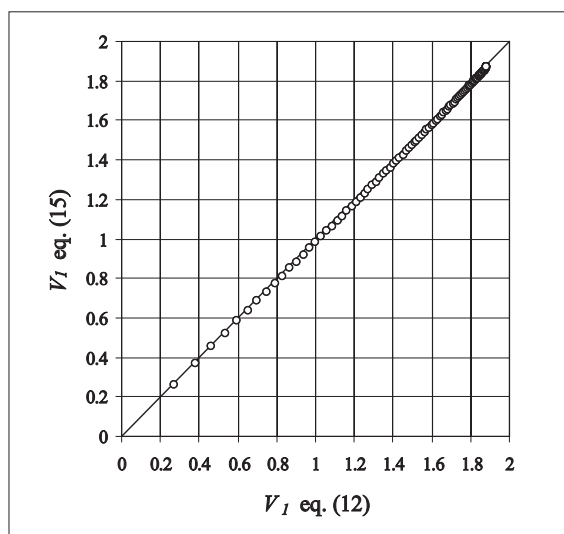


Figura 3 – Confronto tra i valori della velocità  $V_1$  calcolati con la soluzione esatta (eq.12) e quella approssimata (eq.15).

#### IL DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA BRIGLIA A FESSURA TRAPEZIA ROVESCIA

Per quanto esposto nel precedente paragrafo, ai fini del dimensionamento della fessura conviene riferirsi alla condizione idraulica, cioè al valore del tirante idrico  $k$  che determina il massimo valore della velocità  $V_1$ .

Derivando la (15) ed imponendo che la suddetta derivata si annulli si ottiene il valore del tirante idrico critico  $k^*$  in corrispondenza del quale la velocità media  $V_1$  nella sezione immediatamente a tergo del manufatto assume il suo valore massimo  $V_{1,max}$  (Fig. 4):

$$k^* = \frac{L}{3s} \quad (16)$$

Sostituendo la (16) nella (15) si ottiene la seguente relazione:

$$V_{1,max} = \frac{2 \sqrt{g \frac{L}{3s}} \left( L - s \frac{L}{3s} \right)^{3/2} \left( L - 2s \frac{L}{3s} \right)^{1/2}}{B \left( 3L - 5s \frac{L}{3s} \right)} \quad (17)$$

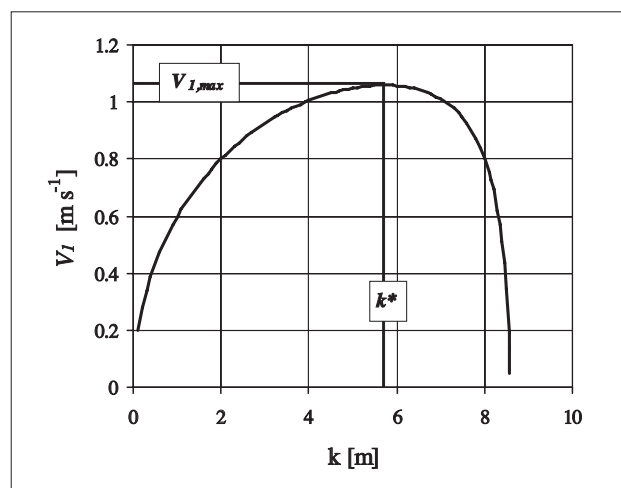


Figura 4 – Esempio di individuazione del tirante idrico critico  $k^*$ .

Dalla (17), con ovvi passaggi, si ottiene la seguente espressione della velocità  $V_{1,max}$ :

$$V_{1,max} = \sqrt{\frac{2 g L^3}{27 s B^2}} \quad (18)$$

La (18) si può facilmente esplicitare rispetto alla larghezza  $L$  alla base della fessura trapezia ottenendo la seguente relazione di progetto:

$$L = \left( \frac{27 B^2 s V_{1,max}^2}{2 g} \right)^{1/3} \quad (19)$$

La (19) consente, infatti, di calcolare, per un alveo a sezione rettangolare di nota larghezza  $B$ , la larghezza al fondo  $L$  da assegnare alla fessura trapezia rovescia, di prefissata scarpa  $s$ , di una briglia capace di determinare a monte del manufatto un valore massimo della velocità pari ad un valore noto  $V_{1,max}$ . Il suddetto valore massimo della velocità a monte della briglia può essere posto pari al valore  $V_c$  che consente di arrestare il materiale avente un diametro caratteristico maggiore o eguale ad un prefissato diametro  $d$ . Per la valutazione della suddetta velocità critica, non essendo in atto disponibili relazioni determinate in condizioni di moto permanente (FERRO, 2006), conviene fare riferimento ad una scala empirica, che mette in relazione i valori di  $V_c$  a quelli del diametro delle particelle solide da arrestare,

come quella determinata sulla base dei dati di Sanjon, Kramer e della USWES di Vicksburg (FERRO, 2006), (FERRO *et al.*, 2004):

$$V_c = 0.1215 + 0.2024 \sqrt{d} \quad (20)$$

in cui il diametro  $d$  delle particelle da arrestare in alveo è espresso in mm e la  $V_c$  in  $\text{m s}^{-1}$ .

La Fig. 5 mostra, a titolo d'esempio per un alveo di larghezza pari a 10 m e per due differenti valori della scarpa  $s$  della sezione trapezia rovescia, la relazione tra la larghezza  $L$  da assegnare alla fessura ed il diametro caratteristico del materiale da arrestare in alveo.

In conclusione l'uso congiunto della (19) e della (20) mette in luce che la progettazione idraulica di una briglia a fessura trapezia rovescia, che consiste nella determinazione della larghezza al fondo  $L$  di una sezione trapezia di prefissata scarpa  $s$ , necessita la conoscenza della larghezza  $B$  dell'alveo in cui il manufatto viene inserito e del diametro  $d$  del materiale da arrestare.

In altri termini, il dimensionamento idraulico di una briglia a fessura trapezia rovescia non richiede, proprio per la sua particolare geometria, la conoscenza di una singola portata di progetto ma piuttosto occorre fissare il valore del diametro del materiale da arrestare in alveo. A questo diametro corrisponde, infatti, sia il *massimo* valore di velocità che consente di arrestare a monte del manufatto il materiale solido, avente un diametro

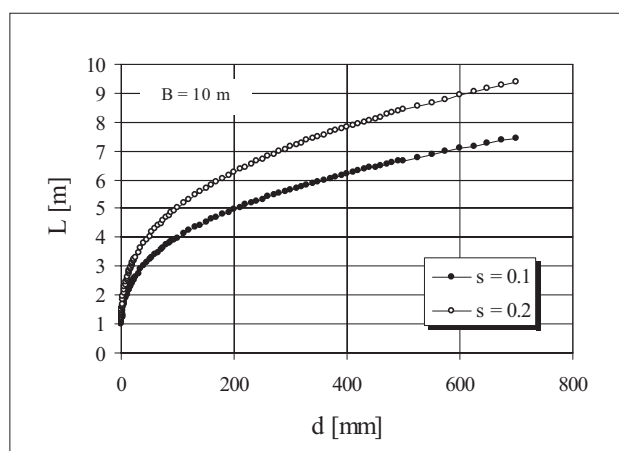


Figura 5 – Relazione, per un alveo di fissata larghezza e per due differenti valori della scarpa  $s$  della sezione trapezia rovescia, tra la larghezza  $L$  da assegnare alla fessura ed il diametro  $d$  caratteristico del materiale da arrestare in alveo.

maggiore o eguale al valore prefissato, sia un particolare valore della portata della corrente. Variazioni della portata comportano solo riduzioni della velocità della corrente a tergo del manufatto rispetto al valore fissato in sede di progetto e, pertanto, non riducono la capacità di trattenuta del manufatto.

#### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il processo innovativo, legato all'introduzione nella pratica sistematoria delle opere di tipo aperto, iniziato in Francia dopo il 1950, ha incentivato la ricerca di soluzioni progettuali rispettose dei differenti aspetti evidenziati (selezione granulometrica del materiale solido, azione di trattenuta non indiscriminata del materiale solido, conservazione degli ecosistemi a valle, ecc.) e, dopo i primi prototipi di Poncet e Genet, sono stati proposti e realizzati molteplici tipi di briglie aperte, alcune delle quali sono ancora in fase di sperimentazione mentre altre sono di uso corrente anche in Italia.

La disponibilità di differenti tipi di opere ha, paradossalmente, anche alimentato dubbi sull'efficacia di questi manufatti ed ha supportato l'idea che il ricorso a queste opere derivasse più dall'esigenza dei tecnici di *mostrarsi più moderni nella progettazione* che da una accertata reale funzionalità sistematoria di questa nuova tipologia costruttiva.

Nonostante le numerose ricerche di tipo sia teorico sia sperimentale effettuate in questi ultimi anni abbiano consentito di porre le basi per effettuare un dimensionamento delle briglie aperte che fosse il più possibile libero da empirismi o da regole derivanti dalla sola osservazione *ex-post* delle opere già realizzate, il funzionamento idraulico delle opere aperte, selettive o filtranti è complesso e rimane ancora non chiarito in tutti i suoi molteplici aspetti.

Nella memoria è stato affrontato sia il problema di verifica che quello di progetto per una briglia a fessura trapezia rovescia, cioè con larghezza massima disposta in corrispondenza del fondo alveo.

L'analisi sviluppata facendo ricorso alle classiche equazioni del moto e di continuità, scritte in corrispondenza del tratto compreso tra l'alveo fluviale a monte del manufatto e la sezione ristretta dell'opera, ha consentito di stabilire la relazione che intercorre tra il valore della velocità media nella sezione immediatamente a tergo del manufatto e le caratteristiche geometriche dell'alveo e della fessura nonché di quelle idrauliche sintetizzate dall'altezza critica della corrente nella sezione ristretta.

Lo studio ha anche consentito di determinare la relazione che intercorre tra il valore massimo della velocità media nella sezione immediatamente

a tergo del manufatto e le caratteristiche geometriche sia dell'alveo di inserimento sia della fessura.

Imponendo, infine, che il suddetto valore massimo eguagli proprio quel valore di velocità che consente di arrestare il materiale avente un diametro caratteristico maggiore o eguale ad un prefissato valore, è stata dedotta una relazione di progetto che permette di calcolare la larghezza al fondo della fessura di fissata scarpa per noti valori della larghezza dell'alveo e del diametro del materiale da arrestare.

In conclusione, il dimensionamento idraulico di una briglia a fessura trapezia rovescia non richiede, proprio per la sua particolare geometria, la conoscenza di una singola portata di progetto ma è sufficiente fissare il valore del diametro del materiale da arrestare in alveo. A questo diametro corrisponde, infatti, sia il *massimo* valore di velocità che consente di arrestare a monte del manufatto il materiale solido, avente un diametro maggiore o eguale al valore prefissato, sia un particolare valore della portata della corrente. Variazioni della portata, rispetto al valore corrispondente al diametro di progetto, comportano però solo riduzioni della velocità della corrente a tergo del manufatto rispetto al valore fissato in sede di progetto e, pertanto, non riducono la capacità di trattenuta del manufatto.

## SUMMARY

### Hydraulic design of an open check-dam with a upside down trapezium slot

The open check-dams are able to establish a selective retention of the sediment particles transported by flow and to preserve the equilibrium of the reaches downstream from the stream rehabilitation works.

At first in this paper the hydraulic behaviour of an open check-dam with a slot is presented. Then, for the case of an open check-dam with an upside down trapezium slot, the equations available to solve the technical problems are proposed. Finally, some closed form equations useful to solve the technical problems (verification and design) are deduced.

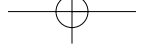
## BIBLIOGRAFIA

- ARMANINI A., BENEDETTI G., 1996 – *Sulla larghezza di apertura delle briglie a fessura*. Atti del XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino, 16-18 settembre, Vol. III: 13-24.
- ARMANINI A., LARCHER M., 2001 – *Rational criterion for designing opening of slit-check dam*. Journal of Hydraulic Engineering, Proc. ASCE, Vol. 127 (2): 94-104.

- BENEDETTI G., 1997 – *Analisi teorica e sperimentale del funzionamento delle briglie aperte*. Dendronatura, 2: 53-65.
- BENINI G., 1984 – *Antichi contributi italiani alla sistemazione dei torrenti*. Atti del Seminario «Idraulica del Territorio Montano», Bressanone, 481-488.
- BRATH A., MILANO V., PAGLIARA S., VITI C., 1992 – *Ricerca sperimentale sulle briglie selettive del tipo a fessura*, Idrotecnica, 4: 229-244.
- BUSNELLI M., STELLING G., LARCHER M., 2001 – *Numerical morphological modeling of open check-dam*. Journal of Hydraulic Engineering, Proc. ASCE, Vol. 127 (2): 105-114.
- CATELLA M., PARIS E., SOLARI L., 2002 – *Risultati preliminari sul comportamento delle briglie a fessura nel bacino montano dell'Alta Versilia*. Atti del XXVIII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Vol.V: 205-214.
- CAVINATO A., FISTAROL A., FORNARI E., PICCOLI G., 1996 – *Laminazione dell'idrogramma solido mediante briglie selettive a fessura aperta*. Interpreavent, Band 5: 99-108.
- CERATO M., 1995 – *Sulla progettazione ed il funzionamento delle briglie filtranti: alcune esperienze in provincia di Trento*. L'Italia Forestale e Montana, 50 (2): 147-169.
- CERATO M., 1996 – *Sulla progettazione ed il funzionamento delle briglie filtranti*. In S. Fattorelli S., Fedeli E.C. e Nardin D. (eds), Atti del Corso Sviluppo e Gestione dei Bacini Idrografici, Istituto Italo Latino Americano-AIDI-PAT, 73-87.
- CLAUZEL L., PONCET A., 1963 – *Barrages filtrantes et correction torrentielle par ségrégation des matériaux charriés*. Revue Forestière Française, Vol. XV (6): 512-522.
- COLA R., 1970 – *Sul funzionamento delle briglie selettive*. «Rassegna Tecnica del Friuli-Venezia Giulia», 5: 3-10.
- COLA R., 1972 – *Criteri di progettazione esecutiva delle opere idrauliche del torrente Pesarina*. Atti delle giornate di studio «Nuovi criteri di progettazione e nuove opere di sistemazione dei torrenti», Udine, 48-55.
- DELLA GIACOMA F., FERRARI L., ARMANINI A., 1989 – *From the check dam to the development of functional check dams for a most effective torrent control*. «Atti dello International Workshop on Fluvial Hydraulics in Mountain Regions», Trento, 3-6 October, B169-B182.
- DRAGOGNA G., 1967 – *Sistemazione dei torrenti: le briglie selettive*. Monti e Boschi, XVIII (6): 47-55.
- DRAGOGNA G., 1970a – *Briglie selettive e briglie di salvaguardia*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali, XIX: 441-479.
- DRAGOGNA G., 1970b – *La briglia selettiva di salvaguardia*. Il Frantoio, VII (9), 5 p.
- DRAGOGNA G., 1975 – *Trasporto di massa e briglie selettive*. Interpreavent, Innsbruck, 75-89.
- FERRO V., 1988 – *Contributo al dimensionamento di briglie selettive a reticolo con elementi longitudinali. Ricerca sperimentale*. Atti del XXI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, L'Aquila, Parte I, 539-557.

- FERRO V., 1990 – *Un criterio di dimensionamento per le briglie selettive a reticolo con elementi trasversali. Ricerca sperimentale*. Rivista di Ingegneria Agraria, 21 (4): 225-240.
- FERRO V., 2000a – *Contributo al dimensionamento delle briglie a finestra*. Rivista di Ingegneria Agraria, 31 (4): 207-215.
- FERRO V., 2000b – *Simultaneous flow over and under a gate*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Proc. ASCE, 126 (3): 190-193.
- FERRO V., 2006 – *La sistemazione dei bacini idrografici*. Seconda edizione, McGraw-Hill, 848 p.
- FERRO V., FERRERI G., 1988 – *Sul funzionamento idraulico di alcuni tipi di briglie non convenzionali*. Rivista di Ingegneria Agraria, 19 (1): 44-55.
- FERRO V., DALLA FONTANA G., PAGLIARA S., PUGLISI S., SCOTTON P., 2004 – *Opere di sistemazione idraulico-forestale a basso impatto ambientale*. McGraw-Hill, 414 p.
- FIEBIGER G., 1984 – *Functional Bautypen der Wildbach- und Lawinenverbauung als Grundlage der Geschiebemanagement*. Interpret, Band 1: 123-133.
- FIEBIGER G., 1986 – *Bedload management on torrent control by functional check dams*. Beiträge zur Wildbacherosions und Lawinenforschung, Mitt. der FBVA, Vol. 159: 325-332.
- GENET E., 1953 – *Un nouveau type de barrage de correction: le barrage-peigne*. Compte rendu général du voyage d'études dans les Alpes Françaises du Groupe de Travail FAO/EFC/TORR», 1 Session, 1952, Nancy.
- GORFER G., 1991 – *Per una difesa del territorio. La sistemazione dei bacini montani in provincia di Trento attraverso i secoli*. Azienda Speciale di Sistemazione Montana, Provincia di Trento, Edizioni Arca s.r.l.
- JOHNSON P.A., MCCUEN R.H., 1989 – *Slit dam design for debris flow mitigation*. Journal of Hydraulic Engineering, Proc. ASCE, 115 (9): 1293-1296.
- KASAI S., OHGI Y., MIZOGUCHI I., MATSUDA A. ARAMAKI H., TANAMI M., 1996 – *Structural characteristics of wood-debris entrapment facilities*. Interpret, Band 5: 271-277.
- KETTL W., 1989 – *Evoluzione delle sistemazioni idraulico forestali: dallo scopo della sistemazione allo sviluppo delle tipologie costruttive*, Quaderni di Idronomia Montana, 8: 35-65.
- LARCHER M., ARMANINI A., 2000 – *Dimensionamento della larghezza dell'apertura delle briglie a fessura*. Atti del XXVIII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Genova, Vol. I: 289-297.
- MAIONE U., 1998 – *La sistemazione dei corsi d'acqua montani*. Ed. BIOS, Cosenza.
- MAIONE U., CAVALAZZI F., SIMONETTI M., 2000 – *Le briglie a fessura*. L'Acqua, 3: 77-91.
- MATSAMURA K., NAKAMUR A.T., HIROSE T. 1996 – *New development of sabo dams filled with sediment from construction field*. Interpret, Band 5: 47-58.
- MILANO V., 2003 – *Criteri di progettazione delle briglie selettive a fessura*. «Atti del XXIV Corso sulle Tecniche di difesa dall'inquinamento», Ed. BIOS, Cosenza.

- MILANO V., PAGLIARA S., VENUTELLI M., 1998 – *Criteri progettuali sulle sistemazioni torrentizie con briglie selettive a fessura*. Idrotecnica, 3: 45-52.
- MIZUYAMA T., KOBASHI S., MIZUNO H., 1996 – *Development and improvement of open dams function of structures against debris flow*. Interpraevent, Band 5: 59-65.
- PASSERINI G., 1957 – *Per la difesa degli abitati dai «trasporti in massa»*. L'Acqua e il Suolo, IX (1): 40-60.
- POGGIOLINI G., 1961 – *Briglie filtranti nella sistemazione dei torrenti*. L'Acqua e il Suolo, XIII (1): 28-31.
- PUGLISI S., 1967 – *L'impiego di dispositivi filtranti nella correzione dei torrenti. Nota introduttiva*. L'Italia Forestale e Montana, 22 (1): 12-24.
- PUGLISI S., 1968 – *Resoconto delle esperienze in corso con dispositivi filtranti in alcuni torrenti dell'Appennino Lucano*. L'Italia Forestale e Montana, 23 (6): 26-73.
- PUGLISI S., 1972 – *Briglie aperte e prefabbricate*. Opere per la correzione dei torrenti. Moderne tecniche costruttive e nuovi procedimenti di calcolo, Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Collana Verde, 29, Roma, 133-145.
- PUGLISI S., 1972 – *Nuove opere per la correzione dei torrenti*. Nuovi criteri di progettazione e nuove opere di sistemazione dei torrenti, Atti delle Giornate di Studio di Idraulica, Udine, 12-13 Dicembre, 36-40.
- PUGLISI S., 1973 – *Barrage a claire-voie et prefabriques*, Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien, Helft 102: 253-271.
- ZOLIN G., 1995 – *Impatto ambientale delle briglie filtranti*. L'Italia Forestale e Montana, 50 (3): 329-340.



Bianca

