



PARCO FLUVIALE DELL'ALCANTARA
25-26 ottobre 2007
Francavilla di Sicilia (ME)

L'ACQUA È UNA SCIENZA

La qualità ambientale del sistema fluviale

UNA NUOVA FORMULAZIONE DEL RISALTO IDRAULICO

F.G. Carollo, V. Ferro e V. Pampalone
Dipartimento di Ingegneria e Tecnologie Agro-Forestali, Università di Palermo
vferro@unipa.it

Inquadramento della tematica

In una corrente a pelo libero, il passaggio dalla condizione di corrente veloce a quella di corrente lenta avviene mediante la formazione di un risalto idraulico. Tale fenomeno fisico riveste interesse perché molto diffuso in natura e per la possibilità di un suo utilizzo come dissipatore di energia nei bacini di dissipazione a valle delle opere idrauliche. Per la notevole vorticosità associata alla dissipazione energetica che si realizza col risalto, è opportuno che il suddetto fenomeno fisico sia interamente localizzato all'interno del bacino di dissipazione; in altri termini il suddetto manufatto deve essere dimensionato in modo che per la portata di progetto il risalto non si localizzi più a valle interessando tratti di alveo non protetti. Per il dimensionamento del bacino di dissipazione occorre pertanto conoscere le altezze coniugate del risalto e la dimensione longitudinale dello stesso. La condizione più diffusamente indagata in passato è quella del risalto idraulico classico che si verifica in un canale prismatico rettangolare, orizzontale e liscio quando il numero di Froude F_1 della corrente veloce in arrivo è maggiore di 2. Ulteriori configurazioni di risalto che possono frequentemente riscontrarsi nella pratica applicativa sono quelle di risalto su fondo pendente (*sloping jump*) o su fondo scabro. In particolare, fra le configurazioni di *sloping jump* riveste particolare rilevanza applicativa quello denominato *B-jump*. Questo tipo di risalto che ha la sezione iniziale localizzata in un canale con elevata pendenza e la sezione terminale del vortice superficiale (*roller*) localizzata nel seguente tronco di canale con fondo orizzontale, si può presentare a valle delle rampe in pietra.

Obiettivi del lavoro

Nella presente memoria vengono proposte due nuove formulazioni utilizzabili rispettivamente per la stima del rapporto fra le altezze coniugate e della lunghezza del roller. Le suddette formulazioni presentano il vantaggio di essere applicabili sia al caso di risalto su fondo orizzontale liscio o scabro sia al caso di *B-jump*.

Metodologia adottata

Preliminarmente, utilizzando il Π teorema dell'analisi dimensionale e la teoria dell'autosimilitudine è stata dedotta teoricamente una nuova soluzione per il calcolo del rapporto h_2/h_1 fra l'altezza di corrente lenta e quella di corrente veloce per la condizione di canale con fondo orizzontale liscio. Per la condizione di fondo orizzontale scabro sono state condotte delle prove sperimentali in due canalette orizzontali rettangolari aventi differente larghezza e con un tratto del fondo ricoperto da ghiaia. Sono stati complessivamente realizzati nove letti in ghiaia caratterizzati da valori del diametro medio degli elementi lapidei d_{50} compresi fra 0,46 cm e 3,20 cm.

Per indagare la condizione di B-jump sono stati utilizzati tre scivoli lisci con inclinazione α pari a $8,5^\circ$, $17,5^\circ$ e 30° inseriti all'interno di una canaletta a fondo orizzontale. In tutte le prove sperimentali fra le altre grandezze sono state misurate le due altezze coniugate del risalto e la lunghezza del roller. I tiranti sono stati misurati in asse al canale con un idrometro dotato di nonio con precisione di lettura del decimo di millimetro, la sezione terminale del roller è stata individuata con l'ausilio di un piccolo galleggiante utilizzato per localizzare il punto di ristagno superficiale e la sua lunghezza è stata misurata con un nastro graduato.

Risultati dell'indagine

A partire da una relazione funzionale che descrive il risalto idraulico che si sviluppa in un canale rettangolare orizzontale e scabro, utilizzando il Π teorema dell'analisi dimensionale e la teoria dell'autosimilitudine incompleta è stata ottenuta la seguente espressione

$$\frac{h_2}{h_1} - 1 = a (F_1 - 1)^n \quad (1)$$

Nel caso di fondo liscio, utilizzando per i coefficienti a ed n i valori, rispettivamente, pari a 1,406 ed 1 questa nuova soluzione lineare fornisce gli stessi risultati della ben nota soluzione di Bresse.

Nel caso di fondo scabro è stato dimostrato che è possibile adottare $n = 1$ mentre per la stima del coefficiente a è stata proposta la seguente equazione:

$$a = 1,406 \exp\left(-1,262 \frac{d_{50}}{k}\right) \quad (2)$$

in cui k è l'altezza critica della corrente.

Nonostante la (2) interpoli grossolanamente i punti sperimentali, se introdotta nella (1) con $n = 1$ consente di ottenere delle stime soddisfacenti del rapporto fra le altezze coniugate. L'affidabilità della relazione ottenuta dalla (1) e dalla (2) è stata verificata utilizzando ulteriori misure sperimentali reperite in letteratura.

Per la trattazione del B-jump è stato utilizzato il parametro di posizione E così definito

$$E = \frac{h_2 - z_1}{h_2} \quad (3)$$

in cui z_1 rappresenta la quota del fondo del canale nella sezione iniziale del risalto misurata rispetto al fondo orizzontale del tratto di valle. Nel caso di canale orizzontale ($z_1 = 0$) ovviamente risulta $E = 1$. Le misure sperimentali hanno permesso di verificare l'applicabilità della seguente relazione

$$\frac{h_2}{h_1} = a(F_1 - 1) + \frac{1}{E} \quad (4)$$

in cui h_1 rappresenta l'altezza piezometrica nella sezione iniziale del risalto ed il coefficiente a può essere stimato con la seguente espressione:

$$a = 1,27 E^{-\frac{0,24}{(\lg \alpha)^{0,5}}} \quad (5)$$

La (4) soddisfa la condizione al contorno che per $F_1 = 1$ risulta $Y = 1/E$. In questo caso, infatti, lo scivolo è a pendenza critica ed il corrispondente profilo della superficie libera è orizzontale. Ammettendo che si mantenga tale fino alla sezione terminale del risalto a valle dello scivolo, con semplici passaggi algebrici si ottiene la condizione al contorno enunciata.

La (4) presenta inoltre la stessa forma funzionale della (1) con $n = 1$ ed $E = 1$.

In definitiva l'equazione (4) rappresenta una formulazione generale per la stima del rapporto fra le altezze coniugate del risalto idraulico e il coefficiente a che vi compare può essere stimato o con la (2) o con la (5) a seconda se il risalto si sviluppi su fondo orizzontale liscio o scabro oppure sia del tipo *B-jump*.

Con riferimento alla condizione di risalto classico è stata proposta la seguente espressione per la stima della lunghezza del roller in funzione dell'efficienza del risalto H_r/H_1 , ossia della differenza di carico totale fra le due sezioni estreme del risalto rapportata al carico nella sezione iniziale:

$$\frac{L_r}{H_L} = a_o \left(\frac{H_L}{H_1} \right)^b \exp\left(-\frac{H_L}{H_1} \frac{1}{c} \right) + \left[1 - \exp\left(-\frac{H_L}{H_1} \frac{1}{c} \right) \right] d \ln\left(\frac{H_L}{H_1} \right) \quad (6)$$

I valori dei quattro coefficienti a_o , b , c e d sono stati stimati e tabellati sia per la condizione di risalto classico ($\alpha = 0^\circ$) sia per quella di *B-jump* al variare dell'inclinazione del canale α . Dagli adattamenti della (6) alle misure è emerso che i coefficienti b , c e d possono essere considerati costanti mentre a_o aumenta con α . In definitiva l'espressione proposta costituisce una nuova formulazione per la stima della lunghezza del roller applicabile sia nel caso di risalto classico sia in quello di *B-jump* all'interno del campo sperimentale testato.

CURRICULUM Francesco Giuseppe Carollo

Francesco Giuseppe Carollo è Dottore di Ricerca in "Idronomia Ambientale". Attualmente è Assegnista di Ricerca presso il Dipartimento ITAF della Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Palermo.

