

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
NAPOLI
" FEDERICO II "**



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**CORSO DI LAUREA
IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA ED AMBIENTALE

ELABORATO DI PROVA FINALE:

Trasporto solido in alvei a fondo mobile

Relatori
Prof. Ing. Massimo Greco

Candidata
Maria Grazia Campana
Matricola 518/571

Anno Accademico 2009 – 2010

ABSTRACT

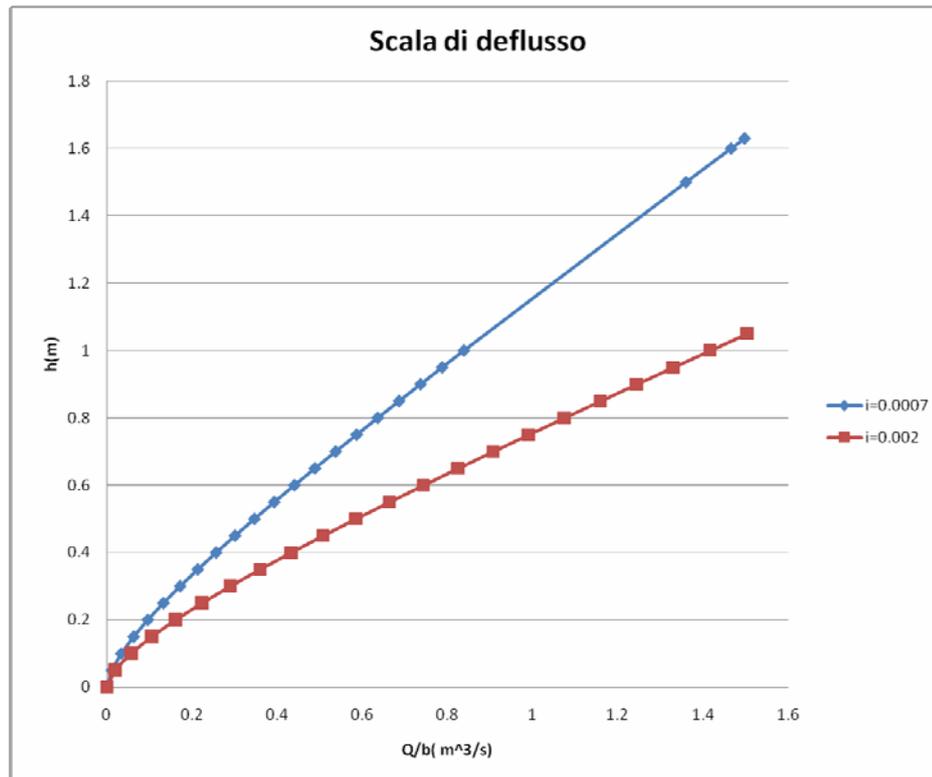
Nel presente elaborato studieremo il fenomeno del trasporto di materiale solido nelle correnti idriche in alvei a fondo mobile attraverso un'applicazione numerica. In particolare, ci si soffermerà su differenti approcci risolutivi per la determinazione della portata solida confrontando i risultati ottenuti e analizzando poi le eventuali differenze.

L'esperienza mostra che una corrente fluente in un alveo mobile può determinare un movimento anche del materiale solido, il quantitativo del materiale solido trasportato è influenzato dall'entità della velocità. Piccole velocità, inizialmente, comportano il moto solo di poche particelle, le più piccole e leggere che dopo essersi spostate di un certo tratto, si fermano in una nuova posizione; al crescere della velocità aumenterà il numero di particelle in movimento. Una volta che il materiale d'alveo è in movimento, esso può continuare il suo moto in sospensione.

In questo elaborato ci si limiterà a considerare alvei sensibilmente rettilinei, sufficientemente larghi da rendere irrilevanti gli effetti delle pareti laterali, occupati per la larghezza da una corrente a profondità pressoché costante e in condizioni di moto uniforme.

Gli alvei naturali a fondo mobile che si è scelto di studiare sono due, uno si sviluppa con pendenza pari allo 0,0007 e l'altro con pendenza pari allo 0,002; stante l'ipotesi di alveo rettangolare larghissimo, per entrambi è assegnata una portata per unità di larghezza del valore di $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Il fondo di entrambi gli alvei è costituito da limo debolmente argilloso suddiviso in base al diametro caratteristico in quattro classi di granulometria ognuna presente al 25%, tale diametro varia tra i 0,0005 mm e 0,005 mm.

In condizioni di moto uniforme risultano costanti, nel tempo e nello spazio, sia le caratteristiche della corrente idrica, ovvero l'altezza e la sezione idrica, la portata, la velocità in punti corrispondenti di sezioni successive; sia le caratteristiche legate alla mobilità dell'alveo quali la portata solida e gli aspetti morfologici del fondo, ciò permette la determinazione della scala di deflusso dell'alveo:

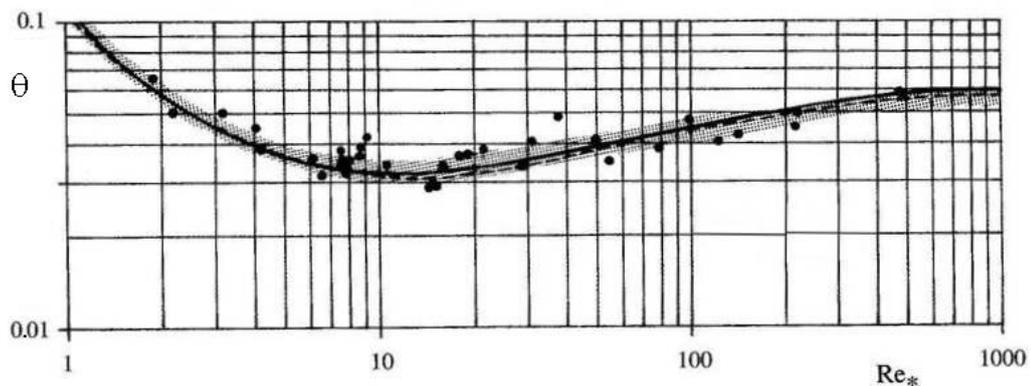


Il fenomeno del trasporto solido, e quindi la determinazione della portata solida, è stato studiato attraverso formule derivanti da due approcci sostanzialmente diversi. Il primo derivante dalla teoria di Shields, prevede la necessità del superamento di una soglia critica per l'inizio del moto, valore di soglia ottenuto da numerose prove sperimentali. Il secondo approccio è ricavato dalla teoria di Einstein, di natura razionale e basato sulla probabilità di distacco dei singoli grani. *Le formule scelte per determinare il trasporto solido sono la formula di Meyer-Peter e Muller, la formula di Ashida e Michiue e la formula di van Rijn.*

L'inizio del movimento di un sedimento sul fondo di un alveo è determinato dal superamento di una soglia critica dello sforzo tangenziale esercitato dalla corrente sul fondo stesso. Introduciamo quindi il cosiddetto "parametro di mobilità di Shields":

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{g(\rho_s - \rho)d}$$

Shields ponendo l'ipotesi di pendenza nulla ($i=0$) e granulometria uniforme ($d = \text{cost}$), fece sì che il parametro di mobilità θ_c diventasse funzione solamente del numero di Reynolds del sedimento ($R_{*}(s) = (du_* s) / \nu$); determinò così la relazione tra questi due parametri e la esplicitò con la seguente rappresentazione grafica.



Per valutare la stabilità del sedimento si deve calcolare il valore della nostra ϑ e confrontarlo con la soglia critica:

- per $\vartheta < \vartheta_c$ il sedimento è fermo;
- per $\vartheta > \vartheta_c$ il sedimento è in movimento.

Vedremo come il valore di ϑ dipende dal diametro della particella, pertanto il trasporto agisce in maniera diversa in funzione della sua dimensione.

Passeremo poi alla determinazione del numero di Reynolds del sedimento tramite la

relazione $Re_* = d_m u_* / \nu$, nella quale compare la velocità di attrito $u_* = \sqrt{\tau_0 / \rho}$ e la viscosità cinematica ν pari a $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

I punti determinati avranno le seguenti coordinate: $(Re_* = 108,93; \vartheta = 0,076)$ e $(Re_* = 173,23; \vartheta = 0,19)$. Entrambi risultano al di sopra della curva limite del diagramma di Shields, questo significa che siamo in condizioni di mobilità dei sedimenti.

Per avere una stima del trasporto solido al fondo applicheremo per entrambi gli alvei ($l = 0,0007$ e $l = 0,002$):

- la **formula di Meyer-Peter e Muller**:

$$\psi = 8(\vartheta - \vartheta_c)^{3/2} \quad \text{dove} \quad \vartheta_c = 0,047 ;$$

- la **formula di van Rijn**:

$$\psi = 0,053 \left(\frac{\vartheta}{\vartheta_c} - 1 \right)^2 \frac{1}{d_*^{0,3}} \quad \text{dove} \quad \vartheta_c = 0,05 ; d_{*0} = 0,001 \text{ e}$$

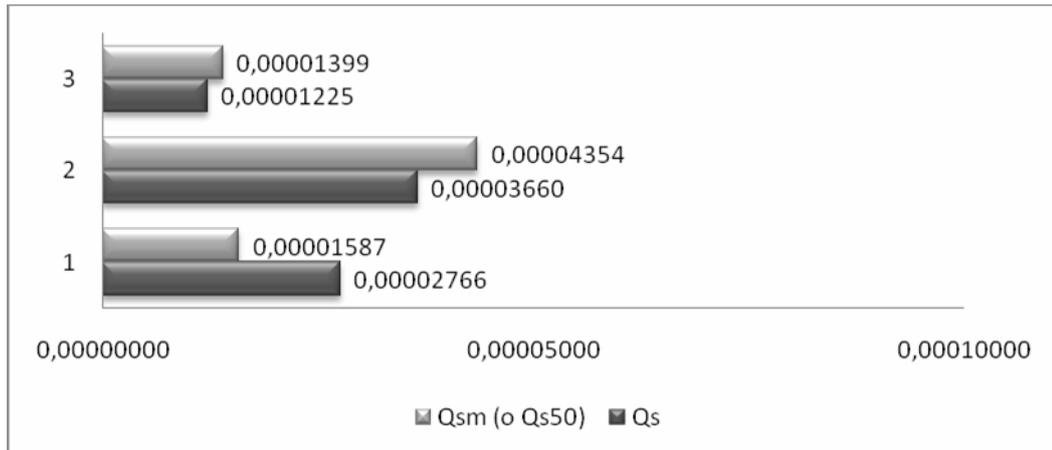
$$d_* = d_{*0} \left[\frac{g}{\nu^2} \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right) \right]^{1/3} ;$$

- la **formula di Ashida e Michiue**:

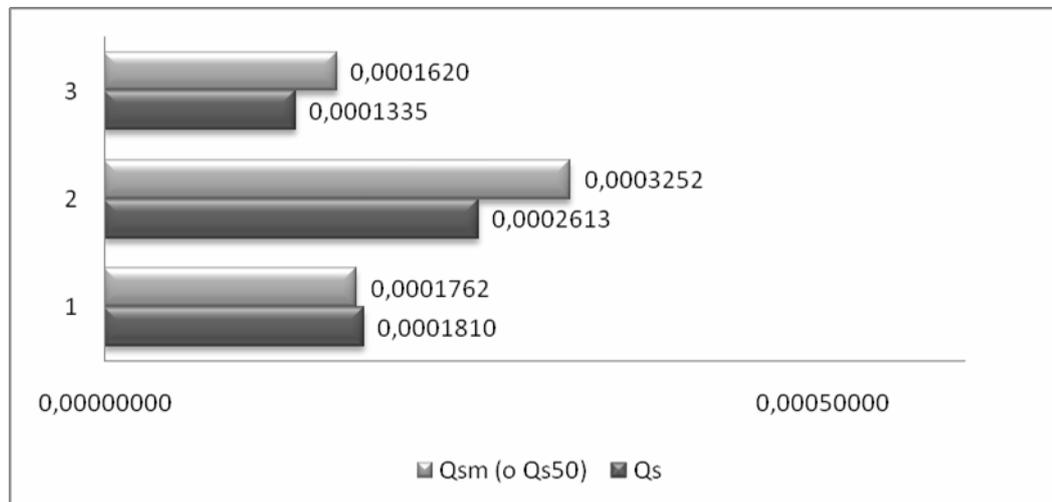
$$\psi = 17\vartheta^{15} \left(1 - \frac{\vartheta_c}{\vartheta_{50}}\right) \left(1 - \sqrt{\frac{\vartheta_c}{\vartheta_{50}}}\right) \text{ dove } \vartheta_c = 0.05$$

I risultati ottenuti sono così diagrammati:

- Alveo con pendenza $i=0,0007$



- Alveo con pendenza $i=0,002$



Si è indicato:

- con il num. 1 la formula di Meyer-Peter e Muller, con il num. 2 la formula di Ashida e Michiue e con il num. 3 la formula di van Rijn;
- con (Qsm/Qs50) la portata solida complessiva valutata in riferimento al solo diametro caratteristico;

- e con Q_s la portata solida complessiva ottenuta dalla suddivisione in classi granulometriche.

In conclusione, possiamo dunque affermare che la formula di Meyer-Peter e Muller risponde meglio in caso di $i=0,002$ e quindi per pendenze maggiori; in caso di pendenza più dolce ($i=0,0007$) è stata la formula di van Rijn a fornire i risultati migliori.