

# CARATTERIZZAZIONE IDRODINAMICA DELLE CORRENTI A PELO LIBERO

SSD – ICAR01  
Prof. Ing. Greco Michele  
Ing. Mirauda Domenica  
Ing. Pannone Marilena

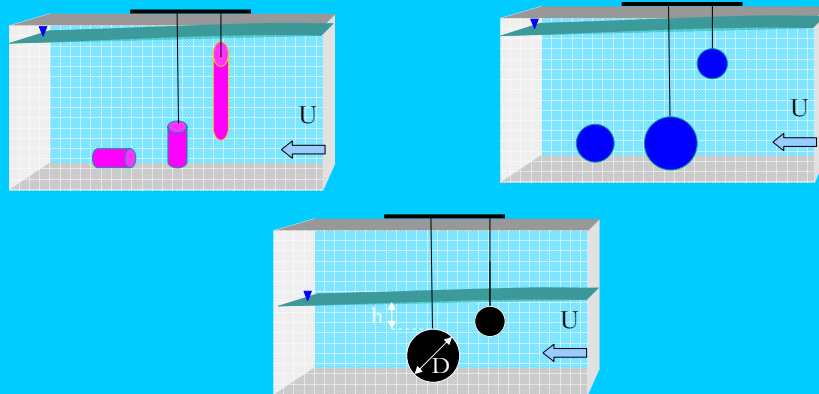
## TEMA DI RICERCA

*Analisi delle oscillazioni e dei campi di moto di strutture  
sommerse da correnti stazionarie attraverso modelli numerici e  
indagini di laboratorio*

Collaborazioni esterne con il Politecnico di Milano

## *Descrizione della ricerca*

Da anni il gruppo di ricerca di idraulica in collaborazione con il politecnico di Milano analizza gli spostamenti e i campi di moto nell'intorno di strutture bidimensionali e tridimensionali completamente o parzialmente sommerse.



*L'analisi delle vibrazioni e la ricostruzione dei campi di moto a valle di strutture investite da correnti fluide è un argomento della ricerca di base con riscontri applicativi in molti campi dell'ingegneria.*

*Le eccessive vibrazioni possono causare:*

- *cedimenti e/o danneggiamenti strutturali;*
- *perdite di efficienza di organi meccanici.*



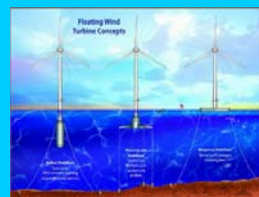
*Paratoia*



*Pile di ponti*



*Piattaforma*



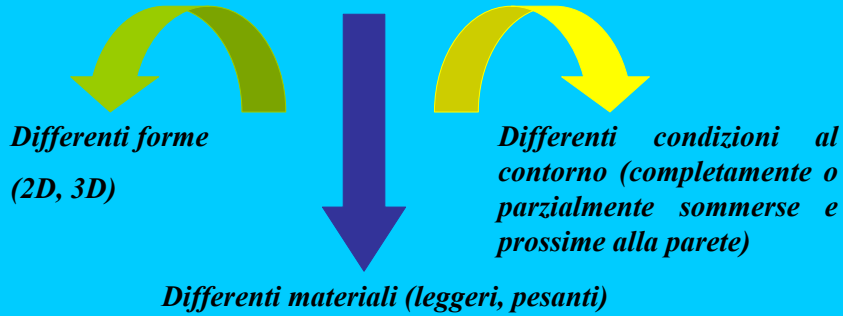
*Impianti eolici*



*Turbine marine*

*In particolare l'obiettivo principale risiede nella*

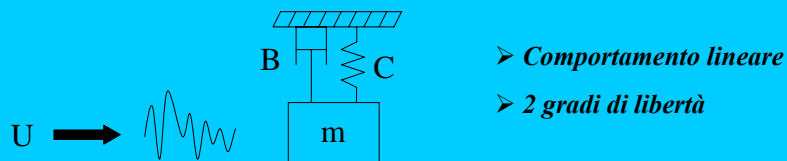
*Ricerca di soluzioni che consentano l'attenuazione delle vibrazioni indotte dall'interazione corrente – struttura.*



- Approccio analitico
- Approccio sperimentale

### *Approccio analitico*

**Sistema: Massa – Molla – Smorzatore**

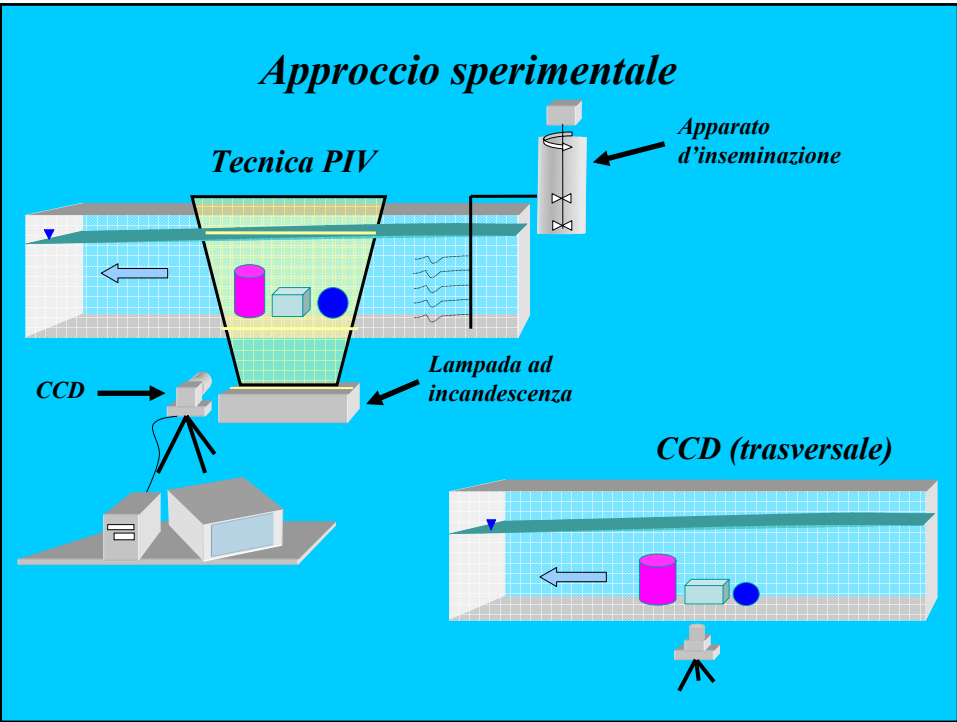


**Equazione del moto:**  $\ddot{x} + 2\omega_n \zeta \dot{x} + \omega_n^2 x = \frac{F(t)}{m}$

$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C+C'}{m+m_a}}$  la frequenza naturale del corpo in acqua ( $f_n = \omega_n / 2\pi$ )

$m_a = \frac{1}{6} \alpha C_A \pi \rho D^3$  la massa aggiunta  $m_a$  (Patton 1965)

$\frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} = \ln\left(\frac{x_i}{x_{i+1}}\right)$  il rapporto di smorzamento  $\zeta$  (Naudascher 1994)

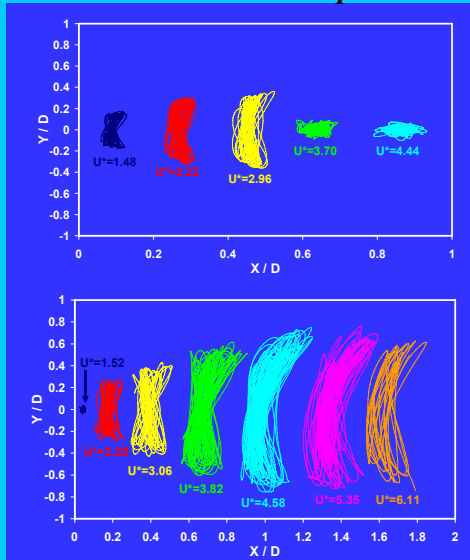


Le misure sono state effettuate sia nel Laboratorio di Idraulica e Costruzioni Idrauliche dell'Università degli Studi della Basilicata sia nel Laboratorio di Idraulica del Politecnico di Milano

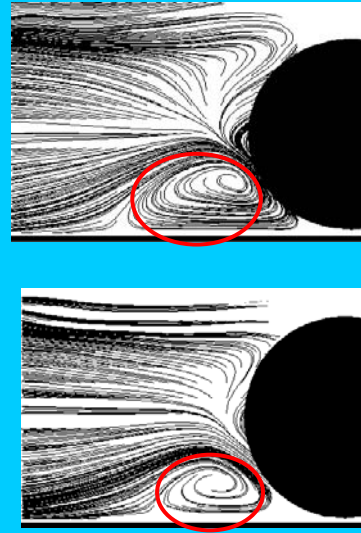


## *Alcuni risultati della ricerca*

*Traiettorie dei corpi*



*Campi di moto*



## **TEMA DI RICERCA**

### **METODOLOGIA SPEDITIVA PER LA DETERMINAZIONE DEL CAMPO DI MOTO IN ALVEI NATURALI**

Collaborazioni esterne con il CNR-IRPI di Perugia e con l'Università Erciyes, Kayseri, Turchia

## Obiettivi della ricerca

- Validazione del modello entropico come metodo speditivo per la misura della portata liquida.
- Caratterizzazione del parametro entropico dalle grandezze che intervengono nella definizione di una corrente fluida a pelo libero e nella descrizione dei processi energetici principali che in essa hanno atto, quali possono essere la portata, la pendenza, il raggio idraulico, la forma, la scabrezza e gruppi adimensionali come ad es. il numero di Froude, la scabrezza relativa, ecc.



A tal fine sono state condotte esperienze di laboratorio e di campo

## Modello entropico

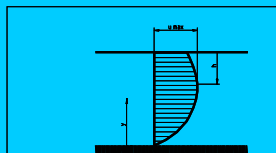
Si basa sulla teoria di massimizzazione del contenuto entropico - informativo di un sistema fisico (Chiu 1987):

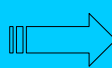
$$u = \frac{U_{\max}}{M} \ln \left[ 1 + (e^M - 1) \frac{\xi - \xi_0}{\xi_{\max} - \xi_0} \right]$$

da cui deriva il legame esplicito tra la velocità media e la velocità massima della sezione:

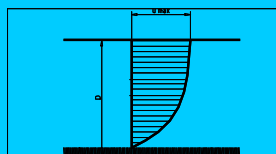
$$\frac{U}{U_{\max}} = \frac{e^M}{(e^M - 1)} - \frac{1}{M} = b$$

dove  $\xi$  rappresenta la variabile adimensionale del sistema di riferimento adottato per la rappresentazione del piano fisico:




$$\xi = \frac{y}{D-h} \exp\left(1 - \frac{y}{D-h}\right)$$

nel caso di canali naturali larghi:




$$\xi = \frac{y}{D}$$

## Sviluppi del modello entropico

$$u = \frac{u_{\max}}{M} \ln \left[ 1 + (e^M - 1) \frac{y}{D_i - h} \exp \left( 1 - \frac{y}{D_i - h} \right) \right]$$

dove  $u_{\max}$  rappresenta la massima velocità della verticale,  $D_i$  la profondità della corrente della verticale e  $n$  il numero di verticali campionate nella sezione trasversale.

Greco et al. (2002)

$$\frac{\bar{u}_i}{u_{\max}} = e^{M_i} (e^{M_i} - 1)^{-1} - \frac{1}{M_i}$$

Moramarco et al. (2004)

$$\phi(M) = \frac{e^M}{e^M - 1} - \frac{1}{M}$$

dove  $\phi(M)$  è il coefficiente della retta che meglio approssima le coppie di punti velocità media e velocità massima della sezione per differenti valori di portata.

Ardiclioglu et al. (2005)

$$M = \frac{u_{\max}}{\bar{u}}$$

dove  $M$  (costante lungo tutte le verticali) è il coefficiente della retta che meglio approssima le coppie di punti velocità media e velocità massima della sezione per differenti valori di portata.

## Esperienze di laboratorio



Sezione rettangolare

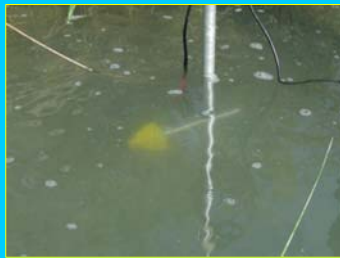


Sezione trapezia asimmetrica



Sezione trapezia simmetrica

## Misure di campo



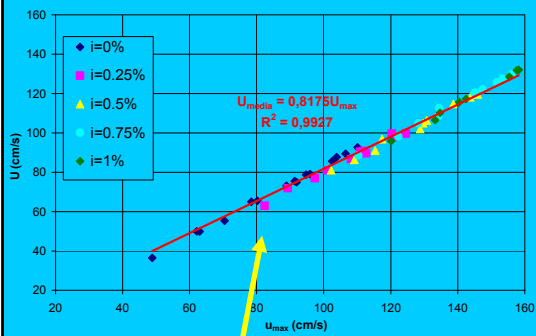
rilevo svolto a guado con asta graduata



rilevo svolto da ponte con sistema di calata: carrello, peso idrodinamico

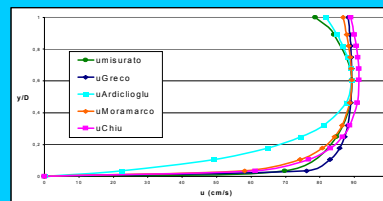
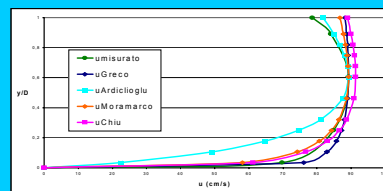
## Alcuni risultati della ricerca

### Relazione tra la velocità media e massima della corrente



$$\phi(M) = \frac{e^M}{e^M - 1} - \frac{1}{M}$$

### Ricostruzione del profilo di velocità con il modello entropico



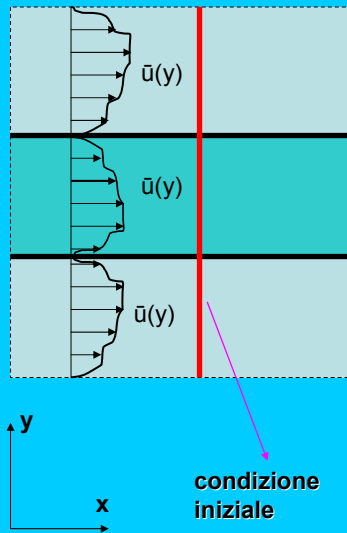
## TEMA DI RICERCA

### Analisi del transitorio nel processo di dispersione idrodinamica all'interno di aste fluviali

## Contenuti

- ◆ Proposta di un **nuovo approccio analitico** per la valutazione del **coefficiente di dispersione longitudinale** in **canali** uniformemente rettilinei a **sezione fortemente dissimmetrica** in **condizioni transitorie ed asintotiche**.
- ◆ La base di partenza è rappresentata dalla **teoria del trasporto stocastica lagrangiana**, in cui gli elementi del tensore di macrodispersione sono direttamente legati al tasso di variazione dei momenti del 2° ordine della singola particella di soluto.
- ◆ Le curve risultanti sono state plottate utilizzando i profili di velocità ricavati a partire dalle **misure di profondità** effettuate lungo sei fiumi calabresi, sulla base di una **equazione di Manning opportunamente generalizzata**.
- ◆ Gli stessi calcoli sono stati ripetuti con riferimento a distribuzioni di **velocità relative a sezioni simmetriche equivalenti**, caratterizzate dai soli parametri **idrodinamici e morfologici medi**, per i 6 casi allo studio e per una vasta gamma di fiumi statunitensi a coefficienti di dispersione asintotici noti.

## Approccio stocastico lagrangiano



Coefficiente di dispersione longitudinale

B

$$D_{Mx}(t) = \frac{1}{2} \frac{d\langle X^2 \rangle}{dt}$$

B

B

$$D_{Mx}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\bar{u}_k^2 B^2}{2\pi^2 k^2 D_y} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{\pi^2 k^2 D_y t}{B^2}\right) \right]$$

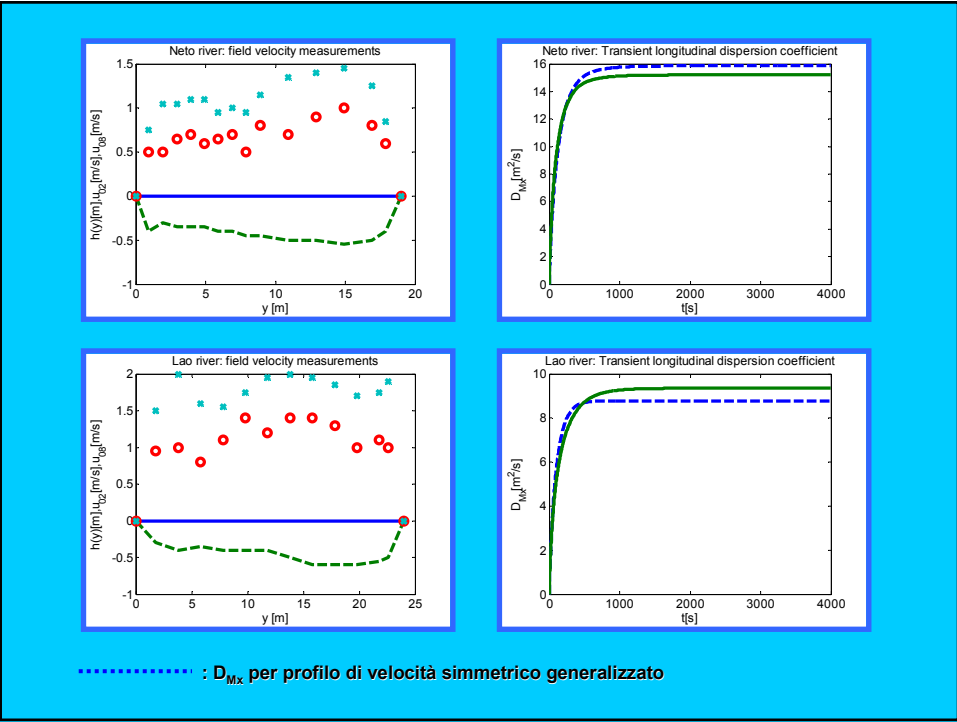
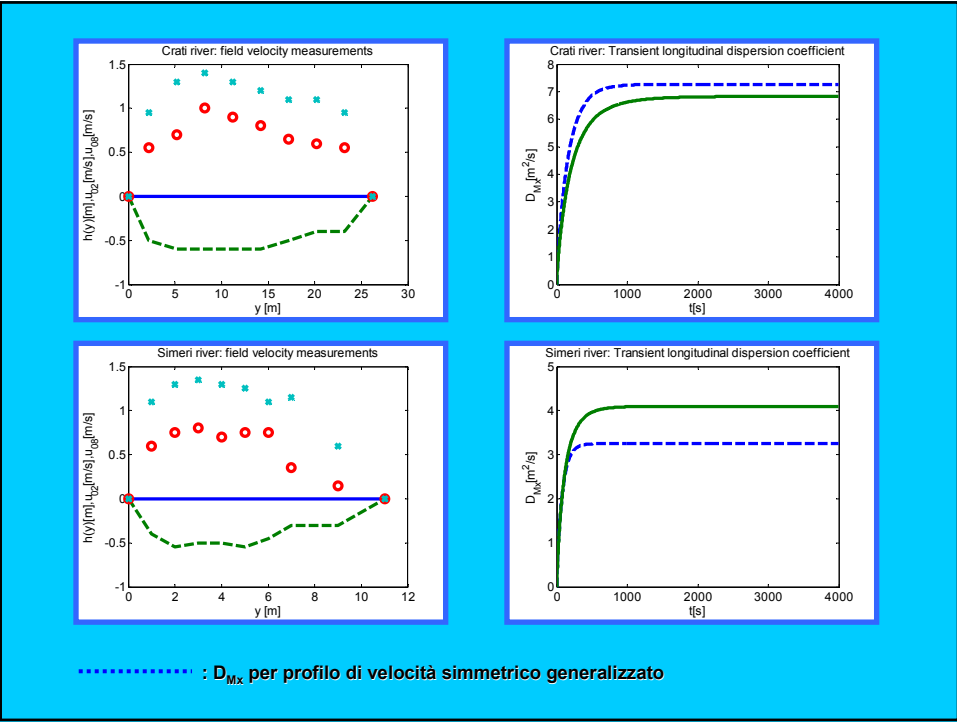
$D_y$  : mixing turbolento trasversale

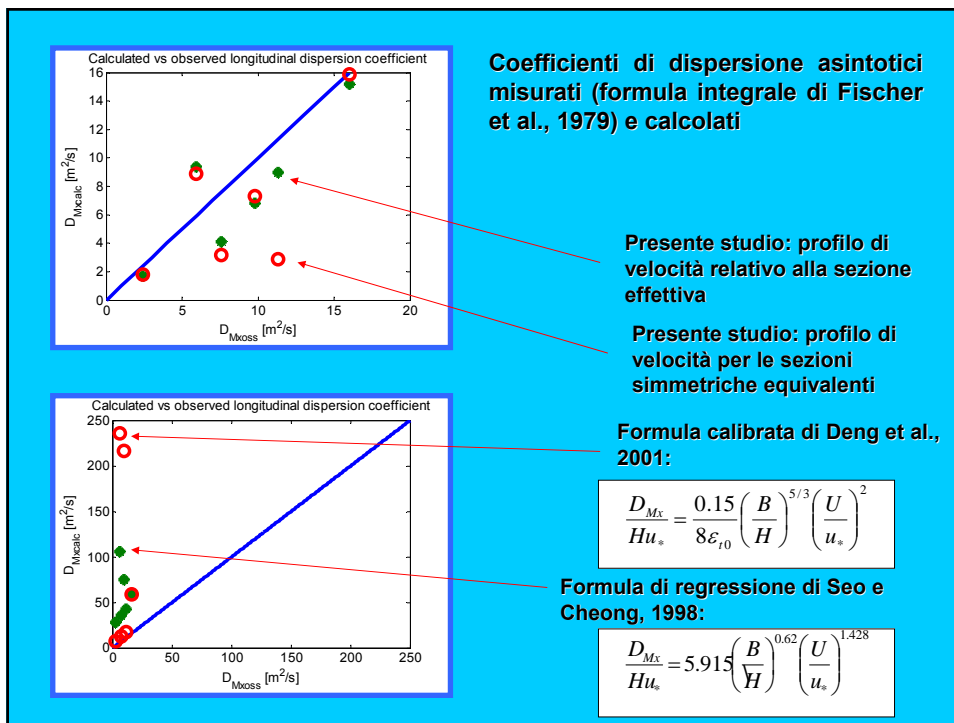
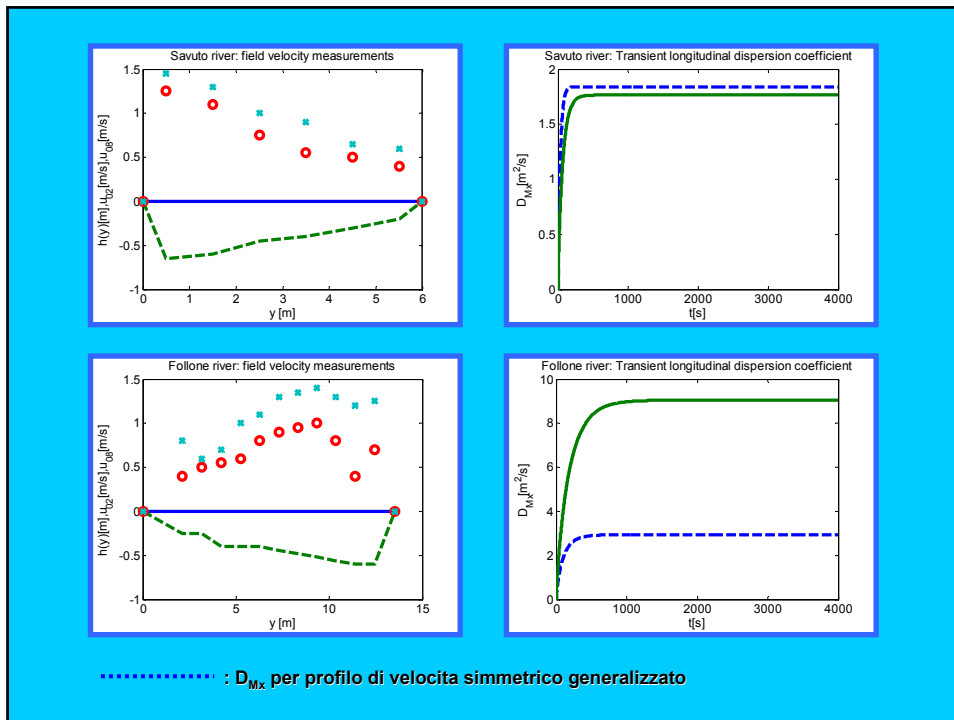
$\bar{u}_k$  : coeff. Fourier velocità

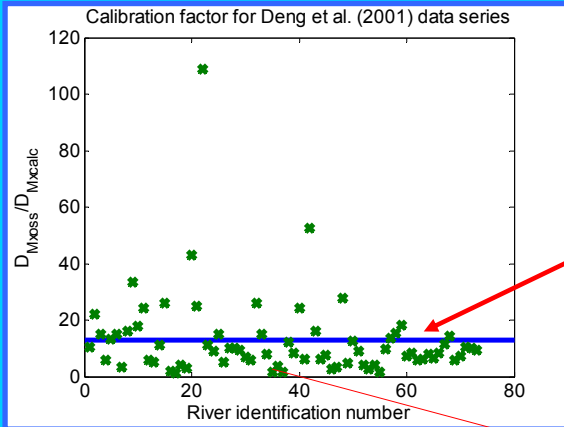
condizione iniziale



River	B(m)	H(m)	U(m/s)	u <sub>r</sub> (m/s)	D <sub>y</sub> (m <sup>2</sup> /s)
Neto	19	0.418	0.97	0.14	0.031
Lao	24	0.445	1.45	0.2	0.058
Crati	26.2	0.475	0.96	0.136	0.042
Savuto	6	0.41	0.96	0.14	0.013
Simeri	11	0.422	0.84	0.122	0.017
Follone	13.5	0.385	0.92	0.136	0.021







In media

$$D_{Mxoss} = K D_{Mxcalc}$$

$$K = 13$$

Mississippi, Louisiana.



Durata  
transitorio=25h