

Udine, 26 maggio 2009



**CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN
TECNOLOGIE CHIMICHE ED ENERGETICHE
- CICLO XXI -**

***Analisi sperimentale del campo di moto
in canali di raffreddamento rettangolari provvisti di pin-fins
a basso aspect-ratio e basso numero di Reynolds***



Dottorando: **Dott. Ing. Alessandro ARMELLINI**

Relatore: **Prof. Ing. Pietro GIANNATTASIO**

Coordinatore: **Prof. Ing. Piero PINAMONTI**

Contenuti

- Introduzione e obiettivi della ricerca
- Configurazione analizzata e procedura sperimentale
- Strutture di separazione a monte degli ostacoli
- Flusso nella scia a valle degli ostacoli
- Conclusioni e sviluppi futuri

Contesto scientifico & industriale

Ottimizzazione dei sistemi di raffreddamento mirata al conseguimento delle massime prestazioni di scambio termico a fronte di perdite di carico accettabili e nel rispetto delle particolari condizioni applicative

Presente Applicazione

Dissipatori termici per componenti elettronici di potenza e circuiti microelettronici

Requisiti

- elevati flussi termici specifici
- bassa rumorosità
- stringenti limitazioni dimensionali

- Fluido refrigerante liquido a bassa velocità
- Sezioni di passaggio con elevato rapporto larghezza/altezza
- Utilizzo di alette a spillo per aumentare la superficie di scambio termico e promuovere la turbolenza

Motivazioni

In letteratura i contributi che analizzano il comportamento termo-fluidodinamico dei dispositivi in oggetto in condizioni di flusso realistiche sono alquanto carenti.

La complessità delle condizioni di flusso in questi dispositivi rappresenta una seria sfida per i moderni codici di calcolo numerico, ma al momento non si dispone di data-base sperimentali sufficientemente ampi e accurati per la validazione.

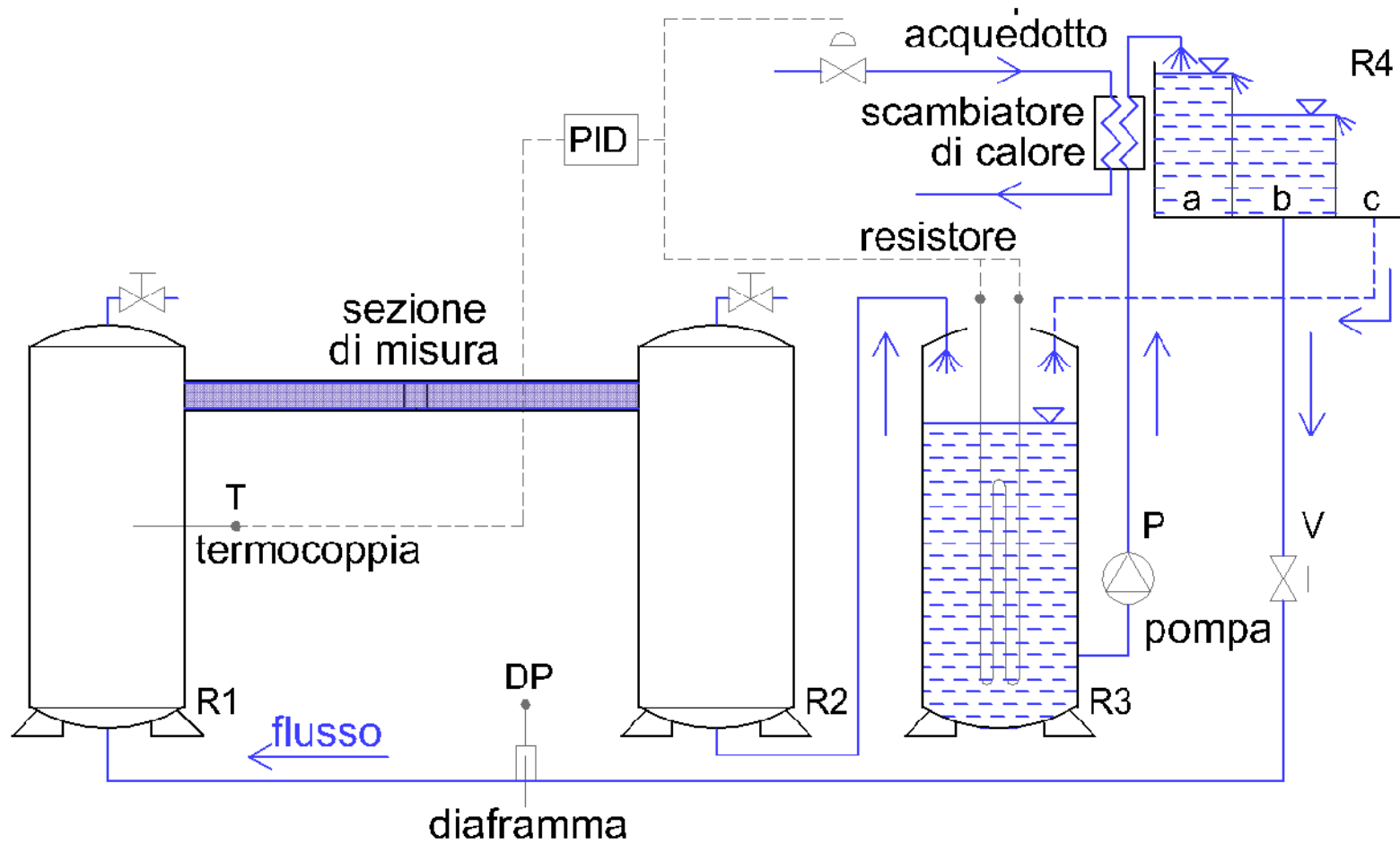
Obiettivi

Caratterizzare **sperimentalmente** il **comportamento fluidodinamico** di promotori di scambio termico di varie geometrie in **condizioni di flusso simili a quelle di reale impiego**.

- basso rapporto di forma
- basso numero di Reynolds
- elevato livello di turbolenza del flusso a monte

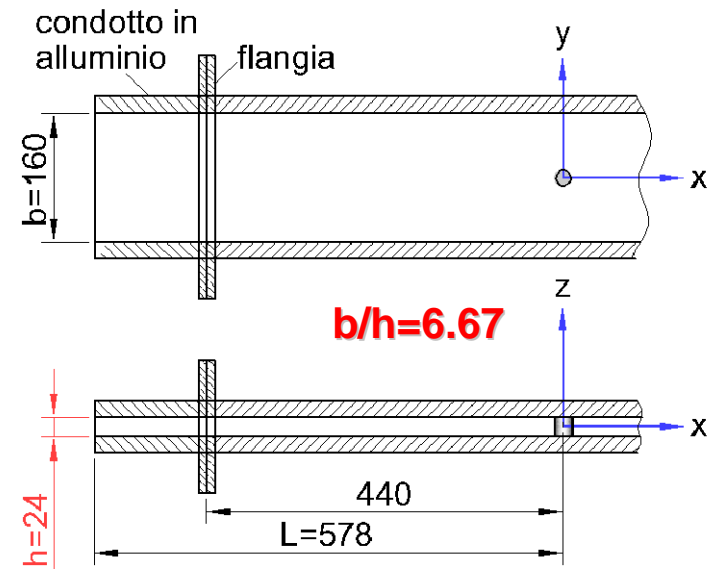
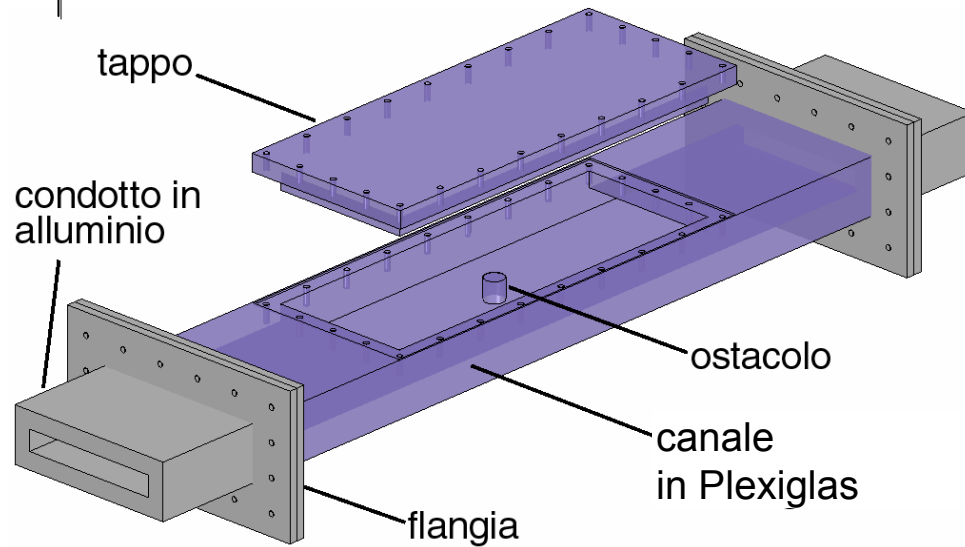
Procedura Sperimentale

Impianto di prova

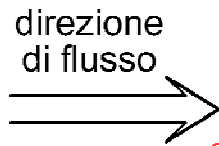


Procedura Sperimentale

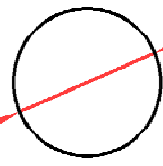
Sezione di misura



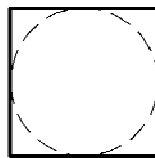
$$b/h=6.67$$



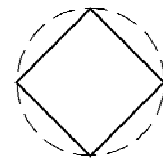
$$d=22$$



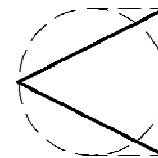
circolare



quadrato



romboidale



triangolare

$$AR=h/d=1.09$$

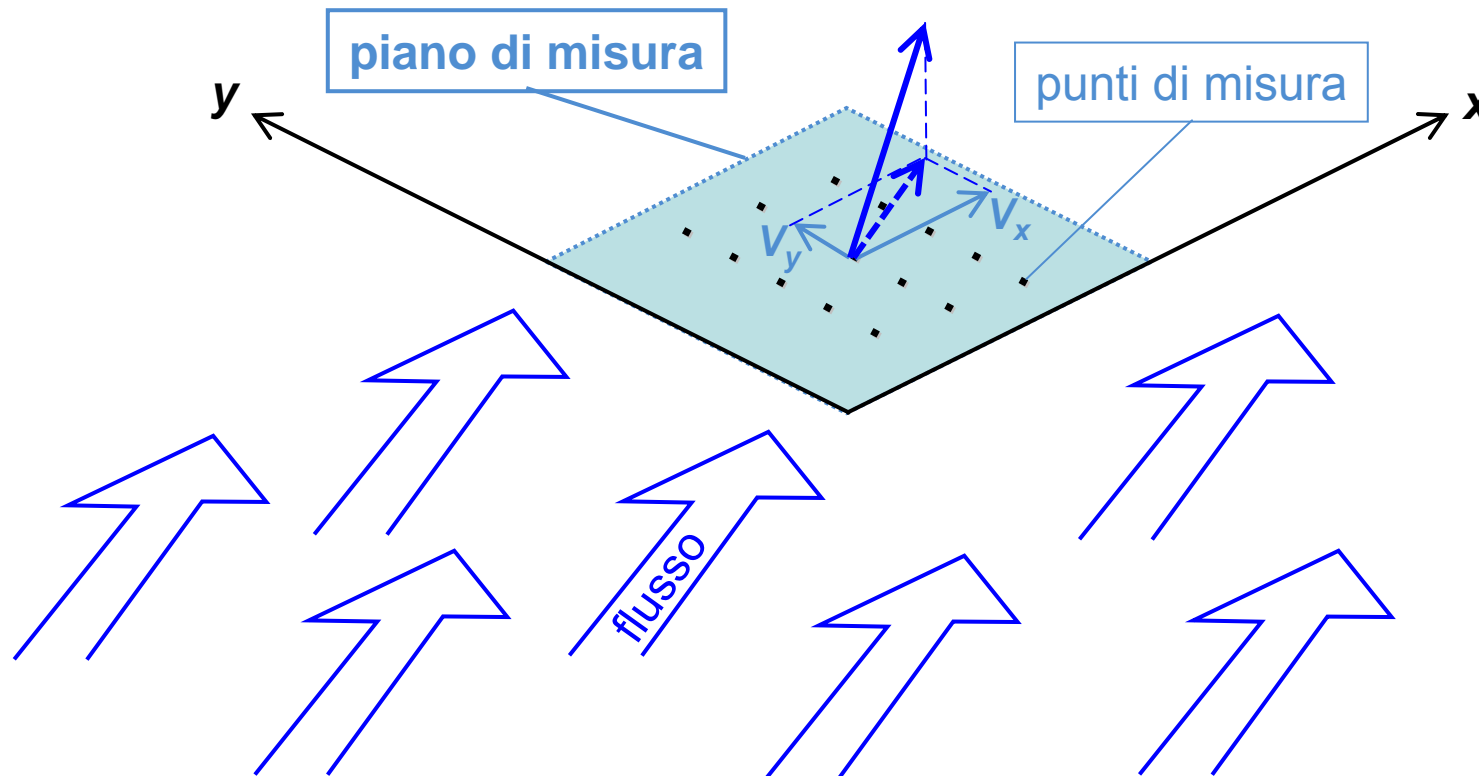
Regimi di Flusso

$$Re = U_B d / \nu = 800, 1800, 2800$$



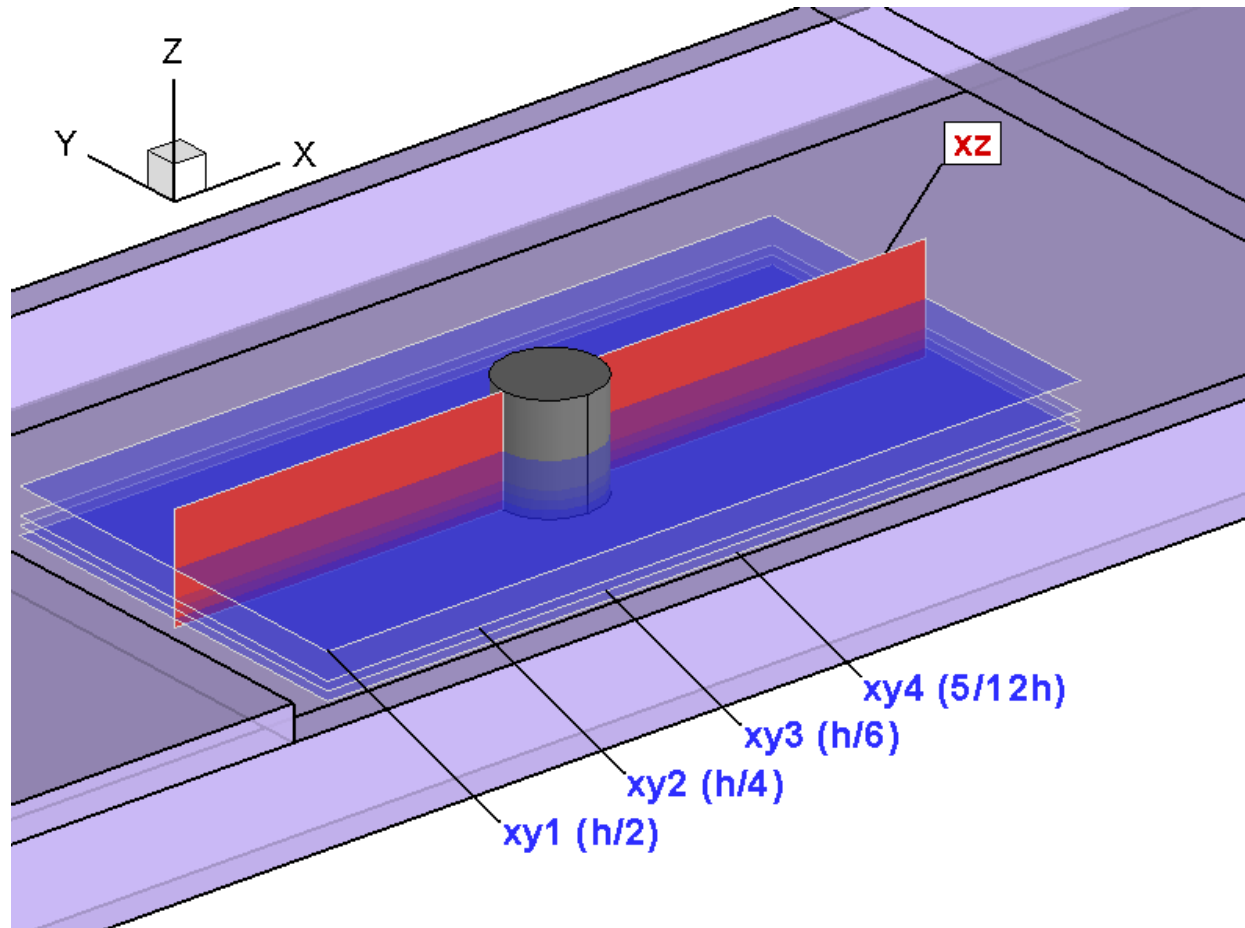
Particle Image Velocimetry 2D

Mediante la tecnica PIV-2D è possibile misurare simultaneamente e con elevata risoluzione spaziale le due componenti della velocità in un piano di flusso



Piani di Misura PIV

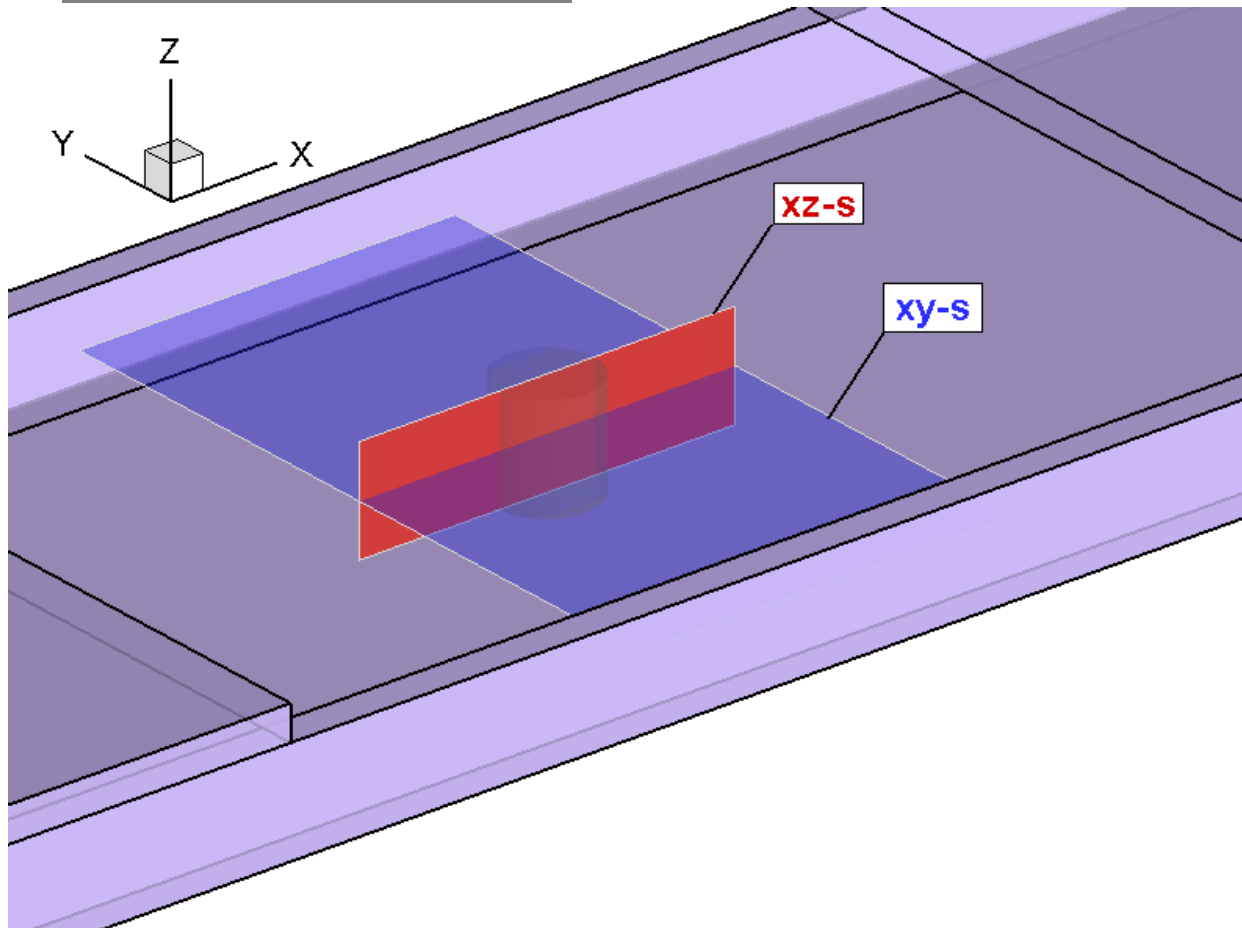
- Flusso intorno agli ostacoli: piani di simmetria e piani orizzontali a diversa elevazione



Piani di Misura PIV

➤ Flusso intorno agli ostacoli: piani di simmetria e piani orizzontali a diversa elevazione

➤ Flusso senza ostacolo

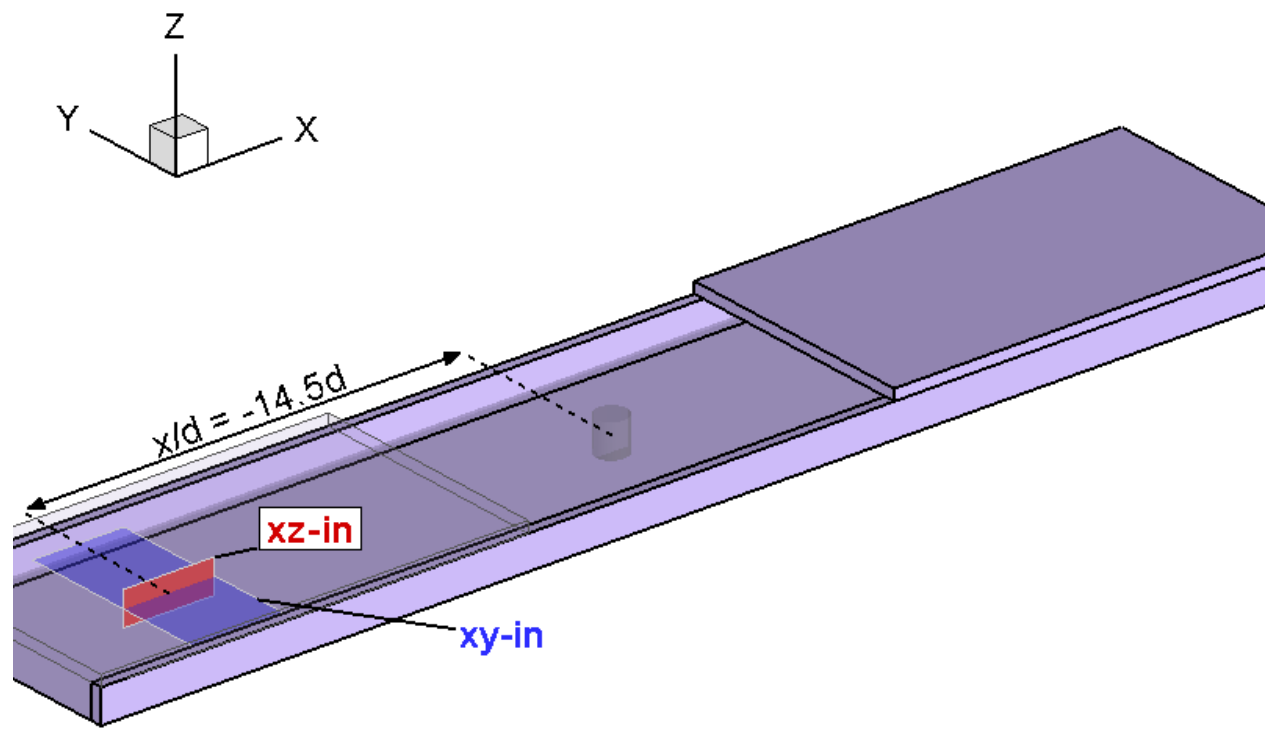


Piani di Misura PIV

➤ Flusso intorno agli ostacoli: piani di simmetria e piani orizzontali a diversa elevazione

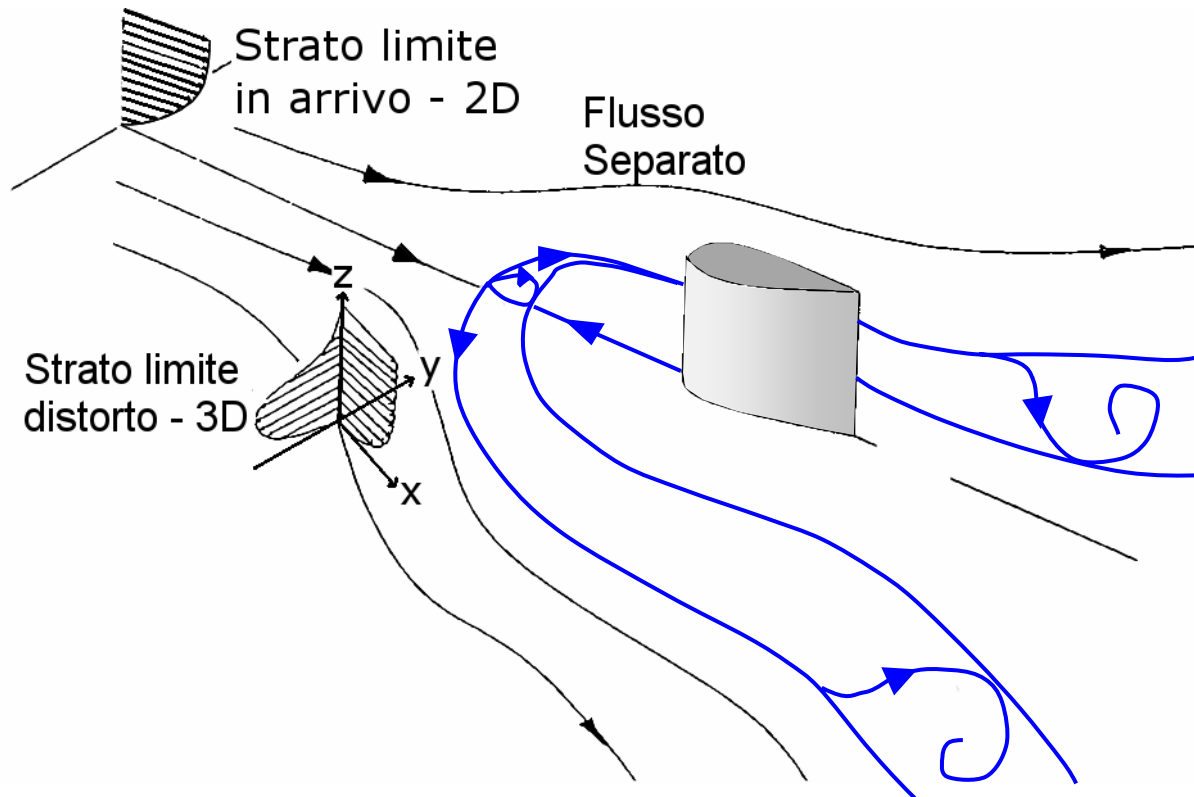
➤ Flusso senza ostacolo

➤ Flusso a monte dell'ostacolo



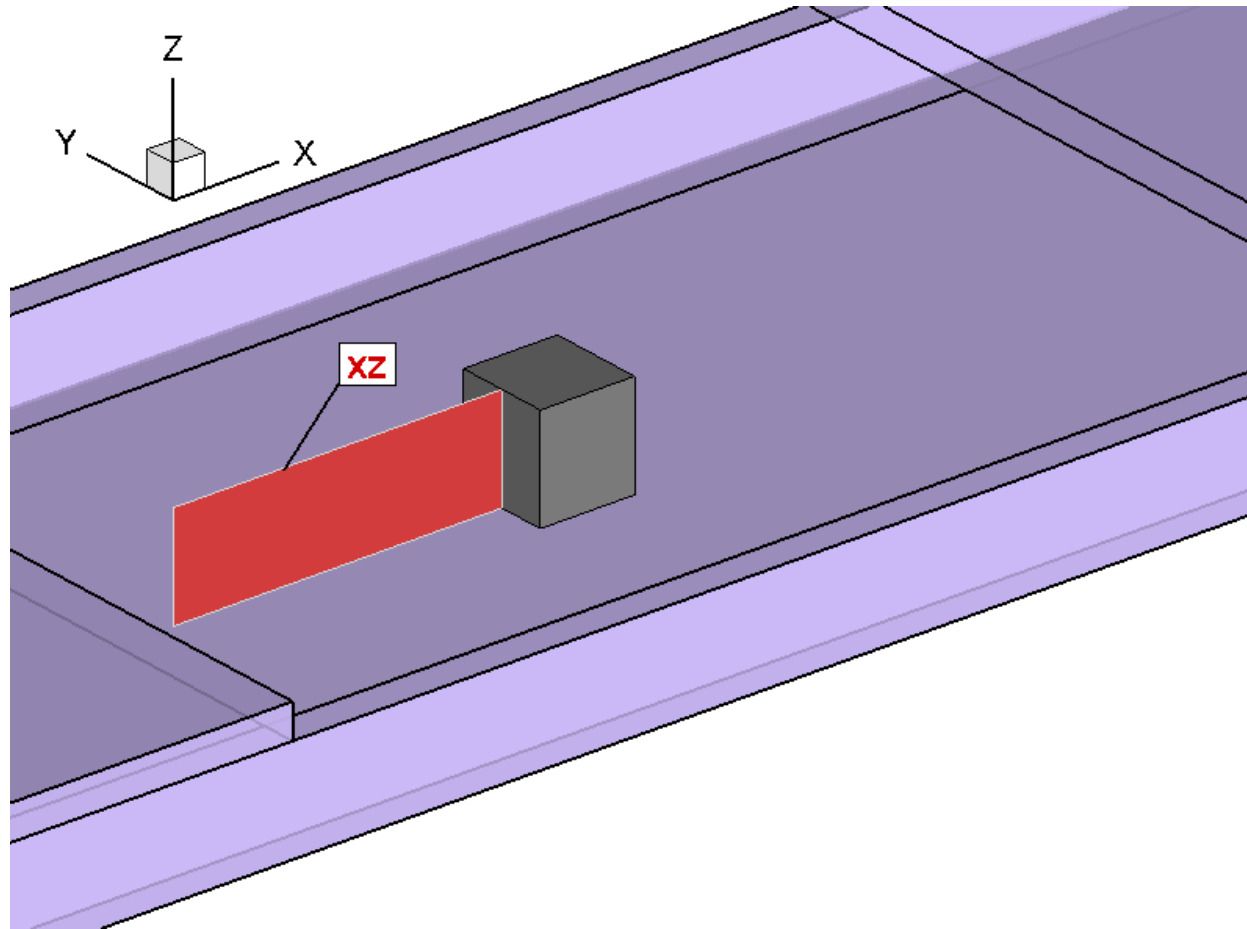
Strutture di separazione a monte

Formazione di un sistema di vortici a ferro di cavallo (**horseshoe vortex system**) alla giunzione fra ostacolo e pareti del canale

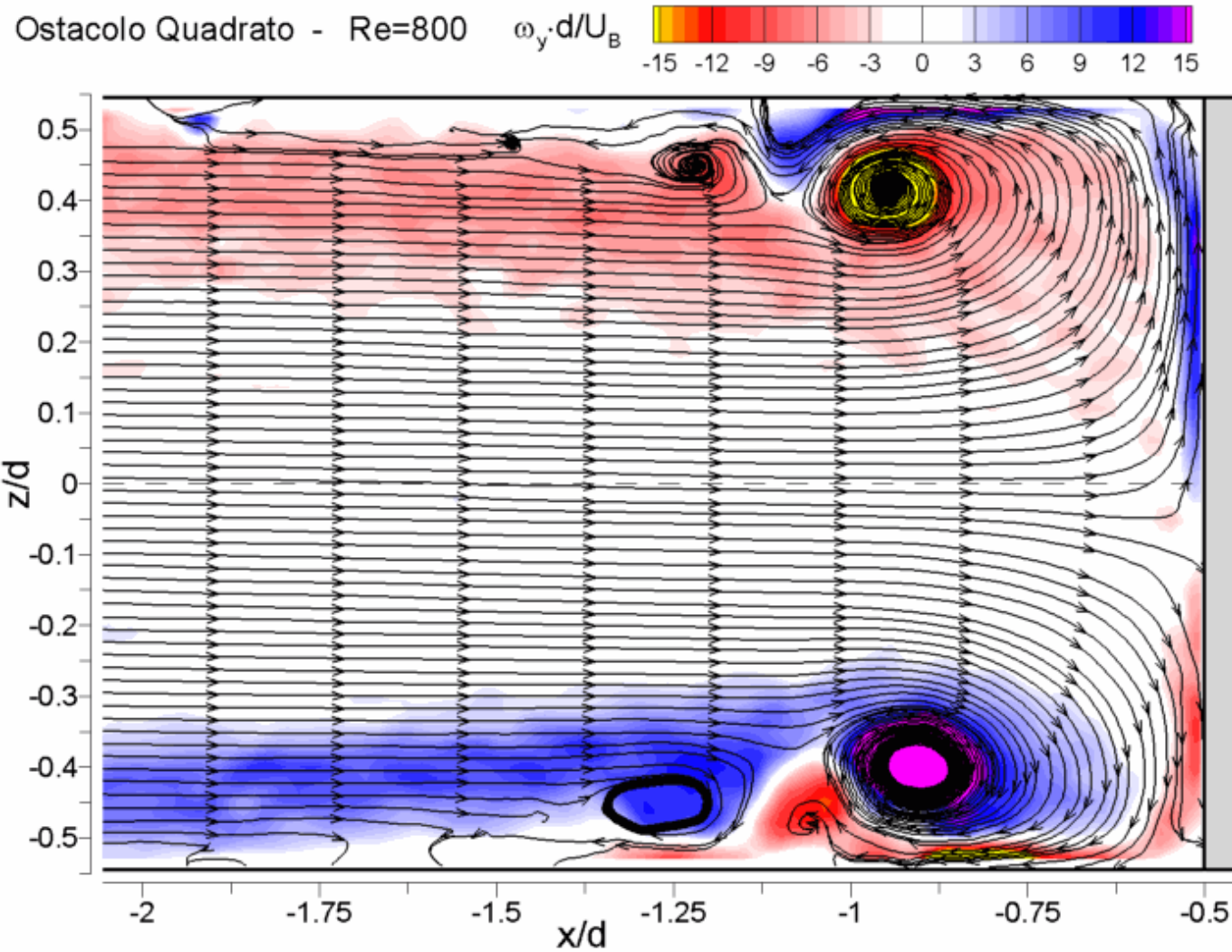
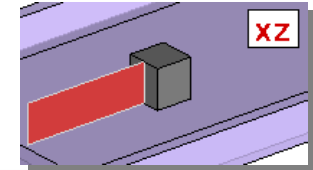


Ai regimi di flusso considerati la letteratura indica la formazione di strutture di separazione **stabili** o al massimo **oscillanti**

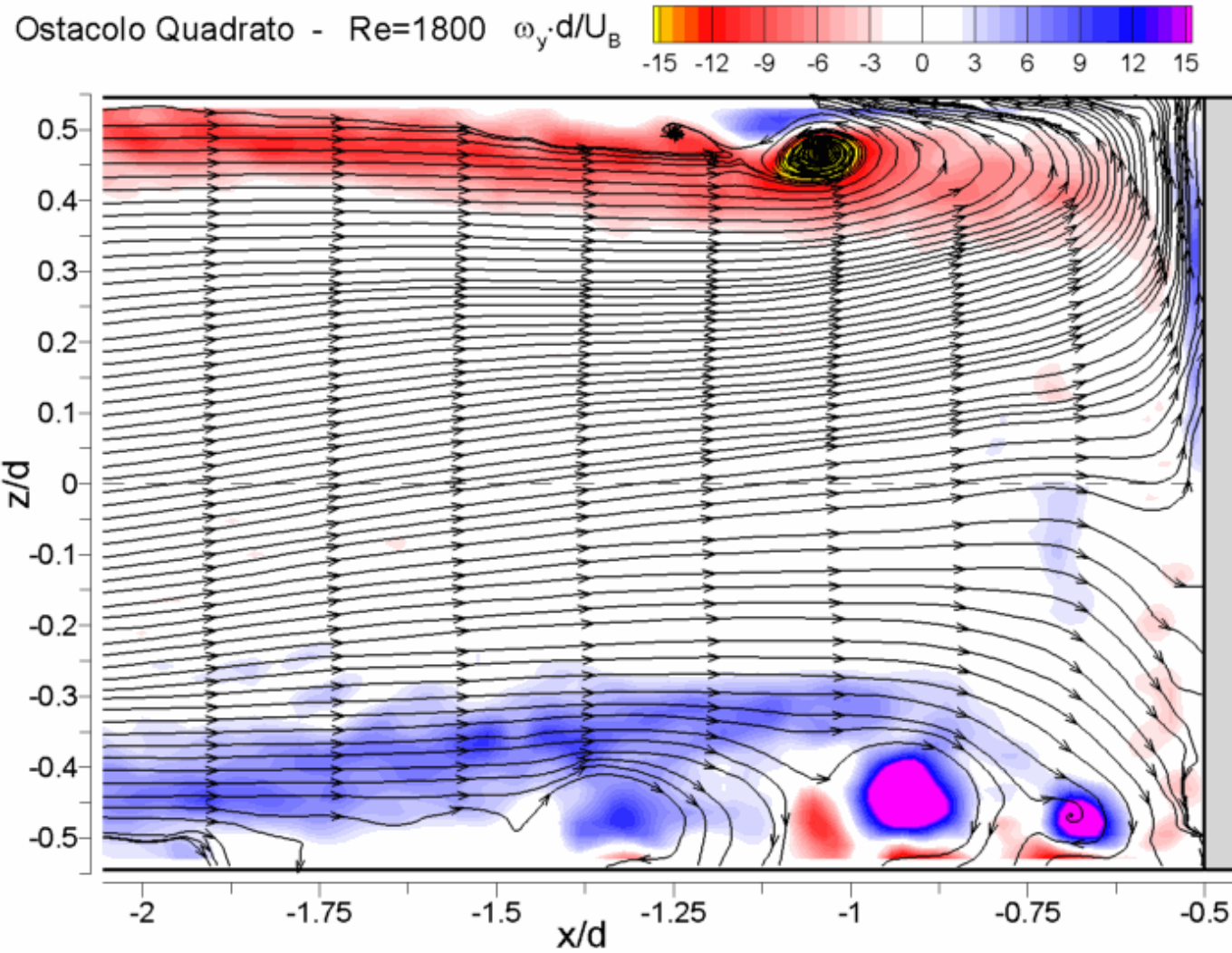
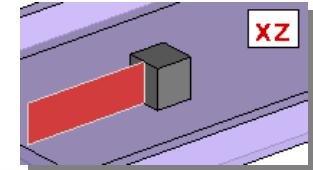
Strutture di separazione a monte



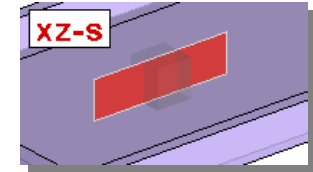
Strutture di separazione a monte



Strutture di separazione a monte



Strutture di separazione a monte

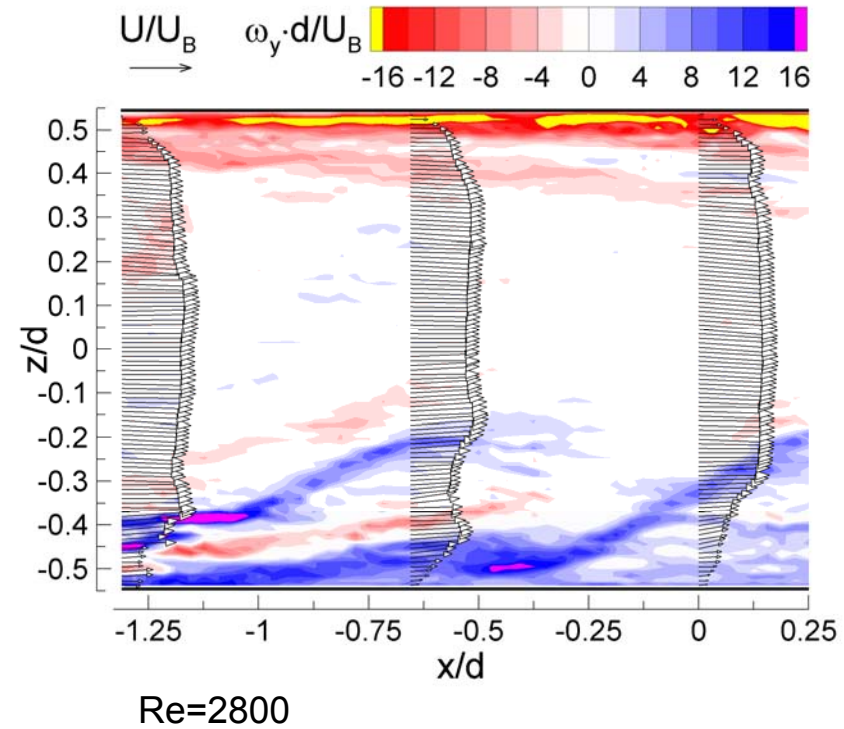
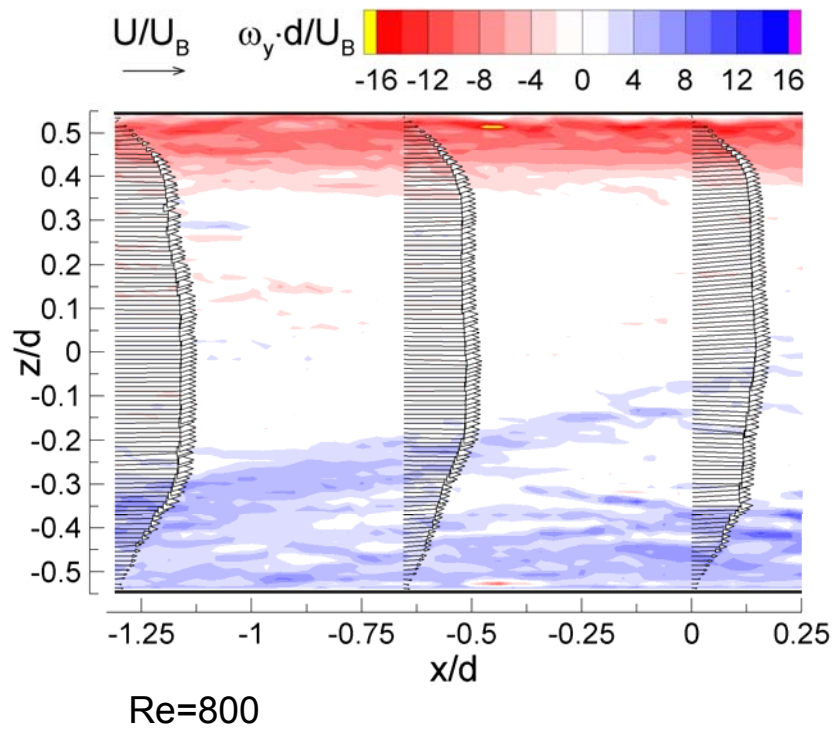


Configurazione geometrica realistica

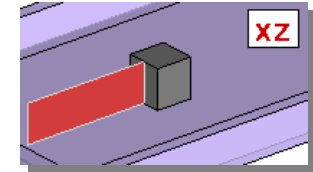
➤ brusca contrazione all'imbocco

➤ lunghezza di imbocco limitata

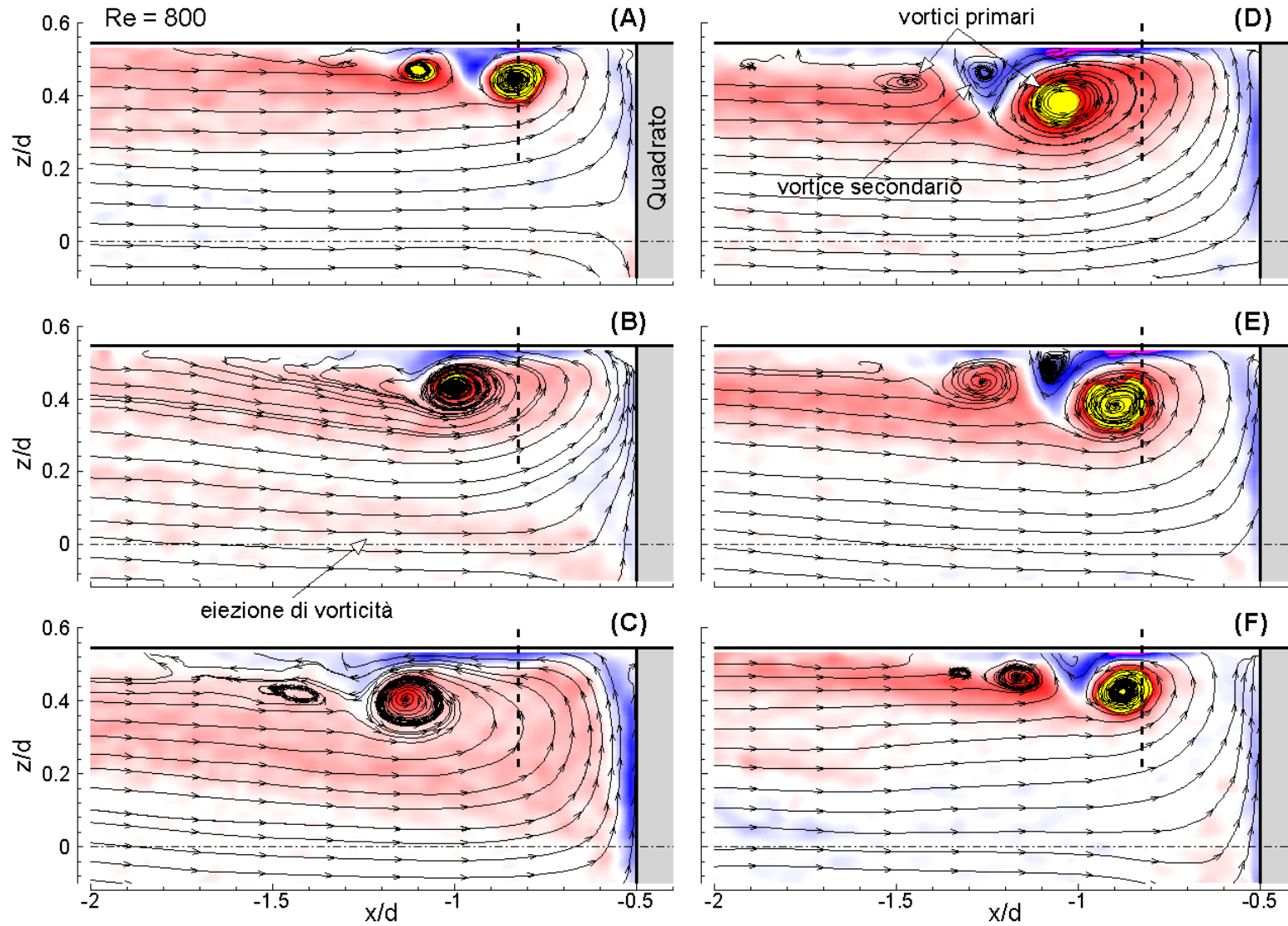
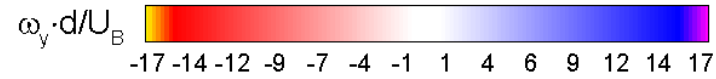
livello di turbolenza elevato: $Tu \approx 7\%$



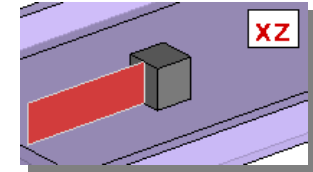
Strutture di separazione a monte



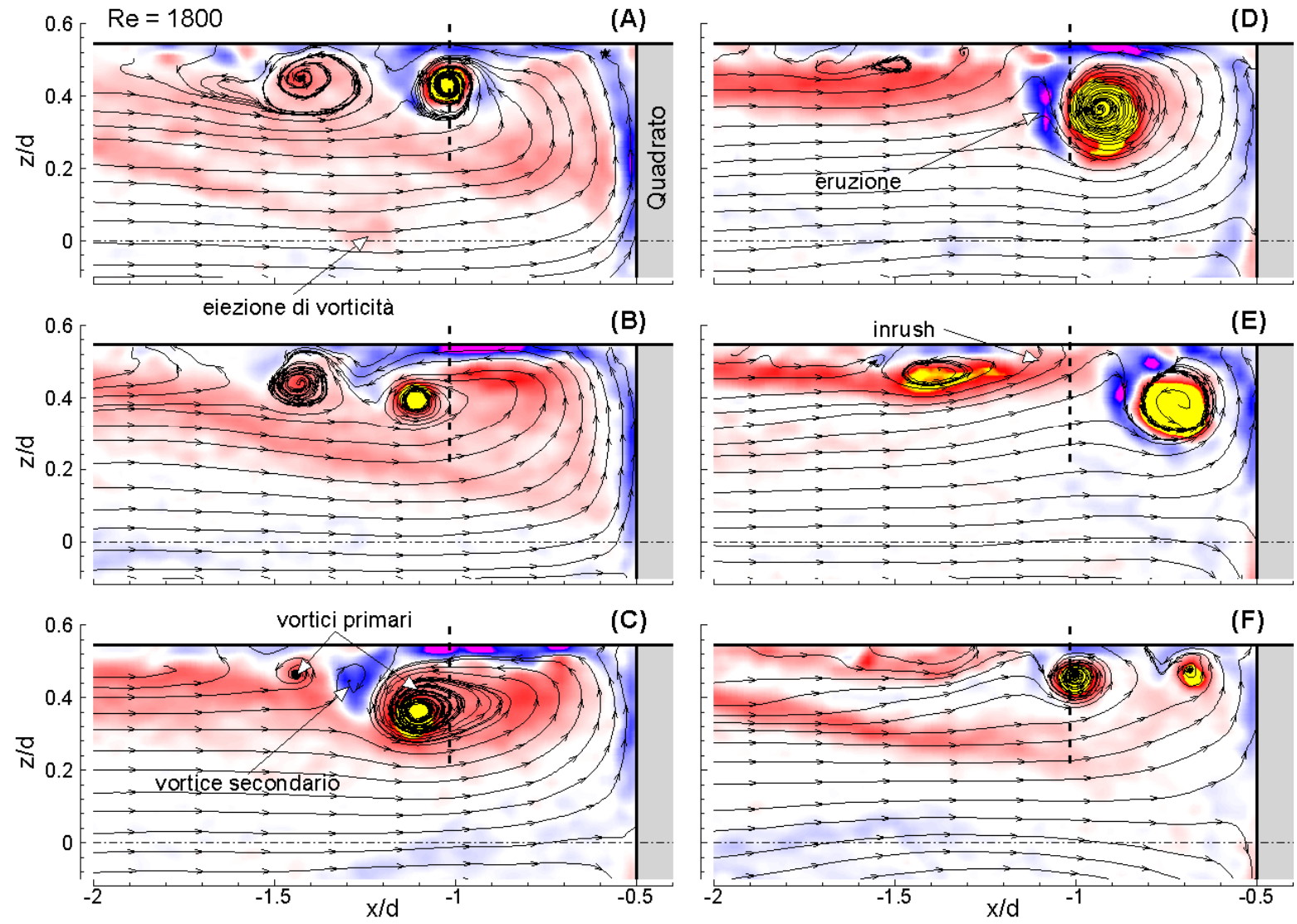
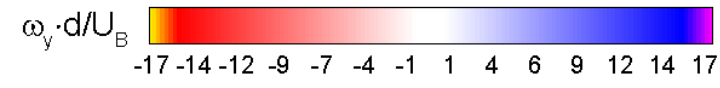
Re = 800



Strutture di separazione a monte

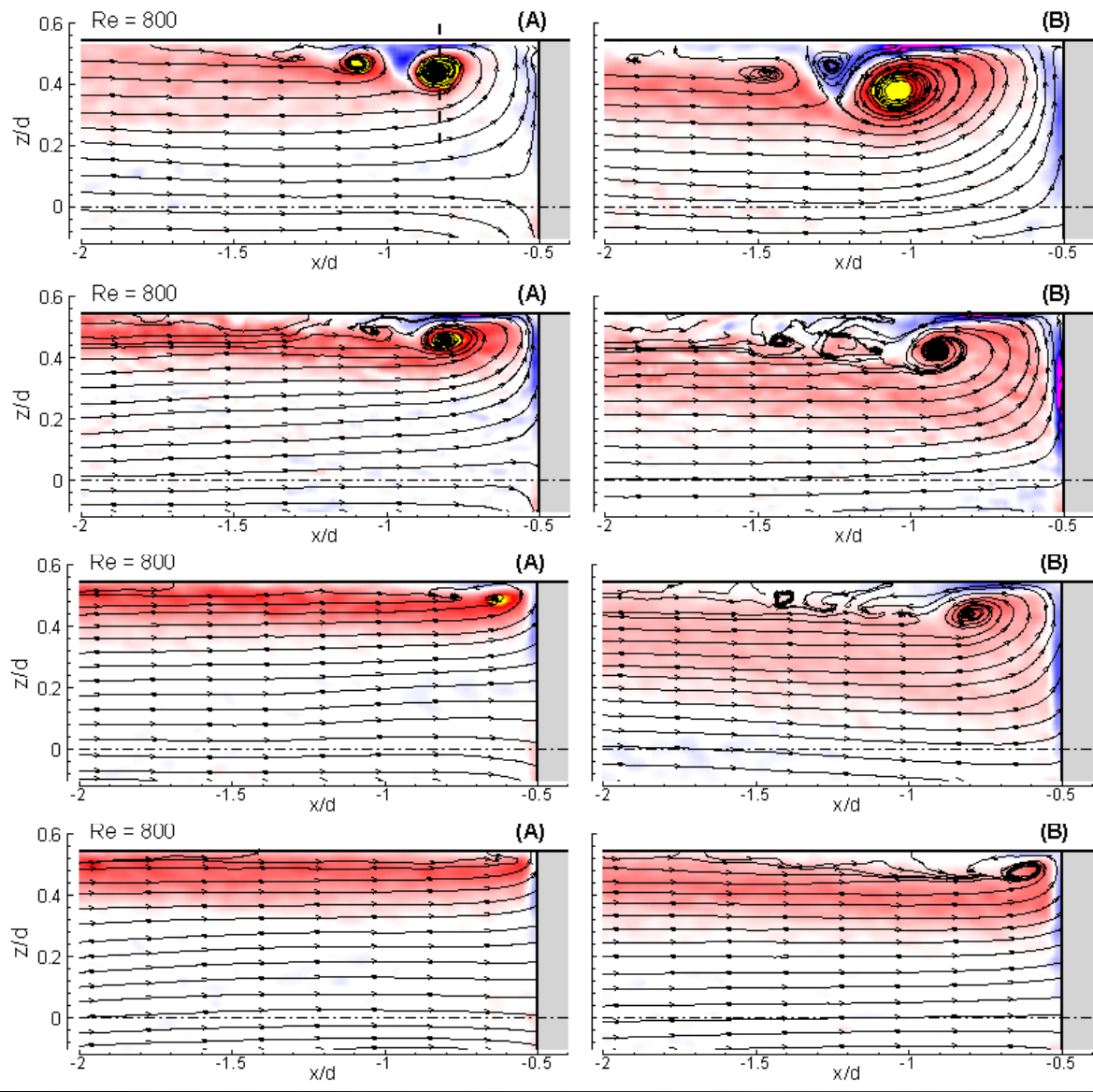
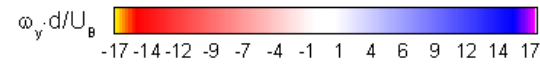
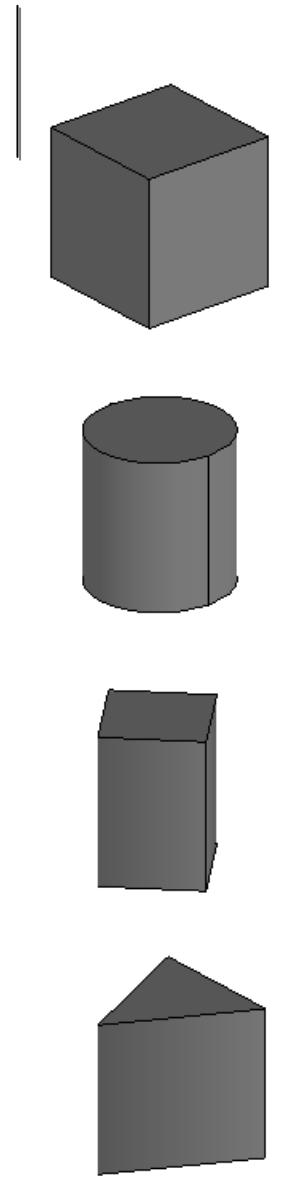
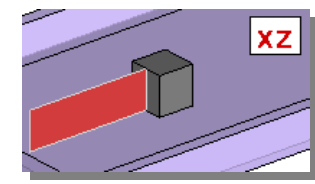


Re = 1800



Strutture di separazione a monte

Re = 800



u' e w' minori del 30÷40 % rispetto al pin Q ma stessa dinamica al variare di Re .

Intensità di turbolenza molto inferiore rispetto ai pins Q e C e casi di *break-away* e *inrush* osservati solo per il pin R a $Re = 1800$ e 2800 .



Flusso nella scia

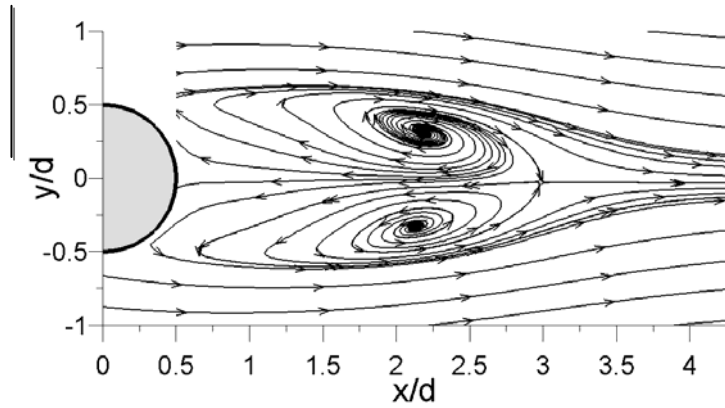
➤ **Struttura media della scia**

➤ Fenomenologia del distacco dei vortici

➤ Sensibilità alla variazione della geometria dell'ostacolo

- Introduzione e obiettivi della ricerca
- Configurazione analizzata e procedura sperimentale
- Struttura di separazione a monte degli ostacoli
- **Flusso nella scia a valle degli ostacoli**
- Conclusioni e sviluppi futuri

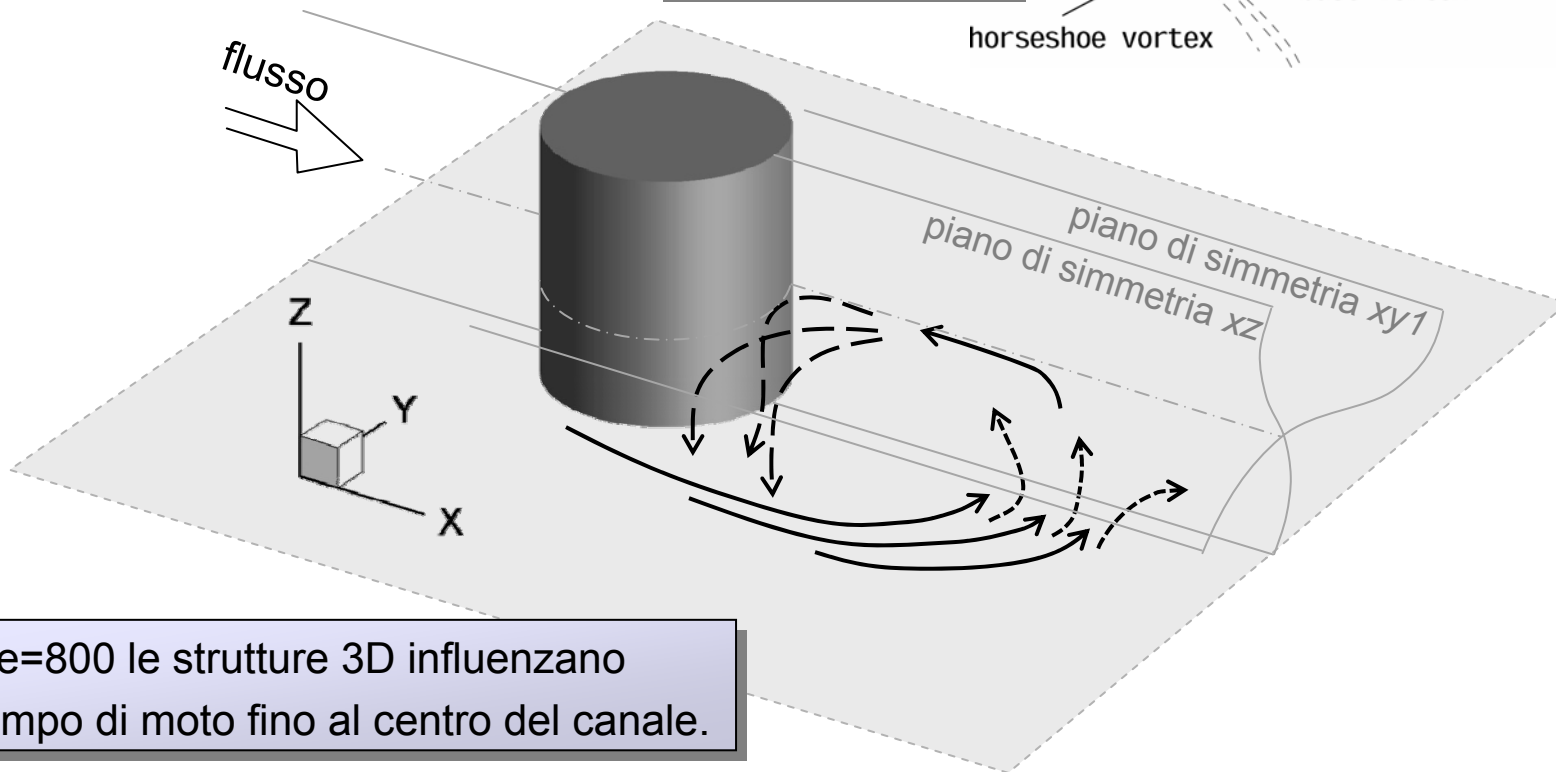
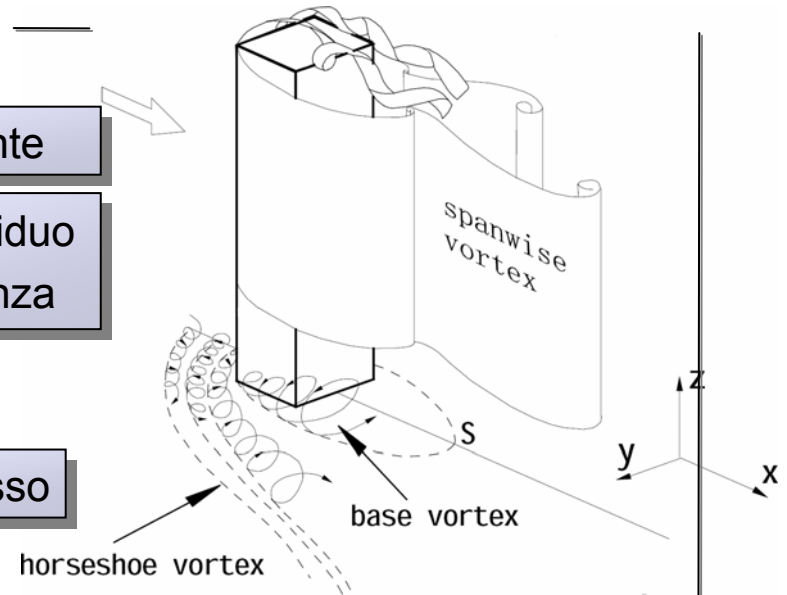
Flusso nella scia – Struttura media



➤ linee di corrente

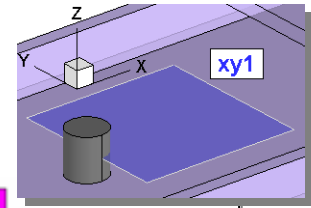
➤ campi del residuo della divergenza

Modello di Flusso



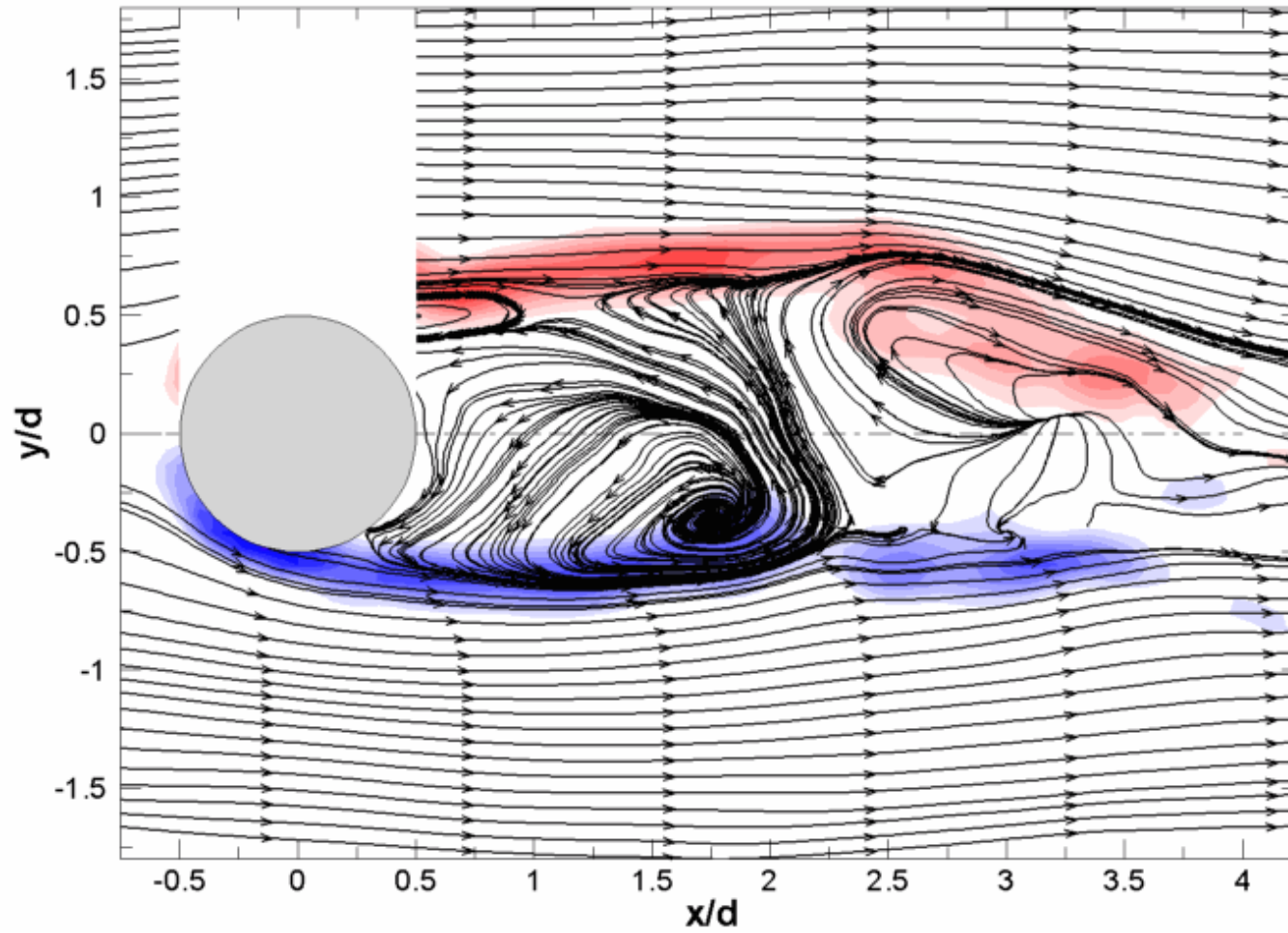
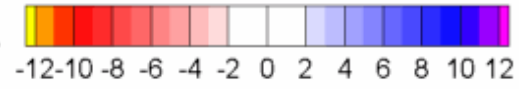
A $Re=800$ le strutture 3D influenzano il campo di moto fino al centro del canale.

Flusso nella scia – Distacco dei vortici

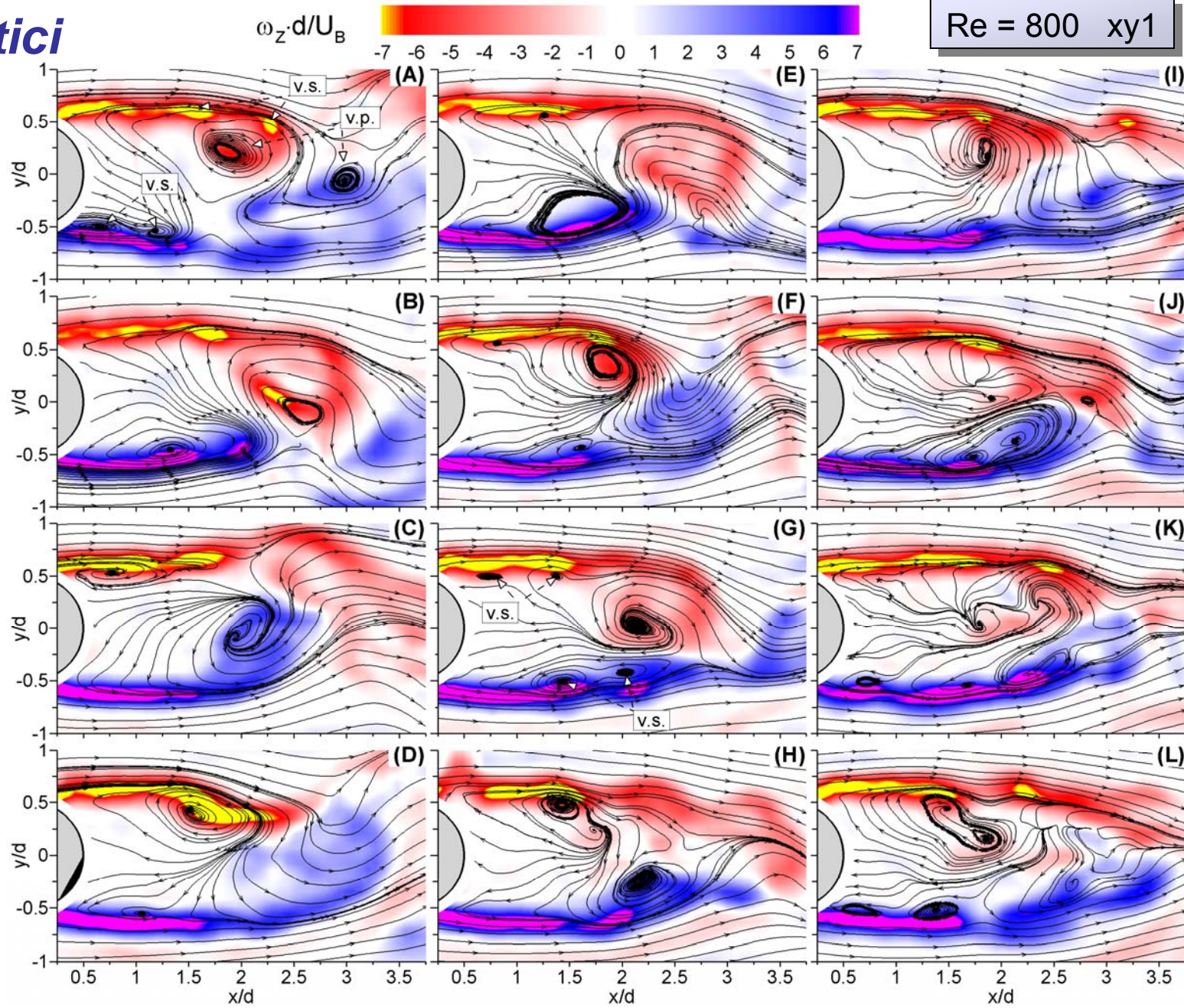


Ostacolo Circolare - $Re=800$

$$\omega_z \cdot d/U_B$$

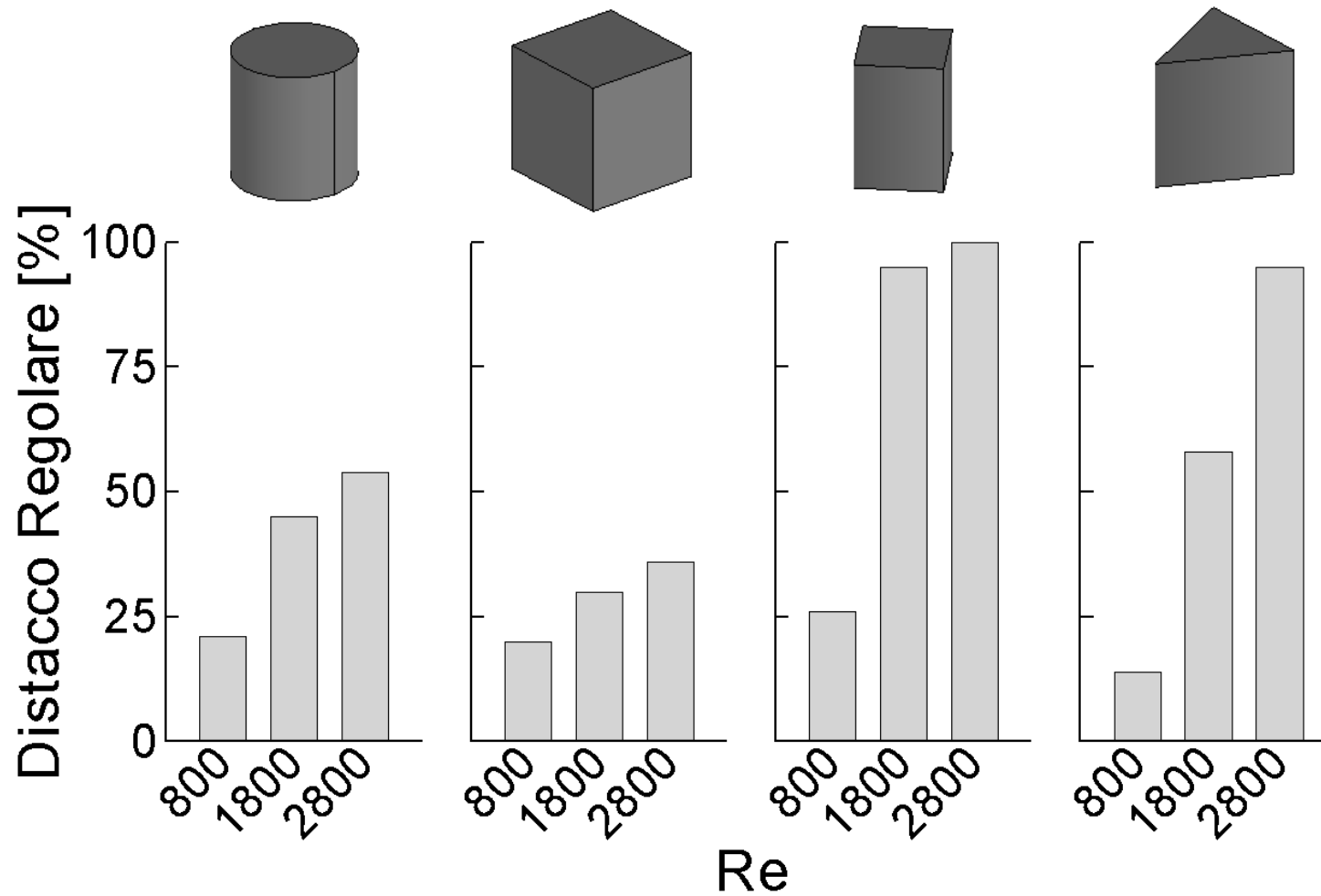


Flusso nella scia – Distacco dei vortici

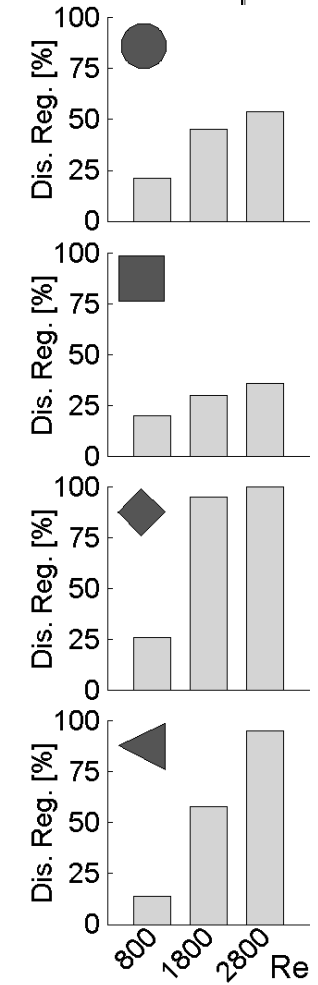
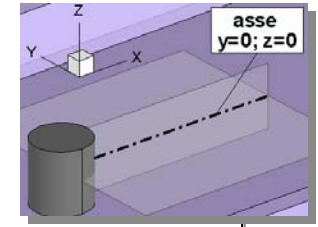
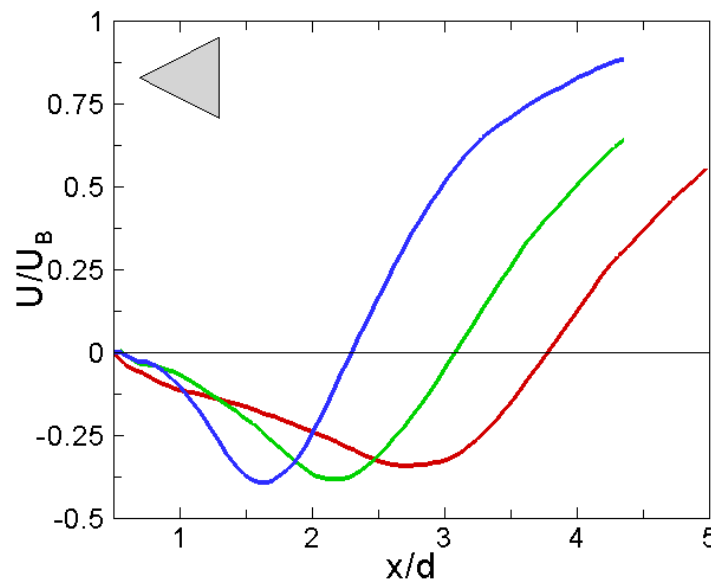
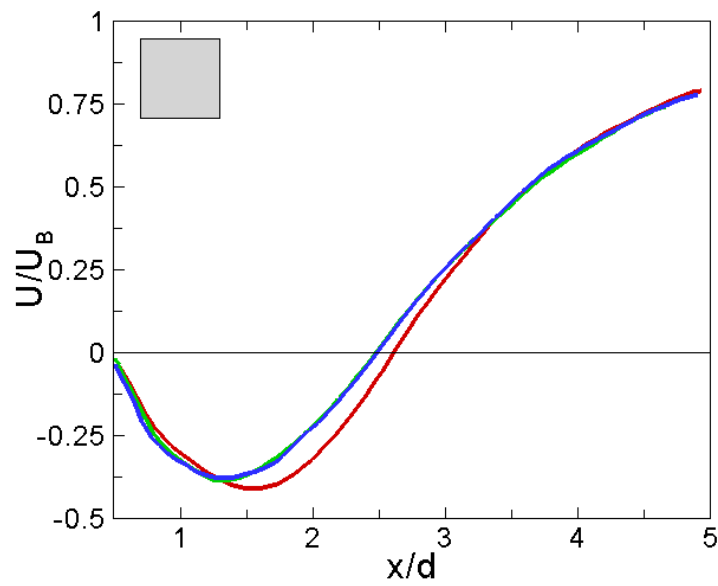
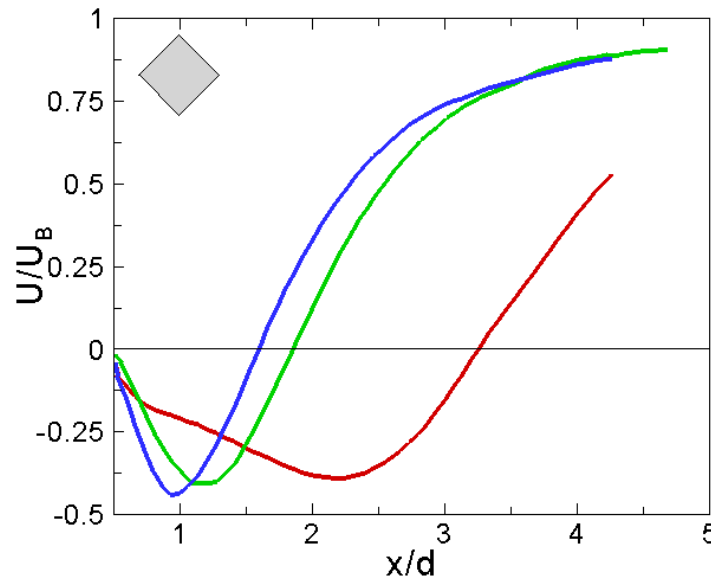
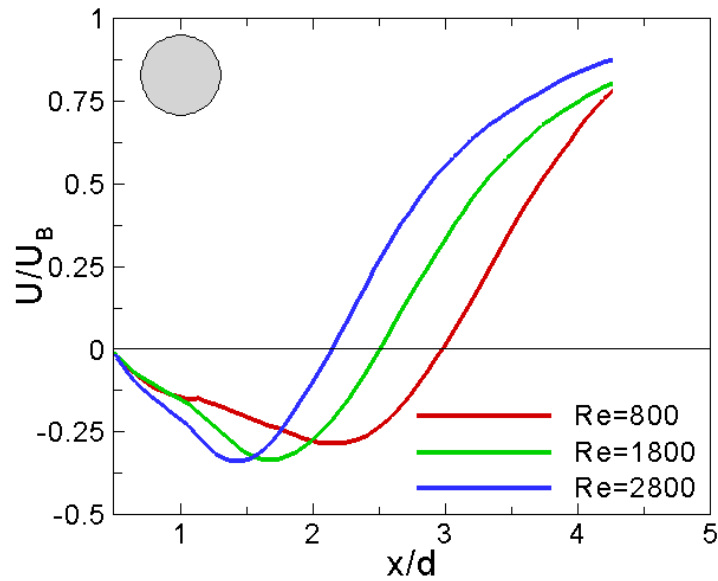


Flusso nella scia – Distacco dei vortici

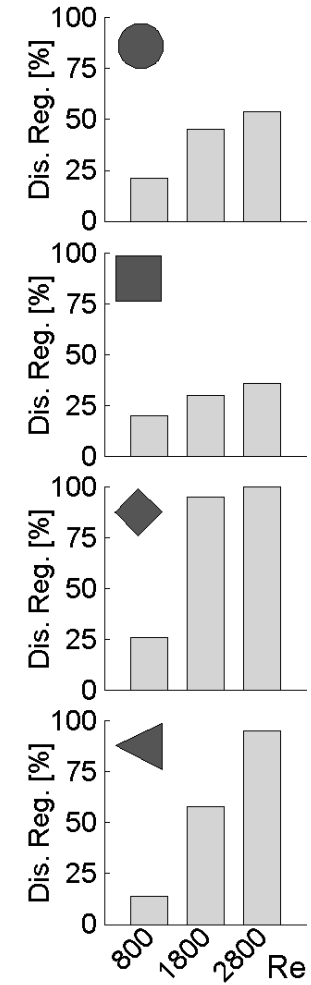
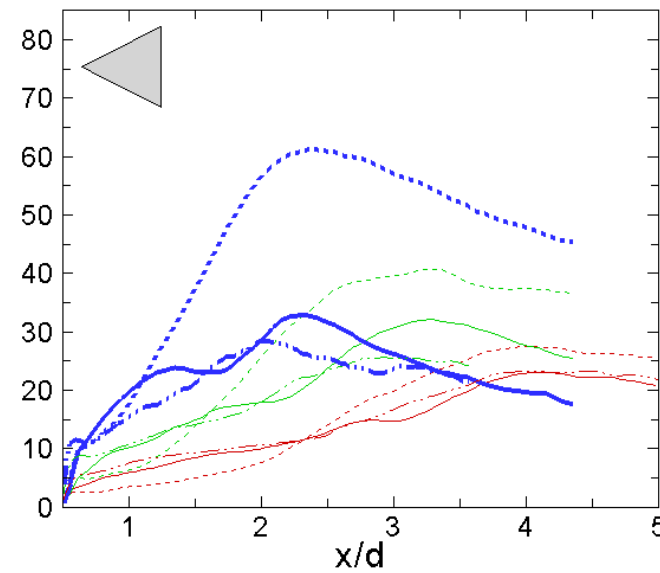
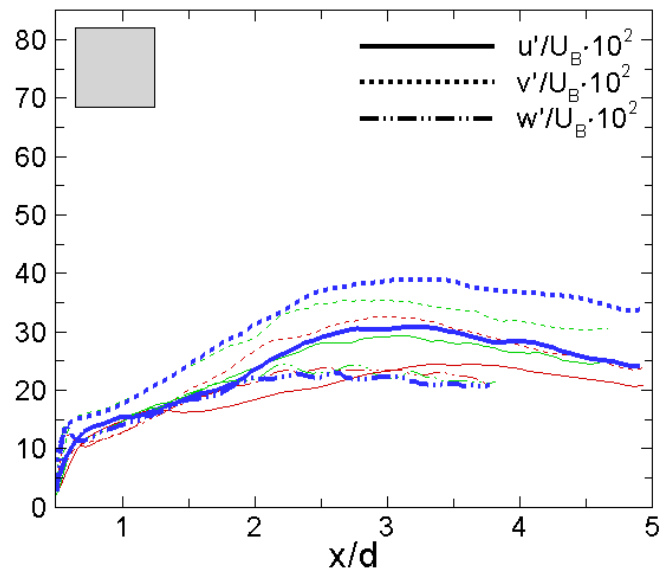
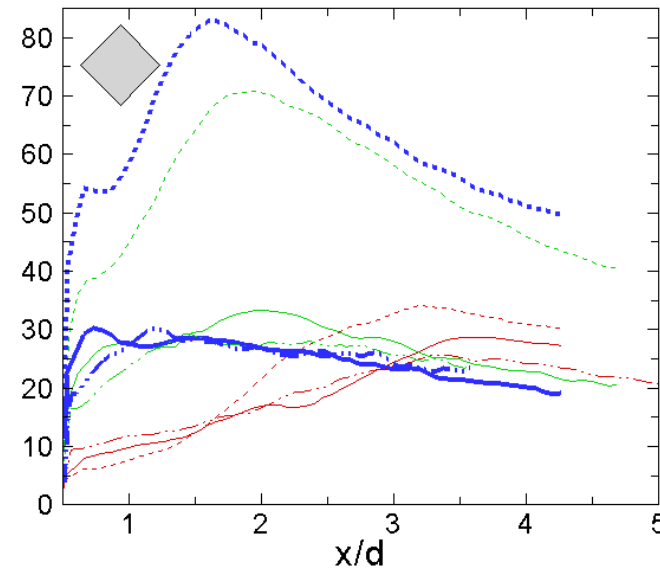
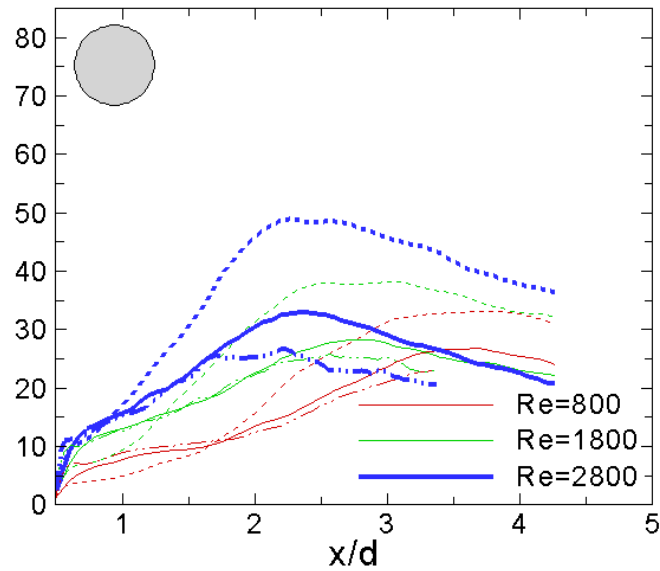
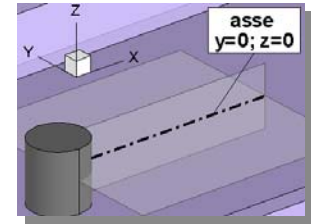
Sensibilità alla variazione del regime di flusso e della forma dell'ostacolo



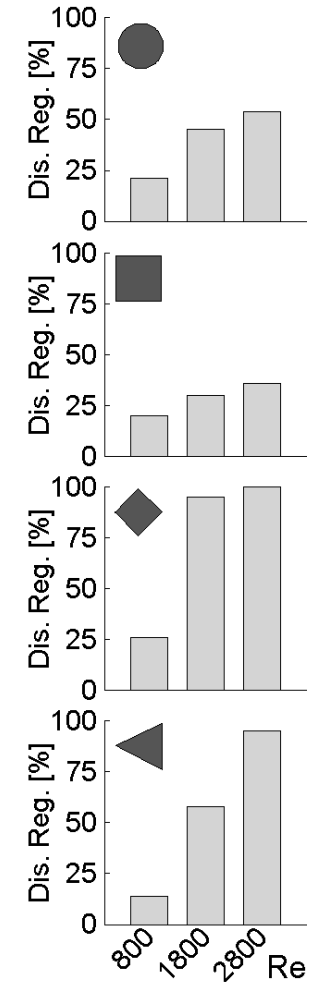
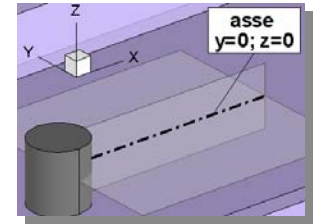
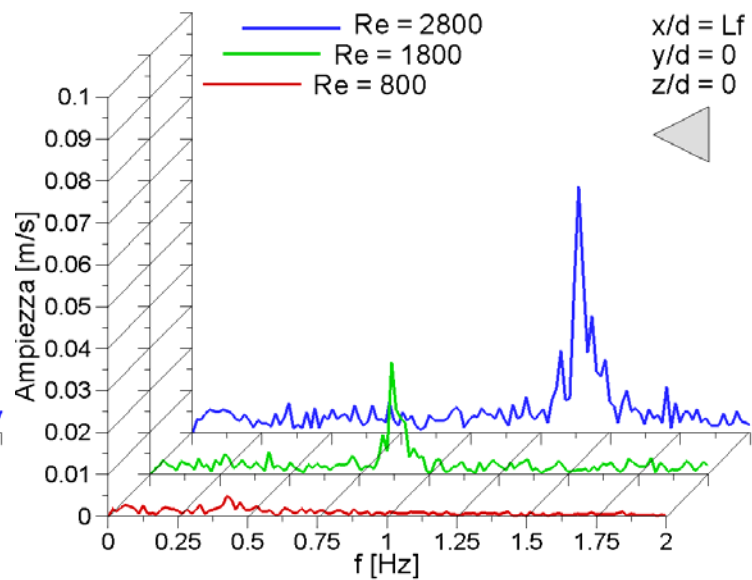
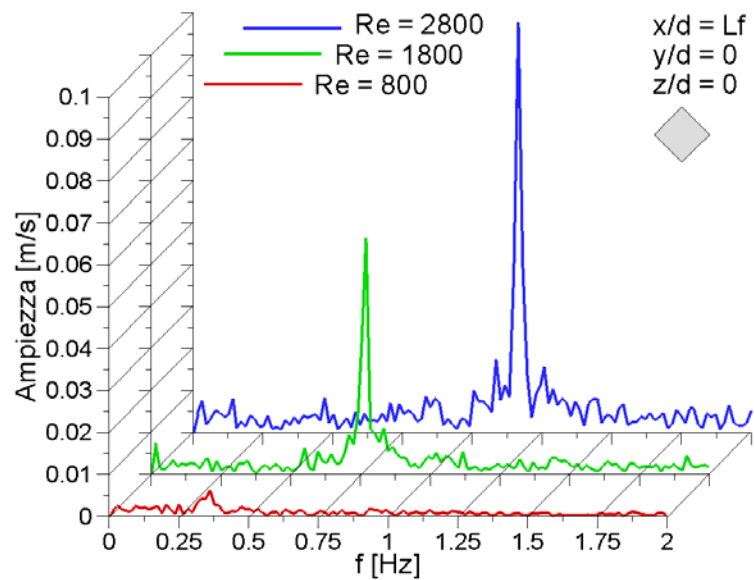
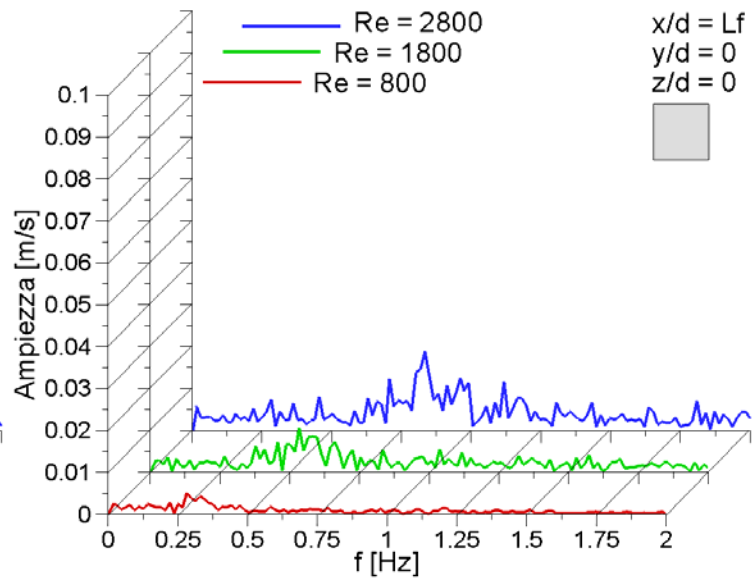
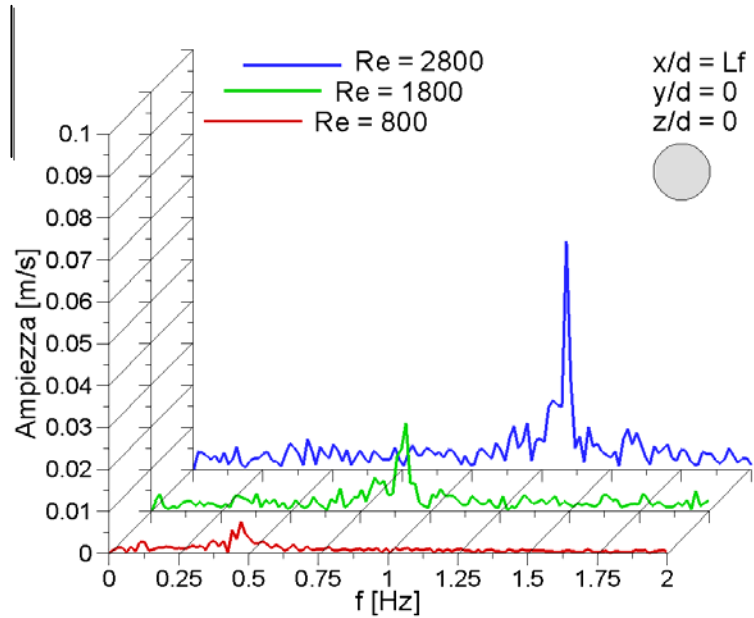
Grandezze caratteristiche della scia



Grandezze caratteristiche della scia



Grandezze caratteristiche della scia



Conclusioni

Configurazione geometrica e condizioni di prova simili a quelle di reale impiego

- basso rapporto di forma
- basso numero di Reynolds
- elevato livello di turbolenza del flusso a monte

Strutture di flusso con caratteristiche non prevedibili dai dati in letteratura

- **strutture di separazione a monte** degli ostacoli quadrato e circolare molto intense e **instabili** già a partire da $Re = 1800$
- **scia** fortemente **tridimensionale** a $Re = 800$ per tutti gli ostacoli
- esistenza di una **fenomenologia di distacco dei vortici irregolare**, favorita ai bassi regimi di flusso, che conduce a **scie molto estese e poco turbolente**
- al crescere del regime di flusso, la persistenza della fenomenologia irregolare è **molto sensibile alla geometria dell'ostacolo**



Sviluppi futuri

Caratterizzazione termica delle configurazioni esaminate

- identificazione della geometria più efficiente
- correlazione fra strutture di flusso e prestazioni di scambio termico
- estensione dell'indagine a configurazioni geometriche più complesse

