

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria aerospaziale

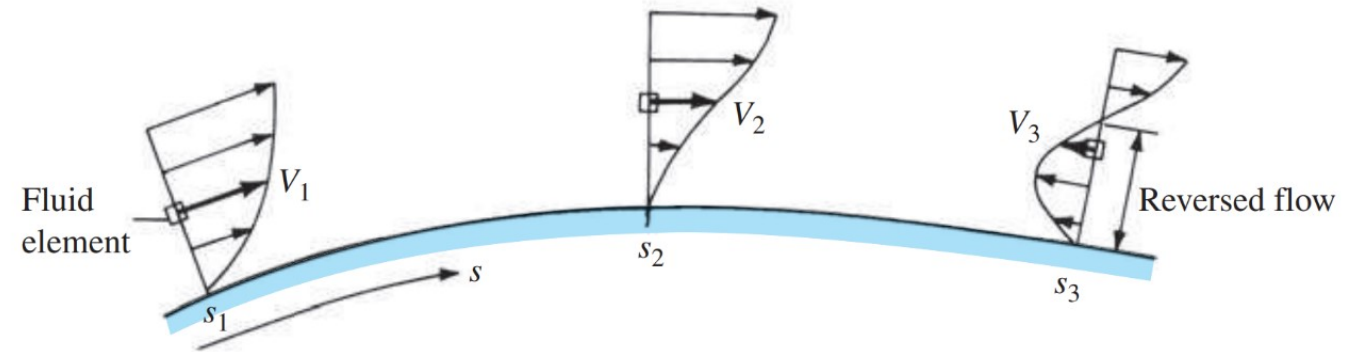
***Relazione per la prova finale
«Studio del comportamento
aerodinamico dei corpi tozzi»***

Tutor universitario: Prof. Francesco Picano

Laureando: *Paolo Sarti*

Padova, 13/07/2023

Consideriamo una superficie investita da un flusso in presenza di un gradiente di pressione avverso

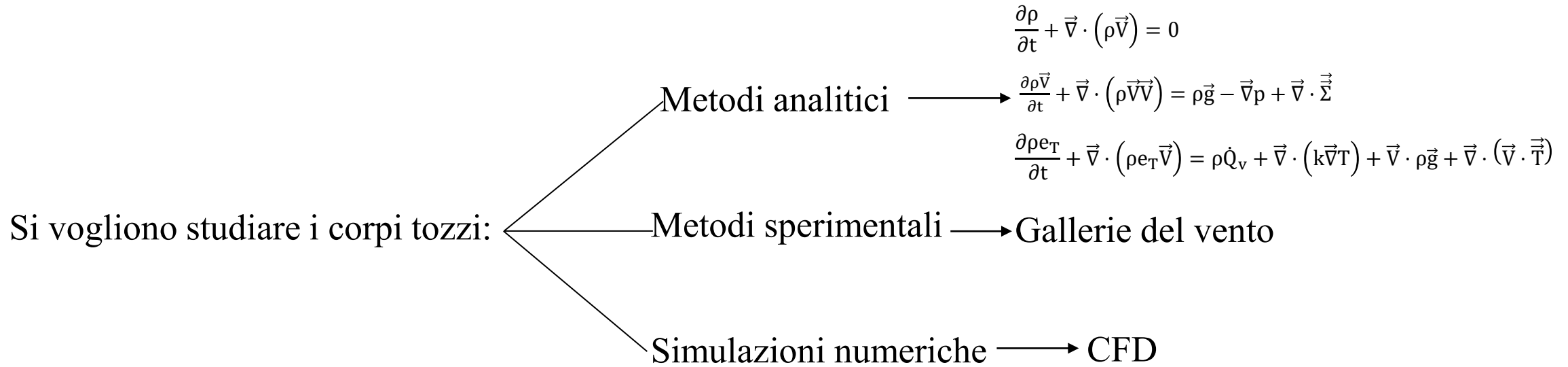


La forza di resistenza agente sul profilo è $D = \int_{\partial c} -p(\hat{n} \cdot \hat{x}) dS + \int_{\partial c} \tau_w(\hat{t} \cdot \hat{x}) dS = D_F + D_a$

I corpi nei quali la resistenza di attrito prevale su quella di forma sono detti affusolati, i corpi per i quali la resistenza di forma prevale su quella di attrito sono detti tozzi

Ipotesi:

- Flusso avente $Mach < 0,3$
- $Re \gg 1$

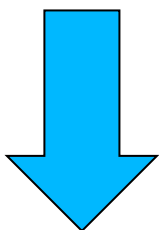


Lo studio viene articolato nelle seguenti fasi

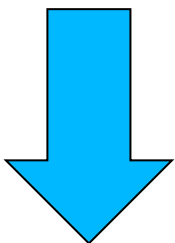
- Flusso a potenziale
- Flusso reale
- Scia nei corpi tozzi
- Interazione fra corpi posti nelle vicinanze

Ipotesi:

- Effetti viscosi trascurabili
- Fluido incomprimibile
- Flusso stazionario
- Vorticità nulla
- Forze conservative

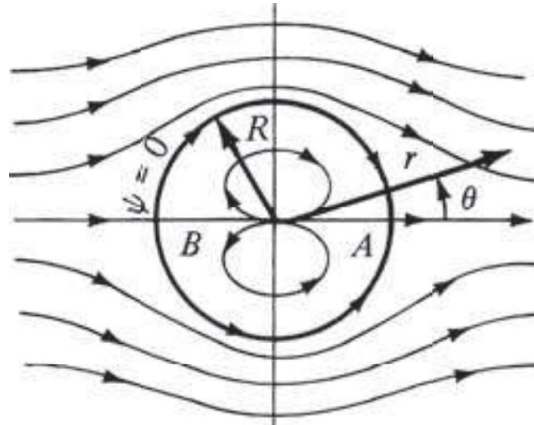


$$\exists \varphi \text{ t.c. } \vec{V} = \vec{\nabla}\varphi$$

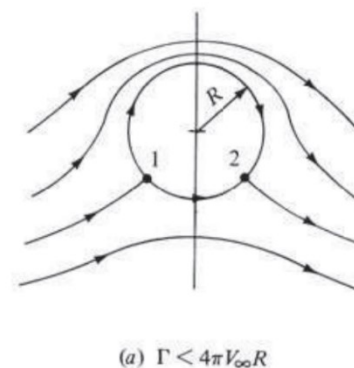


Si calcola il campo di
velocità e di
conseguenza C_p

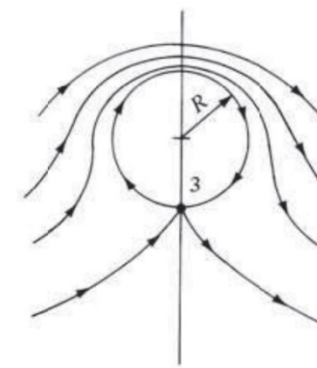
Senza circolazione



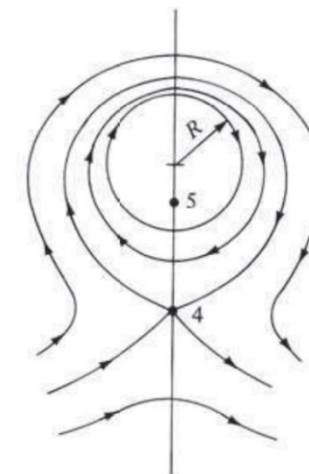
Con circolazione



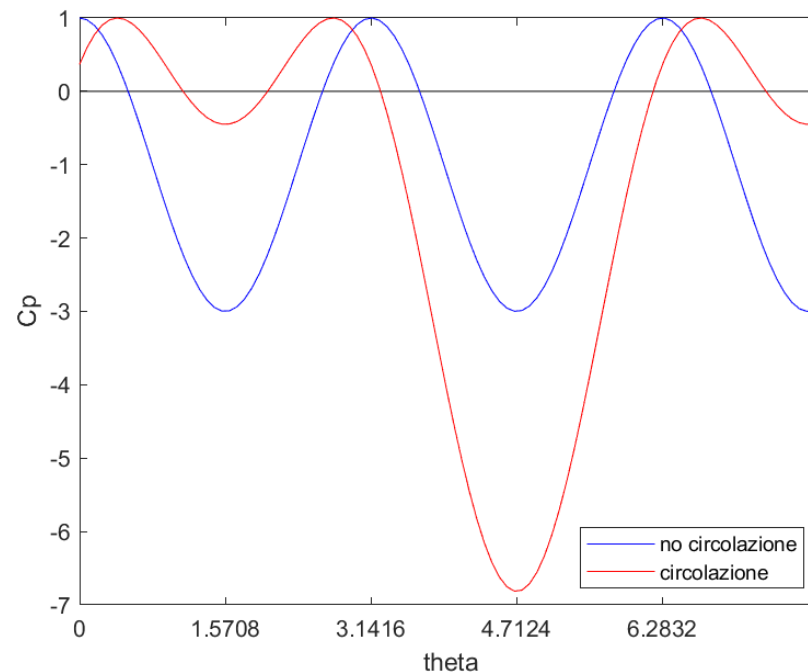
(a) $\Gamma < 4\pi V_\infty R$



(b) $\Gamma = 4\pi V_\infty R$



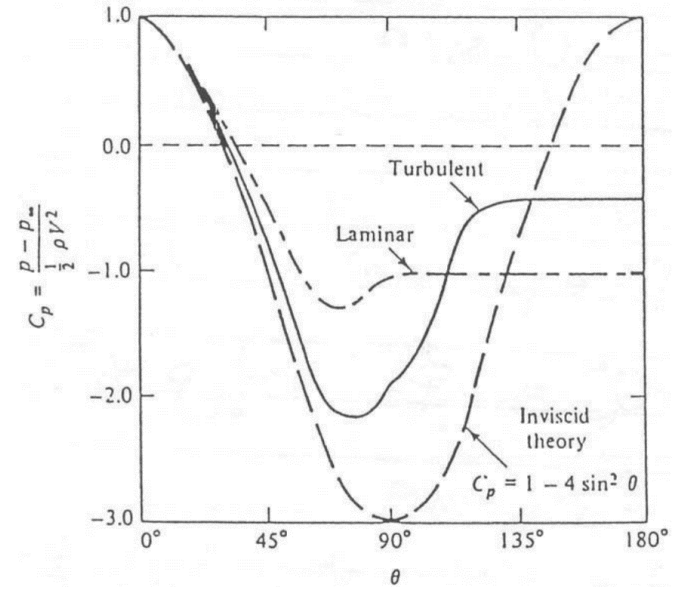
(c) $\Gamma > 4\pi V_\infty R$



$$\Rightarrow D = \frac{1}{2} \rho V_\infty^2 R \left(- \int_0^{2\pi} C_p \cos \theta d\theta \right) = 0 \quad \text{!}$$

Calcolo della resistenza → Distribuzione delle pressioni
 Volumi di controllo

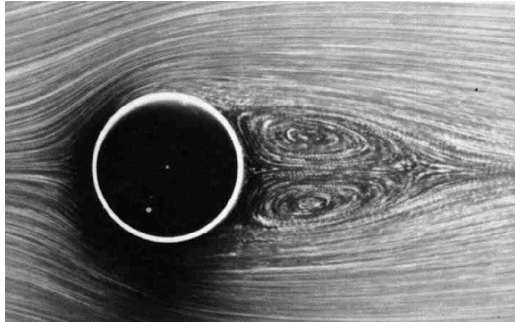
Distribuzione delle pressioni → $C_D = \int_0^{2\pi} C_p \cos \theta d\theta$ → $C_{D,i} = C_{p,i} \cos \theta_i$ → $C_D \approx \sum_{i=1}^N \frac{(C_{D,i+1} + C_{D,i})(\theta_{i+1} - \theta_i)}{2}$



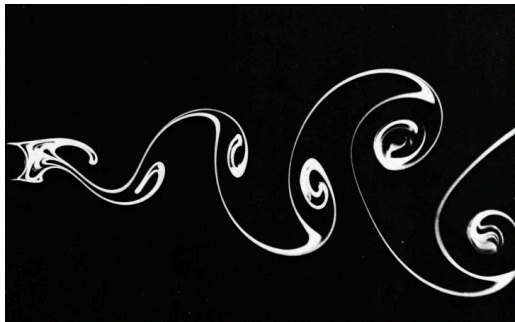
Volumi di controllo → Conservazione della quantità di moto

www.dii.unipd.it

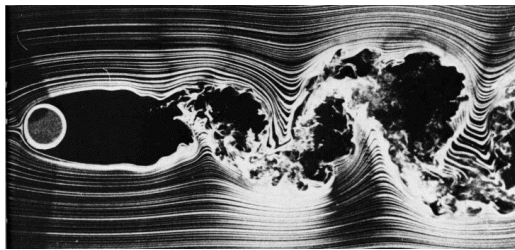
Re=26



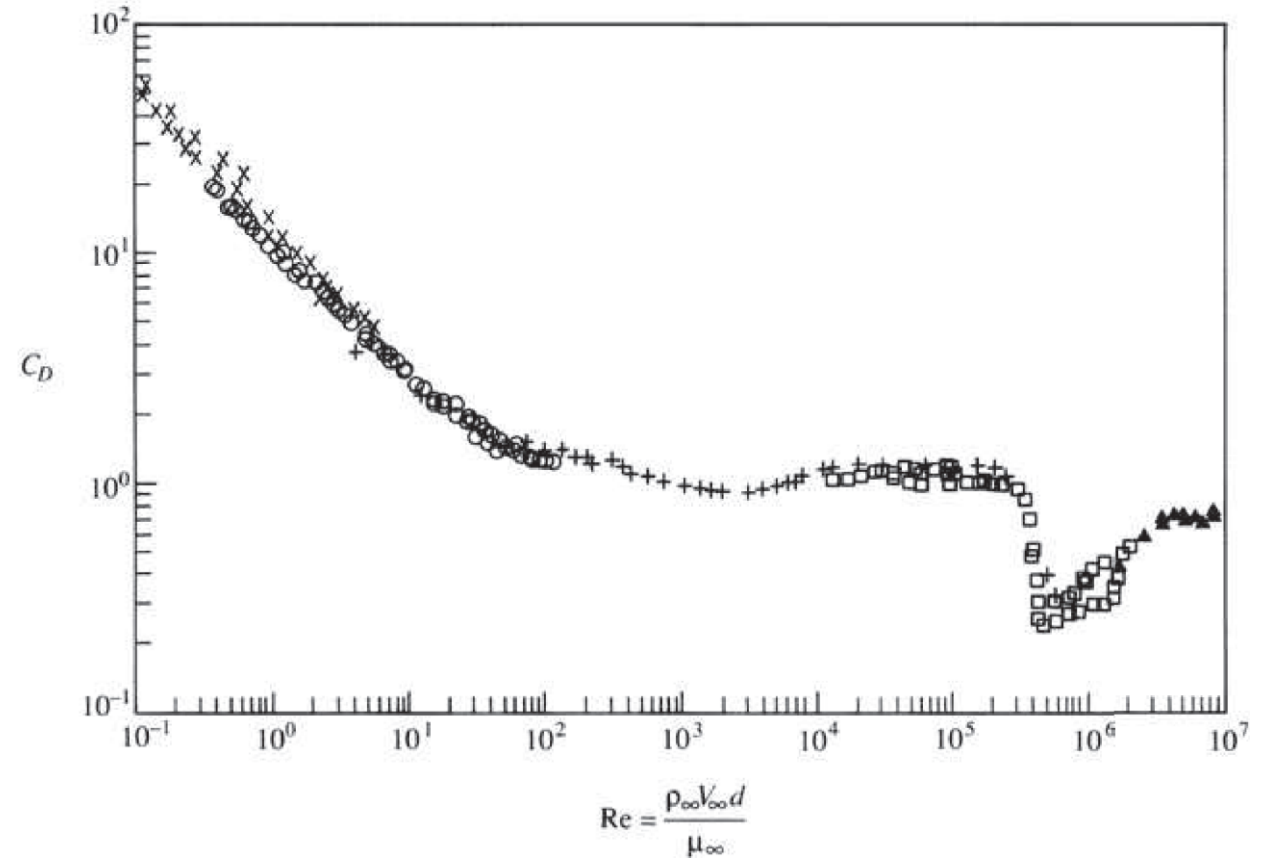
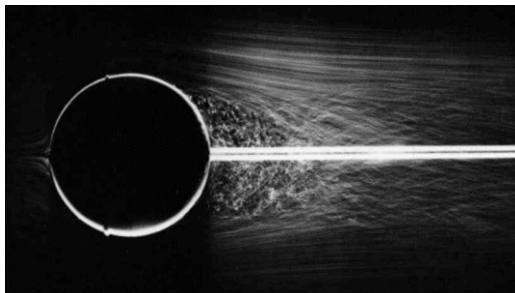
Re=140



Re=10000



Strato limite turbolento



Si adimensionalizza la frequenza di rilascio dei vortici: $St = f \frac{D}{U}$

Tre categorie di corpi

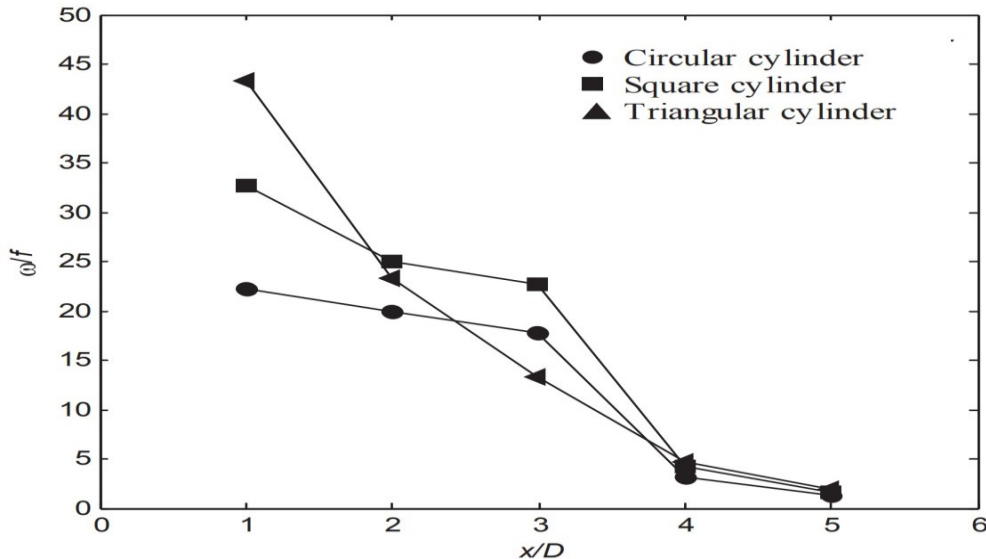
- Corpi con curvatura continua
- Corpi con spigoli
- Misti

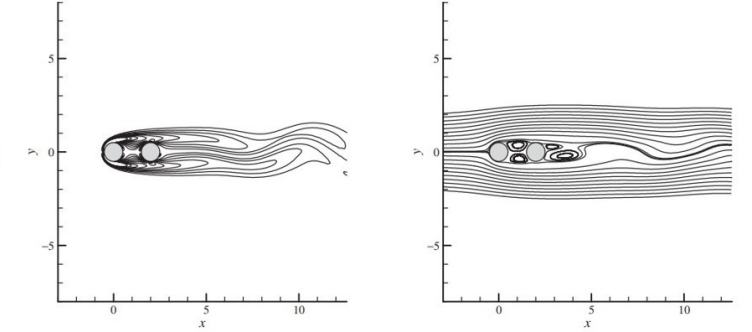
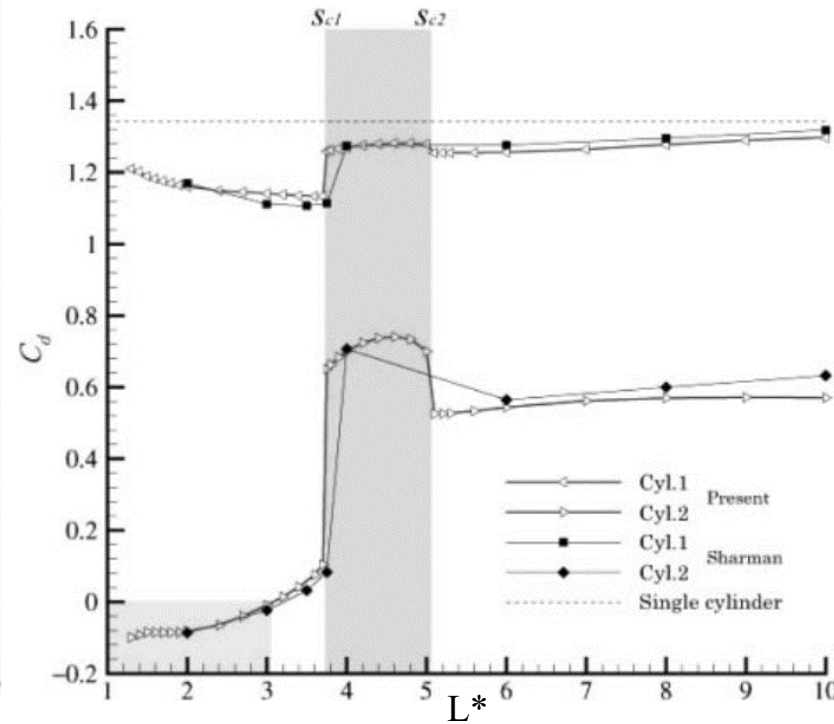
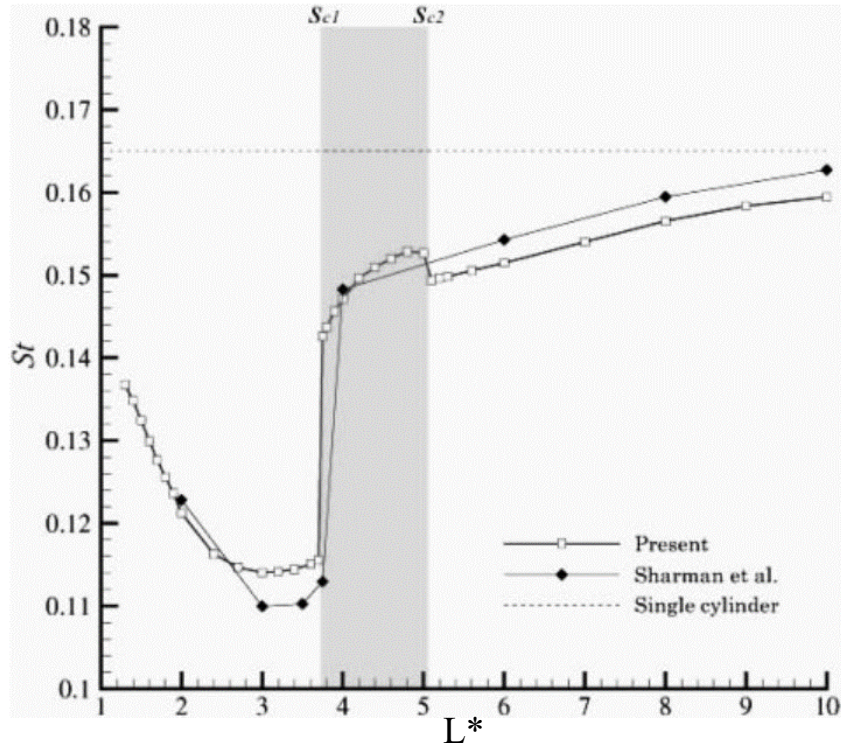
$Re < 300$

 Curvatura continua $\longrightarrow St = \frac{a}{Re} + b + cRe$

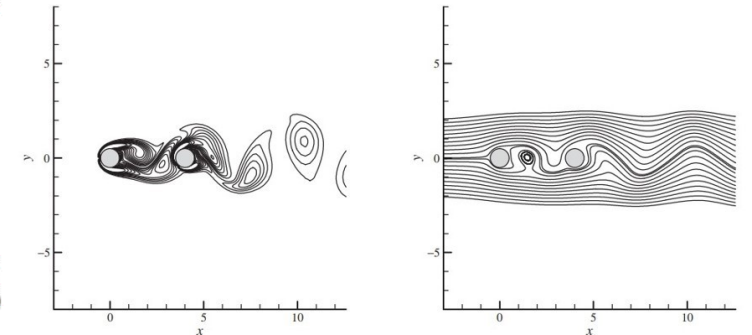
 Spigoli $\longrightarrow St = 0,2383 - \frac{5,4026}{Re}$

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
$50 < Re < 105$	-2.1 ± 0.3	0.144 ± 0.010	0.00041 ± 0.00010
$80 < Re < 180$	-6.2 ± 0.2	0.224 ± 0.006	0

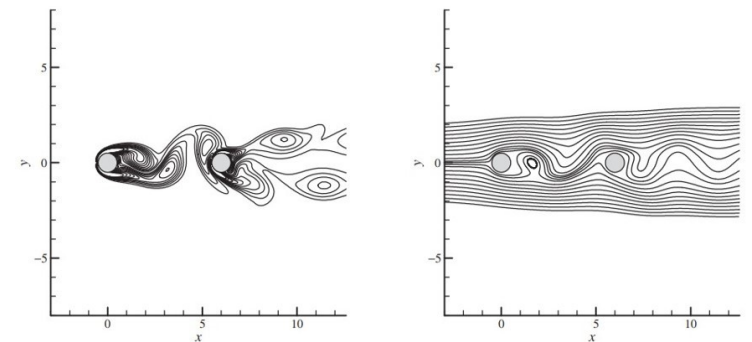




L*=2



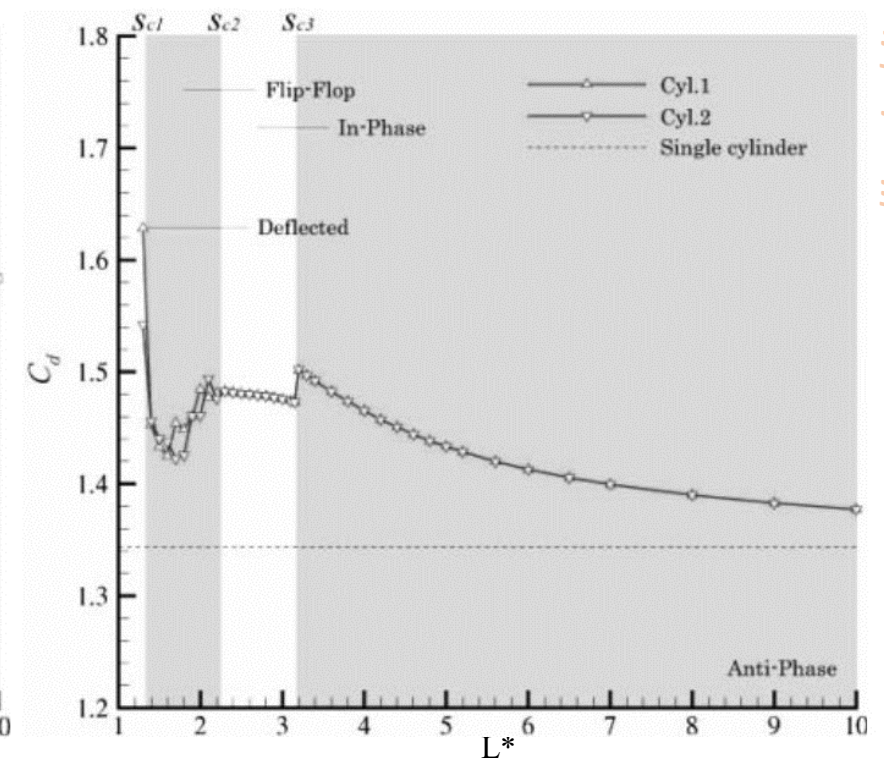
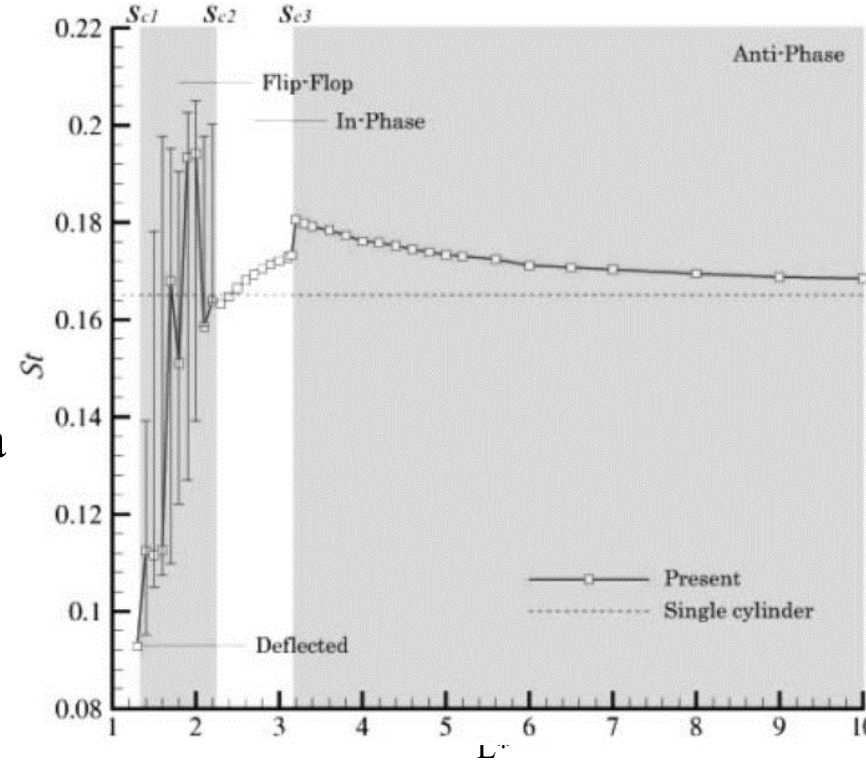
L*=4



L*=6

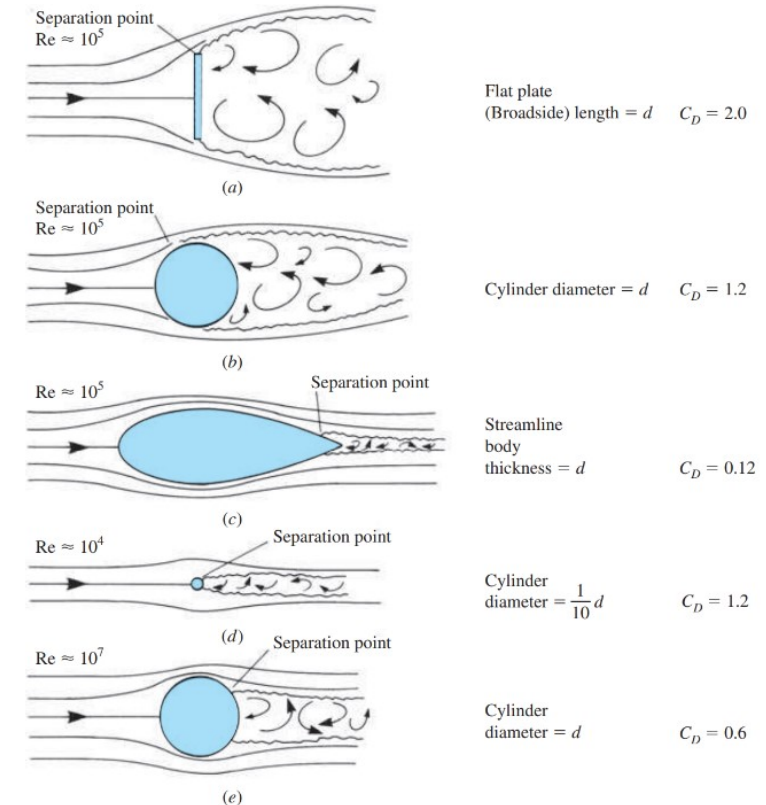
- Prove con $Re=100$
- Due distanze critiche
- $D < 0$ se $L^* \sim 1$
- D inferiore nel cilindro esposto al flusso

- $Re=100$
- Tre distanze critiche
- Si genera una forza repulsiva



Corpi tozzi:

- Cilindri a qualsiasi numero di Reynolds
- Profili alari ad alta incidenza
- Corpi affusolati con particolare orientamento rispetto al flusso



Lo studio della fluidodinamica dei corpi tozzi si applica in numerosi ambiti:

- Architettura
- Ventilazione
- Ponti
- Scambi termici convettivi