

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**

Technik & Architektur

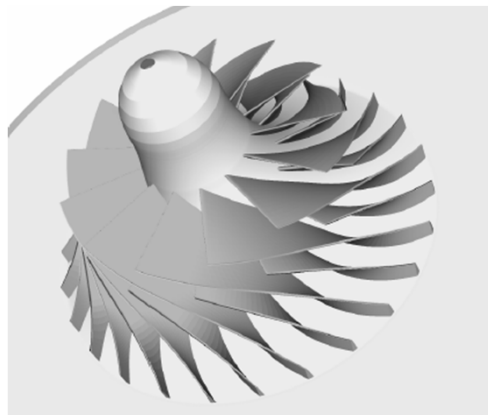
csem centre suisse d'électronique
et de microtechnique

Analisi fluidodinamica di una micropompa "a disco"

Andre Lisibach, HSLU
Ernesto Casartelli, HSLU
Noah Schmid, CSEM

Chi siamo e cosa facciamo

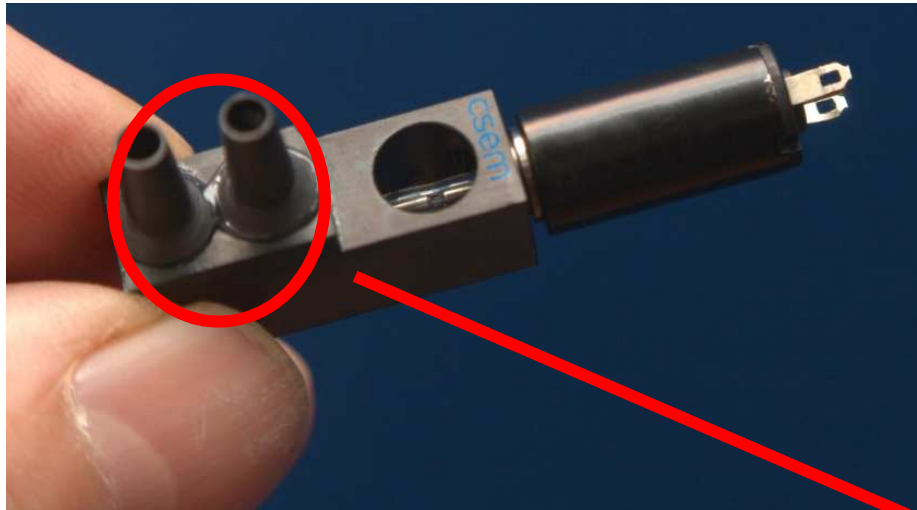
- Centro di competenza «Meccanica dei fluidi e macchine idrauliche» della SUP Svizzera Centrale
- Indagini sperimentali e numeriche
 - Laboratorio idraulico molto flessibile
 - Misure «on site» in centrali idrauliche
 - Simulazioni CFD da micro a macro
 - Sviluppo codice CFD (OpenFOAM)



Micro pompa: motivazione

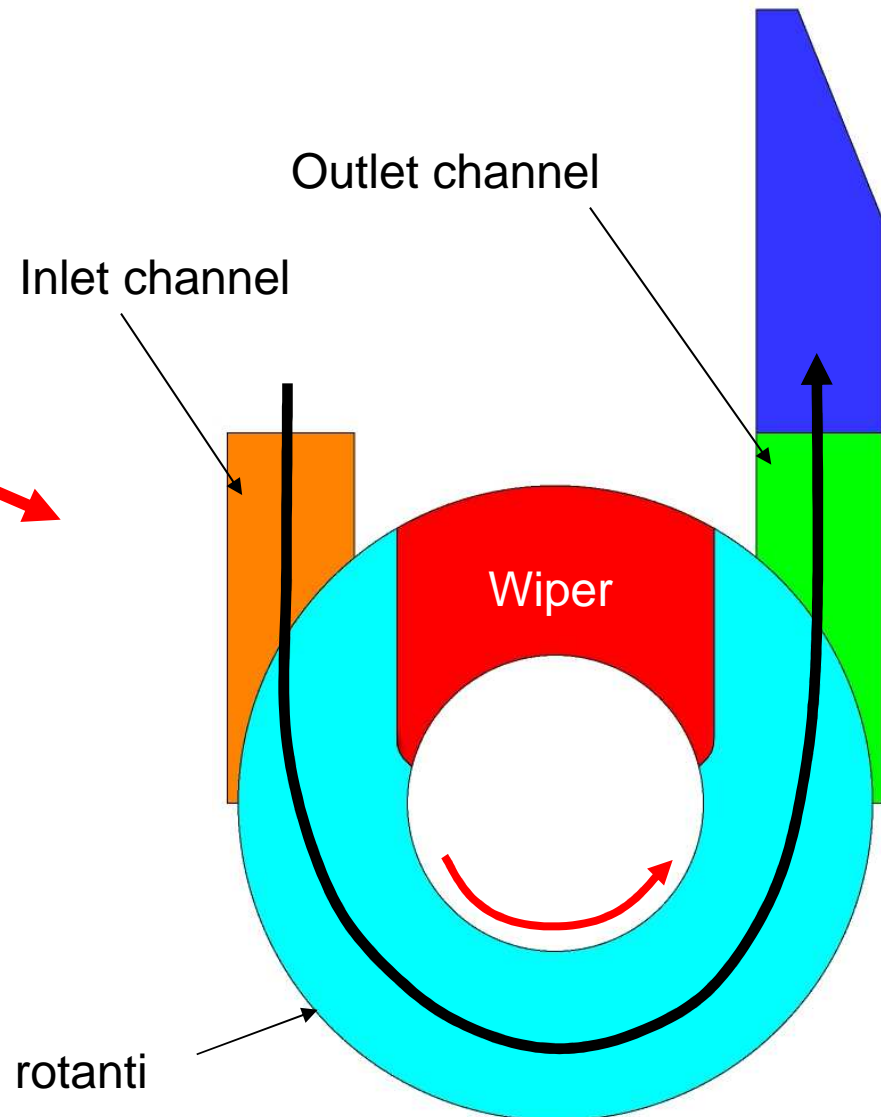
- Due compiti
 - Primario: portata continua (senza pulsazioni) della micro pompa
 - Secondario: pipettaggio (gocce)
- Sviluppo: CSEM
- Temi aperti
 - Che cosa succede nella pompa?
 - Come può essere «scalata» la pompa?
 - E' possibile creare gocce discrete?
- Le simulazioni sono lo strumento di indagine ideale per questi casi
 - Geometria parametrica => variazioni sono di facile implementazione
 - Ambiente di indagine ben definito => analisi sistematiche

La pompa in pillole



- Prestazioni con acqua, 20 krpm
- portata max: ca. 1 ml/s
 - pressione max: ca. 0.25 bar
 - $Re_b = o(100)$

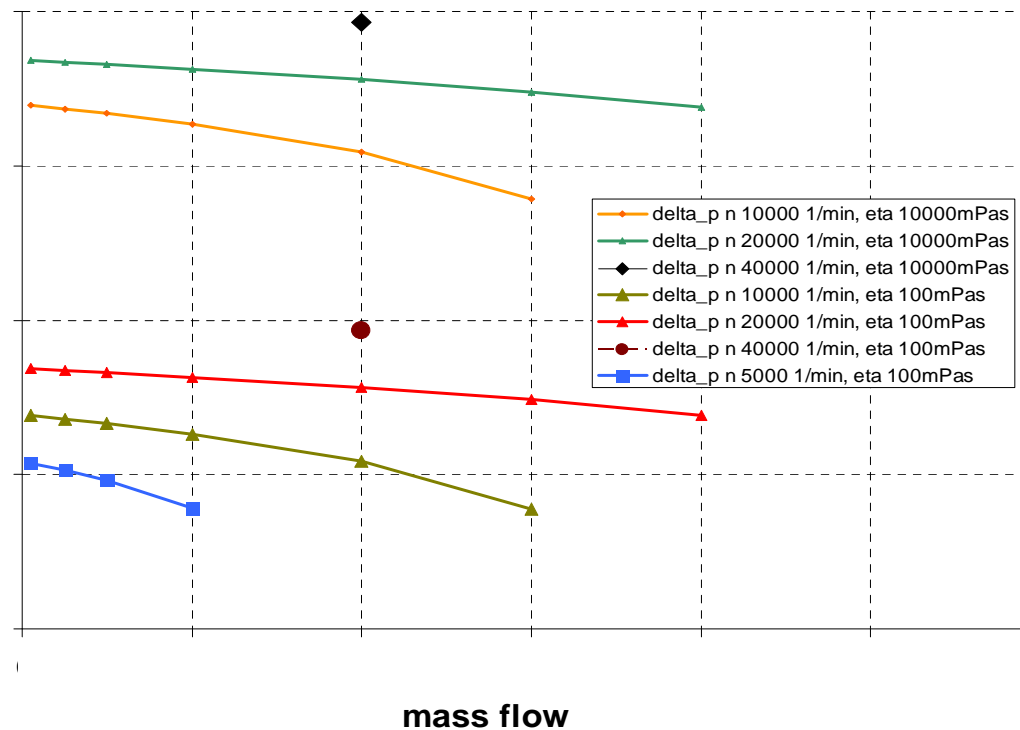
Due dischi rotanti



Caratteristiche

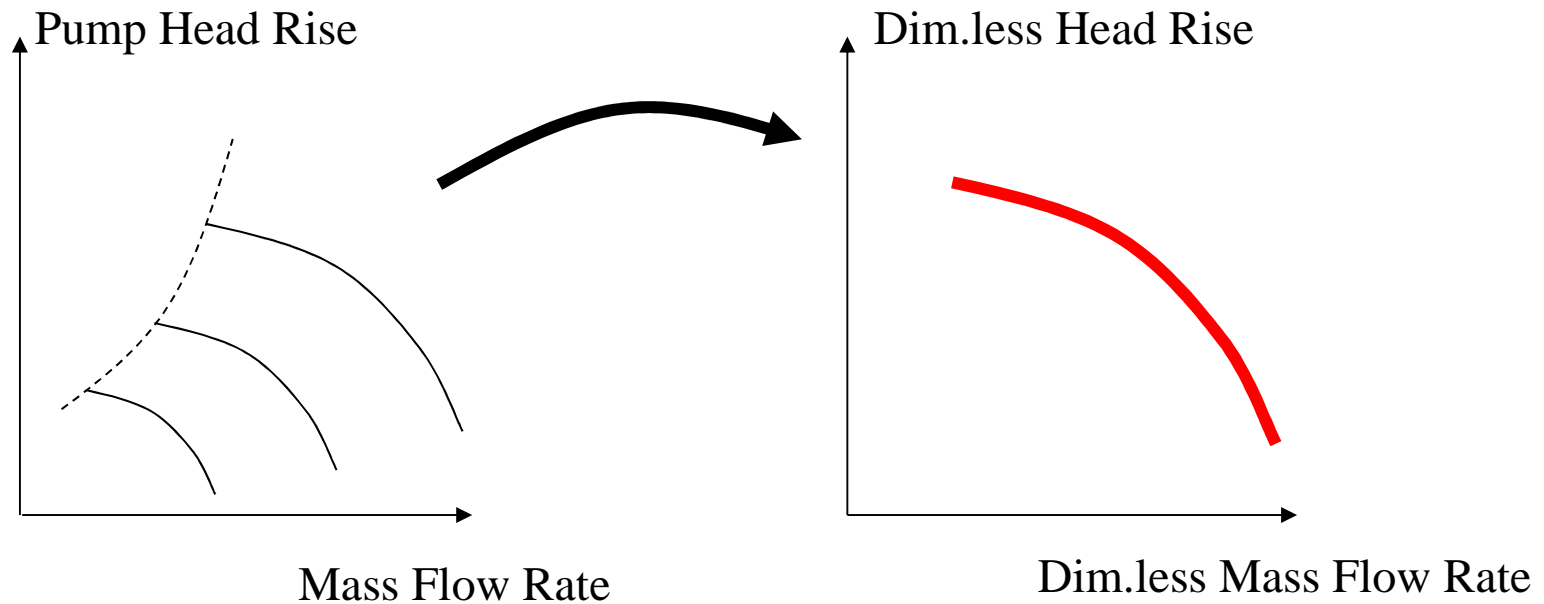
- La caratteristica della pompa e' definita come $\Delta p = f(\text{portata})$
- Diversi parametri sono stati usati per le simulazioni
 - Numero di giri n (5'000 .. 40'000 rpm)
 - Fluidi (modellati con variazioni delle viscosità 1, 100, 10'000 mPa.s)

Pressure rise



Procedura di Scale-up

- Obiettivo dello Scale-up
 - Ridurre tutte le caratteristiche in una usando una legge di "scalatura" appropriata



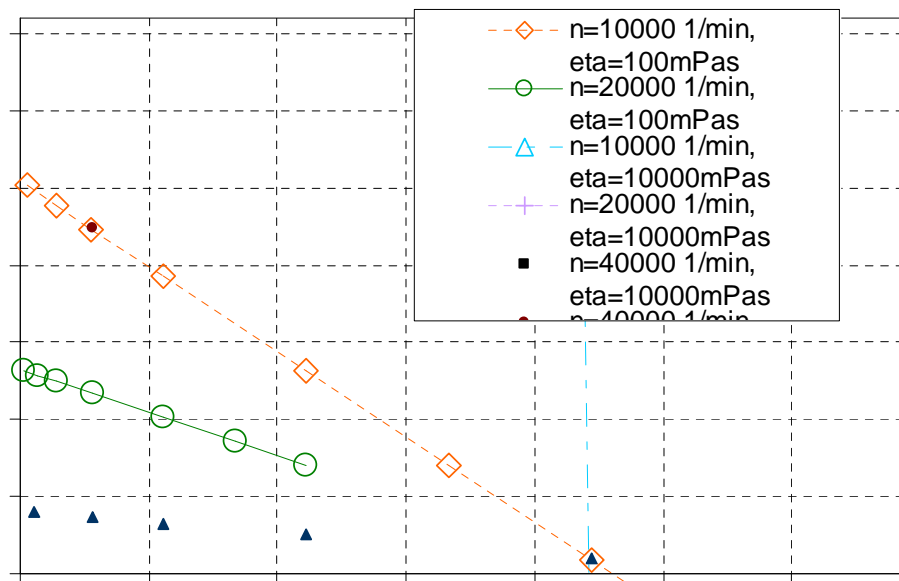
- Partendo dalla curva adimensionalizzata si puo' predire il comportamento in funzione di diversi parametri quali
 - Velocità di rotazione
 - Dimensioni della pompa
 - Fluido impiegato

Modello Scale-up per turbomacchine

- Usando la teoria classica delle turbomacchine esistono le seguenti relazioni
 - portata \sim area \cdot velocità $\sim n \cdot D^3$
 - Aumento di pressione \sim velocità² $\sim (n \cdot D)^2$



C_H
Turbomachine

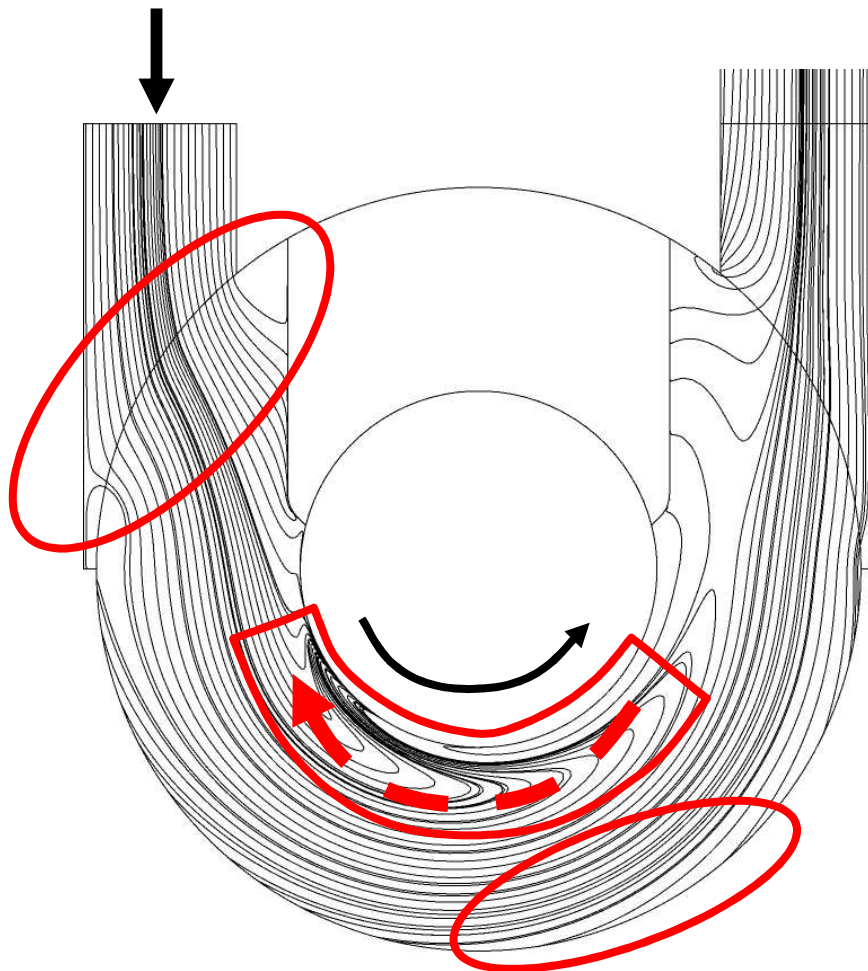


C_Q

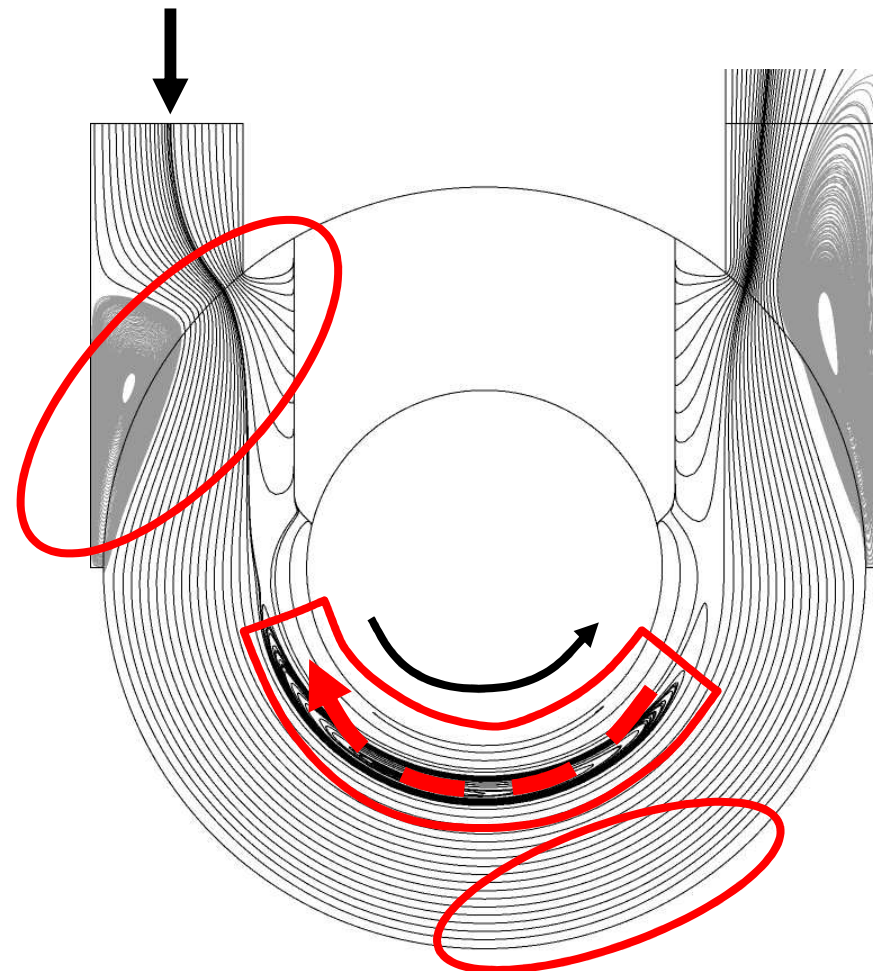
Campo di moto

- Analisi del flusso => linee di corrente

Acqua ($Re_b = o(100)$)



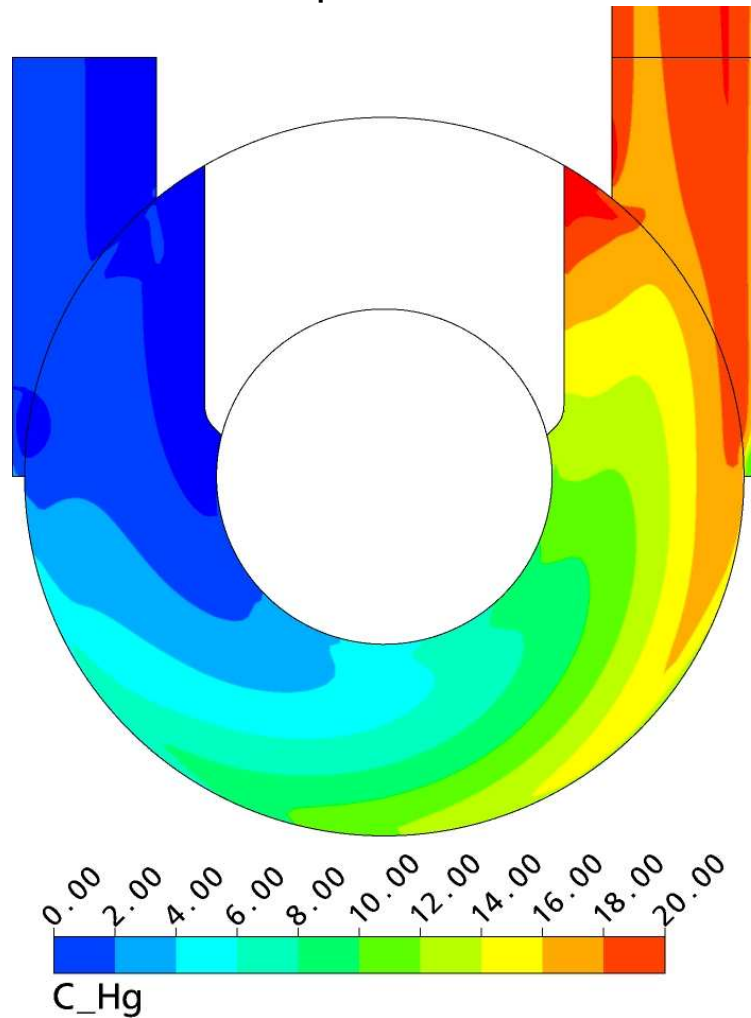
Fluido a alta viscosità ($Re_b = o(1)$)



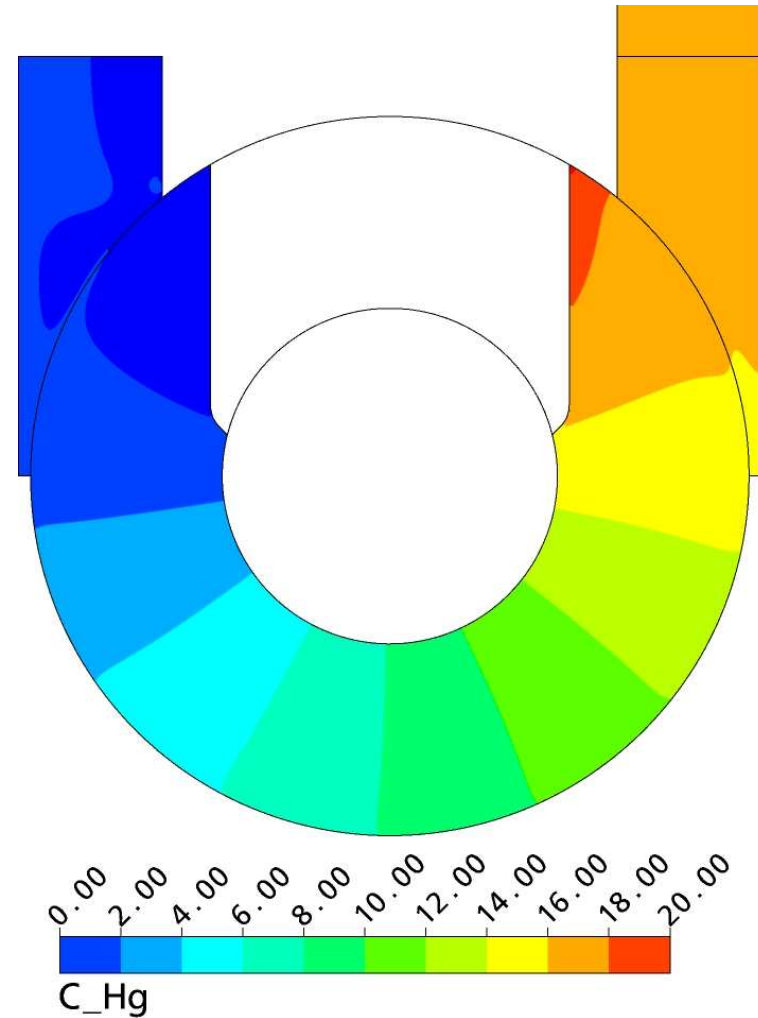
Campo di pressione

- Analisi del flusso: distribuzione di pressione

Acqua

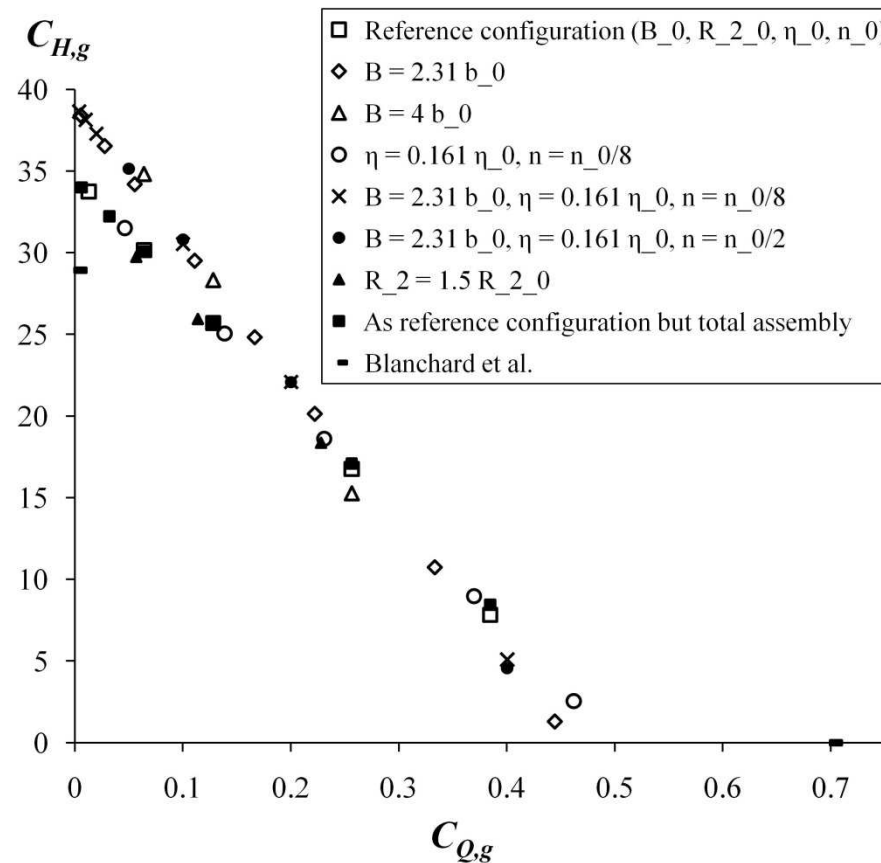


Fluido a alta viscosità



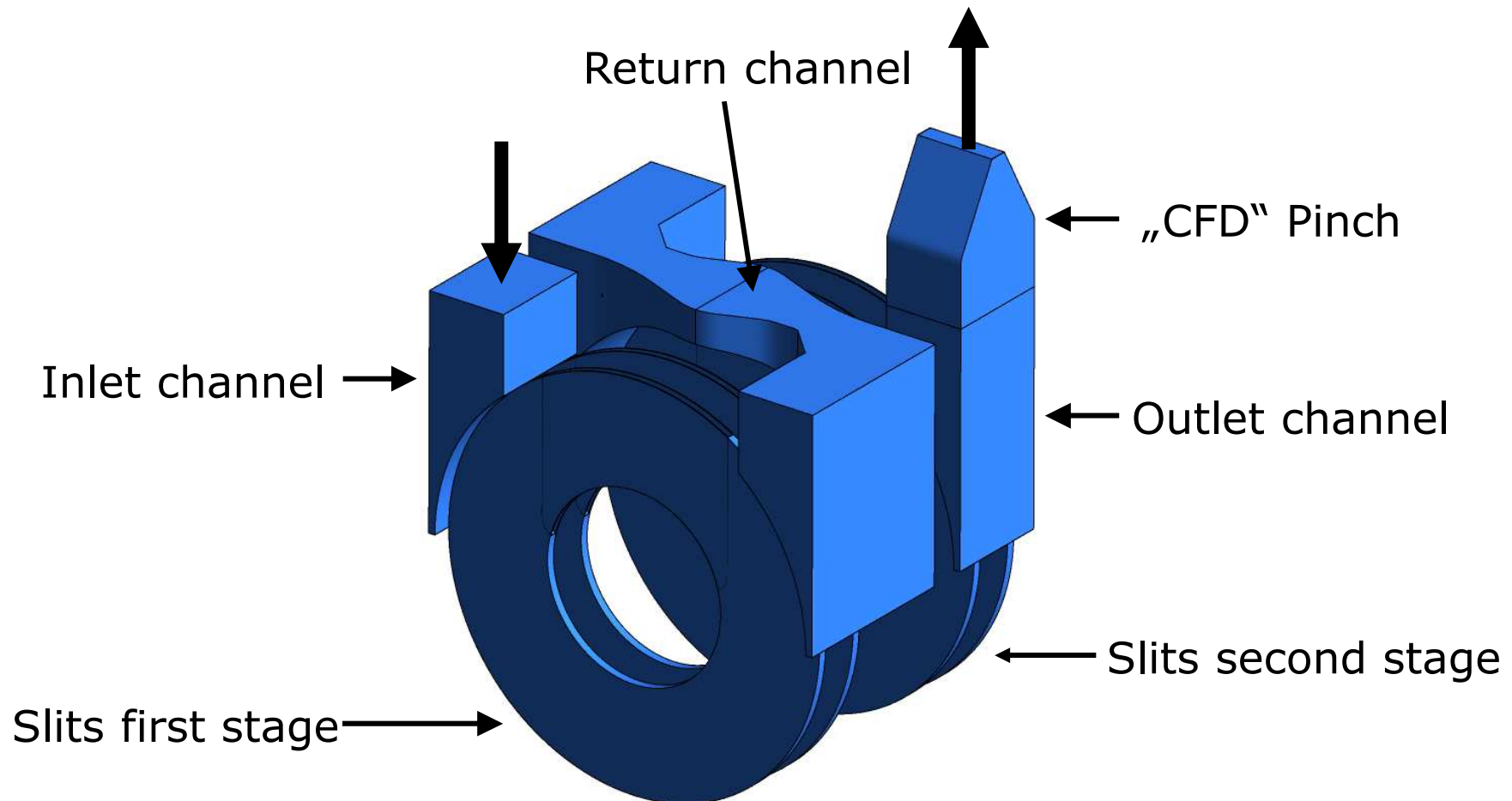
Modello scale-up "dedicato"

- Derivazione di una nuova, specifica legge di scale-up
 - Portata $\sim A \cdot v \sim n \cdot D^3$
 - Aumento di pressione $\sim M \cdot \omega \sim v \cdot n \cdot (D/b)^2$

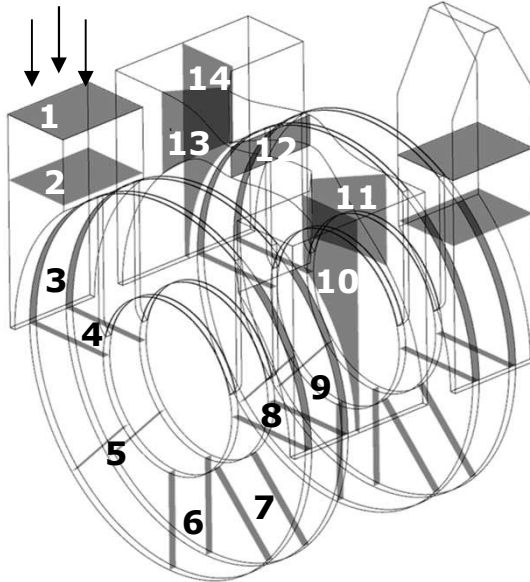


La pompa reale

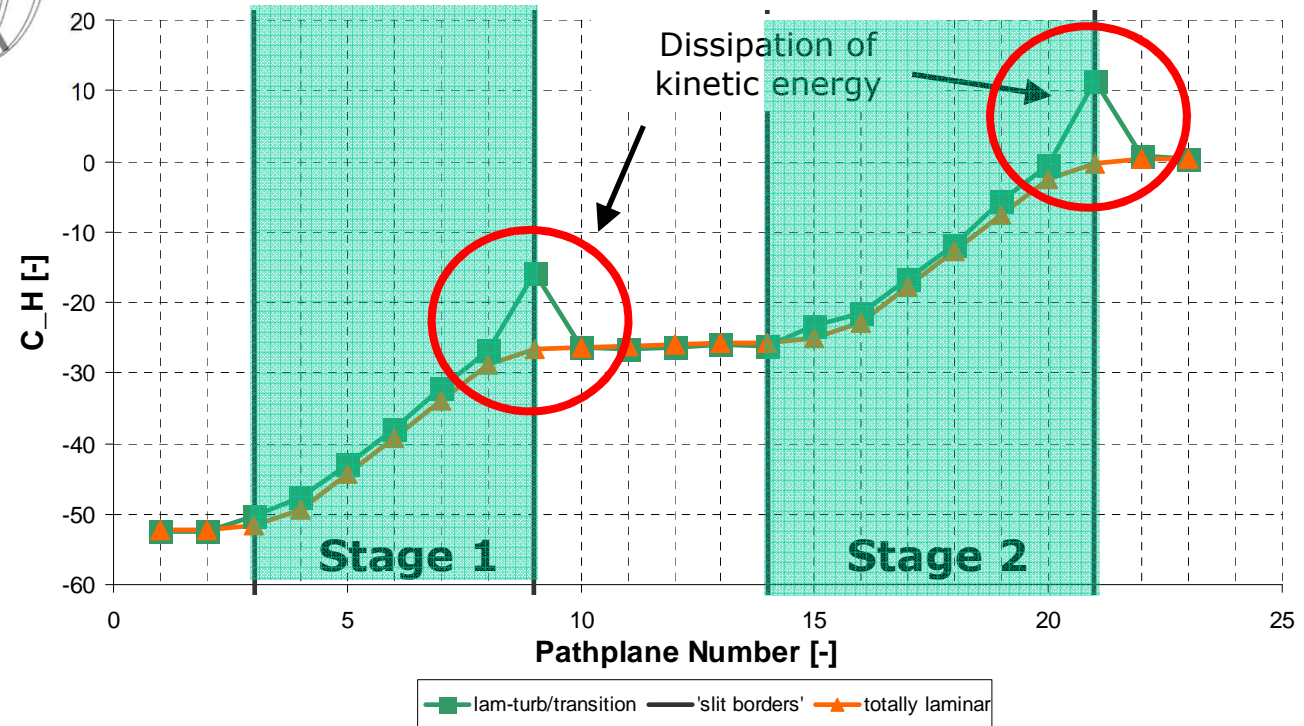
- Configurazione a 2 stadi con due rotori



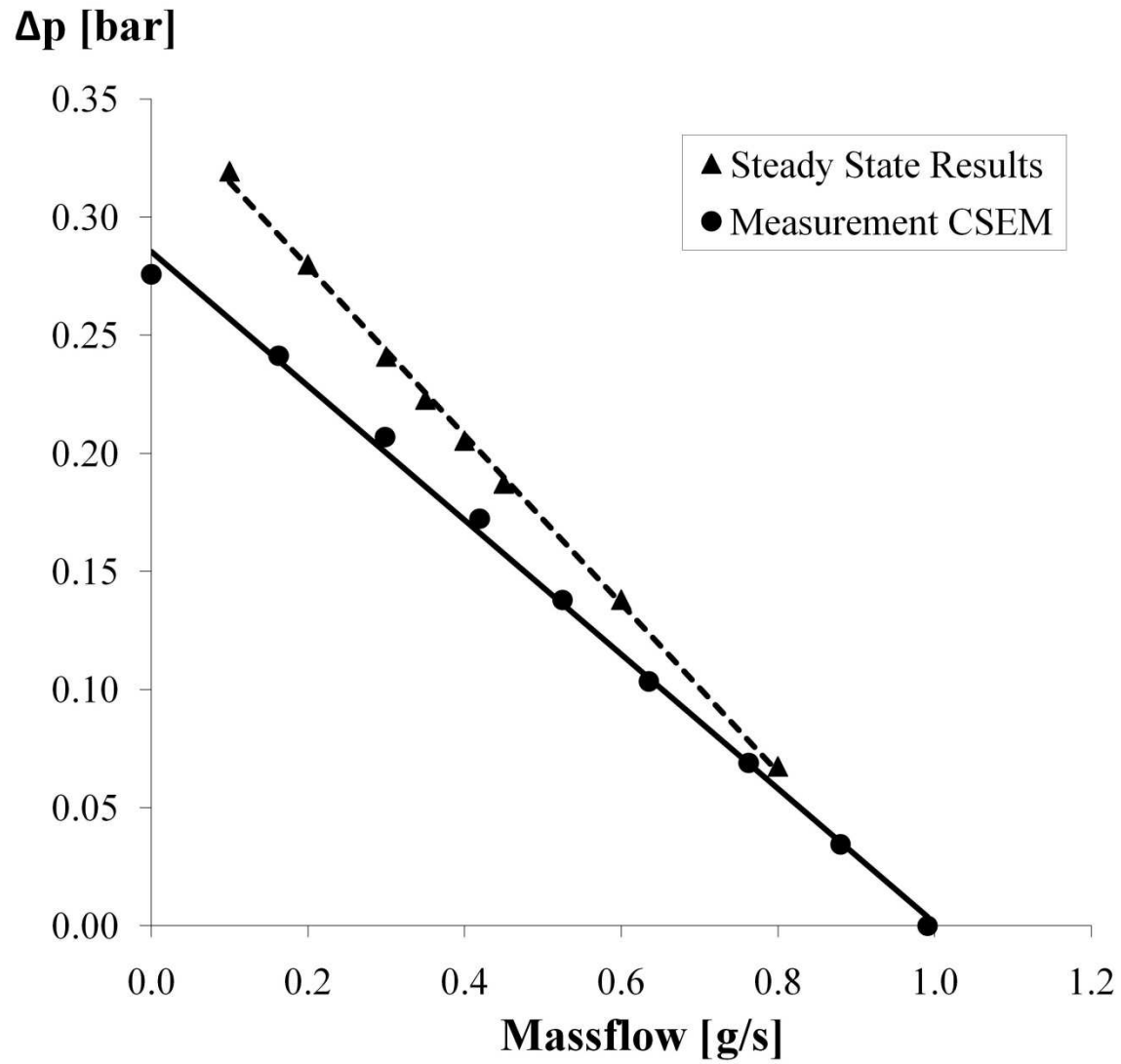
La pompa reale: aumento di pressione



Head Coefficient vs. pathplanes



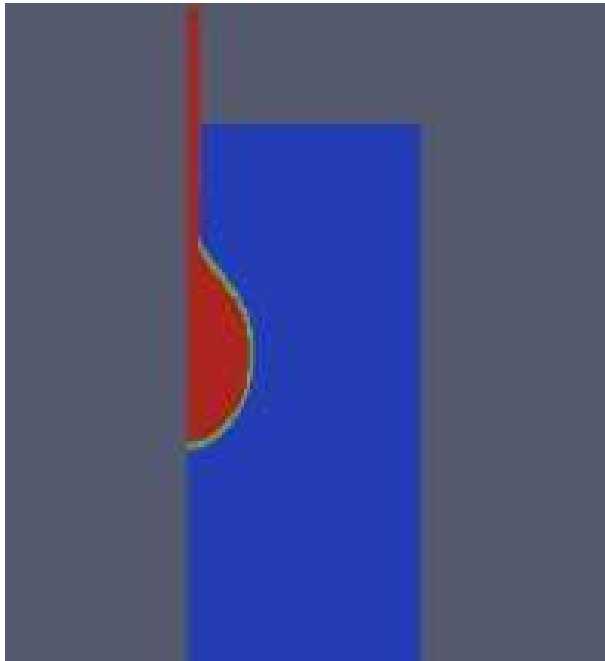
Validazione



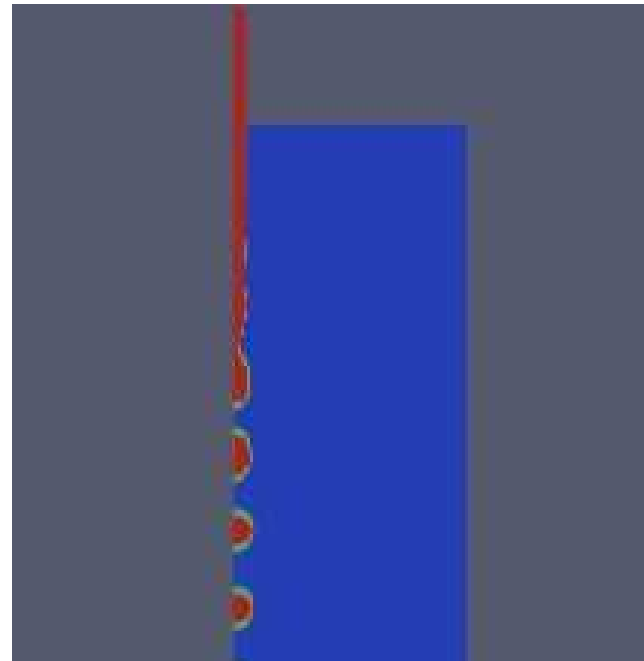
Pipettando goccioline

- Si riescono a creare delle goccioline?
 - Il motore permette cicli a alta frequenza (start-stop)
- Che influenza hanno il diametro della pipetta e le proprietà del fluido sulla formazione delle gocce?

$D = 0.5 \text{ mm}$



$D = 0.1 \text{ mm}$



Riassunto e conclusioni

- Simulazioni con CFD sono state condotte in una micropompa a disco
 - Capire il flusso nella pompa
 - Input per modello scale-up
 - Buona validazione con dati sperimentali
- Modello Scale-up
 - Approccio turbomacchinistico classico non funziona
 - Modello dedicato riproduce in modo consistente tutti i dati generati
- Pipettaggio
 - Studio di fattibilità positivo
 - Validazione ancora necessaria

=> La CFD é anche per micro turbomacchine uno strumento di sviluppo chiave