

Presented at the 15th MODPROD Workshop 3-4th
February, Linköping, Sweden
www.modprod.org

Slutpresentation

TMPM07 - 2020-12-18

Joseph Hainsworth

Gustav Rydholm

Linnea Sund

Introduktion

I dagens industri används många olika typer av simuleringsmjukvaror, nackdelen är att de ofta har ett fokusområde, t.ex. fluida flöden, solidmekanik eller mekatronik. Forskningen går idag framåt inom området co-simulering. Genom co-simulering nyttjas kontakt mellan de betraktade mjukvaruprogrammen, vilket varit fokuset i detta projekt. I projektet så har en co-simuleringsmetod tagits fram mellan Ansys Fluent och Hopsan. I Ansys Fluent simuleras fluida flöden i multipla dimensioner och programmet har, beroende på metodval, en ganska hög simuleringskostnad. Hopsan har tagits fram på Linköpings Universitet och analyserar mekatroniska system, där hydrauliska flöden har varit fokus i detta projekt. Hopsan simulerar endimensionellt och är därför inte speciellt tidskrävande. Genom användning av co-simulering önskas förmågan att kunna simulera större system med en djupare insikt på valda systemdelar.

I detta projekt har därför en Fluent-modell och en Hopsan-modell tagits fram för att undersöka tillförlitligheten i co-simuleringen. För att undersöka detta har data tagits fram experimentellt i en hydraulrigg på Linköpings Universitet där fokus varit på tryckfallet över en strypning.

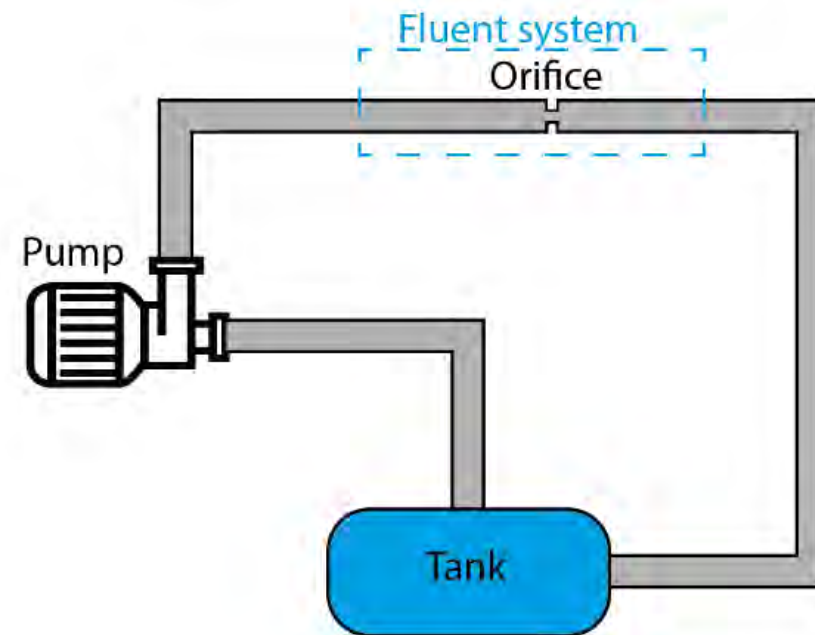
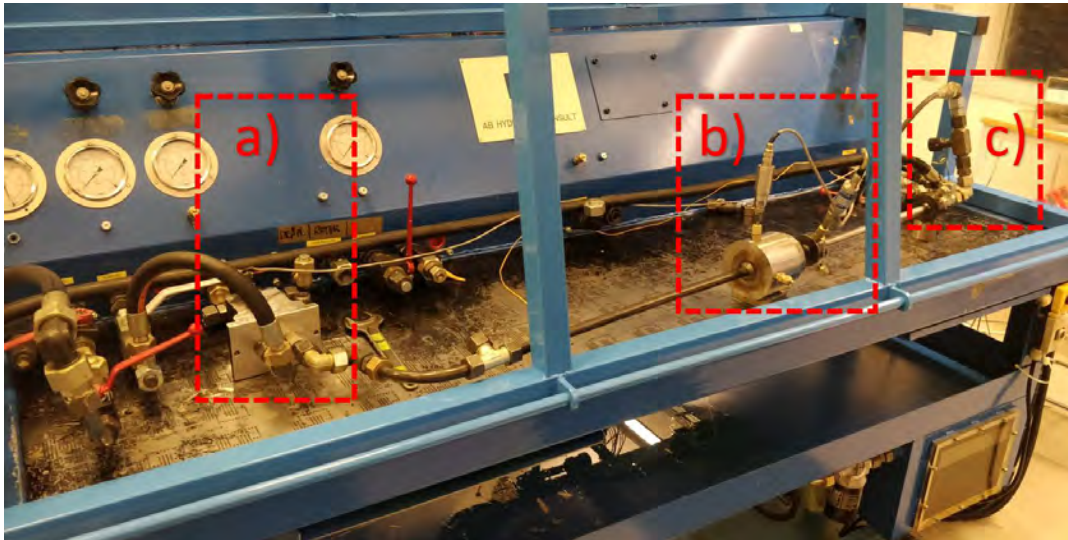
Nyckelord: Feasability Study, Co-Simulering

Agenda

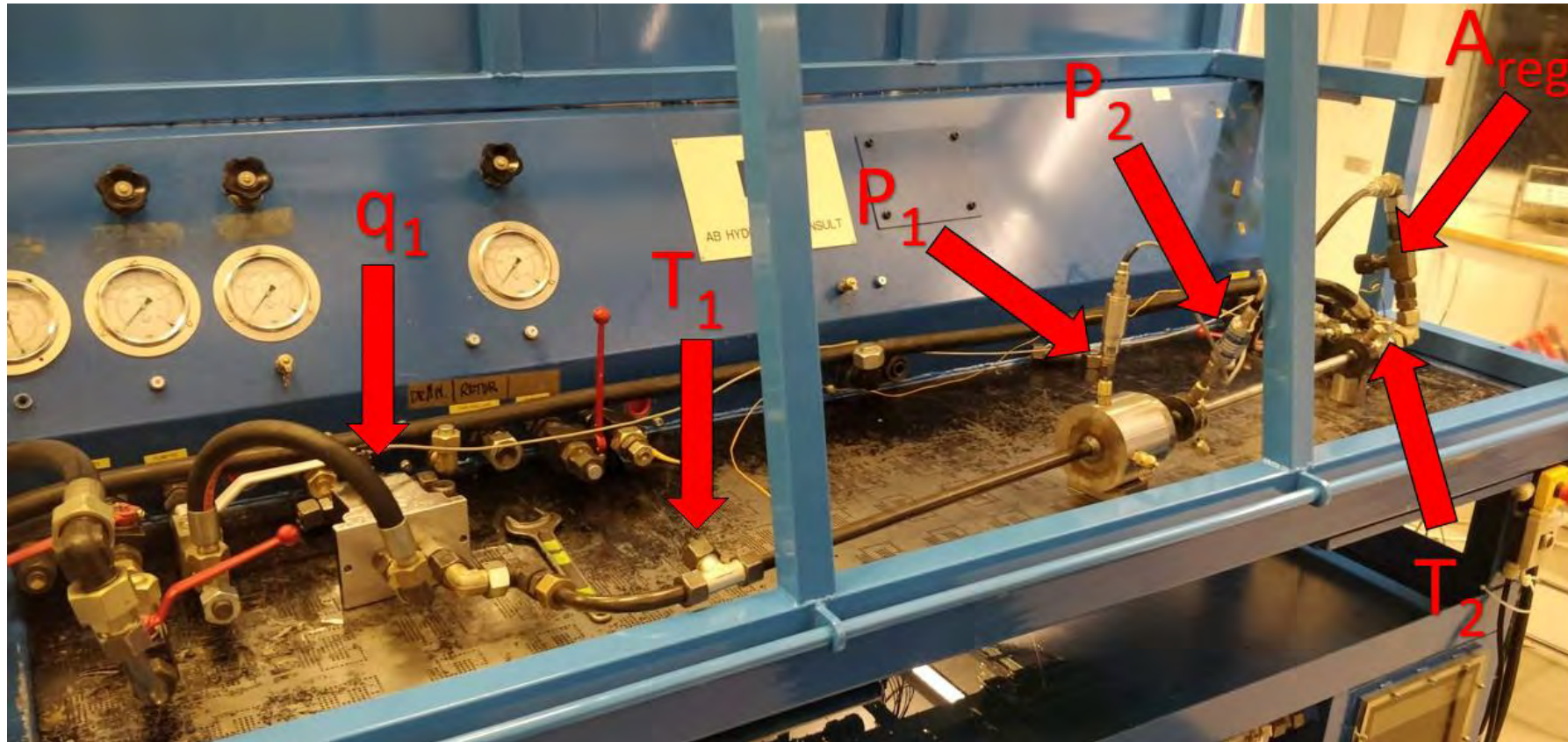
- Fysiskt system
- Hopsan
- CFD
- Co-simulering
- Resultat
- Slutsats & Framtidsarbete

Fysiskt system

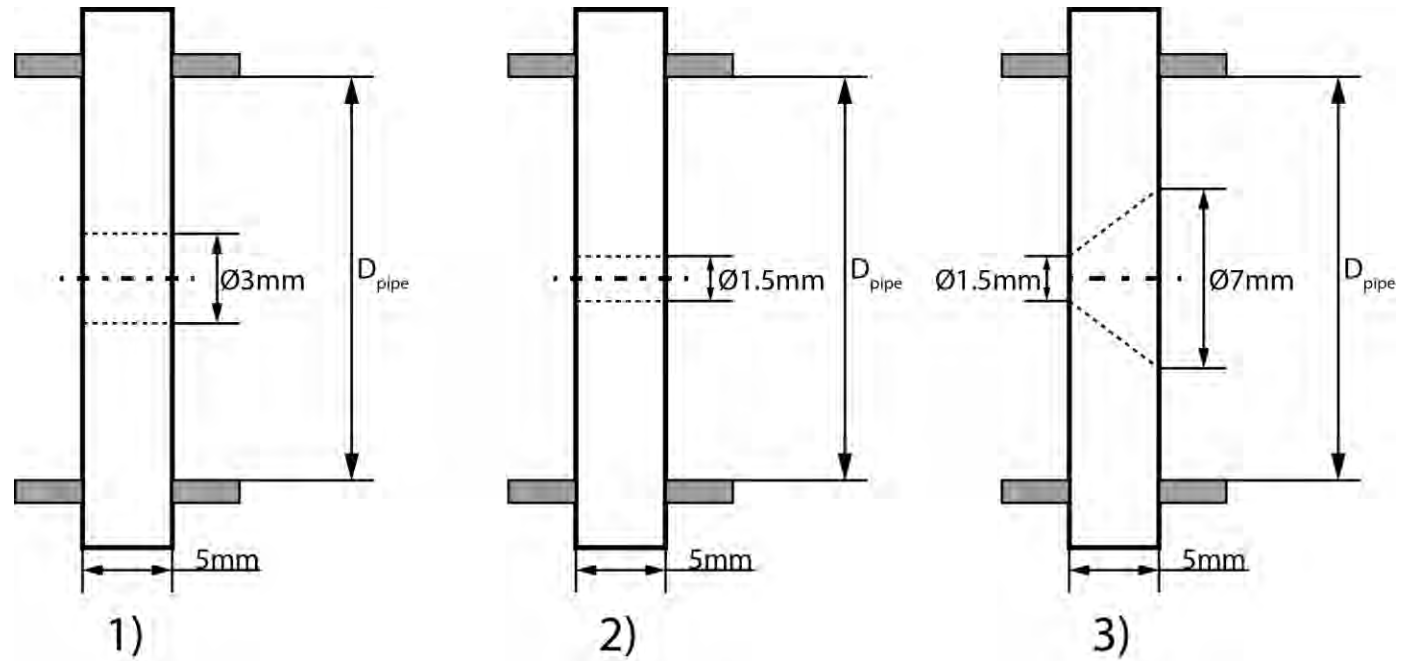
Det fysiska systemet



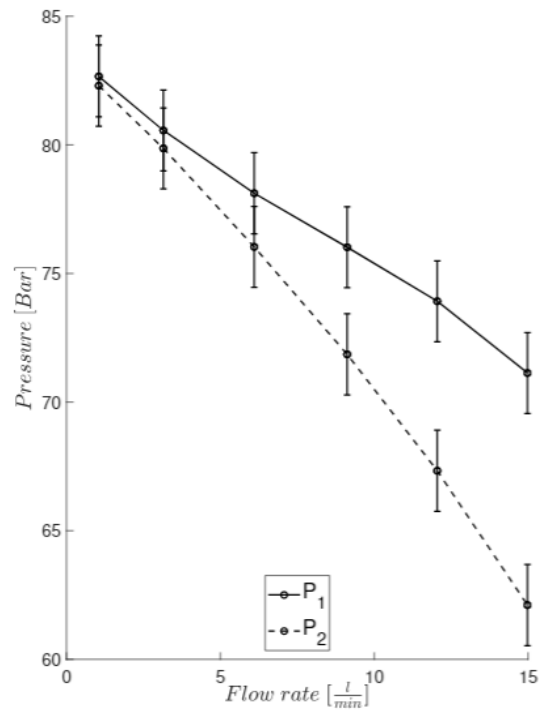
Sensorplacering



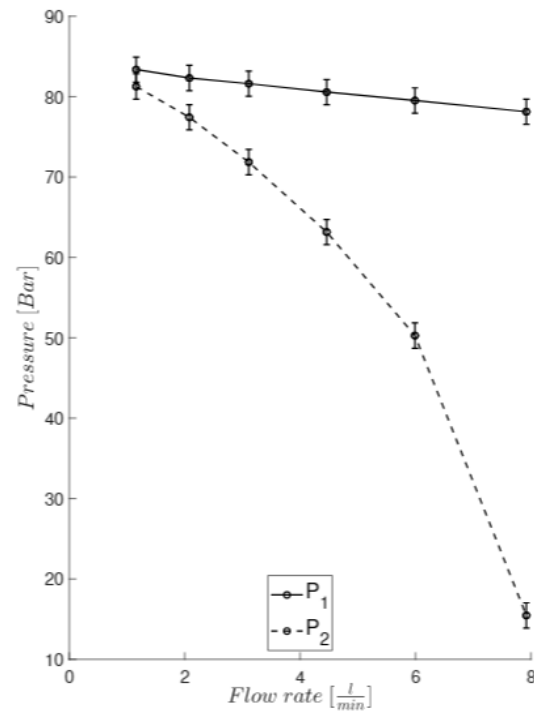
Utvärderade Geometrier



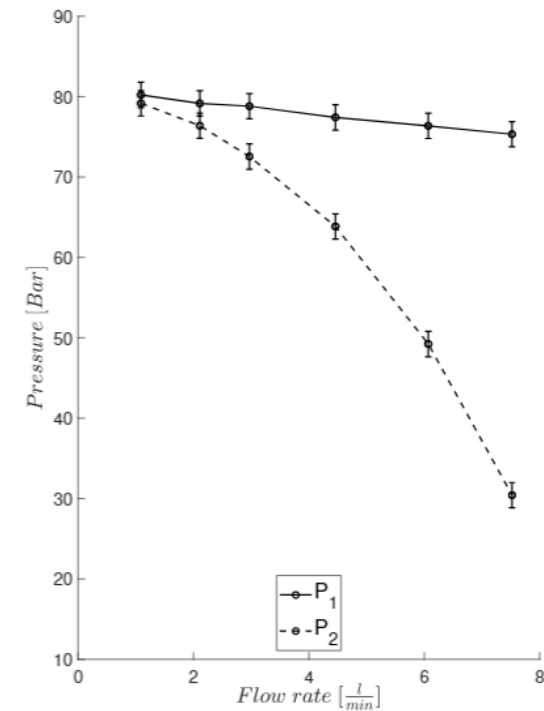
Experimentella Resultat



(a) Constriction 1



(b) Constriction 2

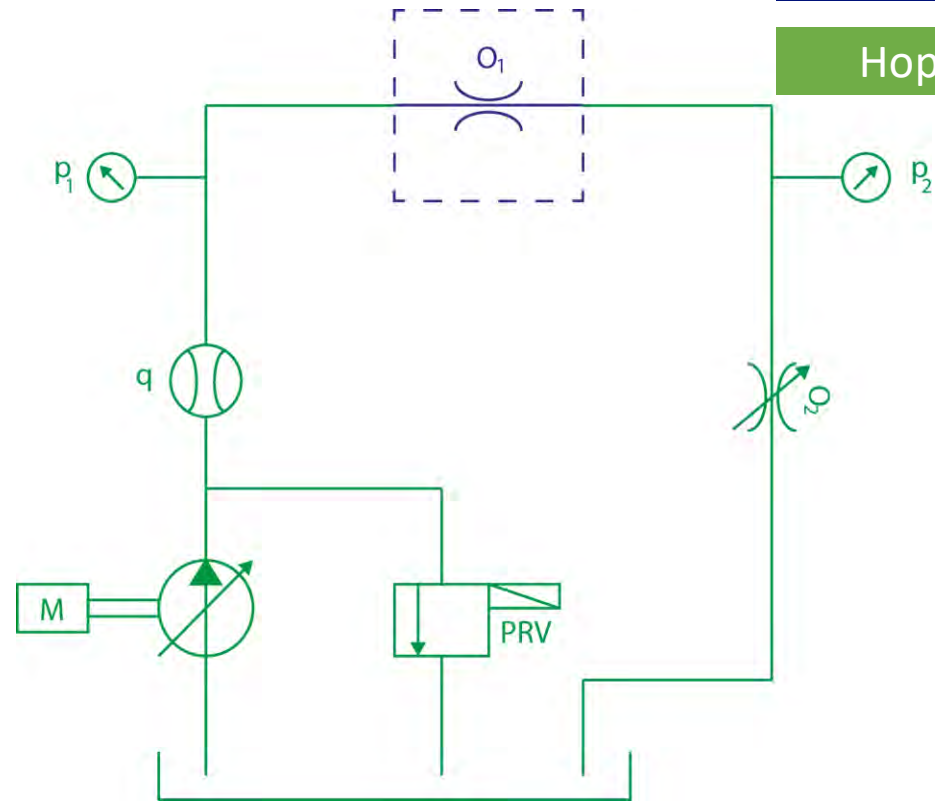
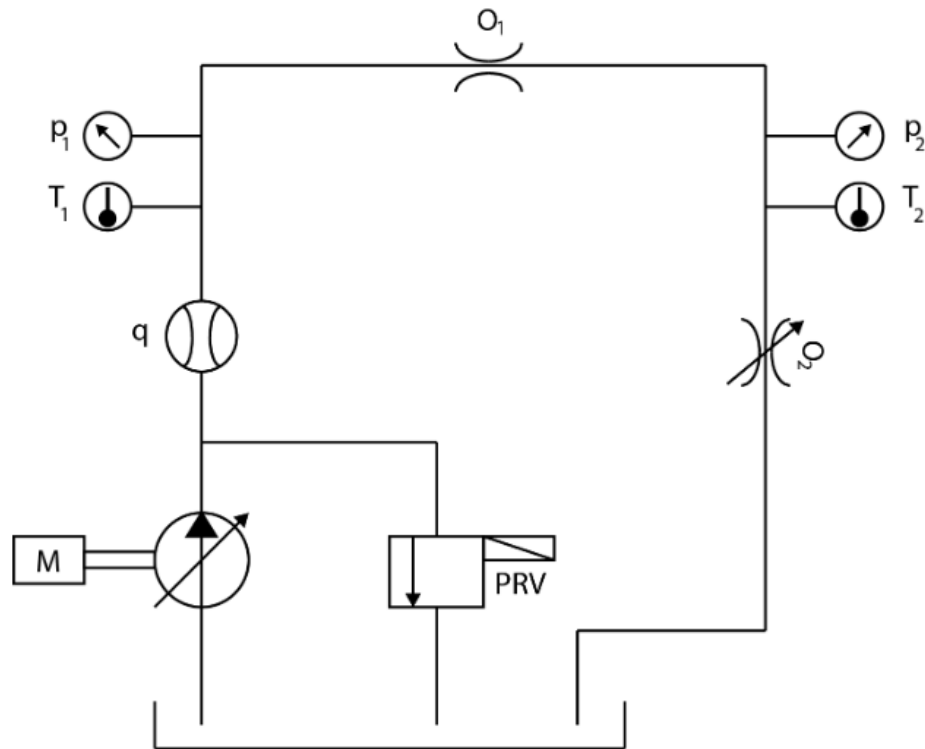


(c) Constriction 3

Hopsan

Hopsan är ett hydrauliskt och mekatroniskt beräkningsverktyg framtaget vid Linköpings Universitet. Programmet innehåller ett bibliotek av olika komponenter som används inom dessa ämnen; exempelvis, pumpar, ventiler, strypningar och tankar. Hopsan utför endimensionella beräkningar, vilket betyder att tryck och flöde beräknat efter en komponent är skalära värden.

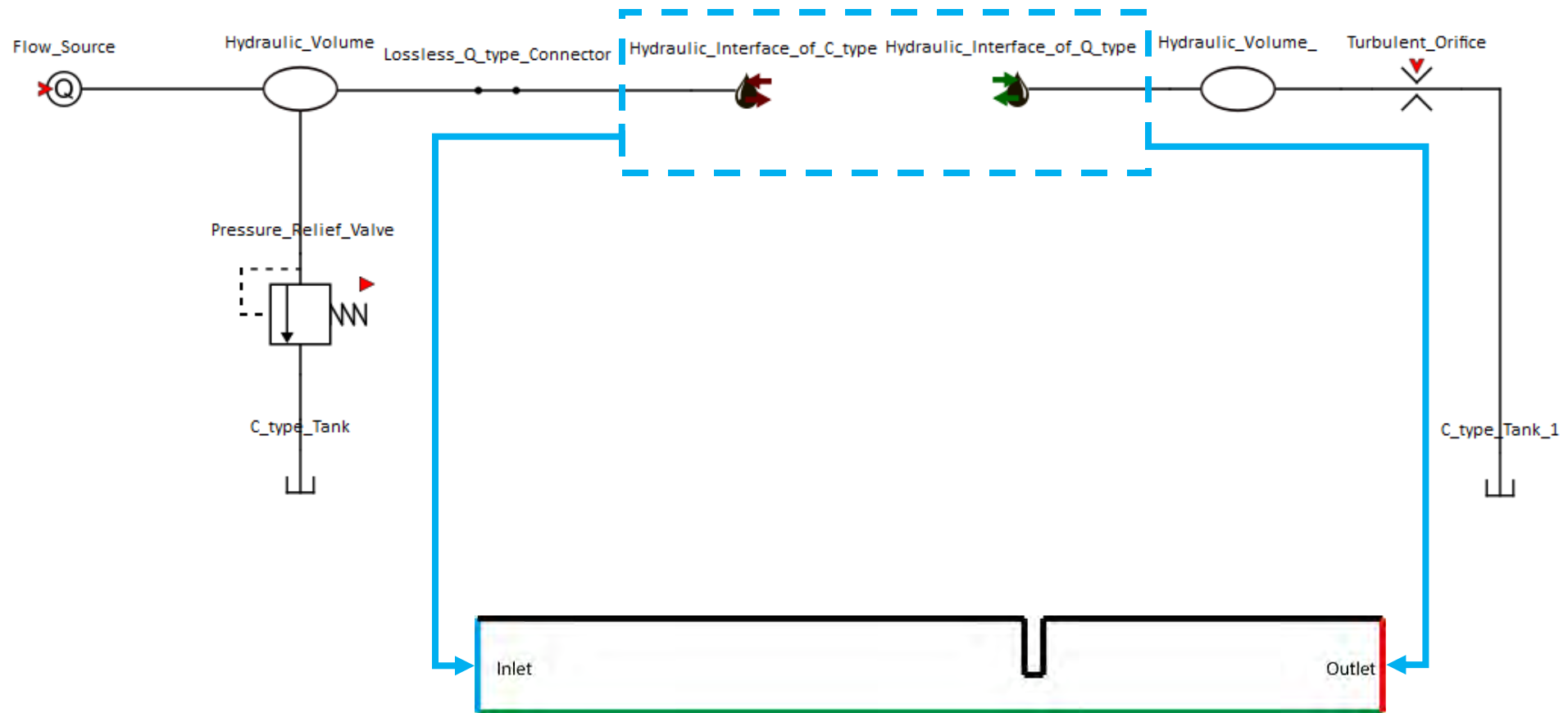
Schematisk bild av systemet



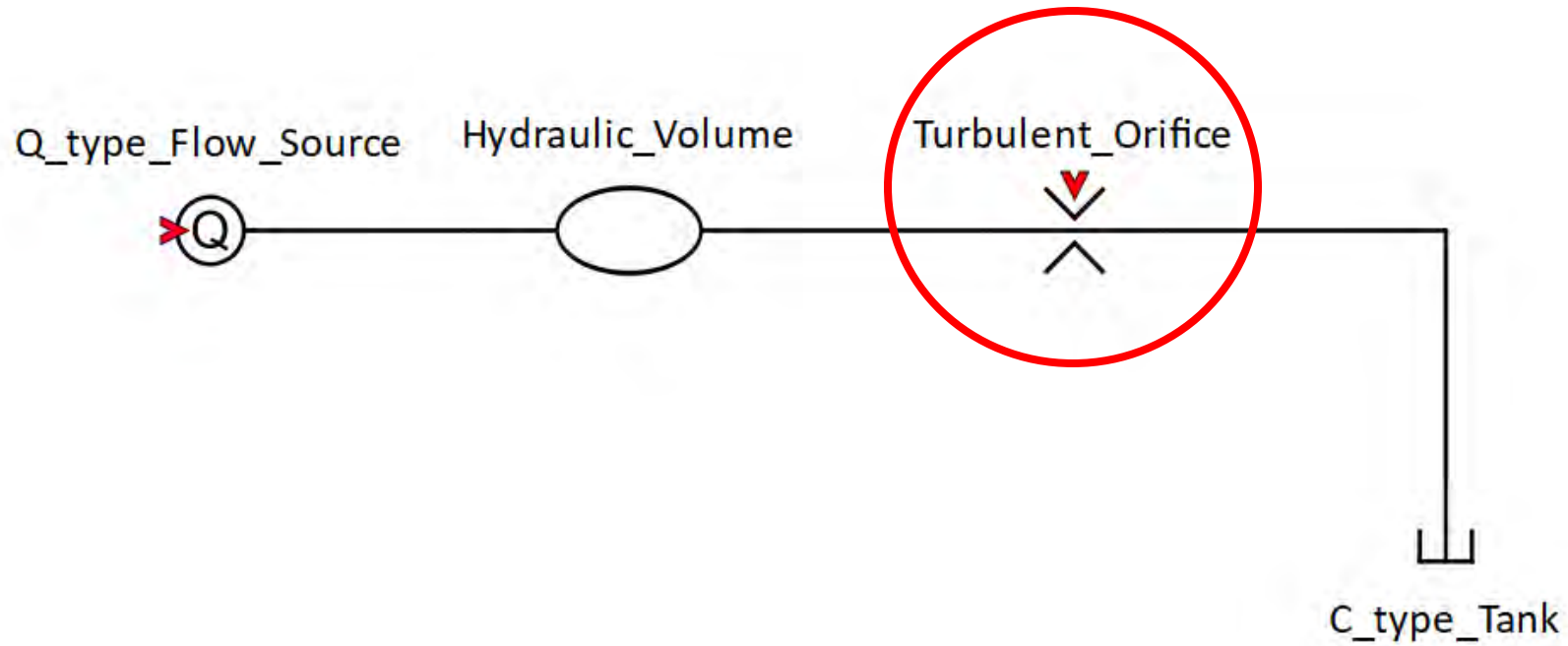
Fluent

Hopsan

Hopsan-modell



Anpassning av tryck

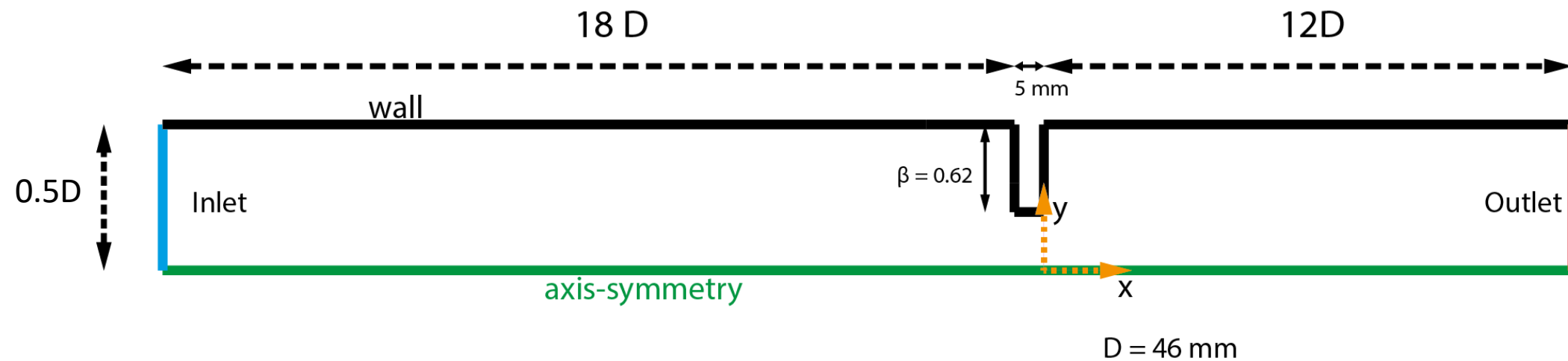


Computational Fluid Dynamics

I detta projekt har Ansys Fluent används inom området computational fluid dynamics (CFD), för att modellera och analysera beteendet och fysiken på det studerade flödet. För att genomföra simuleringar krävs vissa beslut, bland annat vilken typ av turbulensmodellering man vill använda. Valet kommer att bidra till både noggrannheten och tiden som krävs för att nå resultat. Som användare kan man även besluta om man vill simulera med fokus på fortvarighet eller tidsberoende. Mjukvaran är finita-volym-baserad och kräver därför en diskretisering av domänen.

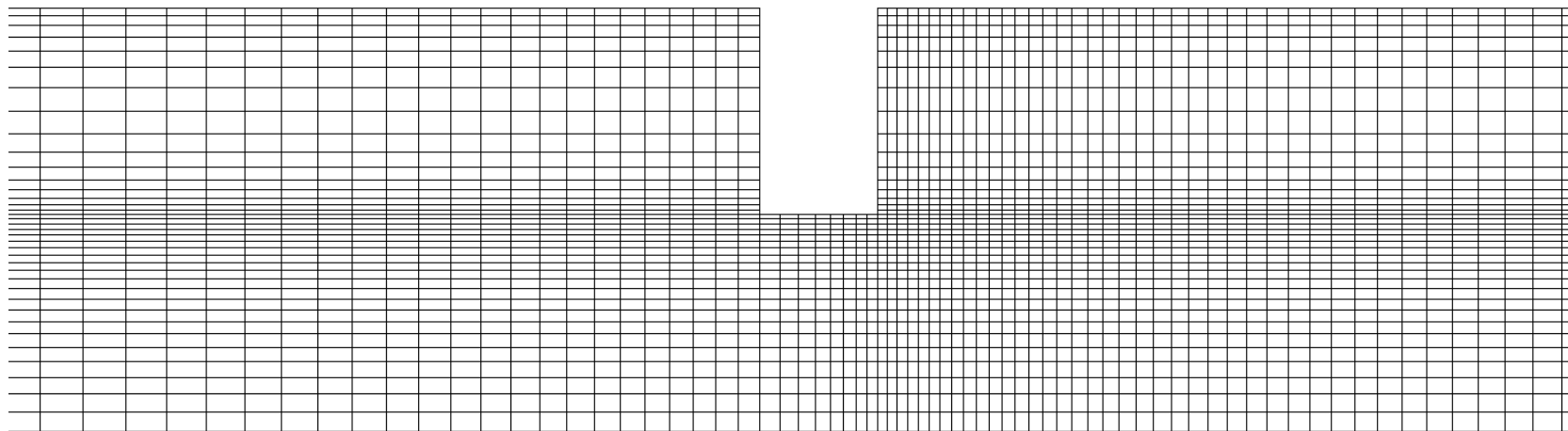
Vi kommer i detta avsnitt gå igenom baseline-modellen som verifierats och validerats och som sedan använts som grund till modellen som används inom co-simuleringen.

Domän (Baseline-modellen)



Verifiering

- Mesh (147 000 – 583 000)
- Blockad & geometrical bias
- Konstant first cell height
- Realizable k- ϵ (RKE)

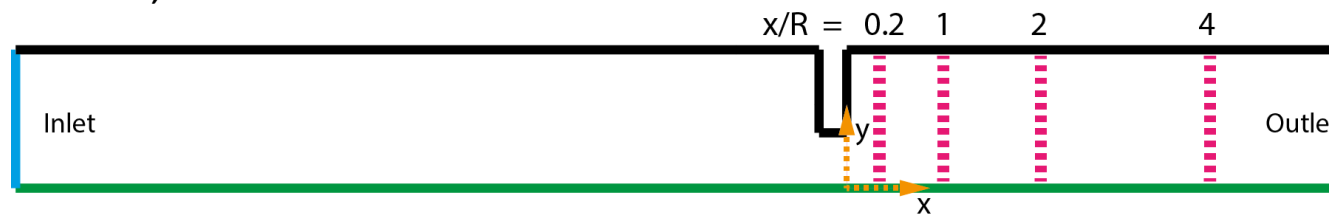


Varje synligt element
representerar 25
element i den använda
meshen

Verifiering

- Undersökt ett medelvärde av tryck, axiell och radiell hastighet längs 4 linjer, $x/R=[0.2, 1, 2, 4]$ samt "reattachment point" och tryckfalkkoefficienten.
- Förändring inom 2 %, 253 000 element

$$\xi = \frac{2\Delta P}{\rho u_0^2}$$



Nedan syns några av de studerade variablerna för att avgöra om diskretiseringen var tillräckligt fin.

Name	Cell Count	x/R=1						Per.change	Pressure drop coeff
		Per.change	AvgPressure	Per.change	AvgAxial-vel	Per.change	AvgRad-vel		
Mesh 1	147860		-483,4002		0,9084		0,0181		8,2069
Mesh 2	197520	0,78%	-487,2123	0,10%	0,9094	1,68%	0,0178	0,23%	8,1877
Mesh 3	253000	0,27%	-485,8908	0,05%	0,9089	0,71%	0,0179	0,10%	8,1799
Mesh 4	294850	0,45%	-488,0925	0,07%	0,9095	1,12%	0,0177	0,02%	8,1817
Mesh 5	377880	0,23%	-486,9563	0,03%	0,9092	3,61%	0,0171	0,10%	8,1733
Mesh 6	483760	0,05%	-486,6947	0,04%	0,9089	4,36%	0,0179	0,01%	8,1742

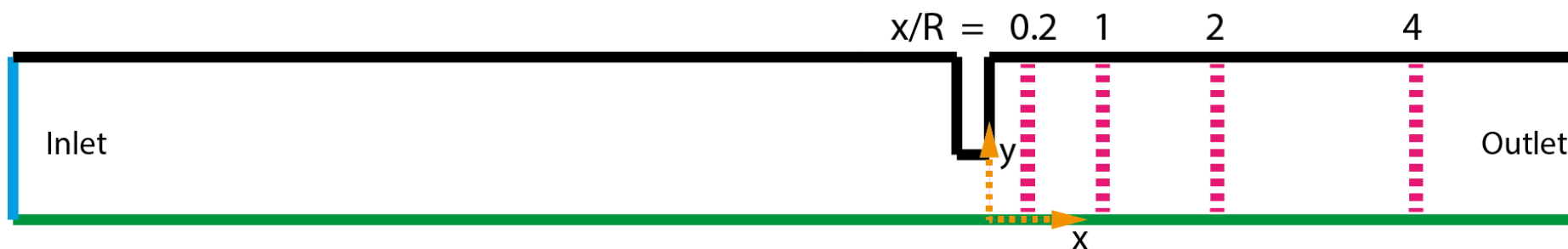
Validering

Validering mot [2]

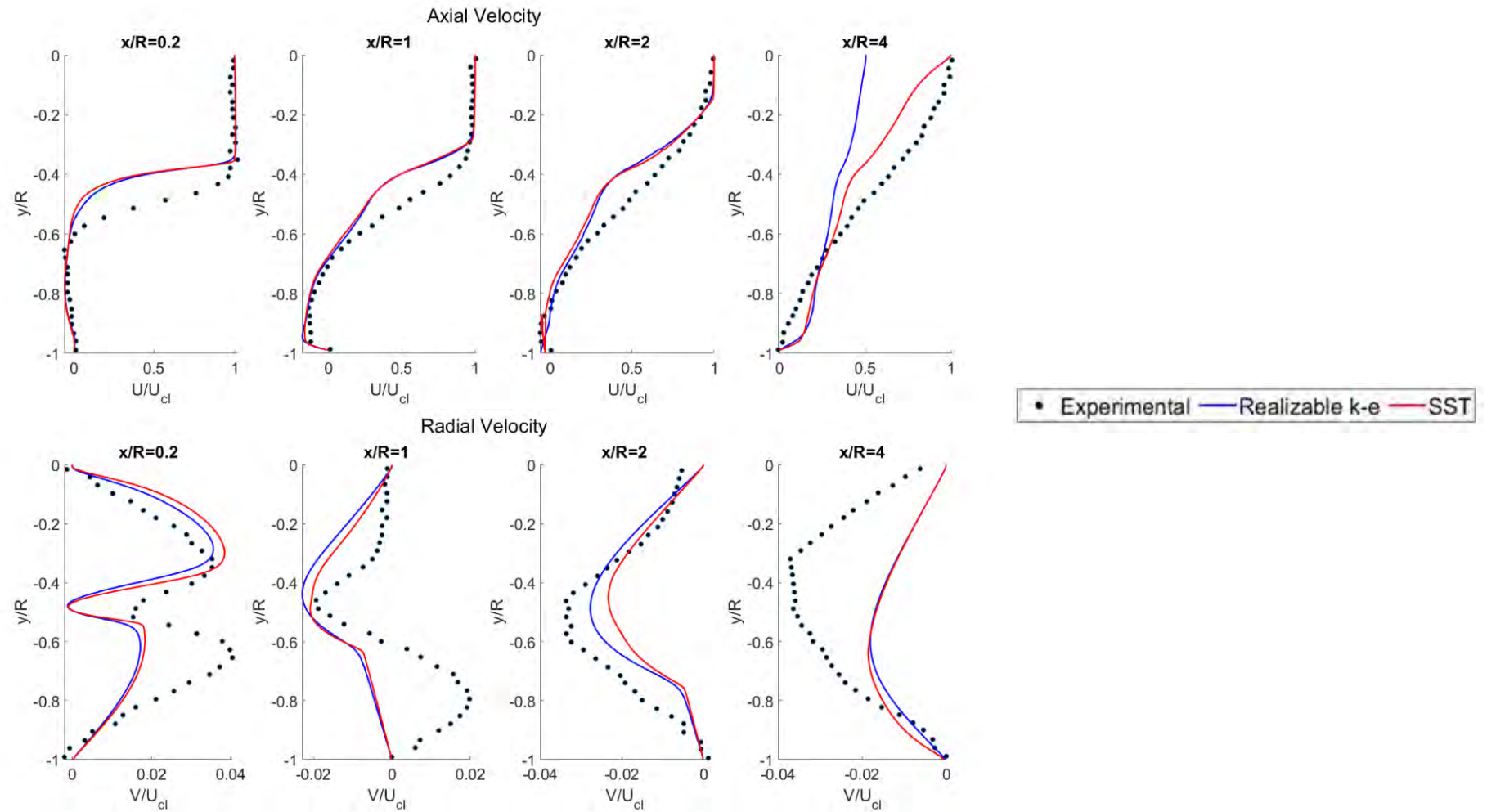
- Turbulensmodeller (RKE & SST)
- Tryckfallskoefficienten, ξ
- Axiell och radiell hastighet
- TKE och TSS

$$\xi = \frac{2\Delta P}{\rho u_0^2} \rightarrow \begin{cases} \xi_{SST} = 8.48 \\ \xi_{RKE} = 8.18 \end{cases}$$

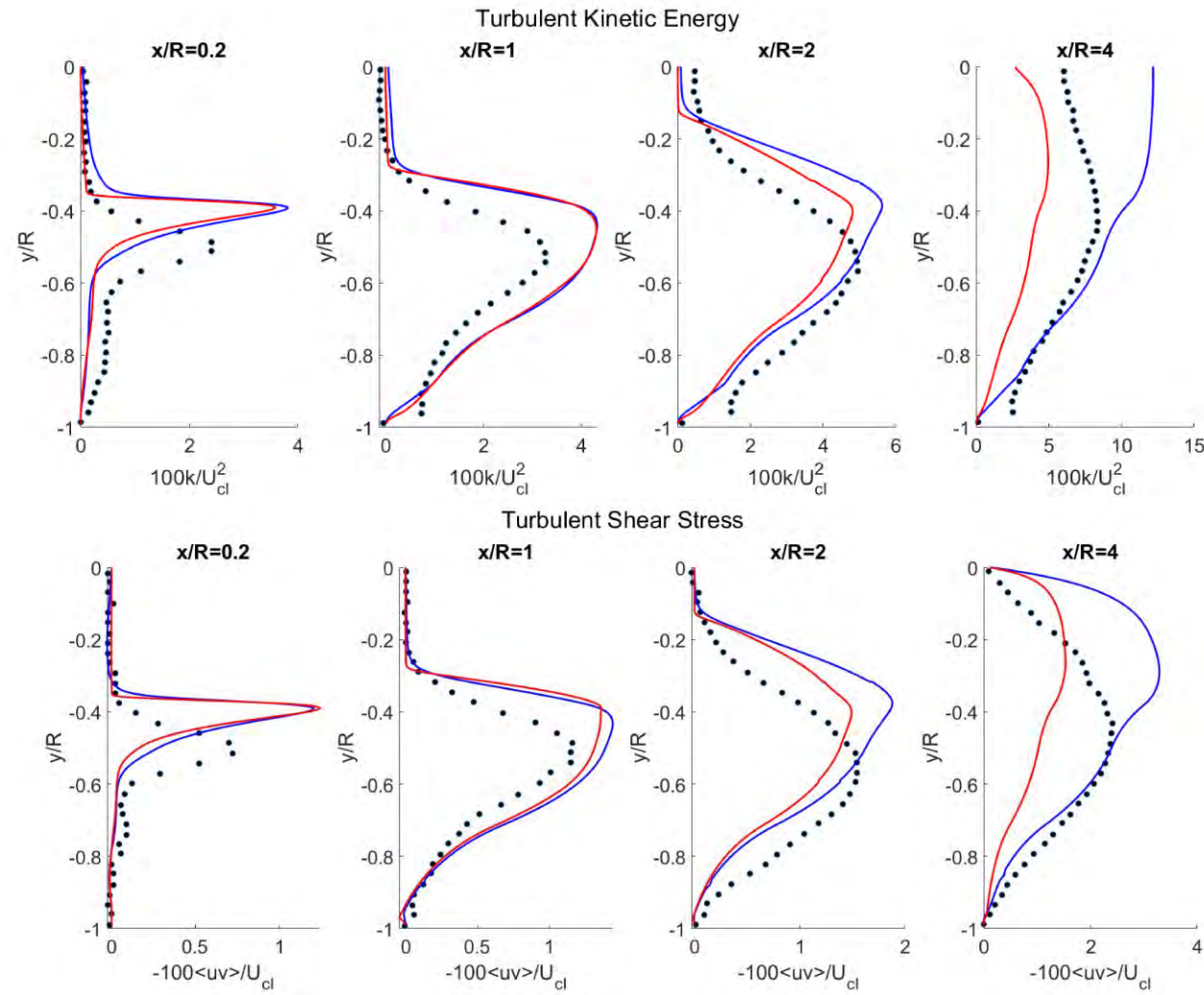
$$\xi_{ISO} = 8.71 \pm 0.07 \quad [1]$$



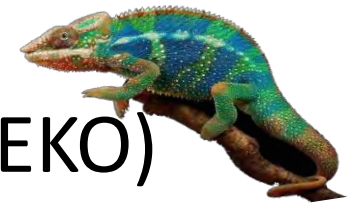
Validering (hastigheter)



Validering (TKE och TSS)



• Experimental — Realizable k-e — SST



Ytterligare en Turbulensmodell – Generalized k- ω (GEKO)

- Två ekvations RANS modell [3]
- Sex fria koefficienter som inte påverkar underliggande modellkalibrering
 - Två som påverkar beteendet nära väggen
 - **Två för** ”free shear flows”
 - En som har inverkan på hörn separation
 - En kurvaturkorrigerings term

Dom fria parametrarna

- Csep
 - Styr separationsprediktering genom att minska μ_t
- Cnw
 - Påverkar den inre delen av gränsskiktet
- Cmix
 - Påverkar free shear flow (gränsskiktet sköldat). **Ökar spridningen av "free shear"-flöden**
- Cjet
 - Påverkar mestadels jet-flöden



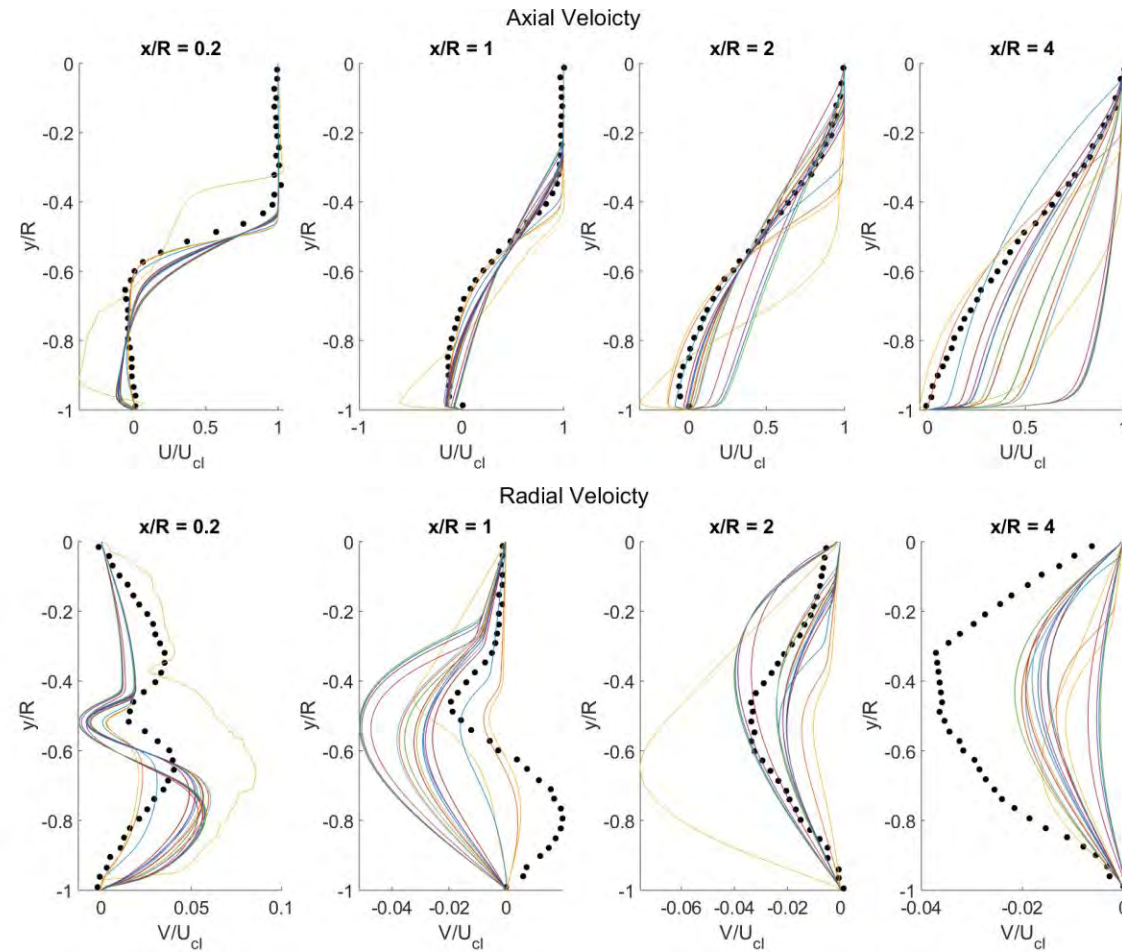
Parametersvep

- $0.7 < C_{sep} < 2.5$
- $0 < C_{mix} < 5$
- $0 < C_{jet} < 1$

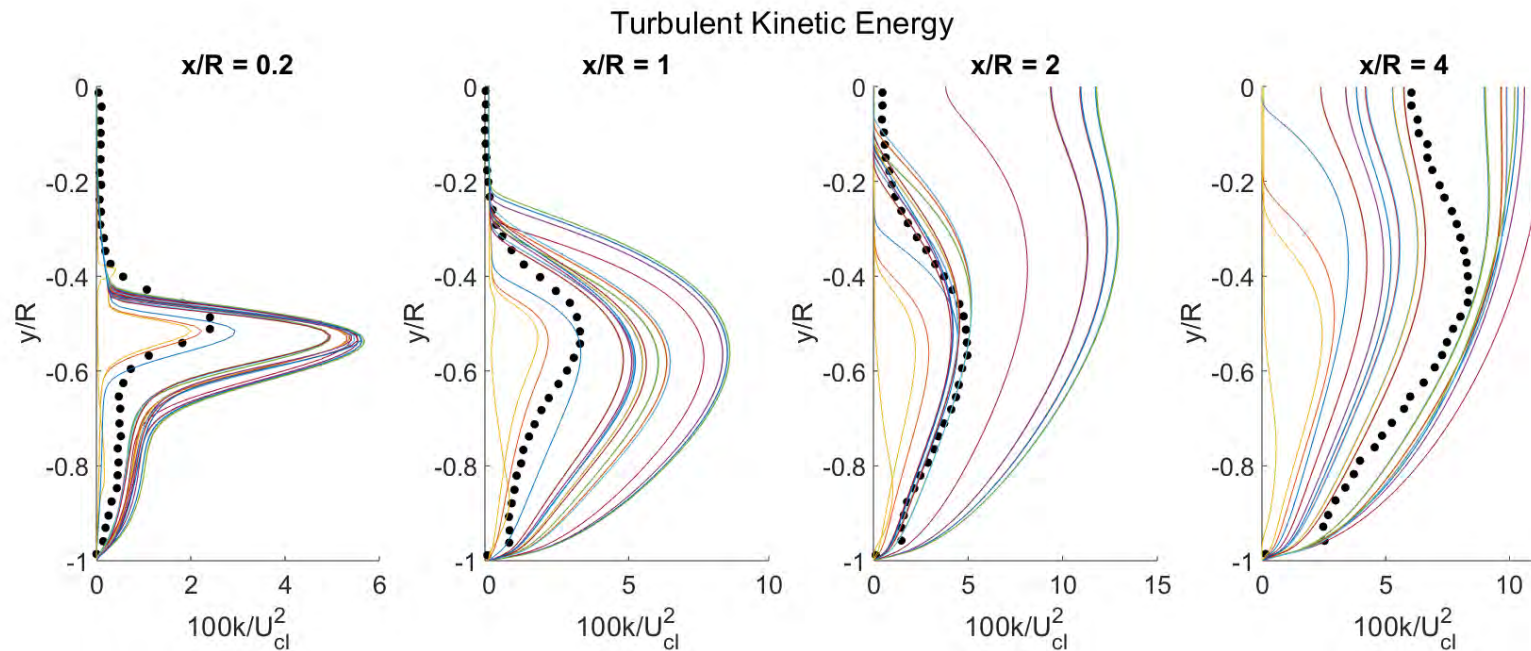
Csep	0.7	1.3	1.9	2.5
Cmix	0	1.67	3.33	5
Cjet	0	0.33	0.66	1

- 64 utvärderade kombinationer

Hastighetsprofiler



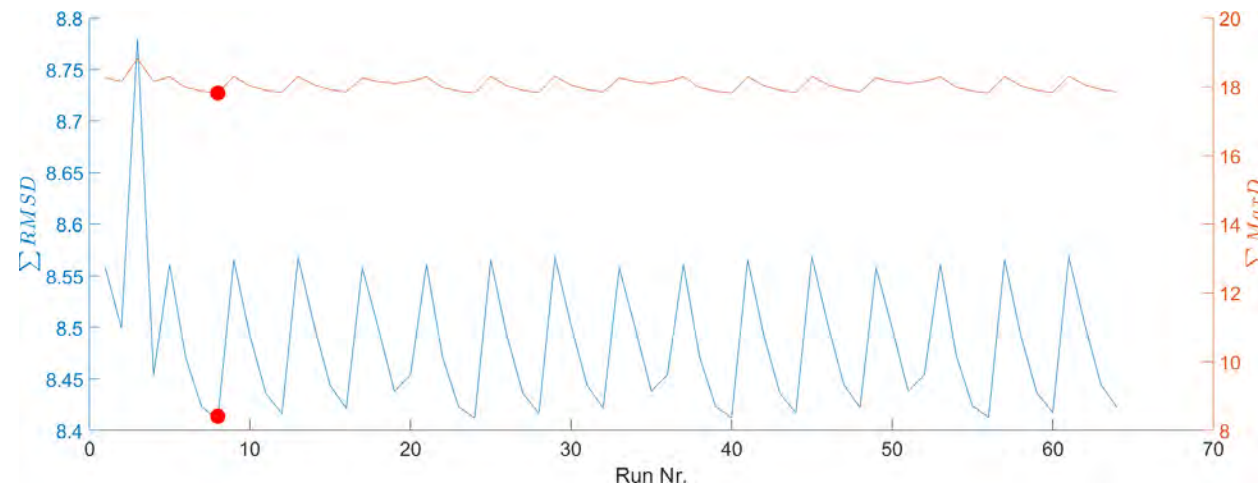
Turbulent kinetisk energi (TKE)



$$\xi = \frac{2\Delta P}{\rho u_0^2} \rightarrow \{\xi_{SST} = 8.35$$

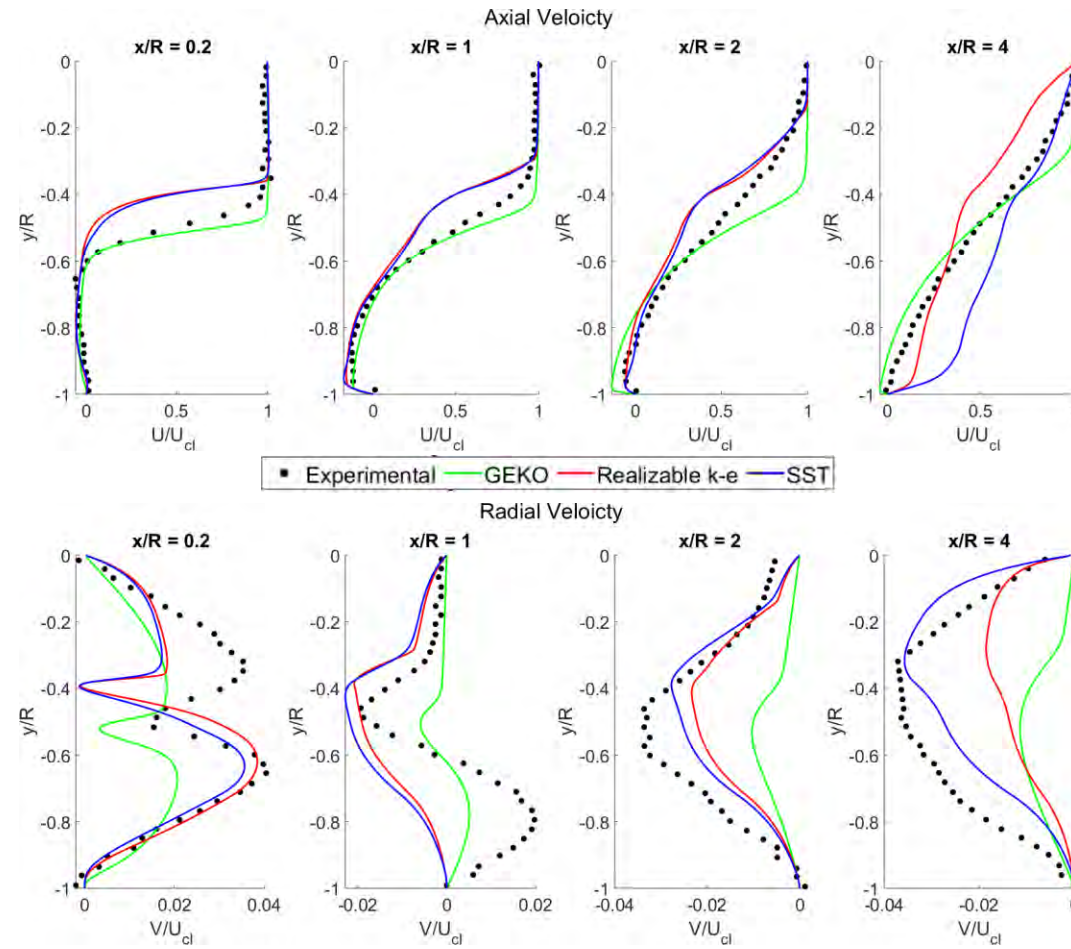
Vad gör vi med all denna data?

- Aggregerat RMSD/MaxD-värde mot PIV-data. [2]
 - Piece-wise linear interpolation på PIV-grid.



	Csep	Cmix	Cjet
Run 8	2.5	1.67	0

Hastighetsprofiler

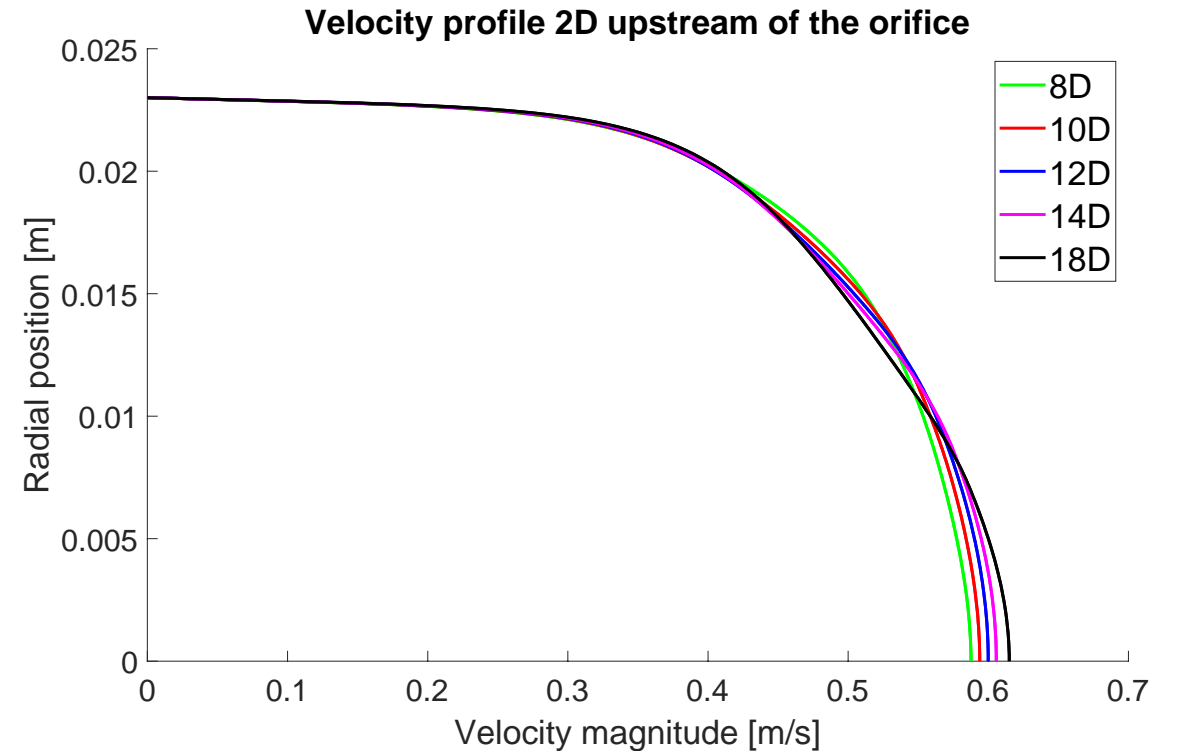
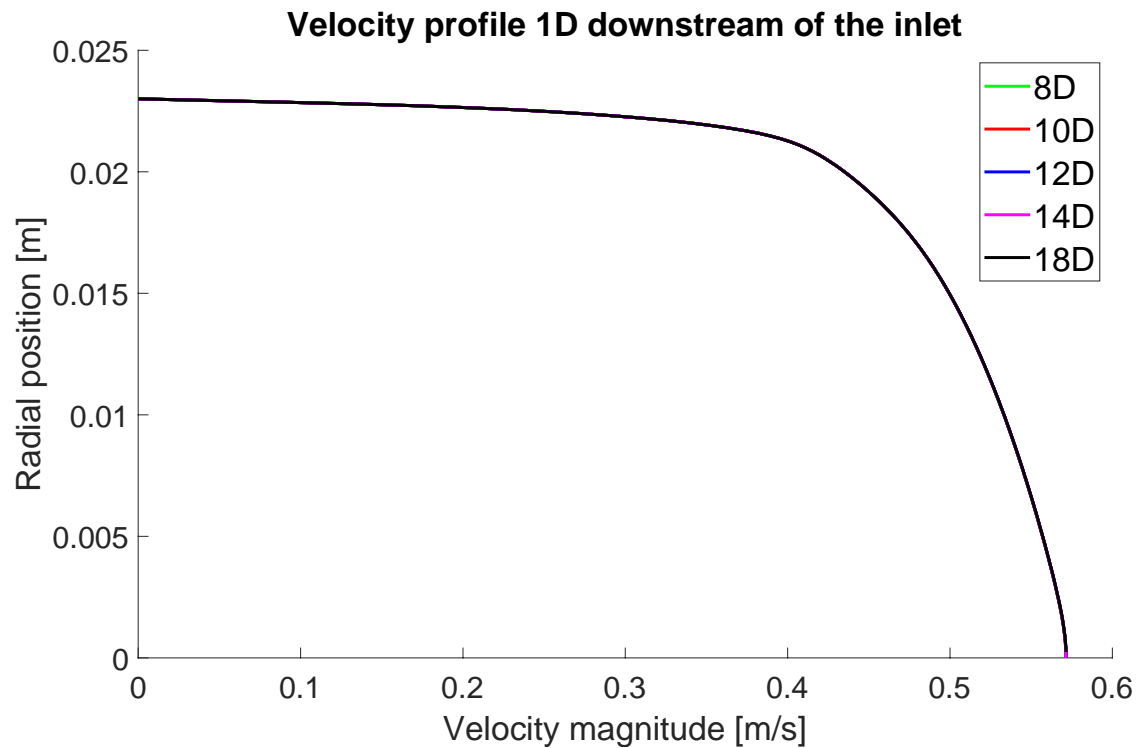


Rörlängd – Känslighetsstudie

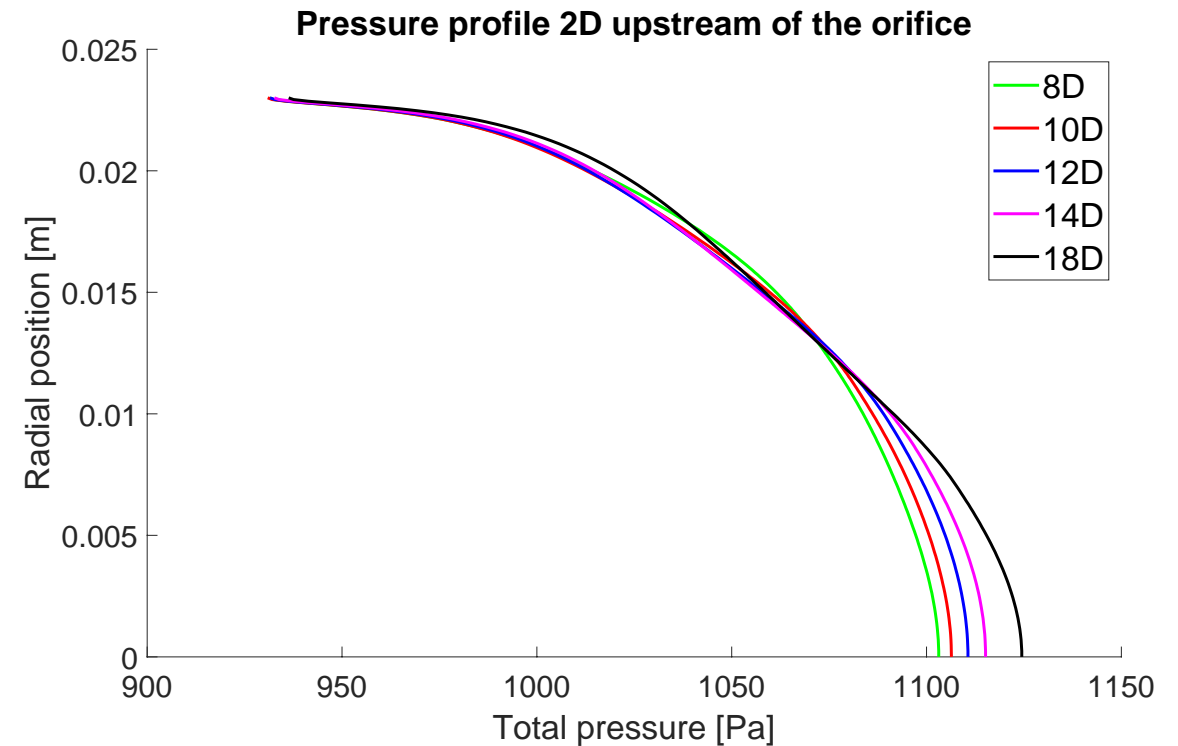
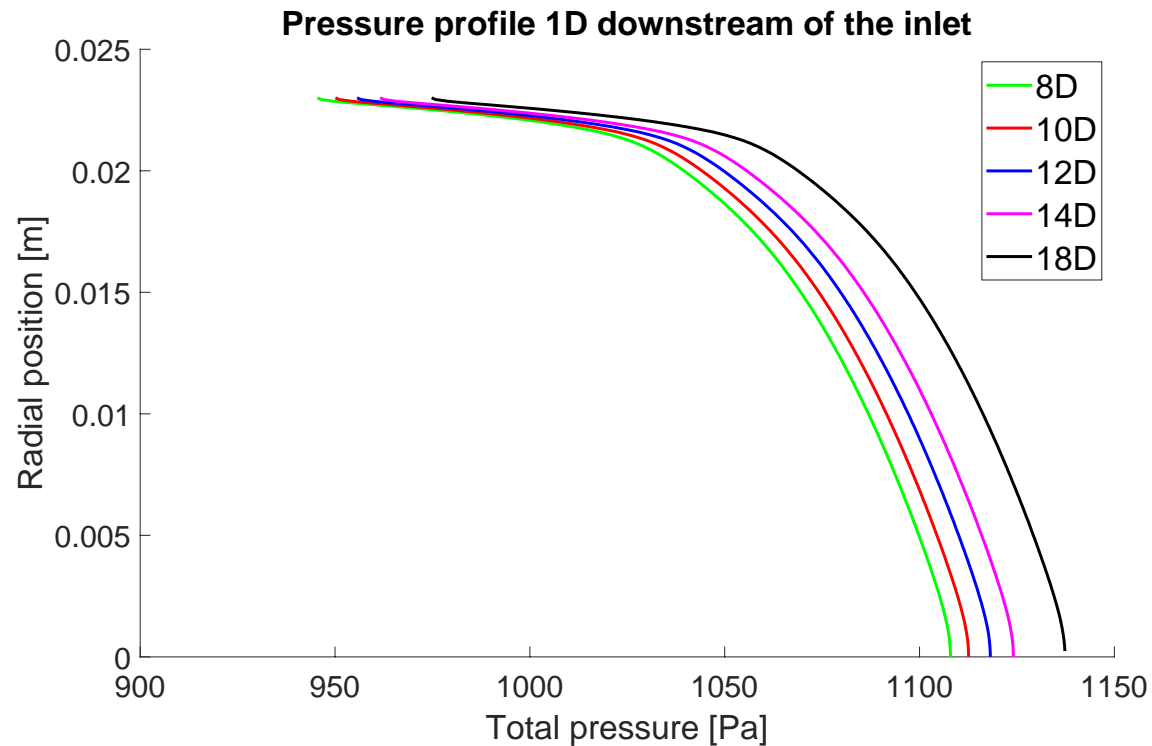
- Utvärdera domänstorleken uppström
 - Om domänstorleken kan minskas kan beräkningstiden också minskas
- Fyra olika rörlängder uppströms, undersöktes och jämfördes med den initiala längden hämtat ut [2].
 - Rörlängderna [14D 12D 10D 8D] jämfördes med [18D]



Hastighetsprofiler – Känslighetsstudie



Tryckprofiler – Känslighetsstudie



Tryckfallskoefficient, ξ

$$\xi = \frac{2\Delta P}{\rho u_0^2}$$

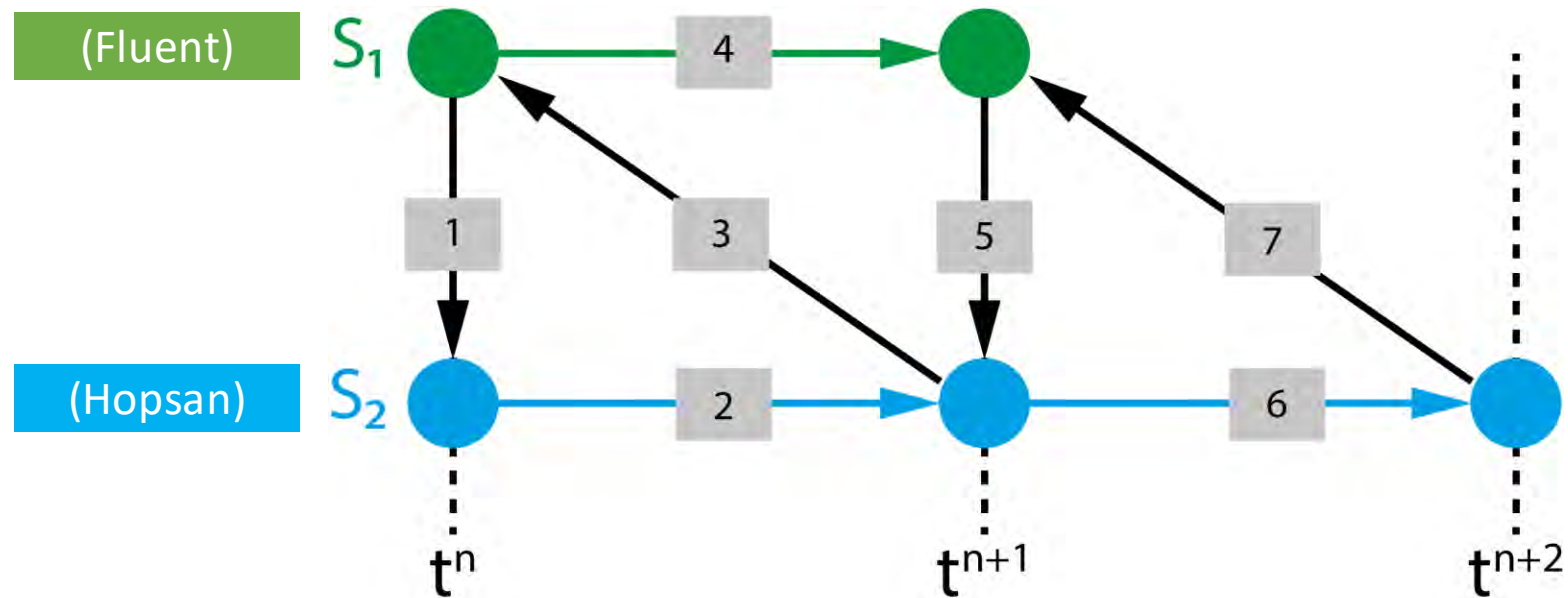
Upstream pipe length	Pressure drop coefficient
18D	8.45
14D	8.41
12D	8.37
10D	8.35
8D	8.35

Från baseline-modell till co-simuleringsmodell

- Grundmesh, 253 000 element
- Turbulensmodell, SST
- 18D uppströms av strypningen

Co-Simulering

Co-Simulering – Kommunikationsmönster

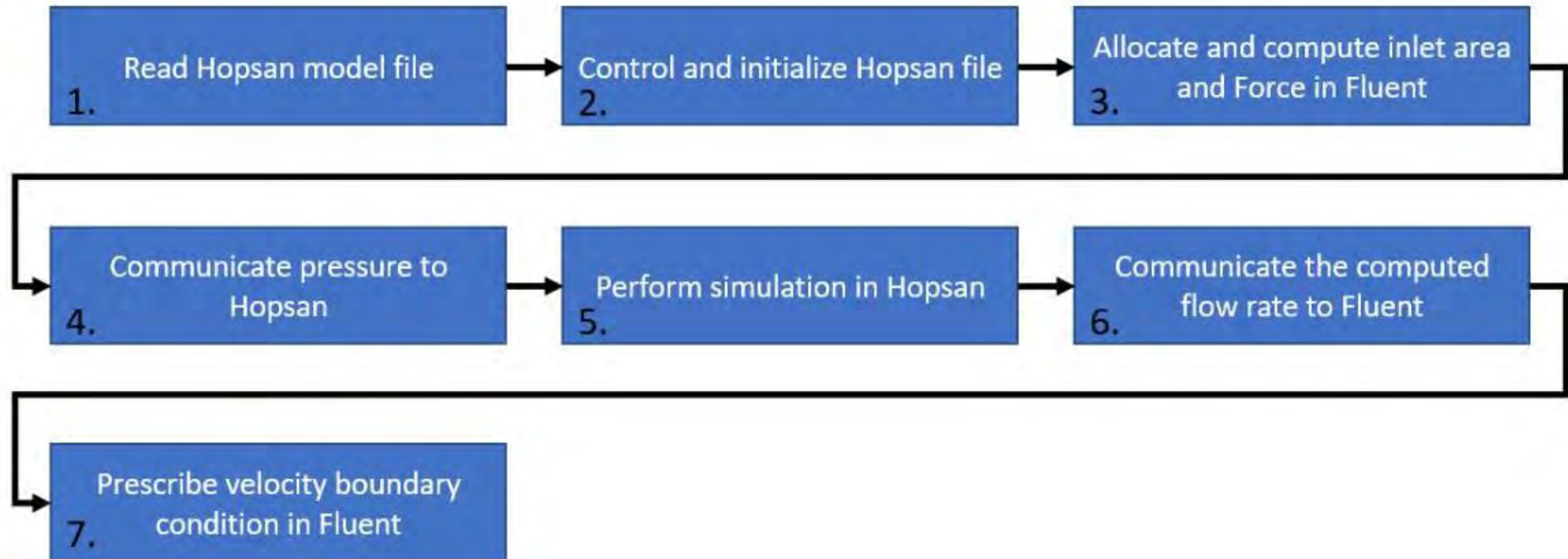


Co-Simulering – Tidssteg

- Vad begränsar kommunikationsintervallet?

$$CFL = \frac{u\Delta t}{\Delta x} < 1$$

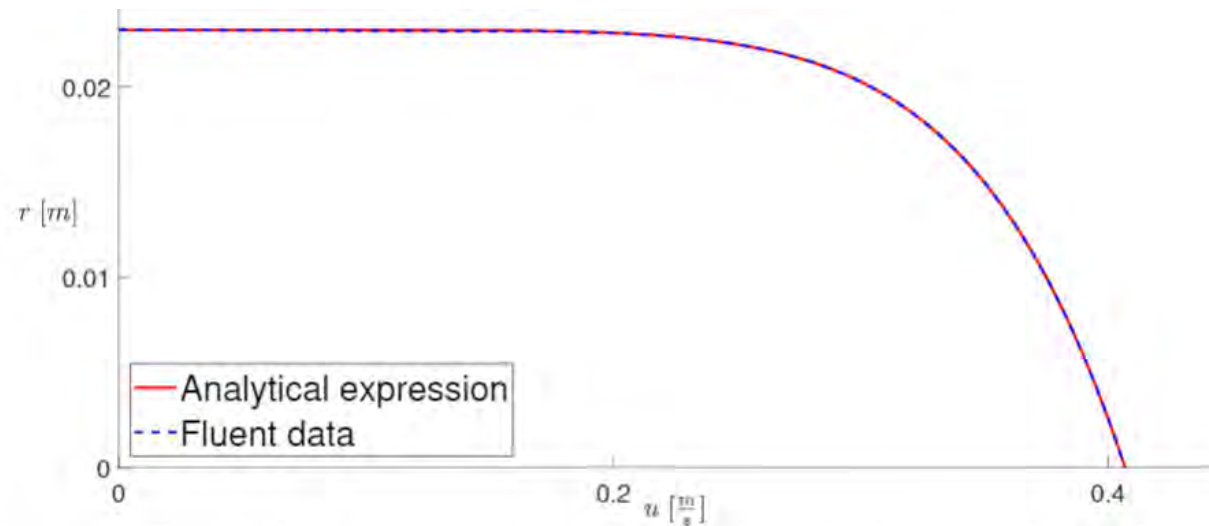
Co-Simulering – "Upstream subsystem boundary"



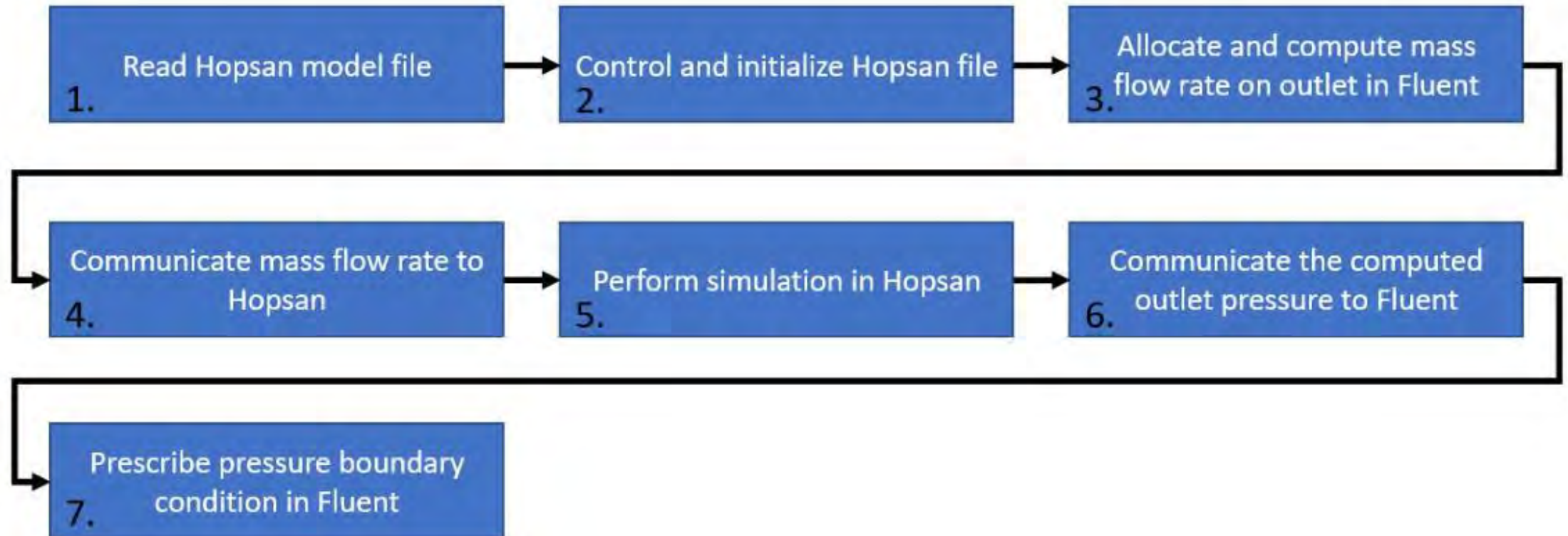
Co-Simulering – Ansatt Hastighetsprofil

$$u(r) = u_{max} \left(\frac{R-r}{R} \right)^{1/7} = \frac{\bar{u}}{0.82} \left(\frac{R-r}{R} \right)^{1/7} \quad [4]$$

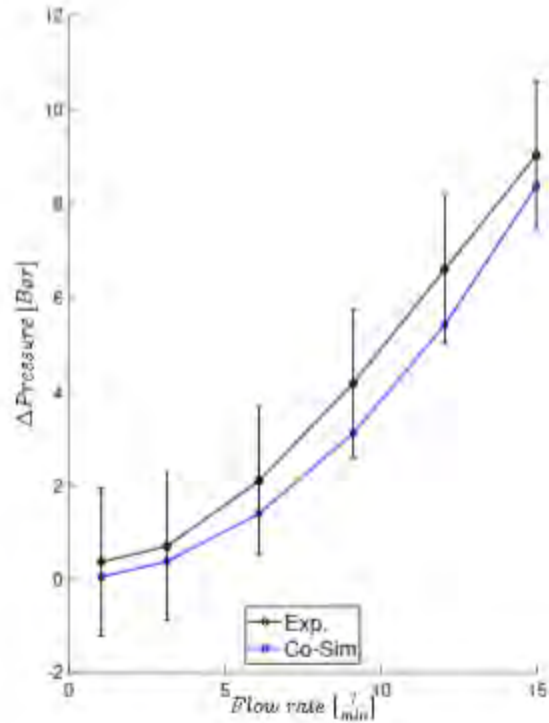
$$\begin{aligned} \dot{V}_{Hopsan} &= \oint_{\partial\Omega} u(r) dA = \text{/Equation 5/} = \int_{r=0}^R \int_{\theta=0}^{2\pi} \frac{\bar{u}}{0.82} \left(\frac{R-r}{R} \right)^{1/7} d\theta dr = \\ &= \text{/Partial integration/} \approx 3.1288 R^2 \bar{u} \end{aligned}$$



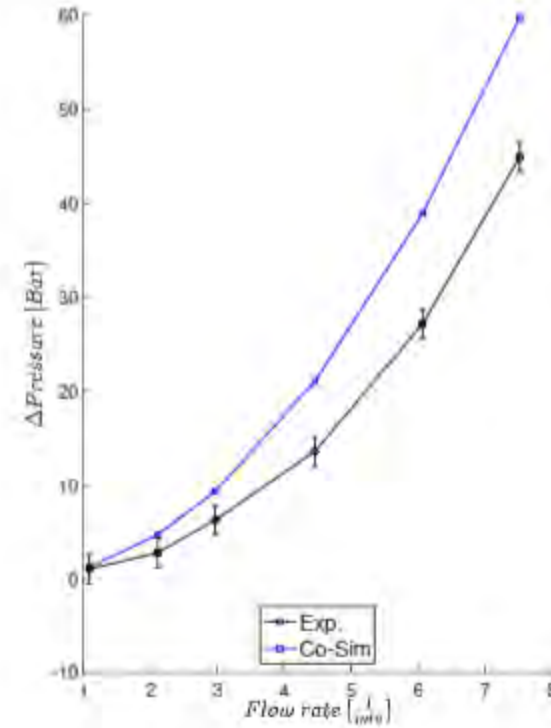
Co-Simulering – ”Downstream subsystem boundary”



Resultat, Δp

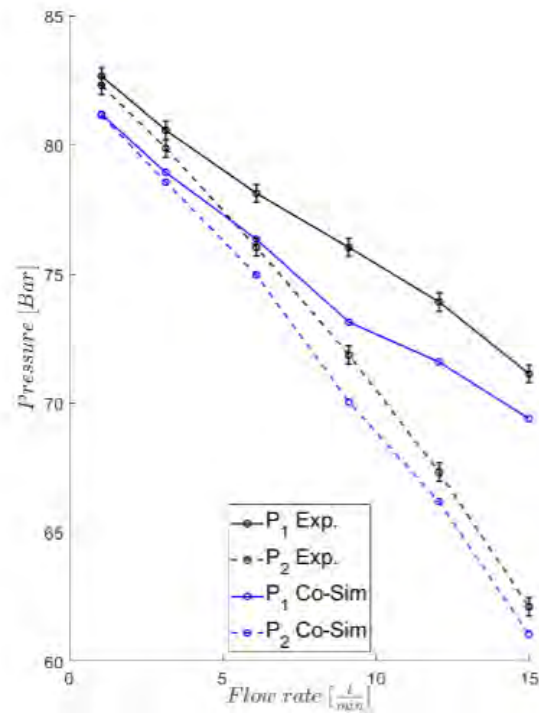


(a) Constriction 1

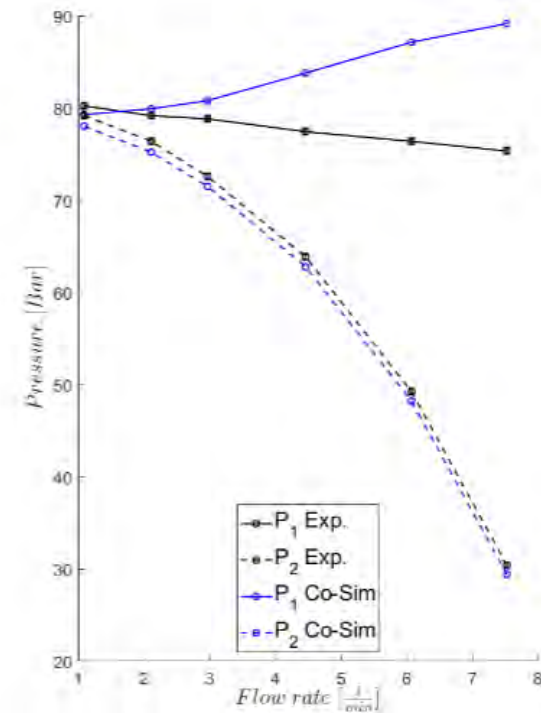


(b) Constriction 3

Resultat, p1 & p2



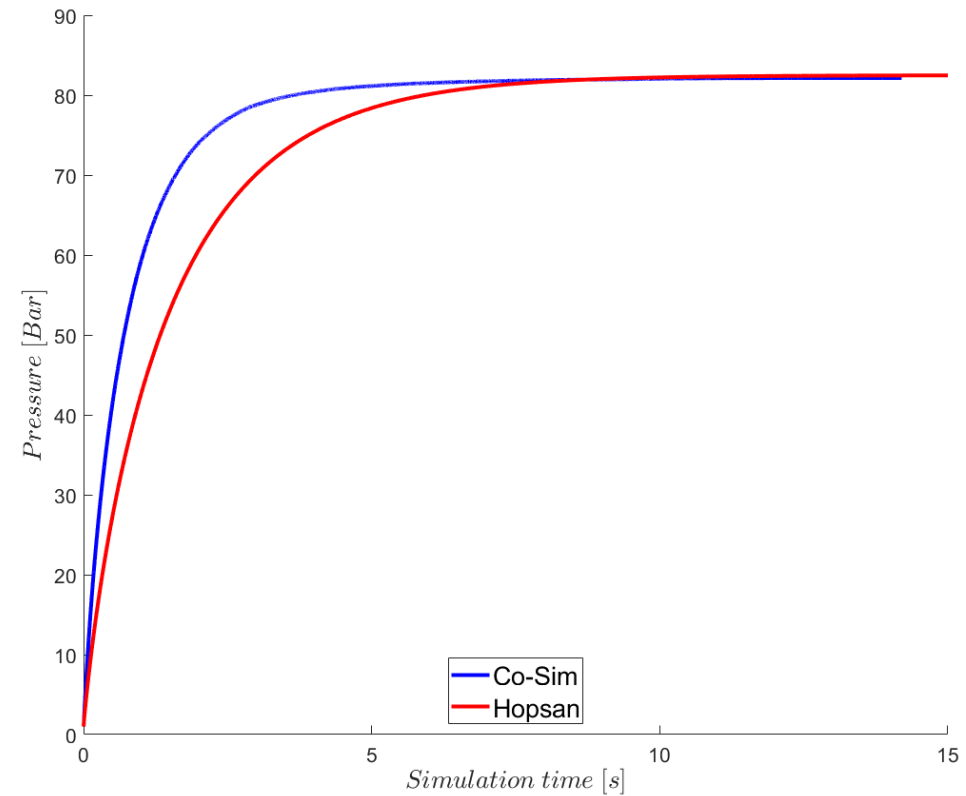
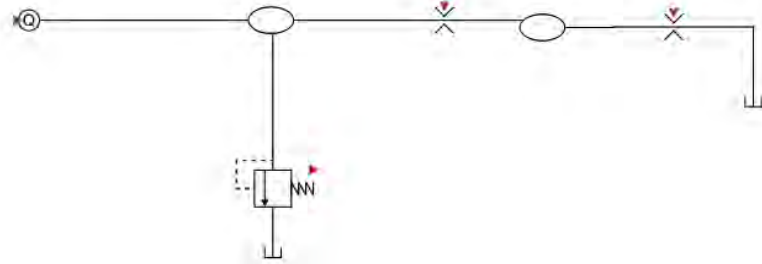
(a) Constriction 1



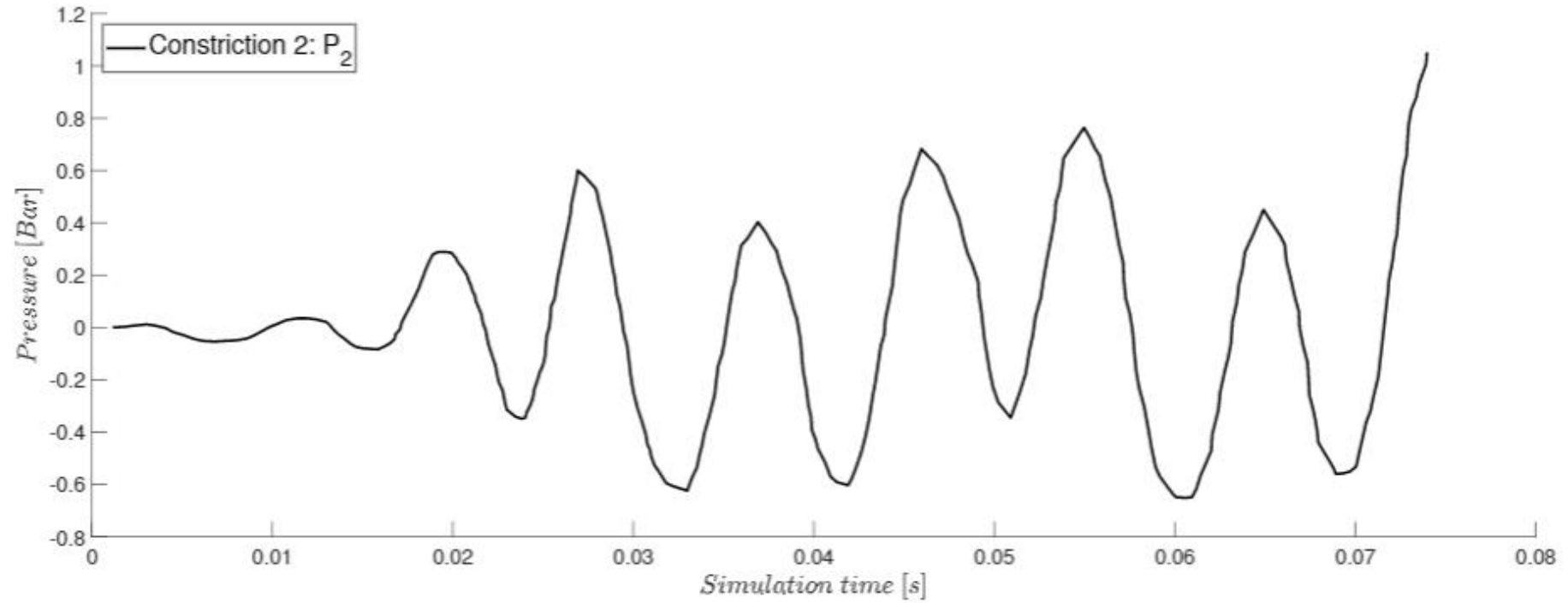
(b) Constriction 3

Resultat – Systemets Dynamik

- Trycket efter strypningen (P_2)
- 1.05 l/min
- Geometri 1



Konvergenzproblem



Slutsats & framtida arbete

- Möjligt att co-simulera mellan Hopsan och Ansys
- Vidare validering av co-simuleringsmetoden
 - Fler geometrier på strypningar
 - Undersöka konvergensproblemen för strypning 2
- Diskretiseringens inverkan på resultat
 - Undersökning av högre flöden
- Undersökning av andra flödesfenomen, exempelvis kavitation

Frågor?



Joseph Hainsworth – josha425

Gustav Rydholm – gusry297

Linnea Sund - linsu337

Tack!