



Téma příspěvku

CFD simulace a experimentální ověření distribuce vzduchu do kabiny malého dopravního letadla

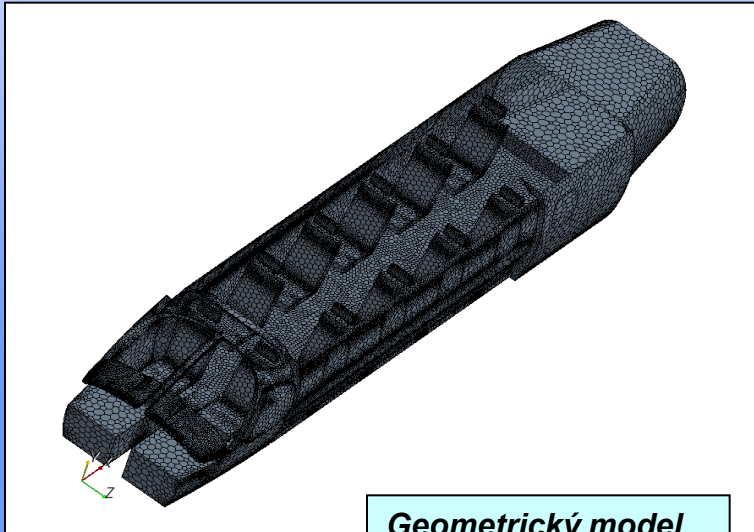
Jan Fišer, Miroslav Jícha

CLKV a Odbor termomechaniky a techniky prostředí

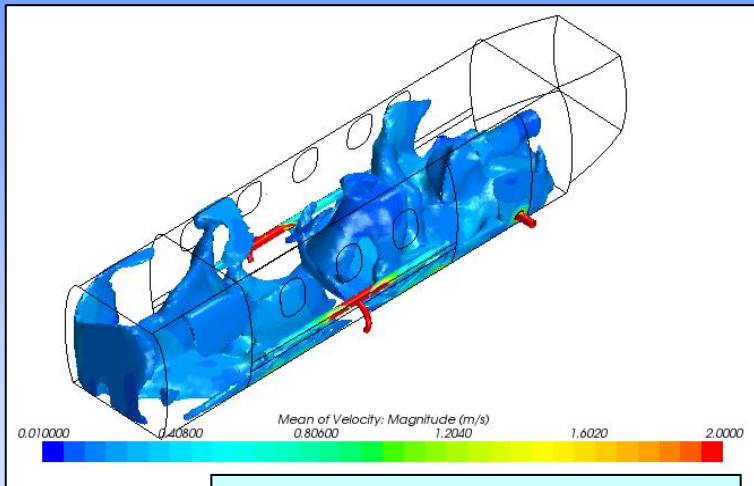
Fakulta strojního inženýrství

Vysoké učení technické v Brně

▪ Motivace výzkumu



Geometrický model



Příklad výsledků CFD simulace

Úkol A6 → Komplexní CFD simulace prostředí v kabinách letadel – velké úlohy



Kvalita výsledků CFD simulací ?
Závisí na kvalitě modelu, kvalitě vstupních dat a **zkušenostech uživatele**

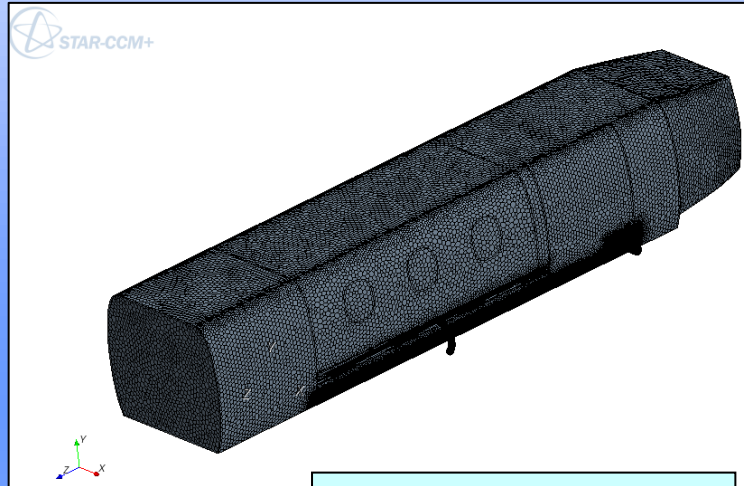


Program většinou vždy vypočte „nějaké“ výsledky

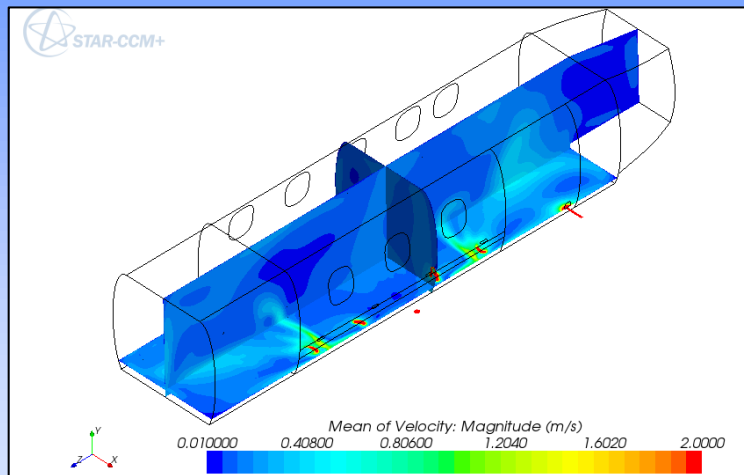


Validace výsledků CFD simulace?

▪ Maketa kabiny



Geometrie makety



Příklad rychlostního pole

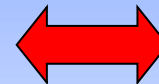
CFD simulace vs. experimentální měření



Jak postupovat a co má přecházet čemu?



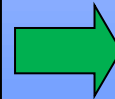
Maketa kabiny



- Postup validace - metodika



Maketa kabiny – exp. měření



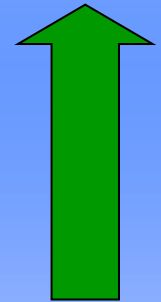
Výsledky měření



Porovnání výsledků Validace



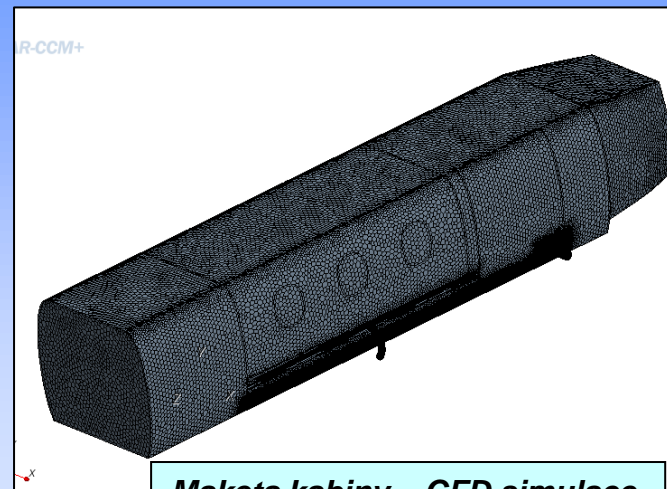
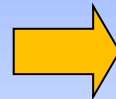
Kalibrovaný CFD model



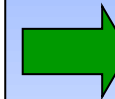
Výsledky simulace



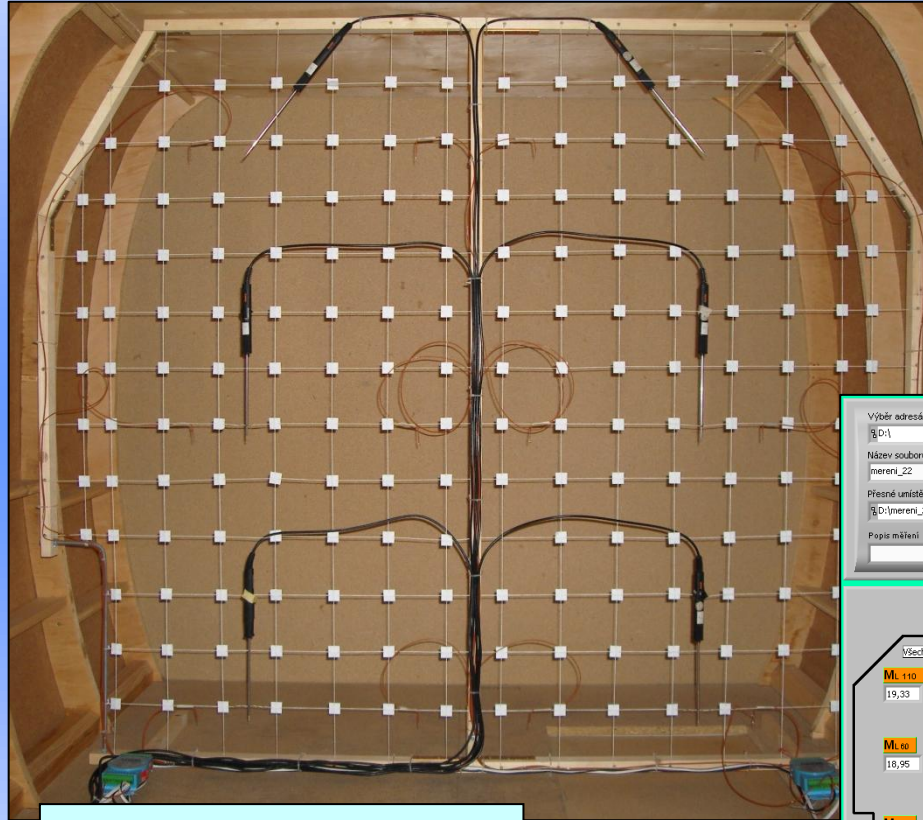
Okrajové podmínky



Maketa kabiny – CFD simulace

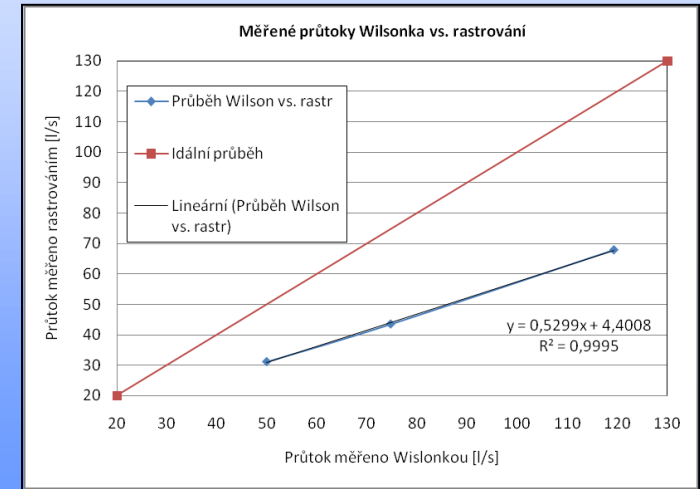


■ Vybavení pro měření



Měřicí síť s čidly maketě

- CTA sonda – 6x
- Termočlánky síť – 12x
- Termočlánky vzduchovody – 10x



SACM - Small Aircraft Cabin Mock-UP

Výběr adresy pro ukládání dat:

Název souboru:

Přesné umístění dat:

Popis měření:

Komunikační port:

Interval odčítání: s

Počet měření:

Nastavená doba:

Ukládat

Aktuální čas:

Zbývající čas:

Stav ukládání: ●

IRVIME 2

M _s 110: 19,33	M _s 110: 18,97	M _s 110: 18,91	M _s 110: 19,01
M _s 60: 18,95	M _s 60: 18,67	M _s 60: 18,53	M _s 60: 18,32
M _s 10: 19,03	M _s 10: 19,41	M _s 10: 19,11	M _s 10: 18,05

Adam OC: 18,94 18,67 19,44 19,33 18,95 19,86

Adam OD: 18,94 18,53 19,08 19,04 18,29 18,08

Maketa

t ₁₁ : 25,14 °C	t ₁₂ : 26,19 °C
t ₂₁ : 27,52 °C	t ₂₂ : 28,55 °C
t ₃₁ : 27,81 °C	t ₃₂ : 29,41 °C
t ₄₁ : 25,10 °C	t ₄₂ : 27,75 °C
t ₅₁ : 26,68 °C	t ₅₂ : 26,68 °C

Adam OA: 26,22 28,59 29,47 27,75 26,71

Adam OB: 26,68

Wilson

p₀₁: 210 Pa

p₀₂: 0,6 Pa

t₀₁: 17,20 °C

0,70 m/s

253,0 m³/h

70,3 l/s

t₁: 15,33 °C p₁: 98,0 hPa

t₂: 54,81 °C p₂: 16,80 hPa

Ovládání makety a záznam dat

▪ Měřené modelové případy



Měřené řezy v maketě

Měření v každém řezu 300s a celkem postupně
3x opakováno

Modelové případy pro experiment

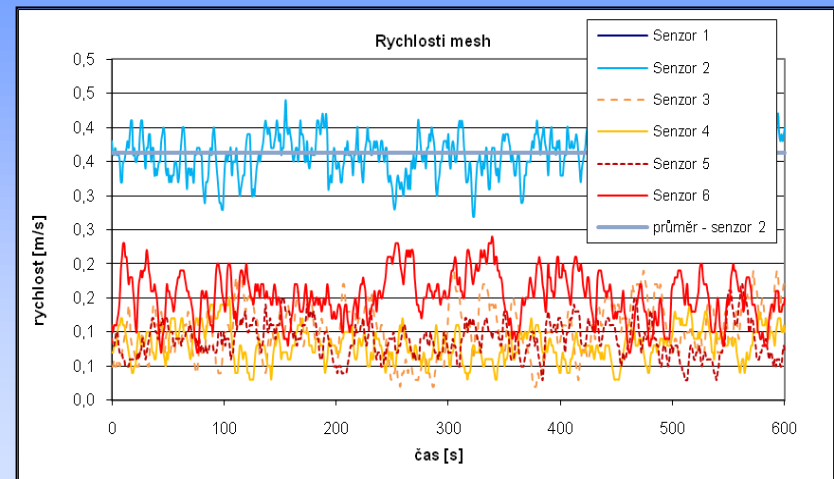
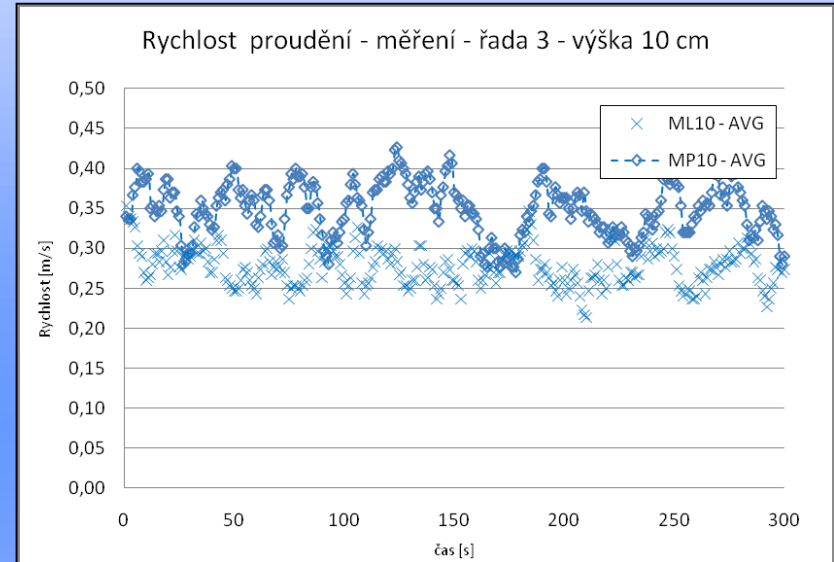
- Případ A → 50 l/s
- Případ B → 70 l/s
- Případ C → 120 l/s

Neizotermní proud do cca 2 K

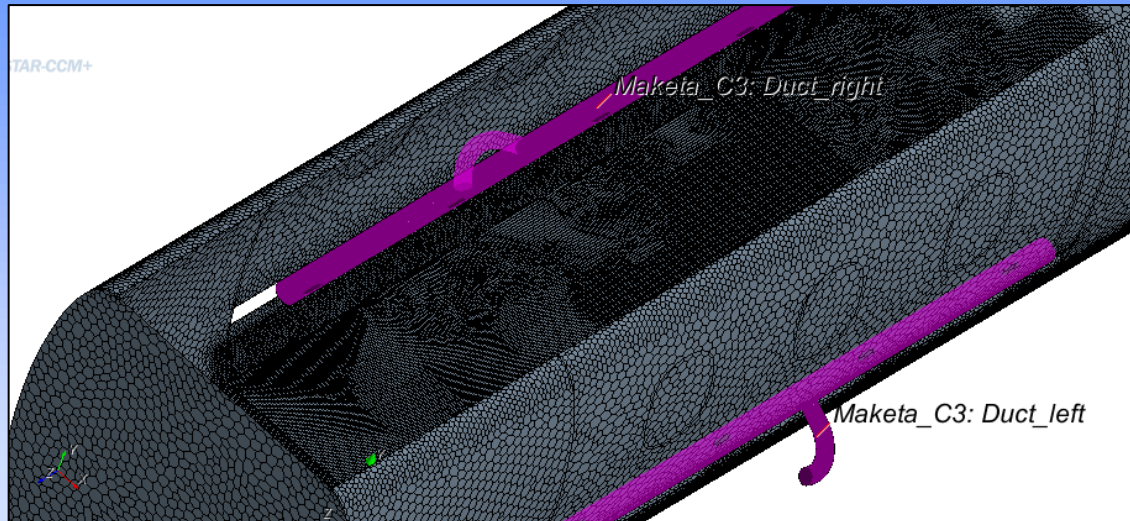
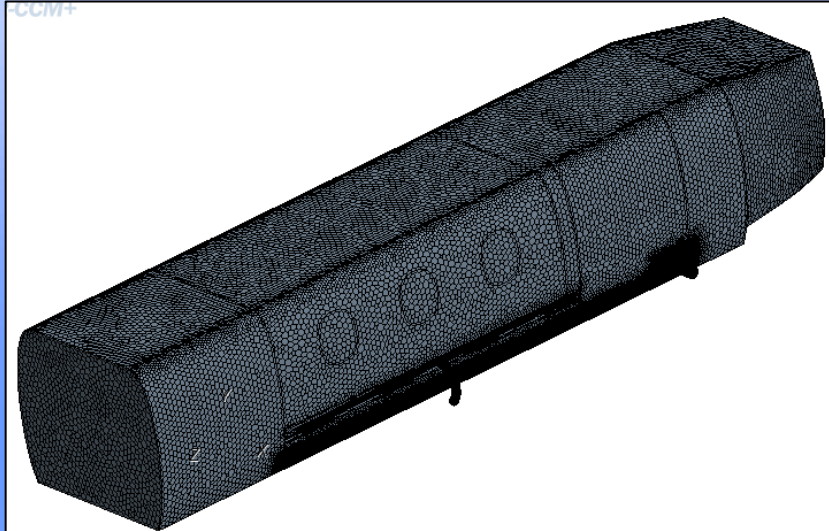
■ Výsledky z měření

	CASE	A (50l)	B (70l)	C (120l)
NÁZEV VELIČINY	jednotka	non FAR	non FAR	FAR
Okolní parametry				
barometrický tlak	[Pa]	97 664	97 742	97 910
teplota v laboratoři	[°C]	22,7	22,81	22,52
	[K]	295,8	296,0	295,7
relativní vlhkost	[%]	60,2	71,0	64,2
ref. hustota	[kg/m ³]	1,150	1,150	1,153
Vstupy (inlety)				
celkový průtok	[l/s]	31,2	44,5	66,5
celkový hmot. Průtok	[kg/s]	0,036	0,051	0,076
teplota levý - průměr	[°C]	23,3	23,8	24,1
	[K]	296,4	297,0	297,3
teplota pravý průměr	[°C]	23,1	23,7	24,1
	[K]	296,2	296,9	297,3
průtok levý	[l/s]	17,4	24,9	37,3
rychlost levý	[m/s]	4,54	6,48	9,69
průtok pravý	[l/s]	13,7	19,6	29,3
rychlost pravý	[m/s]	3,56	5,09	7,61

OP pro CFD simulaci



CFD model



Množství přiváděného vzduchu

$$V_{in} = \text{dle případu } dm^3/s$$

Teplota přiváděného vzduchu

$$t_{in} = \text{dle případu } ^\circ C$$

Teplota okolí

$$t_{out} = \text{dle případu } ^\circ C$$

Model turbulence:

k – ω SST s ošetřením přístěnné oblasti na základě velikosti y^+

Počet buněk:

Polyhedrální buňky

4,5 milionu

Typ simulace:

Transient

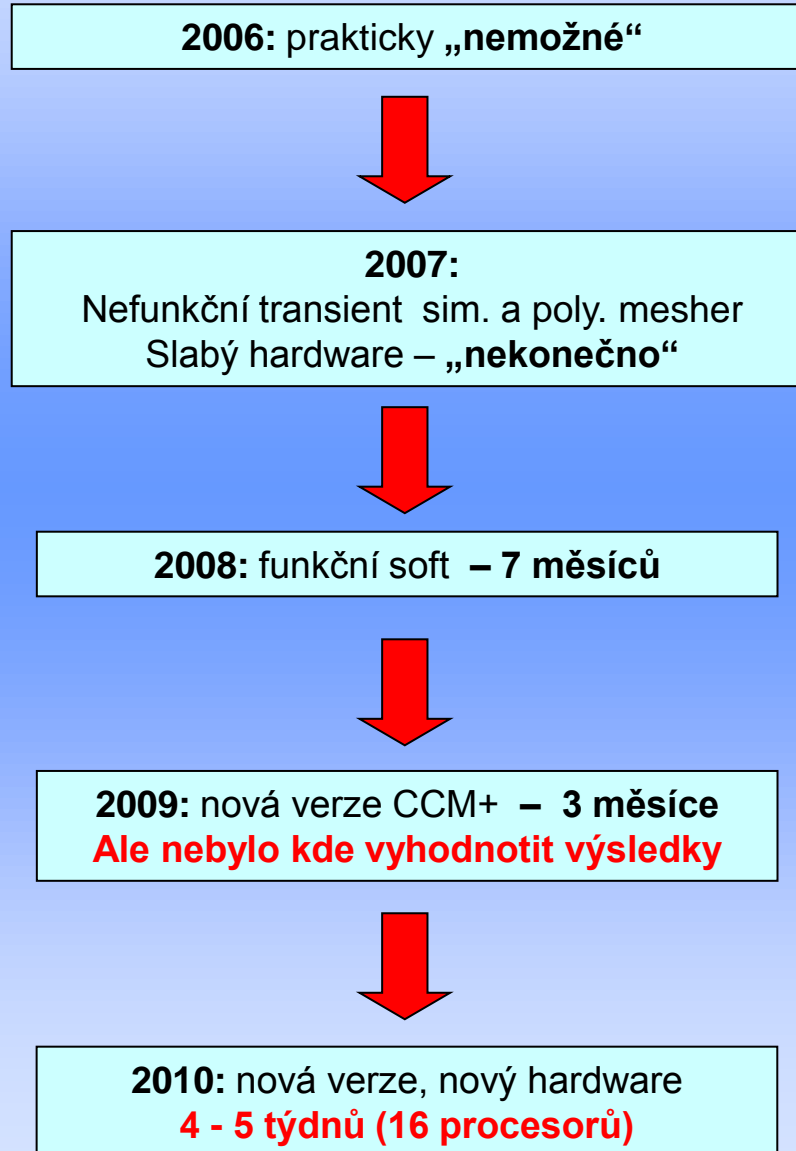
Délka simulace

300 s (krok 0,005 s)

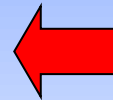
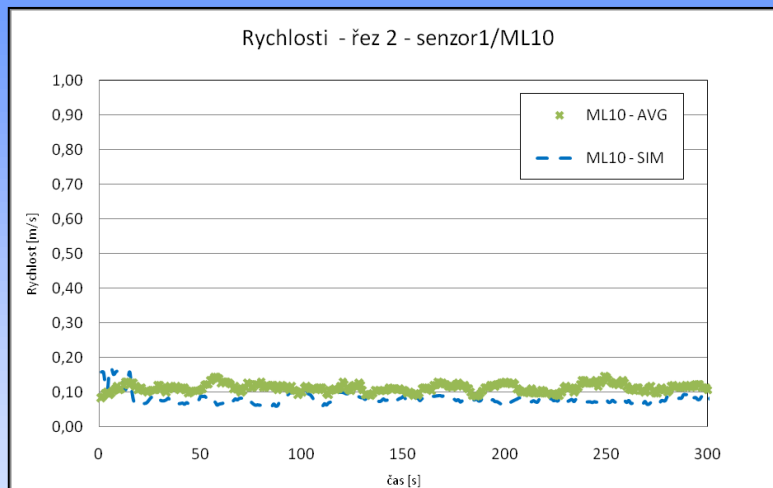
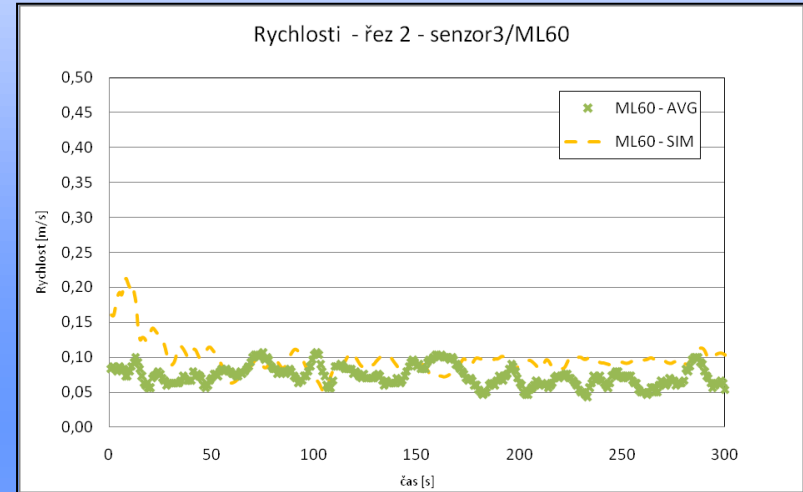
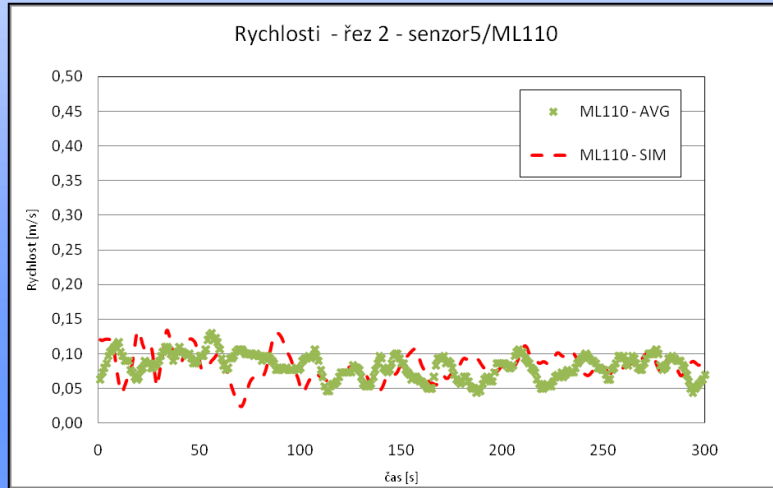
Záznam dat

Na 247 monitor. bodech

- Délka výpočtu



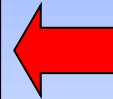
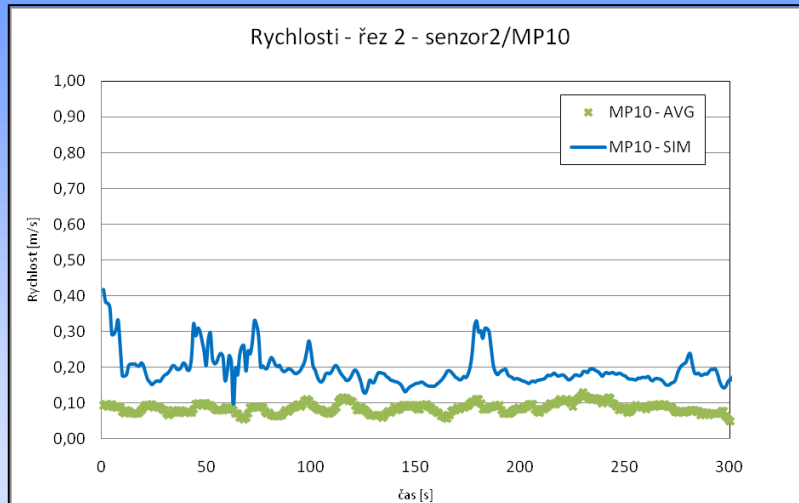
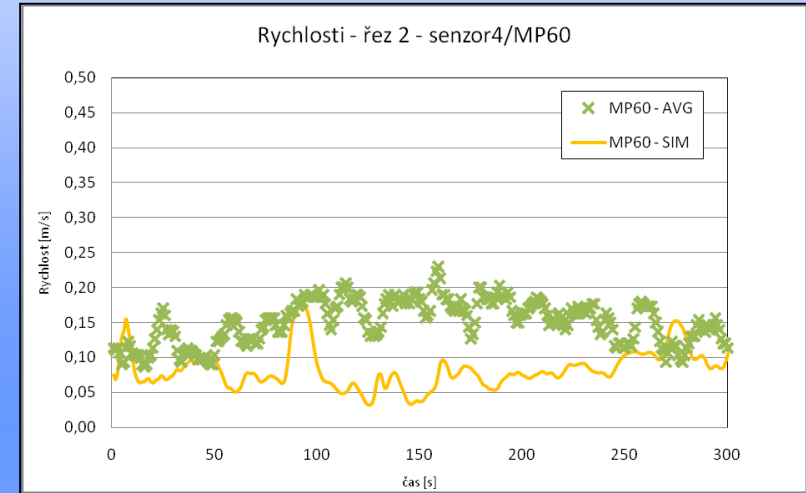
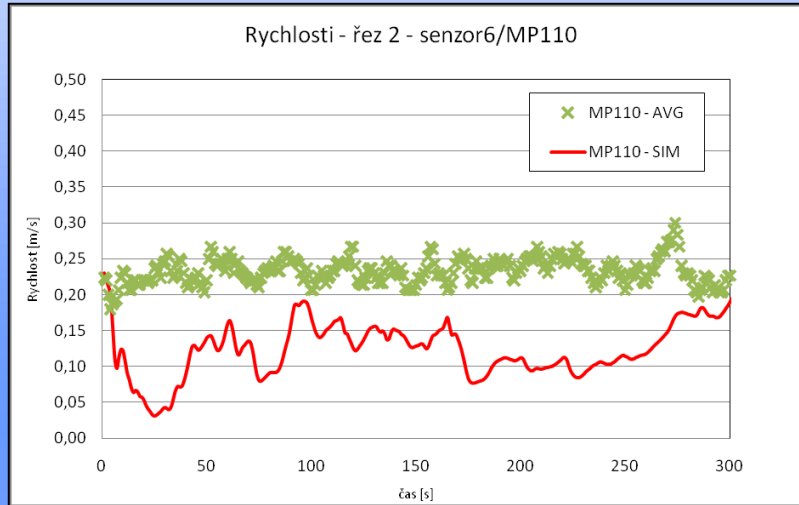
- Případ C – 120 l/s – řez řada 2 – levá strana – výška 10, 60, 110 cm



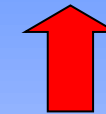
**Shoda na levé straně kabiny
OK**



- Případ C – 120 l/s – řez řada 2 – pravá strana – výška 10, 60, 110 cm

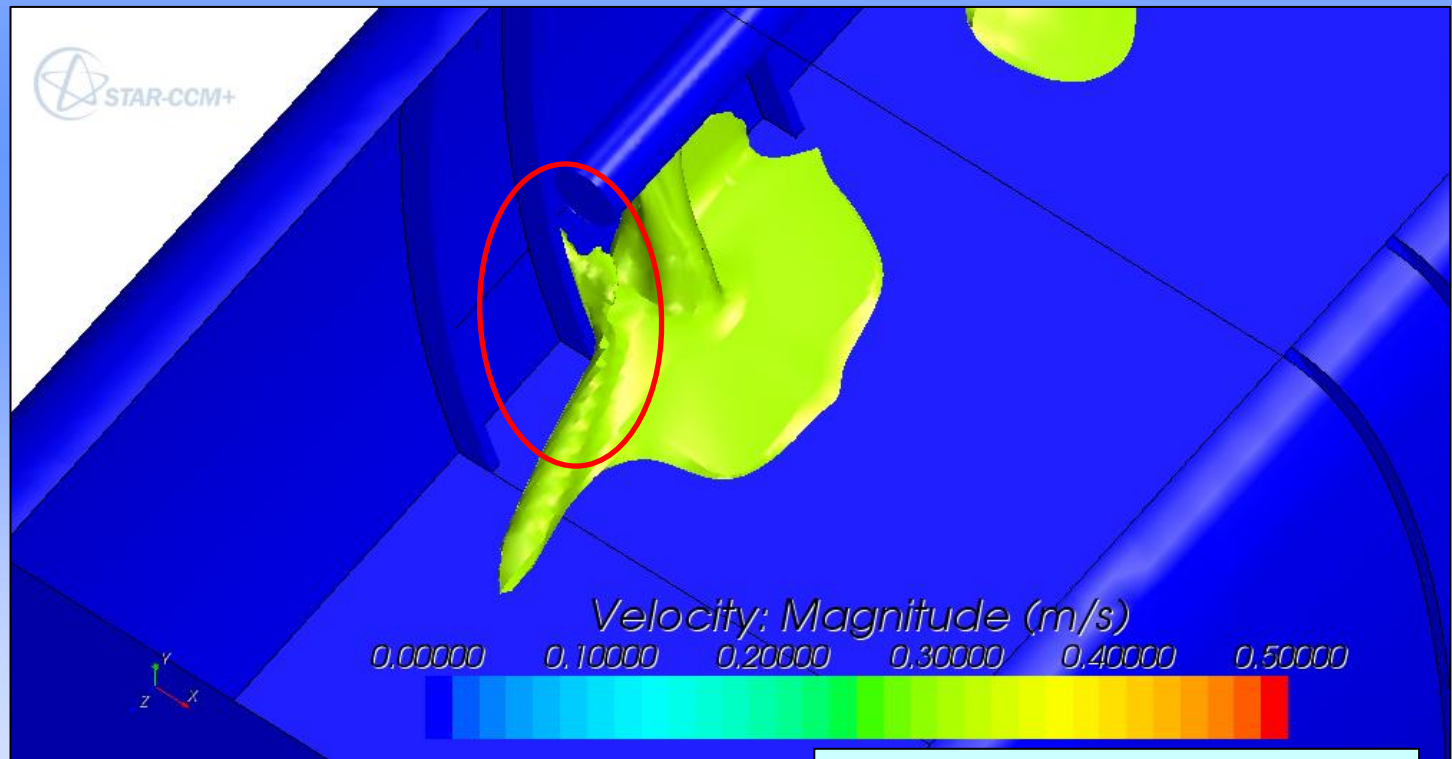


**Shoda na pravé straně kabiny
K.O.**



▪ Proč to někde sedí a někde neseďí?

- Nutná přesnější geometrie vzduchovodů – byly v modelu upraveny
- Zahrnutí žeber do geometrie modelu

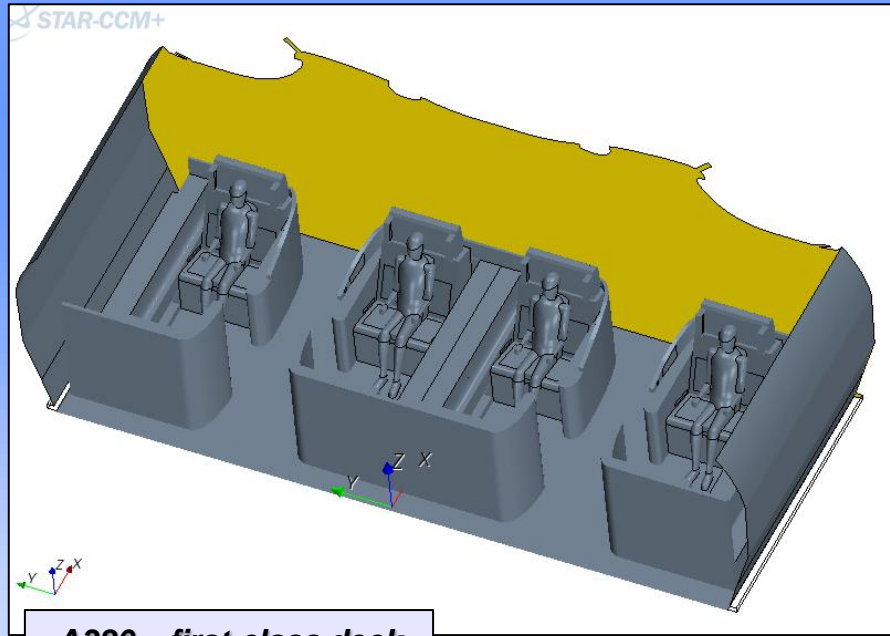


Vliv modelování žeber v maketě

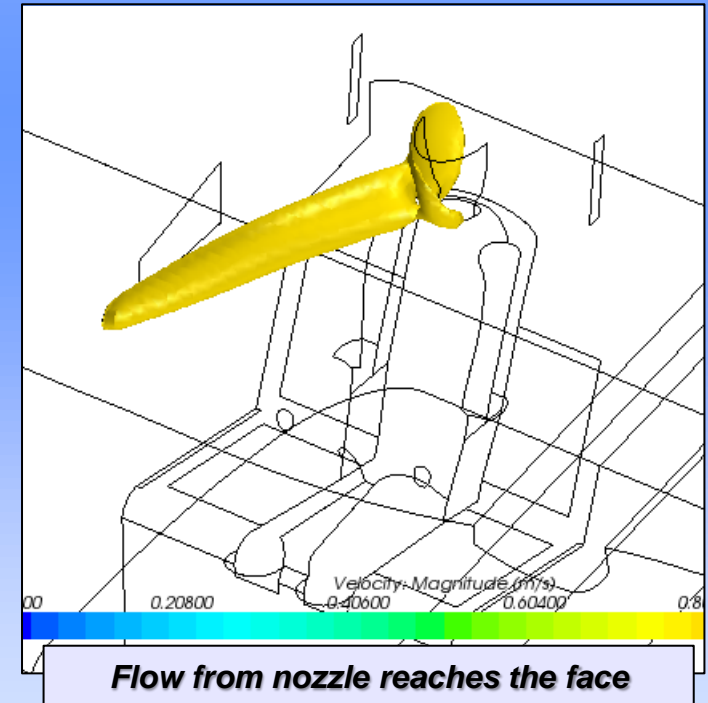
- Porovnání měření a modelování nestacionárních dějů vnitřního prostředí je velice/extrémně náročná problematika na
 - Čas
 - Vybavení
 - Zkušenosti (know-how)
 - Provedení simulace a měření
- CFD model je opravdu nezbytné kalibrovat!!!
- **U CFD simulace je zcela nezbytné postihnout všechny detaily interiéru, které jsou zásadní pro proudění vzduchu**
- Výsledky a know-how získané při řešení výzkumného úkolu A6 jsou dále využívány např. pro výuku studentů a pro další navazující projekty

Konec prezentace

Děkuji za pozornost



A380 – first-class deck



Flow from nozzle reaches the face