

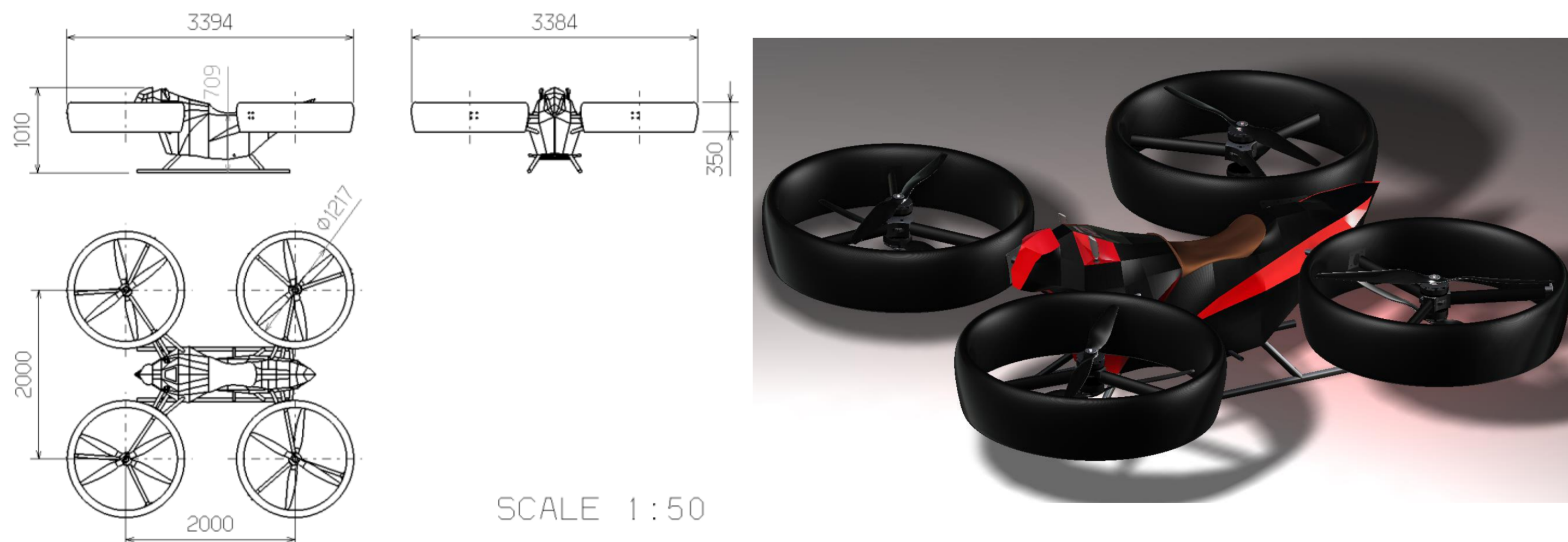
Návrh pilotovaného prostředku pro Urban Air Mobility

Marek Polčák
Letecký Ústav



Koncepční návrh multikoptéry

- X-konfigurace multikoptéry (2x2 m) → lepší přístup k sedlu
- Rotory ve střední vertikální poloze nad těžištěm → zajištění stability
- „Hybridní konstrukce“ – kombinace duralového rámu a prvků z uhlíkového kompozitu
- Krytování z uhlíkového kompozitu
- Samonosné kompozitní prstence – bezpečnostní a aerodynamický prvek (přídavný tah)
- MTOW = 320 kg

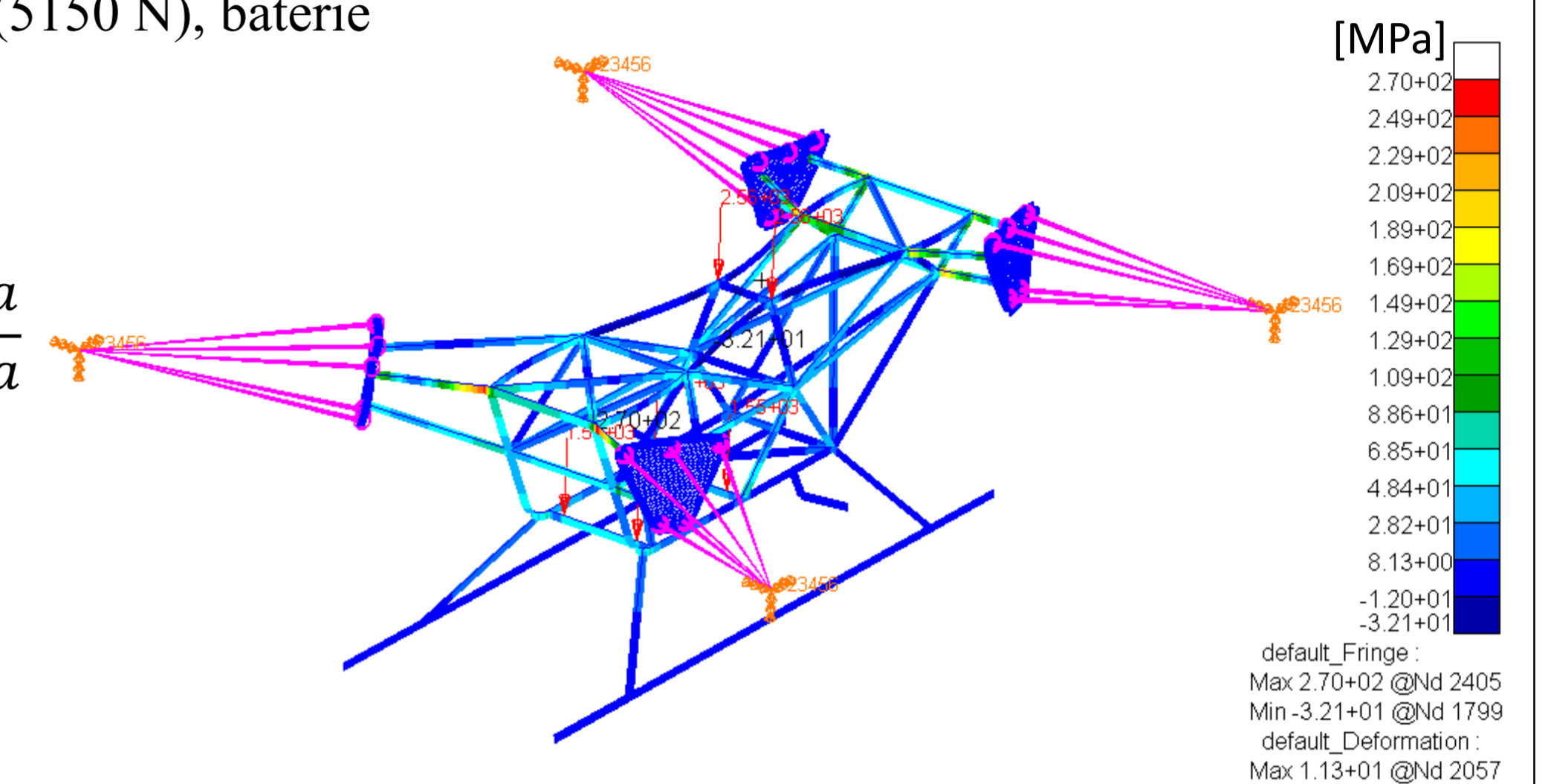


Pevnostní analýza konstrukce pomocí MKP

- Statické zatížení ve visu multikoptéry
- $n = 3.5; SF = 1.5$
- Využití FEA software MSC Patran a MSC Nastran
- Prstence nahrazeny MPC prvky
- Zatížení rámu: tíha pilota (5150 N), baterie (5407 N) a rámu

$$RF = \frac{R_m}{\sigma_{Max}} = \frac{450 \text{ Mpa}}{242 \text{ MPa}}$$

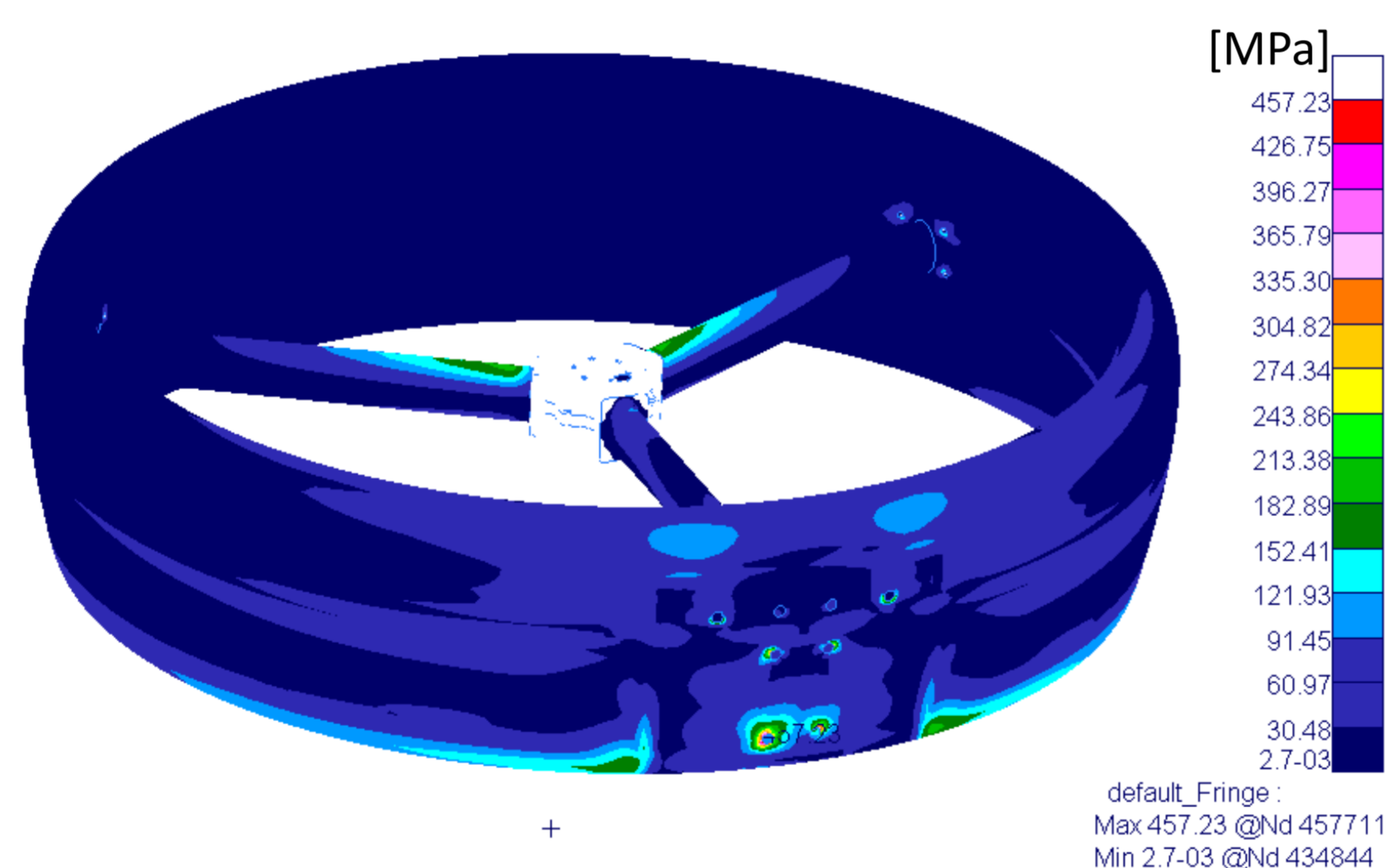
$$RF = 1.86 > 1$$



Pevnostní analýza konstrukce pomocí MKP

- Sestava uhlíkového kompozitu a duralových přírub a výztuh
- Zatížení části konstrukce s kompozitním prstencem
- $n = 3.5; SF = 2.25$
- Zatížení tahem (3568 N) a kroutícím momentem vrtulí (192 Nm)
- Uvažován manévř přechodu z visu do dopředného letu – zahrnuto zatížení gyroskopickým momentem (60.72 Nm)

- Kritické místo: levá spodní díra připojovací příruby k rámu
- Kritické místo = levá spodní díra u připojení k rámu
- Maximální index poruchy: (Tsai-Wu): **0.92** (18. vrstva 45°)

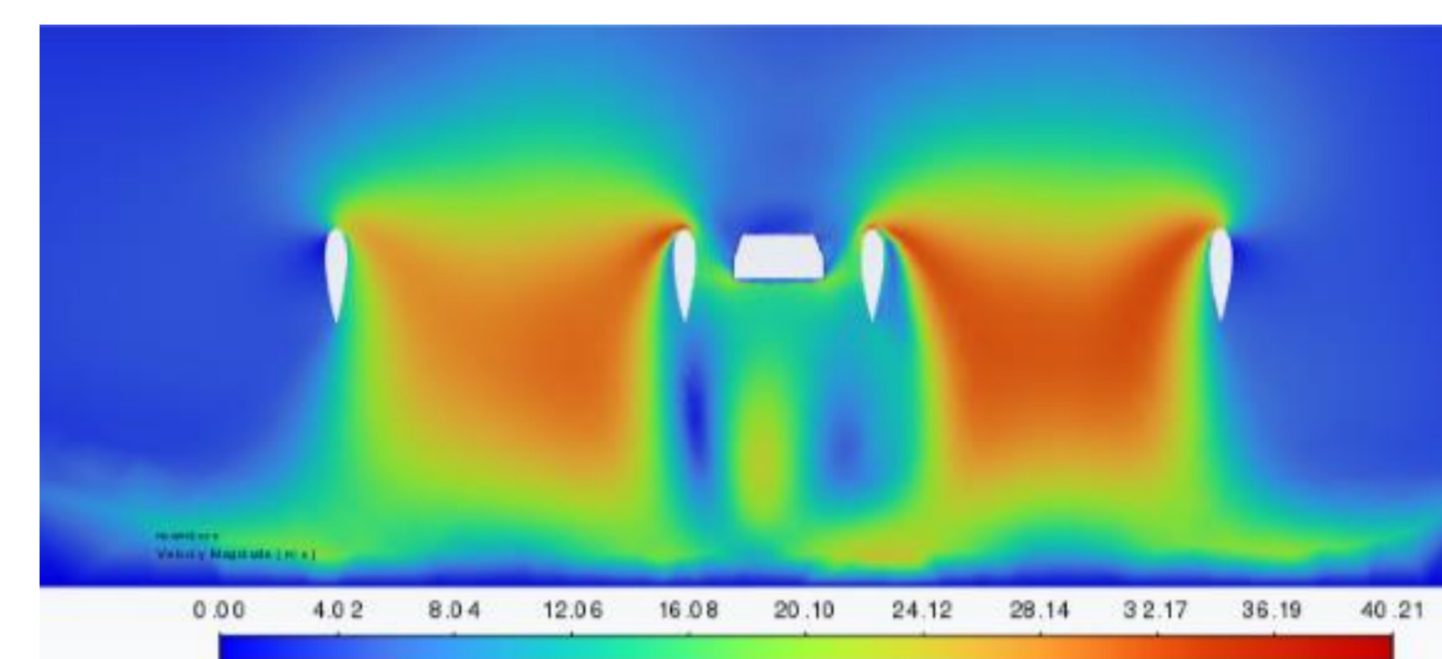


Obr. 12 – Maximální tahové napětí ve všech vrstvách

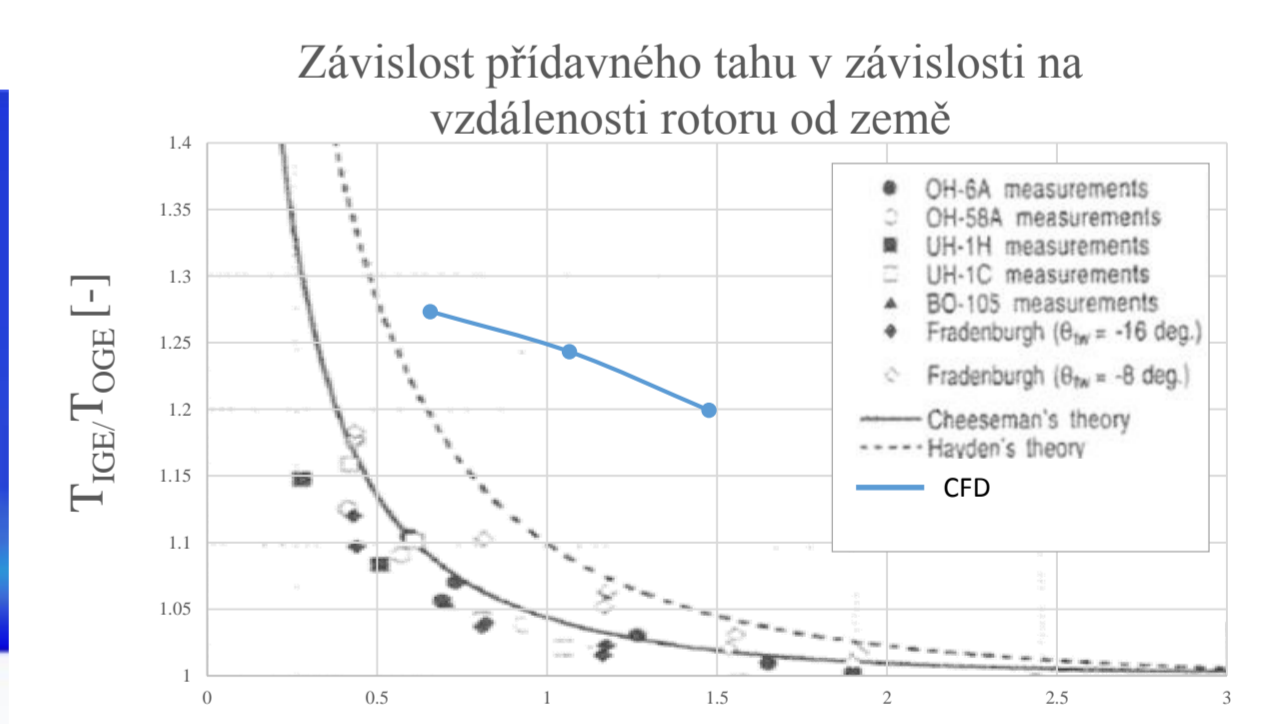
Analýza vlivu přízemního efektu

- Zkoumané vzdálenosti multikoptéry od země: 0 mm, 500 mm, 1000 mm
- **Doména:** Kvádr – 23.38x22.38x12.15m
- **Model turbulence:** Spalart-Allmaras
- **Síť:** Nestrukturovaná – tetrahedrální prvky / prismatické prvky u stěn prstenců (8 mil. prvků)
- **Okrajové podmínky:** – Pressure outlet: boční a horní stěna domény

- Fan: model aktuátor disků, náhrada rotorů pomocí tlakového skoku 672.25 Pa
- No Slip Wall: spodní stěna domény a plochy modelu



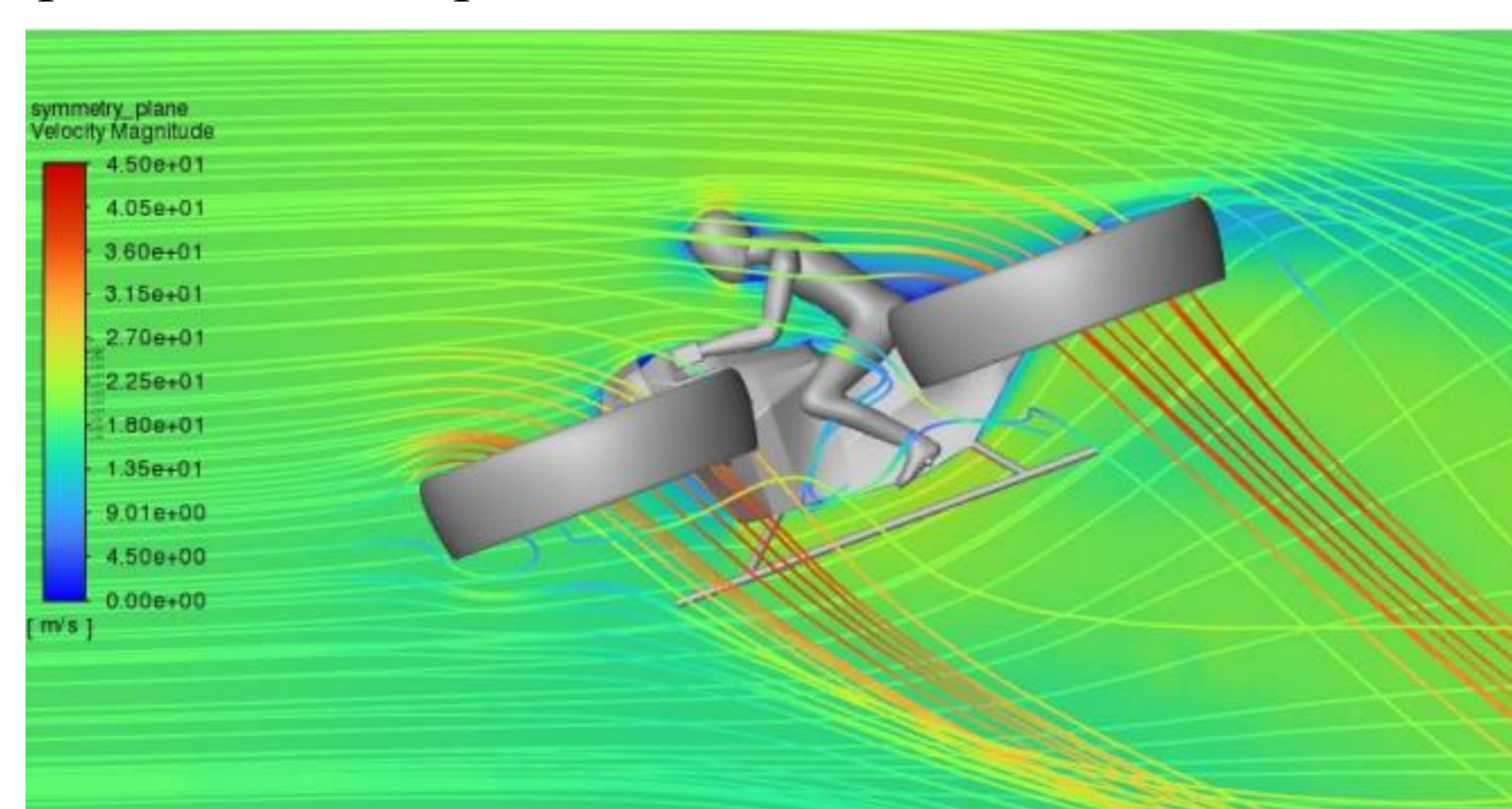
Obr. 12 – Rychlostní pole zadních prstenců (z=0.5 m)



Obr. 13 – Závislost vlivu vzdálenosti na přízemní efekt

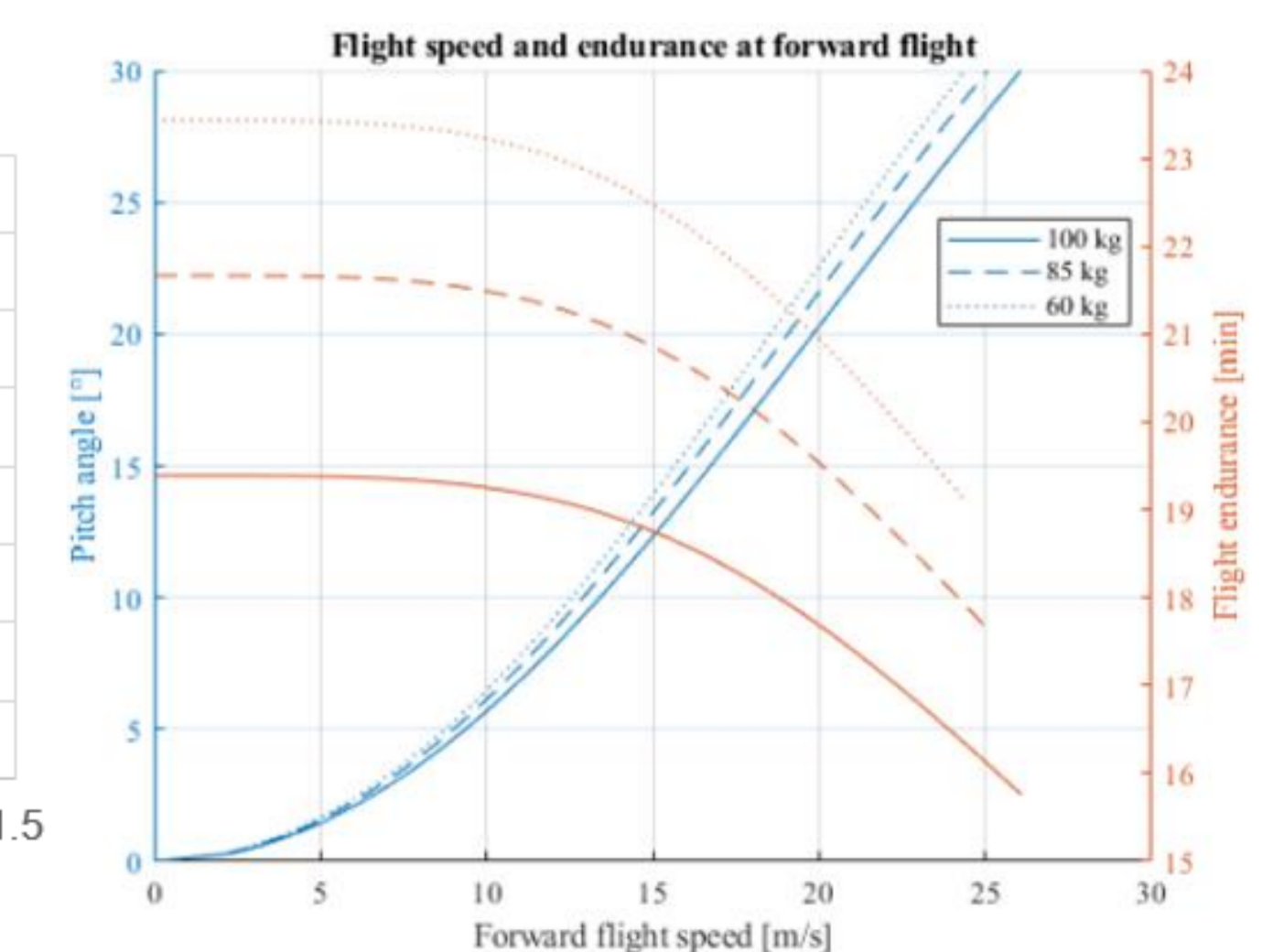
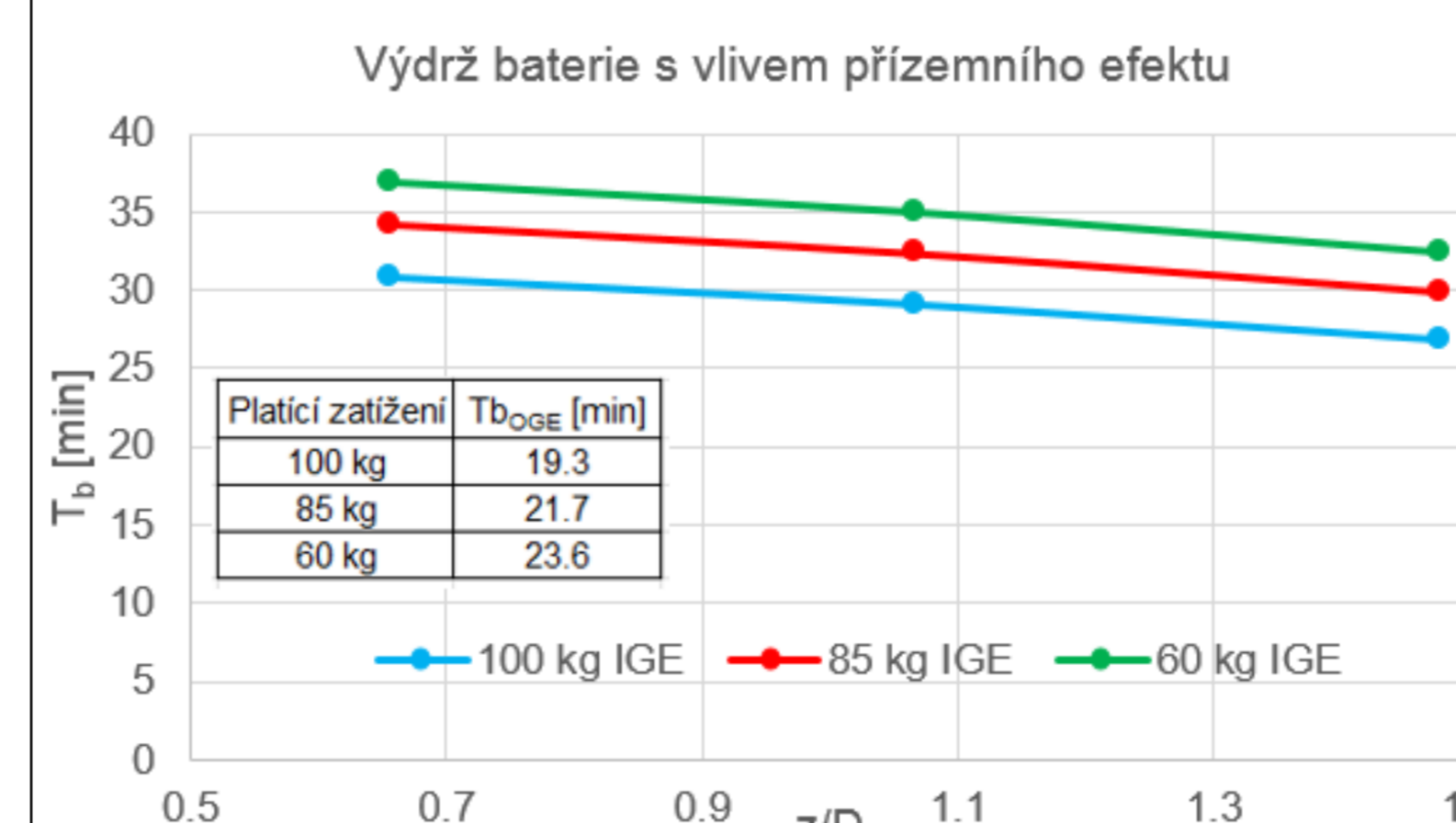
CFD analýza odporu při dopředném letu

- Součinitel odporu při různých úhlech náklonu: 10°, 20°, 30°
- Využití ANSYS Fluent jako v úloze přízemního efektu
- **Model turbulence** – Spalart-Allmaras
- **Doména:** 40x23.38x21.16 m
- **Počet prvků:** 14.8 mil. (prismatické vrstvy u všech stěn)
- Součinitel odporu vztažen na plochu rotorů



Úhel naklonění	D [N]	C _D [-]
10°	532.84	0.2967
20°	1145.69	0.2803
30°	1907.05	0.2570

Výpočet letových výkonů



- Stanovení výdrže multikoptéry ve visu s vlivem přízemního efektu a dopředném letu
- 3 hmotnostní konfigurace pilota
- Výpočet závislosti dopředné rychlosti multikoptéry na podélném naklonění

Konfigurace platícho zatížení	Ideální rychlost pro max. výdrž [km/h]	Výdrž letu [min]
100 kg	40	19.2
85 kg	38	21.4
60 kg	37	23.2

Konfigurace platícho zatížení	Maximální rychlost [km/h]	Maximální dolet [km]
100 kg	94	24.7
85 kg	90	26.5
60 kg	88	28.0