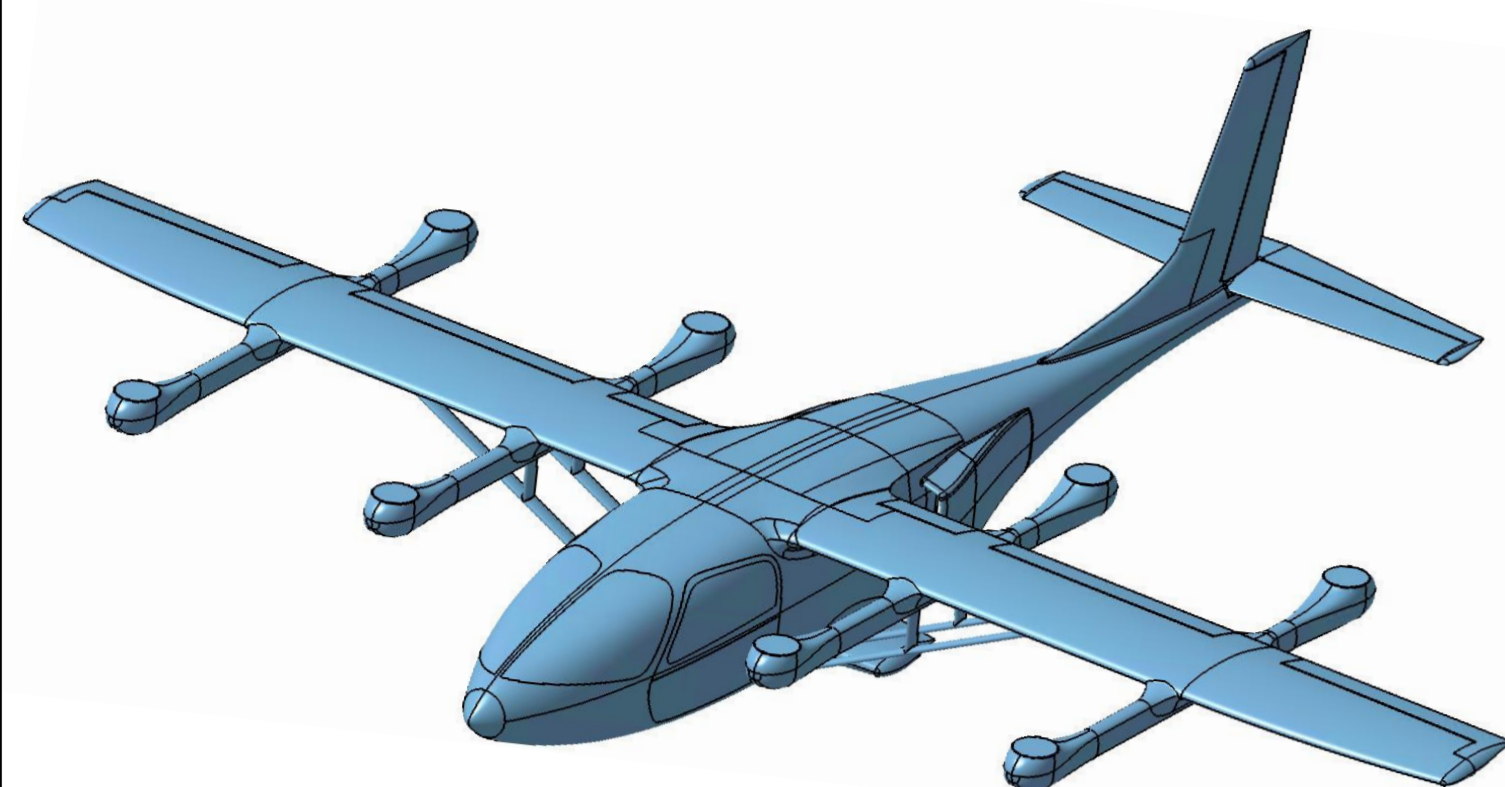


Návrh uchycení palivové nádrže na stlačený vodík ve VTOL letounu

Martin Aleksandar Zemánek
Letecký Ústav



Motivácia a ciele práce



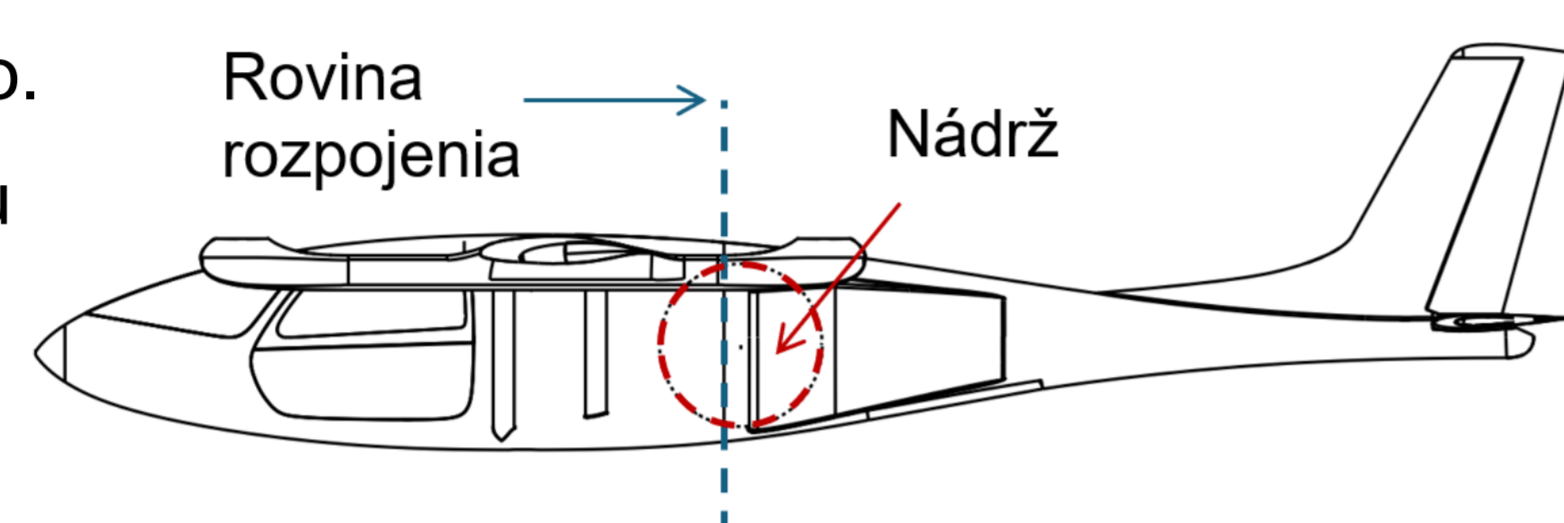
Obrázok 1 CAD model konceptu letúna H2 VTOL

Ciele práce:

- Vykonať rešerš požiadaviek na zástavbu nádrže podľa predpisov a údržby
- Navrhnuť konštrukciu uchycenia vodíkovej nádrže v letúni
- Navrhnuť modifikáciu trupu na zástavbu vodíkových technológií
- Vykonať pevnostnú kontrolu uchycenia nádrže

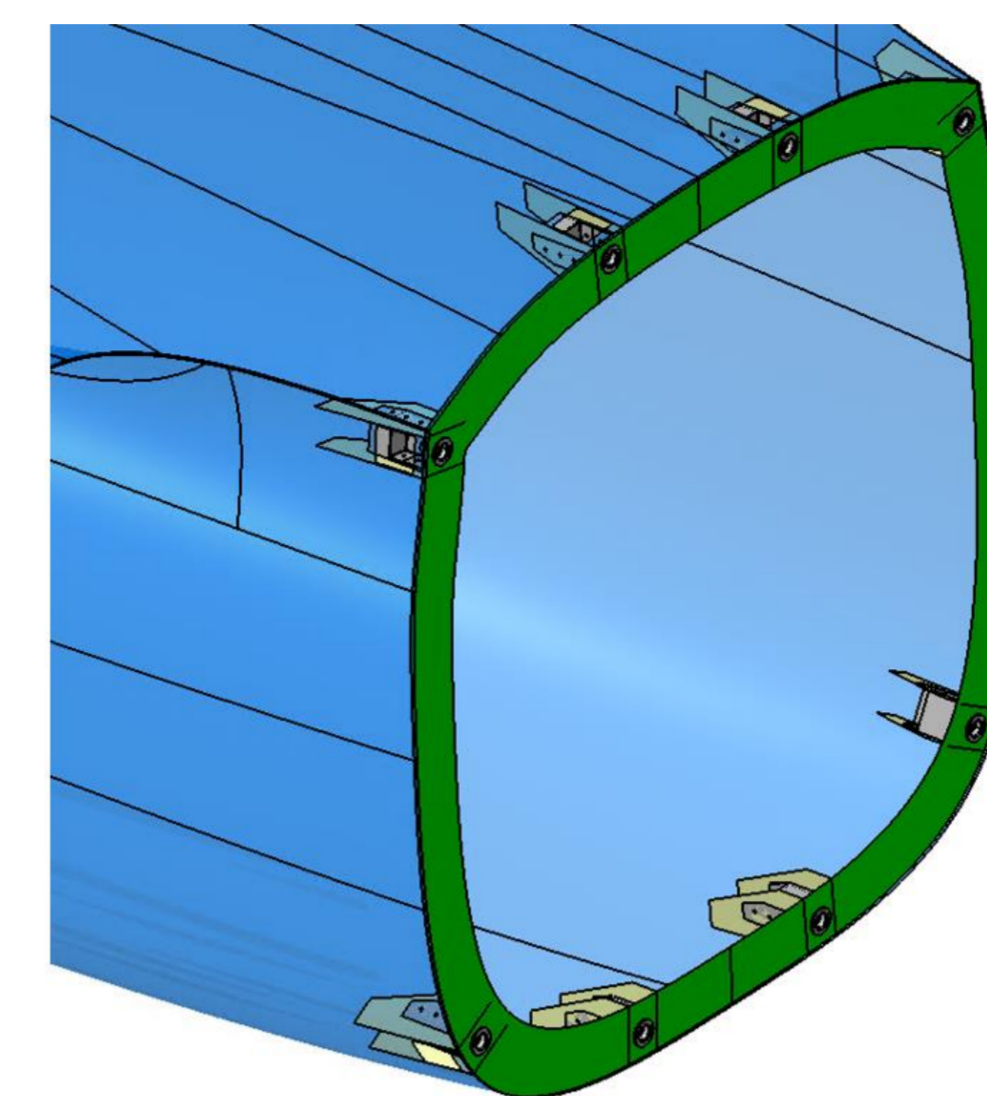
Projekt H2 VTOL:

- Projekt spoločnosti Tomark Proton s.r.o.
- Letún na vodíkový pohon s možnosťou vertikálneho vzletu a pristátia
- V súčasnosti v štádiu vývoja
- Kompozitná konštrukcia

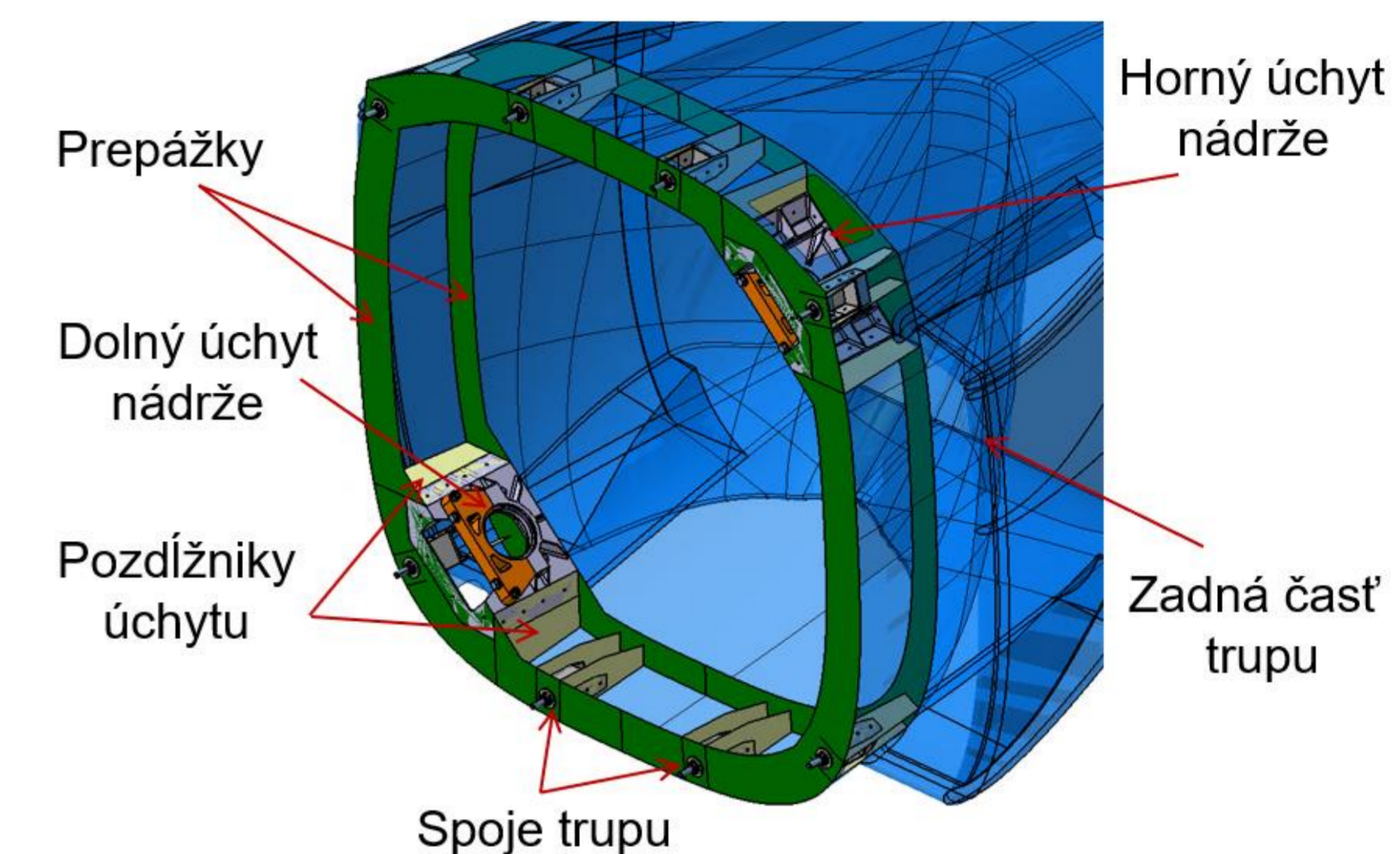


Obrázok 6 Poloha nádrže v letúni

Delenie trupu



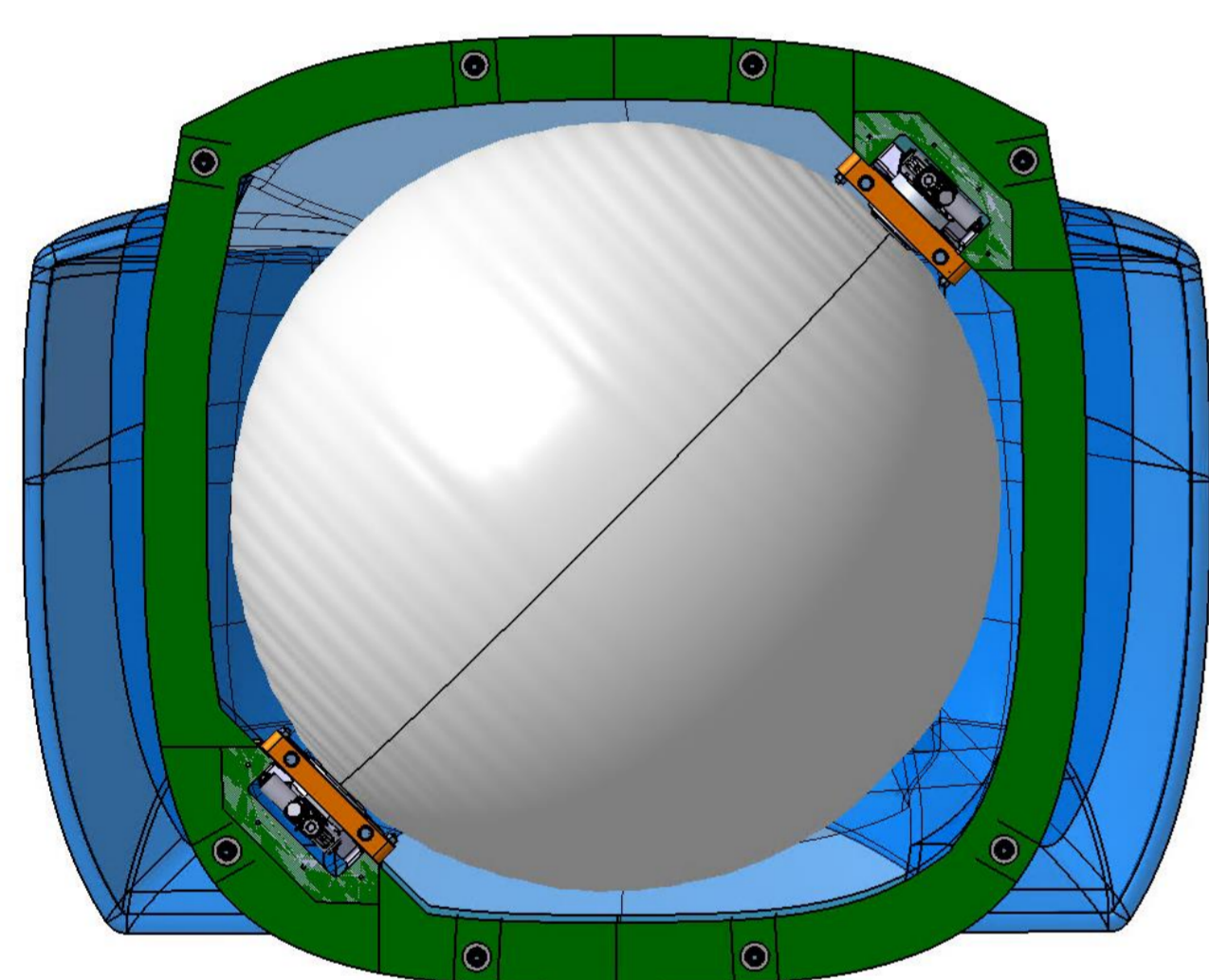
Obrázok 11 Predná časť trupu



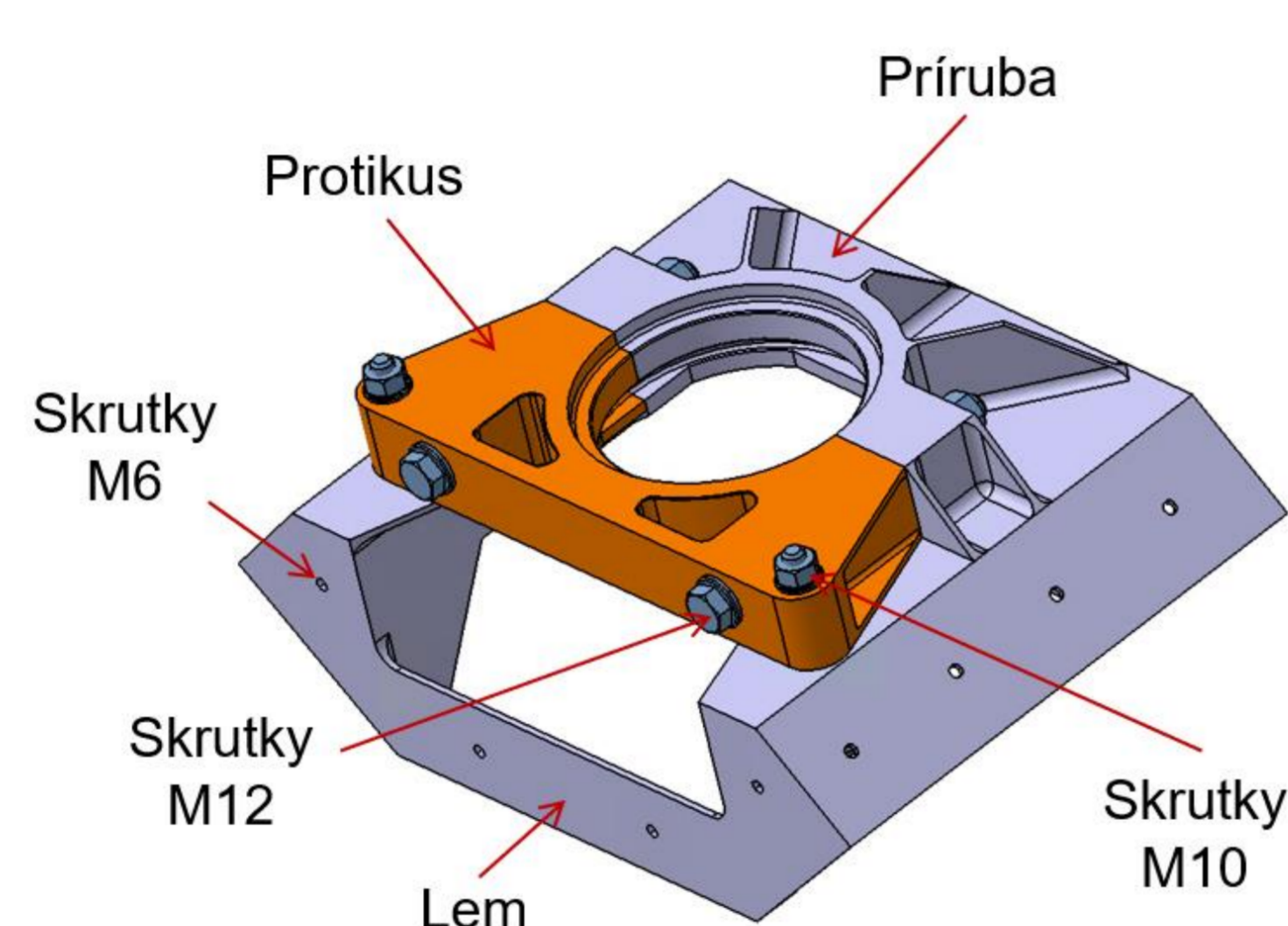
Obrázok 10 Zadná časť trupu

- Pre účely inštalácie nádrže je nutné, aby bol trup letúna rozoberateľný
- Rozpojenie častí trupu je zaistené pomocou ôsmich predpätých skrutiek po obvode prierezu trupu
- Sily zo spojov sú zavedené do trupu prostredníctvom kompozitových prepážok a pozdĺžnikov

Uchytenie nádrže v letúni



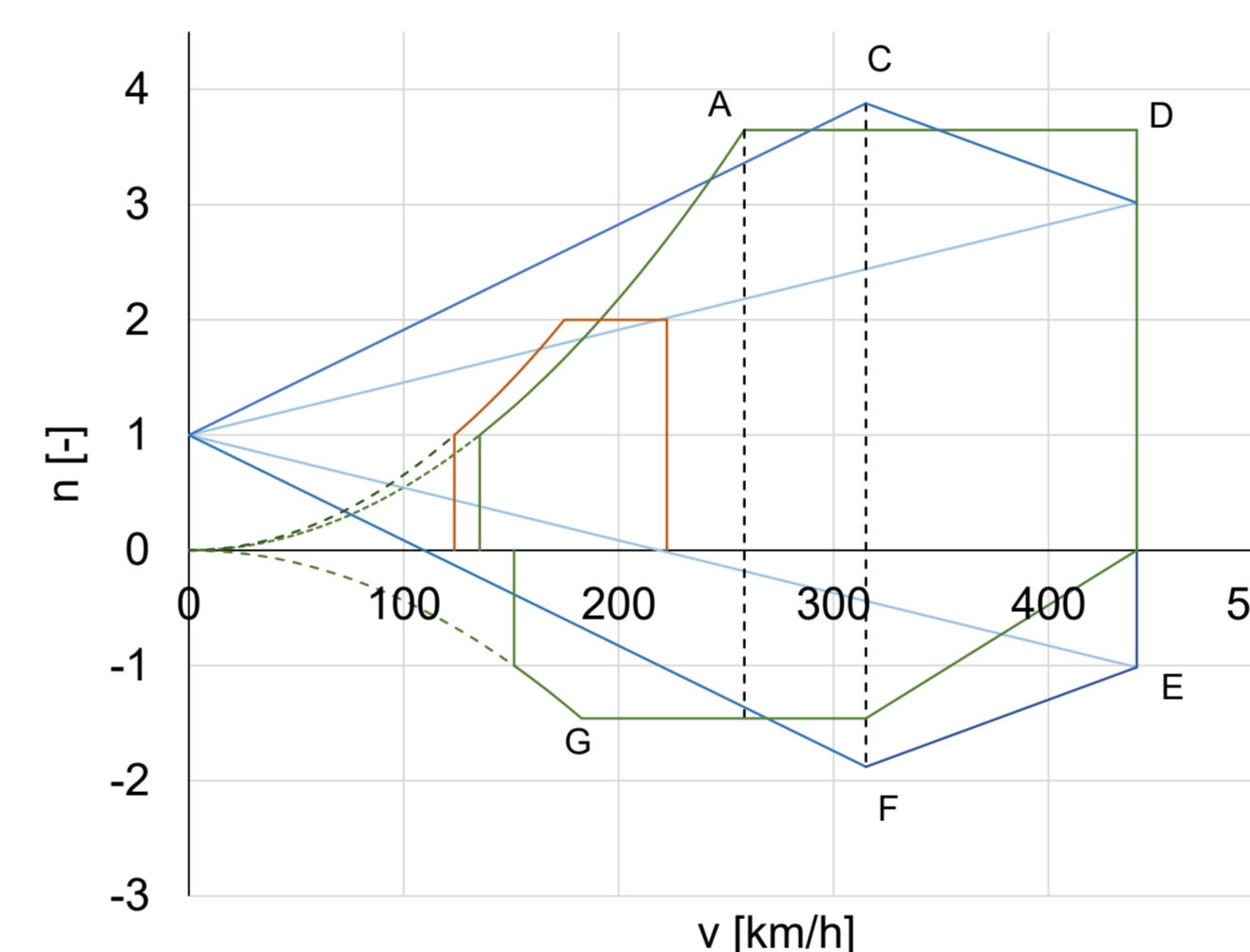
Obrázok 9 Zadná časť trupu s nádržou na vodík



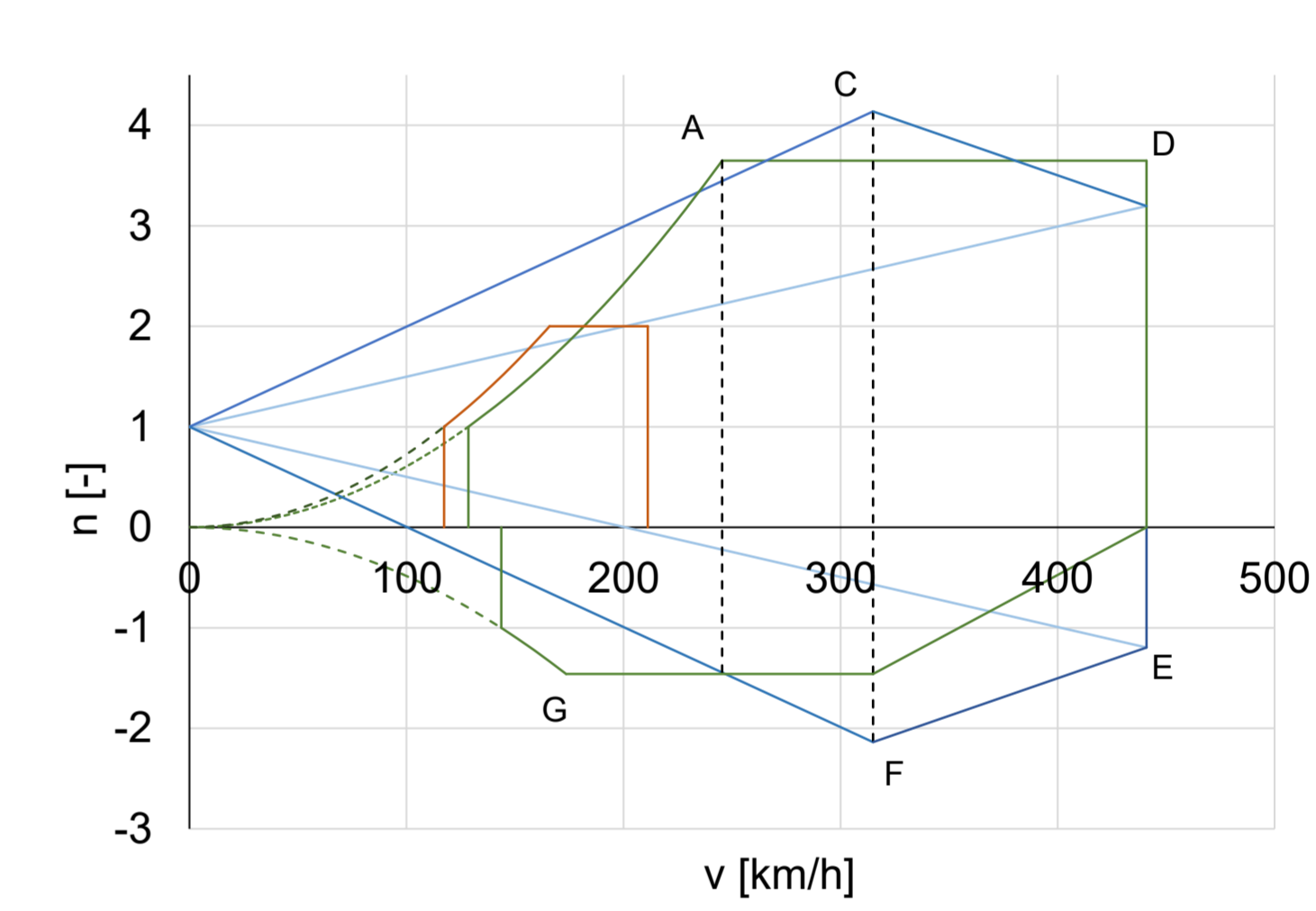
Obrázok 14 Detail dolného úchytu nádrže

- Nádrž je spojená so zadnou časťou trupu prostredníctvom dvoch úchytov okolo hrdiel nádrže
- Dolný úchyt prenáša ak priečne, tak pozdĺžne sily a zabráňuje rotácii nádrže
- Horný úchyt prenáša priečne sily a umožňuje rozpínanie nádrže

Výpočet zaťaženia



Obrázok 18 Obálka zaťaženia pre mTOW, 0m ISA



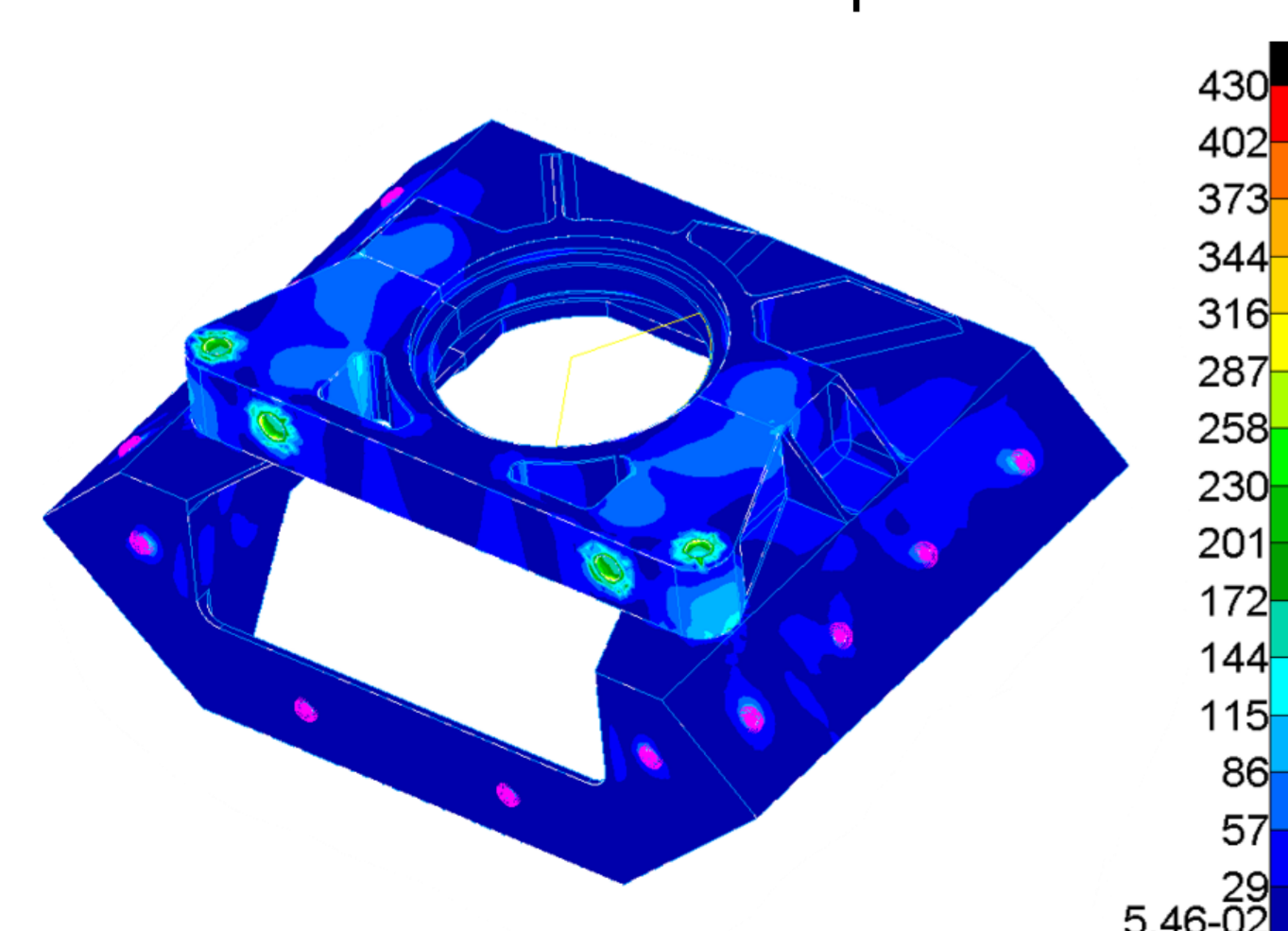
Obrázok 19 Obálka zaťaženia pre mMIN, 0m ISA

- Zaťaženie stanovené podľa predpisov CS 23 a CS 27 – letové a núdzové prípady
- Vypočítané vyvažovacie, manévrové a poryvové zaťaženia na chvostových plochách
- Z najkritickejších prípadov zaťaženia boli vypočítané sily namáhajúce spoje trupu a úchyty nádrže

Pevnostná kontrola uchycenia nádrže pomocou MKP

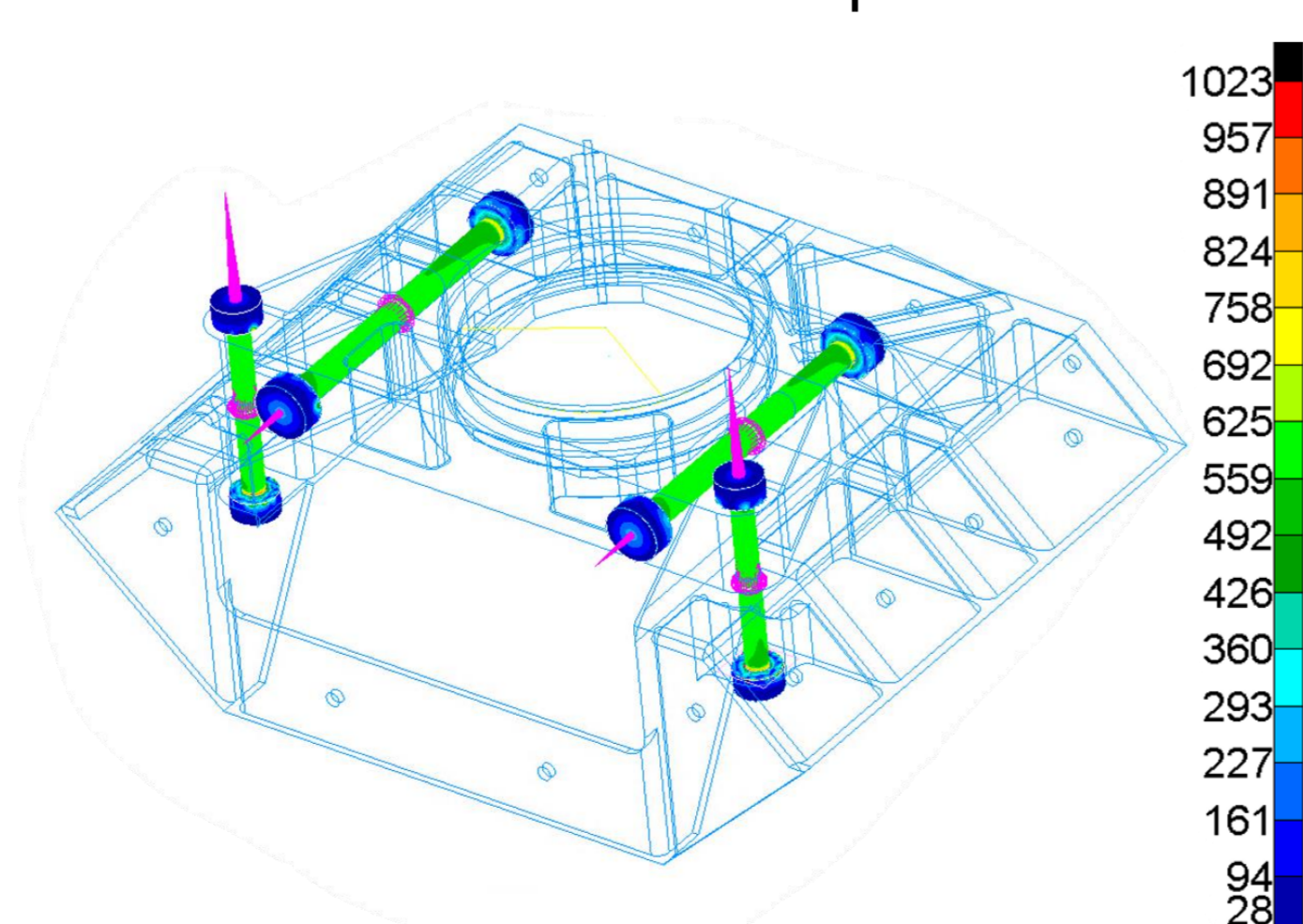


Uvažované maximálne napätie **270 MPa**



Obrázok 44 Napätie v prírube a protikuse [MPa]

Uvažované maximálne napätie **779 MPa**



Obrázok 49 Napätia v predpätých skrutkách [MPa]

- Uchytenie nádrže bolo pevnostne kontrolované nelineárnou numerickou analýzou pomocou programov MSC. Patran a MSC. Nastran
- Z celkovo 32 výpočtových a 20 prevádzkových prípadov boli pevnostne kontrolované 3 najkritickejšie prípady

Záver a vyhodnotenie výsledkov



Tabuľka 1 Výsledné súčinitele bezpečnosti pre najkritickejšie prípady zaťaženia

	Prípud 1 (UL)		Prípud 2 (UL)		Prípud 3 (LL)	
	Napätie [MPa]	RF [-]	Napätie [MPa]	RF [-]	Napätie [MPa]	RF [-]
Príruba	175	2.63	270	1.70	135	2.41
Protikus	175	2.63	170	2.71	143	2.27
Skrutky M10	749	1.39	772	1.35	767	1.23
Skrutky M12	779	1.34	737	1.41	736	1.28

- Bola navrhnutá konštrukcia uchycenia nádrže a rozpojenia trupu
- Na základe predpisov boli vypočítané zaťaženia spojov trupu a úchytov nádrže
- Spoj trupu boli analyticky pevnostne kontrolované
- Úchyty nádrže boli pevnostne analyzované pomocou MKP
- Navrhnuté riešenie spĺňa požiadavky a slúži ako základ pre ďalšiu optimalizáciu