Konstrukční a technologická kritéria návrhu kompozitních nosníků, aplikace

Ing. Robin Poul, Ph.D.
Compo Tech PLUS, spol. s r.o.

Přehled témat

- nosník
- obecné požadavky na kompozitní nosníky
- zavádění sil do nosníku (izolované síly, síly působící do stěny nosníku)
- vnitřní struktura nosníku (žebra, 3D tisk)
- modelování a analýzy nosníků (analytické výpočty, MKP)

Nosník

- část konstrukce sloužící k přenosu sil a momentů
- zaměříme se na nosníky použité v strojírenství a automatizaci
- zatížení globální „nosníkové“ (tah-tlak, ohyb, krut)
- zatížení lokální (zavádění sil do stěn a konců nosníků)

Nosník

- kompozitní nosníky různých průřezů vyráběné technologií vláknového navíjení

Obecné požadavky na kompozitní nosníky

- nízká hmotnost – zejména u dynamických aplikací kompozity nahrazují konvenční materiály

- v mnoha případech co nejlepší využití prostoru -> maximalizace rozměrů a momentů setrvačnosti

- dostatečná tuhost stěny nebo vnitřní struktury pro lokální zatížení – řešena sendvičovou strukturou, žebrováním, zesílenou stěnou

Obecné požadavky na kompozitní nosníky

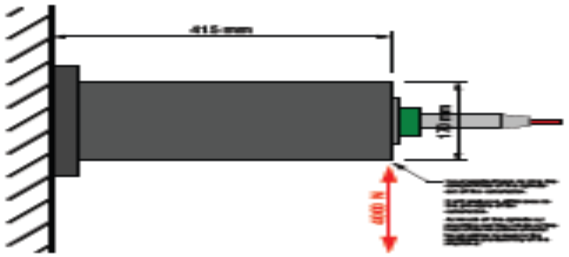
- vyšší statická tuhost (aplikace, kde převažuje ohybová deformace nad smykovou)

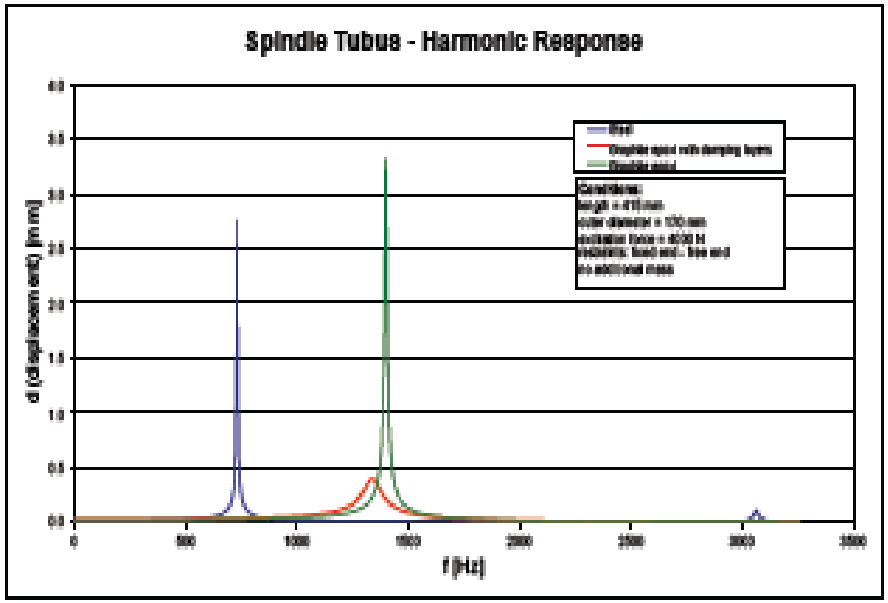
- nemusí být reálná u „krátkých nosníků“ s výrazným vlivem smyku

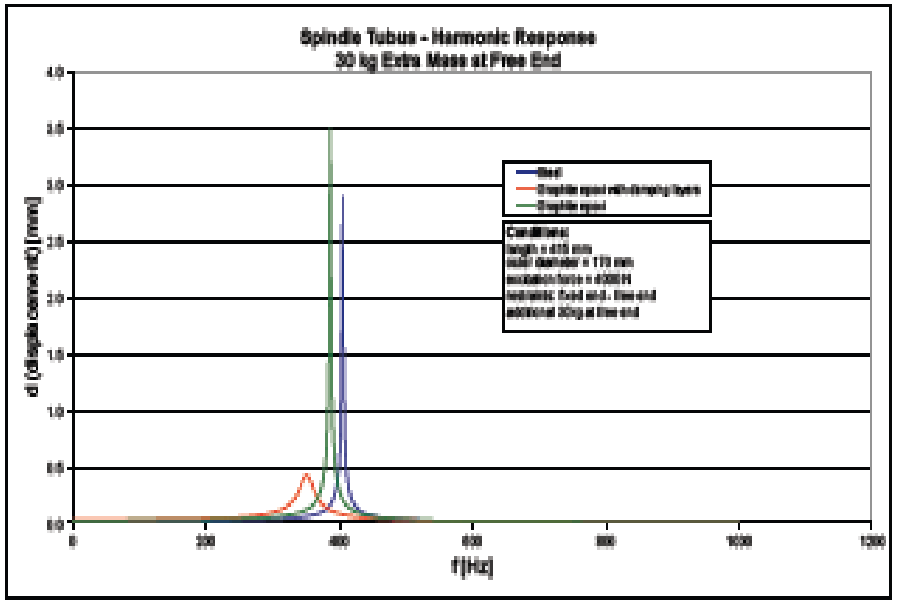
- vyšší dynamická tuhost – je dosažitelná i při nižší statické tuhosti díky obecně vyššímu poměrnému útlumu uhlíkového kompozitu a nižší hmotnosti nosníku

Obecné požadavky na kompozitní nosníky

- porovnání dynamické tuhosti vetknutého nosníku

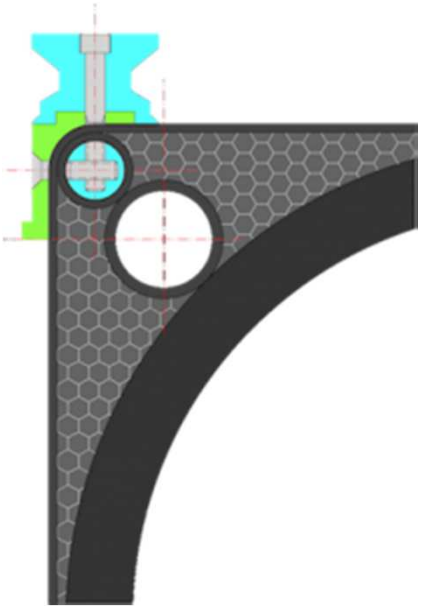






Zavádění sil do nosníků

- integrované spoje

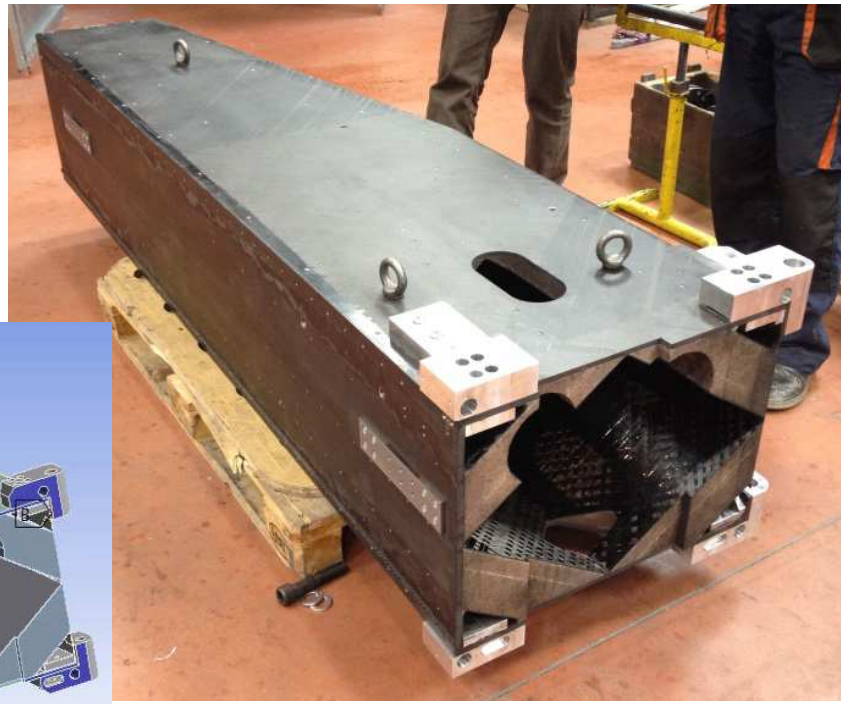


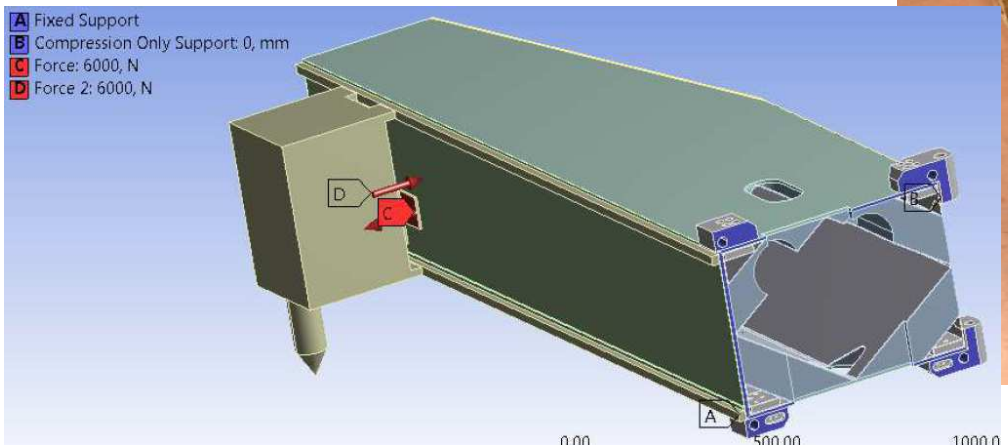
Zavádění sil do nosníků

1) vetknutý nosník laserového řezacího stroje

Zavádění sil do nosníků

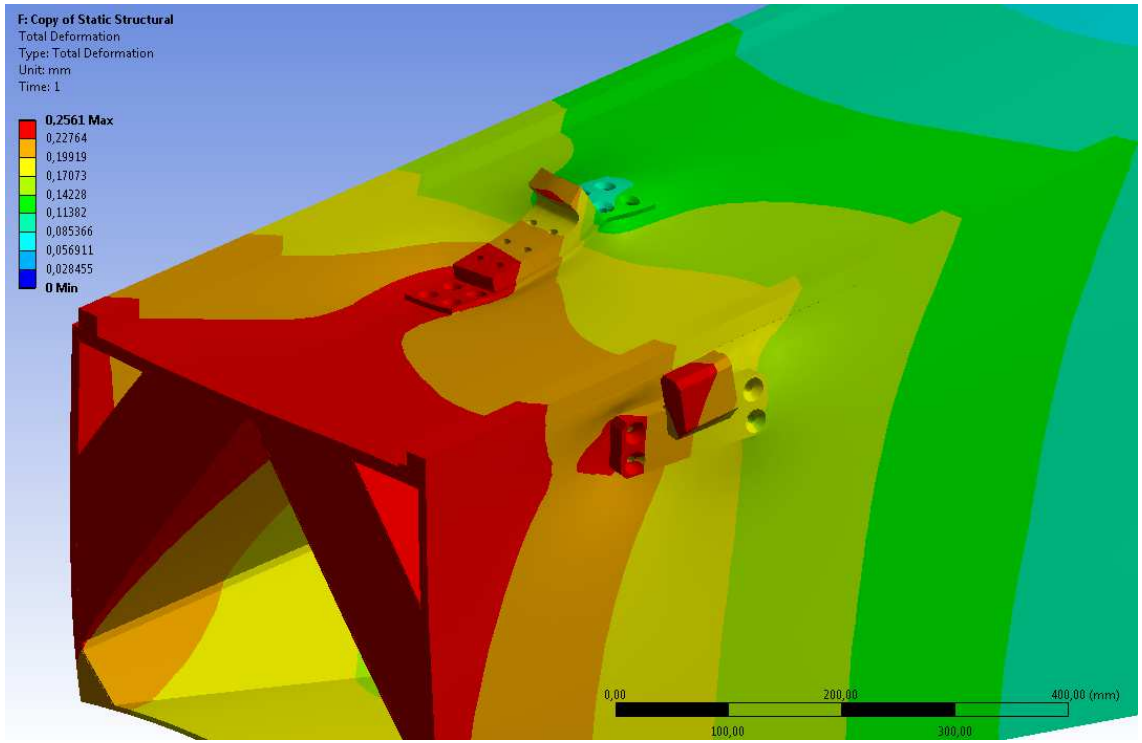
- u tenkostěnných nosníků je zavádění sil problematické a ve výsledku může vést výraznému snížení tuhosti konstrukce





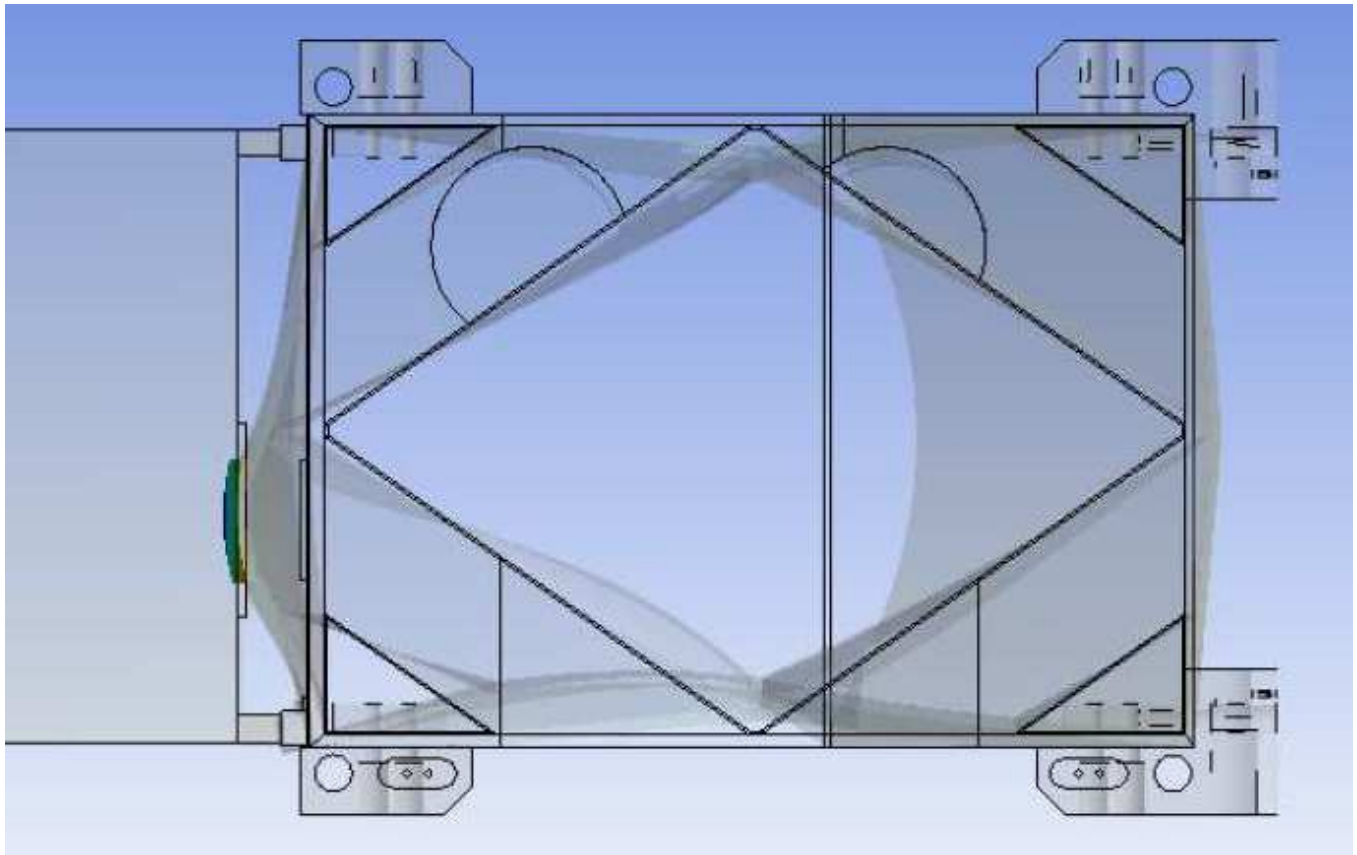
Zavádění sil do nosníků

- havarijní dorazy



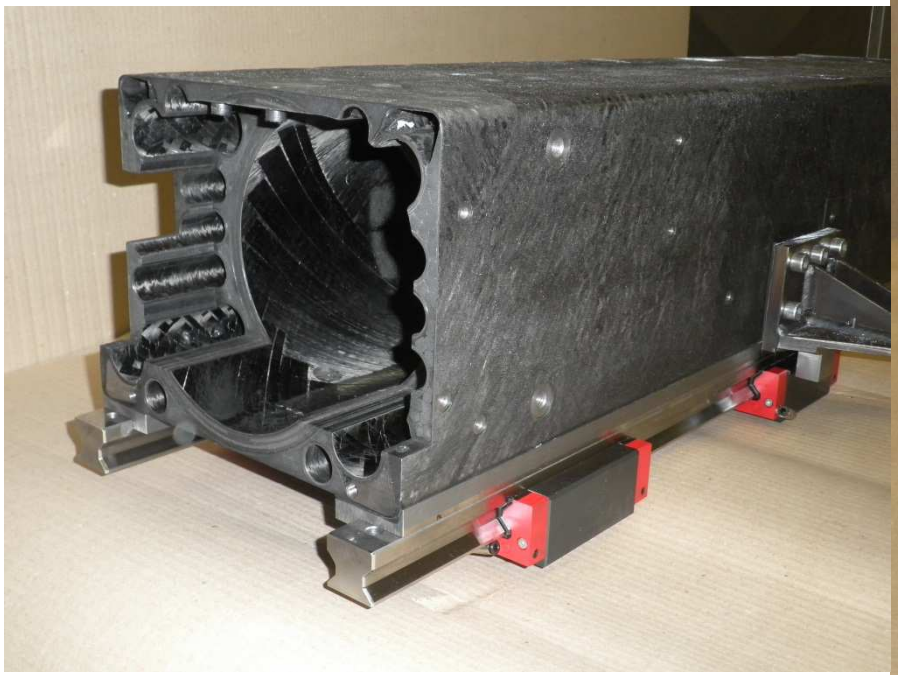
Zavádění sil do nosníků

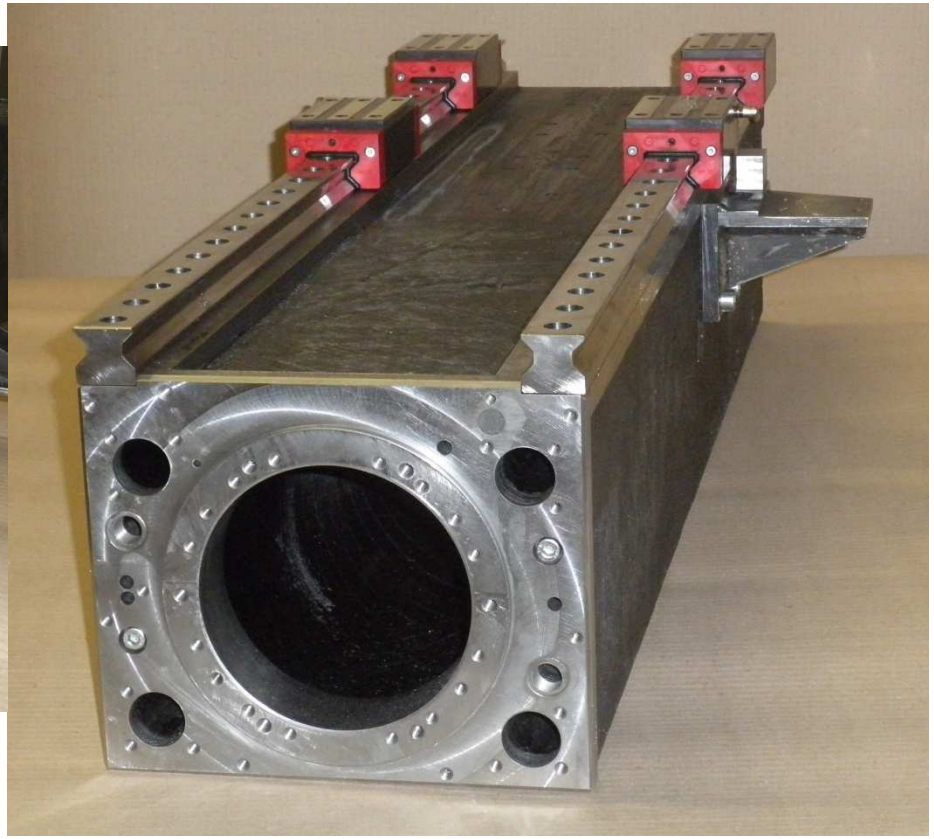
- deformace stěny díky parazitní přitažlivé síle lineárního motoru



Zavádění sil do nosníků

2) smykadlo HSM obráběcího stroje



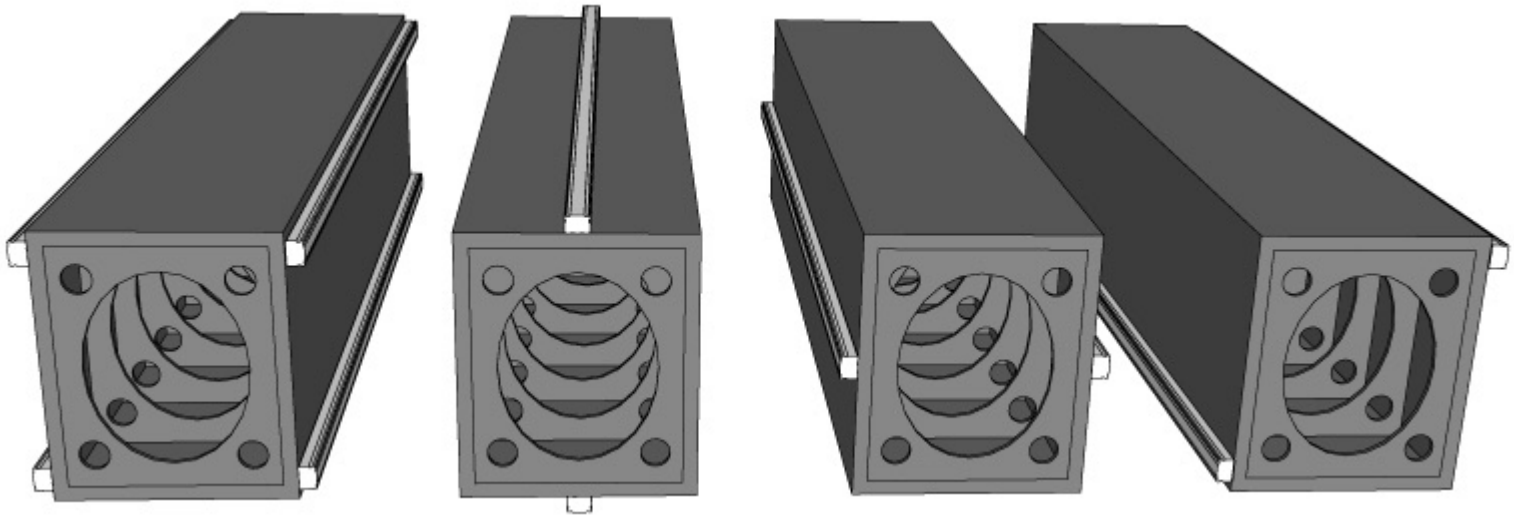


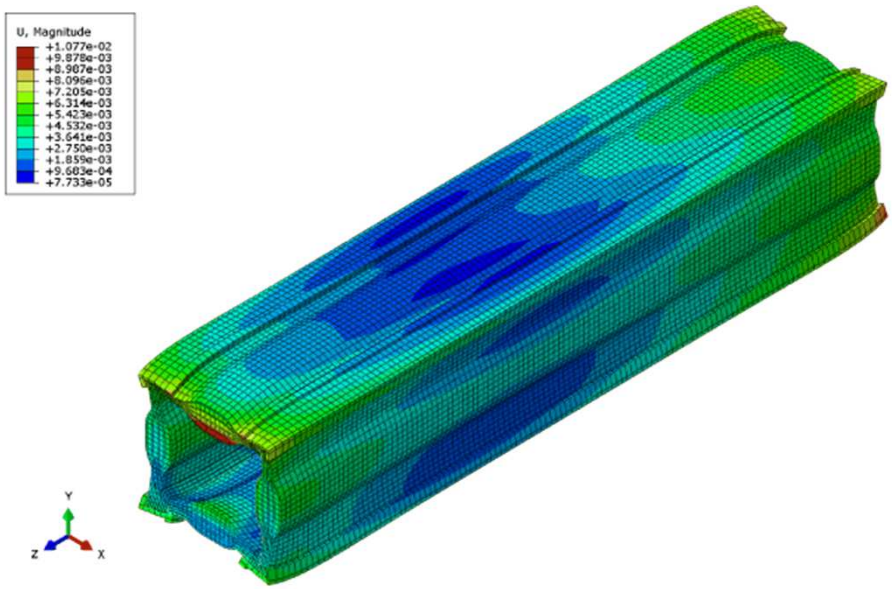
Teplotní namáhání nosníků

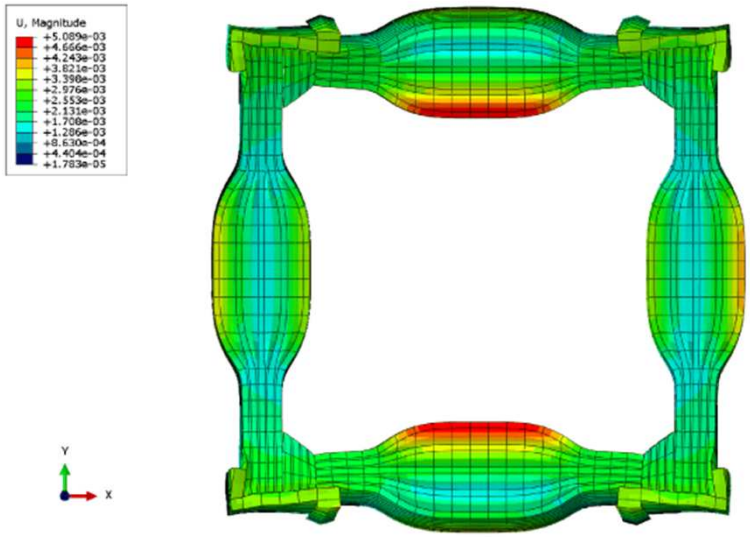
- z důvodu ortotropie materiálu dochází v různých směrech k různým teplotním deformacím

- nehomogenita nosníku (např. kombinace kompozitního materiálu, ocelových vedení a polyuretanových pěnových jader) vede při teplotním zatížení k vzniku vnitřních napětí, která se při nesymetrii nosníku projeví navenek také ohybovou deformací nosníku

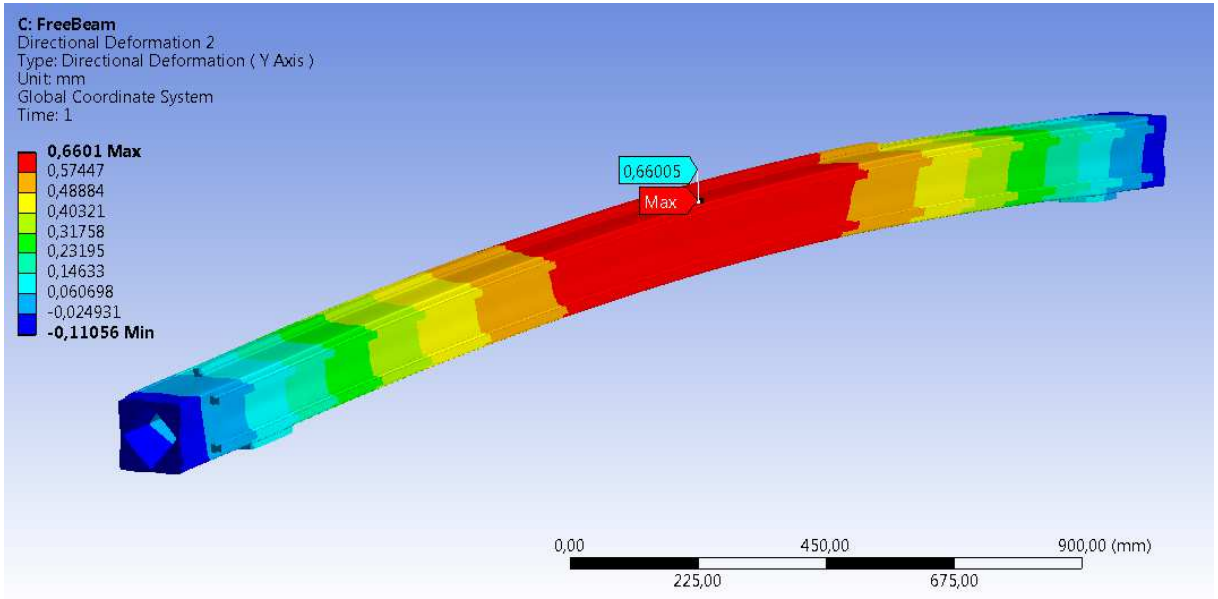
Teplotní namáhání nosníků







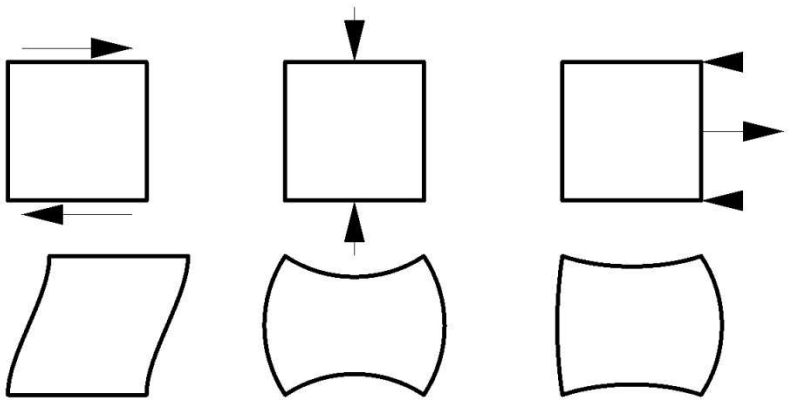
Teplotní namáhání nosníků



Vnitřní struktura nosníku

- u tenkostěnných nosníků je důležitá pro:

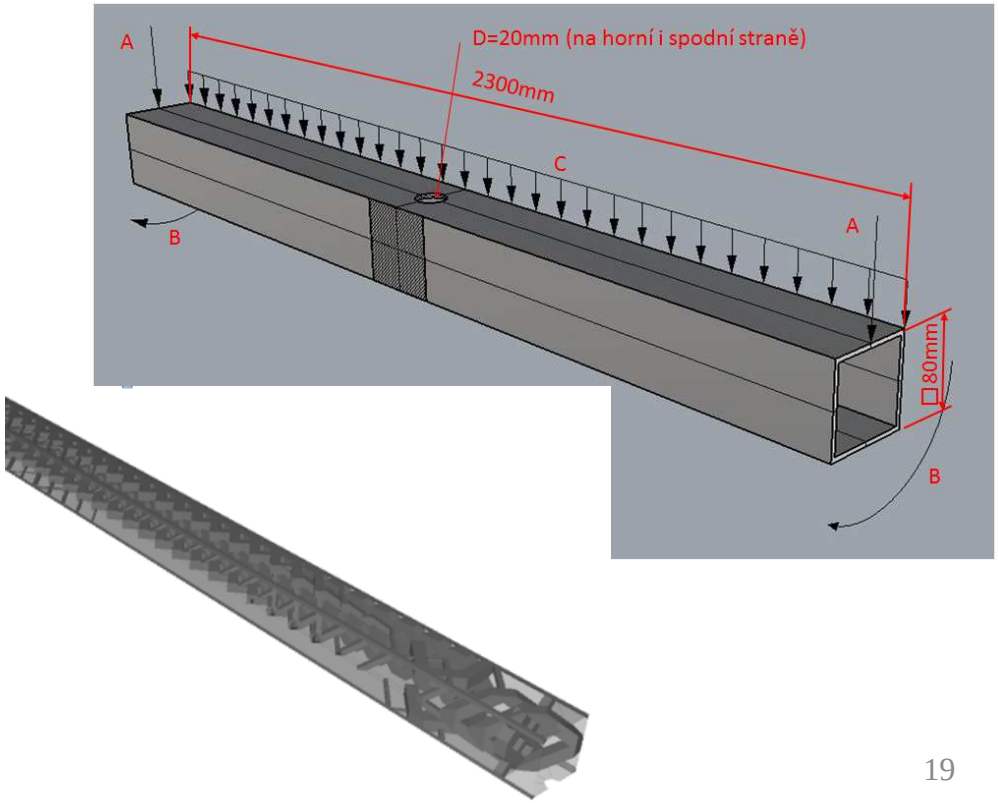
1) stabilitu stěny
2) rozložení izolovaných sil do větší plochy
3) snížení deformace průřezu od izolovaných sil zejména pokud působí na stěnu nosníku



Vnitřní struktura nosníku

Vnitřní struktura nosníku vyrobená 3D tiskem

- v rámci programu TAČR probíhá ve spolupráci Compo Tech PLUS, spol. s r.o. a FSi ČVUT v Praze vývoj nosníku s optimalizovanou vnitřní strukturou

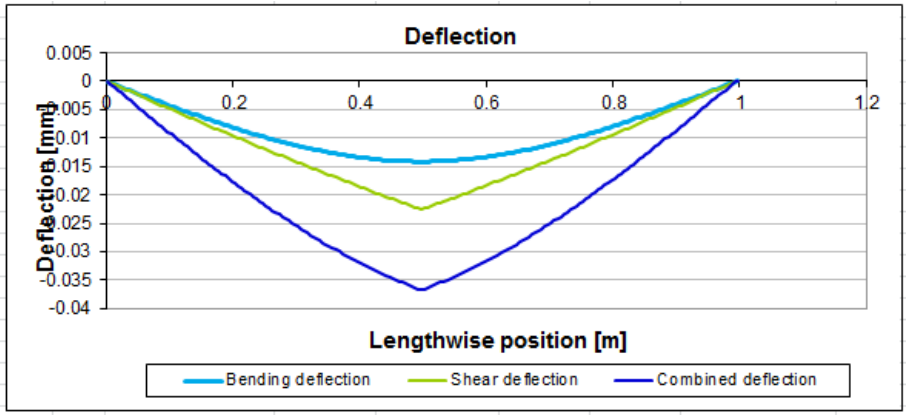


Modelování a analýzy nosníků

- pro jednoduché případy a pro vyšetření „nosníkového“ chování lze využít analytické postupy:

1) efektivní moduly pružnosti pro jednoosou napjatost
2) materiálové vlastnosti z ABD matice
3) Timošenkův nosník se zahrnutím vlivu smykové deformace

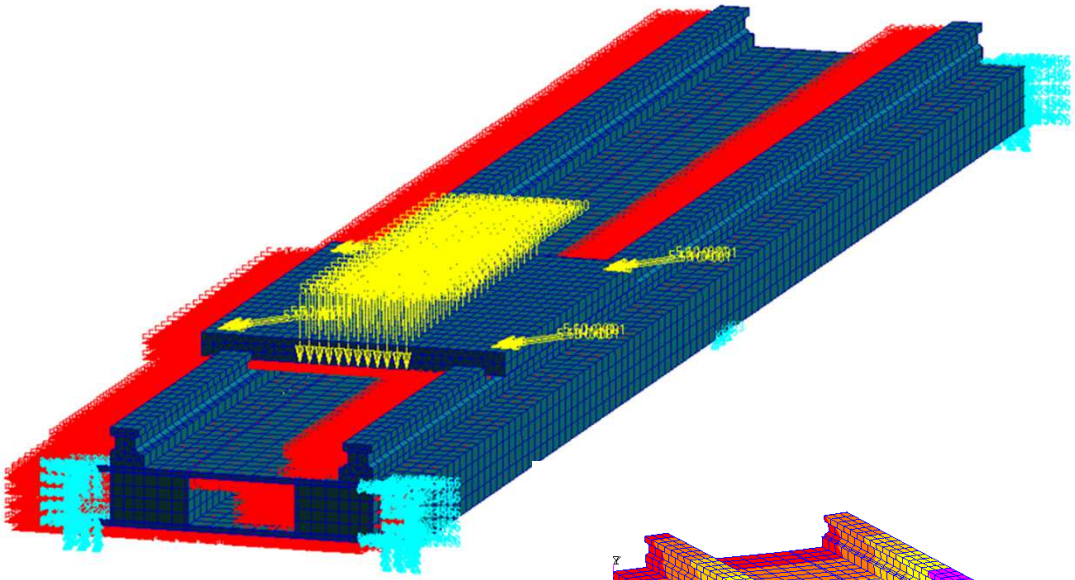
Effective axial mod. Ex	247 311 MPa
Eff. tangential mod. Ey	6 456 MPa
Eff. shear mod. Gxy	13 113 MPa

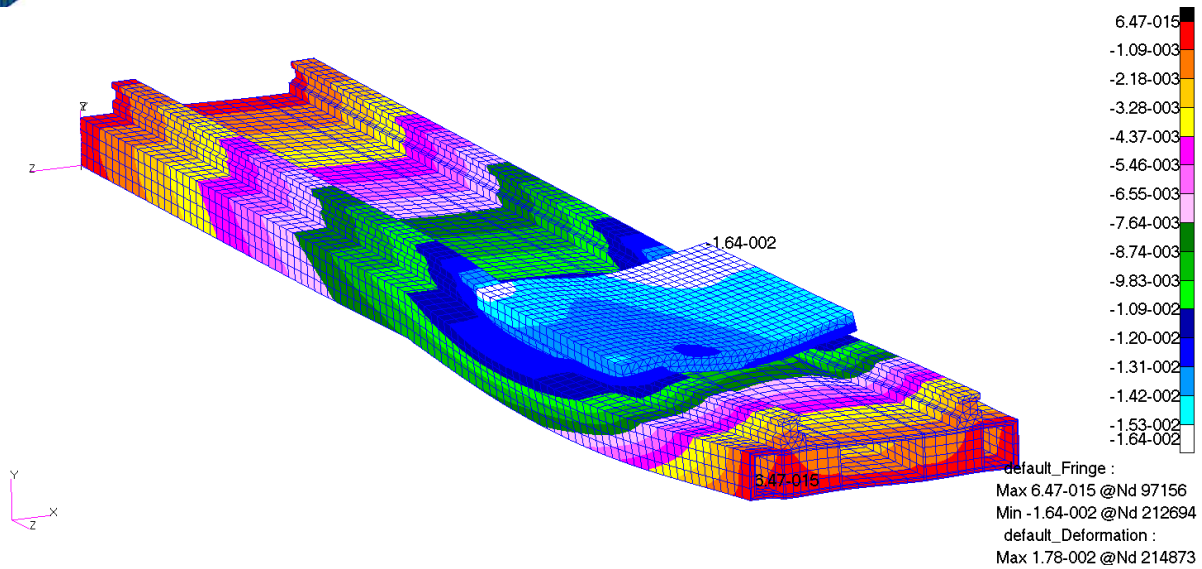


Modelování a analýzy nosníků

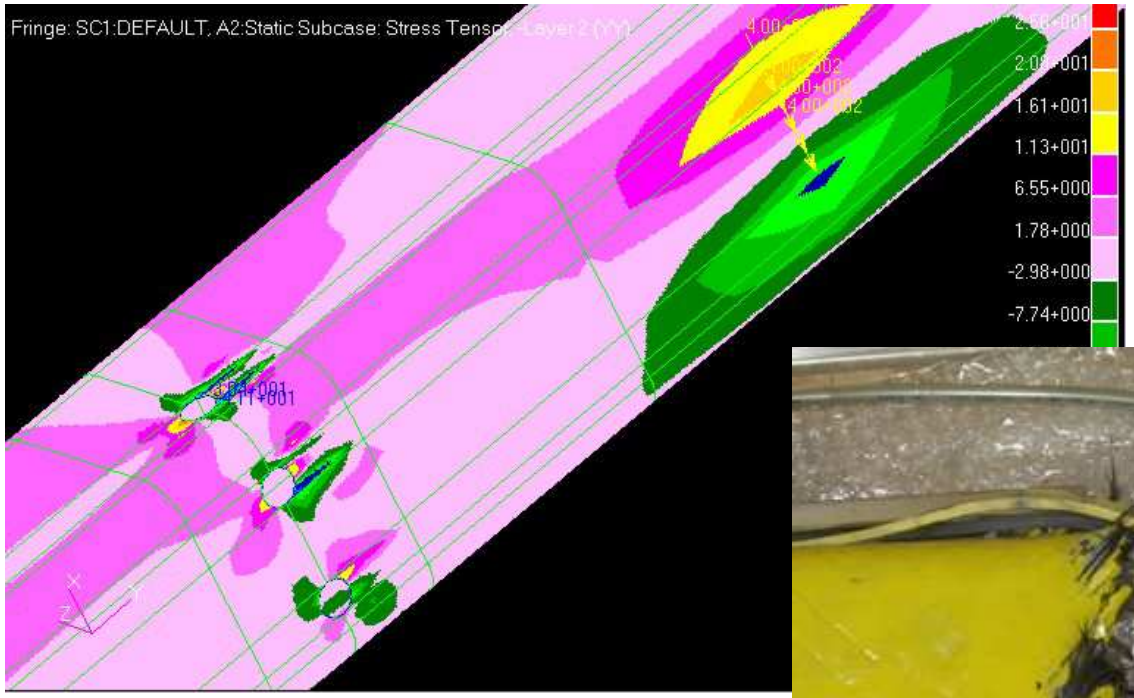
- v případě lokálních sil a zatěžování stěny nosníku je nutné použít numerických metod, nejčastěji MKP
- pro tenkostěnné kompozitní nosníky jsou vhodné skořepinové elementy a objemové skořepiny
- u silnostěnných nosníků je nutno uvažovat i normálové a smykové moduly pružnosti kolmé na rovinu stěny nosníku. Je nutno použít objemové elementy.

Modelování a analýzy nosníků

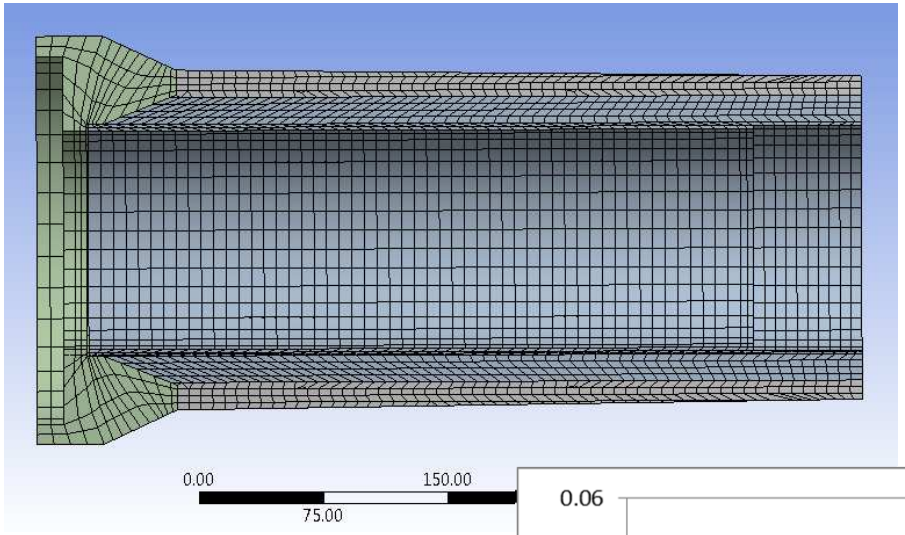


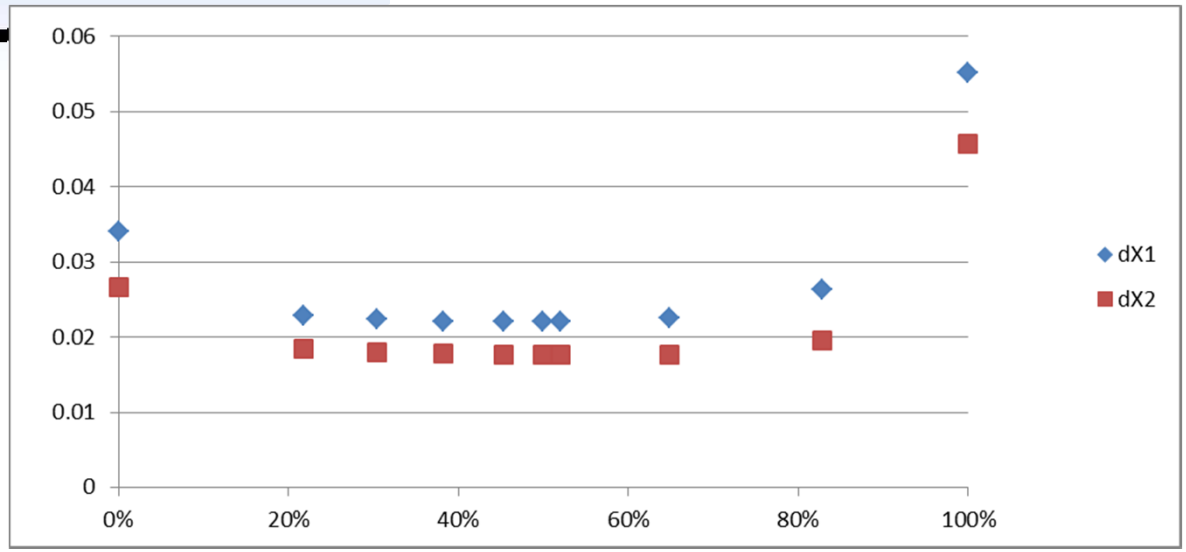


Modelování a analýzy nosníků



Modelování a analýzy nosníků





Konec