

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Design průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zdvihací traverza

Autor: **Vojtěch Zdichynec**

Vedoucí práce: **Ing. Lukáš Bartoň, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji panu Ing. Lukáši Bartoňovi, Ph.D. za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Zdichynec	Jméno Vojtěch	
STUDIJNÍ OBOR	B2341 - Design průmyslové techniky		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bartoň, Ph.D.	Jméno Lukáš	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Zdvihací traverza		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	79	TEXTOVÁ ČÁST	63	GRAFICKÁ ČÁST	16
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Tato bakalářská práce popisuje přepracování a návrh konstrukčního řešení jeřábové traverzy z jednobodového na dvoubodové uchycení. Práce obsahuje vlastní návrh traverzy, model ve 3D a pevnostní výpočet v CAD systému za použití metody konečných prvků.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Zdvihací traverza, konstrukce, CAD, NX, MKP, dimenzování</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Zdichynec	Name Vojtěch	
FIELD OF STUDY	B2341 - Industrial Design		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bartoň, Ph.D.	Name Lukáš	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Lifting traverse		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	79	TEXT PART	63	GRAPHICAL PART	16
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor thesis describes a draft reworking the structural design of crane traverse from a single point on a two-point fixing. Work comprises custom design traverses model in 3D and strength calculation in CAD system using the finite element method.
KEY WORDS	Lifting traverse, construction, CAD, NX, MKP, dimensioning

Obsah

Zkratky a symboly	2
Úvod - Zdvihací traverzy obecně	4
1 Specifikace konstrukce a její zatížení	5
1.1 Výběr profilu pro základní konstrukci	8
1.2 Výpočet ohybového napětí vybraných profilů	9
1.3 Základní konstrukce a MKP výpočet konstrukce	14
1.4 Orientační výpočet hmotnosti navrhnutých konstrukcí	24
1.5 Výběr konstrukce pomocí rozhodovací analýzy	26
2 Pojezdový systém traverzy	29
2.1 Schéma a popis pojezdu	29
2.2 Montáž pojezdu k traverze	40
3 Nosný systém traverzy	44
3.1 Uchycení tabulového hradidla	44
3.2 Schéma a popis uchycení	46
4 Navrhnutá zdvihací traverza a všechny její prvky	47
4.1 Návrh zavěšení traverzy a jeho dimenzování	47
4.2 Finální návrh a celkový popis traverzy	53
4.3 Závěr	54
Seznam použitých zdrojů	56
Seznam obrázků	57
Seznam tabulek	60
Seznam příloh	60

Zkratky a symboly

Zkratky

Pozn.	Poznámka
Tzv.	Takzvaný
Tzn.	To znamená
ČSN	Česká státní norma
mat.	Materiál
MKP	Metoda konečných prvků
viz.	Zobrazeno
tab.	Tabulka
obr.	Obrázek
M	Označení metrického závitu (např. M16)
HMH	Hypotéza HMH (Huber, von Miseses ,Henky)
KKS	Katedra konstruování strojů
FST	Fakulta strojní
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni

Symboly

σ	Označení normálového napětí
τ	Označení tečného napětí
P_D	Označení dovoleného otláčení
mm	Jednotka délky
MPa	Jednotka tlaku
N	Jednotka síly
Kg	Jednotka hmotnosti
σ_D	Označení dovoleného napětí
σ_o	Označení ohybového napětí
σ_k	Označení napětí na mezi kluzu
σ_{RED}	Označení redukovaného napětí
M_o	Označení ohybového momentu
F	Označení síly
l	Označení délkového rozměru
y	Označení průhybu
R	Označení rádius
m	Jednotka délky
m	Označení hmotnosti
t	Jednotka hmotnosti
Kč	Označení České měny
k	Označení tuhosti
K_k	Označení bezpečnosti
Re	Označení meze kluzu
π	Označení matematické konstanty o velikosti 3,141592 ...
d	Označení průměru kruhového průřezu
S	Označení plochy

F_o	Označení síly v ohybu
F_s	Označení Síly ve střihu
t	Označení tloušťky stěny součásti
\emptyset	Označení průměru

Matematické operátory

\cdot	Matematický operátor pro násobení
\approx	Matematický operátor pro přibližně
$+$	Matematický operátor pro sčítání
$-$	Matematický operátor pro odečítání
$=$	Matematický operátor pro rovno
$/$	Matematický operátor pro lomeno
$\sqrt{\quad}$	Matematický operátor pro odmocninu

Úvod - Zdvihací traverzy obecně

Jeřábové traverzy patří spolu s vázacími prostředky (řetězy, lana, svěrky apod.) mezi uchopovací techniku pro zvedání břemene jeřábem. Jeřábové traverzy jsou významným prvkem při manipulaci s rozličnými břemeny. Používají se zejména tam, kde velikost nebo povaha břemene neumožňuje použití samotných vázacích prostředků [2]. Slouží k zavěšení hlavně větších a těžších břemen, jejichž jeden rozměr obvykle převládá, nebo jež mají při zavěšení měnit svou polohu, anebo zvláště těžkých břemen, jež se dopravují dvěma jeřáby^[1].

Ukázky jeřábových traverz



obr. 1^[3], Jeřábová traverza jednoduchá



obr. 2^[3], Jeřábová traverza stavitelná



obr. 3^[3], Jeřábová traverza typu H stavitelná



obr. 4^[3], Jeřábová traverza křížová

1 Specifikace konstrukce a její zatížení - stávající řešení traverzy

Konstrukci a řešení zdvihacího zařízení, které navrhuji ve své bakalářské práci, bude sloužit pro vytahování a spouštění hradidel na elektrárnách. Tabulové hradilo, které bude traverza zvedat, slouží k zahrazení vodního průtoku. Na elektrárnách již řešení dané traverzy funguje. Úkolem je toto řešení upravit a odstranit všechny nedostatky.



obr. 5, Stávající řešení na ČSH-HNĚVKOVICE

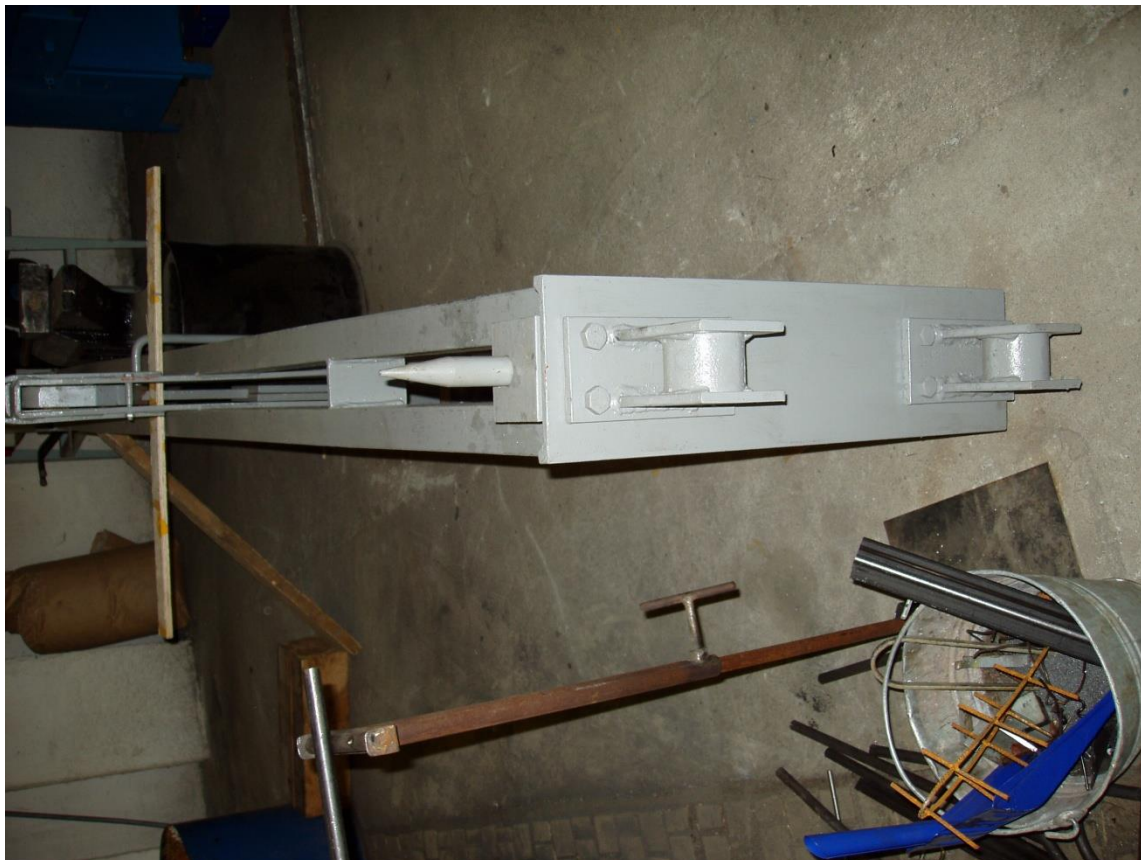
Původní traverza byla jednobodově zavěšena k manipulačnímu zařízení a proto napětí, které v traverze vznikalo, bylo pouze tahového původu. Nutné bylo dimenzovat pouze hák, aby takové napětí dokázal přenést. Úkolem traverzy je zdvihat hradilo, které umožňuje zahrazovat a odhrazovat vodní průtok čili traverza se musí umět pohybovat po nějaké předem určené dráze. V tomto případě se jedná o šachtu, která má po stranách kolejnice a do těchto kolejnic je traverza umístěna.



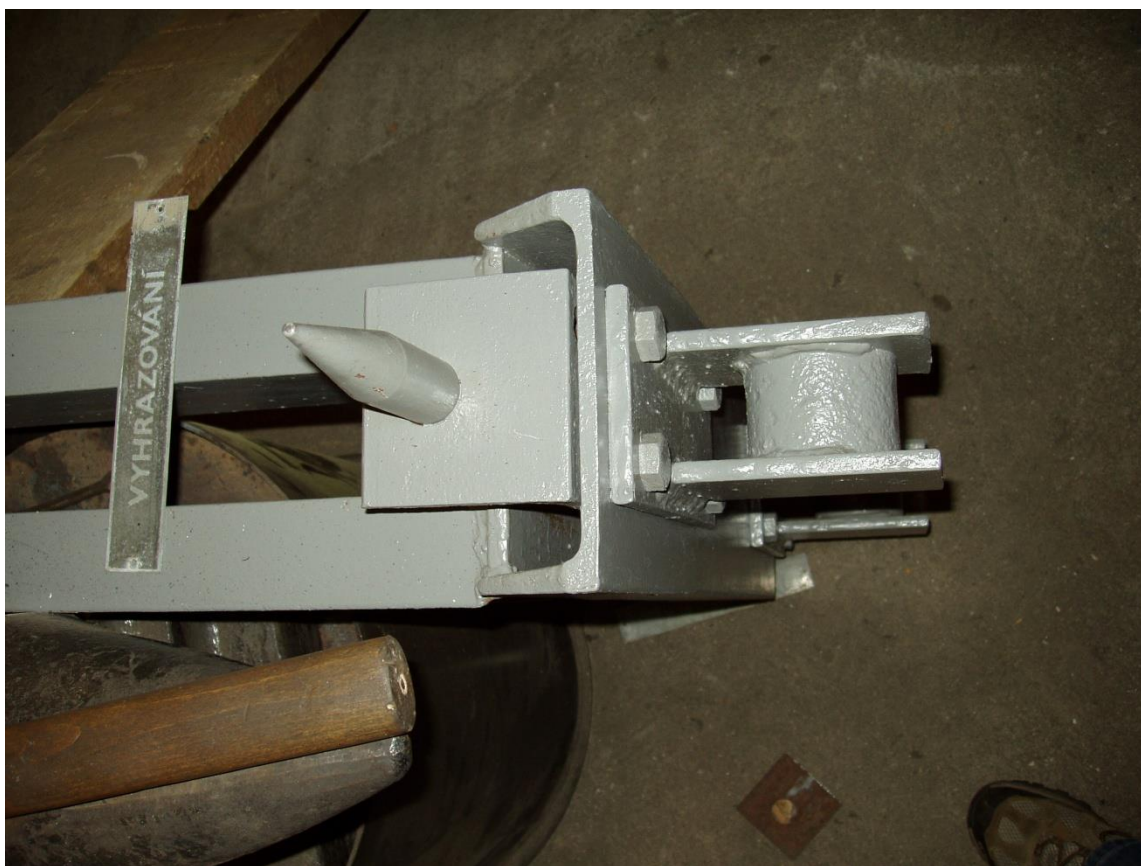
obr. 6, Stávající řešení na ČSH-HNĚVKOVICE - ukázka uskladnění traverzy

Tahové napětí se přenášelo pouze přes zmíněný hák, který je vidět na obrázku 5 a 6. Problém byl však v tom, že když se traverza vzpříčila, díky jednobodovému zavěšení bylo potřeba traverzu opět rozpochybovat. V tomto důsledku obsluha traverzu uchytla za postranní vzpěry a s tahového napětí se stávalo čistě ohybové. Traverza nebyla dimenzovaná pro toto napětí, které se stalo několikanásobně větší, než mez kluzu materiálu z kterého byla zkonstruována. V důsledku tohoto napětí se traverza plasticky deformovala a často to vedlo ke zničení samotného zařízení. Hlavně tomuto problému se budu věnovat ve své bakalářské práci. Řešením je, že s jednobodového uchycení traverzy k manipulační technice udělám uchycení dvoubodové. Díky téhle úpravě již nebudu moci použít stávající konstrukci, která se skládá ze dvou U-profilů. Bude potřeba profily několika násobně zvětšit, aby vzniklé ohybové napětí traverza dokázala přenést s mírnou elastickou deformací.

Traverza vyniká i díky svému pojezdovému systému. Stávající řešení pojezdů je ukázáno na dalších obrázcích 7 a 8. Pojezdy jsou přišroubované k traverze a samotné kolo je do pojezdu zavařené. Pojezd se tedy neotáčí. U těchto pojezdů proběhla modernizace a rád bych ji popsal ve své práci se svolením pana Ing. Lukáše Bartoňe, Ph.D, který pojezdy navrhoval. Modernější pojezdy se momentálně dokážou otáčet a zároveň dokážou vyrovnávat nerovnost kolejnic a tím snížit riziko vzpříčení traverzy. Tomuto úkolu se budu věnovat ve druhé kapitole své práce.



obr. 7 a obr. 8, Stávající řešení pojezdu traverzy na ČSH-HNĚVKOVICE



Specifikace konstrukce a její zatížení

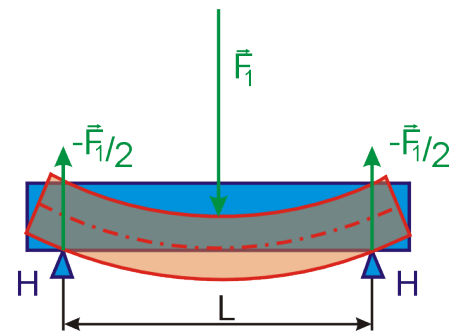
Traverza by měla tedy být zatížena břemenem o hmotnosti 3,15t tj. hmotnost tabulového hradidla a bude konstruována na dvoubodové zavěšení. Traverza by měla snést bezpečnostní přetížení až 6,3t v souladu s normou ČSN EN 13155+A2 Jeřáby - bezpečnost - Volně zavěšené prostředky pro uchopení břemen. Původní traverza byla konstruována k jednobodovému zavěšení. V šachtě, která je "plná vody" bude traverza zavěšena na jeřábovém zařízení a k jejímu pojezdu budou sloužit kolejnice, proto bude třeba i patřičný pojezdový systém traverzy. Proto máme stanovenou délku traverzy, kterou musíme dodržet $l = 4260\text{mm}$.

Shrnutí základních rozměrů:

$$l = 4260\text{mm}$$

$$\text{mat. ČSN 11373.0} \rightarrow E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$$

$$F = 6,3\text{t} = 6300 \cdot 9,81 = 61803\text{N (tíhová síla)}$$



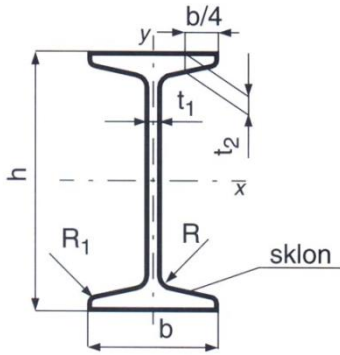
obr. 9^[4], Ilustrační obrázek nosníku na dvou podporách

1.1 Výběr profilu pro základní konstrukci

Ze získaných poznatků předchozího řešení je největším problémem enormní ohyb a následná plastická deformace traverzy, která přesahovala až mez pevnosti a často to vedlo k zničení samotného zařízení. Původní konstrukce traverzy obsahovala sestavu dvou U-profilů s podpěrami, které tvořili dva I-profilů. Z tohoto důvodu bude třeba změnit U-profilů buď za větší, anebo za jiné ze základních konstrukčních profilů. Na základě napětí v ohybu od působícího zatížení, které na traverzu začne působit, jsem volil tyto profily. Hlavně profily-I a profily-U. Zvolené profily poslouží k porovnání a orientačnímu výpočtu napětí v ohybu a podle získaných hodnot se rozhodnu, které pro pozdější konstrukci použiji. Z tabulkových hodnot jsme zjistili rozměry pro profil I a U.

1.2 Výpočet ohybového napětí vybraných profilů

I-profil



obr. 10^[5], I-profil

Rozměry průřezů:

I-400

b = 155 mm, h = 400 mm, t₁ = 14,4 mm, t₂ = 21,6 mm

I-300

b = 125 mm, h = 300 mm, t₁ = 10,8 mm, t₂ = 16,2 mm

I-200

b = 90 mm, h = 200 mm, t₁ = 7,5 mm, t₂ = 11,3 mm

Výpočet působícího ohybového napětí

Výpočet napětí pro profil I-400:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{Fl}{2}}{\frac{BH^3 - bh^3}{6H}} = \frac{\frac{61803 \cdot 4260}{2}}{\frac{155 \cdot 400^3 - 140,6 \cdot 356,8^3}{6 \cdot 400}} = 89,4 \text{ MPa}$$

Výpočet napětí pro profil I-300:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{Fl}{2}}{\frac{BH^3 - bh^3}{6H}} = \frac{\frac{61803 \cdot 4260}{2}}{\frac{125 \cdot 300^3 - 114,2 \cdot 267,2^3}{6 \cdot 300}} = 198,1 \text{ MPa}$$

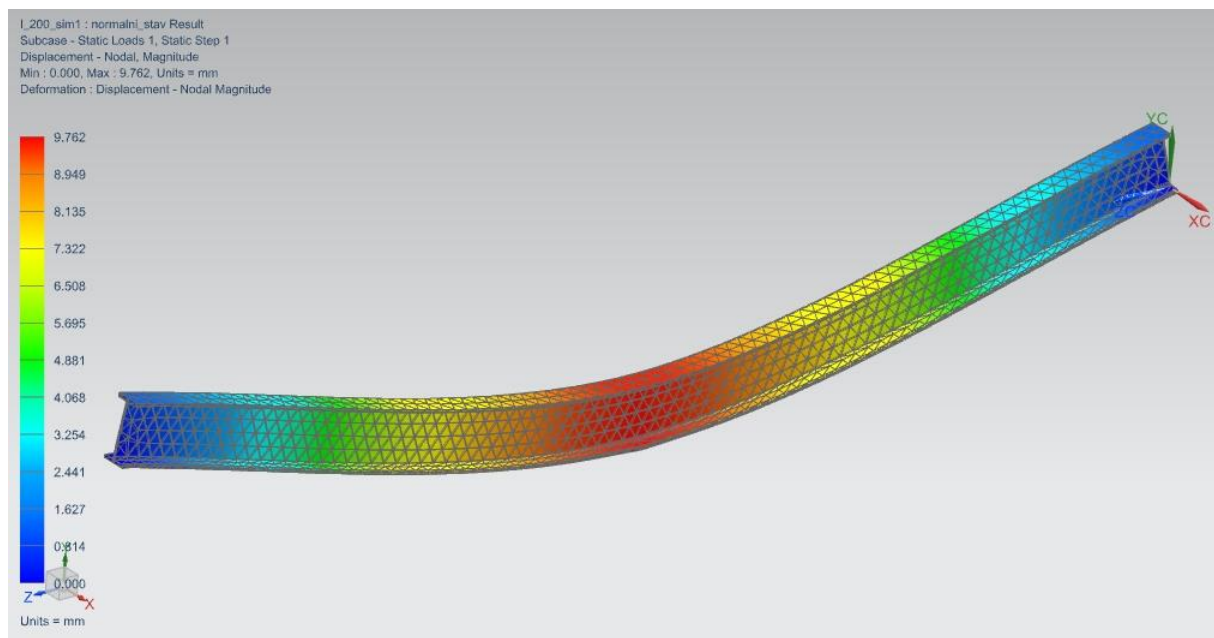
Výpočet napětí pro profil I-200:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{Fl}{2}}{\frac{BH^3 - bh^3}{6H}} = \frac{\frac{61803 \cdot 4260}{2}}{\frac{90 \cdot 200^3 - 82,5 \cdot 177,4^3}{6 \cdot 200}} = 608 \text{ MPa}$$

MKP analýza průhybu traverz I - 200 a I - 400

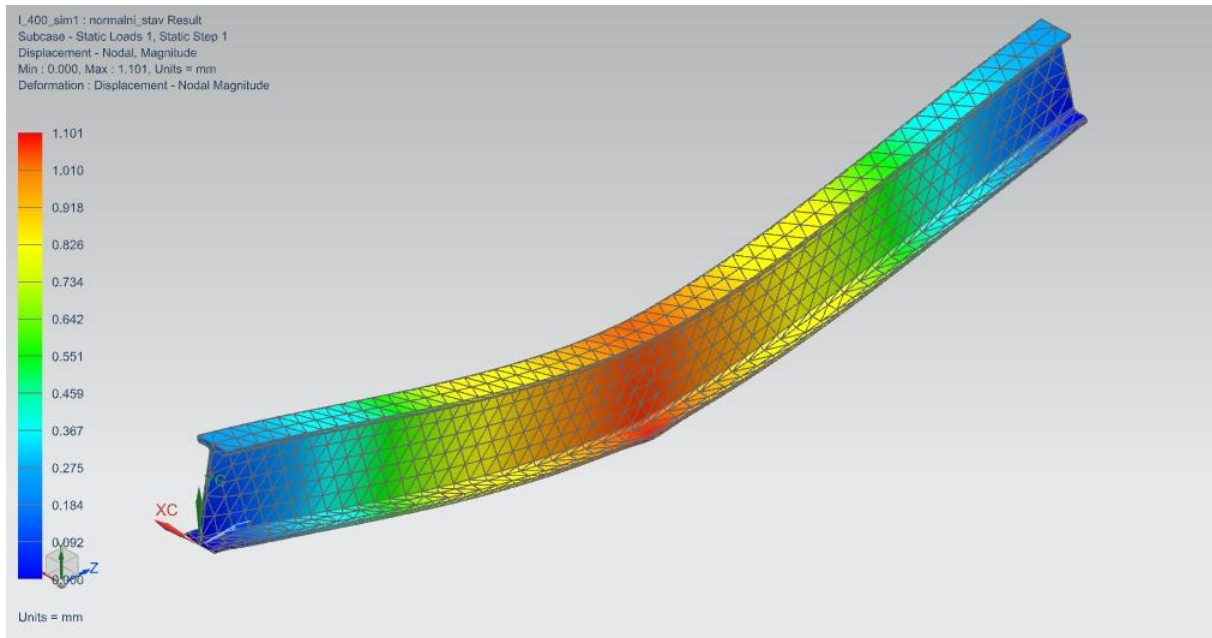
Zobrazení výsledné simulace deformace je desetkrát větší než ve skutečnosti. Toto měřítko je použito pro celou bakalářskou práci u všech obrázků zobrazující simulaci deformace. Důvodem je, že někdy byla deformace tak mála, že byla nezřetelná.

Traverza I-200 a její maximální průhyb je $y = 9,762$ mm. Traverza je zatížena tíhovou silou, která bude působit na konstrukci $F = 61803$ N.



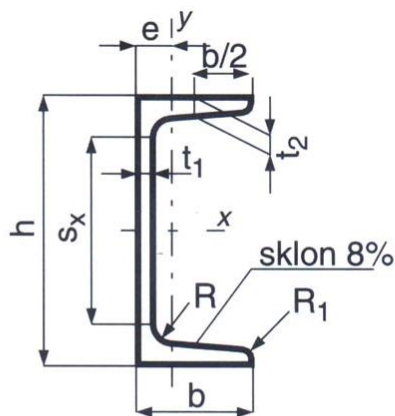
obr. 11, Profil I-200 - simulace průhybu traverzy.

Traverza I-400 je zatížena jako v předchozím případě u traverzy I-200 tíhovou silou $F = 61803 \text{ N}$. Její maximální průhyb je $y = 1,101 \text{ mm}$.



obr. 12, Profil I-400 - simulace průhybu traverzy.

U-profil



obr. 13^[5], U-profil

Rozměry průřezů:

U-100

$b = 50 \text{ mm}$, $h = 100 \text{ mm}$, $t_1 = 6 \text{ mm}$, $t_2 = 8,5 \text{ mm}$

U-200

$b = 75 \text{ mm}$, $h = 200$, $t_1 = 8,5 \text{ mm}$, $t_2 = 11,5 \text{ mm}$

U-300

$b = 100 \text{ mm}$, $h = 300 \text{ mm}$, $t_1 = 10 \text{ mm}$, $t_2 = 16 \text{ mm}$

Výpočet působícího ohybového napětí

Výpočet napětí pro profil U-100:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{Fl}{2}}{\frac{BH^3 - bh^3}{6H}} = \frac{\frac{61803 \cdot 4260}{2}}{\frac{50 \cdot 100^3 - 44 \cdot 83^3}{6 \cdot 100}} = 3179,54 \text{ MPa}$$

Výpočet napětí pro profil U-200:

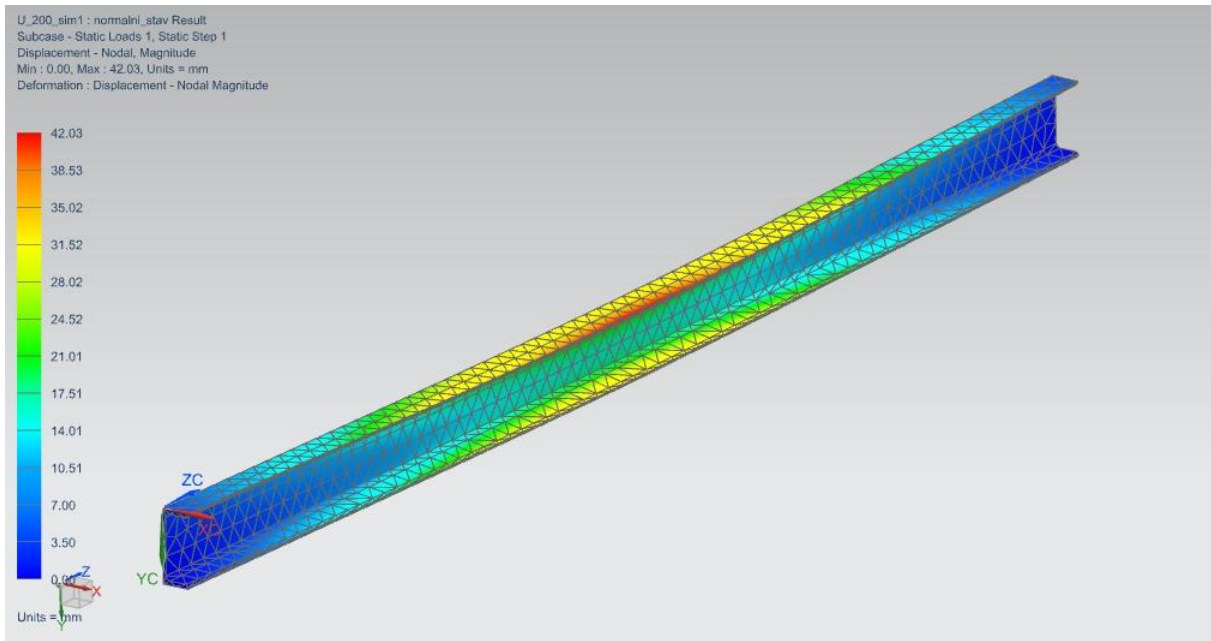
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{Fl}{2}}{\frac{BH^3 - bh^3}{6H}} = \frac{\frac{61803 \cdot 4260}{2}}{\frac{75 \cdot 200^3 - 66,5 \cdot 177^3}{6 \cdot 200}} = 683,1 \text{ MPa}$$

Výpočet napětí pro profil U-300:

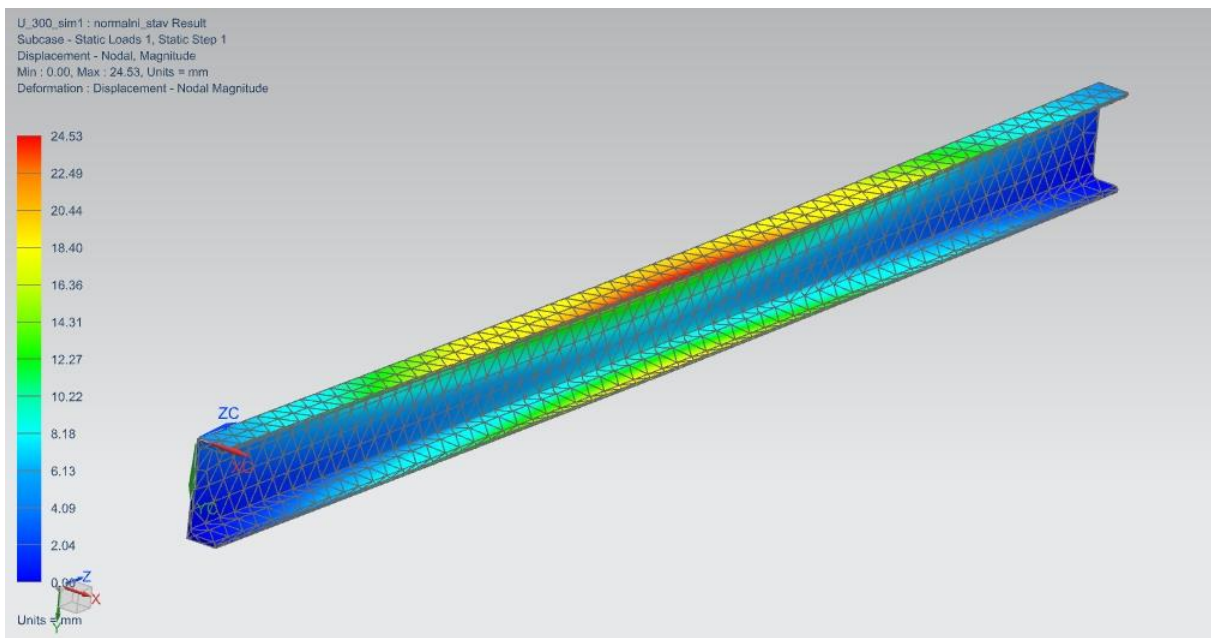
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{Fl}{2}}{\frac{BH^3 - bh^3}{6H}} = \frac{\frac{61803 \cdot 4260}{2}}{\frac{100 \cdot 300^3 - 90 \cdot 268^3}{6 \cdot 300}} = 244,8 \text{ MPa}$$

MKP analýza průhybu traverz U-200 a U-400

Pro příliš velkou deformaci jsme museli upravit zobrazení výsledků v NX na reálné měřítko. Traverza U-200 a U-300 byla zatížena silou $F = 61803 \text{ N}$ a maximální průhyb traverzy U-200 je $y = 42,03 \text{ mm}$. U traverzy U-300 je pak průhyb $y = 24,53 \text{ mm}$.



obr. 14, Profil U-200 - simulace průhybu traverzy.



obr. 15, Profil U-300 - simulace průhybu traverzy.

1.3 Základní konstrukce a MKP výpočet konstrukce

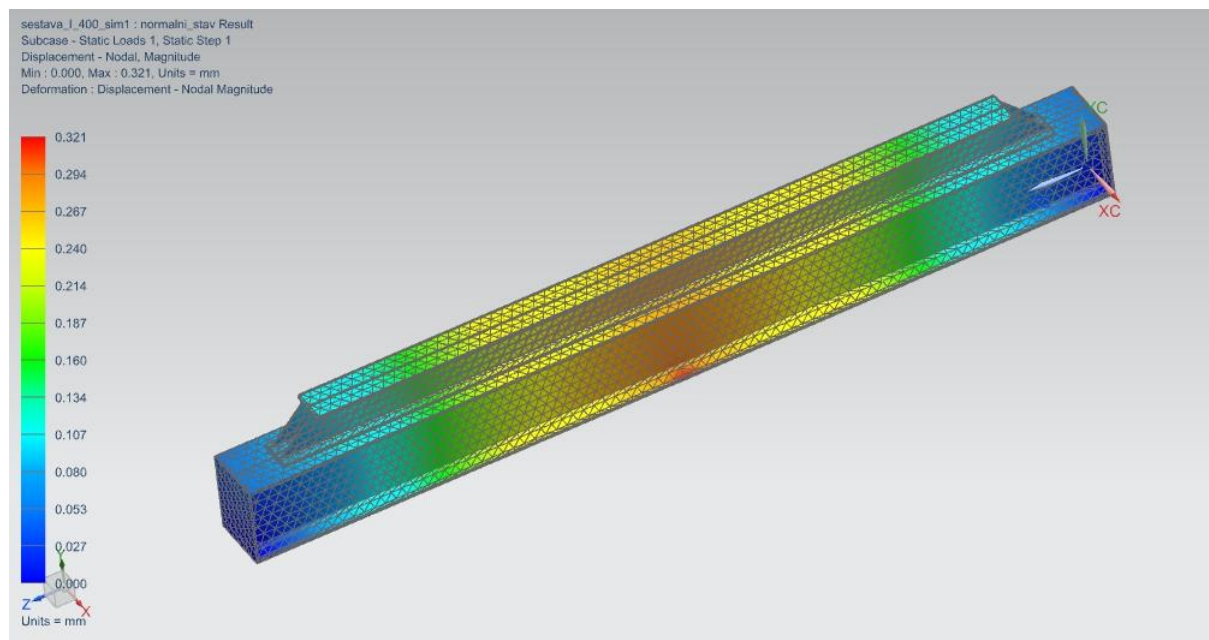
Je zřejmé, že každý jednotlivý profil až na traverzu I-400 nezvládne zatížení, které je požadováno. I-400 nemůžeme použít kvůli jejím rozměrům. Výsledná konstrukce by byla příliš drahá a moc těžká jak uvidíme tabulce (viz. Tab. 1) v následujícím textu. Proto musíme volit různé kombinace profilů. Do přehledu jsem zařadil i konstrukci zahrnující traverzu I-400 i když předem víme, že ji nepoužijeme.

Kombinace profilů, které jsem volil:

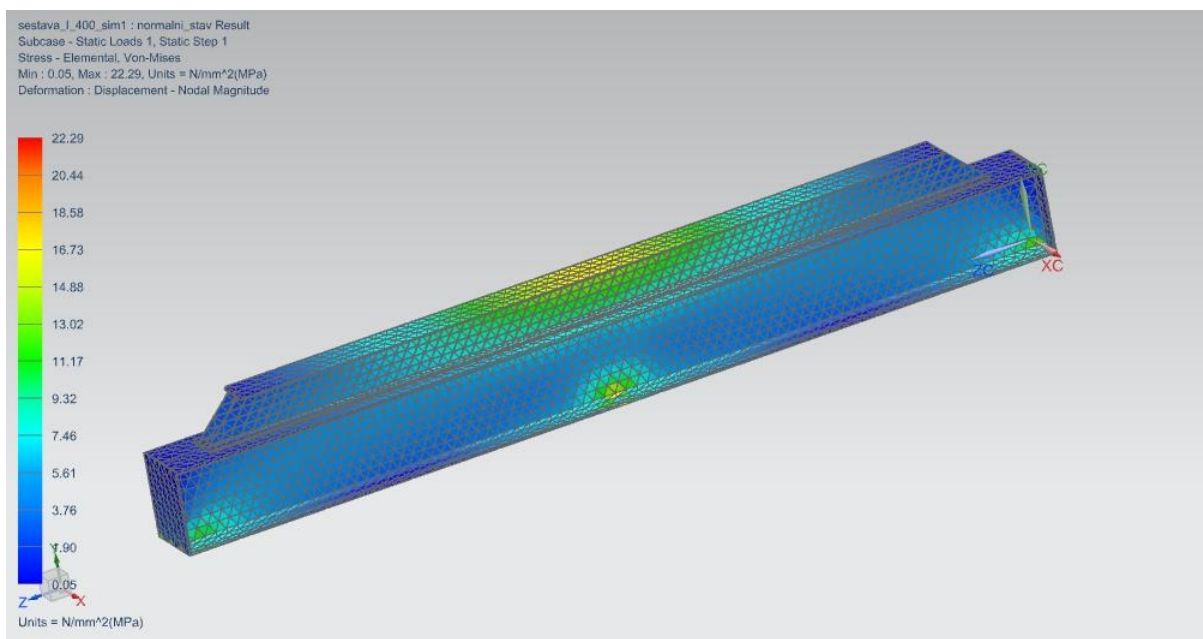
- dvě I-400 a dvě I-200 traverzy
- dvě U-300 a dvě U-200 traverzy
- dvě U-300 a dvě I-200 traverzy
- dvě U-300 a dvě U-200 (dvě traverzy U-200 jsou otočené větší plochou k sobě a tvoří velké „I“)
- dvě U-300 a dvě U-200 (dvě traverzy U-200 a dvě traverzy U-300 jsou otočené větší plochou k sobě, aby tvořili velké „I“)

Sestava I-400

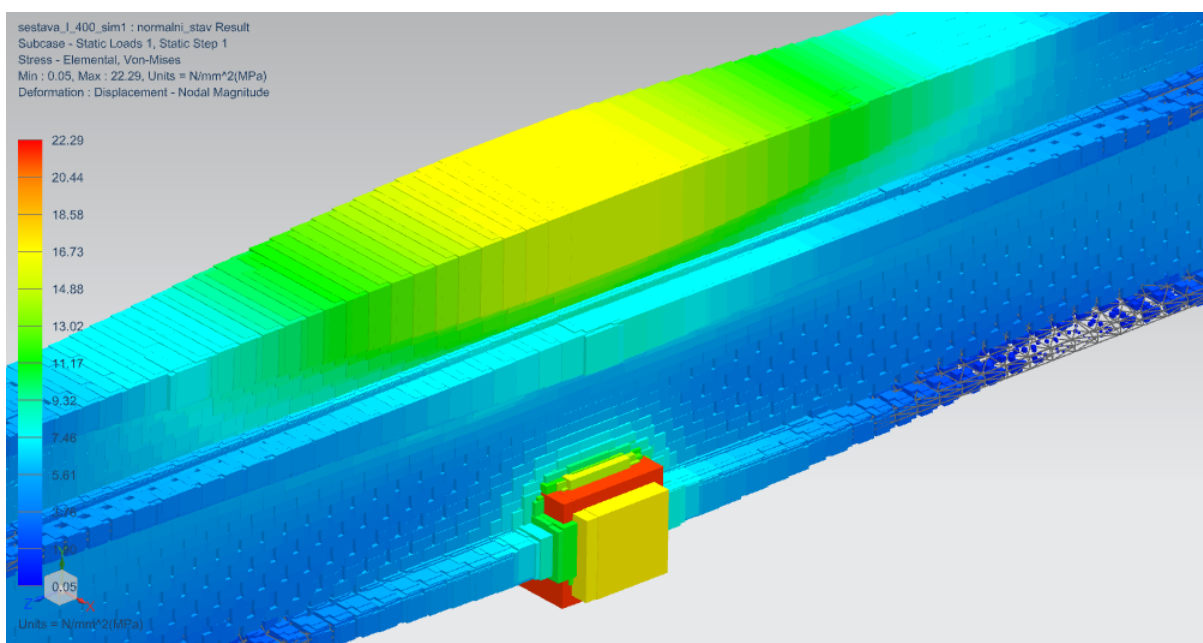
Výsledná konstrukce je vytvořená ze dvou velkých traverz I-400 a výztuhy, kterou tvoří dvě menší traverzy I-200. Konstrukci jsem zatížil stejnou silou jako jednotlivé profily v předchozím případě $F = 61803 \text{ N}$. Maximální napětí v ohybu u takto složené konstrukce je $\sigma_0 = 22,29 \text{ MPa}$ a průhyb konstrukce je $y = 0,321 \text{ mm}$.



obr. 16, Sestava I-400 - simulace průhybu sestavy skládající se ze dvou profilů I-400 a dvou profilů I-200.



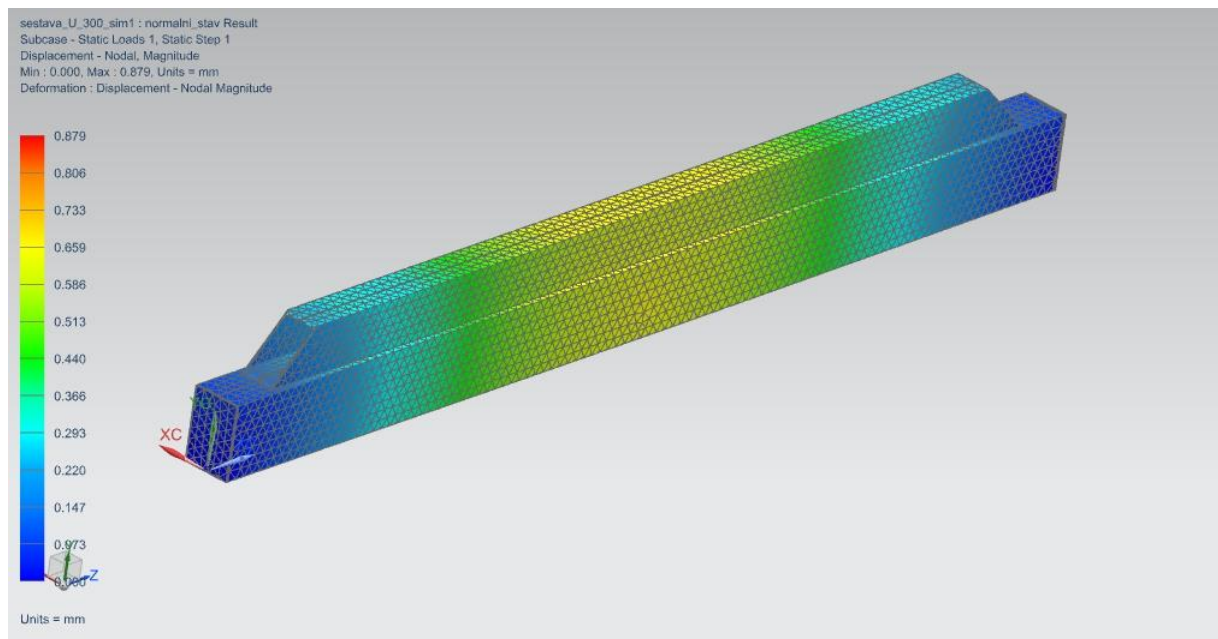
obr. 17, Sestava I-400 - ukázka simulace působícího napětí na sestavě I - 400 . Sestava se skládá ze dvou profilů I-400 a dvou profilů I-200.



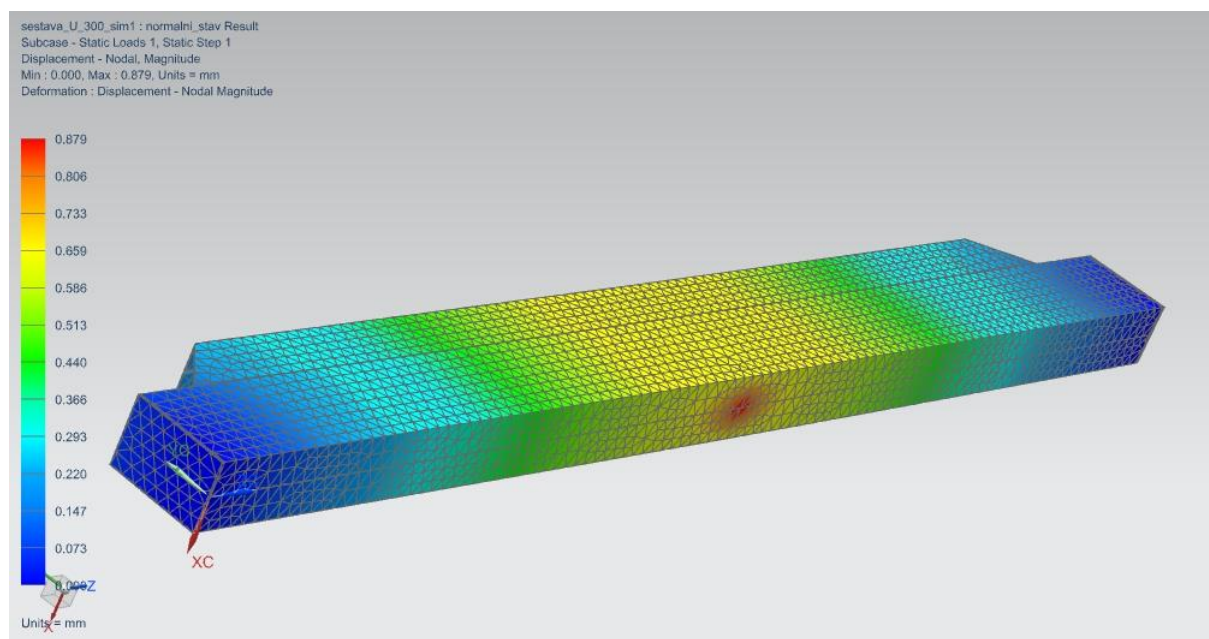
obr. 18, Sestava I-400 - ukázka simulace působícího napětí uprostřed sestavy. Analýza je zobrazena v režimu cubes.

Sestava U-300

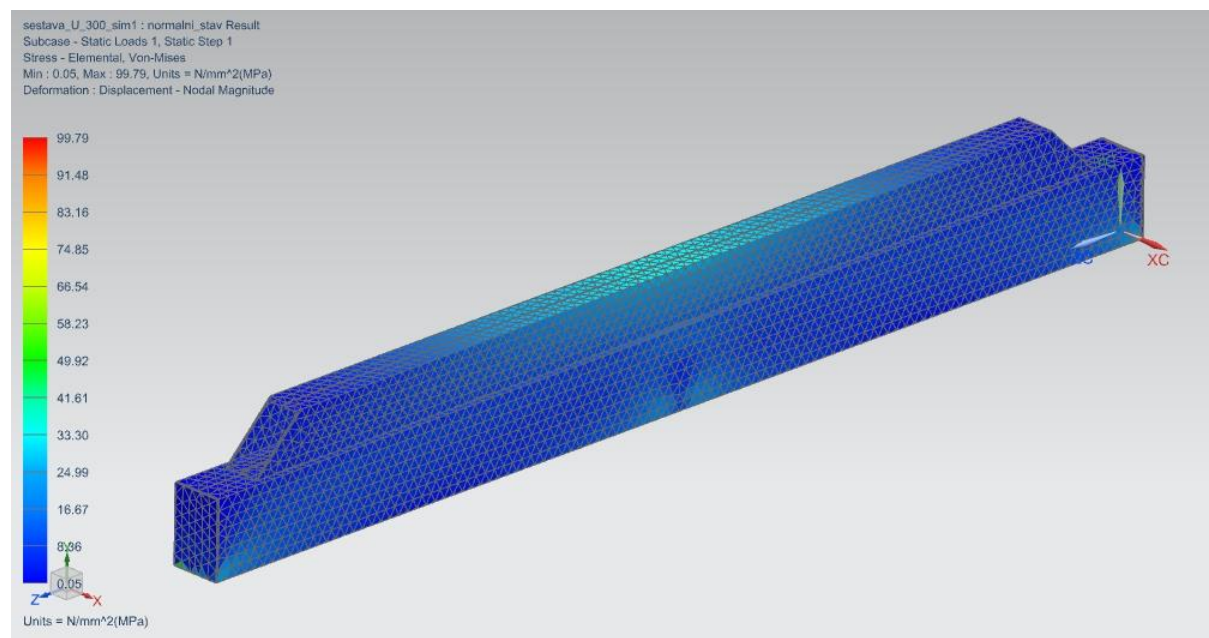
Zde byly použity profily tvaru „U“. Dvě traverzy U-300 a výztuhu tvořící dvě traverzy U-200. Konstrukce opět byla zatížena silou $F = 61803 \text{ N}$. Maximální napětí v ohybu u této konstrukce je $\sigma_o = 99,79 \text{ MPa}$ a průhyb $y = 0,879 \text{ mm}$. Vypočtené maximální hodnoty jsou zde pouze v jednom lokálním místě a to v místě působení zatěžující síly přesněji mezi spojením dvou traverz U-300. Důvodem je zeslabená stěna v místě dotyku dvou profilů díky rádiusu na každém profilu $R = 8 \text{ mm}$.



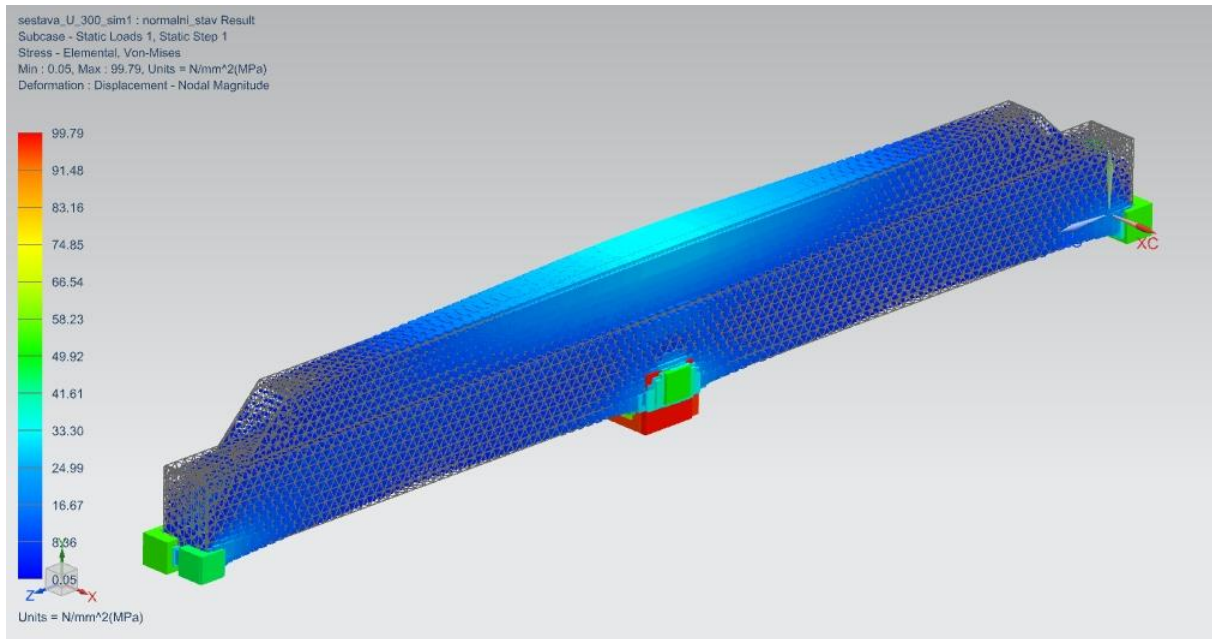
obr. 19, Sestava U-300 - simulace průhybu sestavy U-300 kterou tvoří dva profily U-300 a dva profily U - 200.



obr. 20, Sestava U-300 - simulace průhybu sestavy U-300 kterou tvoří dva profily U-300 a dva profily U - 200. Maximální průhyb je v jednom lokálním místě. V místě kde působí zatěžující síla. Zatěžující síla byla natolik velká a díky slabé stěně je průhyb v simulaci zobrazen v jednom lokálním místě.



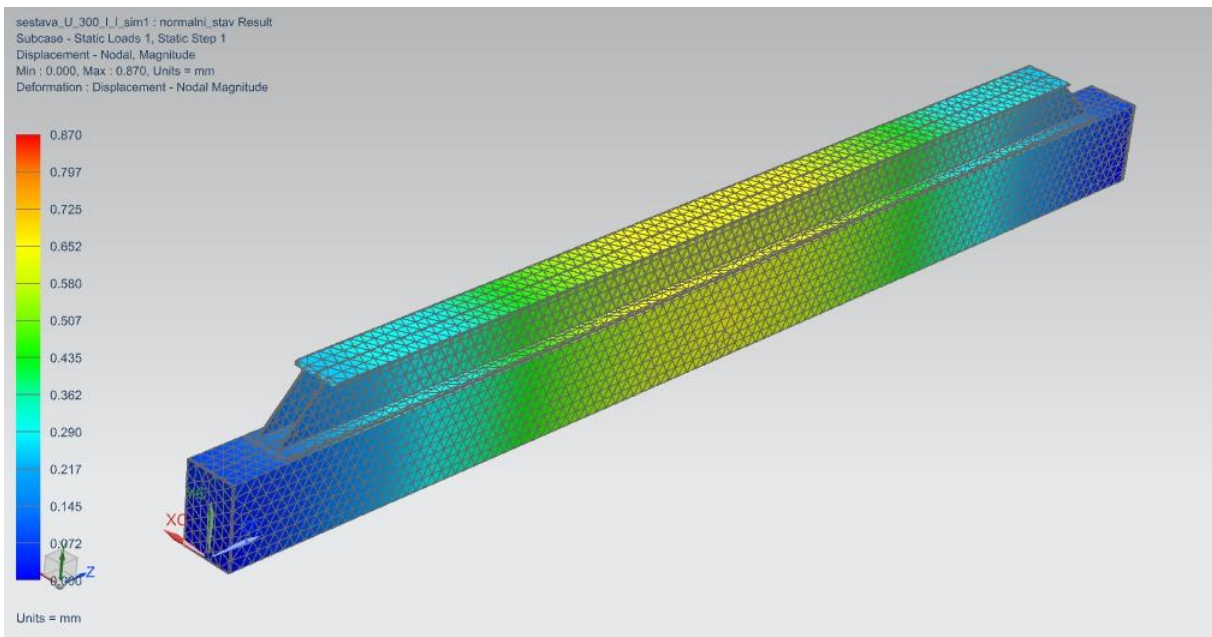
obr. 21, Sestava U-300 - ukázka simulace působícího napětí na sestavě U-300 tvoří dva profily U-300 a dva profily U - 200.



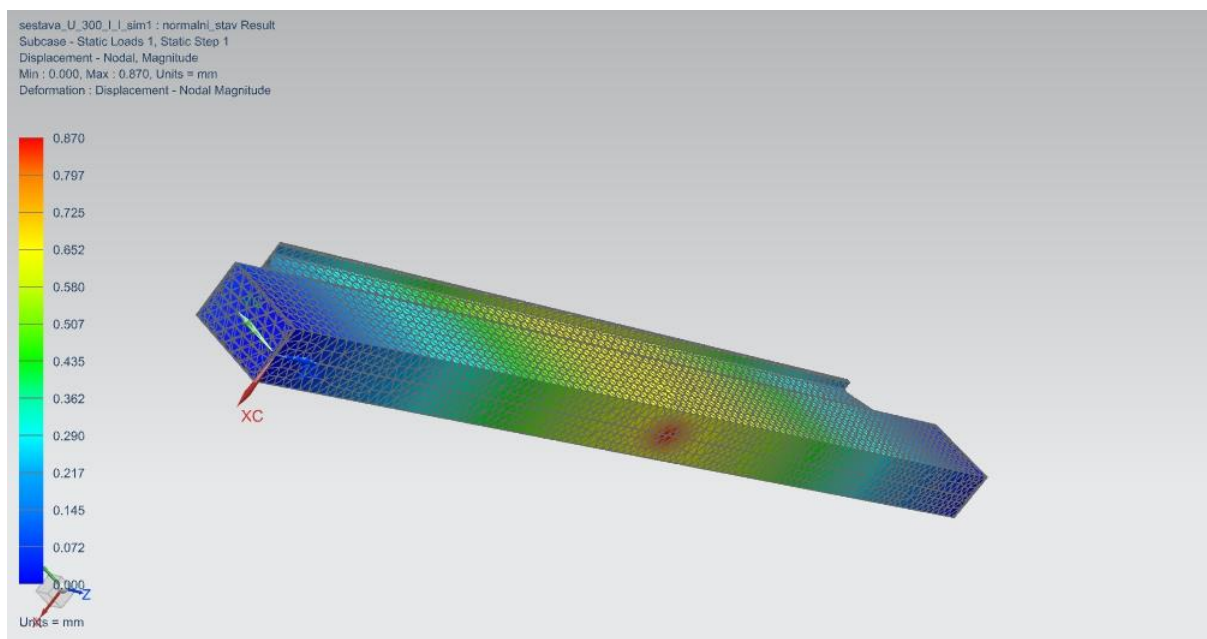
obr. 22, Sestava U-300 ukázka simulace působícího napětí. Analýza je zobrazena v režimu cubes.

Sestava U-300(UUII)

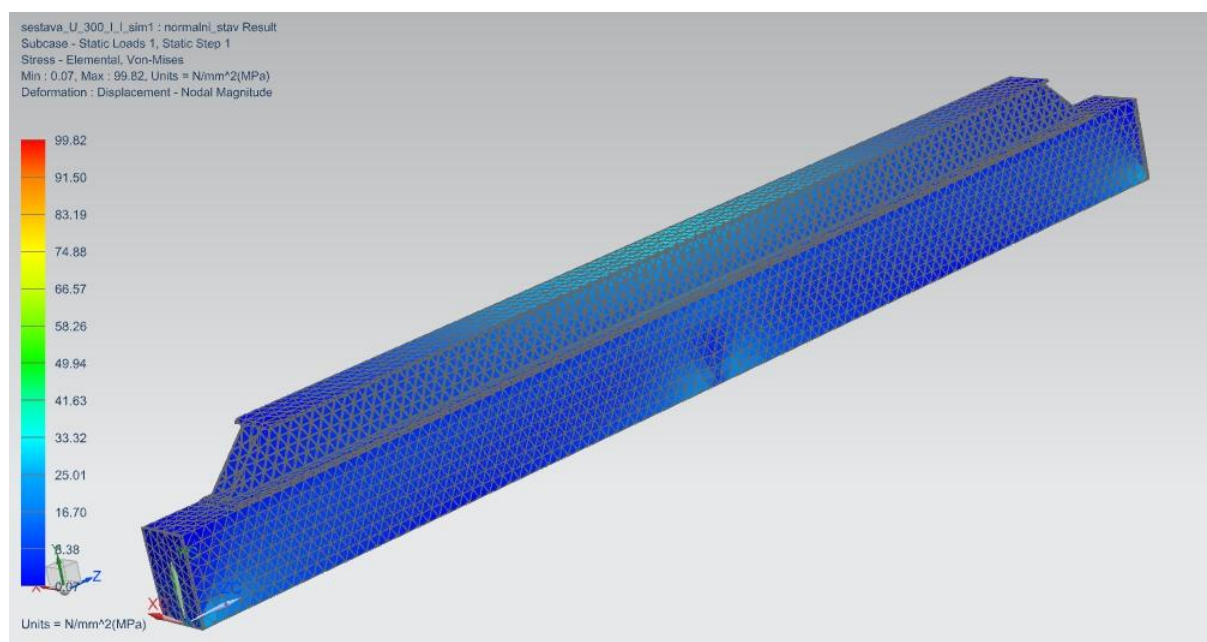
Analogie použitých profilů typu U-300 s výztuhou tvoří dva profily I-200 a stejnou zatěžující silou $F = 61803 \text{ N}$. Konstrukce má max. ohybové napětí $\sigma_o = 99,82 \text{ MPa}$ a průhyb $y = 0,870 \text{ mm}$. Vypočtené maximální hodnoty jsou zde pouze v jednom lokálním místě jako v předchozím případě u sestavy U-300 .



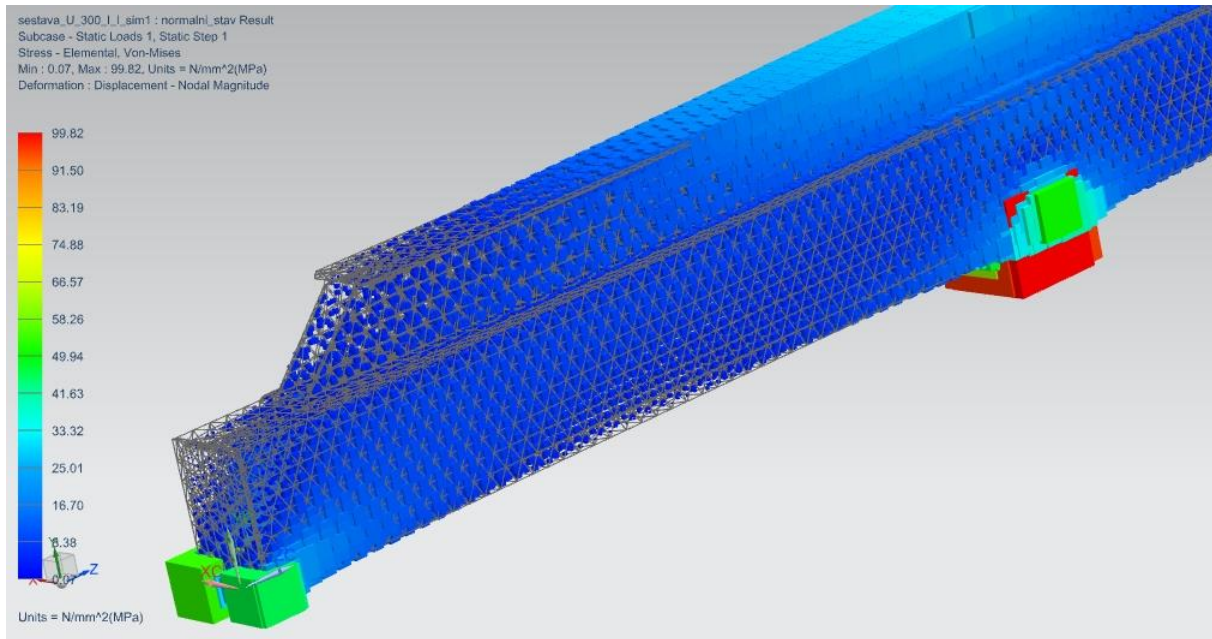
obr. 23, Sestava U-300(UUII) - simulace průhybu sestavy U-300(UUII) kterou tvoří dva profily U-300 a dva profily I - 200.



obr. 24, Sestava U-300(UUII) - simulace průhybu sestavy U-300(UUII) kterou tvoří dva profily U-300 a dva profily I - 200.



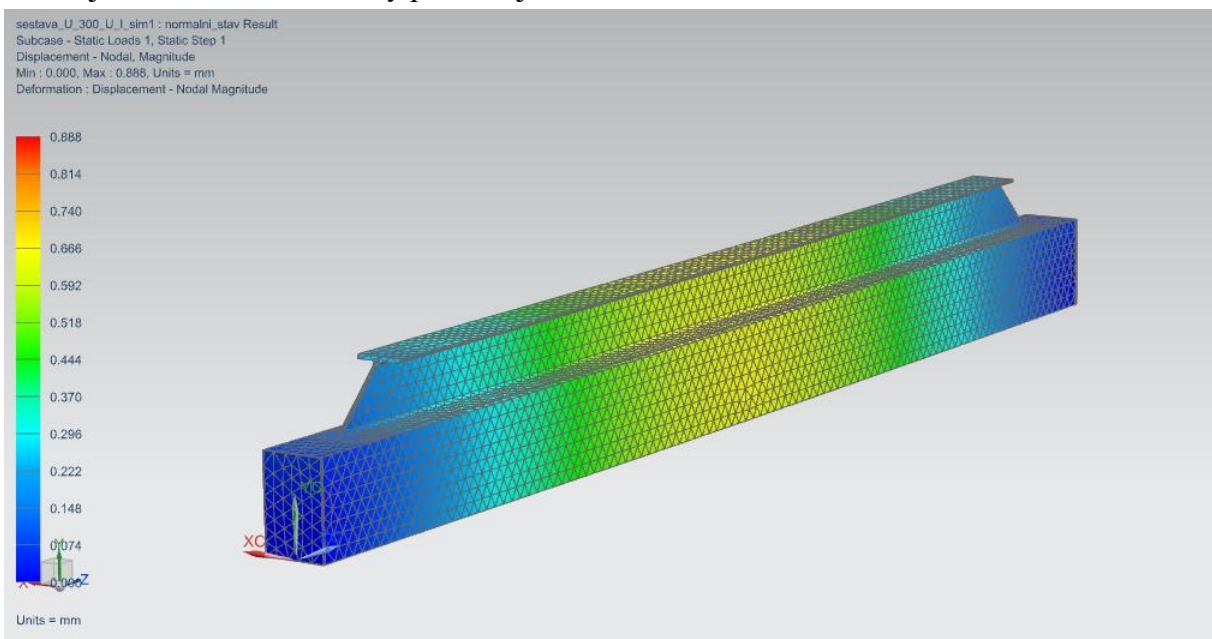
obr. 25, Sestava U-300(UUII) - ukázka simulace působícího napětí.



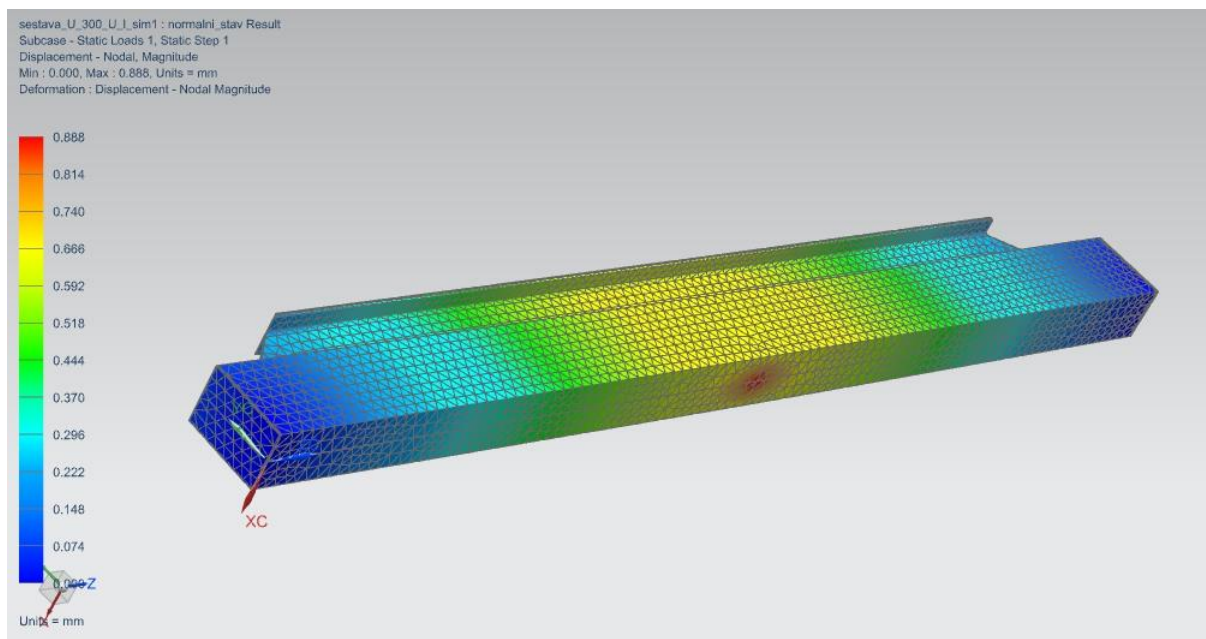
obr. 26, Sestava U-300(UUII) - ukázka simulace působícího napětí. Analýza je zobrazena v režimu cubes.

Sestava U-300(UI)

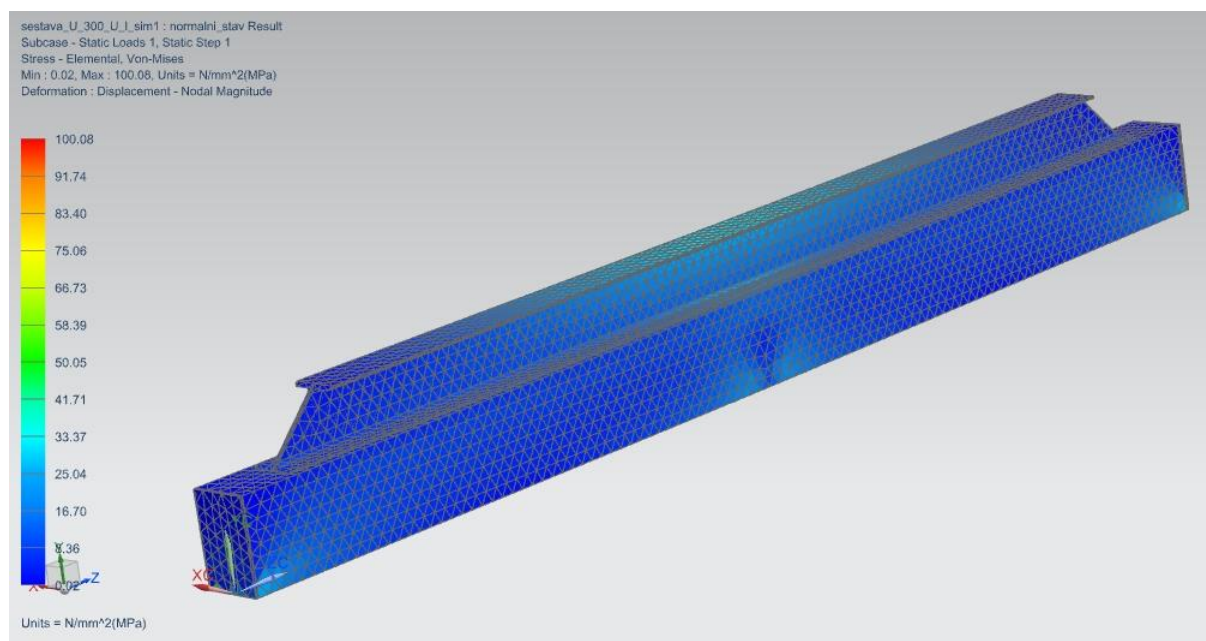
Konstrukci tvoří dva profily U-300 a dva profily U-200. Profily U-200 jsou otočeny k sobě větší plochou, aby tak vytvořily profil typu velké „I“. Konstrukce je zatížena silou $F = 61803 \text{ N}$ a hodnoty zde vypočtené jsou $\sigma_0 = 100,08 \text{ MPa}$ a $y = 0.888 \text{ mm}$. Díky dvěma profilům U-300 jsou maximální hodnoty pouze v jednom lokálním místě.



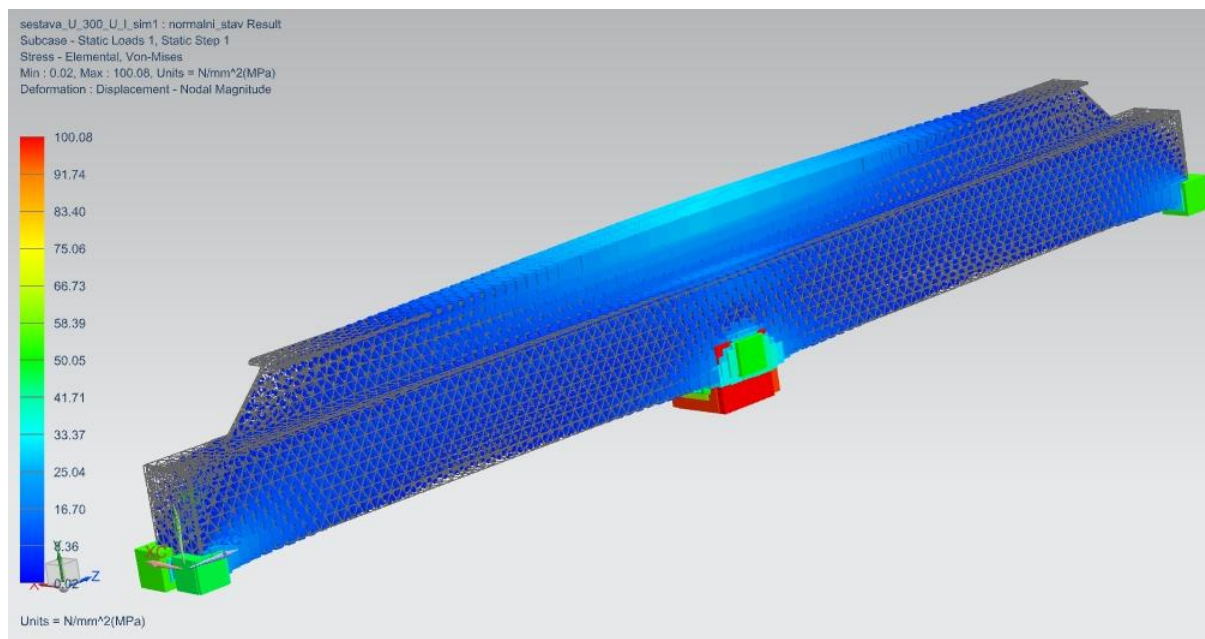
obr. 27, Sestava U-300(UI) - simulace průhybu sestavy U-300(UI) kterou tvoří dva profily U-300 a dva profily U - 200. Profily U-200 jsou otočeny k sobě větší plochou, aby tak vytvořily profil typu velké „I“.



obr. 28, Sestava U-300(UI) - simulace průhybu sestavy U-300(UI) kterou tvoří dva profily U-300 a dva profily U - 200. Profily U-200 jsou otočeny k sobě větší plochou, aby tak vytvořily profil typu velké „I“.



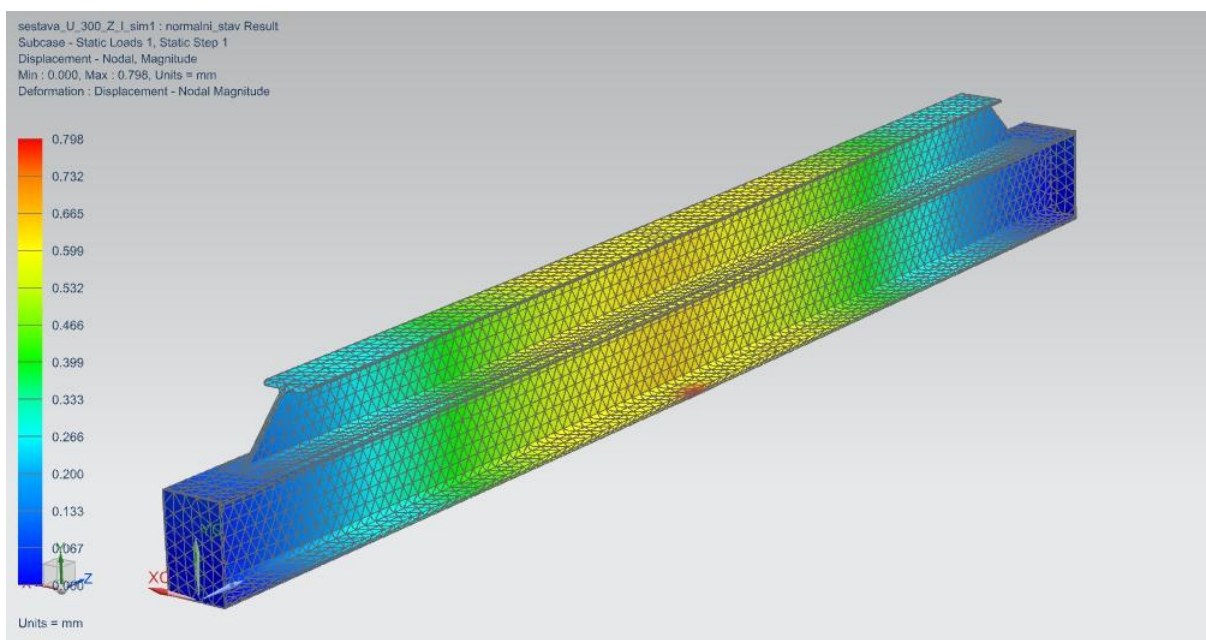
obr. 29, Sestava U-300(UI) - ukázka simulace působícího napětí na sestavě U-300(UI).



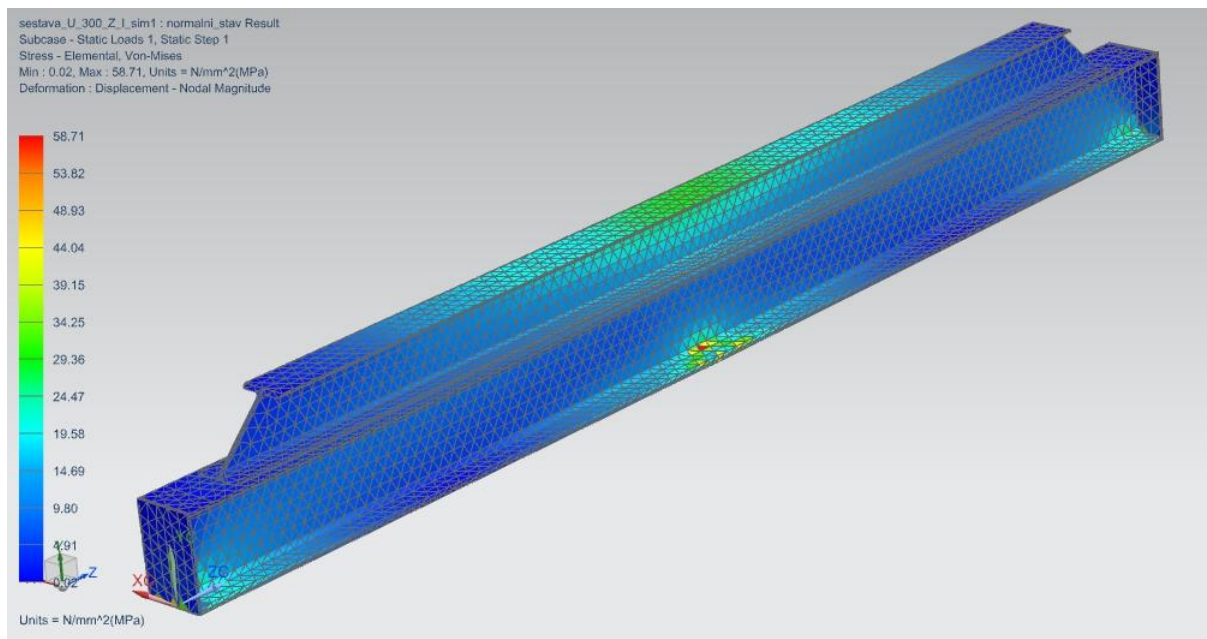
obr. 30, Sestava U-300(UI) - ukázka simulace působícího napětí. Analýza je zobrazena v režimu cubes.

Sestava U-300(II)

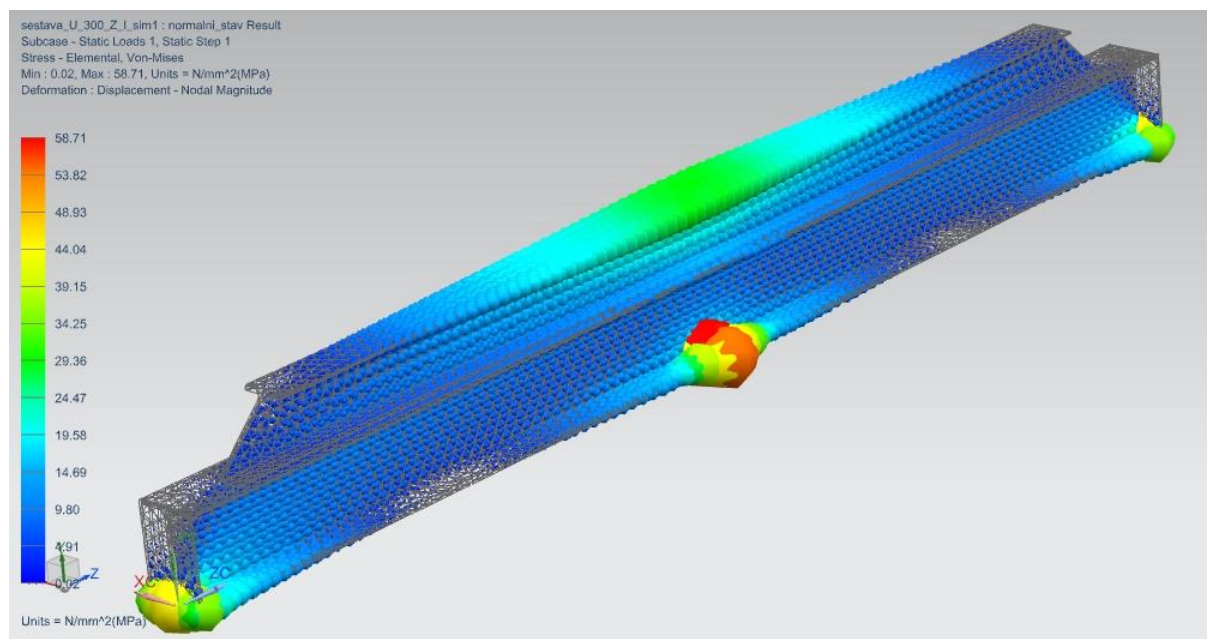
Konstrukci tvoří dva profily U-300 a dva profily U-200. Profily U-200 a U-300 jsou otočeny k sobě větší plochou, aby tak vytvořily profil typu velké „I“. Konstrukce je zatížena silou $F = 61803 \text{ N}$ a hodnoty zde vypočtené jsou $\sigma_0 = 58.71 \text{ MPa}$ a $y = 0.798 \text{ mm}$.



obr. 31, Sestava U-300(II) - simulace průhybu sestavy U-300(II) kterou tvoří dva profily U-300 a dva profily U - 200. Profily U-200 a U-300 jsou otočeny k sobě větší plochou, aby tak vytvořily profil typu velké „I“.



obr. 32, Sestava U-300(II) - ukázka simulace působícího napětí.



obr. 33, Sestava U-300(II) - ukázka simulace působícího napětí. Analýza je zobrazena v režimu speheres.

1.4 Orientační výpočet hmotnosti navrhnutých konstrukcí

Z tabulkových hodnot víme hmotnost 1m tyče v kg.

- U-300 → 46,2 kg na 1 m
- U-200 → 25,3 kg na 1 m
- I-400 → 92,4 kg na 1 m
- I-200 → 26,2 kg na 1 m

Výpočet hmotnosti

Sestava I-400

$$m_1 = (4,26 \cdot 92,4) \cdot 2 = 787,248 \text{ kg}$$

$$m_2 = (3,86 \cdot 26,2 - 2 \cdot 0,2 \cdot 26,2) \cdot 2 = 181,304 \text{ kg}$$

$$m = m_1 + m_2 = 968,552 \text{ kg} \approx 0,969 \text{ t}$$

Sestava U-300

$$m_1 = (4,26 \cdot 46,2) \cdot 2 = 393,624 \text{ kg}$$

$$m_2 = (3,86 \cdot 25,3 - 2 \cdot 0,2 \cdot 25,3) \cdot 2 = 175,076 \text{ kg}$$

$$m = m_1 + m_2 = 568,7 \text{ kg} \approx 0,569 \text{ t}$$

Sestava U-300(UUII)

$$m_1 = (4,26 \cdot 46,2) \cdot 2 = 393,624 \text{ kg}$$

$$m_2 = (3,86 \cdot 26,2 - 2 \cdot 0,2 \cdot 26,2) \cdot 2 = 181,304 \text{ kg}$$

$$m = m_1 + m_2 = 574,928 \text{ kg} \approx 0,575 \text{ t}$$

Sestava U-300(UI)

$$m_1 = (4,26 \cdot 46,2) \cdot 2 = 393,624 \text{ kg}$$

$$m_2 = (3,86 \cdot 25,3 - 2 \cdot 0,2 \cdot 25,3) \cdot 2 = 175,076 \text{ kg}$$

$$m = m_1 + m_2 = 568,7 \text{ kg} \approx 0,569 \text{ t}$$

Sestava U-300(II)

$$m_1 = (4,26 \cdot 46,2) \cdot 2 = 393,624 \text{ kg}$$

$$m_2 = (3,86 \cdot 25,3 - 2 \cdot 0,2 \cdot 25,3) \cdot 2 = 175,076 \text{ kg}$$

$$m = m_1 + m_2 = 568,7 \text{ kg} \approx 0,569 \text{ t}$$

1.5 Výběr konstrukce pomocí rozhodovací analýzy

Parametr systému	Kombinace systému				
	2x I-400 2x I-200	2x U-300 2x U-200	2x U-300 2x I-200	2x U-300(u) 2x U-200(I)	2x U-300(I) 2x U-200(I)
Napětí σ_0 [Mpa]	22,29	99,79	99,82	100,08	58,8
Hmotnost [t]	0,969	0,569	0,575	0,569	0,569
Výška systému [mm]	600	500	500	500	500
Max. průhyb [mm]	0,321	0,879	0,870	0,888	0,798
Cena ^[6] [Kč]	3747,2	3233	3274,4	3233	3233

tab. 1, Shrnutí parametrů v závislosti na typu konstrukce

Parametr systému	Kombinace systému				
	2x I-400 2x I-200	2x U-300 2x U-200	2x U-300 2x I-200	2x U-300(u) 2x U-200(I)	2x U-300(I) 2x U-200(I)
Napětí σ_0 [Mpa]	1	3	4	5	2
Hmotnost [t]	3	1	2	1	1
Výška systému [mm]	2	1	1	1	1
Max. průhyb [mm]	1	4	3	5	2
Cena ^[6] [Kč]	3	2	1	2	2
Σ	10	11	12	14	8

tab. 2, Výběr konstrukce pomocí rozhodovací analýzy

Do tab. 2 doplníme parametr 1-5 tak, že porovnáme hodnoty doplněné v tab. 1

1 → optimální, 5 → pesimální

Jako optimální varianta konstrukce splňující požadavky se jeví sestava U-300(II) jak z hlediska rozměrů, hmotnosti, ceny, napětí a vyrobitelnosti. Sestava I-400 podle rozhodovací tabulky byla na druhém místě avšak její charakteristiky pro napětí a průhyb byli o mnohem lepší než pro sestavu U-300(II) avšak rozdíly hodnot jsou minimální. Pro další konstrukci volím sestavu U-300(II) která podle rozhodovací analýzy vyšla nejlépe.

Základní rozměry konstrukce:

$$l = 4260\text{mm} = 4,26\text{m}$$

$$\text{mat. ČSN 11373.0} \rightarrow E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_o = 58,8 \text{ MPa}$$

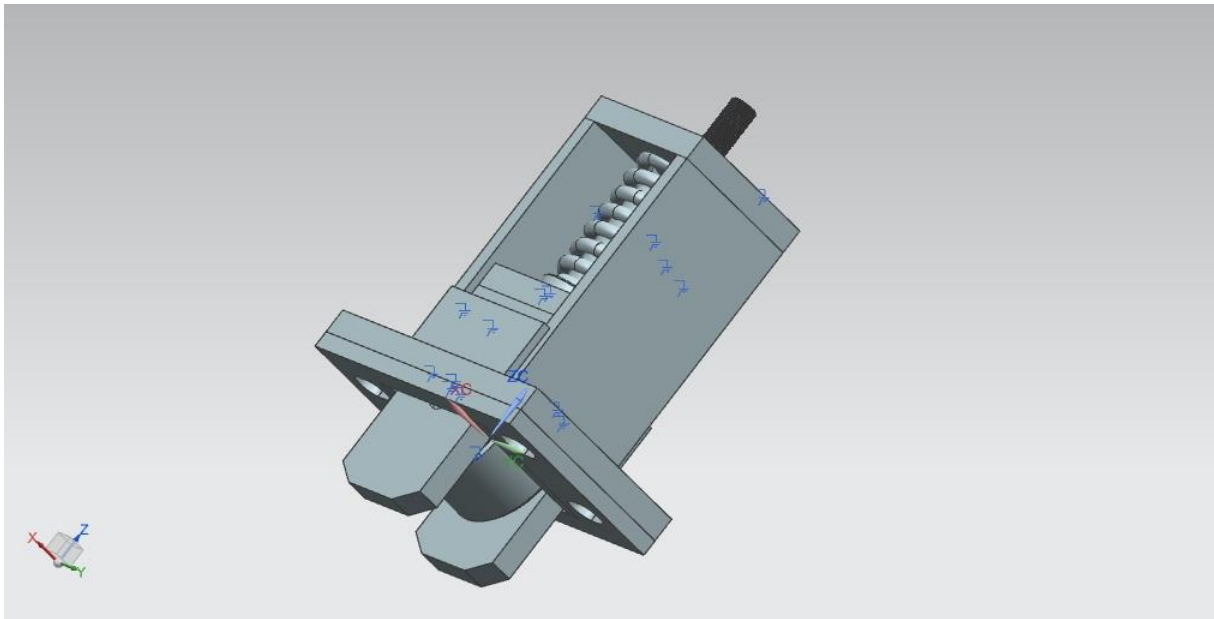
$$y_{\max} = 0,798 \text{ mm}$$

$$m = 568,7 \text{ Kg} \approx 0,569 \text{ t}$$

2 Pojezdový systém traverzy

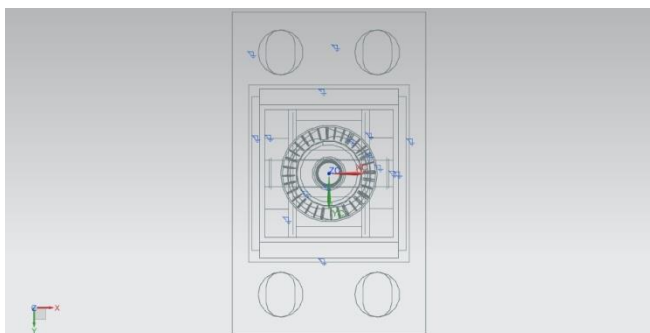
2.1 Schéma a popis pojezdu

V další kapitole své práce bych se chtěl věnovat pojezdu traverzy. Původní pojezdy traverzy byli obdobné s tím rozdílem, že byli nepohyblivé. Kolo bylo zavařené a celé to bylo přivařené ke konstrukci traverzy. Jak je vidět na Obr. 7 a Obr. 8. Nové řešení se skládá ze dvou částí pevné části- skříně a posuvné části- vidličky. V posuvné části nám pohyb umožňuje vidlička, která se opře o doraz a tlačná pružina: PRUŽINA HENLICH 94/2/2 - NEREZ (d8, d50,Lo112) s tuhostí $k = 53.17$ nám zajistí zase posuv zpět. Velikost stlačení závisí na velikosti dorazu. Jde o mezeru, která se vytvoří mezi dorazem a horním víkem skříně. V modelovém případě se pružina může maximálně stlačit o 13 mm.

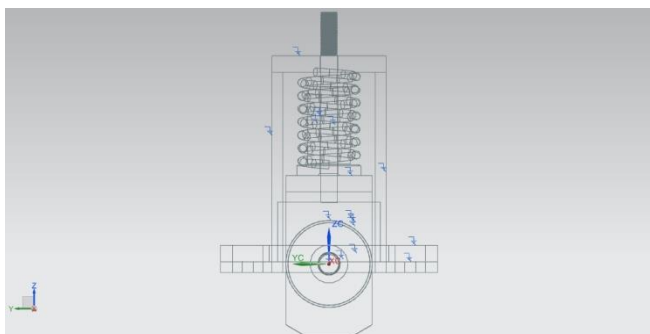


obr. 34, Pojezdový mechanismus zdvihací traverzy.

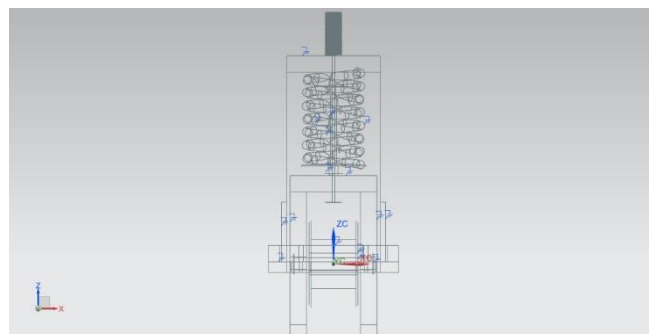
Na následujících stránkách mé bakalářské práce bych Vám chtěl ukázat jaké napětí a stlačení pružiny je dosahováno při simulaci provozních podmínek pojezdu.



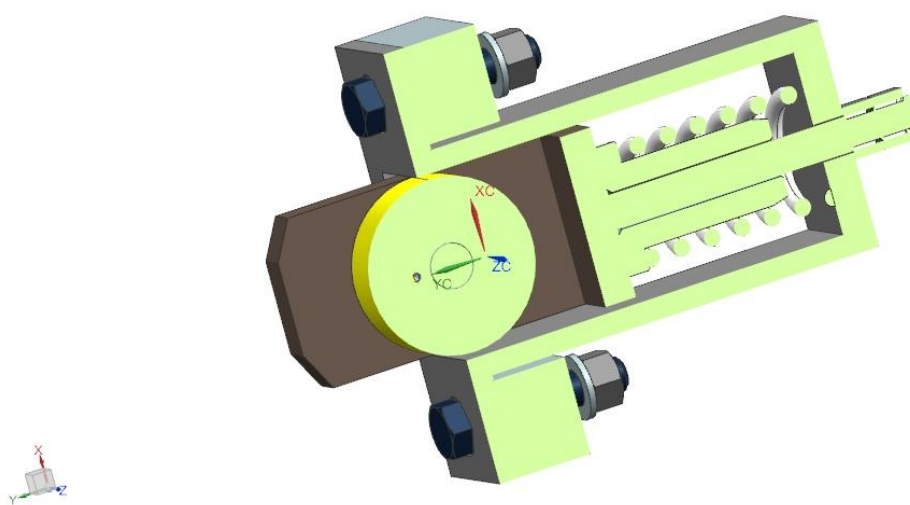
obr. 35, Pohled zdola.



obr. 36, Pohled zepředu



obr. 37, Pohled zleva

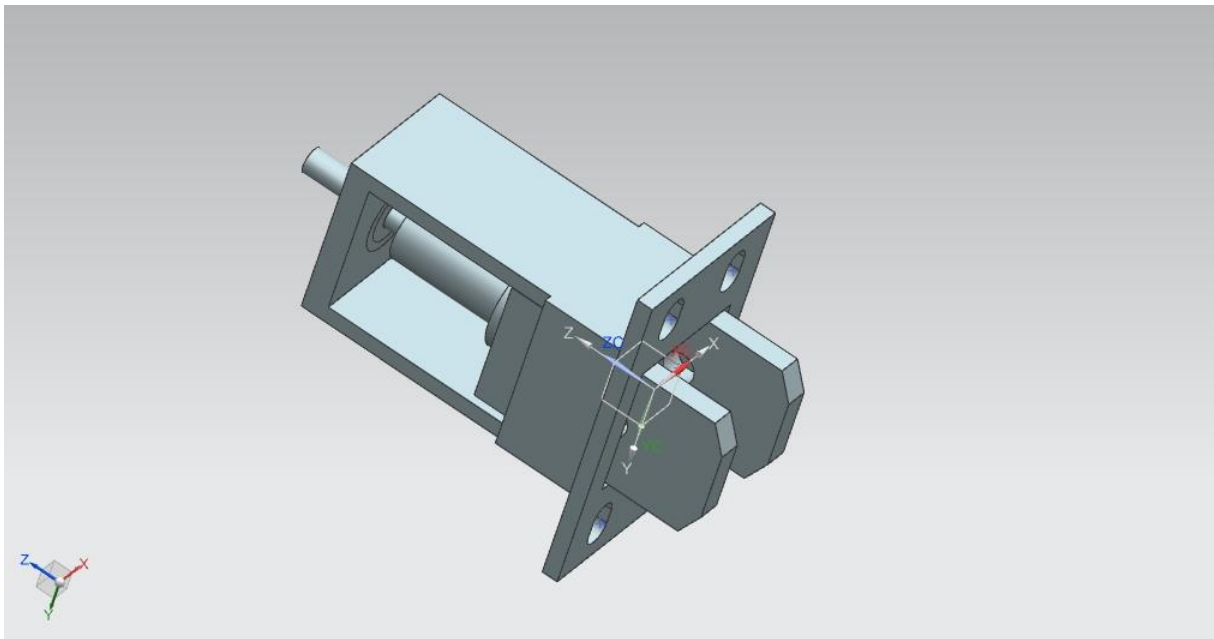


obr.34a, 3D model pojezdu v řezu.

Idealizace geometrie

V několika následujících kapitolách bych chtěl přiblížit MKP výpočet domečku a simulaci stlačení pružiny. Hned prvním bodem je idealizace geometrie to nám dává možnost vytvořit kvalitní síť konečných prvků a správně definovat okrajové podmínky je silně ovlivněna geometrii výpočtového modelu. Abychom mohli dosáhnout dobrých výsledků, je zapotřebí provést úpravu geometrie, tzv. idealizace geometrie. Ta se provádí v souboru idealizovaného partu pomocí idealizačních nástrojů, nebo modeláře NX. Ještě před zahájením idealizace samotné je zapotřebí vytvořit asociativní kopii upravovaného tělesa pomocí funkce Link Body, nebo Promote a až poté lze provádět úpravy.

Pro úpravu geometrie jsem použil nástroj Idealize Geometry, který patří mezi nejčastěji používané idealizační nástroje. Slouží k zjednodušení geometrie výpočtového modelu odstraněním prvků, které nijak významně neovlivní výsledek výpočtové analýzy. Například odstraněním pro výpočet nepodstatných otvorů, sražení a rádiusů lze snáz vygenerovat síť konečných prvků, nedochází ke zbytečnému navýšení počtu elementů a díky tomu je výpočtový čas kratší. Prvky lze z modelu odebrat manuálním výběrem, popřípadě lze využít automatizovaný výběr děr a rádiusů menších, než je definovaná mez.



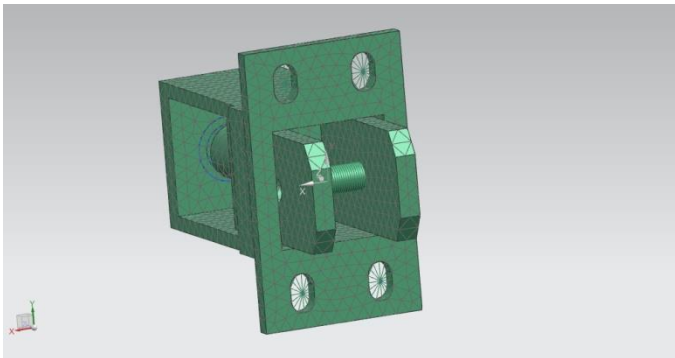
obr. 38, Idealizovaný model pojezdu.

Materiálový model

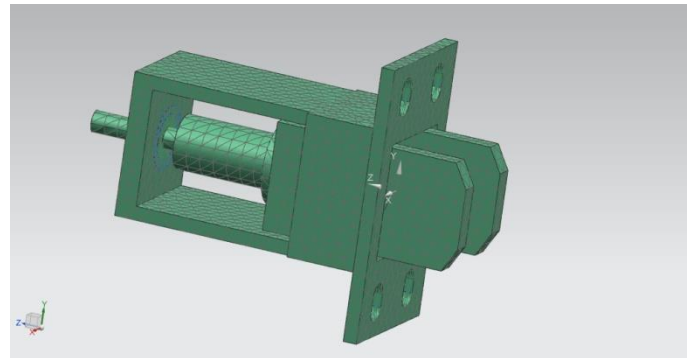
Nedílnou součástí konečno-prvkové analýzy je přiřazení materiálových vlastností geometrie, nebo síti konečných prvků. To provádíme volbou materiálu z předdefinované knihovny, nebo manuálním vložením materiálu do systému. Nesprávná definice materiálu vede k chybnému řešení. Proto je vždy nutné si pro konkrétní typ konečno-prvkové úlohy uvědomit, o jaký typ materiálu se jedná, a podle toho zvolit správný typ materiálu s materiálovými vlastnostmi odpovídajícími reálným hodnotám. Pro model pojezdu jsem zvolil materiál ocel, předdefinovaný v knihovně programu.

Sít' konečných prvků

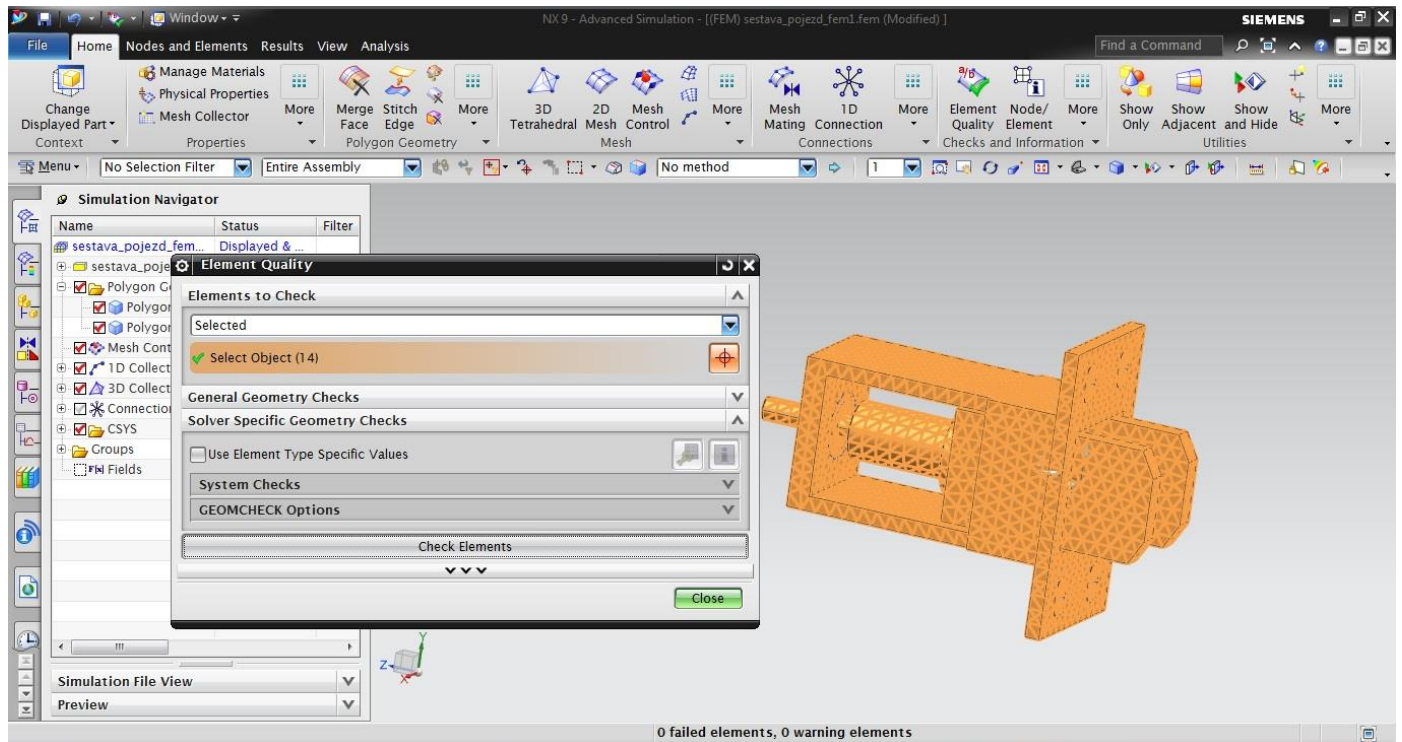
Sít'ování výpočtového modelu spočívá v jeho rozdělení na konečný počet geometricky jednoduchých prvků, tak aby co možná nejlépe vyplňovala objem výpočtového modelu. Generování sítě lze ovlivnit definováním velikosti elementů v bodech, na křivkách, hranách, plochách a v objemu pomocí nástroje Mesh Control. Výsledné síť konečných prvků lze spojovat pomocí podmínky Mesh Tating Condition a to buď spojením na sobě ležících uzlů, nebo pomocí přechodových elementů. Pro svou úlohu jsme, z hlediska tvaru a dimenze součásti, zvolil síťování pomocí 3D tetrahedral a 1D mesh.



obr. 39, Sít'ovaný model.



obr. 40, Sít'ovaný model.

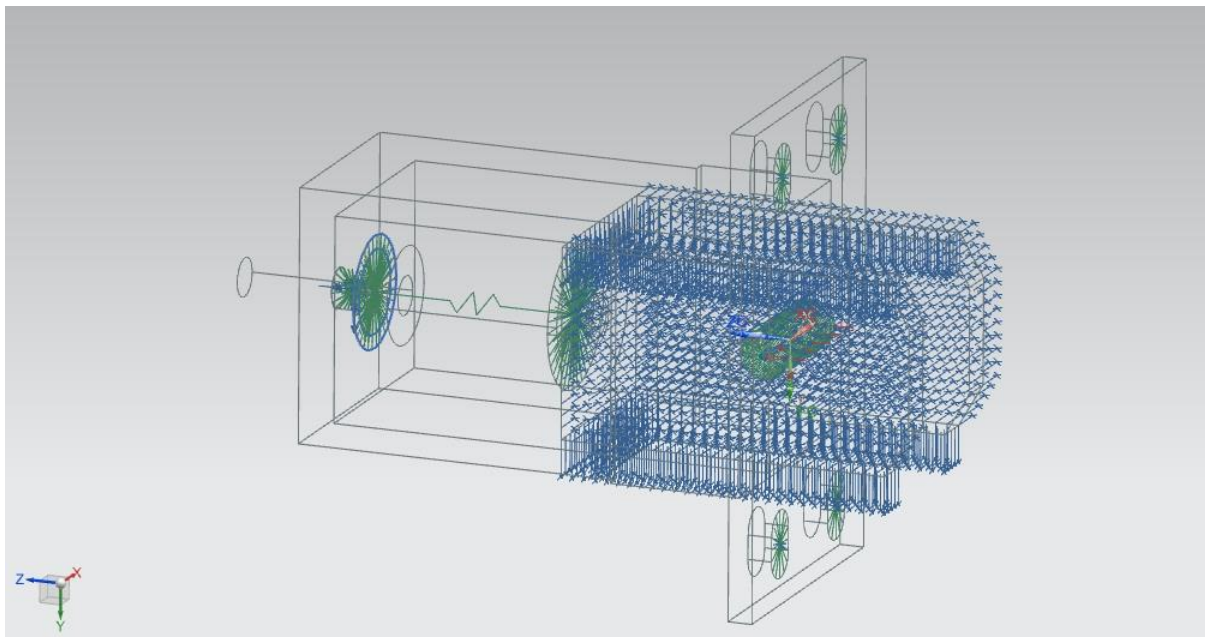


obr. 41, Kontrola kvality síťovaného modelu.

Okrajové podmínky

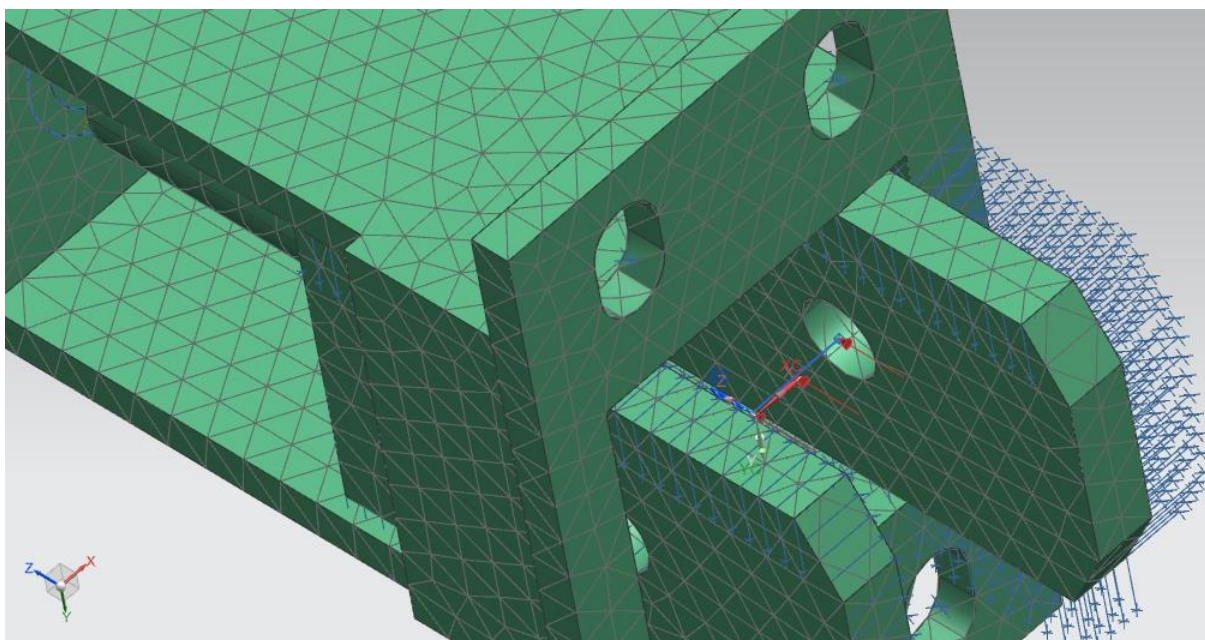
Volba okrajových podmínek patří mezi nejdůležitější a zároveň nejnáročnější části výpočtové analýzy. Jen se správně nadefinovanými podmínkami se můžeme dopracovat ke správnému výsledku.

Pro pojezd jsem definoval tyto okrajové podmínky. Uložení vidličky na bočnicích a horních a dolních plochách kvůli správnému vedení. Použil jsem funkci User Defined Constraint. Dále pro vedení čepu horním víkem byla použita funkce Manual Coupling. Pro úplné ukotvení součásti ve víku v dírách pro šrouby byla použita funkce Fixed Constraint.

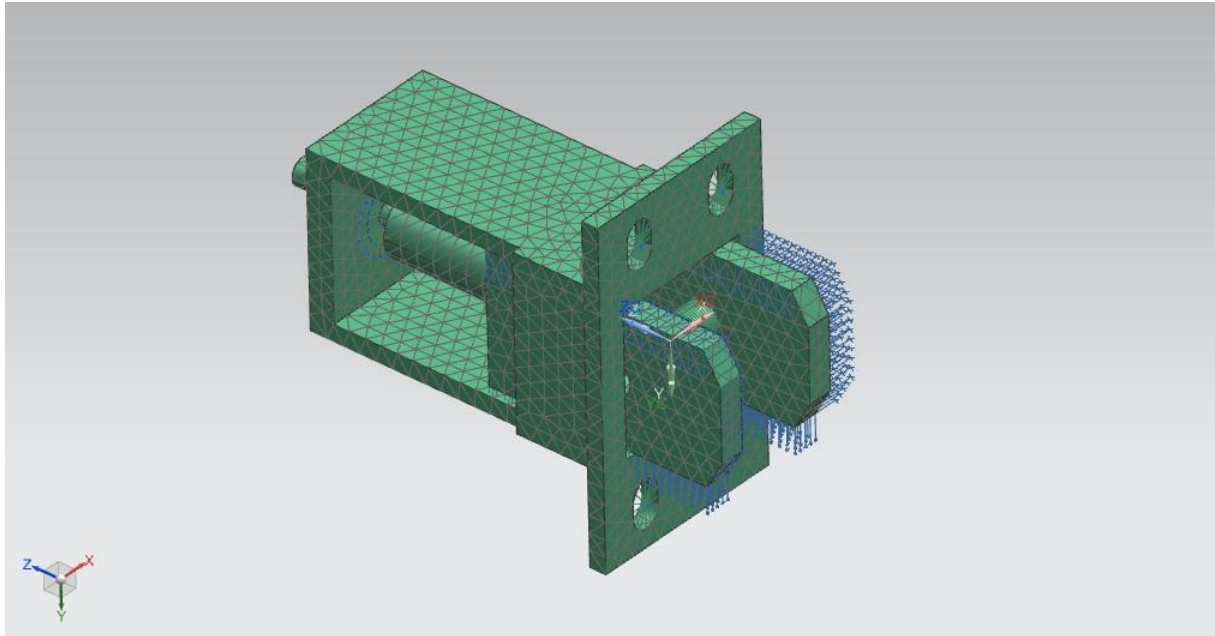


obr. 42, Okrajové podmínky.

Zatížení silou je stanoveno ve směru stlačení pružiny. Velikost 250 N je odvozena z pracovních podmínek a prostředí kde traverza působí. Je to pouze pracovní zatížení nikoliv havarijní, nebo bezpečnostní.



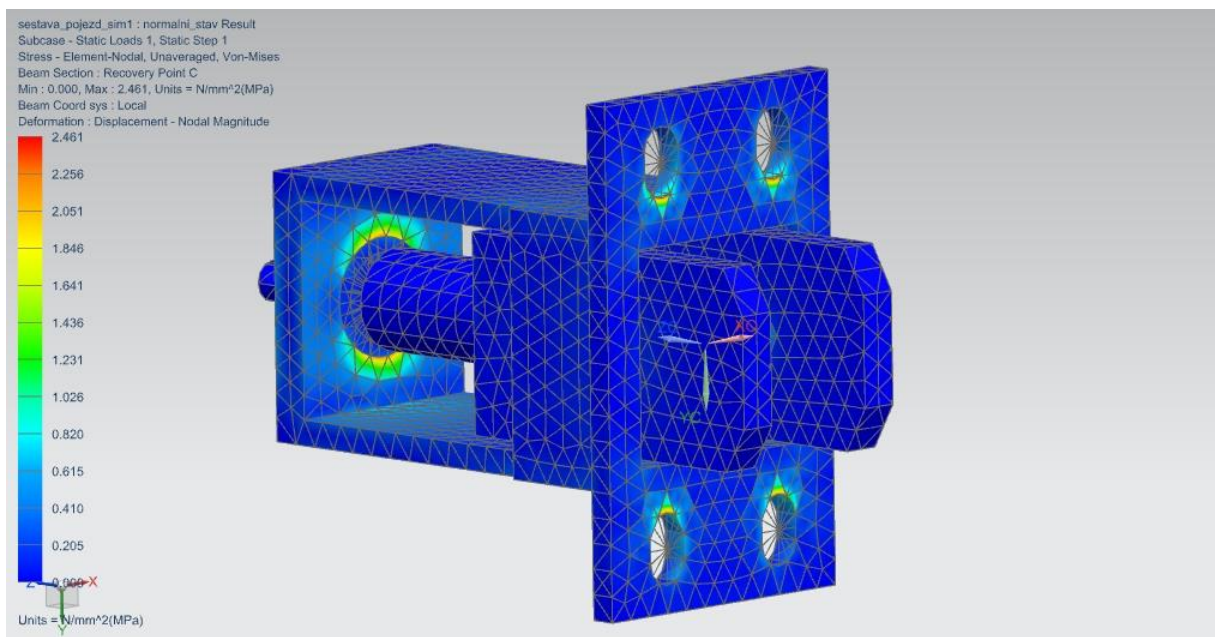
obr. 43, Zatížení F působící ve směru stlačení pružiny. Velikost zatížení je $F = 250\text{N}$.



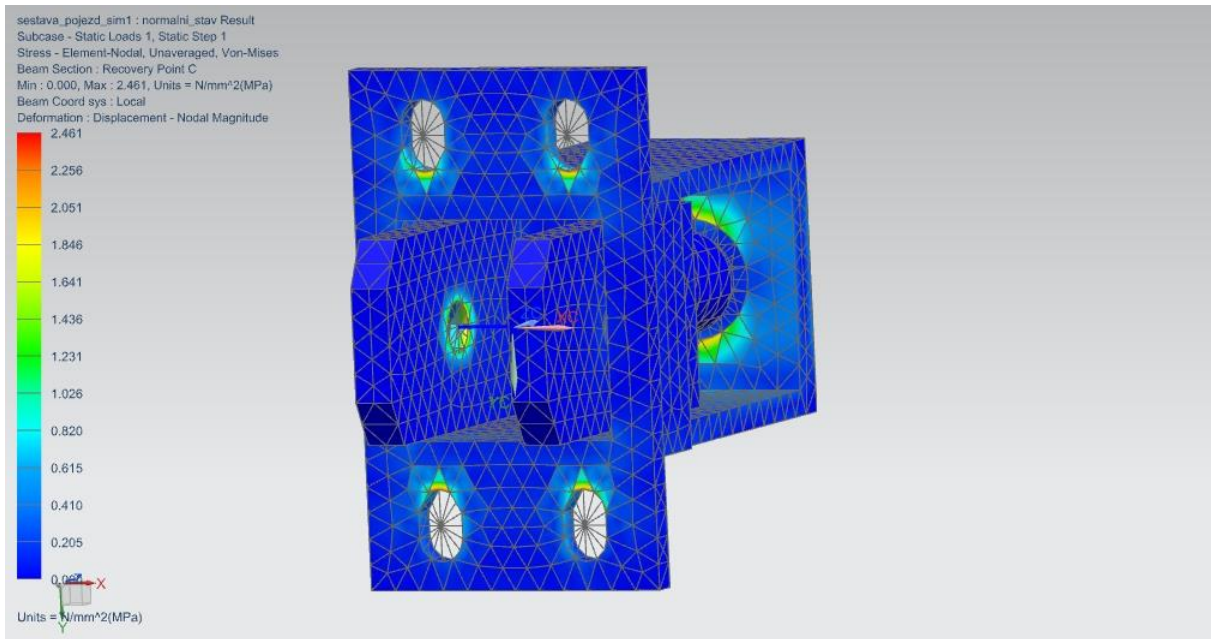
obr. 44, Výpočtový model.

Výpočet a vyhodnocení simulace

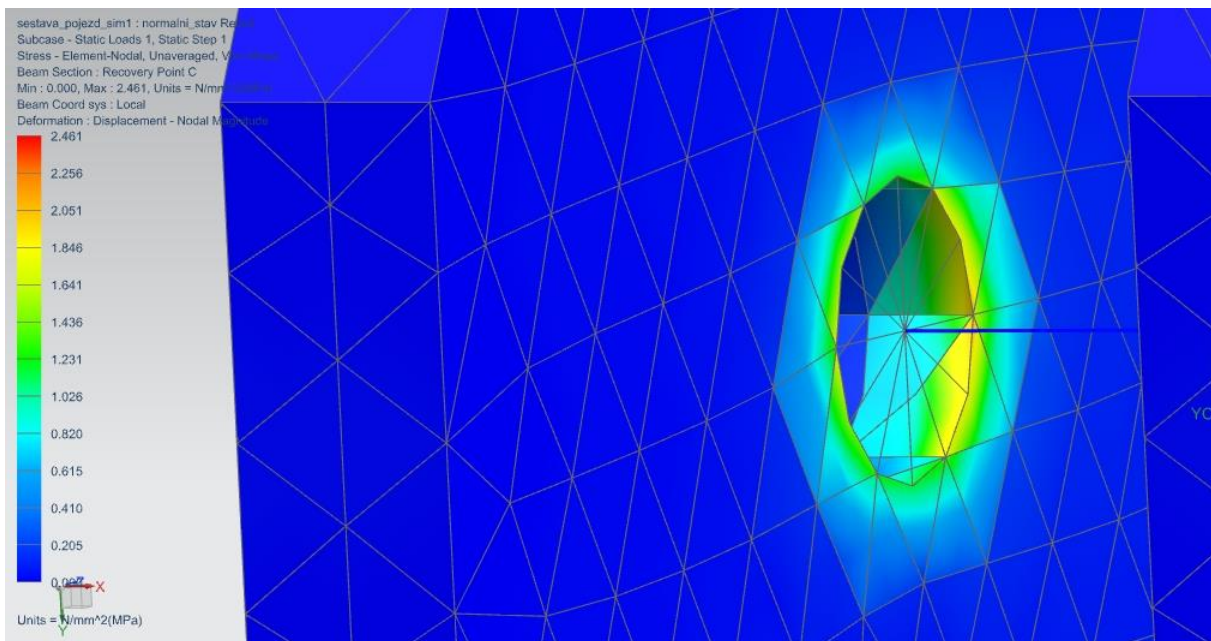
Z výsledků simulace jsou patrná kritická místa a koncentrace napětí. Je patrné z obrázku, že koncentrace napětí působí nejvíce u děr na šrouby čili šrouby, kterými je pojezd přišroubován k traverze. Dalším místem je místo, kde se opírá pouzdro při stlačení pružiny. Ovšem ani jedno z napětí není kritické a jedná se pouze o provozní napětí. Dochází pouze k mírné elastické deformaci materiálu.



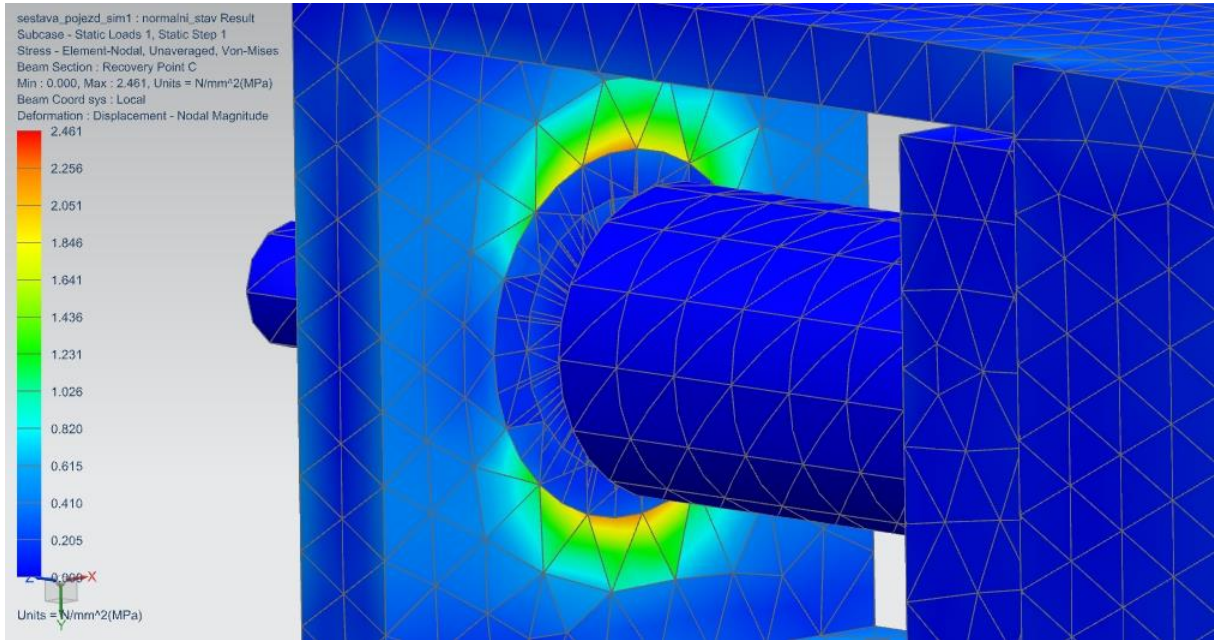
obr. 45, Rozložení napětí, napětí vzniká hlavně v domečku od stlačení pružiny, v ose čepu a otvorech pro šrouby.



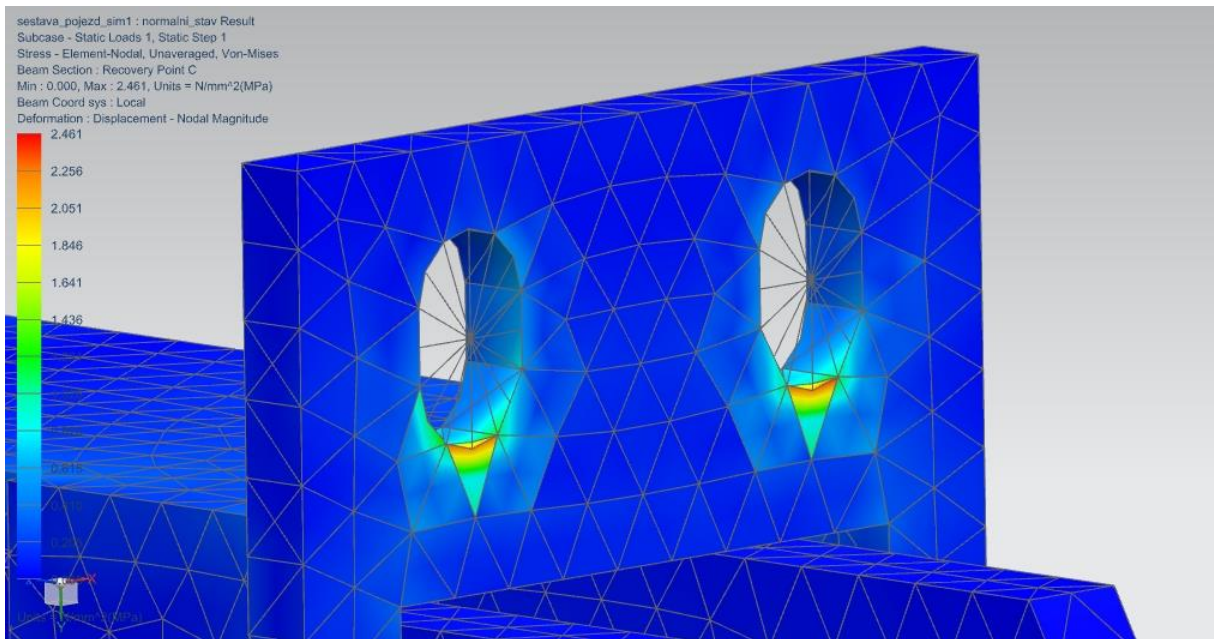
obr. 46, Rozložení napětí modelu v místech působení pružiny, osy, čepu a v otvorech pro šrouby.



obr. 47, Rozložení napětí, detail místa kde je osa čepu uchycující kolo pojezdu.



obr. 48, Rozložení napětí, detail místa kde se stlačuje pružina.



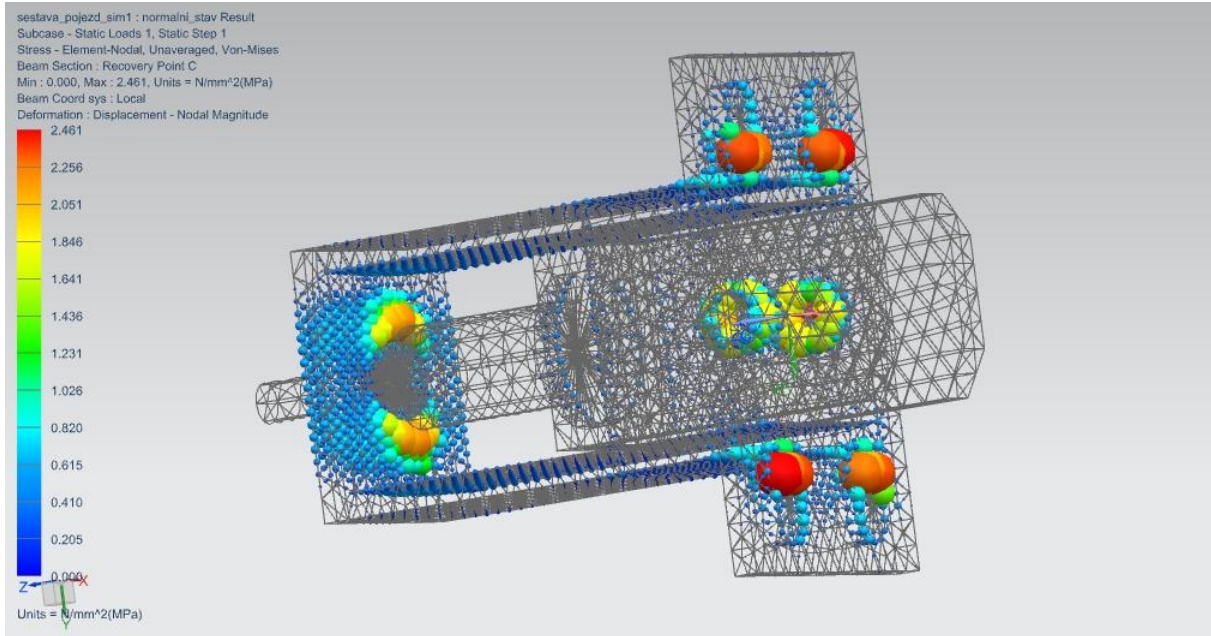
obr. 49, Rozložení napětí, detail otvorů pro šrouby.

Maximální napětí je $\sigma = 2,461 \text{ MPa}$, mez kluzu oceli $11373.0 \rightarrow Re = 300 \text{ Mpa}$

Kontrola na bezpečnost

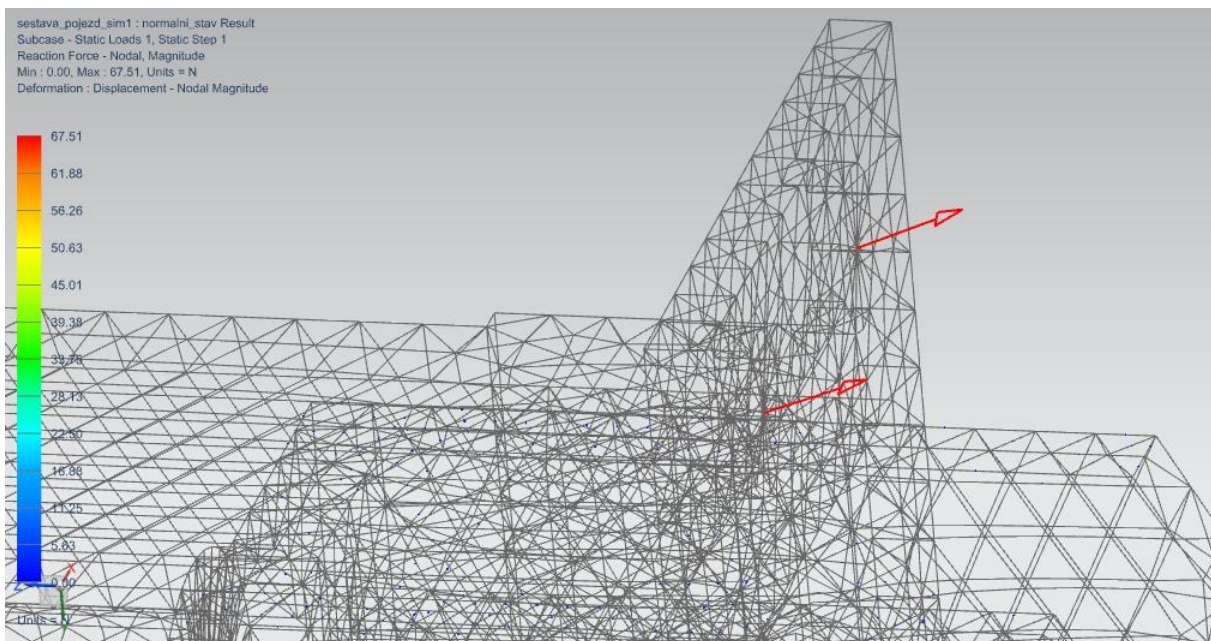
$$k_k = \frac{\sigma_k}{\sigma} = \frac{300}{2,461} = 191,9$$

Je patrné, že aby výsledné napětí bylo nebezpečné muselo by být mnohonásobně větší. Při kontrole na bezpečnost nám bezpečnost vyšla skoro 200 a to znamená, že pro provozní podmínky je pojezd absolutně předimenzován.

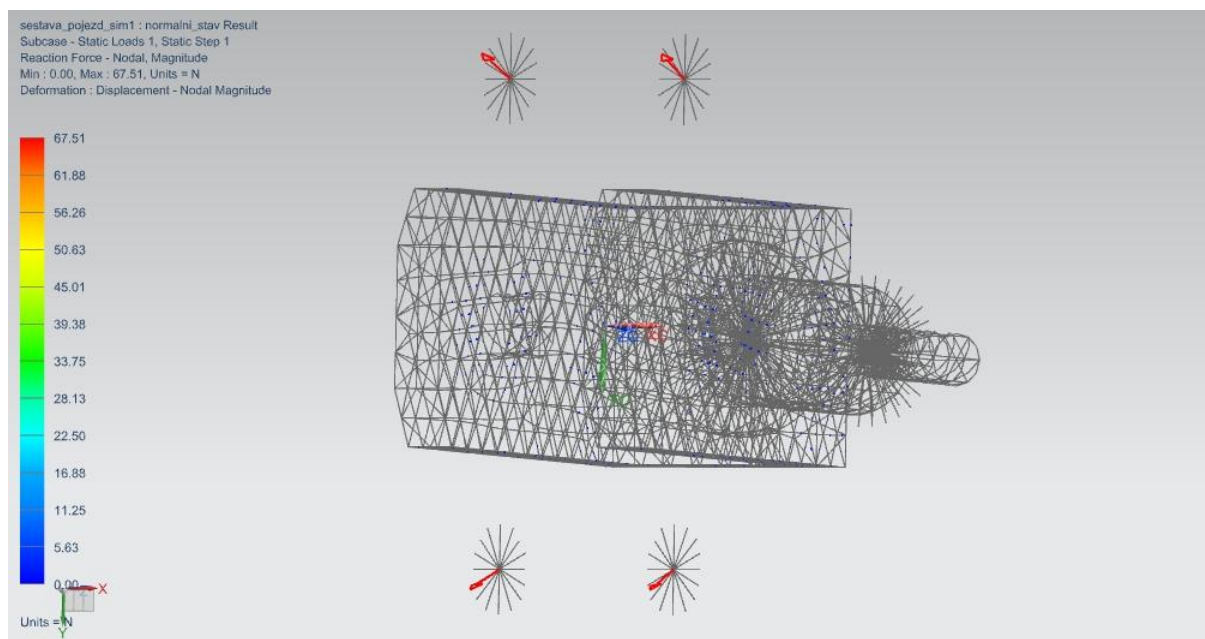


obr. 50, Rozložení napětí, zobrazení simulace metodou spheres.

Reakce ve vazbách

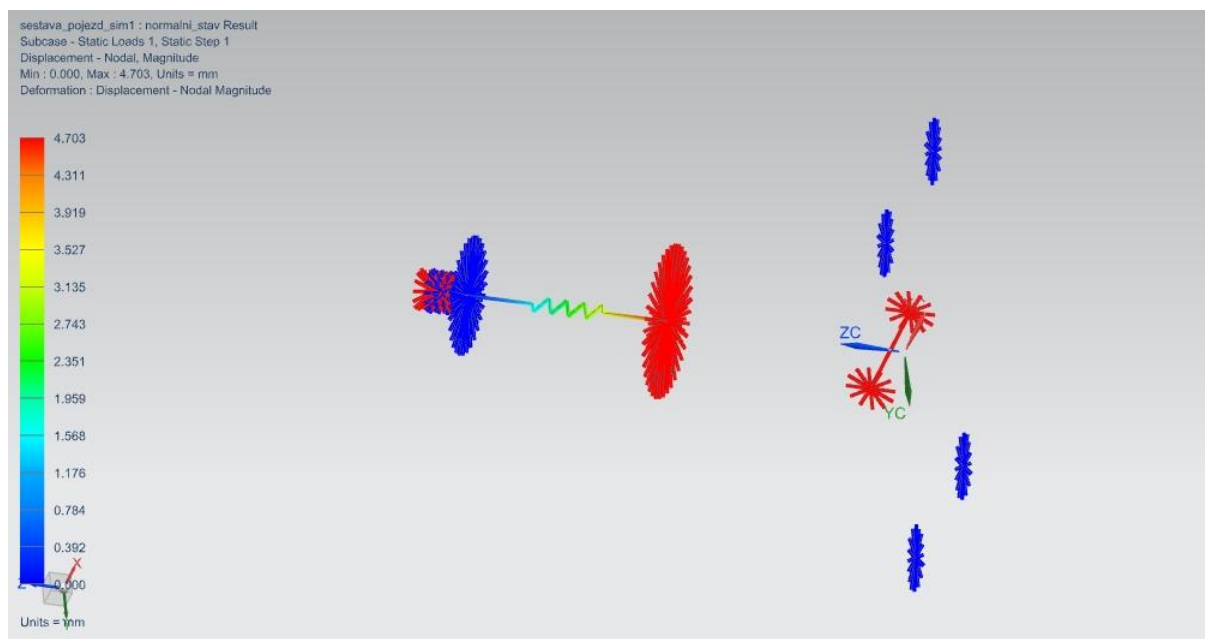


obr. 51, Reakce ve vazbách v otvorech pro šrouby.



obr. 52, Reakce ve vazbách v otvorech pro šrouby.

Stlačení pružiny



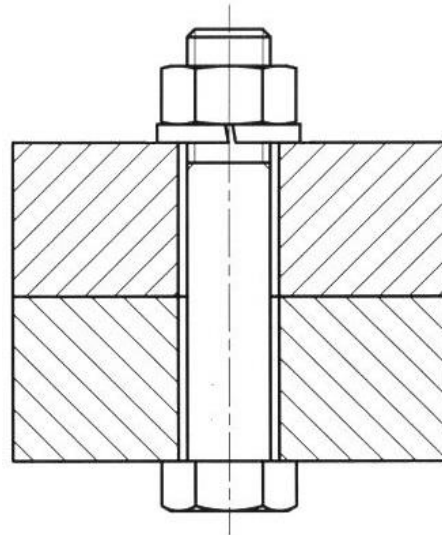
obr. 53, Stlačení pružiny schématické zobrazení simulace.

Na obrázku č. 53 je vidět simulace stlačení pružiny při 250 N což je síla odpovídající provozní síle. Pružina se stlačí pouze o 4,703 mm.

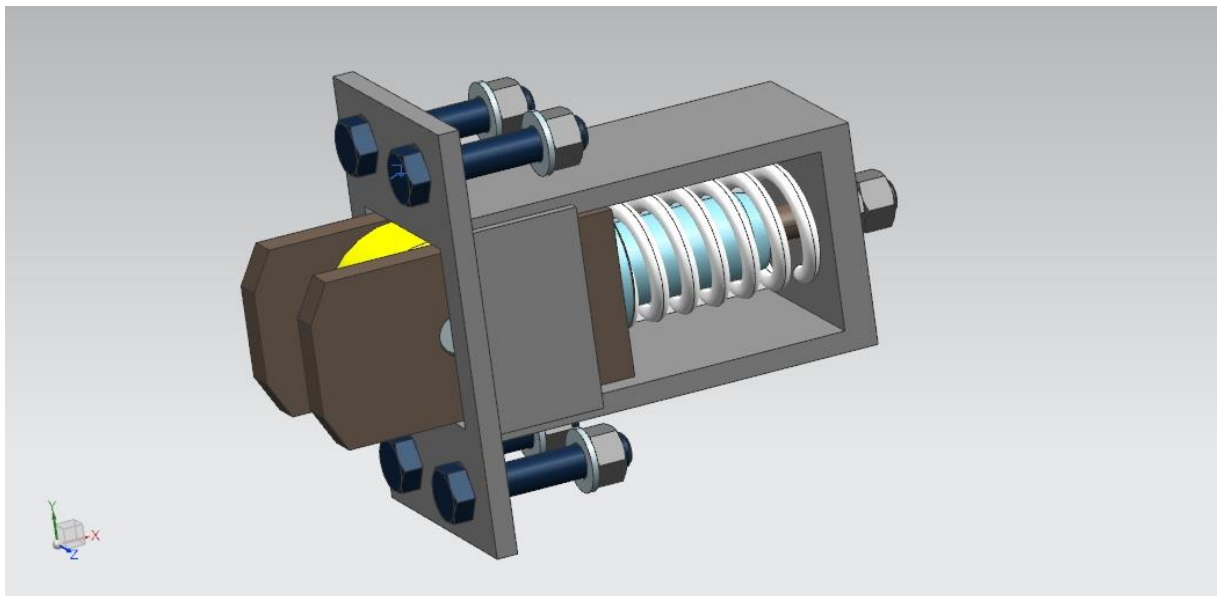
2.2 Montáž pojezdu k traverze

Další otázkou je, jak bude pojezd připevněn k traverze. Nejjednodušším řešením je pojezd k traverze přišroubovat. Takto byl připevněn pojezd už v minulosti. Pojezd bude tedy upevněn šroubovým spojem. Při montáži budou použity čtyři šrouby se šesti hranou hlavou s velikostí závitu M16 se stoupáním 1.

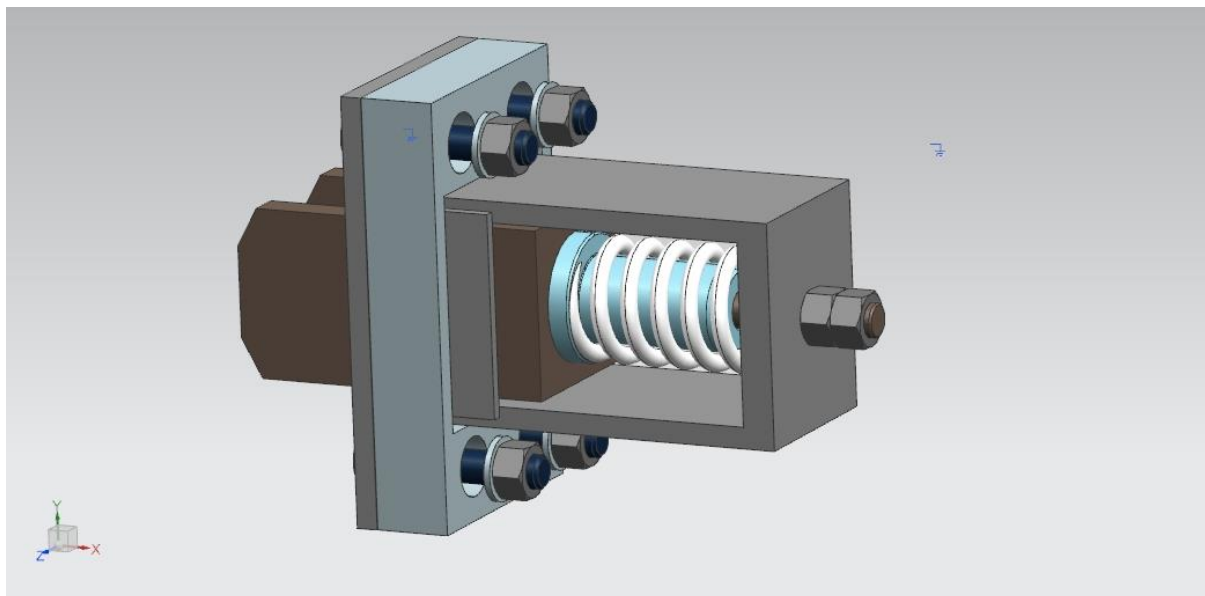
Pojezd bude tedy k traverze přišroubován. Uchycen bude k bočnici na traverze, která bude přivařena na bok traverzy ještě před montáží pojezdu. Na ilustračním obrázku vpravo vidíme šroubový spoj a na následujícím obrázku je už vidět celá sestava pojezdu a šrouby. Na následujících obrázcích bude vidět jak pojezd je přišroubován k traverze.



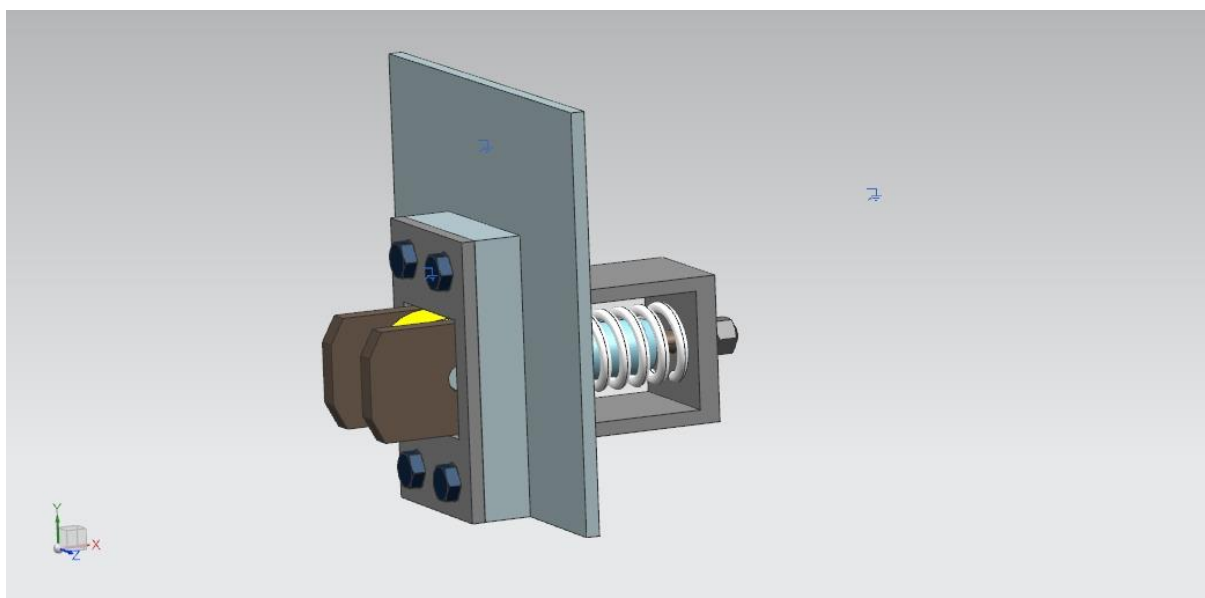
obr. 54^[11], Ilustrační obr. šroubového spoje.



obr. 55, Ukázka pojezdu vymodelovaného v programu NX 9.

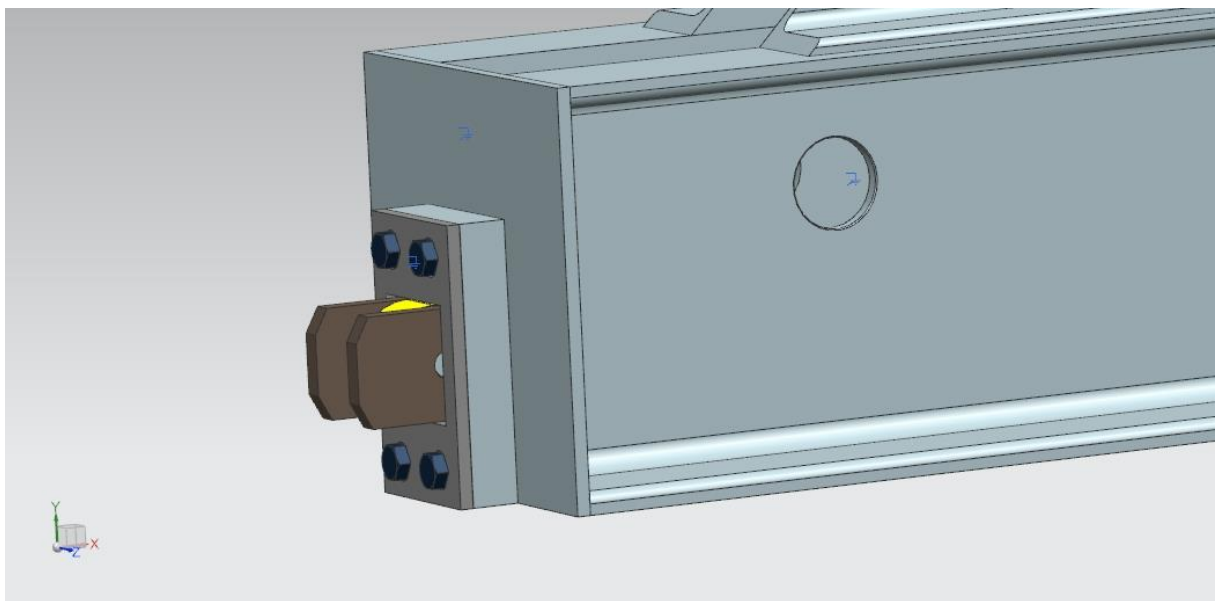


obr. 56, Model pojezdu

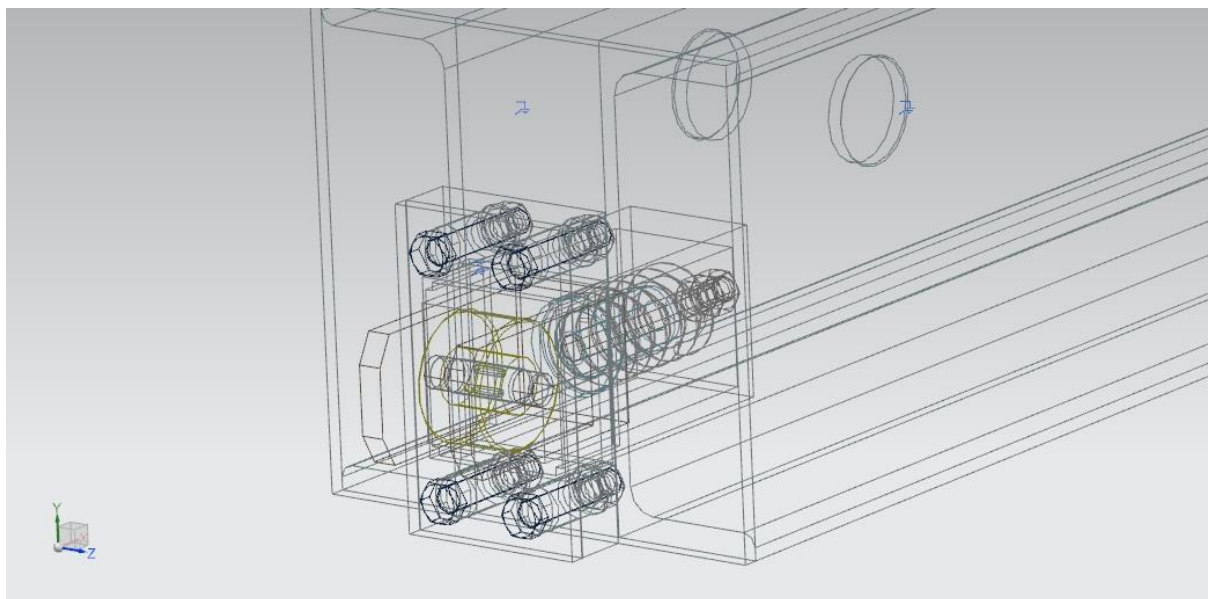


obr. 57, Model pojezdu s bočnicí

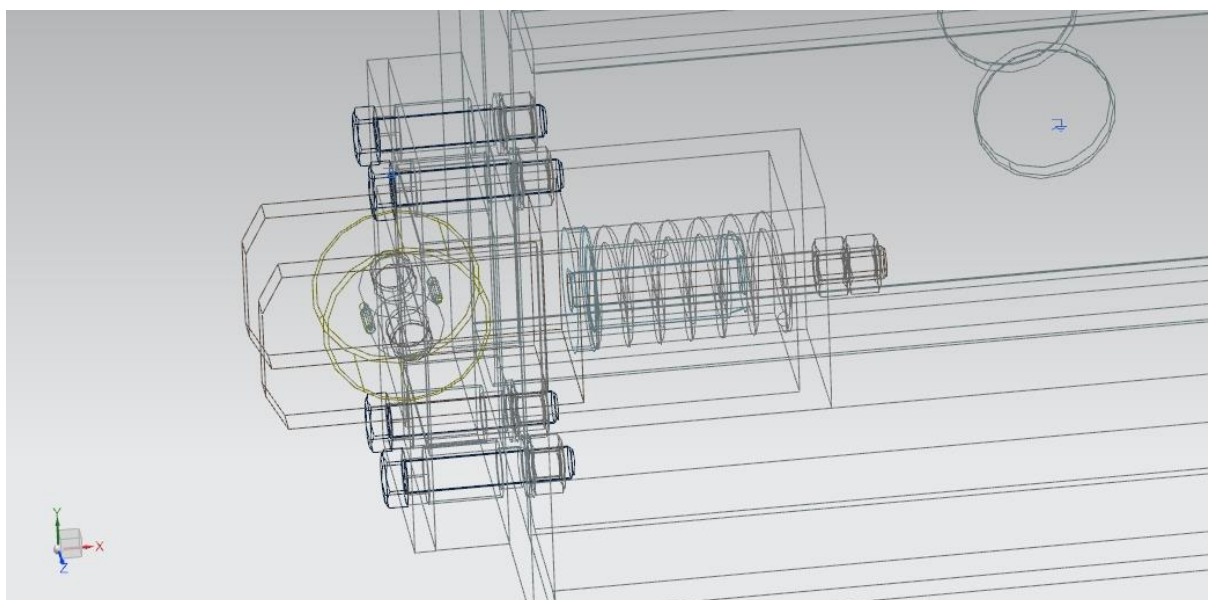
Na obrázku č. 57 vidíme sestavu pojezdu uchycenou k bočnici. Tato bočnice bude přivařena na bok traverzy. Mezi traverzami je mezera o velikosti šířky háku. $L = 105$ mm. Tato mezera nám umožní, aby se do ní vešel pohodlně domeček pojezdu, a zároveň nám umožní to, že šroubové spoje budou mít matice s vnitřní strany. Kdyby montéři měli problém při montáži a pojezd jim nešel přišroubovat, mohou matice dát z venkovní strany. Orientace šroubu funkčnost pojezdu nijak neovlivní, a proto bude na montérech, jaký způsob zvolí a který jim bude pohodlnější.



obr. 58, Ukázka boku traverzy



obr. 59, Drátový průřez pojezdu a boku traverzy



obr. 60, Drátový průřez pojezdu a boku traverzy

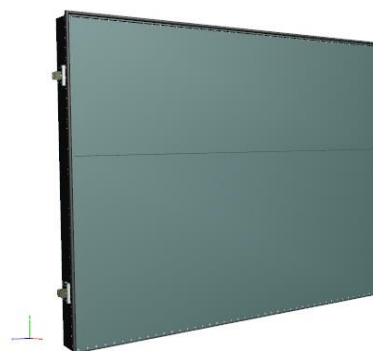
3 Nosný systém traverzy

3.1 Uchycení tabulového hradidla

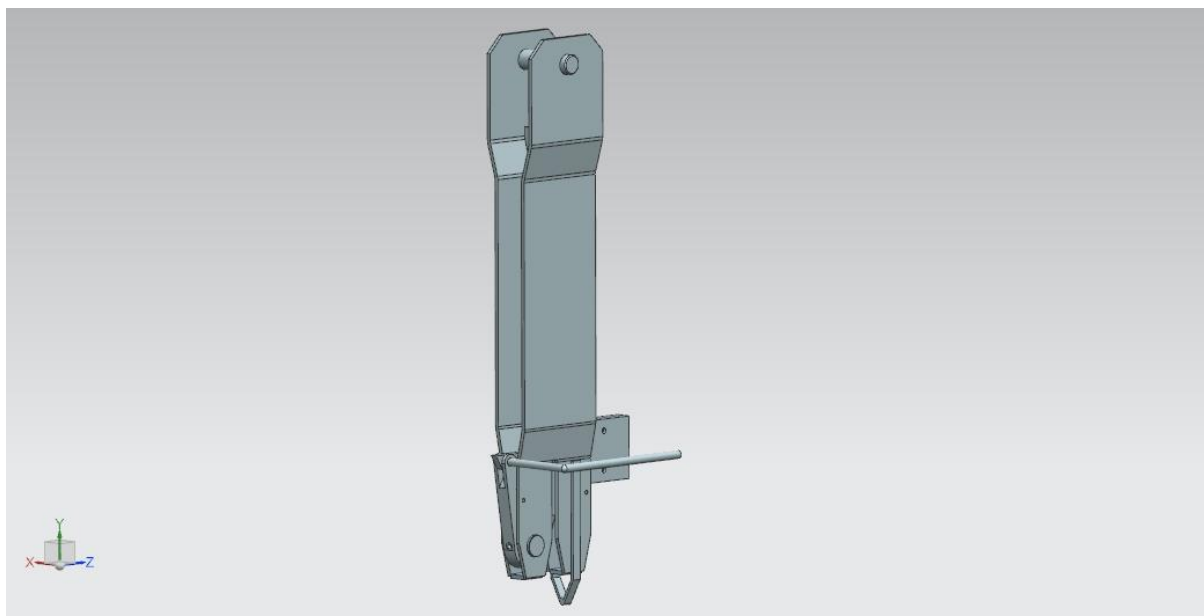
Nosný systém traverzy neboli hák, který bude uchycen za tabulové hradidlo, aby nebylo třeba nijak upravovat, nebo konstruovat. Na předchozím řešení hák byl už vymyšlen pro atypické tabulové hradidlo. Na obrázku č. 61 a č. 62 je vidět tabulové hradidlo, které bude odhrazovat a zahrazovat vodní průtok.



obr. 61, Tabulové hradidlo

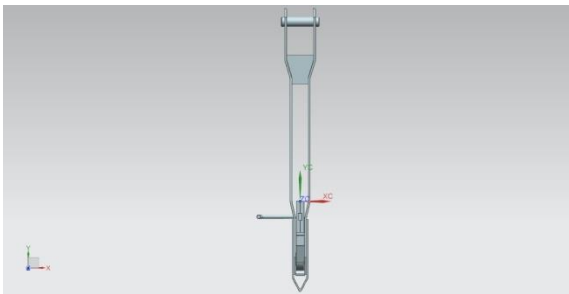


obr. 62, Tabulové hradidlo

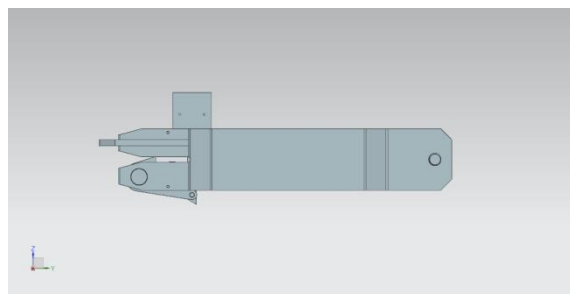


obr. 63, Háček

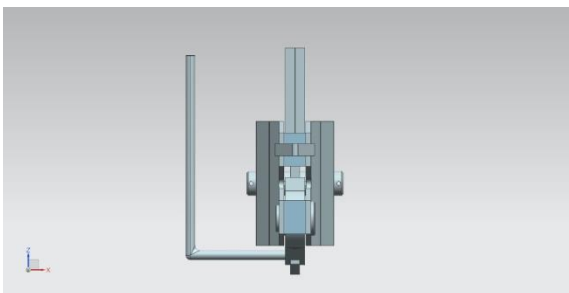
Původní řešení traverzy zahrnovalo jednobodové uchycení k manipulační technice. Díky tomuto středovému zatížení, které vyvolávalo tahové napětí, byl hák konstruován tak, jak je vidět na obr. č. 63. Se svolením pana Ing. Lukáše Bartoňové, Ph.D. jsem tento hák mohl použít ve své bakalářské práci a zahrnout ho do konstrukce traverzy. Konstrukci háku jsem ponechal tak, jak byla, a i když je konstruovaný k jednobodovému zavěšení, tak mi této konstrukce můžeme využít k bezpečnostnímu zavěšení k manipulační technice. V následující kapitole je rozepsáno dimenzování a provedení dvoubodového uchycení a toto jednobodové uchycení můžeme tedy považovat za bezpečnostní.



obr. 64, Pohled zepředu na hák



obr. 65, Pohled zprava



obr. 66, Pohled zespoda

3.2 Schéma a popis uchycení

Zdvihací traverza slouží pro zahrazování a vyhrazování tabulových hradidel. Zařízení je upevněno na jeřáb za upevňovací čepy. Pákou se nastavují dvě funkční polohy na stav zahrazování a vyhrazování.

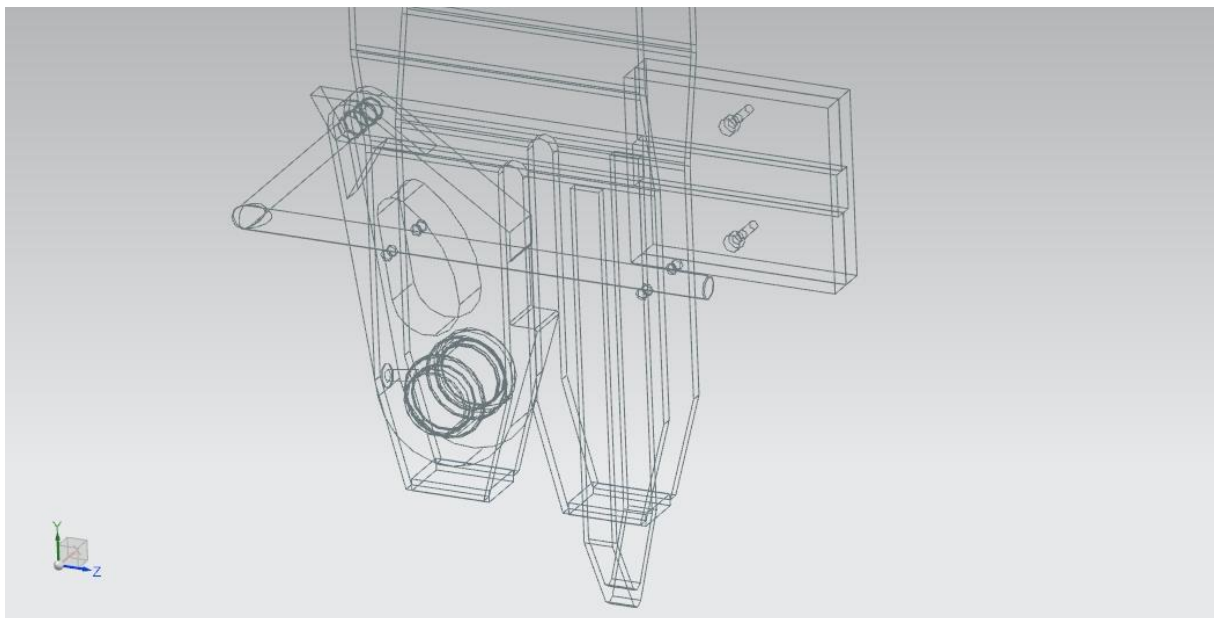
Popis zahrazování:

Páka nastavená v poloze zahrazování. Otvor hradidla je uzamčen na háku a hák drží v poloze díky váze hradidla. Při dosednutí hradidla na dno dojde k odlehčení háku a tím i uvolnění. Závaží se pootočí uvolněným hákem do polohy odemčení a uvolní tak hradidlo.

Popis vyhrazování:

Páka nastavená v poloze vyhrazování. Závaží drží hák v zamknuté poloze. Když se dostane zdvihací zařízení k hradidlu, tak se hák vlivem tíhy zdvihacího zařízení pootočí a umožní zaháknutí háku do otvoru hradidla. Takto uzamčený hák drží hradidlo bez ohledu na odlehčený nebo neodlehčený stav.

Hák je na střed hradidla nasměrován díky pojezdům na ramenech zdvihací traverzy. Díky dvoubodovému uchycení ramena traverzy už přenášejí zatížení od hradidla.



obr. 67, Drátový průřez háku

4 Navrhnutá zdvihací traverza a všechny její prvky

4.1 Návrh zavěšení traverzy a jeho dimenzování

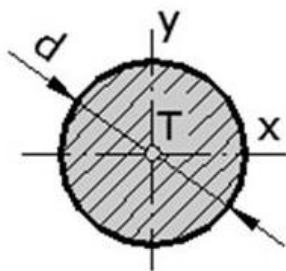
Jak jsem uvedl na začátku své práce, traverza nebude už jednobodově zavěšena, bude uchycena dvoubodově vázacími prostředky k manipulační technice. Jako první věc je třeba určit průměr čepu na uchycení vázacích prostředků.

Návrh průměru čepu

Mat. 11373.0 → Re = 300 Mpa (Tabulková hodnota)

K – volím 4

Pro kruhový průřez



$$W_o = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

obr. 68, Kruhový průřez

Znamé hodnoty

$$F_o = 30901,5 \text{ N}$$

$$F_s = 15450,75 \text{ N}$$

$$L = 125 \text{ mm}$$

Použité vzorce + pomocné výpočty

$$\sigma_D = \frac{Re}{K} = \frac{300}{4} = \underline{\underline{75 \text{ MPa}}}$$

$$M_o = \frac{F_o l}{2} = \frac{30901,5 \cdot 125}{2} = \underline{\underline{1\,931\,343,75 \text{ Nmm}}}$$

$$W_o = \frac{\pi d^3}{32}; S = \frac{\pi d^2}{4}; \sigma_o = \frac{M_o}{W_o}; \tau_s = \frac{F_s}{S}$$

$$\sigma_{\text{Red}} = \sqrt{(\sigma_o^2 + 2\tau_s^2)} \rightarrow (\sigma_{\text{Red}} \rightarrow \text{podle HMH}) \rightarrow \text{Pevnostní podmínka } \sigma_{\text{Red}} \leq \sigma_D$$

Výpočet

$$\sigma_{\text{Red}} \leq \sigma_D$$

$$\sqrt{(\sigma_o^2 + 2\tau_s^2)} \leq \sigma_D$$

$$\sqrt{\left(\frac{M_o}{W_o}\right)^2 + 2\left(\frac{F_s}{S}\right)^2} \leq \sigma_D$$

$$\sqrt{\left(\frac{32M_o}{\pi d^3}\right)^2 + 2\left(\frac{4F_s}{\pi d^2}\right)^2} \leq \sigma_D$$

$$\sqrt{\frac{1024M_o^2}{\pi^2 d^6} + \frac{32F_s^2}{\pi^2 d^4}} \leq \sigma_D$$

$$\sqrt{\frac{1024 \cdot 1931343,75^2}{\pi^2 d^6} + \frac{32 \cdot 15450,75^2}{\pi^2 d^4}} \leq 75$$

$$\frac{1024 \cdot 1931343,75^2}{\pi^2 d^6} + \frac{32 \cdot 15450,75^2}{\pi^2 d^4} \leq 75^2$$

Pokračování ve výpočtu pomocí nástroje WolframAlpha

V dalším kroku výpočtu jsem na řešení rovnice použil nástroj WolframAlpha (www.wolframalpha.com). Za parametr d , které hledáme, jsem dosadil x pro jednodušší kalkulaci ve wolframu tedy parametr $d = x$.

Ukázka zadání

$$(((1024*(1931343,75^2))/((\pi^2)*(x^6)))+((32*(15450,75^2))/((\pi^2)*(x^4))))=75^2$$

↓ zadáním tohoto řetězce jsme dostali tyto výsledky ↓

$$\frac{3819607842456576}{\pi^2 x^6} + \frac{7638480000}{\pi^2 x^4} = 5625$$

$$\frac{1152(6630625x^2 + 3315631807688)}{\pi^2 x^6} = 5625$$

$$625x^2(\pi^2 x^4 - 1357952) = 424400871384064$$

$$X = 64,1 \rightarrow \text{Ød volím} \rightarrow \underline{\underline{\text{Ø 65 mm}}}$$

Kontrola čepu na otláčení

Tloušťka součásti $t = 10 \text{ mm}$

Dovolené otláčení $P_D = 90 \text{ MPa}$

Působící síla $F = 15450,75 \text{ N}$

$$P = \frac{F}{S} \leq P_D$$

$$P = \frac{F}{d \cdot t} \leq P_D$$

$$P = \frac{15450,75}{65 \cdot 10} = \underline{\underline{23,27 \text{ Mpa}}}$$

↓ Dosazením a porovnáním s podmínkou dostaneme ↓

$$23,77 \text{ MPa} \leq 90 \text{ MPa} \rightarrow \underline{\underline{\text{Vyhovuje}}}$$

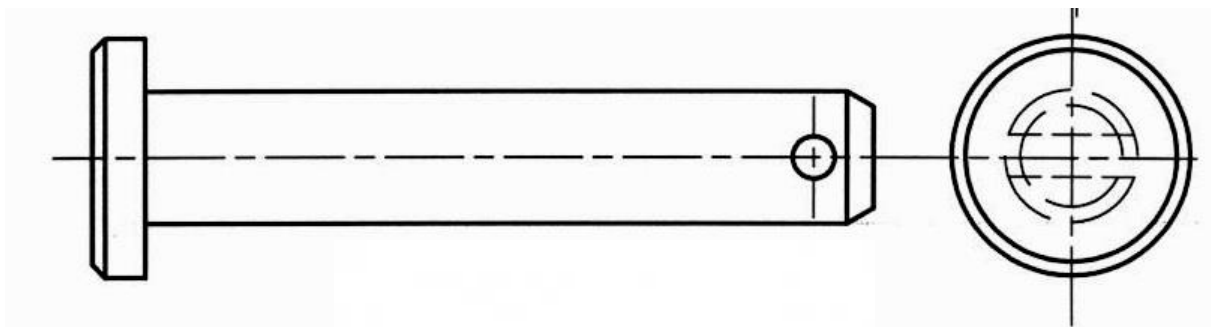
Provedenou kontrolou na otlacení jsme zjistili, že čep nám vyhovuje. Kdyby tomu bylo naopak a čep nám nevyhovoval, museli bychom zvětšit tloušťku stěny traverzy např. přivařením příložek v místě působení čepu, abychom stěnu zesílili.

Pojištění čepu proti osovému posunutí

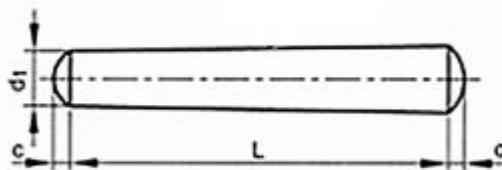
V předchozí kapitole jsme dimenzovali čep, aby snesl vzniklé napětí od zatěžující síly. V této podkapitole bych se chtěl věnovat návrhům pojištění čepu proti osovému posunutí. Pojištění by mělo být jednoduché kvůli snadné montáži a demontáži vázacích prostředků a snadné rozmontování spoje by mělo zajistit obsluhu pohodlné uchycení vázacího lana.

Přehled navrhovaných pojištění

1) Osazený čep + kuželový kolík



Obr. 69, Osazený čep^[7]

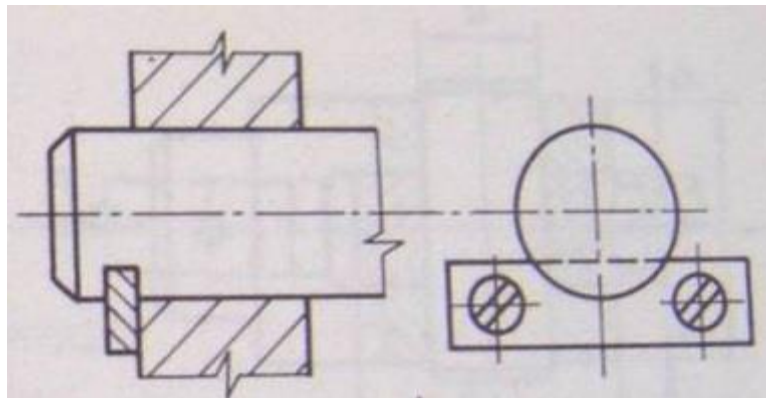


Obr. 70, Kuželový kolík^[8]

Osazený čep bude pojištěn kuželovým kolíkem proti osovému posunutí. Kuželový kolík se naklepne do válcové díry a to zabrání čepu, aby vypadl. Obsluha bude potřebovat pouze kladivo na doklepnutí nebo vyklepnutí kolíku. Spoj je lehce rozebíratelný a umožní rychle upnutí vázacího lana.

2) Osazený čep + přišroubovaná příložka

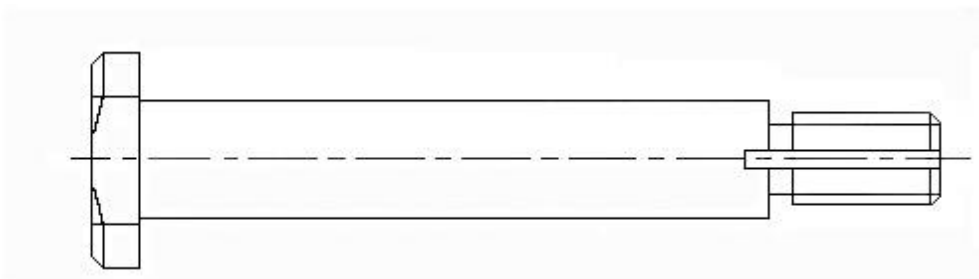
Dalším způsobem pojištění je přišroubovaná příložka. Z časového hlediska je tato metoda ne úplně praktická. Pro upnutí vázacího lana je potřeba příložku přišroubovat k traverze. To nám však zajistí osové pojištění a i pojištění proti otočení čepu kolem své osy. V našem případě nám dostatečně postačuje osové zajištění. Otočení čepu kolem své osy je zanedbatelné a na funkci traverzy nebo její pevnosti nemá vliv.



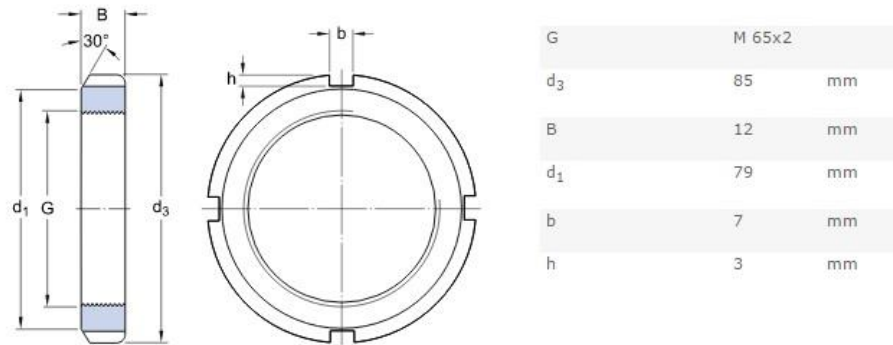
Obr. 71, Osazený čep + přišroubovaná příložka^[9]

3) Osazený čep se závitem + KM matice

Ilustrační obrázek 4 a 5 nám ukazuje pojištění čepu KM maticí. Z tabulkových hodnot by se použila matice KM13 s metrickým závitem M65 a stoupáním 2 mm.



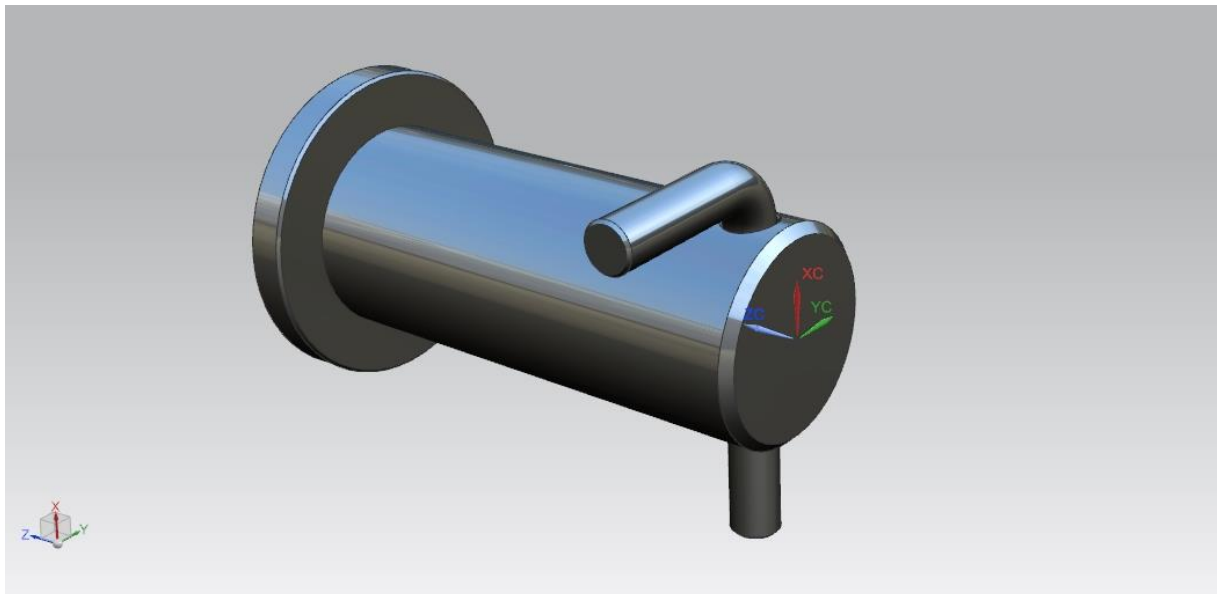
Obr. 72, Osazený čep se závitem a drážkou pro MB podložku^[7]



Obr. 73, KM matice^[10]

4) Osazený čep + " L-kolík "

Poslední navrhovaná metoda je pojištění tzv. "L-kolíkem". Z hlediska navrhovaných variant je tato úplně nejjednodušší. Válcový " L-kolík " se zasune do válcové díry a zahnutí mu zabrání v tom aby vypadl. Ovšem nemáme pojištění proti tomu, aby se čep otočil kolem své osy a proto když by tato možnost nastala. Když by se čep otočil, může pojišťovací kolík vypadnout a bude bez zajištění, může tak nastat, že se upnutí vyhákně a traverza spadne. Proto tuto možnost pojištění určitě nepoužijeme.



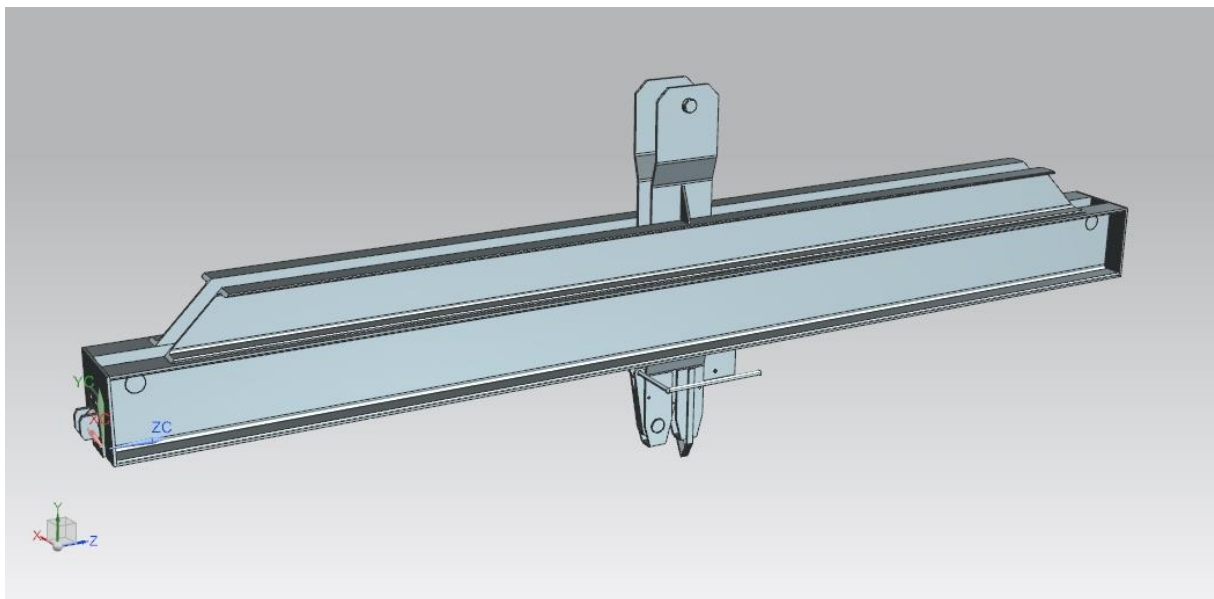
Obr. 74, Osazený čep s L-kolíkem

Výběr varianty

Závěrem bych chtěl napsat, že do své práce použiju variantu pojištění čepu kuželovým kolíkem. Z časového a praktického hlediska mi přijde dostatečně vyhovující. Jednoduchost spoje ocení určitě obsluha, kdy stačí kuželový kolík jen doklepnout kladivem, nebo případně kladivem vyklepnout.

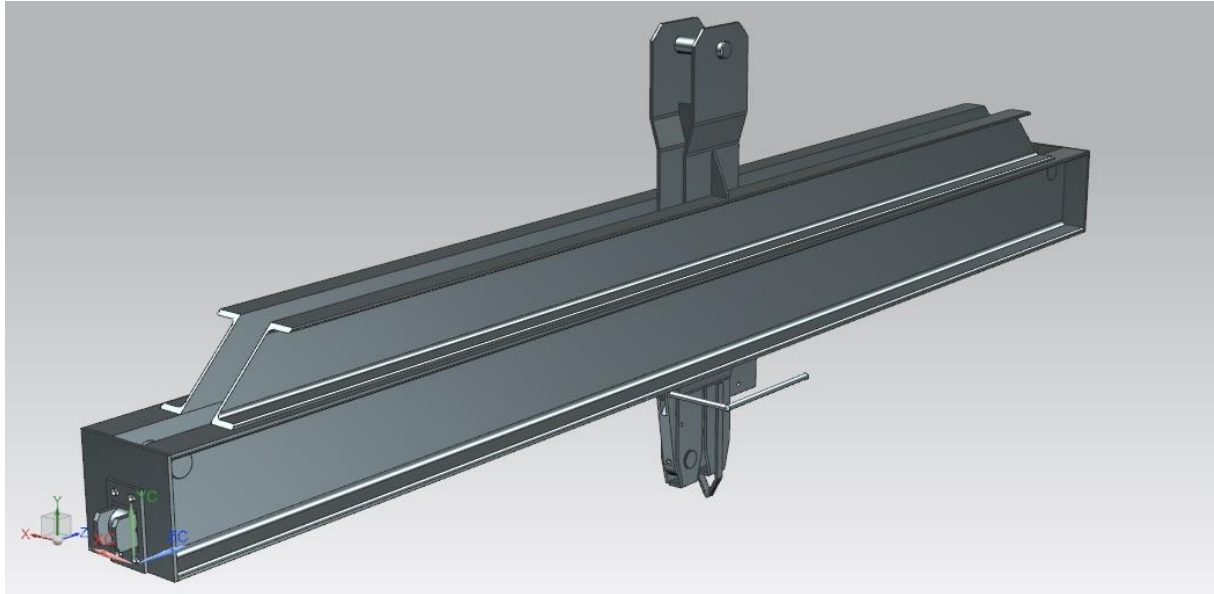
4.2 Finální návrh a celkový popis traverzy

Kompletní model zdvihací traverzy je na obr. č. 75. Model se skládá z několika částí. Skládá se ze dvou U-300 profilů a ze dvou U-200. Dále se skládá ze dvou pojezdů, dvou bočnic, dvou čepů pro uchycení vazacích prostředků a středového háku, kde je čep pro bezpečnostní zavěšení traverzy.



obr. 75, Kompletní model

Traverza bude umístěna do šachty a díky pojezdům se bude pohybovat ve vodících kolejnicích. Upínací zařízení má dvě funkce zahrazování a vyhrázování když budeme chtít hradidla spustit dolů a zahradit vodní průtok přepneme páku na traverze do polohy zahrazování. Naopak když budeme chtít hradidla vytáhnout, páku přepneme do polohy vyhrázování. Celou manipulaci s traverzou nám bude zajišťovat jeřáb.



obr. 76, Kompletní model

Kontrolní výpočet navrhnuté traverzy dle ČSN EN 13155 + A2 Jeřáby - bezpečnost - Volně zavěšené prostředky pro uchopování břemen

Pevnostní ověření vzhledem k mezi pružnosti

Rovnice A1 :

$$\left(\frac{\sigma_x}{f_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{f_y}\right)^2 - \frac{\sigma_x \times \sigma_y}{f_y^2} + 3\left(\frac{\tau}{f_y}\right)^2 \leq 1$$
$$\left(\frac{58,8}{235}\right)^2 + \left(\frac{1}{235}\right)^2 - \frac{58,5 \times 1}{235^2} + 3\left(\frac{0}{235}\right)^2 \leq 1$$
$$\underline{0,06 \leq 1} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Pevnostní ověření vzhledem k mezi pružnosti z hlediska svarových spojů

Koeficienty pro svary α , γ , α_s jsou doplněné podle tabulky A2, kterou nalezneme v ČSN EN 13155+A2 a jsou doplněné tak, aby splnili všechny typy svarů.

Rovnice A2 :

$$\left(\frac{\gamma \cdot \sigma_x}{\alpha \cdot f_y}\right)^2 + \left(\frac{\gamma \cdot \sigma_y}{\alpha \cdot f_y}\right)^2 - \frac{\gamma \cdot \sigma_x \times \sigma_y}{(\alpha \cdot f_y)^2} + \left(\frac{\gamma \cdot \tau_w}{\alpha_s \cdot f_y}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{1,1 \cdot 58,8}{1 \cdot 235}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \cdot 1}{1 \cdot 235}\right)^2 - \frac{1,1 \cdot 58,8 \times 1}{(1 \cdot 235)^2} + \left(\frac{1,1 \cdot 0}{\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) \cdot 235}\right)^2 \leq 1$$

$$\underline{0,07 \leq 1} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Ověření stability částí nosné konstrukce

d výška stojiny v mm

t_w tloušťka stojiny v mm

f_y mez kluzu v MPa

Tabulkové hodnoty

U-200 \rightarrow d = 177 mm ; t_w = 6 mm ; f_y = 235 Mpa

U-300 \rightarrow d = 268 mm ; t_w = 10 mm ; f_y = 235 Mpa

Ověření profilu U-200

$$\frac{d}{t_w} \leq 69 \left(\frac{235}{f_y} \right)^{0,5}$$

$$\frac{177}{6} \leq 69 \left(\frac{235}{235} \right)^{0,5}$$

$$\underline{29,5} \leq 69 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Ověření profilu U-300

$$\frac{d}{t_w} \leq 69 \left(\frac{235}{f_y} \right)^{0,5}$$

$$\frac{268}{10} \leq 69 \left(\frac{235}{235} \right)^{0,5}$$

$$\underline{29,5} \leq 69 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4.3 Závěr

Cílem práce bylo upravit řešení zdvihací traverzy, která zdvihá hradidlo a slouží k zahrazování vodního průtoku na elektrárnách. Původní traverza byla jednobodově zavěšena k jeřábu a zatížení působící od hradidla bylo tahového původu. Toto tahové napětí přenáší pouze hák, ramena traverzy jsou bez zatížení a jsou volně vedeny v naváděcích kolejnicích. Jednobodové zavěšení bylo třeba upravit, protože díky nezatíženým koncům měla traverza tendenci se vzpříčit v naváděcích kolejnicích. Když tato situace nastala tak s tahového napětí se stalo ohybové a to vedlo k poškození zařízení vlivem vznikajících plastických deformací.

Upravená traverza v pracovní situaci bude dvoubodově zavěšena a pojištěna jednobodově. Dvoubodová konstrukce zavěšení odstraňuje předchozí problém s volnými konci a tím pádem tendencí se zasekávat v naváděcích kolejnicích. Dvoubodové zavěšení vyvozuje samo o sobě ohybové napětí. Konstrukce traverzy je proto dimenzována tak, aby nedocházelo k poškození vlivem vznikajících plastických deformací v zařízení. Zároveň je konstrukce traverzy dimenzovaná tak, aby byl provoz traverzy bezpečný, a bez trvalých plastických deformací.

Součástí návrhu je modelová dokumentace sestavy, MKP výpočty a výkres sestavy traverzy. Práce je rozdělena na 4 části. Základní profilové konstrukce, pojezdy, hák a uchycení traverzy k manipulační technice. V první části práce jsem se věnoval výběru optimálních profilů pro základní konstrukci traverzy. Dále tyto profily prošli výpočty, abych ověřil, zda profily budou vyhovovat nárokům, nebo nikoliv. Vypočtené hodnoty byly jak v kritických případech, tak i v ideálních pod maximálním dovoleným napětím a vyhovují tedy požadavkům. V další části práce jsem se věnoval pojezdům. Výpočtu provozní simulace a popisu. Pak následoval popis zavěšení hradidla, dimenzování dvoubodového zavěšení a způsoby osového pojištění tohoto zavěšení.

V dalších krocích traverza prošla kontrolními výpočty, aby bylo zjištěno, zda navržená konstrukce vyhovuje či ne. Dále vyrobená traverza musí podstoupit statickou zkoušku dle ČSN EN 13155+A2, aby bylo zjištěno, jak v praxi bude vyhovovat. Tato zkouška se skládá ze dvou variant zkoušení. První varianta se provádí tak, že pohyblivá část tedy traverza musí být zajištěna prostředky pro zajištění. Zatížena je silou F bez rázu minimálně po dobu jedné minuty. Zatížení je dvakrát větší, než zatížení za provozu tedy dvojnásobnou hmotností hradidla. Druhou variantou je, že zkouška se provede ve dvou krajních polohách posuvu a v jednom bodě uprostřed pod stejným zatížením jako v předchozím případě. Dále po odlehčení bude prohlédnuta pohyblivá část tedy traverza z hlediska deformací, prasklin a jiných poruch. Traverza bude vyhovovat, když odolá zkušební síle F bez prokluzování, deformace, nebo selhání a po sejmutí břemena nebudou vidět defekty na pohyblivé části zajišťovacího zařízení a budou se volně pohybovat.

V průběhu konstruování byl podán návrh na užitný vzor na nový koncept traverzy a její dvoubodové zavěšení.

Seznam použitých zdrojů

Použitá literatura

ČSN ISO 12488-1 (270202) Jeřáby pro pojezdová kola a pro jeřábové a příčné dráhy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012

ČSN EN 13155+A2 (270139) Jeřáby-Bezpečnost-Volně zavěšené prostředky pro uchopení břemen. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra 1. Praha: Computer Press, 1999

LEINVEBER, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky. Úvaly: ALBRA. 2005

- [1] REMTA, F., KUPKA, L., DRAŽAN, F.: *Jeřáby 2*, přeprac. a doplň. vyd., SNTL Praha, 1975

Elektronické zdroje

- [2] TEDOX s.r.o. www.tedox.cz
[Online] <http://www.tedox.cz>
- [3] EURO-KOFI s.r.o www.euro-kofi.cz
[Online] http://www.euro-kofi.cz/traverzy_4_print.htm
- [4] [Online] <http://physics.mff.cuni.cz>
- [5] AAC PRAGOCEL s.r.o. www.aacpragocel.cz
[Online] <http://www.aacpragocel.cz>
- [6] KOVOMAT s.r.o www.stavebniny-hutnimaterial.cz
[Online] <http://www.stavebniny-hutnimaterial.cz>
- [7] [Online] <http://www.uvp3d.cz>
- [8] [Online] <http://www.spojovaci-material.net>
- [9] [Online] <http://www.wintech.cz>
- [10] [Online] <http://www.skf.com>
- [11] [Online] <http://uvp3d.cz>

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Jeřábová traverza jednoduchá

Obrázek 2 - Jeřábová traverza stavitelná

Obrázek 3 - Jeřábová traverza typu H stavitelná

Obrázek 4 - Jeřábová traverza křížová

Obrázek 5 - Stávající řešení na ČSH-HNĚVKOVICE

Obrázek 6 - Stávající řešení na ČSH-HNĚVKOVICE - ukázka prostředí kde traverza funguje

Obrázek 7 - Stávající řešení pojezdu traverzy na ČSH-HNĚVKOVICE

Obrázek 8 - Stávající řešení pojezdu traverzy na ČSH-HNĚVKOVICE

Obrázek 9 - Ilustrační obrázek nosníku na dvou podporách

Obrázek 10 - I-profil

Obrázek 11 - Profil I-200

Obrázek 12 - Profil I-400

Obrázek 13 - U-profil

Obrázek 14 - Profil U-200

Obrázek 15 - Profil U-300

Obrázek 16 - Sestava I-400

Obrázek 17 - Sestava I-400

Obrázek 18 - Sestava I-400

Obrázek 19 - Sestava U-300

Obrázek 20 - Sestava U-300

Obrázek 21 - Sestava U-300

Obrázek 22 - Sestava U-300

Obrázek 23 - Sestava U-300(UUII)

Obrázek 24 - Sestava U-300(UUII)

- Obrázek 25 - Sestava U-300(UUII)
Obrázek 26 - Sestava U-300(UUII)
Obrázek 27 - Sestava U-300(UI)
Obrázek 28 - Sestava U-300(UI)
Obrázek 29 - Sestava U-300(UI)
Obrázek 30 - Sestava U-300(UI)
Obrázek 31 - Sestava U-300(II)
Obrázek 32 - Sestava U-300(II)
Obrázek 33 - Sestava U-300(II)
Obrázek 34 - Pojezdový mechanismus zdvihací traverzy
Obrázek 34a - 3D model v řezu
Obrázek 35 - Pohled zdola
Obrázek 36 - Pohled zepředu
Obrázek 37 - Pohled zleva
Obrázek 38 - Idealizovaný model
Obrázek 39 - Síťovaný model
Obrázek 40 - Síťovaný model
Obrázek 41 - Kontrola kvality síťovaného modelu
Obrázek 42 - Okrajové podmínky
Obrázek 43 - Zatížení
Obrázek 44 - Výpočtový model
Obrázek 45 - Rozložení napětí
Obrázek 46 - Rozložení napětí
Obrázek 47 - Rozložení napětí, detail
Obrázek 48 - Rozložení napětí, detail
Obrázek 49 - Rozložení napětí, detail

Obrázek 50 - Rozložení napětí, zobrazení speheres

Obrázek 51 - Reakce ve vazbách

Obrázek 52 - Reakce ve vazbách

Obrázek 53 - Stlačení pružiny

Obrázek 54 - Ilustrační obr. šroubového spoje

Obrázek 55 - Ukázka pojezdu vymodelovaného v programu NX 9

Obrázek 56 - Model pojezdu

Obrázek 57 - Model pojezdu s bočnicí

Obrázek 58 - Ukázka boku traverzy

Obrázek 59 - Drátový průřez pojezdu a boku traverzy

Obrázek 60 - Drátový průřez pojezdu a boku traverzy

Obrázek 61 - Tabulové hradidlo

Obrázek 62 - Tabulové hradidlo

Obrázek 63 - Hák

Obrázek 64 - Pohled zepředu na hák

Obrázek 65 - Pohled zprava

Obrázek 66 - Pohled zespoda

Obrázek 67 - Drátový průřez háku

Obrázek 68 - Kruhový průřez

Obrázek 69 - Osazený čep

Obrázek 70 - Kuželový kolík

Obrázek 71 - Osazený čep + přišroubovaná příložka

Obrázek 72 - Osazený čep se závitem

Obrázek 73 - KM matice

Obrázek 74 - Osazený čep s L-kolíkem

Obrázek 75 - Kompletní model

Obrázek 76 - Kompletní model

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Shrnutí parametrů v závislosti na typu konstrukce

Tabulka 2 - Výběr konstrukce pomocí rozhodovací analýzy

Seznam příloh

Příloha č. 1 - výkres sestavy ZV_5-00-00