

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R016 Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční návrh lisovacího přípravku

Autor: **Karel Hříděl**

Vedoucí práce: **Ing. Miroslav DUNÍK**

Akademický rok 2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karel HRÍDEL**

Osobní číslo: **S13B0158P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**

Název tématu: **Konstrukční návrh lisovacího přípravku**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Vypracujte rešerši stávajícího stavu linky pro montáž špuntů a kolíků do plastových držáků zadního platu automobilu. Poté vypracujte návrh požadované úpravy stávající strojní linky. V návaznosti na to vypracujte konstrukční návrh úpravy. Součástí návrhu bude optimální výběr řešení, pevnostní kontrola exponovaných dílů a ekonomické zhodnocení.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše na dané téma
2. Vypracování konstrukčního návrhu lisovací linky
3. Pevnostní kontrolu exponovaných částí linky analytickým způsobem a srovnávací kontrolu s metodou MKP
4. Vypracování výkresové dokumentace v určeném rozsahu
5. Komplexní zhodnocení konstrukce

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra obecné strojní části 1. Brno: Computer press, 1999

HANDLÍŘ, J. Moderní strojírenství pro školu i praxi. Praha: Europa-Sobotáles, 2007

KLETEČKA, J., FOŘT, P. Technické kreslení. Brno: Computer press, 2007

LEINVEBER, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2008

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Duník**
Katedra konstruování strojů

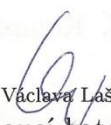
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Miroslav Duník**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 21. září 2015

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

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Karel	Jméno Hříděl		
STUDIJNÍ OBOR				
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Duník	Jméno Miroslav		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh lisovacího přípravku			

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	55	TEXTOVÁ ČÁST	46	GRAFICKÁ ČÁST	9
--------	----	--------------	----	---------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Tato bakalářská práce je zaměřena na navržení funkčního přípravku na lisování komponent v automobilovém průmyslu. Návrh musí odpovídat požadavkům zadavatele. Porovnáme několik možných variant, ze kterých vybereme nejvhodnější. Pro vybranou variantu zhotovíme výkresovou dokumentaci.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Lisování, přípravek, analytický výpočet, Autodesk Inventor Professional 2012, NX, návrh, MKP, šroub, svar.</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Karel	Name Hřídel	
FIELD OF STUDY			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Duník	Name Miroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Structural design of pressing jig		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2016
---------	------------------------	------------	-----	--------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	55	TEXT PART	46	GRAPHICAL PART	9
---------	----	-----------	----	----------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor thesis is focused on design of function jig for pressing components in automotive industry. Design must respond to requirement of customer. We compare several variants and we pick the best. For the selected option we make drawings.
KEY WORDS	Pressing, analytic calculation, Autodesk Inventor Professional 2012, NX, design, screw, FEM, weld.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	3
Úvod	4
1 Rešerše - stávající lisovací linka	5
1.1 Popis stávající linky	5
1.2 Požadavky na navrženou konstrukci	5
2 Zvolení variant	7
2.1 Materiál nosníků pro konstrukci	7
2.2 Bezpečnostní prvky	10
2.3 Volba pneumatického válce	11
2.4 Volba nejvhodnější varianty	12
2.5 Zvolení varianty v dané kategorii	13
3 Navržená konstrukce linky v programu Autodesk Inventor	14
4 Výpočet v programu NX	16
4.1 Prt formát:	17
4.2 Fem formát:	18
4.3 Sim formát:	19
4.4 Posunutí:	21
4.5 Natočení:	23
4.6 Napětí:	25
5 Analytické řešení	29
5.1 Výpočet zatížení šroubů držáku	29
5.1.1 Výpočet šroubů držáku pneumatického válce pro kolík	31
5.1.2 Výpočet šroubů držáku pneumatického válce pro gumový komponent	31
5.1.3 Výpočet šroubů hlavního držáku pro kolík	32
5.1.4 Výpočet šroubů hlavního držáku pro gumový komponent	33
5.1.5 Výpočet šroubů spodní desky stojny pro kolík	33
5.1.6 Výpočet šroubů spodní desky stojny pro gumový komponent	34
5.2 Výpočet svarů	35
5.2.1 Výpočet tupého svaru nosníku a stojny pro kolík	35
5.2.2 Výpočet tupého svaru destičky a stojny pro kolík	36
5.3 Kontrola navrženého průřezů držáků	37
6 Porovnání analytických a softwarových výsledků	38
Závěr	41

Seznam brazové přílohy	42
Seznam tabulek	44
Použité zdroje	45
Seznam příloh.....	46

Seznam použitých zkratk a symbolů

MKP - Metoda Konečných Prvků

FEM - Finite Element Method

SIM - Silicon integrated Systems

PRT - Parallel Ray Trace

F - Síla [N]

M - moment síly, točivý moment (kroutivý moment) [Nm]

p - tlak [MPa]

σ - normálové napětí [MPa]

τ - tečné napětí (smykové napětí) [MPa]

S - plocha [mm²]

W - průřezový modul [mm³]

s - bezpečnost

Úvod

Cílem mé bakalářské práce je návrh konstrukce automatické lisovací linky, která bude vyhovovat požadavkům zadavatele. Zautomatizování lisovacího procesu zadala firma zabývající se výrobou a montáží komponent do interiérů automobilů firmě HP-KOVO.

Mezi požadavky zadavatele patří: ekonomicky výhodné řešení, vyhovující ergonomické řešení, zkrácení času pracovního procesu, zefektivnění práce a neporušení povrchu lisovaných součástek. Na základě těchto požadavků jsme vybírali součástky pro tuto linku.

Nejdříve se v práci budeme zabývat vypracováním konstrukčního návrhu lisovací linky, který jsme vytvořili za pomoci programu Autodesk Inventor Professional 2012, ve kterém jsme vymodelovali 3D model přípravku.

Dále jsme se soustředili na pevnostní kontrolu exponovaných součástí linky za pomoci analytického výpočtu a metodou konečných prvků. Ve výpočtu jsme se zabývali těmito exponovanými díly: držáky pneumatických válců, hlavním nosíkem držáků pneumatických válců a stojny. Výsledky obou variant následně porovnáme a na základě toho ověříme pravdivost výsledků.

Po této kontrole vytvoříme výkresovou dokumentaci k automatické lince, která zahrnuje celkovou sestavu, kusovník a výkresy exponovaných dílů.

1 Rešerše - stávající lisovací linka

Vzhledem k nedostatku materiálu a nezpracování tohoto tématu dříve, jsme se zaměřili na popis stávající linky a na požadavky kladené zadavatelem.

1.1 Popis stávající linky

K hlavní části lisovacího procesu slouží zamačkávací kleště, kterými se gumový komponent částečně zalisuje do otvoru plastové komponenty. Následným použitím kombinačních kleští obsluha protáhne všechny výstupky gumové komponenty skrze otvor.

Problém stávající linky je především v nepravidelném čase procesu, a z toho vyplývá dlouhá doba výroby. Další nevýhodou stávající linky je občasné poškození gumové či plastové komponenty, čehož se chce zadavatel vyvarovat.

Následným problémem je montáž plastového kolíku. Samotná instalace kolíku do otvoru v plastovém držadle je bezproblémová, potíž při této montáži nastává s nasazením zajišťující plastové podložky.

Obsluha stroje podložku nejdříve nasune na kolík, který má pro tuto operaci připravený úběr. Dále musí podložku ručně zasunout co možná nejvíce tak, aby docílili zacvaknutí do zápichu k tomu připravenému. Do této plochy umístěné na kolíku, musí obsluha dolisování provést ručně či kombinačními kleštěmi.

Potíž spočívá opět v nepravidelnosti montážního procesu a samotné délce montáže. Další problém nastává při občasném nezacvaknutí všech výstupků plastové podložky. Dále je nutné zabránit poškození lisovaných součástí.

1.2 Požadavky na navrženou konstrukci

Požadavkem je tedy částečné zautomatizování stávající linky tak, abychom docílili zrychlení procesu. Toho dosáhneme pomocí lisování pomocí pneumatického válce. Dále také bezporuchová montáž dílu a v neposlední řadě, dle ergonomie pracovního procesu, ulehčení práce pro obsluhu pracoviště.

Samozřejmostí je nepoškození součástí při montážním procesu a také bezpečnost obsluhy. Té můžeme docílit mnoha opatřeními, například: „dvouručním ovládním“, které spočívá ve spouštění procesu pomocí dvou spínačů, čímž odpadá problém zranění obsluhy při montážním procesu. Návrh této automatické linky je ztížen také zákazem součástí čímkoli promazávat pro lepší prolisování gumy skrz otvor, jelikož by mohlo při provozu této součásti dojít k její nechtěné demontáži.

Cílem je tedy vybrat takovou variantu, která bude splňovat všechny požadavky zadavatele. Ergonomický náhled vynáší otázku výšky stolu, pohyb pracovníka při pracovním procesu, viditelnost na pracovišti. Viditelnost je zajištěna pomocí osvětlení k tomu určenému. Výška stolu je odvozena od výšky obsluhy. Zkrácení času procesu docílíme pomocí použití automatických komponent pro pracovní úkon. Z ekonomické části problematiky je samozřejmostí vybrat tu nejpříjemnější.



Obr. 1: Lisované komponenty první pohled



Obr. 2: Lisované komponenty druhý pohled

Na Obr. 1 a Obr. 2 jsou zobrazeny lisované komponenty pro tento přípravek. Na levé straně obou náhledů je zobrazena plastová podložka pro plastový kolík, který je umístěn uprostřed. Plastová podložka má tři zářezy, aby bylo možné podložku uložit do zápichu pod hlavou kolíku. Na pravé straně je gumová komponenta, která má viditelné tři tvarové výstupy. Těmito výstupy se gumová komponenta zajistí do otvoru plastové komponenty.

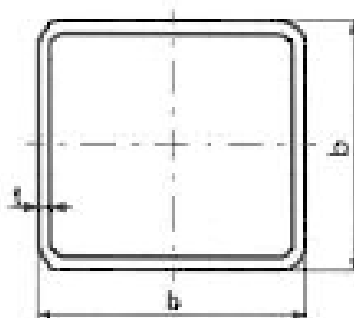
2 Zvolení variant

Dle požadavků zákazníka jsme sestavili možné varianty komponent pro konstrukční návrh lisování přípravku. Dále budeme rozhodovat mezi hodnotami hledisek pro varianty komponent. Požadavky, kterými budeme komponenty porovnávat, jsou ekonomické, technologické, obslužné, seřiditelné a další. Daným hlediskům přidělíme váhu důležitosti.

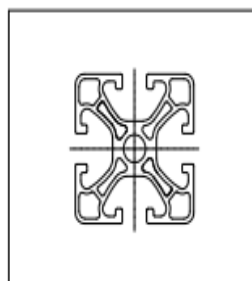
2.1 Materiál nosníků pro konstrukci

Mezi základní rozhodnutí patří výběr vhodného materiálu pro hlavní konstrukci celého pracovního stolu. Pro tento výběr máme možnost volit z několika druhů nosných komponent. Vybral jsem tyto varianty:

Uzavřený profil jekl 40x40x2,5 S235JR 01-čtvercový 21,90 Kč



Obr. 3: Ocelový profil 40x40 Vykov [1]



PROFIL 40 x 40 ekonomický

Moment setrvačnosti		Průřezový modul		Kód	Hmotnost kg/m
I_x cm ⁴	I_y cm ⁴	W_x cm ³	W_y cm ³		
7,61	7,61	3,805	3,805	104040E	1,363

Obr. 4: Hliníkový profil 40x40 Alutec KaK [2]

Vlastnosti vybraných variant z pohledu **ekonomičnosti** je dáno zjištěnými cenami výrobku za 1 [m]. U varianty ocelového čtvercového průřezu profilu od firmy Vykov nám za 1 [m] výrobku vychází cena 62 [Kč/m]. Ke zjištění této hodnoty jsme si vymodelovali tento profil v softwaru Autodesk Inventor a jistili jsme hmotnost výrobku o délce 1 [m]. Tato hodnota vychází 2,821 kg. Při znásobení této hodnoty cenou za 1 [kg] výrobku (21,90 [Kč/kg]) dostaneme cenu výrobku (62 [Kč/m]), kterou použijeme pro porovnání těchto variant. Ke zjištění ceny hliníkové profilu bylo využito ceny uvedené při nákupu těchto nosníků firmou HP-kovo. Cena tohoto výrobku za 1[m] je 360 [Kč/m]. Ekonomicky výhodnější je tedy pro nás varianta ocelového čtvercového průřezu profilu s cenou 62 [Kč/m].

Body přidělené dané variantě	Vzorec pro stanovení procentuální závislosti	Procentuální podíl na součtové hodnotě	Zjištění skutečných přidělených bodů z max 50 %	Procentuální hodnota výhodnosti varianty	Počet přidělených bodů variantě
Cena 360 [Kč/m] Al	$\frac{360[\text{Kč/h}] * 50\%}{422[\text{Kč/h}]}$	42,65 %	50 - 42,65	7,35	1
Cena 62 [Kč/m] Ocel	$\frac{62[\text{Kč/h}] * 50\%}{422[\text{Kč/h}]}$	7,35 %	50 - 7,35	42,65	4

Tabulka 1: Porovnání ekonomičnosti nosníků

Důležitým porovnávacím parametrem je též možnost **montování či spojení** jednotlivých částí nosníků. Montáž však není stejná pro obě varianty. Pro **spojení ocelových nosníků** slouží technologie svařování. Spojení pomocí svaru je nerozebíratelné spojení. Tato technologie vyžaduje schopného a zkušeného pracovníka v oblasti svařování s hodinovou sazbou 200 až 400 [Kč/h].

Pro **montáž hliníkových nosníku** se využívá speciální matky, která se nasune do drážky hliníkového profilu. Tímto nám v profilu vznikne pomyslný metrický závit, který je možné posunout dle potřeby. Po nastavení do požadované polohy se matka zajistí pomocí šroubu o stejném závitě. Jedná se tedy o rozebíratelný spoj pomocí šroubu a tvarové matky. Pro spojení dvou kolmých nosníků je použito ohnutých plechů. Díky tomuto principu spojení konstrukce může montáž provést jakýkoliv dělník s hodinovou sazbou 60 až 80 [Kč/h] při použití plánu sestavení.

Pro **posouzení lepší výhodnosti** porovnáme střední hodinovou sazbu dělníka vykonávající montáž. Součet středních hodnot je $(300+70) = 370$ [Kč/h]. Nyní zjistíme procentuální závislost a z ní určíme počet přidělených bodů daným variantám.

Body přidělené dané variantě	Vzorec pro stanovení procentuální závislosti	Procentuální podíl na součtové hodnotě	Zjištění skutečných přidělených bodů z max 50 %	Procentuální hodnota výhodnosti varianty	Počet přidělených bodů variantě
Hodinová sazba 70 [Kč/h] Al	$\frac{70[\text{Kč/h}] * 50\%}{370[\text{Kč/h}]}$	9,5 %	50 - 9,5	40,5	4
Hodinová sazba 300 [Kč/h] Ocel	$\frac{300[\text{Kč/h}] * 50\%}{370[\text{Kč/h}]}$	40,5%	50 - 40,5	9,5	1

Tabulka 2: Porovnání montáží dílů nosníků

Varianta s ocelovou konstrukcí má hodnotu **meze kluzu** 225 [MPa] a u hliníkového profilu 140 [MPa]

Body přidělené dané variantě	Vzorec pro stanovení procentuální závislosti	Procentuální podíl na součtové hodnotě	Počet přidělených bodů variantě
Mez kluzu 140 [MPa] Al	$\frac{140[\text{Kč/h}] * 50\%}{365[\text{Kč/h}]}$	19,2 %	2
Mez kluzu 225 [MPa] Ocel	$\frac{225[\text{Kč/h}] * 50\%}{365[\text{Kč/h}]}$	30,8 %	3

Tabulka 3: Meze kluzu materiálů nosníků

Hmotnost ocelového profilu je 2,821 [kg/m]. Hmotnost hliníkového profilu je 1,363 [kg/m].

Body přidělené dané variantě	Vzorec pro stanovení procentuální závislosti	Procentuální podíl na součtové hodnotě	Zjištění skutečných přidělených bodů z max 50 %	Procentuální hodnota výhodnosti varianty	Počet přidělených bodů variantě
Hmotnost 1,363 [kg/m] Al	$\frac{1,363 * 50\%}{4,184}$	16,3 %	50 - 16,3	33,7	3
Hmotnost 2,821 [kg/m] Ocel	$\frac{2,821 * 50\%}{4,184}$	33,7 %	50 - 33,7	16,3	2

Tabulka 4: Porovnání hmotností variant nosníků

Díky **odolnosti** hliníku **vůči klimatickým podmínkám**, nemusíme dále řešit nanášení ochranné vrstvy proti těmto vlivům. U varianty s použitím ocelového nosníku musíme opatřit celou konstrukci ochrannou vrstvou, která může být provedena hned několika druhy. První možnost je nanést ochranný lak „komaxit“. Další metoda je ochranná vrstva zinku. Při použití této varianty musíme u konstrukce zhotovit odtokové díry, jinak by mohlo dojít k vysokému tlaku v ponorné lázni. Následkem toho by mohlo dojít ke změně rozměrů či dokonce k explozi.

Varianta s použitím hliníkového profilu budeme mít **modul pružnosti** $E = 70$ [GPa]. Při použití ocelového profilu budeme mít modul pružnosti $E = 210$ [GPa].

Body přidělené dané variantě	Vzorec pro stanovení procentuální závislosti	Procentuální podíl na součtové hodnotě	Počet přidělených bodů variantě
modul pružnosti 70 [GPa] Al	$\frac{70 * 50\%}{280}$	12,5 %	1
modul pružnosti 210 [GPa] Ocel	$\frac{210 * 50\%}{280}$	37,5 %	4

Tabulka 5: Porovnání modulů pružnosti variant nosníků

2.2 Bezpečnostní prvky

Další fází výběru je volba vhodného bezpečnostního zařízení. Tyto zařízení se umísťují na konstrukci pro zlepšení bezpečnosti práce. Na trhu máme možnost koupit mnoho druhů těchto komponent. Byly vybrány tyto bezpečnostní prvky:



Obr. 5: Světelná brána [3]



Obr. 6: Tlačítkový spínač pro dvouruční ovládání [4]



Obr. 7: Koncový spínač [5]

Jednou z hlavních variant ochrany obsluhy stroje je takzvané „**dvouruční ovládání**“ (dva tlačítkové spínače [4]), které funguje na tomto principu: pokud pracovník nestiskne obě tlačítka zároveň, nedojde ke spuštění pracovního procesu. Díky tomu se obsluha nemůže

zranit obsluhu. Nutností je tyto tlačítkové spínače propojit s pracovními komponenty, v našem případě s pneumatickými válci.

Druhý ochranný prvek je **vícepaprsková bezpečnostní světelná mříž** [3]. Ta funguje na tomto principu: brány jsou umístěné ve vstupním okně k pracovní ploše. Jednu bránu si můžeme představit jako vysílač a druhou jako přijímač. Pokud obsluha přeruší tento kontakt tím, že zasáhne jakoukoli částí těla do pracovního prostoru, dojde k přerušení signálu. Tím se všechny pracovní úkony stroje přeruší a stroj se přepne do klidového režimu, nebo v něm zůstane.

Třetí bezpečnostní prvek je pro ochranu upínacího zařízení. Jedná se o **koncový spínač** [5], který pracuje na tomto principu: koncový spínač je umístěn v loži pro výrobek tak, aby při vložení výrobku byl stisknut spínač na tomto ochranném zařízení. Pokud je tedy spínač stisknut, je povolený pracovní úkon stroje.

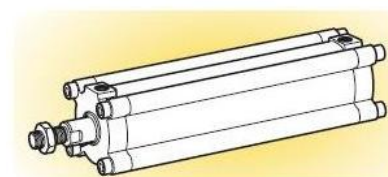
2.3 Volba pneumatického válce

Nyní se už zaměříme na hlavní pracovní komponentu. K tomuto úkonu jsme vybrali pneumatický válec, který funguje na principu stlačeného vzduchu. Během zkušebního chodu stroje jsme tedy zjistili potřebnou sílu zatlačení gumové komponenty do plastového držáku. Velikost této síly byla naměřena v rozmezí 200 až 250 [N]. Maximální možná síla na zatlačení je tedy minimální možnou silou pro pracovní komponentu. Tou je v našem případě pneumatický válec. Tuto sílu jsme zvolili jako výchozí pro hledání vhodného pneumatického pístu. Z možných variant byla vybrána právě ta blížíící se k námi hledané síle 250 [N]. Nejbližší vyšší síla pneumatického válce je 500 [N]. Této síly pneumatický válec dosáhne při tlaku v oběhu 6 [Bar]. Pokud bude potřeba sílu snížit, umožní to použití redukčního ventilu, kterým snížíme tlak vzduchu v oběhu.

Na základě výše získaných informací bylo vybráno několik možností výrobců těchto komponent:



Obr. 8: Pneumatický válec firmy Festo [6]



Obr. 9: Pneumatický válec firmy Kovaz [7]

Během zkušebního chodu stroje jsme zjistili požadovanou **sílu zatlačení** gumové komponenty do plastového držáku 250 [N]. Tato síla je tedy minimální možnou silou nutnou pro zatlačení. Tuto sílu jsme zvolili jako výchozí pro hledání vhodného pneumatického pístu a našli jsme neblíže vyšší hodnotu této pracovní síly, která je 500 [N].

Z **ekonomického hlediska** je nejvhodnější varianta, za použitím pneumatického válce od firmy Festo [6], díky její ceně 2904 [Kč]. Varianta s pneumatickým válcem od firmy Kovaz [7] je za cenu 3695 [Kč]. Pokud si vypočítáme celkové výdaje za pneumatické válce, dostaneme se na částku 23232 [Kč] u první varianty a na částku 29560 [Kč] u druhé.

Body přidělené dané variantě	Vzorec pro stanovení procentuální závislosti	Procentuální podíl na součtové hodnotě	Zjištění skutečných přidělených bodů z max 50 %	Procentuální hodnota výhodnosti varianty	Počet přidělených bodů variantě
23232 [Kč] Festo	$\frac{23232 * 50\%}{52792}$	22 %	50 - 22	28	3
29560 [Kč] Kovaz	$\frac{29560 * 50\%}{52792}$	28 %	50 - 28	22	2

Tabulka 6: Porovnání pneumatických válců z ekonomické výhodnosti

Z **hlediska dobrého smontování** je nejvhodnější varianta 1, díky možnosti zakoupení veškerých spojovacích, funkčních a doplňujících komponent v téže firmě. Tím nám odpadávat starosti s nesnadným spojením komponent do sebe.

Z **hlediska upínání** je pro nás nejvhodnější varianta 1, pro její snadné upnutí na držák námi zhotovený. Upnutí můžeme provést buď ze spodní či z horní strany pneumatického válce. Výhodné je také možnost volby zakončení pístnice. Ta může být buď s vnějším či vnitřním závitem.

2.4 Volba nejvhodnější varianty

V tomto grafu jsou ve sloupcích zobrazené různé varianty součástí pro lisovací přípravek. Budeme posuzovat výhodnosti součásti ze stejných kategorií. Rozlišení těchto kategorií je řešené barevným rozhraním. Červené pozadí tabulky symbolizuje varianty součástí pro konstrukci rámu přípravku. Zelené pozadí tabulky značí porovnávání komponent z oblasti bezpečnosti. Ve žlutém zobrazení jsou porovnávány pracovní součásti neboli pneumatické válce od firmy Festo a Kovaz.

V sloupcích jsou umístěny komponenty, které budou porovnávány a v řádcích se vyskytují hlediska, dle kterých se součásti budou porovnávat. Při volbě hodnot budeme vycházet z faktů, které byly zjištěny pro dané komponenty. Počet bodů, které je možné získat v jednom hledisku, se pohybuje v rozmezí od 0 do 5 bodů. Tato hodnota se znásobí danou váhou. V předposledním řádku pojmenovaném „Součet“ můžeme vidět součet získaných bodů dané varianty lomená celkovými maximálními body, které mohla tato varianta získat z každého porovnávacího hlediska. Poslední řádek nám ukazuje hodnotu splnění hledisek v jednotkách procent.

Pro názornost bylo vybráno hledisko ekonomičnosti pro komponentu ocelový profil (levý horní roh). Při rozhodování o výběru materiálu pro hlavní konstrukci celého pracovního stolu z hlediska ekonomičnosti byly přiděleny 4 body variantě s ocelovým profilem. V Tabulce 7 byla přidělena hledisku ekonomičnosti váha s hodnotou 5. Čili maximální možná hodnota

dosažená v tomto hledisku je: (počet max. bodů)x(váha hlediska) => 5x5 = 25. Ocelový profil dosáhl hodnoty z tohoto hlediska takto: (počet získaných bodů)x(váha hlediska) => 4x5 = 20.

Název	Váha	Ocel. profil	Hliníkový profil	Světelný závěs	Dvouruční ovládání	Snímač	Festo	Kovaz
Ekonomičnost	5	20/25	5/25	5/25	20/25	25/25	15/25	10/25
Mez kluzu	4	12/20	8/20	-	-	-	-	-
Hmotnost	3	6/15	9/15	-	-	-	-	-
Ochrana proti klimatickým vlivům	2	4/10	8/10	-	-	-	-	-
Spolehlivost	5	-	-	25/25	20/25	10/25	-	-
Rozsah bezpečnosti	7	-	-	35/35	25/35	5/35	-	-
Ergonomičnost	3	-	-	15/15	9/15	6/15	-	-
Montáž	4	4/20	16/20	16/20	8/20	12/20	20/20	16/20
Modul pružnosti	3	12/15	3/15	-	-	-	-	-
Součet		58/95	49/95	96/120	82/120	58/120	35/45	26/45
Procentuální výhodnost [%]		61	51,5	80	68,3	48,3	77,8	57,8

Tabulka 7: Porovnávací metoda

2.5 Zvolení varianty v dané kategorii

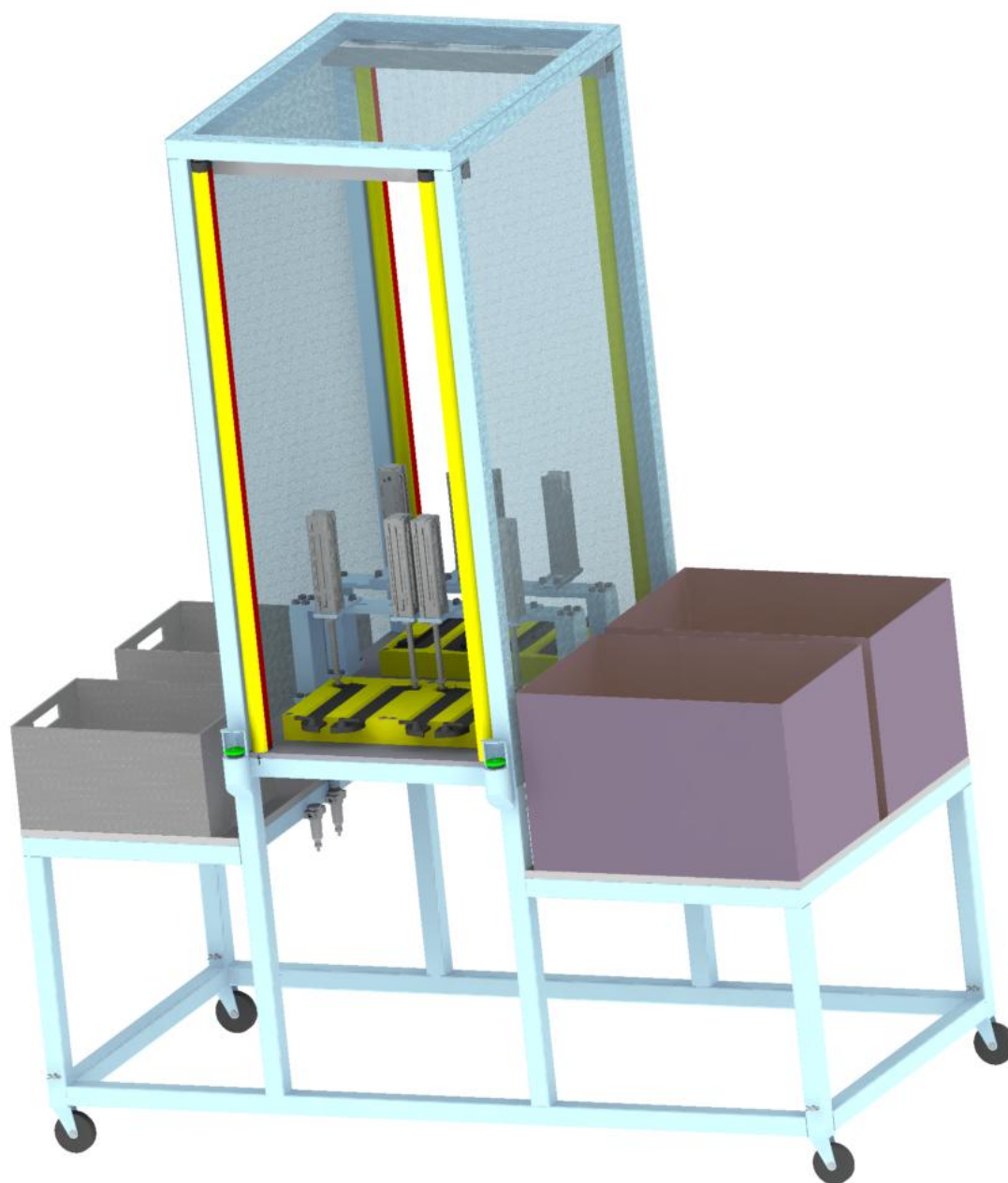
Pro konstrukci budeme volit komponenty, které více vyhovují porovnávacím hlediskům. Díky tomuto porovnání získáme nejvýhodnější variantu lisovacího přípravku.

Výsledky v porovnávání variant průřezů nosníků pro konstrukci rámu ukazují, že v závislosti na porovnávacích hlediscích je výhodnější zvolit jako výchozí ocelový průřez nosníku, který vyhovoval zvoleným hlediskům ve výši 61 [%].

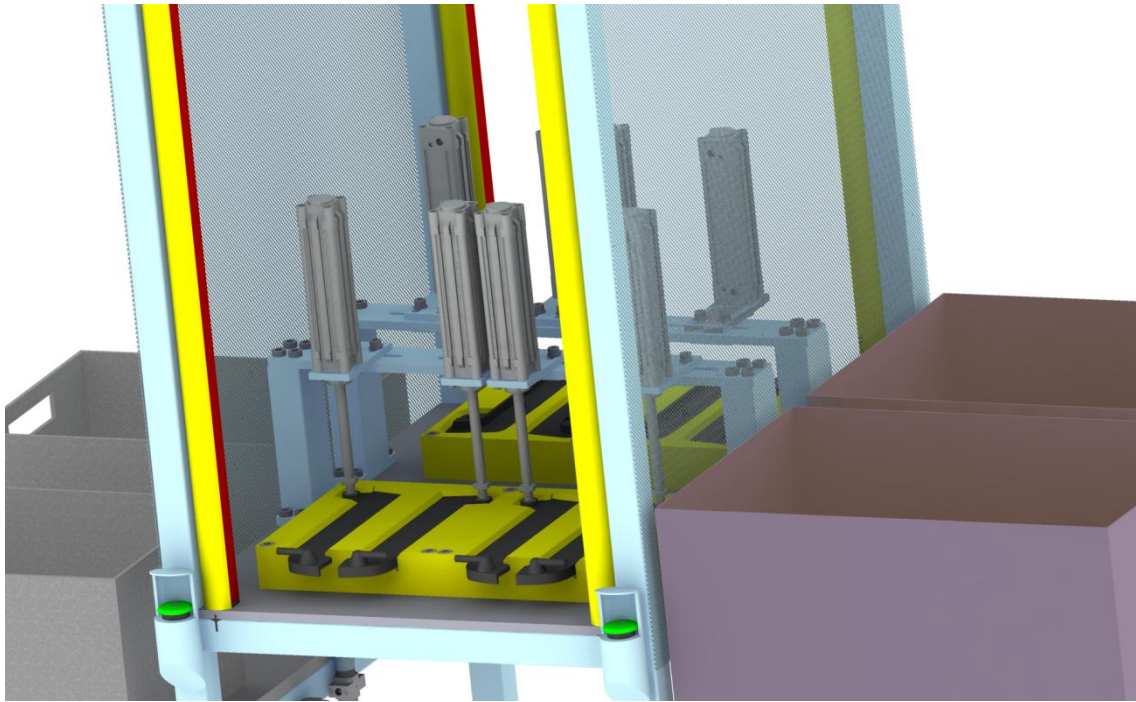
Jako další jsou výsledky z porovnávání bezpečnostních prvků pro lisovací přípravek. Z těchto výsledků jako nejvýhodnější vyšel světelný závěs s hodnotou 80 [%] a hned po něm dvouruční ovládání s hodnotou 68,3 [%]. Oba tyto prvky použijeme pro zabezpečení tohoto přípravku.

Jako poslední byly porovnávány pracovní prvky. V tomto případě je pro tuto konstrukci výhodnější varianta s pneumatickým válcem od firmy Festo. Tato varianta vyhovuje porovnávacím kritériím ze 77,8 [%].

3 Navržená konstrukce linky v programu Autodesk Inventor



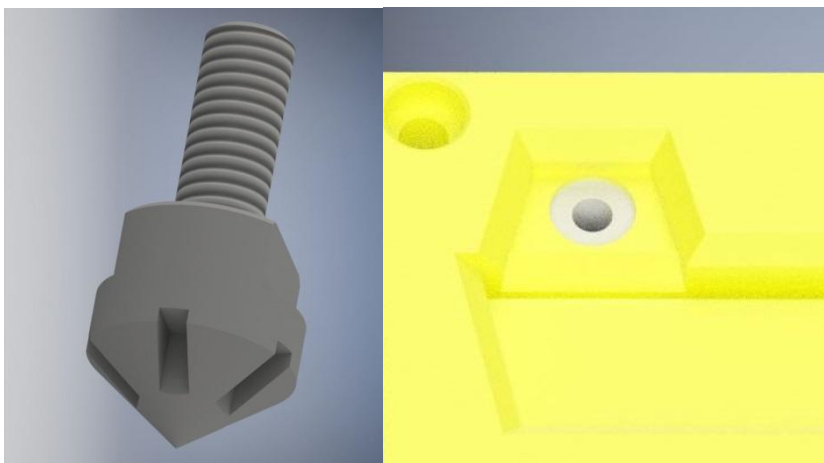
Obr. 10: 3D Model



Obr. 11: 3D Model detail pracovního prostoru

Jak je vidět bylo použito ocelových čtvercových profilů 40x40x2,5 pro dosažení tuhé konstrukce. Pro jejich ochranu proti korozi se musí opatřit ochranným lakem „komaxit“. Abychom zajistili možnost výměny či pozdější vylepšení hlavních pracovních komponent (držáky pneumatických válců, hlavní držák a stojny), rozhodli jsme se pro spoj montovaný pomocí šroubů s vnitřním imbusem. Pro možnost seřízení osy pneumatického válce byly vytvořeny drážky tak, aby umožnily změnu nastavení v rovině rovnoběžné s pracovním stolem. Pro bezpečnost bylo použito „dvouručního ovládání“ a světelných bran.

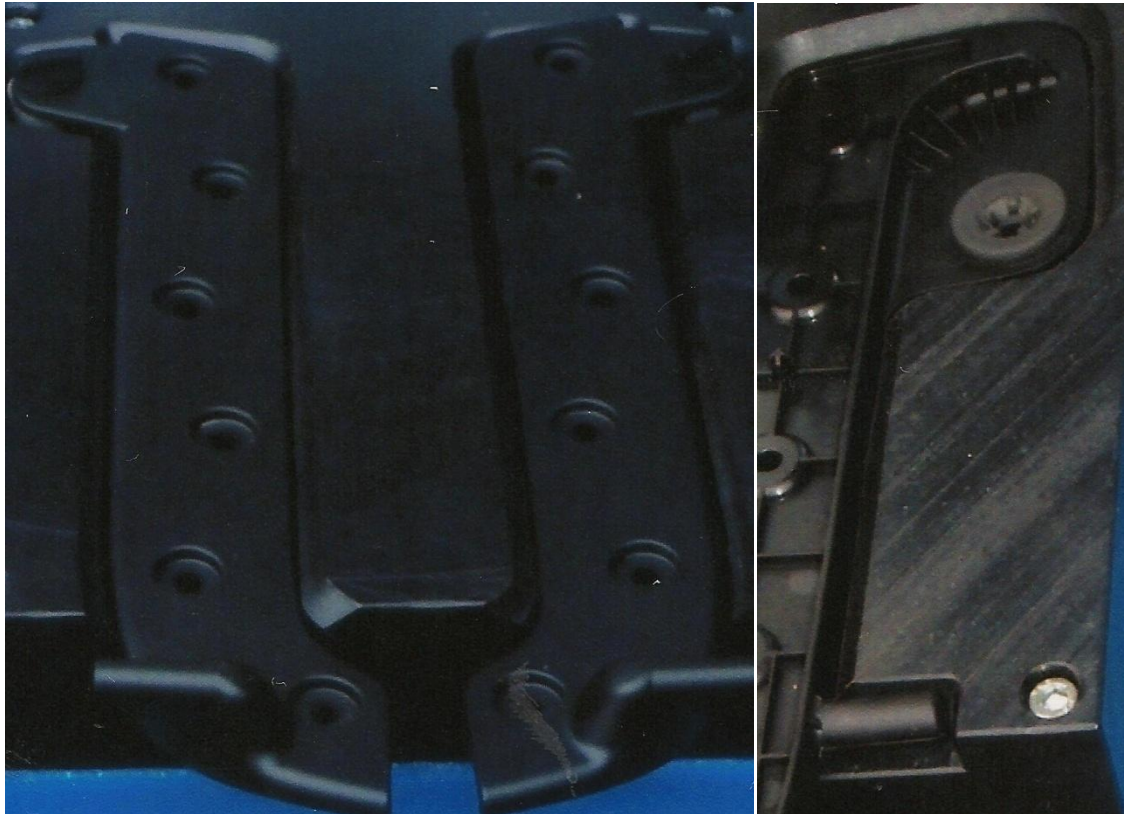
Z boků je lisovací přípravek opatřen ochrannými děrovanými plechy. Pro osvětlení pracovních ploch byla namontována světla na vrchní část přípravku a to zaručí, že obsluha nebude oslněna světlem. Na bocích přípravku jsou umístěny prostory pro bedny polotovárů a hotových smontovaných kusů. Pro možnost změny nastavení bylo využito výsuvných noh se zajišťovacím kolíkem. Díky této funkci mohou stůl obsluhovat pracovníci s různou výškou. Tato funkce splňuje jedno z ergonomických kritérií.



Obr. 12: Pracovní prvky

Na Obr. 12 můžeme vidět hlavní pracovní prvky. První součást slouží pro nasazení gumového prvku do plastové součásti. Gumový komponent drží na tomto čepu díky jeho negativnímu tvaru. Při tvorbě negativního tvaru bylo využito drážek na gumovém komponentu. Pro namontování komponenty na pneumatický válec slouží závit M6.

Druhá součást je zobrazena napravo snímku. Je to ocelové pouzdro sloužící k zalisování všech výstupků plastové zajišťovací podložky. Jeho další funkcí je zvýšení trvanlivosti pracovní zamačkávací plochy.



Obrázek 13: Protikusy k lisovaným komponentám

Na Obr. 13 jsou zobrazeny plastové komponenty. Na levé straně je umístěn pohled s plastovou součástí s otvorem pro zalisování plastového kolíku. Na pravé straně je pohled na plastovou součást určenou k prolisování gumové komponenty.

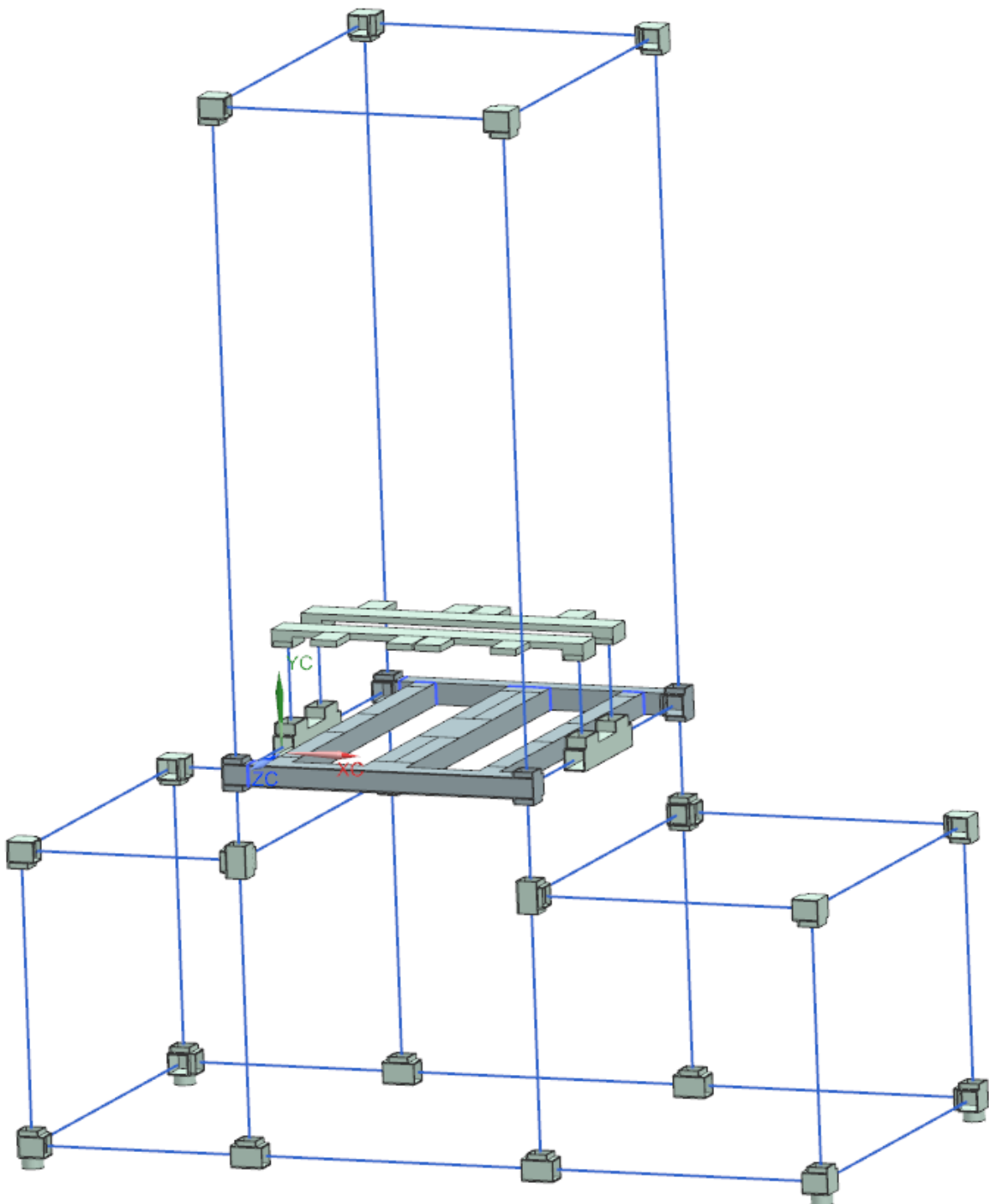
4 Výpočet v programu NX

Vymodelovaný model v programu autodesk Inventor jsme uložili ve formě step formátu a importovali do programu NX. Zde jsme provedli vytvoření fem formátu, kde jsme následně převedli 3D prvky na síť bodů s nastavenými vlastnostmi materiálu. Ve formátu sim jsme provedli fixaci noh na jedné straně a omezení pohybu tak, aby byl na druhé straně stolu umožněný pohyb noh pouze v horizontální poloze.

Jako další krok jsme zatížili všechny držáky pístů maximální teoretickou silou 500 [N] a celé konstrukci jsme přidali i gravitační sílu. Poté jsme provedli kontrolu fem formátu, kvůli možnosti výskytu chyb. Po kontrole byl proveden výpočet: posunu prvků, napětí kladené na prvky.

Výsledky jsou zpracovány v tomto pořadí: jako první je výsledek posunutí ve všech osách, další je natočení bodů oproti klidové poloze. Nakonec je tu vyhodnocení napětí.

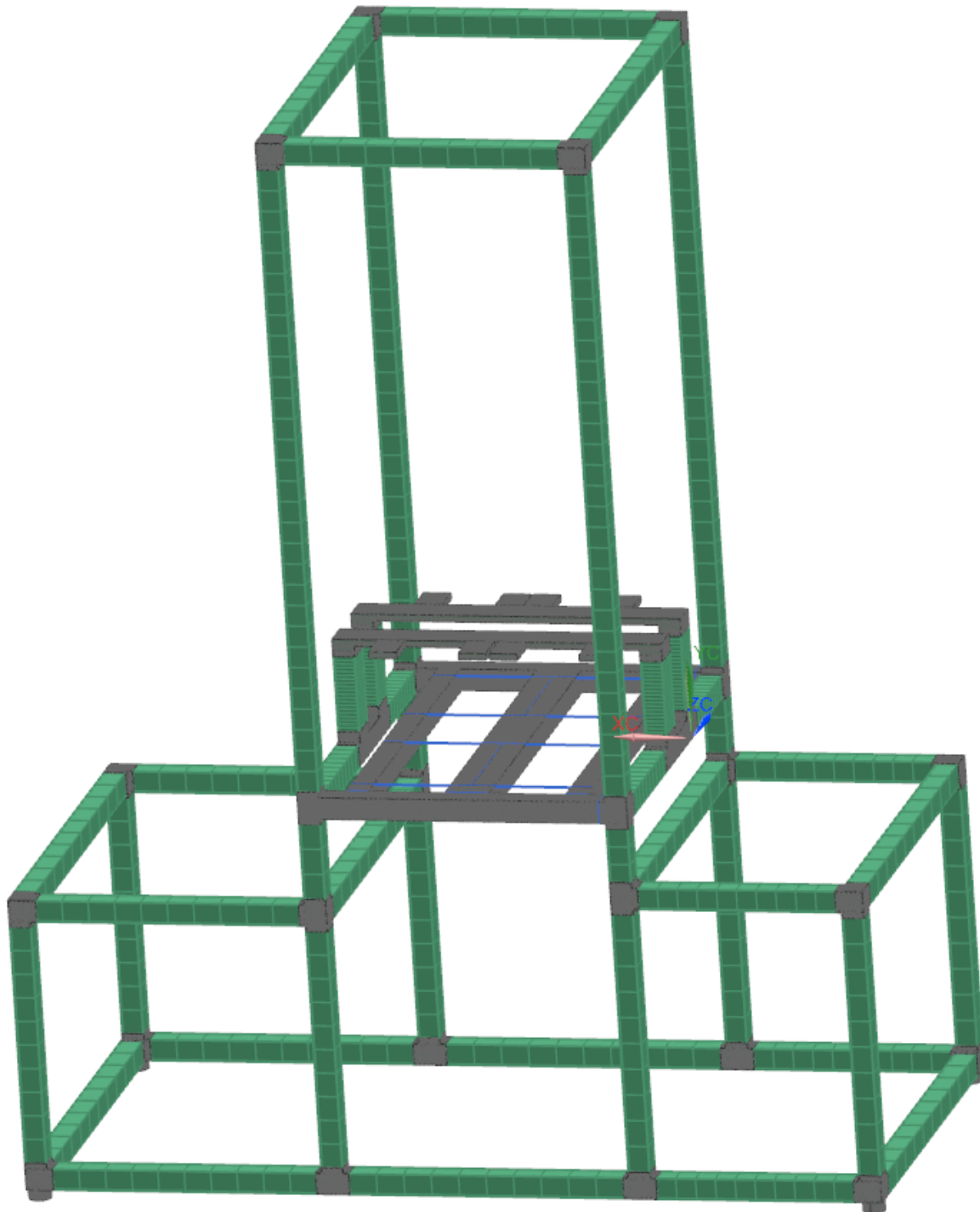
4.1 Prt formát:



Obr. 14: 3D model pro výpočet

Jak je vidět, pro rychlý výpočet jsme rovnou vymodelovali ve trojrozměrném zobrazení pouze uzlové prvky a samozřejmě hlavní držák držáku pneumatických válců. Spojovací vzdálenosti těchto prvků jsou spojeny přímkami. Takto připravený model nám usnadní další práci na výpočtu. Spoj mezi držáky pneumatických válců jsme vymodelovali jako celek. Nositky podpírající lože pro plastové komponenty jsme nasekli pro pozdější přidělení síly k dané ploše.

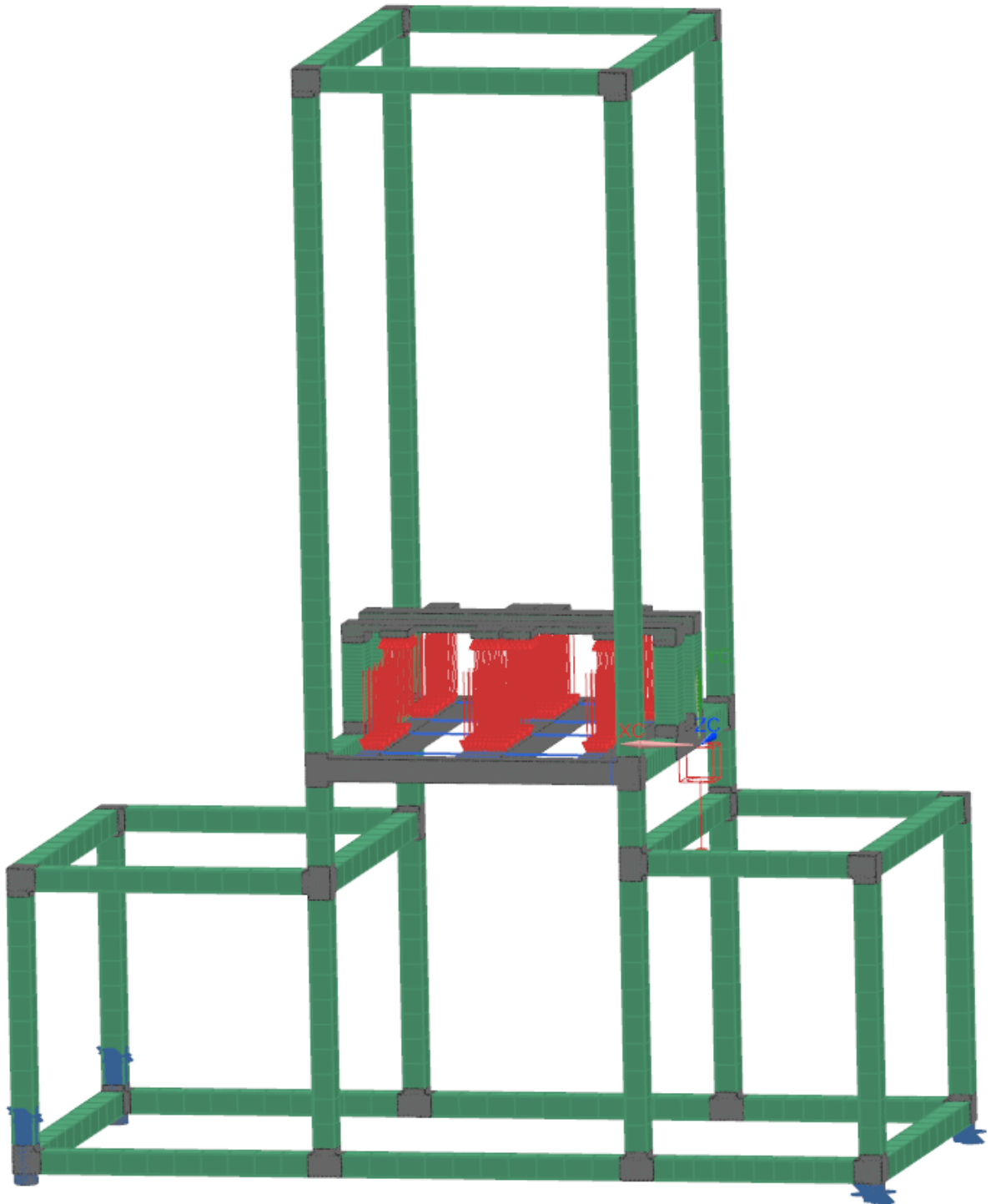
4.2 Fem formát:



Obr. 15: FEM model

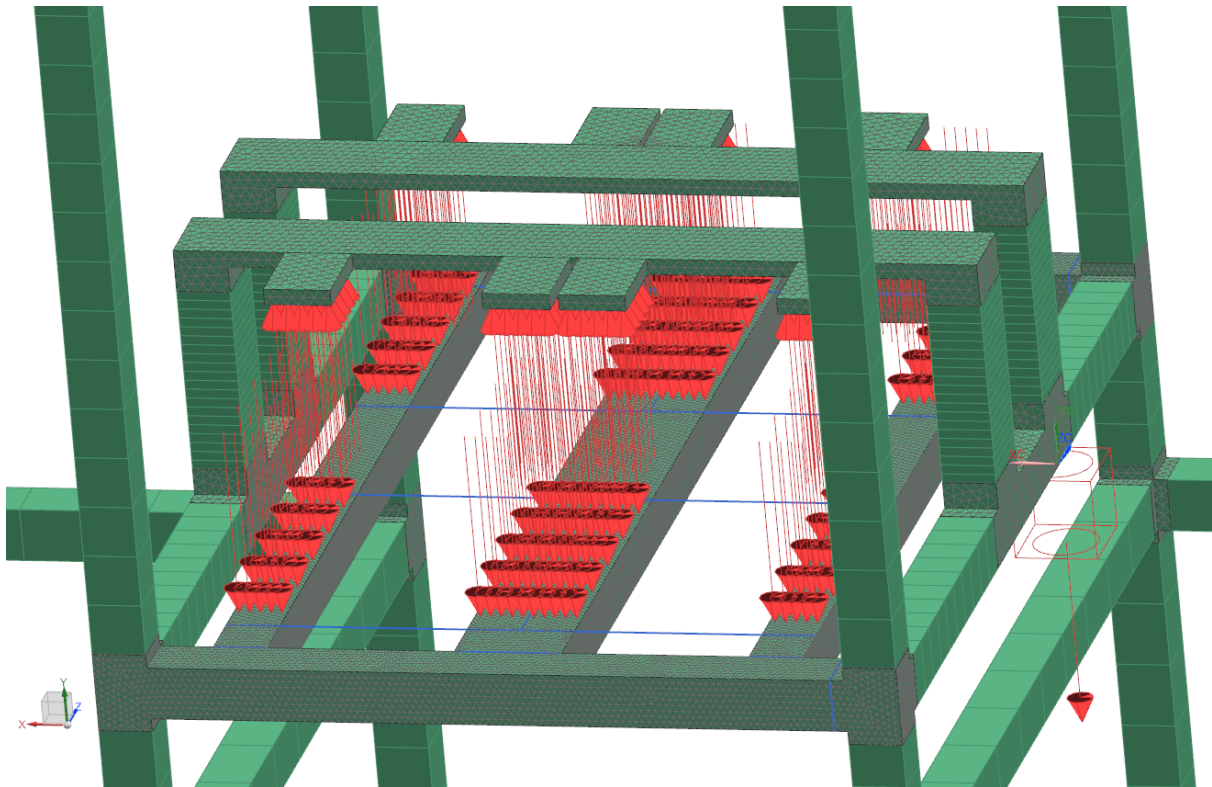
Nyní vidíme výpočtové body (sít' FEM), které si převzaly tvar od 3D prvků a 1D sít' FEM. Místo přímek jsme nadeřinovali kroky nadeřinovaných bodů, který nám konají posun a napět'ové stavy v takto nahrazeném nosníku tvaru daného profilu (40x40x2,5; 80x40x2,5). Důležité je spojení 3D sítě s 1D sítí, které jsme provedli pomocí funkce constrain. Tato funkce nám přenese veškeré napětí kladené v zadané rovině do jednoho bodu.

4.3 Sim formát:



Obr. 16: SIM model

Na Obr. 16 lze vidět SIM soubor, kde modré šipky na levé straně znázorňují pevné uchycení noh konstrukce k podlaze a na pravé straně je vazba vyřešená odebráním možnosti pohybu konstrukce ve směru (z). Konstrukce se tedy může volně pohybovat pouze v rovině podlahy. Červenými šipkami je vyznačené zatížení konstrukce, v našem případě síly vyvozené z pneumatických válců do jejich držáků. Velikost jedné síly na jeden držák je 500 [N].

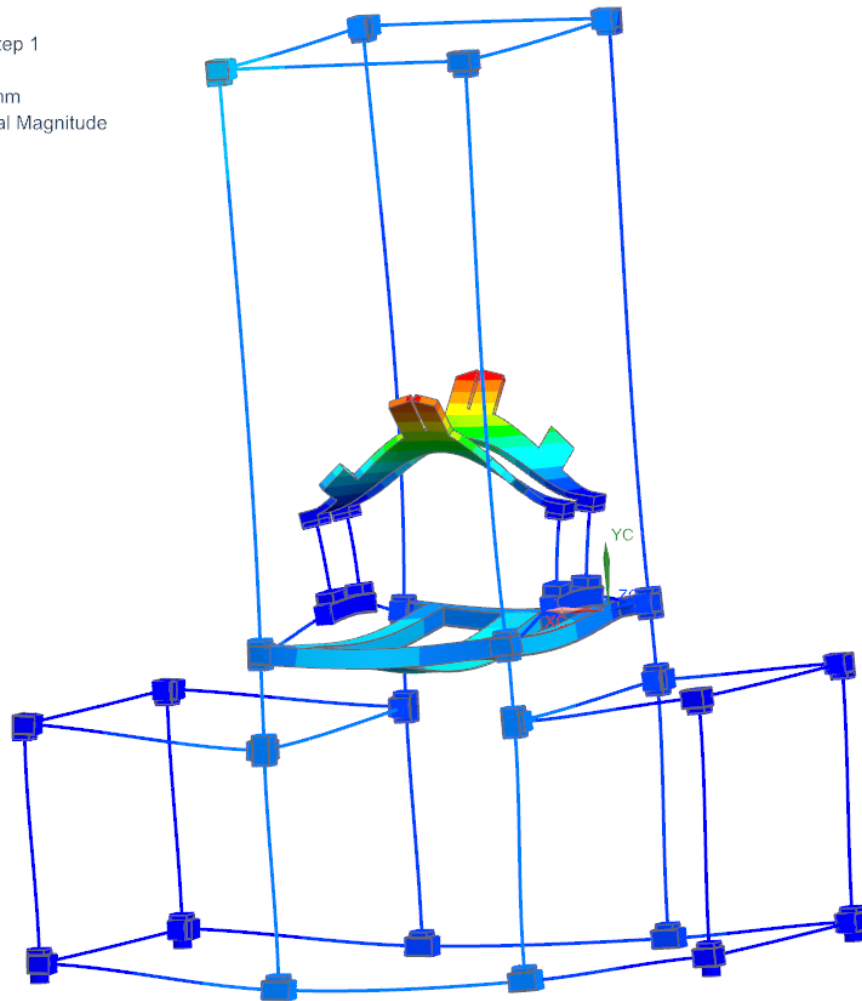


Obr. 17: SIM model detail na síly

Na Obr. 17 je vidět zavedení zátěžných sil k daným plochám. Pro rozložení síly od pneumatického válce jsme vyšli z teoretického rozložení zátěžné síly na dvě poloviny o velikosti 250 [N]. Jedna polovina síly bude působit na nosníky podpírající dané lože a druhá polovina se rozloží do držáku pneumatického válce. Díky působení dvojici pístu na jedno lože, bylo nutné plochu pod jedním lože pro plastové komponenty zatížit dvojnásobnou poloviční silou (celková síla na jedno lože 500 [N]). Pro stanovení plochy pro sílu působící na držák pneumatického válce bylo vycházeno z upnutí pneumatického válce do držáku, které je provedeno čtyřmi šrouby M6. Plocha je tedy rovna plochám čtyř podložek pro šrouby M6. Tuto plochu držáku jsme zatížili silou 250 [N].

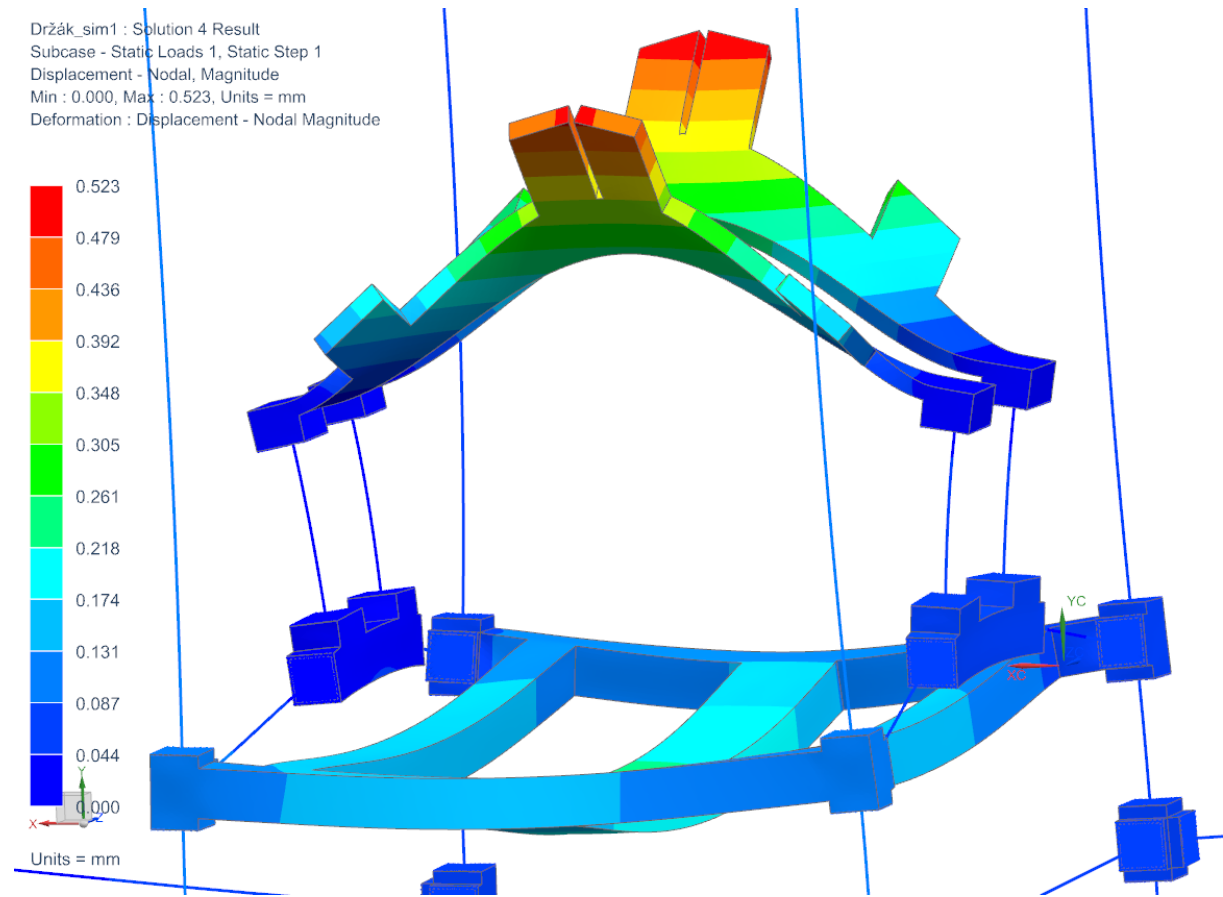
4.4 Posunutí:

Držák_sim1 : Solution 4 Result
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1
Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.000, Max : 0.523, Units = mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obr. 18: Celkový náhled posunutí

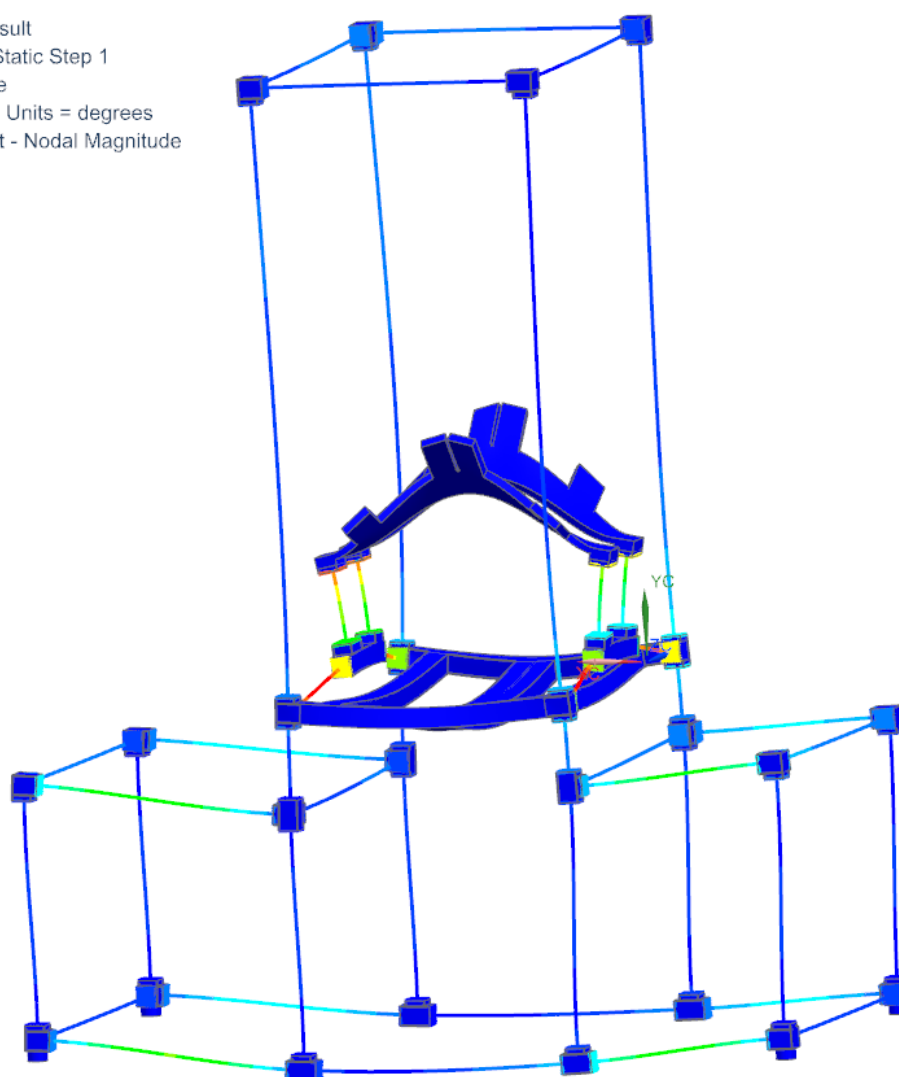
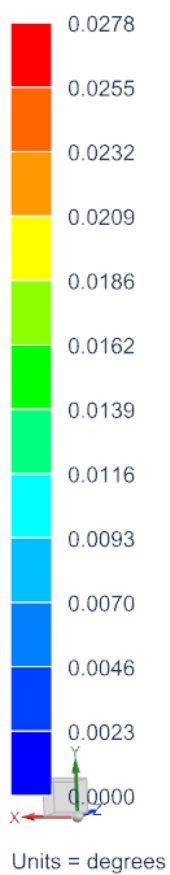
Díky barevnému rozlišení můžeme vidět, že k největšímu posunutí dochází právě v místě pracovního procesu, konkrétně se jedná o držáky pneumatických válců a jejich připevnění ke konstrukci lisovacího přípravku. Proto se na dalším snímku zaměříme na tuto oblast.



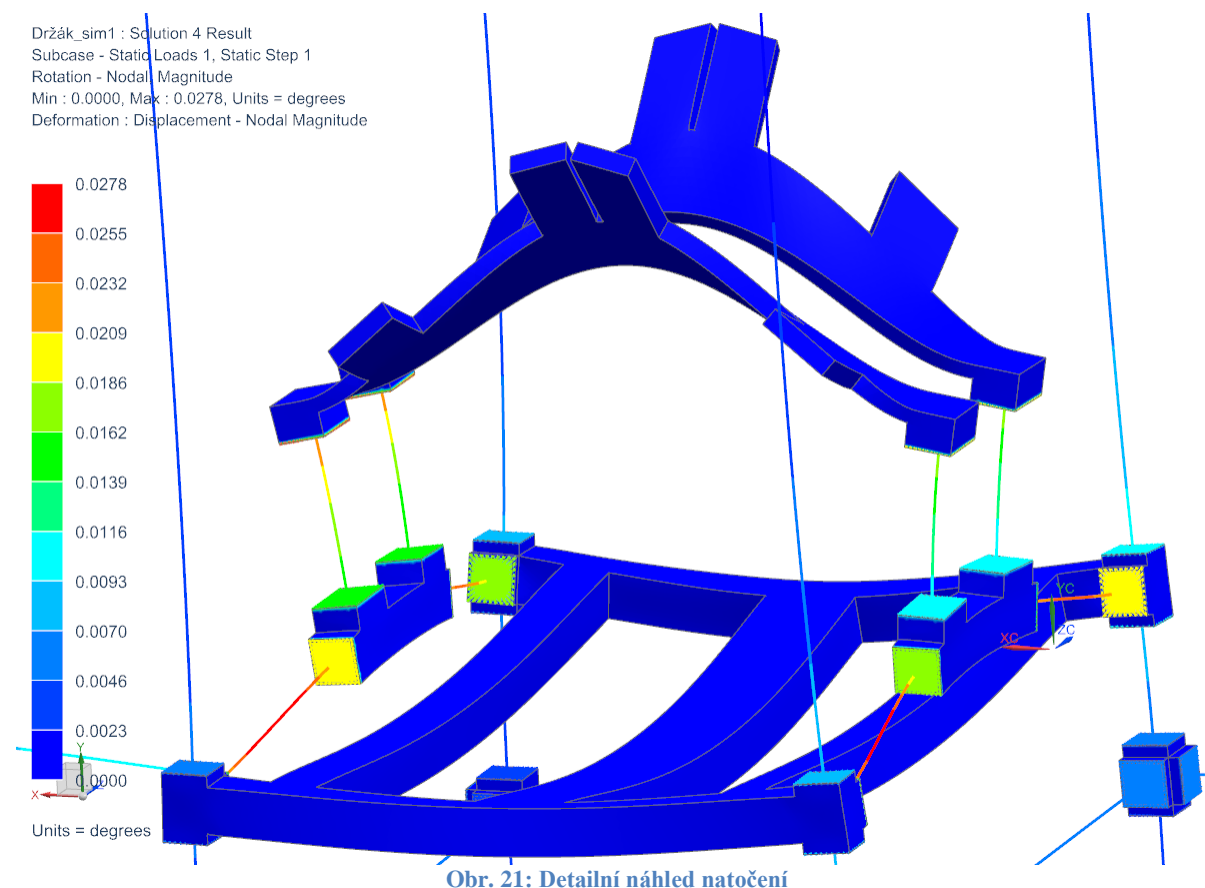
Na Obr. 19 jsou vidět barevně označené oblasti, které značí velikost posunutí v daném místě. Jak je vidět nejvíce posunuté místo je na konci držáku pístu. Červeně je vyznačené nejvíce posunuté místo s hodnotou 0,523 [mm]. Pro funkčnost procesu je důležité zdůraznit, že provozní síla byla změřena a její hodnota je 250 [N]. Tedy k takovému posunutí dojde pouze za předpokladu kritické maximální možné síly vynaložené pneumatickými válci a to právě 500 [N]. Jak se dozvíme z následujících výsledků napětí v konstrukci, nacházíme se v oblasti pružných deformací (Hookův zákon). Díky tomu se nemusíme obávat trvalé plastické změny komponenty, jelikož po odlehčení od pracovní síly se prvky vrátí do klidové polohy bez viditelných stálých změn.

4.5 Natočení:

Držák_sim1 : Solution 4 Result
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1
Rotation - Nodal, Magnitude
Min : 0.0000, Max : 0.0278, Units = degrees
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

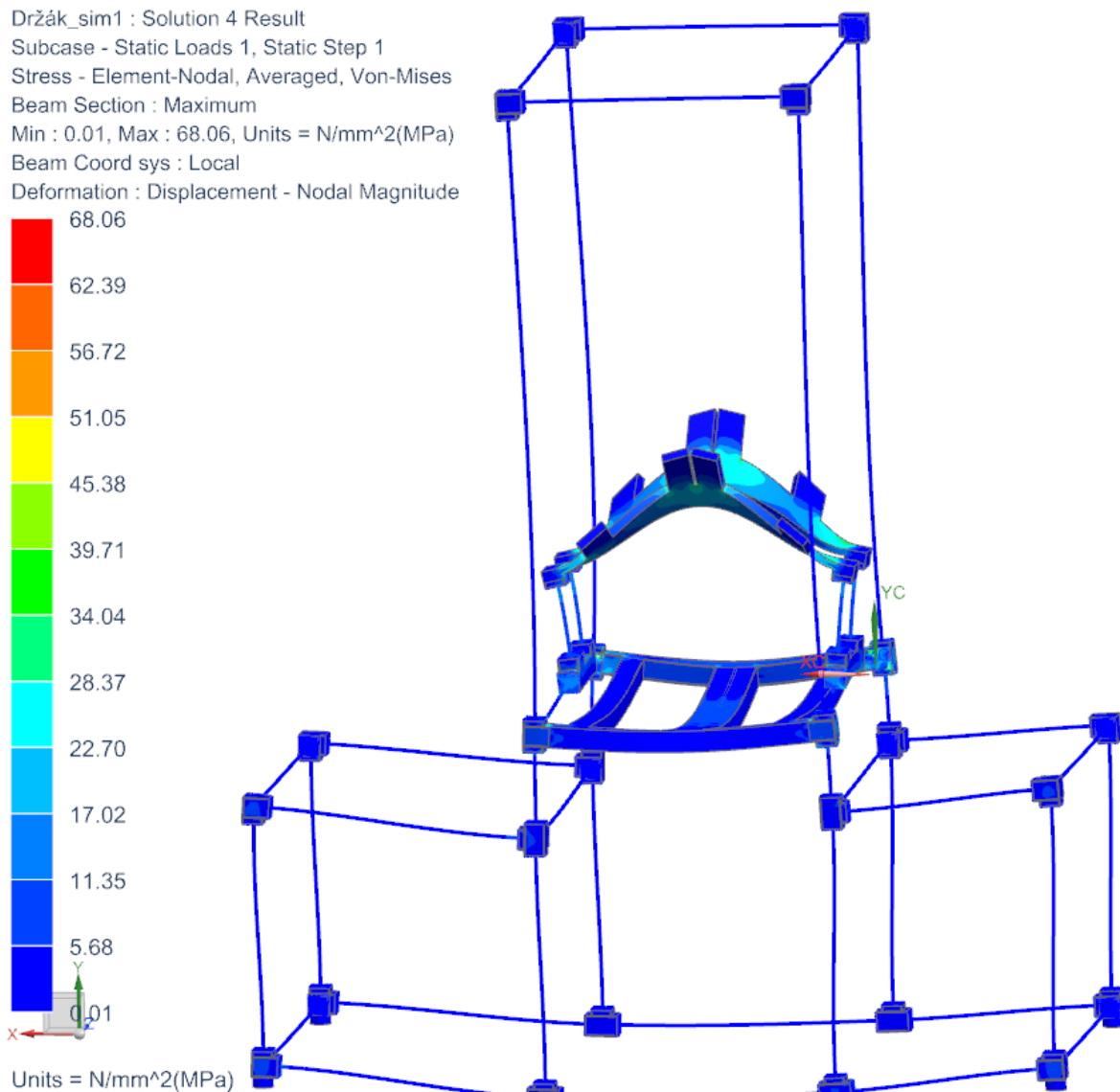


Obr. 20: Celkový náhled natočení



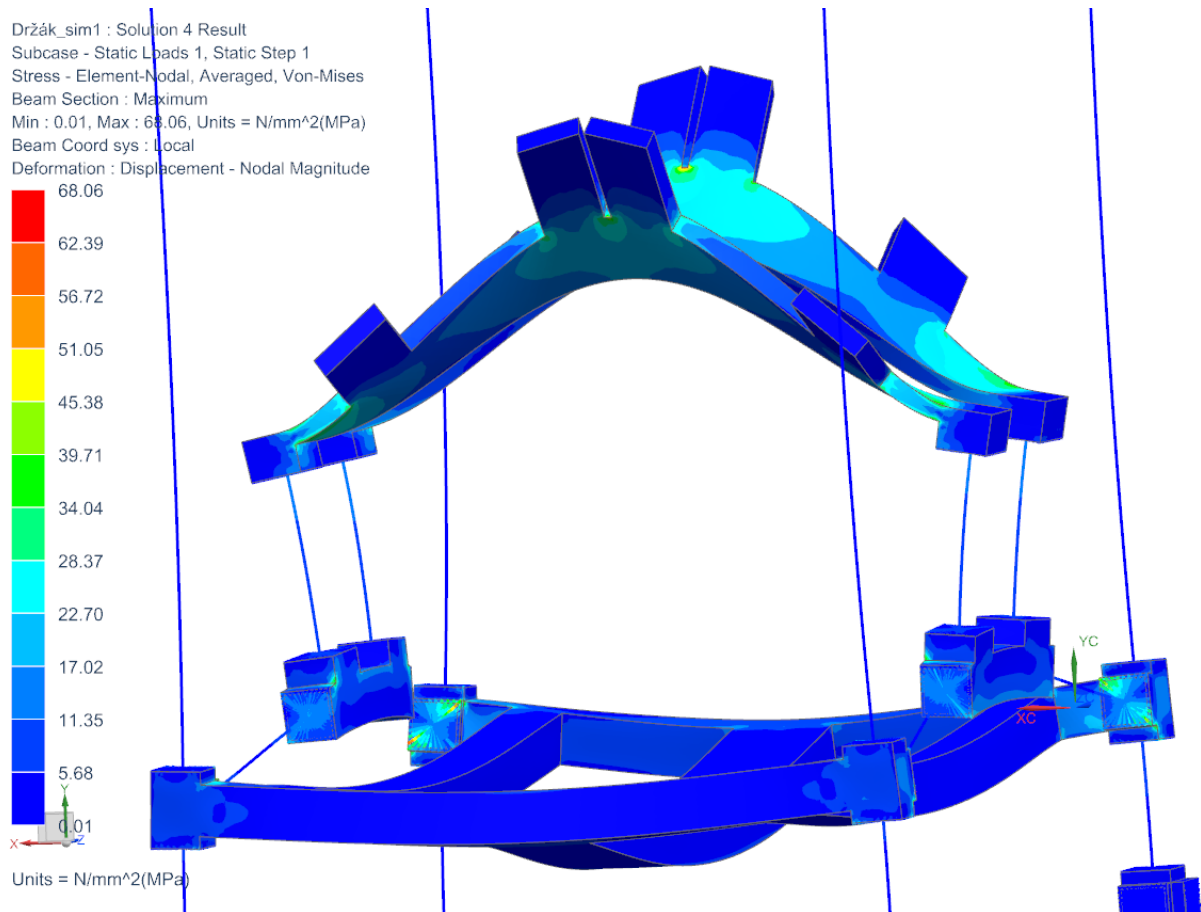
Natočení nám ukazuje jak moc je deformované těleso rotačně vychýlené vůči klidové poloze. Červeně je vyznačené nejvíce natočené místo.

4.6 Napětí:



Obr. 22: Celkový náhled napětí

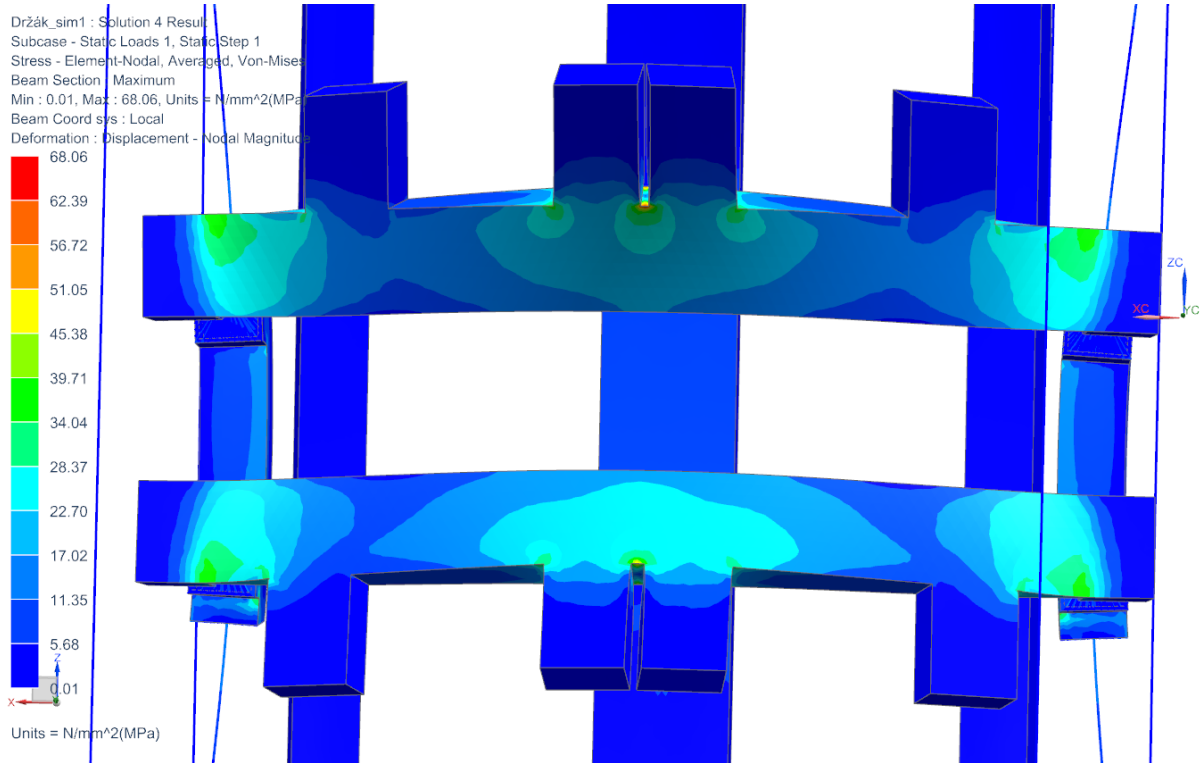
Na Obr. 22 jsou vidět nejvíce zatížená místa konstrukce rozlišená pomocí barevného rozhraní (modrá = 0 [MPa], červená = max 135,87 [MPa]). Napětí se řeší pomocí metody von-mises (stress - element-nodal). Styl barevného zobrazení byl použit banded, pro jeho dobrou čitelnost napětí (vymizení sítě). Výsledky byly ještě zprůměrovány pomocí funkce Averaged pro přesnější výsledky.



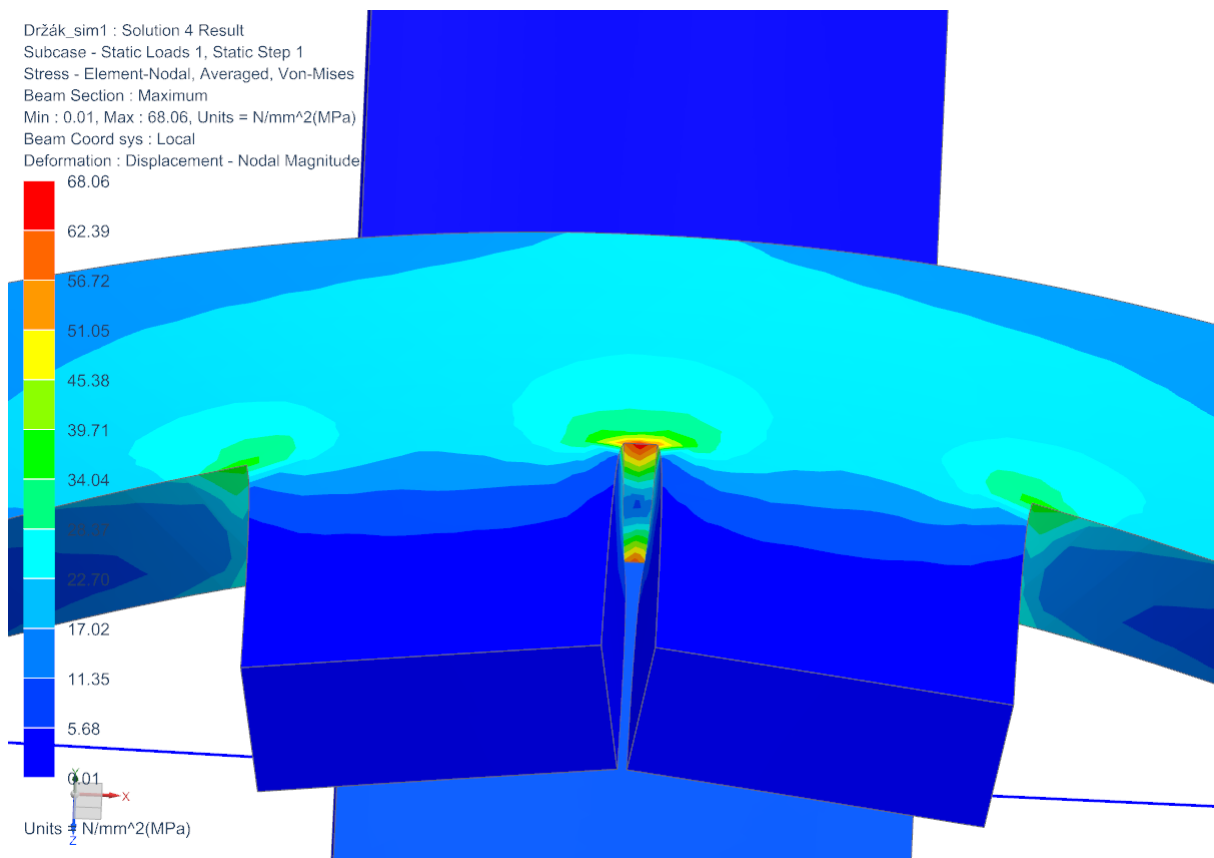
Obr. 23: Napětí detail

Hlavní oblastí na vyhodnocení napětí je hlavní nosník. Tato místa s největší koncentrací napětí jsou na dalších snímcích vidět detailněji. Jedná se zejména o místa přechodu mezi držákem a hlavním držákem pneumatických válců, dále napojení hlavního držáku na jákly (80x40x2,5) a také přichycení celého držáku k rámu lisovacího přípravku.

Zobrazení napětí je složenou metodou, ve které se promítají veškeré druhy napětí z různých zátěžných sil a momentů. Musíme si však dát pozor na správné vyhodnocení, jelikož problém nastává při vyhodnocení napětí v rozích a v malých rozměrech. Tyto hodnoty dosahují větší hodnoty, než která v těchto místech doopravdy nastane. Tudíž výsledky musíme brát s jistou rezervou.

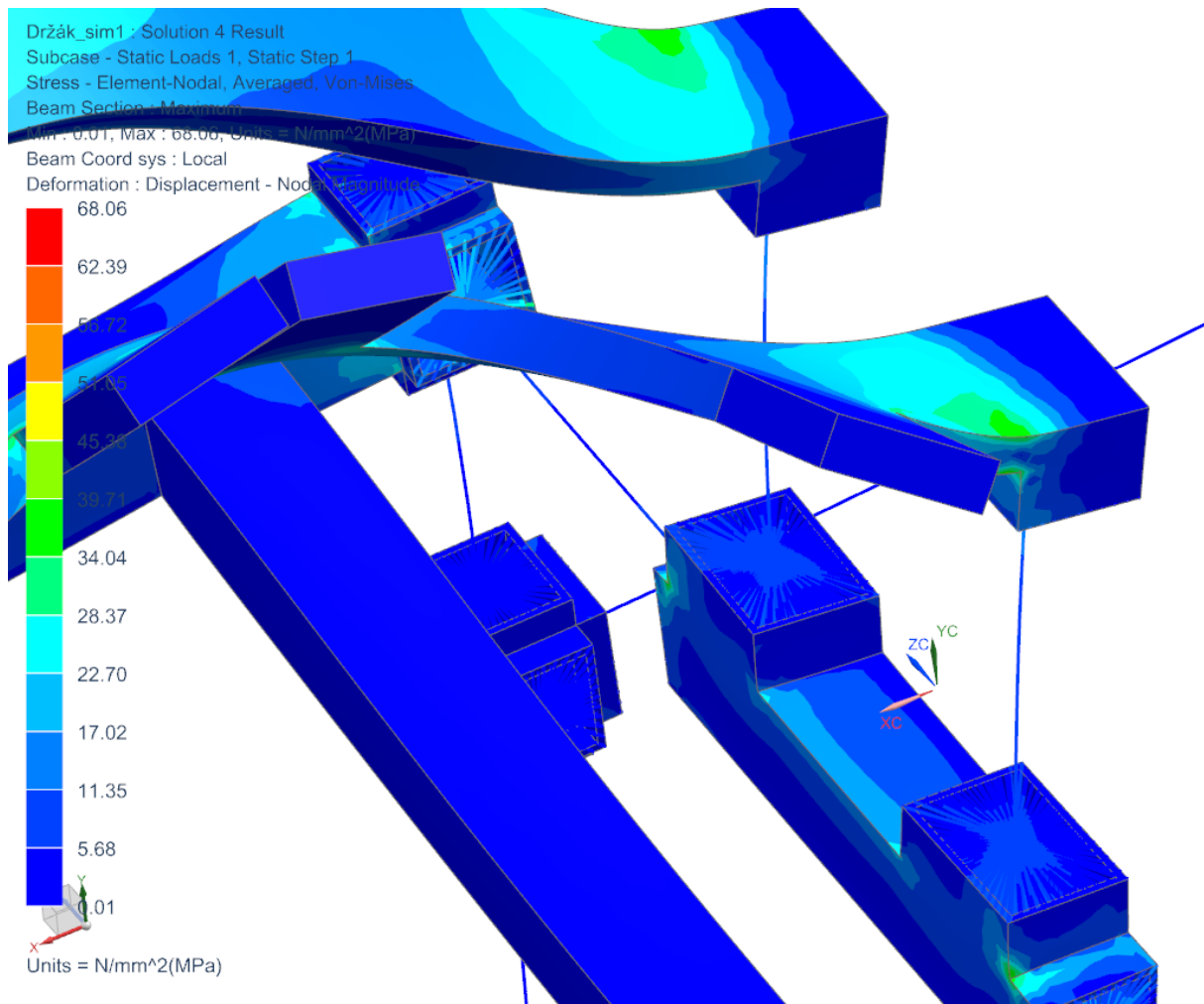


Obr. 24: Napětí horní pohled



Obr. 25: Detailní náhled napětí v prostředí hlavního držáku

Na Obr. 25 můžeme vidět koncentraci napětí v prostředním místě hlavního držáku. Tato hodnota dosahuje až 68,06 [MPa]. Tato hodnota je v místě čtyřech rohů, a tak k ní musíme přistupovat s jistou rezervou.

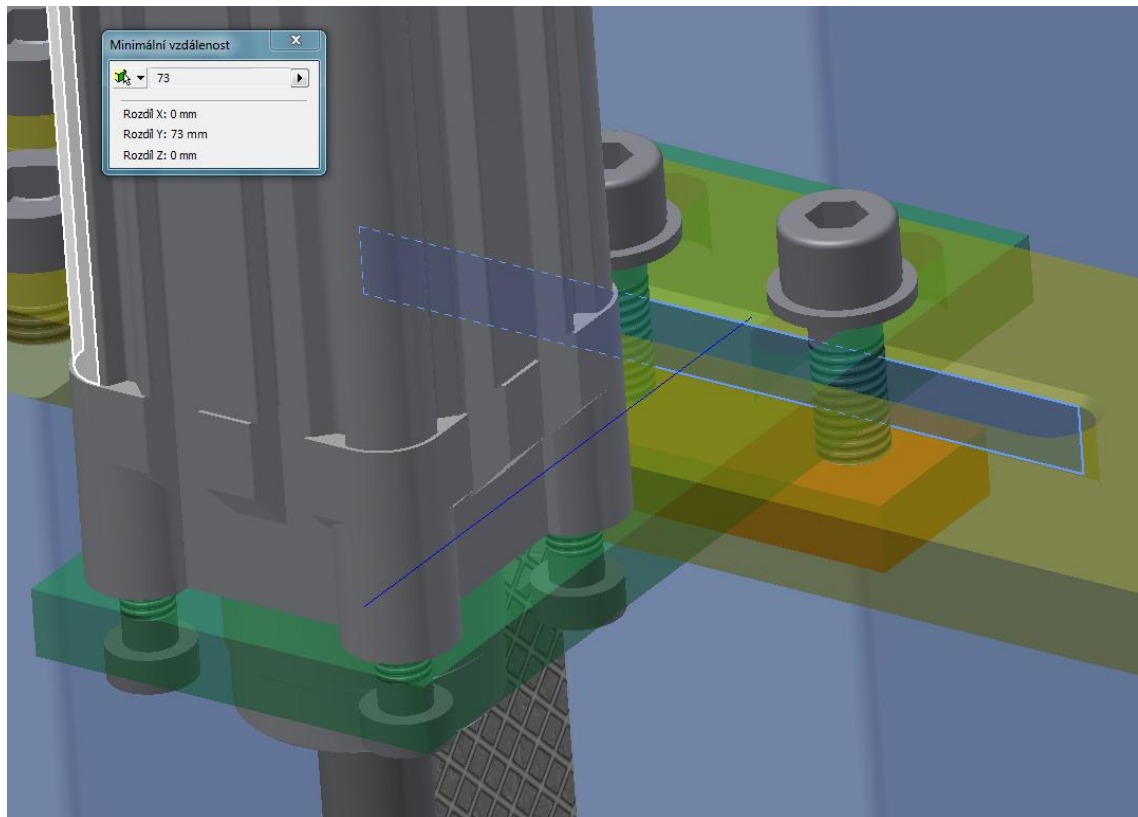


Obr. 26: Detail napětí horní přichycení stojny

Na Obr. 26 vidíme přichycení hlavního nosníku ke stojnám, které jsou přimontované ke konstrukci lisovacího přípravku. Kritické hodnoty, kterých si zde můžeme povšimnout díky barevnému rozlišení, dosahují napětí 34.04 [MPa].

5 Analytické řešení

5.1 Výpočet zatížení šroubů držáku



Obr. 27: Držák pneumatického válce

Celková síla působící na šrouby držáku je 500 [N].

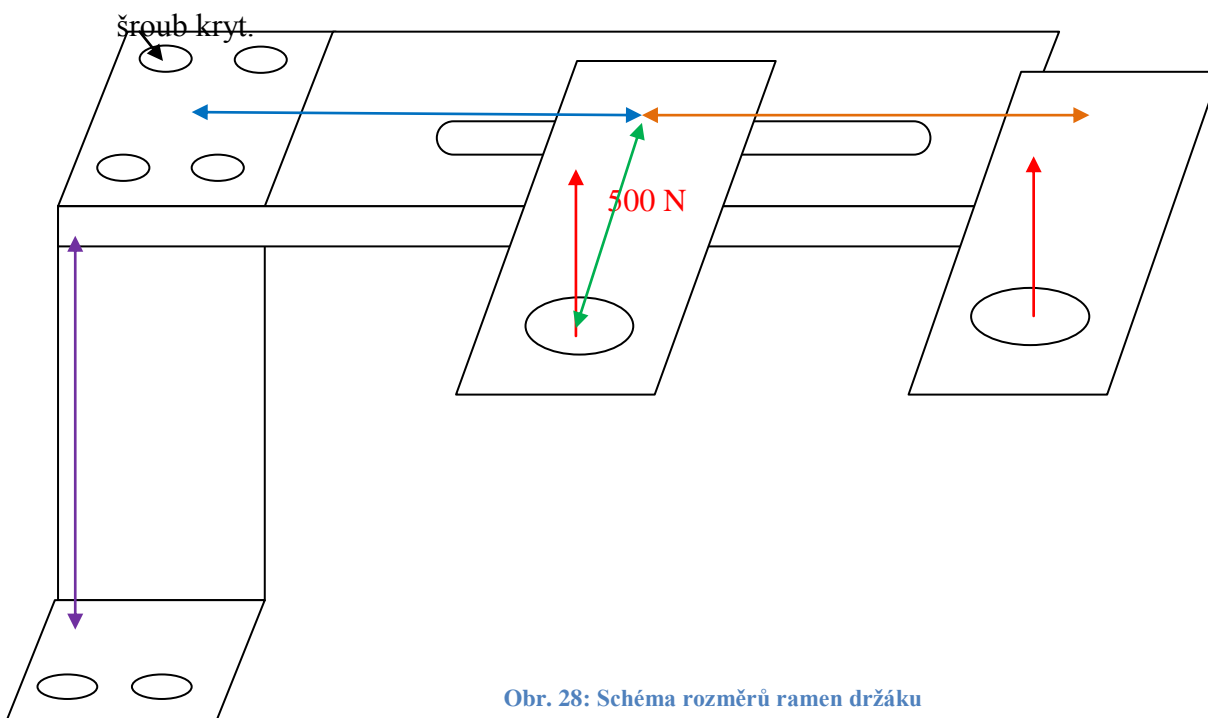
Třída pevnosti šroubu podle ISO 898	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
Třída pevnosti dřívější(ČSN)	4A	4D	4S	5D	5G	6G	8E	-	10K	12K
Označení šroubů bez zatížení podle tvrdosti	11H	11H	11H	14H	14H	22H	22H	-	33H	45H
Mez pevnosti jmenovitá R_m (MPa)	300	400	400	500	500	600	800	900	1000	1200
Mez kluzu jmenovitá R_e popř. jmenovitá $R_{p0,2}$	180	240	320	300	400	480	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	640	720	900	1080
Třída pevnosti matice:										
a) s plnou zatížitelností	4	4	4	5	5	6	8	9	10	12
b) s omezenou zatížitelností	04	04	04	04	05	05	-	-	-	-
c) bez zatížení	11H	11H	11H	11H	14H	14H	17H	-	22H	-

Tučné značky jsou přednostní.

Tabulka 8: Materiály šroubů

Materiál vnitřního závitu	Třídy pevnosti materiálů šroubů								
	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9	12.9
	p _D (MPa)								
Ocel	40	50	75	70	90	110	150	200	250
Litina	25	30	45	40	55	70	90	125	150
Hliníkové slitiny	18	20	30	27	35	45	60	80	90

Tabulka 9: Dovolené otažení šroubových spojů



Obr. 28: Schéma rozměrů ramen držáku

	Kolík	Gumový komponent
Zátěžná síla [N]	500	500
Vnitřní rozměr mezi držáky [mm]	163,2	146
Vnější rozměr mezi držáky [mm]	88,4	107
Délka držáku pneum. válce [mm]	69,6	72
Výška nosníku hl. držáku [mm]	180	180

Tabulka 10: Rozměrové parametry

5.1.1 Výpočet šroubů držáku pneumatického válce pro kolík

$$M_{c1} = \sqrt{(500 * 0,069,6)^2 + (500 * 0,015)^2}$$

$$M_{c1} = 35\,599 \text{ [N * mm]}$$

Tlak od síly na nejmenší třecí plochu (deska se závity M10)

$$p_F = \frac{F}{a * b} = \frac{500}{40 * 50} = 0,25 \text{ [MPa]}$$

Síla od momentu

$$p_m = \frac{M * 4}{a * b^2} * \frac{3}{2} = \frac{35\,599 * 4}{40 * 50^2} * \frac{3}{2} = 2,136 \text{ [MPa]}$$

Celkový tlak působící na šroub

$$p_c = |p_F + p_m| = 2,386 \text{ [MPa]}$$

Výpočet vnější síly působící na šroub

$$p_{\xi} = \frac{i * F_{\xi}}{S} \Rightarrow F_{\xi} = \frac{p_{\xi} * a * b}{i} = \frac{2,386 * 40 * 50}{2} = 2386 \text{ [N]}$$

Výpočet síly působící na jeden šroub s bezpečností

$$F_1 = 1,2 * F_{\xi} = 2863 \text{ [N]}$$

Výpočet průměru dřívku šroubu d_j

$$\sigma_t = \frac{F_1}{S} \leq \sigma_{D\check{s}} \Rightarrow d_j = \sqrt{\frac{F_1 * 4}{\pi * \sigma_{D\check{s}}}} = \sqrt{\frac{2863 * 4}{\pi * 110}} = 5,76 \text{ [mm]}$$

Byl zvolen šroub M10 s průměrem jádra $d_3 = 8,128 \text{ [mm]}$ [11].

5.1.2 Výpočet šroubů držáku pneumatického válce pro gumový komponent

$$M_{c2} = \sqrt{(500 * 0,072)^2 + (500 * 0,015)^2}$$

$$M_{c2} = 36\,773 \text{ [N * mm]}$$

Tlak vyvozený od síly na nejmenší třecí plochu (deska se závity M10)

$$p_F = \frac{F}{a * b} = \frac{500}{40 * 50} = 0,25 \text{ [MPa]}$$

Síla od momentu

$$p_m = \frac{M * 4}{a * b^2} * \frac{3}{2} = \frac{36\,773 * 4}{40 * 50^2} * \frac{3}{2} = 2,206 \text{ [MPa]}$$

Celkový tlak působící na šroub

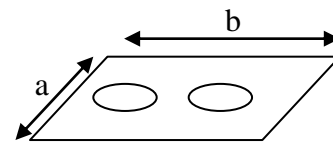
$$p_c = |p_F + p_m| = 2,456 \text{ [MPa]}$$

Výpočet vnější síly působící na šroub

$$p_{\xi} = \frac{i * F_{\xi}}{S} \Rightarrow F_{\xi} = \frac{p_{\xi} * a * b}{i} = \frac{2,456 * 40 * 50}{2} = 2456 \text{ [N]}$$

Výpočet síly působící na jeden šroub s bezpečností

$$F_1 = 1,2 * F_{\xi} = 2948 \text{ [N]}$$



Obr. 29: Schéma třecí destičky

Výpočet průměru dřívku šroubu d_j

$$\sigma_t = \frac{F_1}{S} \leq \sigma_{D\check{s}} \Rightarrow d_j = \sqrt{\frac{F_1 * 4}{\pi * \sigma_{D\check{s}}}} = \sqrt{\frac{2948 * 4}{\pi * 110}} = 5,84 [mm]$$

Byl zvolen šroub M10 s průměrem jádra $d_3 = 8,128 [mm]$ [11].

5.1.3 Výpočet šroubů hlavního držáku pro kolík

Pro výpočet bereme nejvíce ohrožený šroub (levý přední roh z obr. 31).

$$M_{O_3} = 2 * (500 * 0,0846)$$

$$M_{O_3} = 84\,600 [N * mm]$$

$$M_{O_4} = (500 * 0,0884) + (500 * 0,2516)$$

$$M_{O_4} = 170\,000 [N * mm]$$

$$M_{C_3} = \sqrt{M_{O_3}^2 + M_{O_4}^2} = 189\,887 [N * mm]$$

Tlak od síly na třecí plochu mezi hlavním držákem a nosníkem.

$$p_F = \frac{F}{c * d} = \frac{1000}{60 * 40} = 0,42 [MPa]$$

Síla od momentu.

$$p_m = \frac{M * 4}{c * d^2} * \frac{3}{2} = \frac{189\,887 * 4}{60 * 40^2} * \frac{3}{2} = 11,87 [MPa]$$

Celkový tlak působící na šroub.

$$p_c = |p_F + p_m| = 12,29 [MPa]$$

Výpočet vnější síly působící na šroub.

$$p_{\check{s}} = \frac{i * F_{\check{s}}}{S} \Rightarrow F_{\check{s}} = \frac{p_{\check{s}} * c * d}{i} = \frac{12,29 * 40 * 60}{4} = 7374 [N]$$

Výpočet síly působící na jeden šroub s bezpečností.

$$F_1 = 1,2 * F_{\check{s}} = 8848,8 [N]$$

Výpočet průměru dřívku šroubu d_j .

$$\sigma_t = \frac{F_1}{S} \leq \sigma_{D\check{s}} \Rightarrow d_j = \sqrt{\frac{F_1 * 4}{\pi * \sigma_{D\check{s}}}} = \sqrt{\frac{8848,8 * 4}{\pi * 160}} = 8,39 [mm]$$

Byl zvolen šroub M12 s průměrem jádra $d_3 = 9,819 [mm]$ [11].

5.1.4 Výpočet šroubů hlavního držáku pro gumový komponent

Pro výpočet bereme nejvíce ohrožený šroub (levý přední roh z Obr.31).

$$M_{O_5} = 2 * (500 * 0,087)$$

$$M_{O_5} = 87\,000 \text{ [N * mm]}$$

$$M_{O_6} = (500 * 0,117) + (500 * 0,263)$$

$$M_{O_6} = 190\,000 \text{ [N * mm]}$$

$$M_{C_4} = \sqrt{M_{O_1}^2 + M_{O_2}^2} = 208\,972 \text{ [N * mm]}$$

Tlak od síly na třecí plochu mezi hlavním držákem a nosníkem.

$$p_F = \frac{F}{c * d} = \frac{1000}{60 * 40} = 0,42 \text{ [MPa]}$$

Síla od momentu

$$p_m = \frac{M * 4}{c * d^2} * \frac{3}{2} = \frac{208\,972 * 4}{60 * 40^2} * \frac{3}{2} = 13,06 \text{ [MPa]}$$

Celkový tlak působící na šroub.

$$p_c = |p_F + p_m| = 13,48 \text{ [MPa]}$$

Výpočet vnější síly působící na šroub.

$$p_\xi = \frac{i * F_\xi}{S} \Rightarrow F_\xi = \frac{p_\xi * c * d}{i} = \frac{13,48 * 40 * 60}{4} = 8088 \text{ [N]}$$

Výpočet síly působící na jeden šroub s bezpečností.

$$F_1 = 1,2 * F_\xi = 9705,6 \text{ [N]}$$

Výpočet průměru dřívku šroubu d_j .

$$\sigma_t = \frac{F_1}{S} \leq \sigma_{D\check{S}} \Rightarrow d_j = \sqrt{\frac{F_1 * 4}{\pi * \sigma_{D\check{S}}}} = \sqrt{\frac{9705,6 * 4}{\pi * 160}} = 8,79 \text{ [mm]}$$

Byl zvolen šroub M12 s průměrem jádra $d_3 = 9,819 \text{ [mm]}$ [11].

5.1.5 Výpočet šroubů spodní desky stojny pro kolík

Pro výpočet bereme nejvíce ohrožený šroub (levý přední roh z obr. 32).

$$M_{C_5} = 2 * (500 * 0,1096)$$

$$M_{C_5} = 109\,600 \text{ [N * mm]}$$

Tlak od síly na třecí plochu mezi deskou stojny a konstrukcí přípravku.

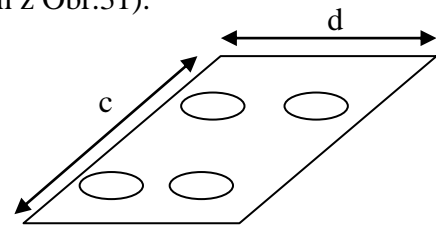
$$p_F = \frac{F}{c * d} = \frac{1000}{100 * 40} = 0,25 \text{ [MPa]}$$

Síla od momentu.

$$p_m = \frac{M * 4}{c * d^2} * \frac{3}{2} = \frac{109\,600 * 4}{100 * 40^2} * \frac{3}{2} = 4,11 \text{ [MPa]}$$

Celkový tlak působící na šroub.

$$p_c = |p_F + p_m| = 4,36 \text{ [MPa]}$$



Obr. 30: Schéma třecí plochy hlavního držáku

Výpočet vnější síly působící na šroub.

$$p_{\xi} = \frac{i * F_{\xi}}{S} \Rightarrow F_{\xi} = \frac{p_{\xi} * c * d}{i} = \frac{4,36 * 100 * 60}{2} = 8720 [N]$$

Výpočet síly působící na jeden šroub s bezpečností.

$$F_1 = 1,2 * F_{\xi} = 10\,464 [N]$$

Výpočet průměru dřívku šroubu d_j .

$$\sigma_t = \frac{F_1}{S} \leq \sigma_{D\check{s}} \Rightarrow d_j = \sqrt{\frac{F_1 * 4}{\pi * \sigma_{D\check{s}}}} = \sqrt{\frac{10\,464 * 4}{\pi * 180}} = 9,13 [mm]$$

Byl zvolen šroub M12 s průměrem jádra $d_3 = 9,819 [mm]$ [11].

5.1.6 Výpočet šroubů spodní desky stojny pro gumový komponent

Pro výpočet bereme nejvíce ohrožený šroub (levý přední roh z obr. 32).

$$M_{c_5} = 2 * (500 * 0,112)$$

$$M_{c_5} = 112\,000 [N * mm]$$

Tlak od síly na třecí plochu mezi deskou stojny a konstrukcí přípravku.

$$p_F = \frac{F}{c * d} = \frac{1000}{100 * 40} = 0,25 [MPa]$$

Síla od momentu.

$$p_m = \frac{M * 4}{c * d^2} * \frac{3}{2} = \frac{112\,000 * 4}{100 * 40^2} * \frac{3}{2} = 4,2 [MPa]$$

Celkový tlak působící na šroub.

$$p_c = |p_F + p_m| = 4,45 [MPa]$$

Výpočet vnější síly působící na šroub.

$$p_{\xi} = \frac{i * F_{\xi}}{S} \Rightarrow F_{\xi} = \frac{p_{\xi} * c * d}{i} = \frac{4,45 * 100 * 40}{2} = 8\,900 [N]$$

Výpočet síly působící na jeden šroub s bezpečností.

$$F_1 = 1,2 * F_{\xi} = 10\,680 [N]$$

Výpočet průměru dřívku šroubu d_j .

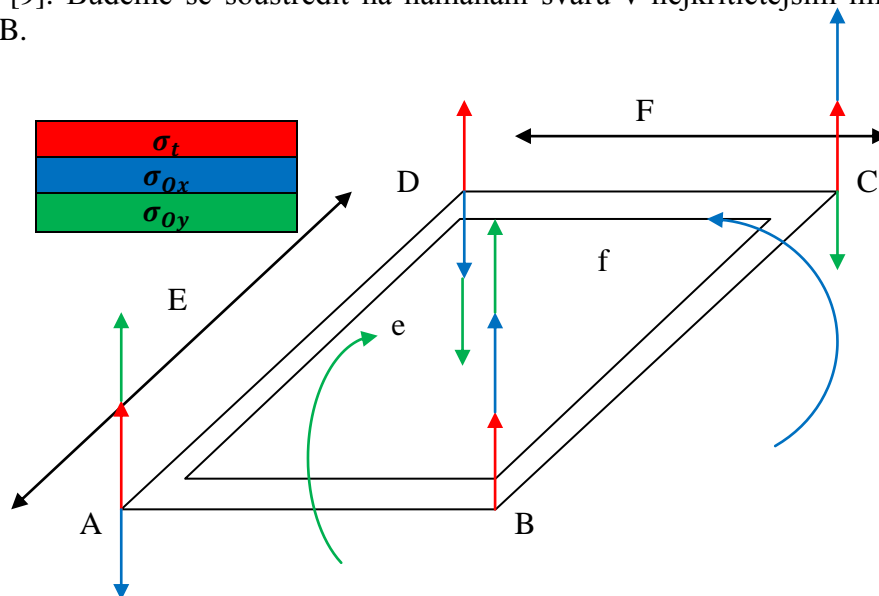
$$\sigma_t = \frac{F_1}{S} \leq \sigma_{D\check{s}} \Rightarrow d_j = \sqrt{\frac{F_1 * 4}{\pi * \sigma_{D\check{s}}}} = \sqrt{\frac{10\,680 * 4}{\pi * 160}} = 9,21 [mm]$$

Byl zvolen šroub M12 s průměrem jádra $d_3 = 9,819 [mm]$ [11].

5.2 Výpočet svarů

5.2.1 Výpočet tupého svaru nosníku a stojny pro kolík

Výpočet provedeme pro verzi s většími rameny silových momentů. Jedná se o výpočet tupého svaru [9]. Budeme se soustředit na namáhání svaru v nejkritičtějším místě, toto místo je v bodě B.



Obr. 31: Rozložení namáhání horní části stojny

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{F}{E * F - e * f} = \frac{1000}{60 * 40 - 55 * 35} = 1,11 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{ox} = \frac{M_{o1} + M_{o2}}{W_{ox}} = \frac{(500 * 98,4) + (500 * 261,6)}{\frac{1}{E6} * (FE^3 - fe^3)} = 23 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{oy} = \frac{2 * M_{o3}}{W_{oy}} = \frac{2 * (500 * 84,6)}{\frac{1}{F6} * (EF^3 - ef^3)} = 13,7 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{redA} = \sigma_t - \sigma_{ox} + \sigma_{oy} = 1,11 - 0 + 0 = 1,11 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{redB} = \sigma_t + \sigma_{ox} + \sigma_{oy} = 1,11 + 23 + 13,7 = 37,81 \text{ [MPa]}$$

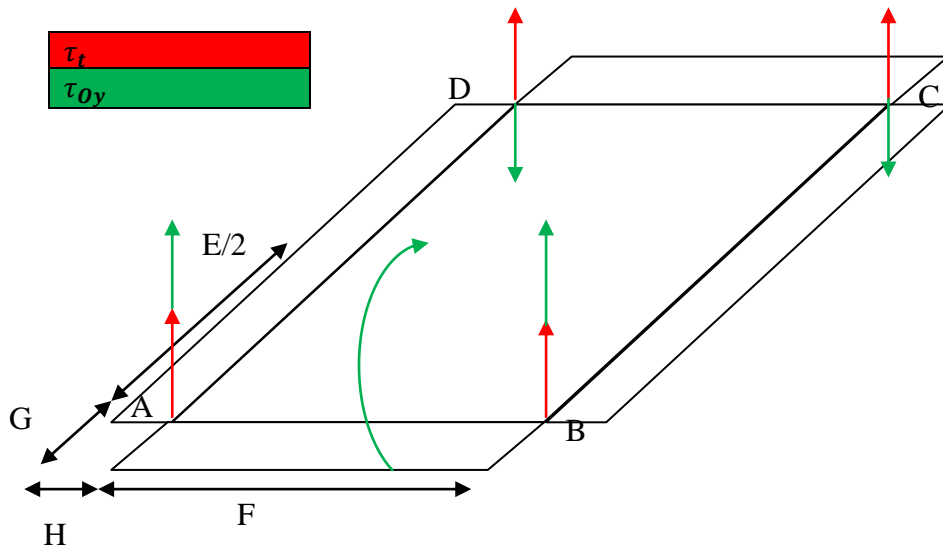
$$\sigma_{redC} = \sigma_t + \sigma_{ox} - \sigma_{oy} = 1,11 + 23 - 13,7 = 10,41 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{redD} = \sigma_t - \sigma_{ox} - \sigma_{oy} = 1,11 - 0 - 0 = 1,11 \text{ [MPa]}$$

5.2.2 Výpočet tupého svaru destičky a stojny pro kolík

Jedná se o výpočet koutových a tupých svarů [9].

Momenty působící na průřez mají střed otáčení okolo bodu B.



Obr. 32: Rozložení namáhání spodní části stojny

$$\tau_t = \frac{F}{S} = \frac{F}{2 * G * F} = \frac{1000}{2 * 3 * 40} = 4,2 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{ky} = \frac{2 * Mk_3}{Wk_x} = \frac{2 * (500 * 84,6)}{2 * \frac{1}{6} * F * G^2 + 2 * \frac{1}{6} * H * E^2} = 27,38 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{redA} = \tau_t + \tau_{ky} = 4,2 + 0 = 4,2 \text{ [MPa]}$$

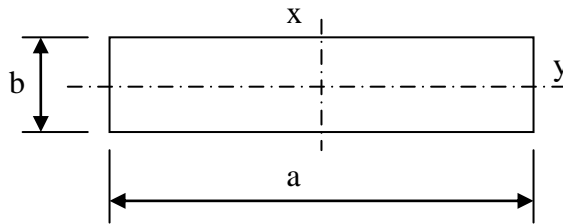
$$\tau_{redB} = \tau_t + \tau_{ky} = 4,2 + 27,38 = 31,58 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{redC} = \tau_t - \tau_{ky} = 4,2 - 27,38 = 23,18 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{redD} = \tau_t - \tau_{ky} = 4,2 - 0 = 4,2 \text{ [MPa]}$$

5.3 Kontrola navrženého průřezu držáků

Průřez držáku pneumatického válce:



Obr. 33: Průřez držáku pneumatického válce

$$\sigma_{oy} = \frac{Mo_4}{Wo_y} = \frac{(250 * 69,6)}{\frac{1}{6} * a * b^2} = \frac{(250 * 69,6)}{\frac{1}{6} * 50 * 8^2} = 32,625 [MPa] \leq 112,5 [MPa]$$

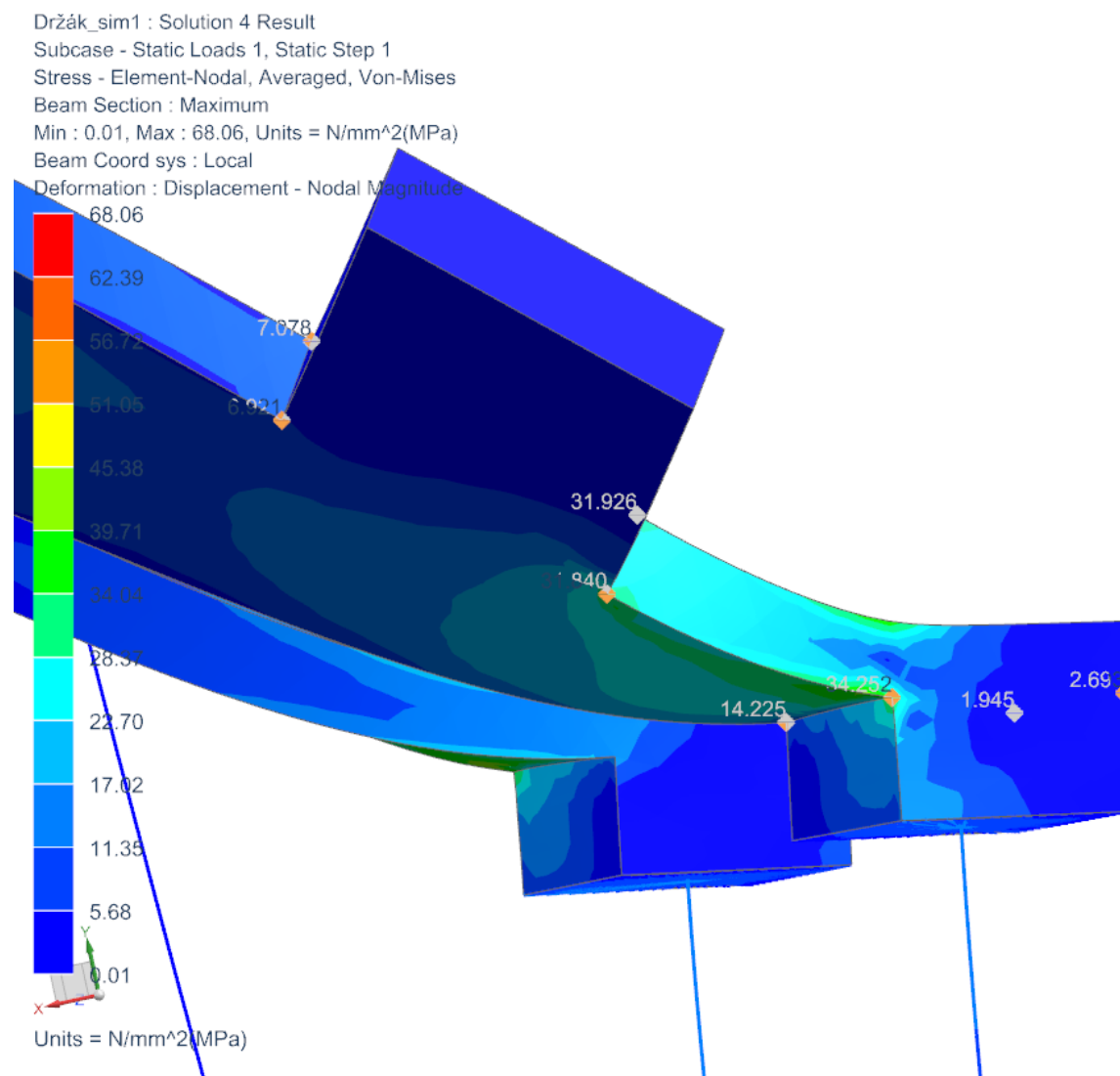
$$\sigma_{Dš} = \frac{Re}{k} = \frac{225}{2} = 112,5 [MPa]$$

Hodnotu koeficientu bezpečnosti jsme zvolili jako (k=2).

Průřez hlavního nosníku pneumatických válců:

6 Porovnání analytických a softwarových výsledků

Během porovnání obou variant budeme vycházet ze zjištěných hodnot z předchozích kapitol. Nejdříve budeme kontrolovat odchylky ve výsledcích napětí.



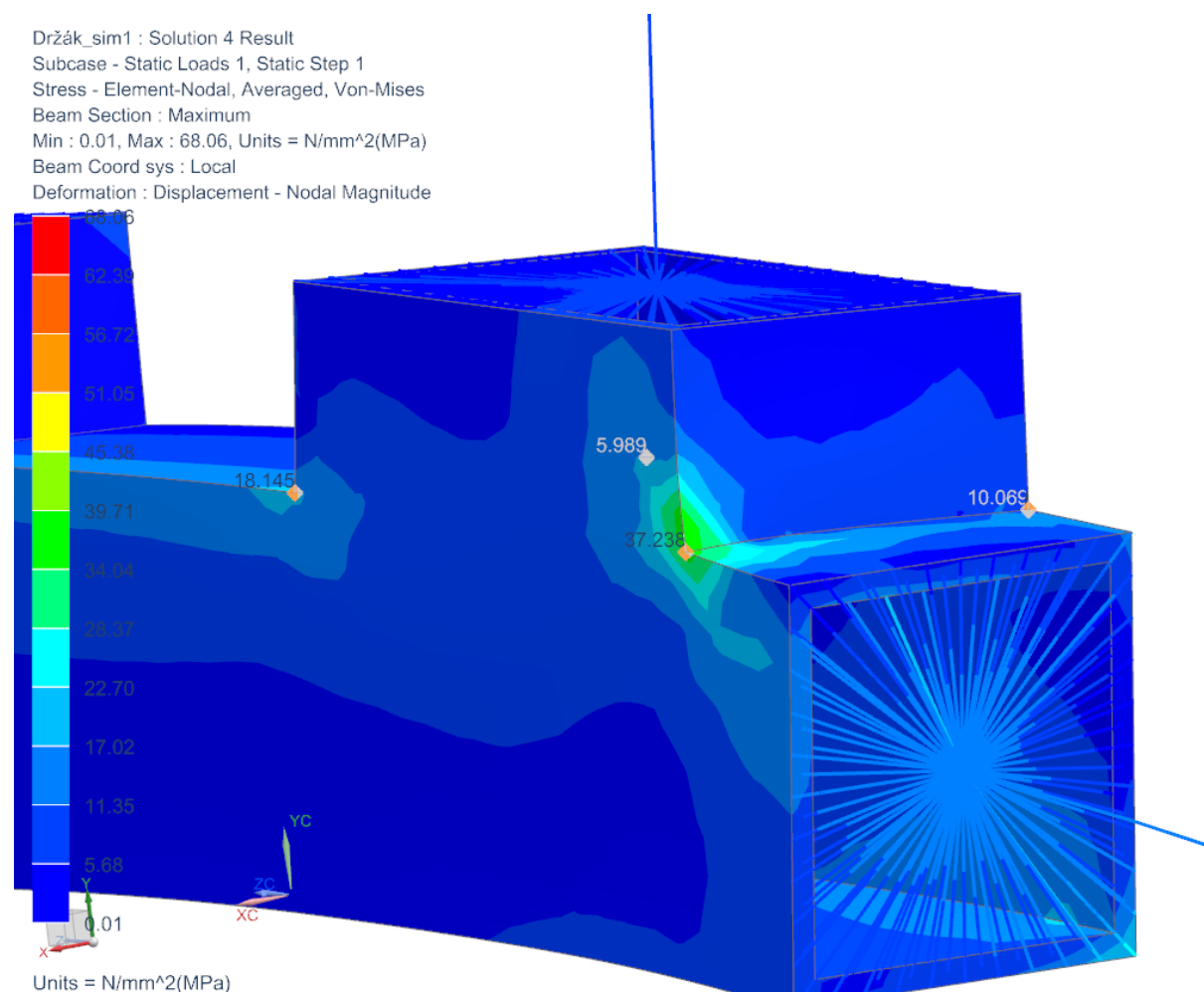
Obr. 34: Napětí hlavního nosníku a stojny

Pro porovnání s hodnotami vyhodnocenými pomocí softwaru NX použijeme analyticky vypočtené hodnoty. Napětí v místech A a B jsou v povolené hranici odlišitelnosti výsledků do 10 [%]. Pro správné vyhodnocení si stanovíme maximální možnou odchylku z maximálního napětí konstrukce. Maximální napětí je 68,06 [MPa]. Odchylku tedy stanovíme jako $68,06/10 = 6,81$ [MPa].

Porovnání variant	Analytické výsledky	Software výsledky	Odchylka výsledků (max 6,81 MPa)
Napětí v místě A	1,11	2,69	$2,69 - 1,11 = 1,58$
Napětí v místě B	37,81	34,252	3,558
Napětí v místě C	10,41	14,225	3,815
Napětí v místě D	1,11	1,945	0,835

Tabulka 11: Porovnání variant výpočtu hlavního nosníku

Jelikož byla ve všech případech splněna podmínka maximální odchylky výsledků, mohou se tyto výsledky pokládat jako korektní.

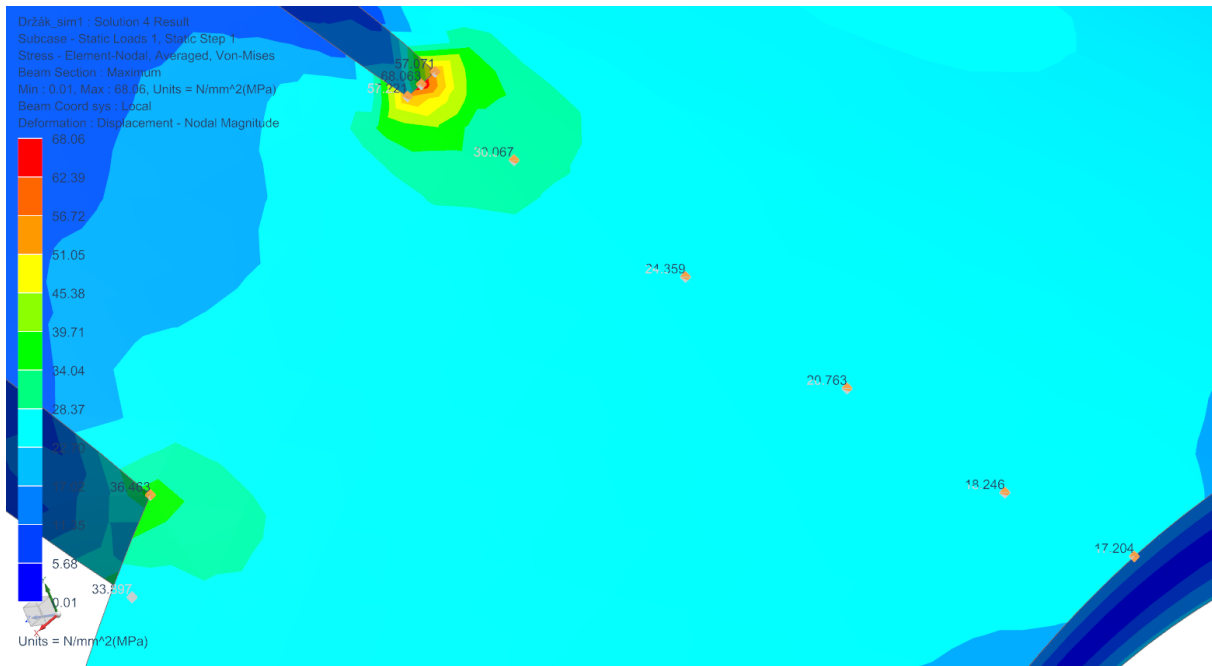


Obr. 35: Pohled na připevnění stojny ke konstrukci

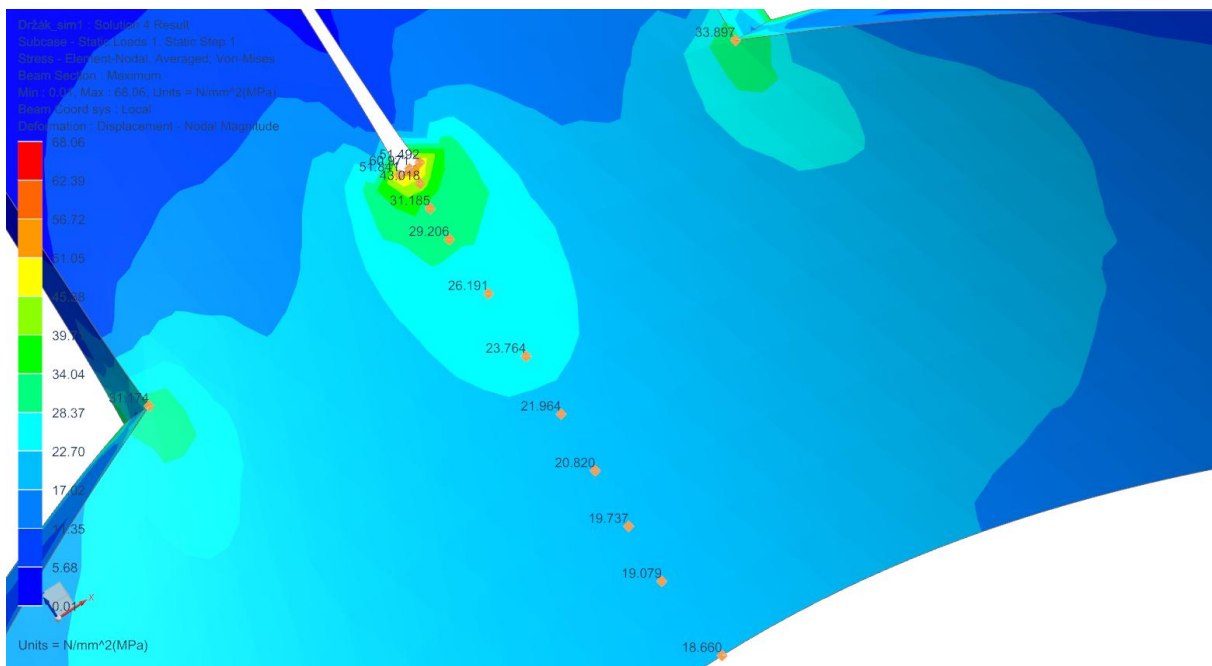
Porovnání variant	Analytické výsledky	Software výsledky	Odchylka výsledků (max 6,81 MPa)
Napětí v místě A	4,2	10,069	5,869
Napětí v místě B	31,58	37,238	5,658
Napětí v místě C	23,18	18,145	5,035
Napětí v místě D	4,2	5,989	1,789

Tabulka 12: Porovnání variant výpočtu stojny k rámu přípravku

Výsledky napětí v místě připevnění stojny hlavního nosníku ke konstrukci lisovacího přípravku se ve všech bodech shodují dle podmínky maximální odchylky. Můžeme říci, že výsledky jsou korektní. Kritické místo se nachází v bodě B s hodnotou 37,238 [MPa]. Tuto hodnotu budeme brát jako napětí kladené na stojnu. Z hlediska průběhu napětí v softwaru si můžeme všimnout minimálního napětí v bodě D (5,989 [MPa]).



Obr. 36: Horní pohled na hlavní nosník



Obr. 37: Spodní pohled na hlavní nosník

Hodnota napětí v držáku pneumatického válce zjištěná analytickým výpočtem je 32,625 [MPa]. Hodnota průměrného napětí držáku zjištěná softwarem NX je 33,897 [MPa]. Porovnáním těchto hodnot dojdeme k tomuto závěru. Hodnoty napětí zjištěné výpočty mohou být použity pro dimenzování průřezu destičky. Odchylka hodnot je 1,272 [MPa] a tím je prokázána korektnost výsledků.

Závěr

Výsledkem této práce je zpracovaný konstrukční návrh lisovacího přípravku pro spojení zadaných součástek (gumový komponent a kolík) do plastových desek k tomu určených. Nejdříve byly stanoveny priority, dle kterých byly vybrány dané varianty. Vybrané priority byly převedeny na součásti, které jsme volili pomocí nabídky na trhu. Z těchto variant jsme vybrali ty, které jsou pro nás nejvhodnější.

Takto vybrané komponenty jsme zanesli do 3D návrhu konstrukce. Poté jsme si zpracovali upravenou 3D verzi konstrukčního návrhu pro výpočet v programu NX. Takto připravený koncept jsme zpracovali pro výpočet pomocí metody konečných prvků, díky které jsme zjistili několik měřitelných veličin. Mezi tyto veličiny patří posunutí ve všech osách, natočení ve všech osách a v neposlední řadě napětí zobrazené v práci pomocí metody Von-mises.

Díky takto provedenému výpočtu jsme se zaměřili v analytickém výpočtu pouze na ta místa, která byla více namáhána (držák pneumatického válce, spojení hlavního držáku pneumatických válců s ostatními komponenty, připojení stojny k hlavnímu držáku a připojení stojny ke konstrukci přípravku).

Analyticky zjištěné hodnoty v těchto kritických místech jsme porovnali se softwarem zjištěnými hodnotami. Po zjištění korektnosti výsledků jsme přešli k vypracování výkresové dokumentace pro tento návrh.

Ergonomická problematika byla zohledněna ve výšce stolu. Cílem byla snadná změna výšky stolu dle výšky obsluhy. Díky této funkci nemusí být dělník celou pracovní směnu například: v předklonu, stát na špičkách. Díky samostatnému osvětlení pracovního prostoru může být stůl umístěn dle potřeby podniku. Dále je plánované umístit mezi hlavní držáky pneumatických válců korkovou nástěnkou pro umístění manuálů pro obsluhu a případné dokumenty či jiné informace potřebné pro obsluhu.

Z bezpečnostního hlediska tu máme umístěné světelné brány a dvouruční ovládání. Tyto prvky chrání obsluhu před zraněním při pracovním úkonu. To znamená, že pokud není stroj správně obsluhován, nespustí se pracovní proces a stroj zůstane v klidové poloze.

Z funkčního hlediska jsme řešili hlavní pracovní součásti tak, aby nedošlo k poškození montovaných dílů. Tento požadavek byl zajištěn vytvořením negativního tvaru zamačkávané součásti. Do plastových desek pro plastovou komponentu (kolík) byli umístěny zakalená ocelová pouzdra pro vyšší životnost této části komponenty. Ocelová pouzdra slouží k uložení všech výstupků plastové podložky do zápichu, vytvořeném na plastové komponentě (kolík).

Seznam obrazové přílohy

Obr. 1: Lisované komponenty první pohled.....	6
Obr. 2: Lisované komponenty druhý pohled.....	6
Obr. 3: Ocelový profil 40x40 Vykov [1].....	7
Obr. 4: Hliníkový profil 40x40 Alutec KaK [2].....	7
Obr. 5: Světelná brána [3]	10
Obr. 6: Tlačítkový spínač pro dvouruční ovládání [4]	10
Obr. 7: Koncový spínač [5].....	10
Obr. 8: Pneumatický válec firmy Festo [6]	11
Obr. 9: Pneumatický válec firmy Kovaz [7]	11
Obr. 10: 3D Model	14
Obr. 11: 3D Model detail pracovního prostoru	15
Obr. 12: Pracovní prvky	15
Obrázek 13: Protikusy k lisovaným komponentám	16
Obr. 14: 3D model pro výpočet.....	17
Obr. 15: FEM model	18
Obr. 16: SIM model	19
Obr. 17: SIM model detail na síly	20
Obr. 18: Celkový náhled posunutí.....	21
Obr. 19: Detailní náhled posunutí	22
Obr. 20: Celkový náhled natočení.....	23
Obr. 21: Detailní náhled natočení	24
Obr. 22: Celkový náhled napětí.....	25
Obr. 23: Napětí detail	26
Obr. 24: Napětí horní pohled.....	27
Obr. 25: Detailní náhled napětí v prostředí hlavního držáku	27
Obr. 26: Detail napětí horní přichycení stojny	28
Obr. 27: Držák pneumatického válce	29
Obr. 28: Schéma rozměrů ramen držáku.....	30
Obr. 29: Schéma třecí destičky	31
Obr. 30: Schéma třecí plochy hlavního držáku	33
Obr. 31: Rozložení namáhání horní části stojny	35
Obr. 32: Rozložení namáhání spodní části stojny	36
Obr. 33: Průřez držáku pneumatického válce	37
Obr. 34: Napětí hlavního nosníku a stojny.....	38

Obr. 35: Pohled na připevnění stojny ke konstrukci	39
Obr. 36: Horní pohled na hlavní nosník	40
Obr. 37: Spodní pohled na hlavní nosník	40

Seznam tabulek

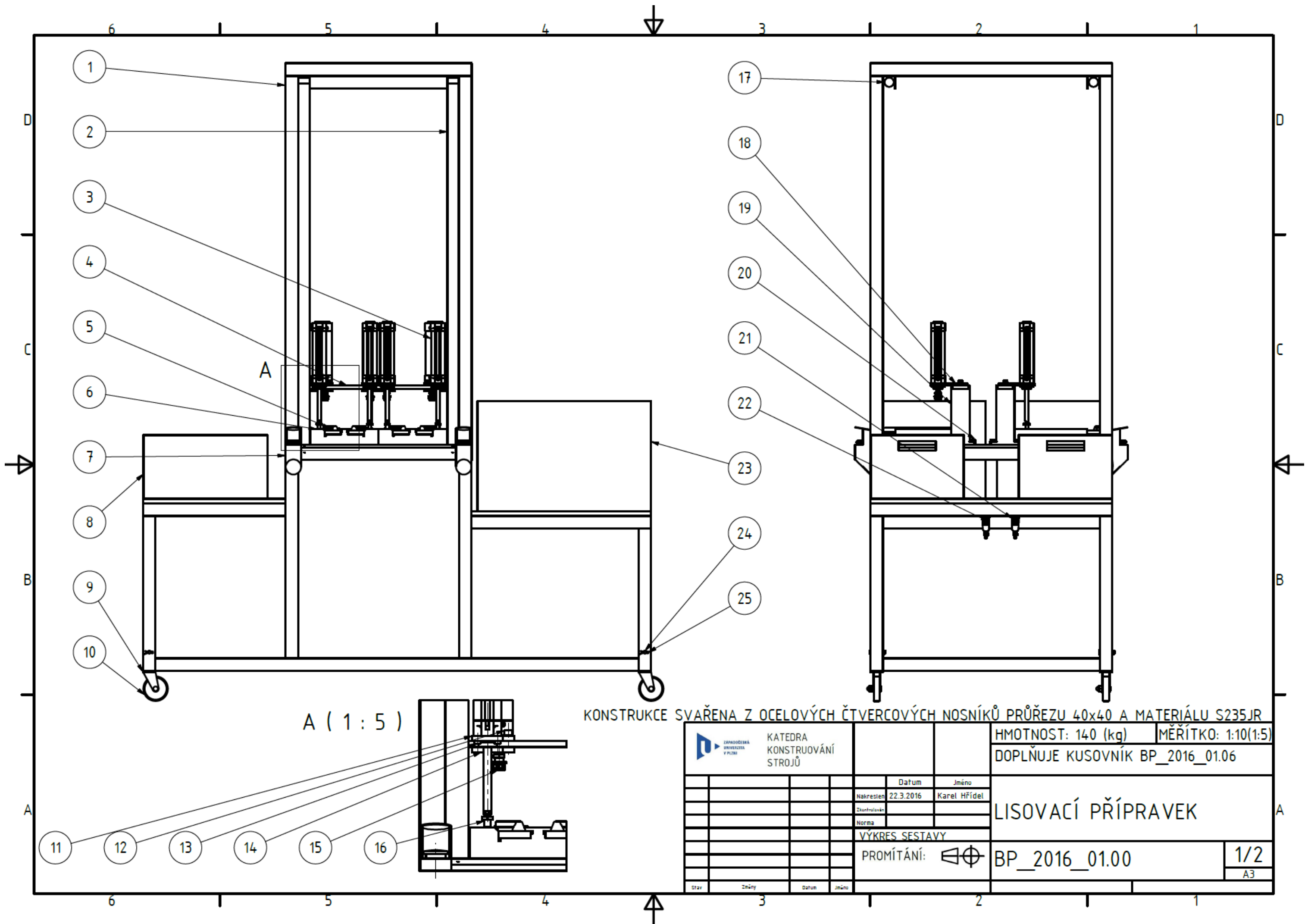
Tabulka 1: Porovnání ekonomičnosti nosníků	8
Tabulka 2: Porovnání montáží dílů nosníků	8
Tabulka 3: Meze kluzu materiálů nosníků	9
Tabulka 4: Porovnání hmotnosti variant nosníků	9
Tabulka 5: Porovnání modulů pružnosti variant nosníků	9
Tabulka 6: Porovnání pneumatických válců z ekonomické výhodnosti	12
Tabulka 7: Porovnávací metoda	13
Tabulka 8: Materiály šroubů	29
Tabulka 9: Dovolené otláčení šroubových spojů	30
Tabulka 10: Rozměrové parametry	30
Tabulka 11: Porovnání variant výpočtu hlavního nosníku.....	38
Tabulka 12: Porovnání variant výpočtu stojny k rámu přípravku.....	39

Použité zdroje



- [1] <http://www.vykov.cz/cz/katalog/b-prachatice-89-01-ctvercove>
- [2] <http://www.aluteckk.cz/katalog/>
- [3] světelný závěs C4000: <http://eshop.technoline.cz/bezpecnostni-zavory-sick/951-svetelny-zaves-c4000-micro-rozliseni-14mm-25m-vysilace>
- [4] https://www.google.cz/search?q=kulat%C3%A9+sp%C3%ADnac%C3%AD+tla%C4%8D%C3%ADtko&espv=2&biw=1745&bih=905&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjx3N3MopDKAhUJNxQKHdT0AJUQ_AUIBigB#tbm=isch&q=green+switch+button&imgc=43ychdk-4W1GqM%3A
- [5] https://www.google.cz/search?q=kulat%C3%A9+sp%C3%ADnac%C3%AD+tla%C4%8D%C3%ADtko&espv=2&biw=1745&bih=905&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjx3N3MopDKAhUJNxQKHdT0AJUQ_AUIBigB#tbm=isch&q=koncov%C3%BD+sp%C3%ADna%C4%8D+festo&imgc=IpK2QC_RxLh-uM%3A
- [6] https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DNC
- [7] <http://www.kovaz.cz/dvojcinny-pneumaticky-valec-p1k-s032dt-0100-86436/>
- [8] <http://ocel.wz.cz/download/sortiment/sortiment.pdf>
- [9] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části*. Praha: Computer Press, 1999. Edice strojaře. ISBN 80-7226-055-3.
- [10] DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [11] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [12] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. *Technické kreslení*. Brno: Computer press, a.s., 2007. ISBN 978-80-251-1887-0.
- [13] LAŠOVÁ, Václava. *Metoda konečných prvků ve výpočtech obráběcích strojů*. V Plzni: Západočeská univerzita, 2011. ISBN 978-80-261-0008-9.

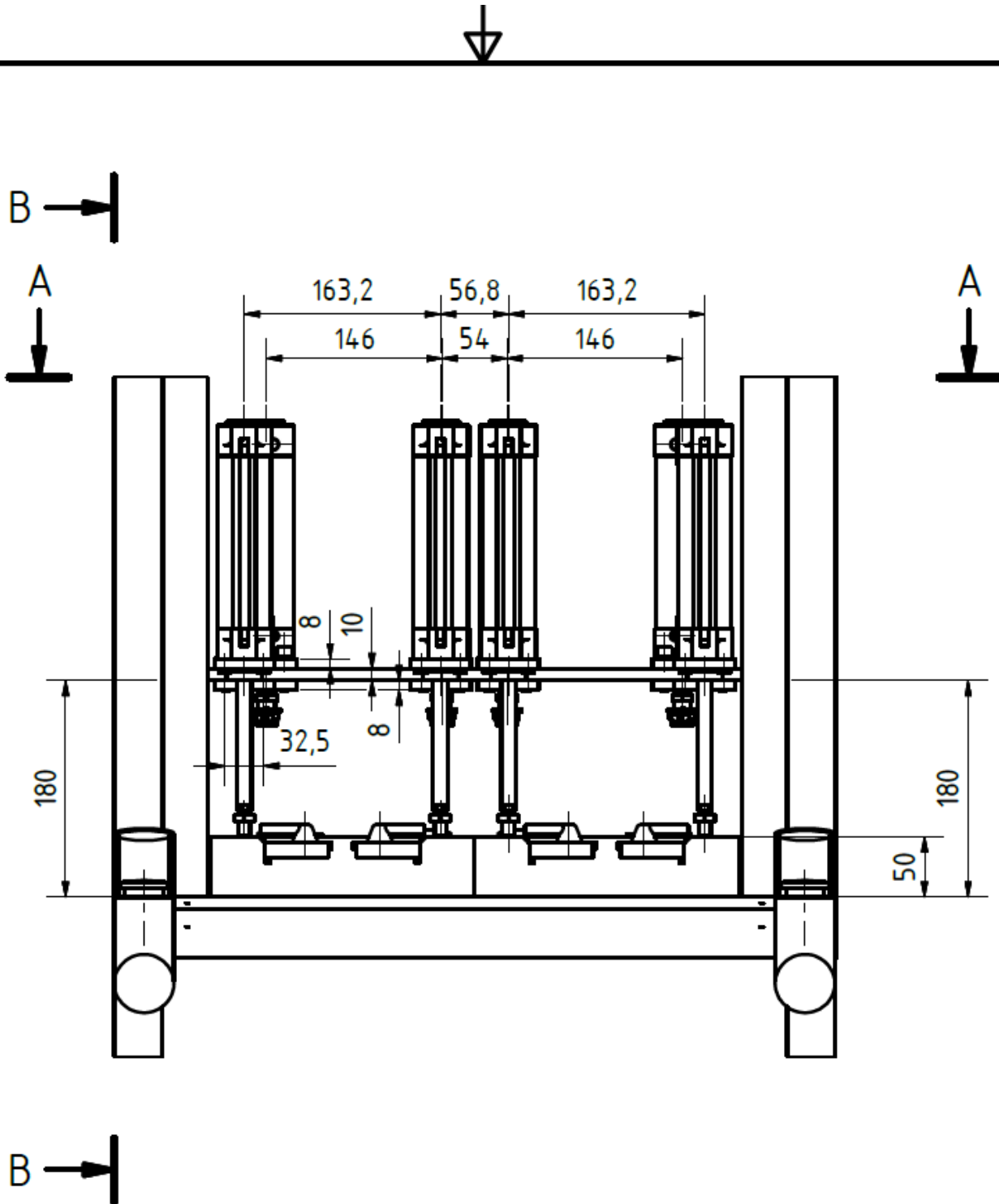
Seznam příloh

Příloha 1.....	BP_2016_01.00
Příloha 2.....	BP_2016_01.01
Příloha 3.....	BP_2016_01.02
Příloha 4.....	BP_2016_01.03
Příloha 5.....	BP_2016_01.04
Příloha 6.....	BP_2016_01.05
Příloha 7.....	BP_2016_01.06
Příloha 8.....	BP_2016_01.07





KONSTRUKCE SVAŘENA Z OCELOVÝCH ČTVERCOVÝCH NOSNÍKŮ PRŮŘEZU 40x40 A MATERIÁLU S235JR

 KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ			HMOTNOST: 140 (kg)	MĚŘÍTKO: 1:10(1:5)
			DOPLŇUJE KUSOVNÍK BP_2016_01.06	
		Datum	Jméno	LISOVACÍ PŘÍPRAVEK
		Nakreslen	22.3.2016 Karel Hříděl	
		Zkontrolován		
		Norma		BP_2016_01.00
		VÝKRES SESTAVY		
		PROMÍTÁNÍ:		1/2
Stav	Znány	Datum	Jméno	A3



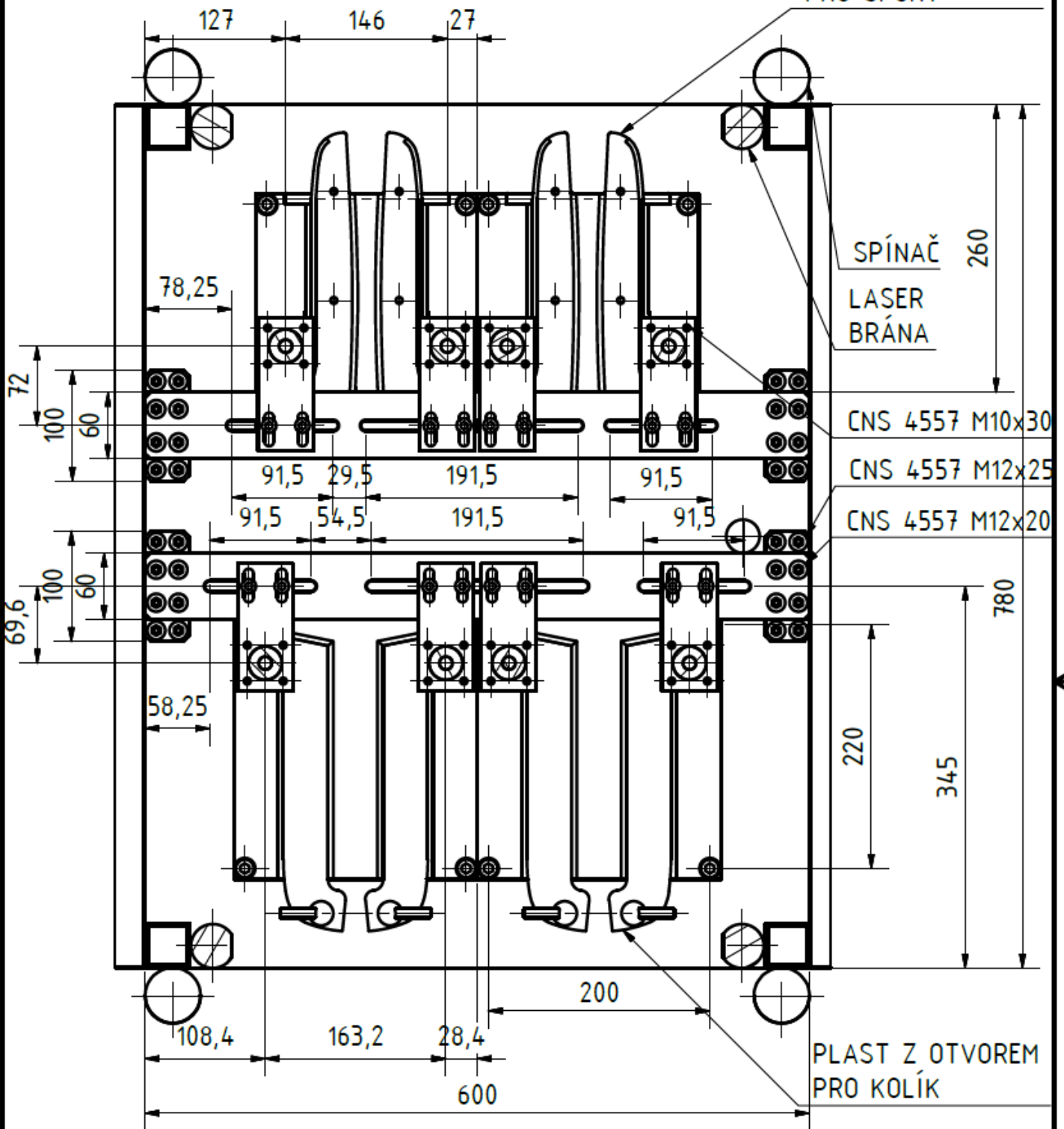
DOPLŇUJE VÝKRES S POHLEDEM PRŮŘEZU A-A BP_2016_01.02
 DOPLŇUJE VÝKRES S POHLEDEM PRŮŘEZU B-B BP_2016_01.03

 KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ				HMOTNOST: 140 (kg)	MĚŘÍTKO: 1:5	
			Datum	Jméno	LISOVACÍ PŘÍPRAVEK PŘEDNÍ	
		Nakreslen	15.4.2016	KAREL HRÍDEK		
		Zkontrolován				
		Norma				
VÝKRES SESTAVY					BP_2016_01.01	1/3 A4
PROMÍTÁNÍ: 						
Stav	Změny	Datum	Jméno			



A-A

PLAST Z OTVOREM
PRO ŠPUNT



KATEDRA
KONSTRUOVÁNÍ
STROJŮ

HMOTNOST: 140 (kg)

MĚŘÍTKO: 1:5

DOPLŇUJE VÝKRES BP_2016_01.01

	Datum	Jméno
Nakreslen	15.4.2016	KAREL HRÍDEK
Zkontrolován		
Norma		

LISOVACÍ PŘÍPRAVEK A-A

VÝKRES SESTAVY

PROMÍTÁNÍ:

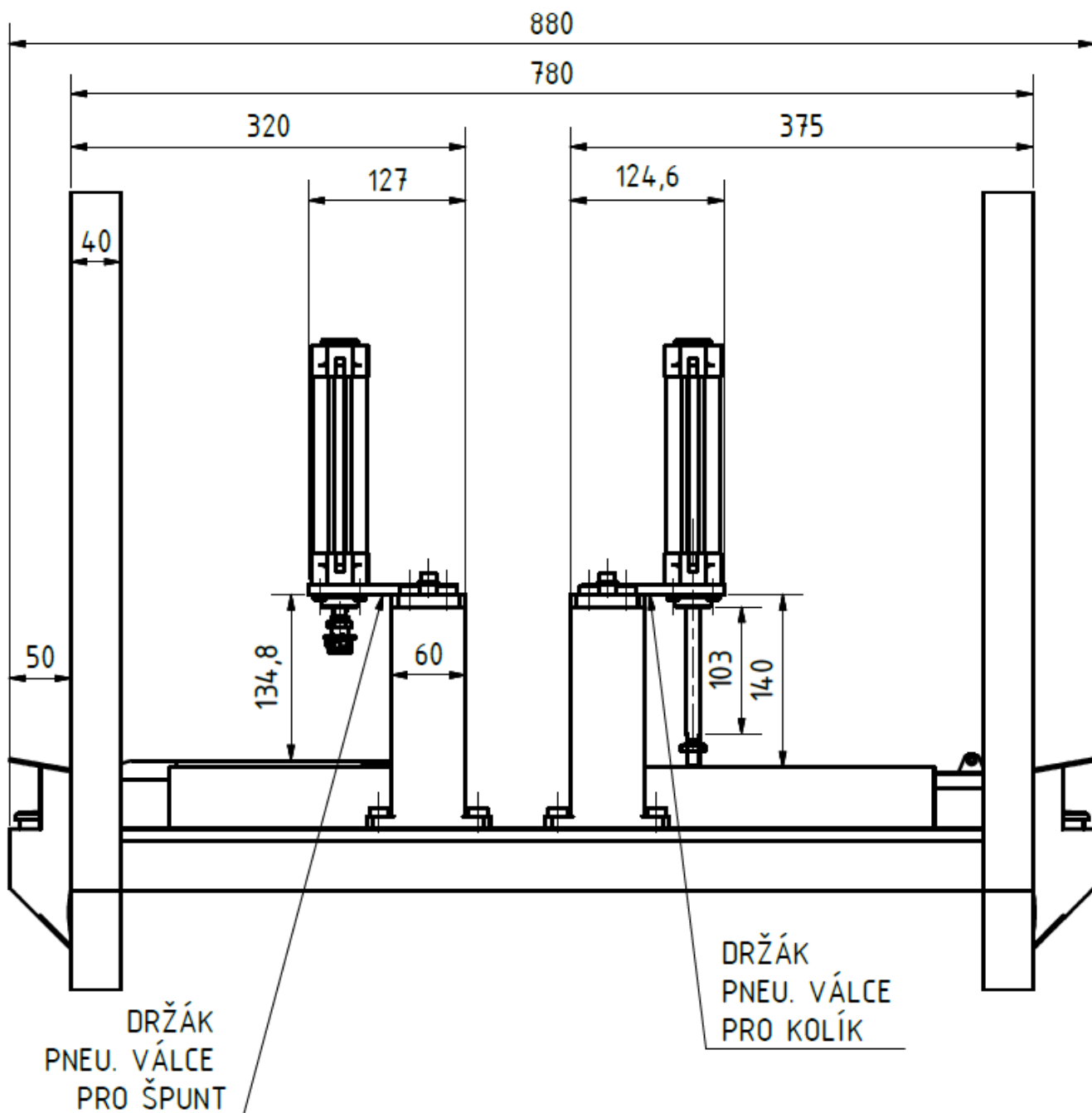
BP_2016_01.02

2/3

A4

Stav	Změny	Datum	Jméno

B-B



KATEDRA
KONSTRUOVÁNÍ
STROJŮ

HMOTNOST: 140 (kg)

MĚŘÍTKO: 1:5

DOPLŇUJE VÝKRES BP_2016_01.01

	Datum	Jméno
Nakreslen	15.4.2016	KAREL HRÍDEL
Zkontrolován		
Norma		

LISOVACÍ PŘÍPRAVEK B-B

VÝKRES SESTAVY

PROMÍTÁNÍ:

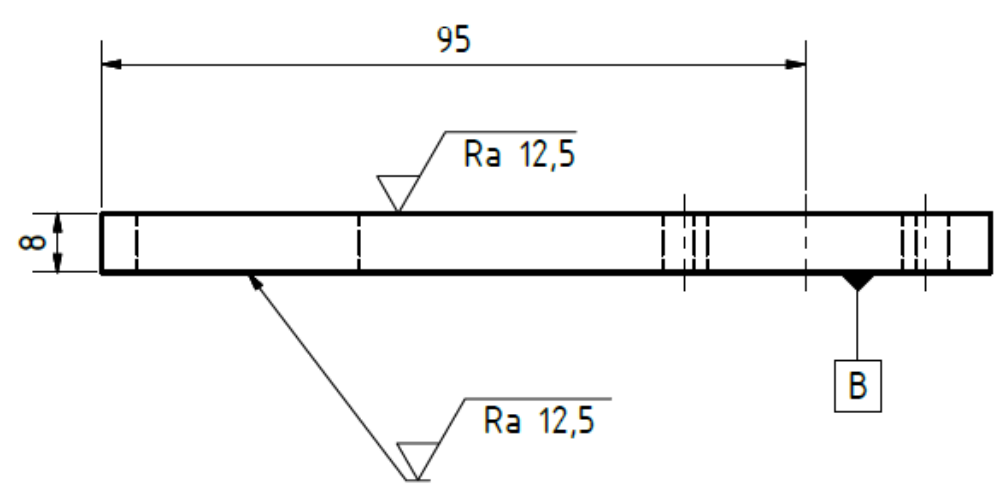
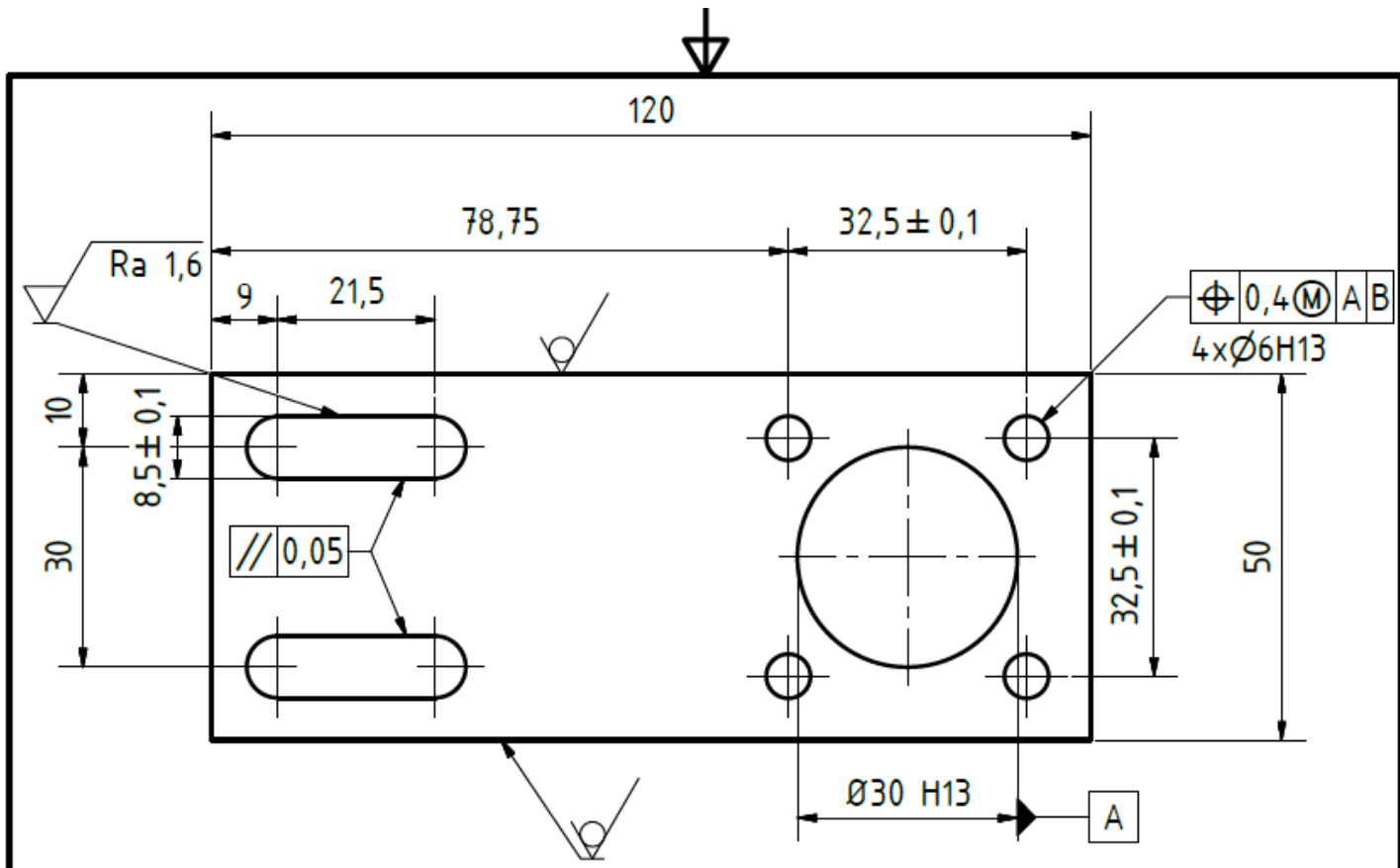
BP_2016_01.03

3/3

A4

Stav Změny Datum Jméno

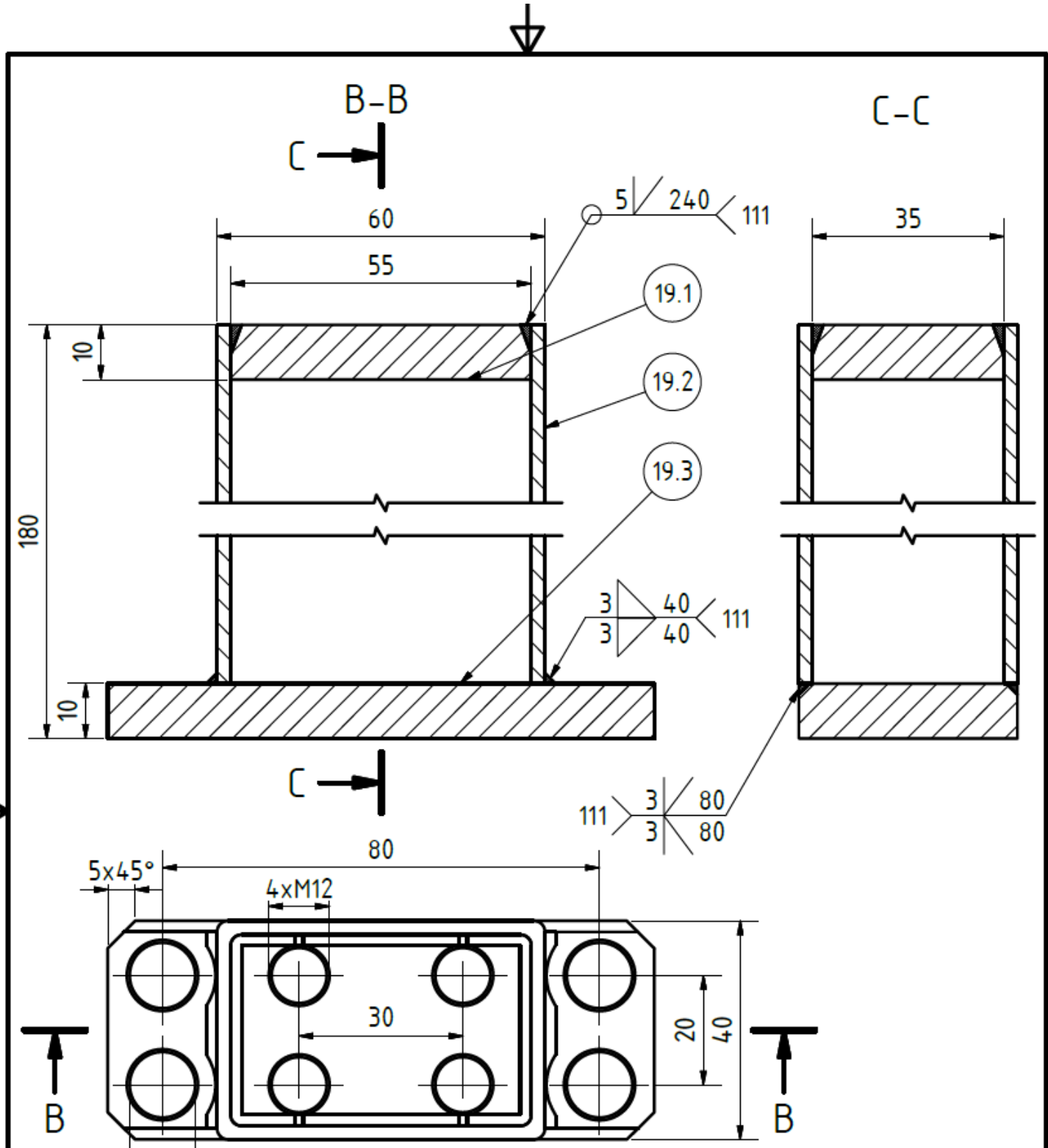




PO OBROBNÍ SOUČÁST ZINKOVAT

KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Hrany ISO 13715 		HMOTNOST: 0,285 kg	MĚŘÍTKO: 1:1
	Textura povrchu 		POLOTOVAR: PLO 50x10-125 ČSN 425520-2	
PŘESNOST ISO 2768 - mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Datum 22.3.2016		Jméno Karel Hříděl	
VÝROBNÍ VYKRES		DRŽÁK PNEUMATICKÉHO VÁLCE		1 A4
PROMÍTÁNÍ:		BP_2016_01.04		
Star Změny Datum Jméno				






PO SVAŘENÍ JE NUTNO ŽÍHAT NA ODSTRANĚNÍ VNITŘNÍHO PNUTÍ 600-700°C POTÉ OBRÁBĚT
 PO OBROBENÍ JE POTŘEBA DÍLEK ZINKOVAT

KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Hrany ISO 13715 		SVAŘENEC	MĚŘÍTKO: 1:1
	Textura povrchu 	Datum 16.4.2016	Jméno Karel Hříděl	SVAŘENEC STOJNY BP_2016_01.05
PŘESNOST ISO 2768 - mK	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Zkontrolován Norma	1	
Stav Změny Datum Jméno	PROMÍTÁNÍ:		A4	

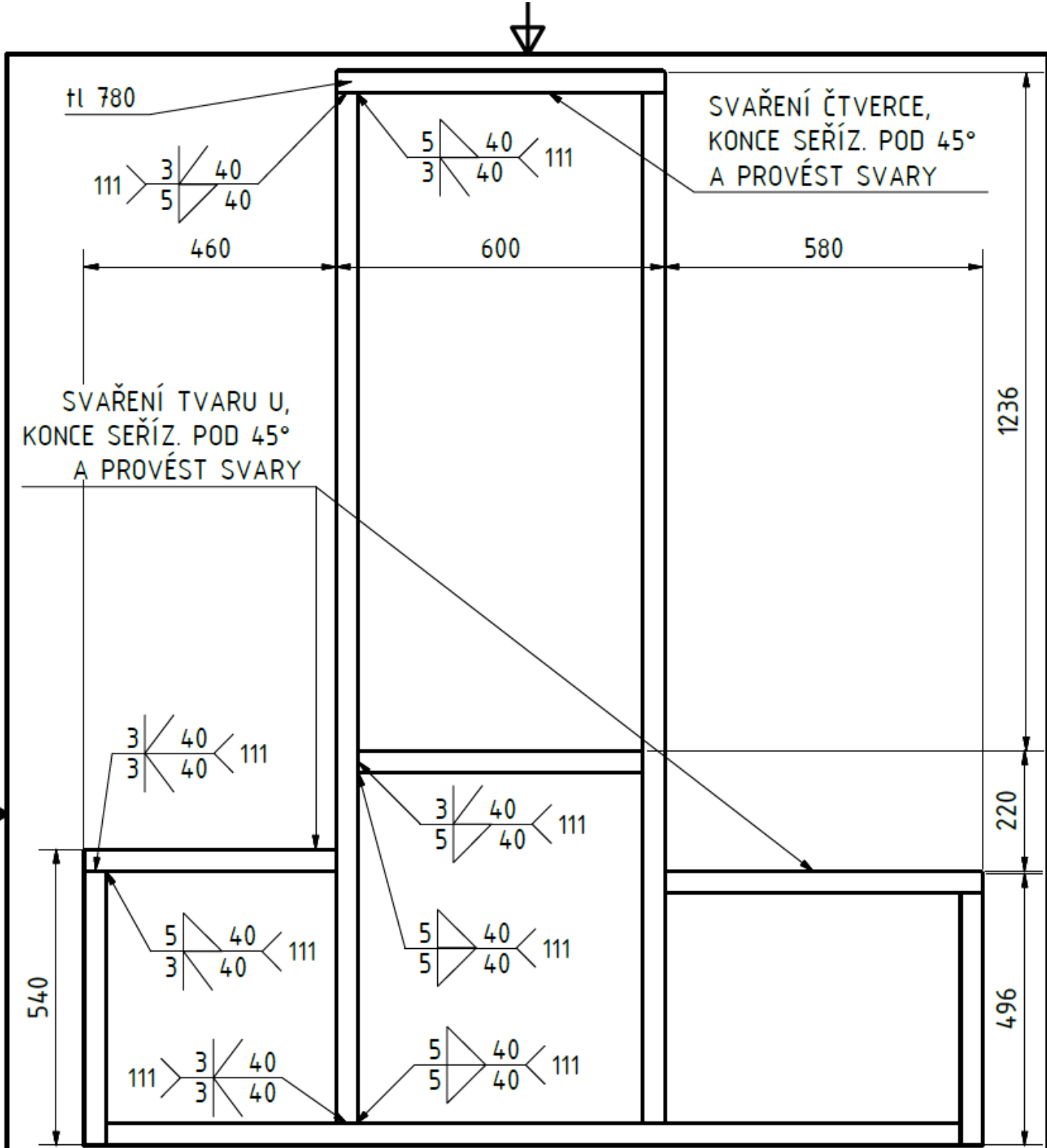
↓

KUSOVNÍK

POZICE	NÁZEV SOUČÁSTI	MATERIÁL	HMOTNOST	KS
	VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI			
1	KONSTRUKCE RÁMU	ČSN 11 375	68,372 kg	1
4	HLAVNÍ DRŽÁK	ČSN 11 503	2,501 kg	2
5	LOŽE VÝROBKU	SUSTAABS (ABS)	4,450 kg	4
7	TRUBKOVÝ DRŽÁK SPÍNAČE	ČSN 11 503	3,538 kg	4
9	DRŽÁK KOLEČKA	ČSN 11 503	0,367 kg	4
11	DRŽÁK PNEU. VÁLCE	ČSN 11 503	0,285 kg	8
14	SPODNÍ DRŽÁK PNEU. VÁLCE	ČSN 11 503	0,479 kg	8
15	ZAKONČENÍ PÍSTNICE ŠPUNT	ČSN 12 050	0,065 kg	4
16	ZAKONČENÍ PÍSTNICE KOLÍK	ČSN 12 050	0,136 kg	4
19.1	DESTIČKA 55x35x10 S 4xM12	ČSN 11 503	0,156 kg	4
19.2	STOJNA 40x60x2,5	ČSN 11 503	0,635 kg	4
19.3	DESTIČKA 100x40x10 S DÍRAMI	ČSN 11 503	0,297	4
24	ZAJIŠŤOVACÍ KOLÍK SE ZÁVLAČKOU	ČSN 11 503	0,087	4
	KUPOVANÉ SOUČÁSTI			
2	LASER BRÁNA		1,464 kg	2
3	PNEUMATICKÝ VÁLEC FESTO	DNC-32-100-P-A	0,884 kg	8
6	SPÍNAČ		0,258 kg	4
8	BEDNA SMONTOVANÉ KUSY		1,670 kg	2
10	KOLEČKO		0,150 kg	4
12	ŠROUB M10x30	CNS 4557	0,004 kg	16
13	ŠROUB M6x20	CNS 4557	0,025 kg	32
17	SVĚTELNÉ ŽÁROVKY		0,265 kg	2
18	ŠROUB M12x20	CNS 4557	0,041 kg	16
20	ŠROUB M12x30	CNS 4557	0,045 kg	8
21	REDUKČNÍ VENTIL S ODKALOVAČEM		0,285 kg	1
22	REDUKČNÍ VENTIL ZPETNÝ		0,241 kg	1
23	KRABICE NESMONTOVANÉ		1,777 kg	2
25	ZÁVLAČKA		0,032 kg	4

 KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	HMOTNOST: 140 (kg)	
	DOPLŇUJE VÝKRES BP_2016_01.00	
	Datum	Jméno
	Nakreslen 22.3.2016	Karel Hřídel
	Zkontrolován	
	Norma	
	KUSOVNÍK	
	BP_2016_01.06	
		2/2
		A4
Stav	Změny	Datum
		Jméno





VETSINA SPOJENI DVOU NOSNIKU JE ZA POMOCI 3 TUPÝCH A 1 KOUTOVÉHO SVARU PO SVAŘENÍ ŽIHAT NA ODSTRANĚNÍ VNITŘNÍHO PNUTÍ 600-700°C POTÉ OBRÁBĚT PO OBROBENÍ JE POTŘEBA DÍLEC OPATŘIT OCHRANNOU VRSTVOU KOMAXITU

KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Hrany ISO 1375 		HMOTNOST: 68,372 kg	MĚŘÍTKO: 1:10								
	SVAŘENEC											
Textura povrchu 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Datum</th> <th>Jméno</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nakreslen 16.4.2016</td> <td>Karel Hříděl</td> </tr> <tr> <td>Zkontrolován</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Datum	Jméno	Nakreslen 16.4.2016	Karel Hříděl	Zkontrolován		Norma		SVAŘENEC KONSTRUKCE		
Datum	Jméno											
Nakreslen 16.4.2016	Karel Hříděl											
Zkontrolován												
Norma												
PŘESNOST ISO 2768 - mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015	PROMÍTÁNÍ:		BP_2016_01.07	1 A4								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Stav</th> <th>Změny</th> <th>Datum</th> <th>Jméno</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Stav	Změny	Datum	Jméno								
Stav	Změny	Datum	Jméno									

