

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**

**Studijní program:** B0715A270013 – Strojní inženýrství  
**Studijní specializace:** Konstruování strojů a technických zařízení

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Montážní lis 30t**

**Autor:** Matouš BURIAN  
**Vedoucí práce:** Doc. Ing. Jan HLAVÁČ, Ph.D.

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Matouš BURIAN**  
Osobní číslo: **S22B0002P**  
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**  
Specializace: **Konstruování strojů a technických zařízení**  
Téma práce: **Montážní lis 30t**  
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

## Zásady pro vypracování

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova práce:

1. Vypracování rešerše na dané téma.
2. Vypracování optimalizovaného konstrukčního návrhu rámu lisu.
3. Vypracování hrubého návrhu hydraulického okruhu lisu.
4. Pevnostní kontrola dílů exponované části konstrukce analytickým způsobem a kontrola MKP.
5. Vypracování výkresové dokumentace v zadaném rozsahu.
6. Komplexní zhodnocení konstrukce, závěr.

Konzultant: doc. Jan Hlaváč (KKS, FST, ZČU)

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

[1] RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Tvářecí stroje – Základy stavby a využití*. Praha: SNTL, 1985

[2] KAMELANDER, I. *Tvářecí stroje I*. Brno: VUT, 1989, ISBN 80-214-1037-10

[3] BOLEK, A. a kol. *Části strojů*. Praha: SNTL, 1990, ISBN 80-03-00426-8

Podkladové materiály, výkresy, prospekty, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**  
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2023**

L.S.

---

**Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.**  
děkan

---

**Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 30. listopadu 2022

## **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**

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Hlaváčovi, Ph.D. za jeho vstřícnost a vřelé a užitečné rady, které využiji nejen v této bakalářské práci. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům, kteří mi byli v průběhu studia oporou i inspirací, a hlavně vždy stáli při mně.

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Burian	<b>Jméno</b> Matouš	
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	B0715A270013 Strojní inženýrství		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	<b>Jméno</b> Jan	
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST – KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Montážní lis 30t		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	63	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	55	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	8
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Bakalářská práce zahrnuje návrh Montážního lisu do 30t. V teoretické části byla provedena nejprve rozdělením lisů a rešerší na dané téma, načež navazuje průzkum trhu. Praktická část obsahuje analytický návrh rámu a jeho komponent, následuje kontrola pomocí MKP díky systému Siemens Nastran. Dále optimalizace nevyhovujících komponent a závěrem hrubý návrh hydraulického okruhu lisu.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	Montážní lis, hydraulický lis, rám lisu, MKP analýza, hydraulické schéma, okruh hydraulického válce

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Burian		Name Matouš	
<b>STUDY PROGRAMME</b>	B0715A270013 Mechanical Engineering			
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.		Name Jan	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Assembly press 30t			

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KKS	<b>SUBMITTED IN</b>	2023
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	63	<b>TEXT PART</b>	55	<b>GRAPHICAL PART</b>	8
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The bachelor's thesis includes the design of the assembly press up to 30t. In the theoretical part, it was done first by splitting the presses and researching the subject, followed by market research. The practical part includes an analytical design of the frame and its components, followed by a check using the ICBM thanks to the Siemens Nastran system. Further optimization of non-compliant components and concluding with a rough design of the hydraulic circuit of the press.
<b>KEY WORDS</b>	Assembly press, hydraulic press, press frame, FEM analysis, hydraulic diagram, hydraulic cylinder circuit

## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Teoretická část.....	2
2.1	Rozdělení tvářecích strojů podle využití .....	2
2.2	Rozdělení montážních lisů.....	3
2.2.1	Mechanické lisy.....	3
2.2.2	Hydraulické lisy .....	4
2.2.3	Hydraulicko-pneumatický lis .....	5
2.3	Průzkum trhu .....	5
2.3.1	Varianta 1 .....	6
2.3.2	Varianta 2 .....	7
2.3.3	Varianta 3 .....	8
3	Vlastní koncepční návrh.....	9
3.1	Rám.....	13
3.1.1	Varianta A .....	13
3.1.2	Varianta B .....	14
3.1.3	Varianta C .....	15
3.1.4	Stanovení namáhání rámu .....	17
3.1.5	Kontrola návrhu.....	19
3.1.6	Návrh čepu .....	22
3.1.7	Návrh pracovního stolu .....	24
3.1.8	Kontrola návrhu pracovního stolu.....	26
3.2	MKP analýza konstrukce.....	27
3.2.1	Síťování .....	28
3.2.2	Zatížení a okrajové podmínky .....	31
3.2.3	Výsledky výpočtu – napětí.....	32
3.2.4	Výsledky výpočtu – posunutí .....	37
4	Optimalizace rámu .....	38
4.1	MKP analýza optimalizované konstrukce .....	42
4.1.1	Příprava pro simulaci .....	42
4.1.2	Výsledky výpočtu.....	43
5	Hydraulický návrh.....	46
6	Kompletace Hydraulického lisu .....	49
6.1	Konstrukce nohou lisu .....	49
6.2	Systém zvedání lisu .....	50



7	Závěr.....	53
8	Bibliografie.....	54

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozdělení tvářecích strojů podle využití.....	2
Obrázek 2 - Excentrický lis [21] .....	4
Obrázek 3 - Jednoduchý hřebenový lis [20].....	4
Obrázek 4 Pascalův zákon [3] .....	4
Obrázek 5 Princip hydraulického zvedáku [4] .....	5
Obrázek 6 Varianta 1 [5] .....	6
Obrázek 7 Varianta 2 [6] .....	7
Obrázek 8 Varianta 3 [7] .....	8
Obrázek 9 Barevná škála Morfologické matice .....	9
Obrázek 10 Přehled vlastností oceli S235JR [8] .....	13
Obrázek 11 Varianta A rámu.....	14
Obrázek 12 Varianta B rámu.....	15
Obrázek 13 Profil sloupků varianty B rámu.....	15
Obrázek 14 Varianta C rámu.....	16
Obrázek 15 Profil sloupků varianty C rámu.....	16
Obrázek 16 Zobrazení průhybu.....	17
Obrázek 17 Průběh ohybových momentů .....	18
Obrázek 18 Výpočtový profil horní traverzy .....	19
Obrázek 19 Vlastnosti oceli S355J2 [12] .....	20
Obrázek 20 Výpočtový profil sloupku [13].....	21
Obrázek 21 Průřez výztuhou pro šrouby (výztuha zelenou barvou) .....	22
Obrázek 22 Rozložení sil na čep .....	23
Obrázek 23 Přehled vlastností oceli 16MnCr5 [15] .....	24
Obrázek 24 Složitější varianta stolu [22] .....	25
Obrázek 25 Jednoduchá varianta stolu [23] .....	25
Obrázek 26 Rozložení napětí pracovního stolu u druhé varianty.....	25
Obrázek 27 Varianta pracovního stolu.....	26
Obrázek 28 Varianta pracovního stolu – řez .....	26
Obrázek 29 Výpočtový profil pracovního stolu .....	26
Obrázek 30 Sestava lisu pro výpočet.....	27
Obrázek 31 Zjednodušení výpočetního modelu .....	28
Obrázek 32 Síťování rámu lisu.....	29
Obrázek 33 Spojení stolu a rámu 1D prvkem .....	29
Obrázek 34 Spojení horní traverzy a rámu 1D prvky.....	30
Obrázek 35 Nahrazení šroubů .....	30
Obrázek 36 Zatížení rámu lisu .....	31

Obrázek 37 Manual coupling stolu.....	32
Obrázek 38 Průběh redukováného napětí (barevné spektrum v MPa) .....	33
Obrázek 39 Průběh redukováného napětí ve šroubovém spoji (barevné spektrum v MPa) .....	34
Obrázek 40 Silné přetížení horní traverzy.....	35
Obrázek 41 Průběh redukováného napětí v pracovního stolu (barevné spektrum v MPa) .....	35
Obrázek 42 Napětí v místě čepu pracovního stolu (barevné spektrum v MPa) .....	36
Obrázek 43 Napětí pracovního stolu dole .....	36
Obrázek 44 Absolutní posunutí rámu (barevné spektrum v mm) .....	37
Obrázek 45 Čep DIN 1445 [16] .....	38
Obrázek 46 Čep DIN 1445 v lisu .....	38
Obrázek 47 Zajištění čepu proti protočení .....	39
Obrázek 48 Rozdíl optimalizované a původní varianty (tučně je optimalizovaná verze a čárkovaně je verze původní).....	39
Obrázek 49 Optimalizace vyztužení horní traverzy .....	40
Obrázek 50 Rovná plocha nástroje a prizmatické vedení.....	40
Obrázek 51 Kolík pracovního stolu v řezu.....	41
Obrázek 52 Optimalizace pracovního stolu .....	41
Obrázek 53 Optimalizace vyztužujících žeber stolu .....	41
Obrázek 54 Změna uzlů v horní traverze .....	42
Obrázek 55 Zatížení výřezu v horní traverze .....	42
Obrázek 56 Zatížení pracovního stolu.....	43
Obrázek 57 Porovnání spojení optimalizované a původní verze (vlevo: původní varianta, vpravo: optimalizovaná varianta) .....	43
Obrázek 58 Porovnání celkových výsledků rámu optimalizované a původní verze .....	44
Obrázek 59 Napětí od opření hydromotoru.....	45
Obrázek 60 Návrh hydraulického okruhu .....	46
Obrázek 61 Schéma hydraulického okruhu s čerpadlem.....	47
Obrázek 62 Sestava hydrauliky [19] .....	47
Obrázek 63 Modely sestavy hydrauliky .....	48
Obrázek 64 Páka hydraulické pumpy .....	48
Obrázek 65 Nohy Hydraulického lisu .....	49
Obrázek 66 Žebra pracovního stolu .....	50
Obrázek 67 Zdvihací madlo pracovního stolu.....	50
Obrázek 68 Ukázka zdvihu pracovního stolu.....	51
Obrázek 69 Odkládací kastlík na nářadí.....	51
Obrázek 70 Finální podoba Hydraulického montážního lisu do 30 tun .....	52

## Přehled použitých zkratk a symbolů

<u>Zkratka</u>	<u>Jednotky</u>	<u>Název</u>
$F_p$	$N$	Síla od ohybového momentu
$F_{\check{c}}$	$N$	Síla působící na čep
$\check{C}SN$	-	Česká technická norma
$DIN$	-	Německá národní norma
$AISI$	-	Americký institut železa a oceli
$g$	$m/s^2$	tíhové zrychlení
$l_1$	$mm$	horizontální rozteč
$l_2$	$mm$	vertikální rozteč
$\Delta y$	$mm$	vůle ve vedení
$E$	$MPa$	Youngův modul pružnosti
$J_1$	$mm^4$	kvadratický model průřezu příčky
$J_2$	$mm^4$	kvadratický modul průřezu sloupku
$M_{op}$	$Nm$	ohybový moment od síly $F_p$
$M_u$	$Nm$	ohybový moment příčky
$\sigma_o$	$MPa$	napětí v ohybu
$\sigma_t$	$MPa$	napětí v tahu
$\sigma_{red}$	$MPa$	redukované napětí
$\tau_s$	$MPa$	napětí ve smyku
$\tau_{ds}$	$MPa$	dovolené napětí ve smyku
$W_o$	$mm^3$	modul průřezu v ohybu
$e$	$mm$	vzdálenost osy od krajního vlákna
$k$	-	bezpečnost
$R_{eH}$	$MPa$	horní mez kluzu
$S$	$mm^2$	plocha
$P_{\check{c}}$	$MPa$	otlačení od čepu

# 1 Úvod

Montážní lis je v dnešní době nutnou součástí každé dílny, jelikož poskytuje jednoduché a přesné možnosti lisování a montování. Široké rozdělení těchto lisů zaručuje velkou škálu lisovací síly, od ručních malých lisů, až do velkých, strojově ovládaných. Použití montážní lis nalezne především v montáži spojení uložení s přesahem, jako jsou např: pouzdra, ložiska a ozubená kola. V dnešní době, kdy jsou trendem spíše svařované součásti zhotoveny z plechu, se z velké části používají lis pro různé tvarování, není tedy překážkou ani ohýbání, prostřihování nebo tváření, na takové operace je ovšem třeba ho vybavit přípravkem pro tuto činnost. Pro operace jako ohýbání a rovnání je sice většinou používán ohraňovací lis, který má samozřejmě větší tuhost, jelikož se jedná většinou o odlitek, ovšem zde se právě projevuje všestrannost montážního lisu, který je možné použít na všechny zmíněné operace i mnohem více. Druhů montážních lisů je mnoho, tato práce se ovšem bude zabývat návrhem hydraulického montážního lisu do 30 tun, jelikož jedním z bodů zadání je také vypracování hrubého hydraulického okruhu lisu. Ačkoliv je dobré se zmínit alespoň o těch nejpoužívanějších variantách.

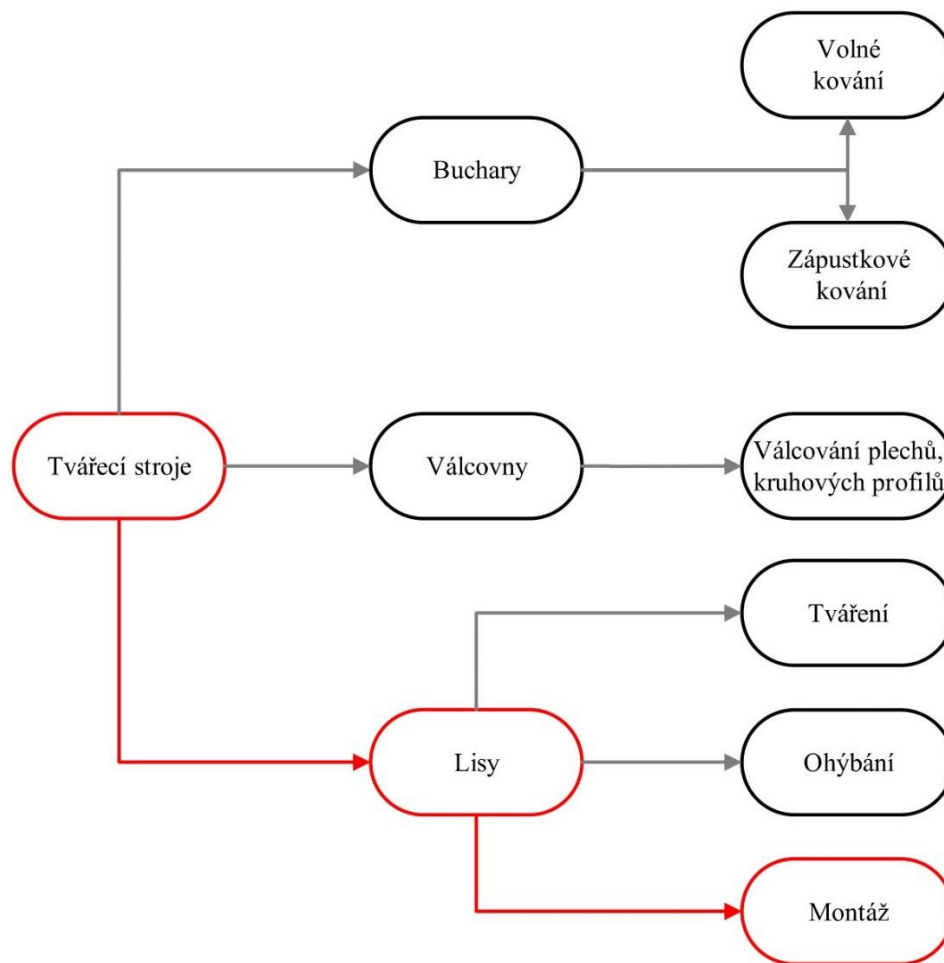
Cílem této bakalářské práce je navrhnout vhodný dílenský montážní lis, pro který byla zadána pouze zatěžovací síla. Nejprve bude proveden rozbor tohoto tématu obecně, jak funguje princip těchto lisů, v čem se liší a samozřejmě jaké jsou výhody jejich použití. V dalším kroku následuje průzkum trhu, kde budou vybrány varianty různé cenové i kvalitativní kategorie. Dále vlastní návrh rámu, kterému předchází zvolení optimální varianty. Právě pro tuto variantu budou provedeny výpočty, nejprve analyticky a následně metodou MKP, která bude podrobně popsána. Z docílených výsledků bude provedena optimalizace rámu z hlediska tuhosti, pevnosti a hmotnosti, to hlavně se zaměřením na rám lisu a bude kladen důraz na systém zdvihání pracovního stolu. Posledním krokem bude návrh hydraulického okruhu, a tedy i kompletace hydraulického systému lisu.

## 2 Teoretická část

Jak napovídá název, jedná se o lis, tedy tvářecí stroj, který je svým principem znám již po staletí. Jde o stroj, který vykonává pouze přímočarý pohyb, ale o velkých silách. Je to tedy tvářecí stroj, který má své samostatné odvětví a to montáž, i když jak již bylo zmíněno, montážní lis nemá přímo určené hranice, pro které operace se hodí. Výhodou těchto lisů je pomalá pracovní rychlost, do rámu se tedy nepřenáší takové rázy, jako např. u bucharů.

### 2.1 Rozdělení tvářecích strojů podle využití

Tvářecí stroje se ve většině dostupné literatury rozdělují hlavně podle energie, nebo podle druhu pohybu. Celá tato práce je o montáži, proto je vhodné následující rozdělení:



Obrázek 1 Rozdělení tvářecích strojů podle využití

Další podstatné rozdělení je právě podle velikosti a vyvoditelné síly, jelikož pokud jde o montáž malých součástí, není ekonomicky výhodné pořizovat velký lis. Můžeme je tedy dělit na Mechanické (ruční, klikové), Hydraulické nebo Hydraulicko-pneumatické.

## 2.2 Rozdělení montážních lisů

[1] [2]

### 2.2.1 Mechanické lisy

Síla vzejde z mechanické energie, většinou se jedná o přímé využití páky nebo páky s ozubeným převodem. U ručních lisů, jako je hřebenový, pákový a vřetenový, lisovací síly zformuje člověk silou, většinou přes páku, nebo setrvačnou silou. Tyto lisy jsou ideální na drobnější operace, kde není zapotřebí velkých sil, ale spíše přesnosti. Pokud je nutné použít pro montáž větších sil, nebo zaručit kontinuitu práce, je nutné vybavit lis motorem. Nejčastěji jde o excentrické lisy, kde pohyb koná excentr, kterým lze upravit vyosení, čímž se změní zdvih lisu. Nevýhodou těchto lisů je, že musí vykonat celou otáčku pro jeden proces, pokud tedy špatně nastavíme zdvih, může dojít k porušení dílu, nebo celého lisu. Právě proto musí být na ojnici pojistka, díky které se lis zastaví, jestliže dojde k přetížení. Tento systém je hojně používán při tvářením, je znám jako klikový lis. Dále tedy krátké rozdělení mechanických lisů:

- Ruční hřebenové lisy (až 5t) (*Obrázek 3*)
  - Lisovací síla je vyvolána převodem páky s ozubením na ozubený hřeben.
  - Stlačování je po celou dobu lineární.
- Ruční pákové lisy (až 2,5t)
  - Páka je na jednom konci rotačně spojena s rámem lisu, výše po páce je ukotvena stejně rotačně k vodítku, které je spojeno s beranem a na druhém konci páky je ručně stlačováno.
  - Největší tlak je vyvinut až na konci zdvihu.
- Vřetenový (ruční i poháněný)
  - Lisovací síla vzniká díky setrvačné síle vřetene lisu
  - Je to v podstatě hybrid mezi lisem a bucharem (dosahuje oproti ostatním lisům větší rychlosti nástroje)
  - Tento typ lisu byl historicky jedním z prvních používaných
- Mechanické excentrické lisy (až 80t) (*Obrázek 2*)
  - Zdvih zde vyvozuje ojnice spojená s excentrem, ten je poháněn elektromotorem.
  - Šroubem lze nastavit zdvih lisu
  - Před spuštěním nastavíme úvratě zdvihu a máme tak přesně zaručenou výšku, kterou chceme využít.



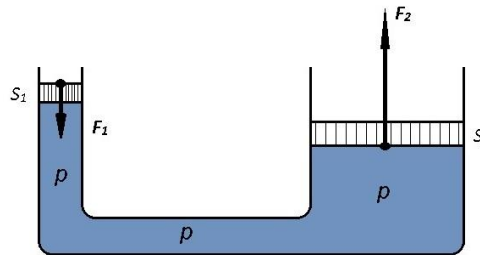
Obrázek 3 - Jednoduchý hřebenový lis [20]



Obrázek 2 - Excentrický lis [21]

### 2.2.2 Hydraulické lisy

Tyto lisy pracují na principu *Pascalova zákona*, kdy využíváme jevu, že tlak působí všemi směry stejně, tedy díky poměru síly ku ploše, můžeme dosáhnout velké lisovací síly.

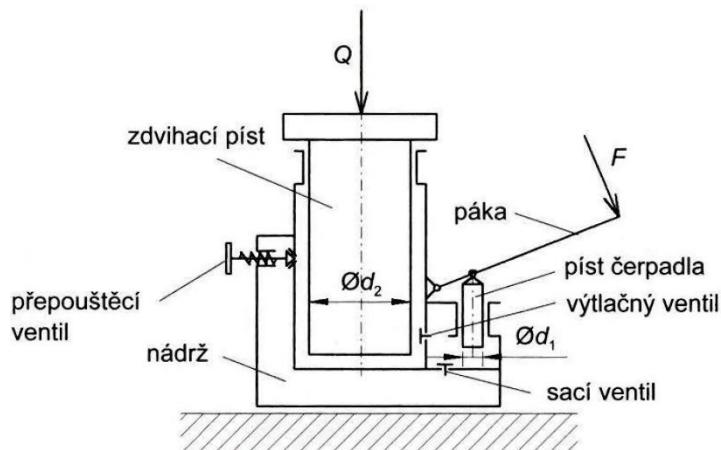


Obrázek 4 Pascalův zákon [3]

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow F_2 = \frac{S_2}{S_1} * F_1$$

Pracovní kapalinou je zde hydraulický olej, který jednoduše pumpujeme *menší* silou na *menší* plochu a ve stejném poměru získáme *větší* sílu na stejně úměrně *větší* plochu. Hlavní otázkou zůstává, jak generovat potřebný tlak na vstupu do systému. To můžeme rozdělit na ruční pohon, kdy tlak vyvodí obsluha lisu díky páce a na poháněné (čerpadlové). Motor (u většiny případů elektromotor) pohání čerpadlo, které vtlačuje olej do hydromotoru. U první z těchto lisů, tedy **ruční varianta**, existují navíc dva typy konstrukce, první verzí je že hydromotor a hydraulická pumpa jsou umístěné zvlášť, jsou tedy navíc propojeny hydraulickými hadicemi nebo trubkou, druhá varianta je že se hydromotor i systém pumpování skládá z jedné komponenty. Dá se tedy říct, že se jedná v podstatě o *Obrázek 4*, jedná se o jednoduchý hydraulický zvedák, známý jako „panenka“. Princip tohoto zařízení je znázorněn na *Obrázek 5*. Člověk generuje sílu  $F$  na páku, tím uvádí píst čerpadla do posuvného pohybu, při pohybu směrem nahoru, se díky sacímu ventilu nasává olej pod píst, poté následuje pohyb pístu směrem dolů, sací ventil se uzavře, jelikož na něj působí tlak, který je nyní generován, olej je tedy tlačén výtlačným ventilem pod zdvihací píst, tím na něj působí tlakem, který je, jak bylo zmíněno výše, stejný ve všech místech v uzavřené nádobě, proto dojde k vytlačení pístu nahoru. Oba ventily jsou jednosměrné čili propouští olej pouze jedním směrem, pokud tedy chceme, aby se píst navrátil do původní dolní polohy, je nutné povolit přepouštěcí ventil, který v podstatě odděluje tyto dvě komory. Jelikož v nádrži je atmosférický tlak a v komoře pod zdvihacím pístem je přetlak, musí tedy olej z komory pod zdvihacím pístem přetéct opět do nádrže.





Obrázek 5 Princip hydraulického zvedáku [4]

Druhá z variant je tedy, jak již bylo zmíněno, rozdělena na dvě samostatné komponenty, tedy zdvihací píst (hydromotor) a čerpadlovou část (pumpa). Ne vždy ale musí být nutně tlak generován ručně, **poháněný lis** může zaručit větší síly, a hlavně pohodlnější ovládání, ovšem s tou nevýhodou, že je nutný elektrický proud, nebo jiný způsob pohonu. Hlavním rozdílem poháněného lisu je logicky v čerpadle, které vhání tekutinu pod píst. Jak vypadá schéma takového okruhu bude rozvedeno v poslední kapitole *Hydraulický návrh*. Je tedy nutné zvolit vhodné čerpadlo (zubové, pístové, odstředivé).

### 2.2.3 Hydraulicko-pneumatický lis

- Stejný princip jako hydraulický lis, navíc je ale možnost připojit k lisu kompresor, např.: při 8 bar je možné vyvinout tlaku až 30 tun.
- Pneumatické lisy jsou vyráběny i samostatně, ty dosahují síly přibližně 45 tun.

V zásadě existují i samostatně pneumatické lisy, ty ale pracují na „podobném“ principu jako hydraulické lisy, mají ovšem jednu nevýhodu. Jelikož pracují pouze se stačeným vzduchem, je tato varianta velmi výrazně dražší než varianty ostatní, stejně tak i celková výroba takového lisu.

## 2.3 Průzkum trhu

Při průzkumu trhu bylo nalezeno velké množství různých variant, většinou se ale jednalo o různé variace níže zmíněných možností. Jsou to právě značky jako: YATO, Bernardo a Redats. U několika variant se také objevuje možnost připojení na pneumatiku, ale hydraulický systém je stejný, navíc jak již bylo zmíněno, tato práce bude pojednávat o čistě Hydraulickém lisu.

*Pozn.: Veškeré níže uvedené ceny jsou včetně DPH a byly představeny pro Český trh.*

### 2.3.1 Varianta 1

#### Hydraulický lis YATO YT-55582

Tato varianta představuje spíše lacinější a jednodušší možné řešení.

- Zdvih až 795 mm,
- šířka pracovní plochy 520 mm
- jednoduchý rám z ohraněného plechu, traverzy svařeny z U profilů
- lisování jednoduchou panenkou
- šroubovaný
- demotovatelný
- cena cca 10 000 Kč



Obrázek 6 Varianta 1 [5]

### 2.3.2 Varianta 2

#### Hydraulický lis – Bernardo WK 30 FH PRO

- zdvih pístu 150 mm
- maximální pracovní výška 1100 mm
- možnost posunutí válce do strany (až 200 mm)
- šířka stolu 185 mm
- samostatný hydromotor a pumpa
- možnost pumpování ruční. Nebo nožní
- přepínání mezi dvěma rozvaděči (rychle/pomalou)
- tlakoměr
- celá konstrukce svařenec plechů
- nedemontovatelný (svařenec)
- cena cca 40 000 Kč



Obrázek 7 Varianta 2 [6]

### 2.3.3 Varianta 3

#### Hydraulický lis – Redats – H-380

- pracovní výška 1 450 mm
- velikost stolu 500x210 mm
- samostatný hydromotor i pumpa
- dvourychlostní pumpa
- tlakoměr
- rám svařovaný, traverzy z U profilu
- demontovatelný
- cena cca 10 000 Kč



Obrázek 8 Varianta 3 [7]

#### Shrnutí:

V poměru cena / výkon, dominuje jistě varianta třetí, jelikož za přibližně stejnou cenu nabízí širší pole uplatnění než první varianta. Varianta druhá je spíše pro porovnání, jelikož se jedná o velmi kvalitní Rakouskou značku, díky které je cena tohoto lisu 4x větší než ostatních variant. Dalším krokem je koncepční návrh, bude tedy brán ohled na tuto poslední variantu a její výhody, které jsou zmíněny výše.

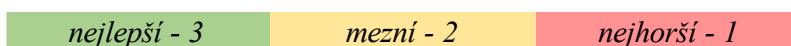
### 3 Vlastní koncepční návrh

Pro volbu koncepční varianty bylo využito **Morfologické matice** (viz *Tabulka 1*). Aby bylo možné zvolit ke konstrukci neoptimálnější variantu bylo nahlíženo hlavně na materiál rámu, také technologie výroby. V prvním řádku je zmíněna právě technologie, svařencem bylo myšleno, že by rám jako horní traverza a sloupky byly pevně svařeny v jednu komponentu, na rozdíl od šroubované varianty, kde budou rozebíratelně spojeny komponenty jako horní traverza a sloupky, které ovšem mohou být svařenci. Šroubovaná varianta nemusí být nutně spojena pouze šrouby, v morfologické matici jsou na řádku 3. jako varianta čepy, hlavní napětí by tedy přenášely čepy, ale musely by být navíc zajištěny proti vytažení. Dále bylo rozhodováno o stylu a způsobu hydraulického systému a manipulace pracovního stolu. Díky této rozhodovací metodě bylo vyselektován koncepční návrh, který je optimální z hlediska ekonomického a uživatelsky přívětivého.

**Tabulka 1 Morfologická matice**

Hlavní funkce		Orgány		
		a	b	c
1.	rám	odlitek	šroubovaný	svařenec
2.	materiál rámu	EN S235JR	EN S355J2	AISI 304
3.	spojení rámu	šrouby s šestihrannou hlavou	lícované šrouby	čepy
4.	zaručení síly	pojišťovací ventil	doraz	manometr
5.	hydraulický systém	jednoduchý hydraulický zvedák	hydromotor a pumpa zvlášť	hydromotor poháněný čerpadlem
6.	hydromotor	nakoupená komponenta	vlastní návrh	zakázková výroba
7.	způsob vratného chodu hydromotoru	vnitřní pružina	vnější pružiny	plynová pružina
8.	spojení pumpy a hydromotoru	hydraulická hadice	CU potrubí	pozinkové potrubí
9.	možnost pumpování	ruční	ruční, dvourychlostní	elektromotor
10.	uložení hydromotoru	posunovatelný v celé šířce	pevně přišroubovaný	nedemontovatelný
11.	systém zvedání stolu	ručně	vrátkem	hydraulicky

Nejprve bylo nutné porovnat možné varianty z **ekonomického hlediska** (*Tabulka 2*), která z variant je v poměru cena/výkon (vlastnosti) nejpříznivější. Jednotlivé varianty byly barevně označeny podle vhodnosti, dále byly parametrům přiřazeny váhy, podle toho, jaký vliv má daný parametr na celek nebo konstrukci, hodnotící kritérium bylo zvoleno jako: 4–nejvíce důležité, 1–nejméně důležité. Barevné rozlišení je popsáno pod tabulkou jako:



**Obrázek 9 Barevná škála Morfologické matice**

Tabulka 2 Morfologická matice z ekonomického hlediska

Hlavní funkce		Orgány			váha
		a	b	c	
1.	rám	odlitek	šroubovaný	svařenec	4
2.	materiál rámu	EN S235JR	EN S355J2	AISI 304	3
3.	spojení rámu	šrouby s šestihrannou hlavou	lícované šrouby	čepy	2
4.	zaručení síly	pojišťovací ventil	doraz	manometr	2
5.	hydraulický systém	jednoduchý hydraulický zvedák	hydromotor a pumpa zvlášť	hydromotor poháněný čerpadlem	4
6.	hydromotor	nakoupená komponenta	vlastní návrh	zakázková výroba	3
7.	způsob vratného chodu hydromotoru	vnitřní pružina	vnější pružiny	plynová pružina	1
8.	spojení pumpy a hydromotoru	hydraulická hadice	CU potrubí	pozinkové potrubí	2
9.	možnost pumpování	ruční	ruční, dvourychlostní	elektromotor	3
10.	uložení hydromotoru	posunovatelný v celé šířce	pevně přišroubovaný	nedemontovatelný	3
11.	systém zvedání stolu	ručně	vrátkem	hydraulicky	2
		<i>nejlepší - 3</i>	<i>mezní - 2</i>	<i>nejhorší - 1</i>	

Je samozřejmé, že nejlevnější varianta většinou nebývá ta nejlepší, proto bylo nutné provést toto rozhodování znovu, ale tentokrát z **technologického hlediska** (Tabulka 3). Tím je myšlena hlavně obsluha a celková vhodnost, ale také mechanické vlastnosti, zkrátka která z variant by byla nejideálnější vůči zmíněným faktorům. Stejně jako výše umístěná tabulka, také zde bylo zvoleno stejné barevné spektrum podle vhodnosti a stejně také váhy. Výsledky pak byly pro jednotlivé orgány sečteny a byly zaneseny do další tabulky.

**Tabulka 3 Morfologická matice z Technologického hlediska**

Hlavní funkce		Orgány			váha
		a	b	c	
1.	rám	odlitek	šroubovaný	svařenec	3
2.	materiál rámu	EN S235JR	EN S355J2	AISI 304	4
3.	spojení rámu	šrouby s šestihrannou hlavou	lícované šrouby	čepy	2
4.	zaručení síly	pojišťovací ventil	doraz	manometr	2
5.	hydraulický systém	jednoduchý hydraulický zvedák	hydromotor a pumpa zvlášť	hydromotor poháněný čerpadlem	3
6.	hydromotor	nakoupená komponenta	vlastní návrh	zakázková výroba	2
7.	způsob vratného chodu hydromotoru	vnitřní pružina	vnější pružiny	plynová pružina	1
8.	spojení pumpy a hydromotoru	hydraulická hadice	CU potrubí	pozinkové potrubí	1
9.	možnost pumpování	ruční	ruční, dvourychlostní	elektromotor	3
10.	uložení hydromotoru	posunovatelný v celé šířce	pevně přišroubovaný	nedemontovatelný	2
11.	systém zvedání stolu	ručně	vrátkem	hydraulicky	2
		<i>nejlepší - 3</i>	<i>mezní - 2</i>	<i>nejhorší - 1</i>	

Sčítání hodnot bylo provedeno následovně, podle barvy byla známa známka a tato známka byla vynásobena váhou, toho bylo provedeno pro každou buňku a stejné buňky z obou tabulek se sečetly.

Následuje konečná tabulka s doplněnými hodnotami. V kroku, kde byl volel materiál dosahují obě konstrukční oceli stejných hodnot, je v podstatě zbytečné vyrobit všechny části rámu z kvalitnější oceli, proto bude při návrhu zvolen materiál S235JR jako výchozí a v namáhavějších součástech bude použit S355J2. Stejně tak u spojení rámu, první návrh bude proveden se šrouby se šestihrannou hlavou a případně se provede úprava na čepy.

**Tabulka 4 Výsledná Morfologická tabulka**

Hlavní funkce		Orgány		
		a	b	c
1.	rám	odlitek - 13	šroubovaný - 18	svařenec - 11
2.	materiál rámu	EN S235JR - 15	EN S355J2 - 15	AISI 304 - 6
3.	spojení rámu	šrouby s šestihrannou hlavou - 10	lícované šrouby - 4	čepy - 10
4.	zaručení síly	pojišťovací ventil - 6	doraz - 8	manometr - 10
5.	hydraulický systém	jednoduchý - 12 hydraulický zvedák	hydromotor a pumpa zvlášť - 14	hydromotor poháněný čerpadlem - 5
6.	hydromotor	nakoupená komponenta - 13	vlastní návrh - 12	zakázková výroba - 5
7.	způsob vratného chodu hydromotoru	vnitřní pružina - 5	vnější pružiny - 4	plynová pružina - 3
8.	spojení pumpy a hydromotoru	hydraulická hadice - 7	CU potrubí - 5	pozinkové potrubí - 6
9.	možnost pumpování	ruční - 12	ruční, dvourychlostní - 15	elektromotor - 9
10.	uložení hydromotoru	posunovatelný v celé šířce - 9	pevně příšroubovaný - 13	nedemontovatelný - 8
11.	systém zvedání stolu	ručně - 10	vrátkem - 6	hydraulicky - 8

Zvolená koncepční varianta se tedy bude skládat ze šroubovaného ocelového rámu, jelikož je nahlíženo na to, že bude potřeba montážní lis rozebrat, kvůli lepší manipulaci a skladnosti při přepravě. Díky tomu bude možné tento lis rychle přemístit a nebude nutné ho používat pouze na jednom místě. Jednotlivé díly jako rám, stůl a horní traverza lisu budou svařeny z běžně dostupných profilů, případně z ohraněných plechů či výpalků. Tyto svařence budou spojeny šrouby se šestihrannou hlavou. Hydraulický systém bude zkompletován zvlášť, z hydraulického válce a dvourychlostním pumpovacím zařízením, obě nakupované varianty. Součástí bude manometr v tunách.

Při průzkumu trhu a návrhu koncepční varianty bylo hleděno i na systém zvedání pracovního stolu. Ve většině případů při průzkumu trhu, byl lis opatřen vrátkem. Ač je tento systém poměrně jednoduše ovladatelný, tak zvyšuje nejen náklady pořizovací, ale také náklady na údržbu. V úvahu připadal i systém zvedání pomocí ozubeného hřebenu a pastorkem s klikou. Ovšem při evalvací této varianty bylo zjištěno, že by náklady tohoto řešení byly téměř stejně nákladné jako polovina celého lisu. Cílem návrhu bude tedy navržení takové konstrukce pracovního stolu, aby bylo možné ho zvedat ručně.



### 3.1 Rám

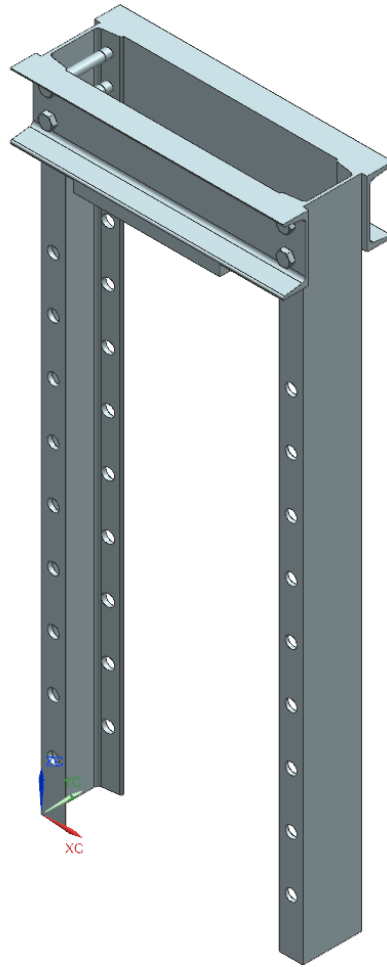
Materiál a samotná technologie výroby rámu je základní pilíř celého lisu, když nebude dostatečně pevný a tuhý nebude takový lis použitelný, je ovšem třeba brát na zřetel, že by bylo ekonomicky nevýhodné vyrábět jeden rám lisu z litiny, ačkoli by její mechanické vlastnosti byly možná vhodnější. Jedná se o montážní lis čili by měl být alespoň z části rozebíratelný, na jednotlivé komponenty, které budou svařené, jedná se tedy o šroubovanou konstrukci. Ocel je svými vlastnostmi ideální kandidát, právě proto byla zvolena. Vhodná je běžná konstrukční ocel S235JR (ČSN 11 373) (Obrázek 10), případně S355J2 (ČSN 11 503), v obou případech jde o svařitelnou ocel, což byla podmínka. Dále byl proveden návrhový výpočet.

Přehled vlastností oceli S235JR								1.0038	
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel								
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005								
Dřívější označení	S235JRG2 podle EN 10025: 1990 + A1: 1993; RSt 37-2 podle DIN 17100; 11 375 podle ČSN								
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn max.	Si max.	P max.	S max.	N max.	
	≤16	>16≤40	>40 <sup>1)</sup>	1,40	-	0,035	0,035	0,012	
Složení hotového výrobku	0,17	0,17	0,20	1,50	-	0,045	0,045	0,014	
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu $R_{eH}$ MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250	
	235	225	215	215	215	195	185	175	
	Pevnost v tahu $R_m$ MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≥ 3≤ 100		>100≤150			>150≤250			
	360-510		350-500			340-490			
	Minimální tažnost v % ( $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$ ) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm <sup>5)</sup> :								
	> 3 ≤ 40		> 40 ≤ 63		> 63 ≤ 100		> 100 ≤ 150		> 150 ≤ 250
	26		25		24		22		21
	Minimální nárazová práce KV ( J ) při 20°C pro výrobky jmenovité tloušťky v mm : <sup>4),5)</sup>								
≤150		>150≤250							
27 <sup>4)</sup>		27 <sup>4)</sup>							
Maximální hodnota CEV <sup>3)</sup>	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:								
	≤ 30		> 30 ≤ 40		> 40 ≤ 150		> 150 ≤ 250		
0,35		0,35		0,38		0,40			
<b>Technologické vlastnosti</b>									
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 ( EN 1011 ).								
Tváření za tepla	Jsou-li dodávané výrobky dále tvářeny za tepla, splňují uvedené mechanické vlastnosti pouze po následném normalizačním žihání.								
Tvařitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C ( S235JRC ). To se týká i tažení za studena.								

Obrázek 10 Přehled vlastností oceli S235JR [8]

#### 3.1.1 Varianta A

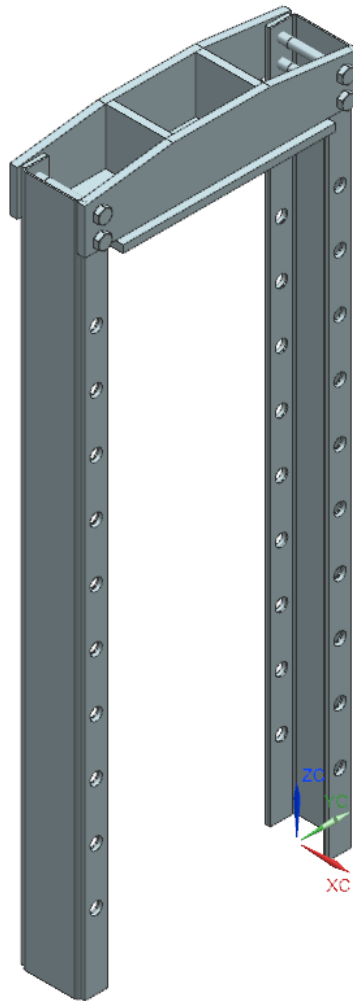
Rám varianty A se skládá z jednoduchých U-profilů s rozměry U160, taktéž horní traverza U140, která je šrouby připojena ke sloupkům. Tato varianta je nejpoužívanější konstrukce u cenově levnějších lisů. Toto řešení je nejméně ekonomicky a výrobně nákladné, ovšem nutně se projeví na pevnosti a tuhosti při výpočtech. Ovšem pro méně náročné „hobby“ používání by již vyhovovala. Problém nastává po delším používání, jelikož v místech, kde dochází ke kontaktu s kalenými čepy se tato místa se velmi rychle otláčí, čímž se zhorší nejen struktura profilu, ale i manipulace při vytahování čepů. Podobný problém vzniká i při spojení šrouby, dojde k postupné deformaci kontaktní plochy mezi sloupkem a traverzou, což může mít za následek prokluz. Toto by se dalo vyřešit vyztužením těchto ploch, např.: k místům s dírami přivařit trubku, další možností by mohla být přivaření podél plochy pásovou ocel, což vede k další variantě.



Obrázek 11 Varianta A rámu

### 3.1.2 Varianta B

Výhoda předchozí varianty byla v jednoduchosti výroby, kterou by ovšem ztratila při popsané optimalizaci. Následující řešení je složeno z ohraněného plechu tloušťky 4 mm do profilu U, které je na bocích vyztuženo pásovou ocelí tloušťky 10 mm, díky čemuž by se snížilo otláčení od čepů a samozřejmě také napětí. Horní traverza byla navržena z ocelových výpalků tloušťky 20 mm (žebra 10 mm). Toto řešení bylo sestaveno částečně z dvou variant, z varianty, kde jako sloupky jsou zde čtyři pásové oceli a z varianty druhé a to předchozí, ovšem „odlehčené“, touto kombinací bylo myšleno sjednotit kladné vlastnosti těchto variant. Ovšem při ohledu na výrobu má jisté meze, jako je právě samotné spojení pásové oceli a plechu, jelikož by byly svařeny po bocích, došlo by k pokroucení a tím následné odlehnutí dvou dílů od sebe, víceméně by se pokroutil celý rám, což je nežádoucí.



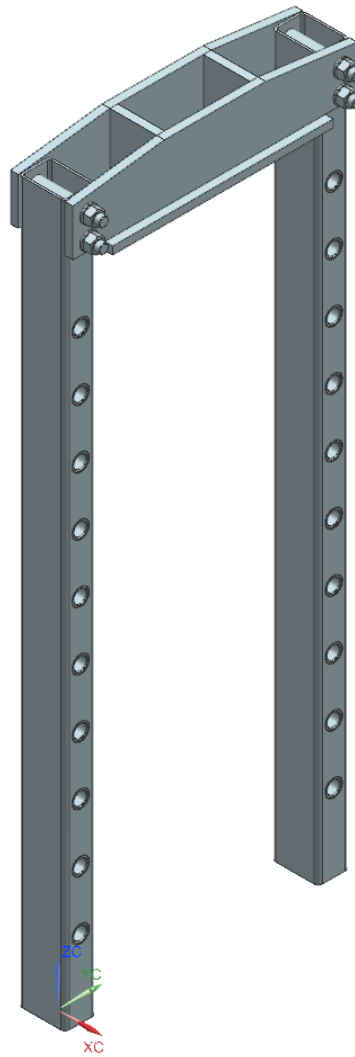
Obrázek 12 Varianta B rámu



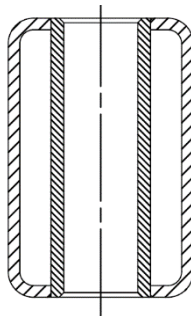
Obrázek 13 Profil sloupků varianty B rámu

### 3.1.3 Varianta C

Částečná nevýhoda variant A i B, je navíc v nesymetrické ose ohybu, tímto způsobené roztahování boků by se navíc ohýbal čep a mohla by tím být narušena obsluha a vytahování čepu. Proto byla navržena varianta C. Zde byl použit na sloupky Jekl 120x80x6, kde byly díry pro čepy navíc vyztuženy trubkou, aby nedocházelo k otláčení. Taktéž trubkou bylo vyztuženo, místo kterým prochází stahovací šrouby, aby mohlo dojít k dostatečné utahovací síle a profil se nezbortil. Horní traverza byla ponechána z předchozí varianty.



Obrázek 14 Varianta C rámu



Obrázek 15 Profil sloupek varianty C rámu

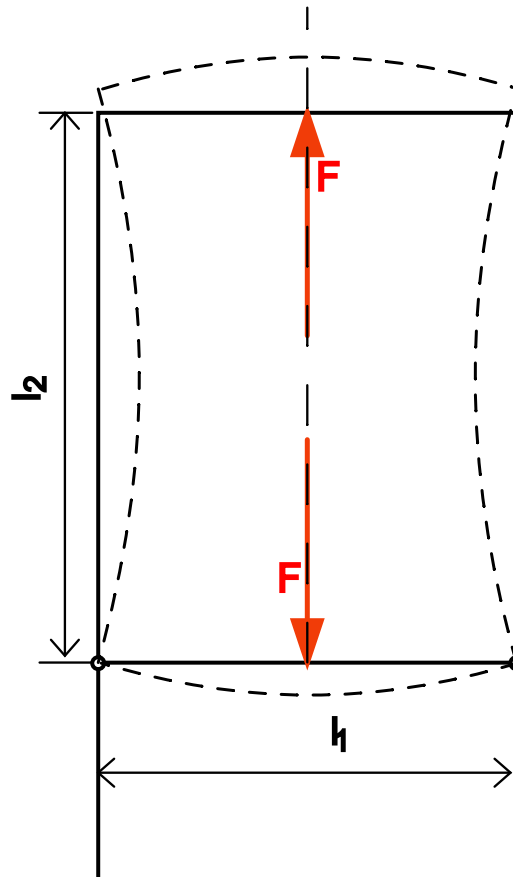
Co se týče užitných rozměrů rámu, tak počet otvorů pro čepy byl, se zkušeností z průzkumu trhu, zvolen jako 10 na jedné straně, každý po 150 mm. Výška čepu prvního se bude orientovat podle rozměrů pracovního stolu. Rozteč čepů byla navržena jako 650 mm.

### 3.1.4 Stanovení namáhání rámu

[9] [10] [11]

Zatěžující sílu  $F$ , byla vyjádřena ze vztahu  $F = m * a$ , kde hmotnost  $m = 30 t$  je zadána a zrychlení je dáno tíhovým zrychlením ( $g = 9,81 m/s^2$ ), po dosazení získáme hledanou sílu  $F$ :

$$F = m * g = 30 * 10^3 * 9,81 = 294\,300\, N$$

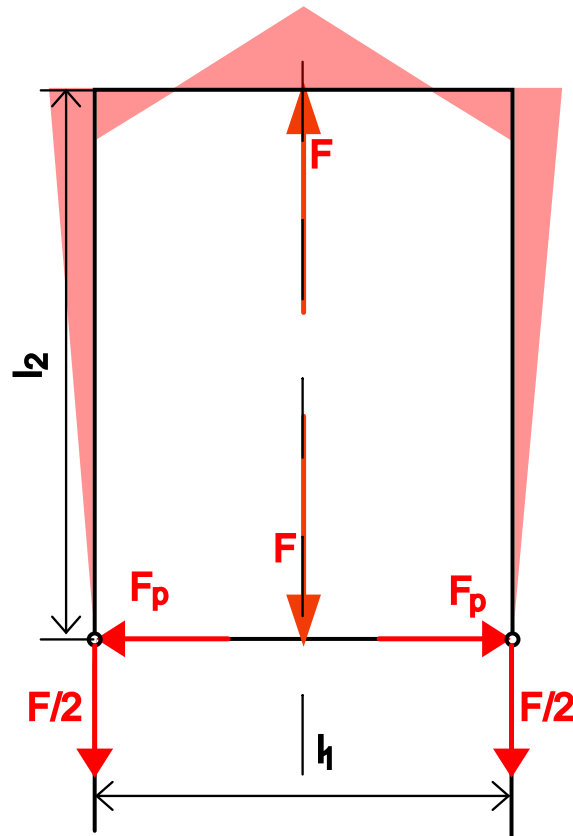


Obrázek 16 Zobrazení průhybu

V následujícím kroku je důležité si uvědomit, že jelikož bude horní příčka pevně přišroubována šrouby s využitím předepnutí, budou se sloupky rámu deformovat v závislosti na tuhosti horní příčky, podobně jak vyplívá z obrázku níže.

Právě kvůli této deformaci bude na sestavu působit navíc síla od ohybového momentu  $F_p$ , právě o tento ohybový moment  $M_{op}$ , bude zmenšen ohybový moment horní příčky  $M_o$ . Tato síla byla vypočtena z *Věreščaginova vzorce*, ovšem v tomto případě nebyla uvažována vůle ve vedení  $\Delta y$ , čili se výraz simplificuje a z čitatele vypadne záporný zlomek.

$$F_p = \frac{\frac{Fl_1^2}{8} - \frac{2\Delta y EJ_1}{l_1}}{l_2(l_1 + \frac{2}{3}l_2 \frac{J_1}{J_2})} \rightarrow F_p = \frac{\frac{Fl_1^2}{8}}{l_2(l_1 + \frac{2}{3}l_2 \frac{J_1}{J_2})}$$



Obrázek 17 Průběh ohybových momentů

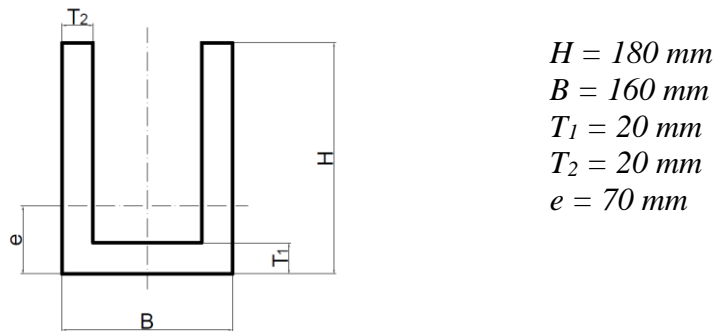
Jak je již patrné z obrázku, horní příčka bude namáhána na ohyb a smyk od síly  $F$ , jak bylo zmíněno výše, tak ohybový moment  $M_{op}$  od síly  $F$ , bude zmenšen ohybový moment horní příčky  $M_o$  od síly  $F_p$ . Sloupky pak budou namáhány na tah od síly  $F$  (respektive  $F/2$ ), a ohyb od síly  $F_p$ . V potaz připadá také smyk od síly  $F_p$ , ten je však zanedbatelný oproti složkám normálového napětí.

Konstanta  $F$  je zadána, délkové rozměry byly zvoleny při průzkum trhu a zvolením neoptimálnějších rozměrů, jedná se rozteč čepů  $l_1$  a nejnižší poloha stolu (kdy je pracovní stůl zajištěn na prvním čepu od spodu)  $l_2$ , tedy  $l_1 = 650 \text{ mm}$  a  $l_2 = 1\,500 \text{ mm}$ . Nyní je již znám poměr kvadratických momentů  $J_1/J_2$ , tedy třetí varianty. Tento výpočet bude proveden níže až po výpočtu maximálního ohybu horní příčky.

### 3.1.5 Kontrola návrhu

Již je tedy znám tvar a průřez profilů, maximální ohybový moment a druhy namáhání. Stačí tedy zkontrolovat navržené součásti na namáhání určená výše. Jako první bude horní příčka, následovat budou sloupky.

Horní příčka byla navržena z ocelových plechů, svařena do profilu U, s následujícími rozměry:



$$\begin{aligned} H &= 180 \text{ mm} \\ B &= 160 \text{ mm} \\ T_1 &= 20 \text{ mm} \\ T_2 &= 20 \text{ mm} \\ e &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

Obrázek 18 Výpočtový profil horní traverzy

#### Maximální ohybový moment:

$$M_{omax} = \frac{Fl_1}{4} = \frac{294\,300 * 0,65}{4} = 47\,823,75 \text{ Nm}$$

#### Napětí od síly F:

Ohyb:

$$\sigma_{o1} = \frac{M_o}{W_o}; W_{o1} = \frac{J_{1x}}{e}; J_{1x} = 3,104 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{o1} = \frac{3,104 * 10^{-5}}{70 * 10^{-3}} = 4,434 * 10^{-4} \text{ m}^3;$$

$$\sigma_o = \frac{47\,823,75}{4,434 * 10^{-4}} = 107,85 \text{ MPa}$$

Smyk:

$$\tau_s = \frac{F}{S}; S = 9\,600 \text{ mm}^2; F = 294\,300 \text{ N}$$

$$\tau_s = \frac{294\,300}{9\,600 * 10^{-6}} = 30,656 \text{ MPa}$$

#### Napětí od síly Ft:

Když nyní známe kvadratické momenty obou komponent, je možné dopočítat sílu Ft: ( $J_{1x}$  je kvadratický moment horní příčky a  $J_{2z}$  sloupku.)

$$J_{1x} = 3,104 * 10^{-5} \text{ m}^4; J_{2z} = 2,29 * 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$F_p = \frac{\frac{Fl_1^2}{8}}{l_2(l_1 + \frac{2}{3}l_2 \frac{J_{1x}}{J_{2z}})} = \frac{\frac{294\,300 * 0,65^2}{8}}{1,5(0,65 + \frac{2}{3} * 1,5 * \frac{3,104 * 10^{-5}}{2,29 * 10^{-6}})} = 729,50 \text{ N}$$

$$M_{op} = F * l_2 = 686,88 * 1,5 = 1\,094,26 \text{ Nm}$$

Napětí od tohoto momentu bylo odečteno od ohybového momentu od síly  $F$ .

$$\sigma_o = \sigma_{o1} - \frac{M_{op}}{W_{o1}} = 107,85 - \frac{1\,094,26}{4,434 * 10^{-4}} = 105,38 \text{ MPa}$$

Pro sečtení těchto normálového a tečného napětí, byla využita *Guestova hypotéza*, tedy přísnější varianta. Materiál byl zvolen S235JR, která má zaručenou mez kluzu  $R_{eH} 235 \text{ MPa}$ , pro tento případ by bylo dobré, aby  $\sigma_{red}$  vyšlo **maximálně okolo 120 MPa**.

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{105,38^2 + 4 * 30,65^2} = 121,92 \text{ MPa}$$

Redukované napětí je zde kritické, jelikož bezpečnost je těsně pod 2.

$$k = \frac{R_{eH}}{\sigma_{red}} = \frac{235}{121,92} = 1,93$$

Přehled vlastností oceli S355J2								1.0577
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel							
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005							
Dřívější označení	S355J2G4 podle EN 10025: 1990 +A1: 1993; St 52-3 N podle DIN 17100; 11 503 podle ČSN							
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn	Si	P	S	N
	≤ 16	>16≤40	>40 <sup>1)</sup>	max.	max.	max.	max.	max.
Složení hotového výrobku	0,20 <sup>2)</sup>	0,20 <sup>4)</sup>	0,22	1,60	0,55	0,025	0,025	-
	0,23 <sup>5)</sup>	0,23 <sup>4)</sup>	0,24	1,70	0,60	0,035	0,035	-
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu $R_{eH}$ MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :							
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250
	355	345	335	325	315	295	285	275
	Pevnost v tahu $R_m$ MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :							
	≥3 ≤ 100			> 100 ≤ 150			> 150 ≤ 250	
	470-630			450-600			450-600	
	Minimální tažnost v % ( $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$ ) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm v <sup>8)</sup> :							
	≥ 3 ≤ 40		> 40 ≤ 63		> 63 ≤ 100		> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250
	22		21		20		18	17
	Minimální nárazová práce KV (J) při -20° C pro výrobky jmenovité tloušťky v mm <sup>4), 9)</sup> :							
≤ 150				>150 ≤ 250				
27 <sup>6)</sup>				27 <sup>6)</sup>				
Maximální hodnota CEV <sup>3)</sup>	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:							
	≤ 30		> 30 ≤ 40		> 40 ≤ 150		> 150 ≤ 250	
	0,45		0,47		0,47		0,49 <sup>7)</sup>	
<b>Technologické vlastnosti</b>								
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení, stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 (EN 1011).							
Tváření za tepla	Jsou-li dodané výrobky dále tvářené za tepla, splňují uvedené mechanické hodnoty pouze po následném normalizačním žhání.							
Tvařitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C (S355JOC). To se týká i tažení za studena.							

Obrázek 19 Vlastnosti oceli S355J2 [12]

Pro více namáhané díly jako je právě horní příčka a pracovní stůl je vhodnější použít materiál s vyšší mezí kluzu, samotné napětí lze samozřejmě snížit vhodným upravením geometrických rozměrů, problém ale nastává v místech, kde dochází ke kritickým špičkám namáhání, které nejspíše ukáže MKP analýza. Proto byl nakonec **zvolen materiál pro tyto součásti S355J2**.

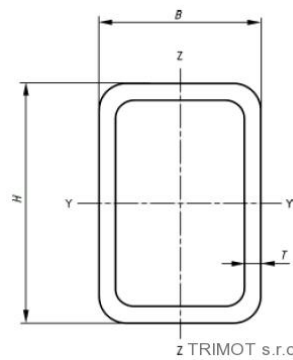
Ocel S355J2 (11 503) má pro tloušťku 20 mm  $R_{eH} 345 \text{ MPa}$ , čili bezpečnost díky tomu vzroste:

$$k = \frac{R_{eH}}{\sigma_{red}} = \frac{345}{121,92} = 2,83$$

Toto číslo je již přijatelnější.



### Kontrola sloupků:



$$\begin{aligned}H &= 120 \text{ mm} \\B &= 80 \text{ mm} \\t &= 6 \text{ mm} \\e &= B/2 = 40 \text{ mm}\end{aligned}$$

Obrázek 20 Výpočtový profil sloupku [13]

Sloupky rámu byly navrženy z Jeklu 120x80x6, rozměry byly následovné:

Tah od síly  $F$  (respektive  $F/2$ ):

$$\sigma_t = \frac{F}{S}; F \approx F/2 = 147\,150 \text{ N}; S = 2\,880 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{147\,150}{2\,880} = 51,09 \text{ MPa}$$

Ohyb od  $F_t$ :

$$\sigma_o = \frac{M_{op}}{W_{o2}}; W_{o2} = \frac{J_{2z}}{e} = \frac{2,29 \cdot 10^{-6}}{40 \cdot 10^{-3}} = 5,725 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\sigma_o = \frac{1094,26}{5,725 \cdot 10^{-5}} = 19,11 \text{ MPa}$$

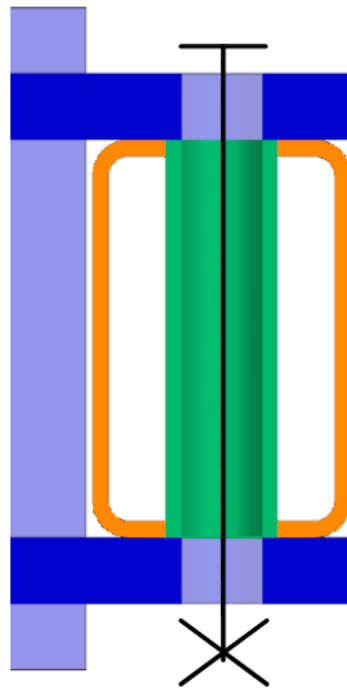
Jelikož se jedná pouze o normálová napětí, byla napětí od ohybu a tahu sečtena, v tomto případě byla ponechána **Ocel S235JR**

$$\sigma_{red} = \sigma_t + \sigma_o = 51,09 + 19,11 = 70,2 \text{ MPa}$$

$$k = \frac{R_{eH}}{\sigma_{red}} = \frac{235}{70,2} = 3,33$$

V tomto případě zaručuje takto vysoká bezpečnost velkou rezervu v napětí.

Jelikož je sloupek v místě pro čepy vyztužen trubkou TR Ø 42,4 x 5 ČSN 02 0250.11, kde bude vnitřní průměr vyvrtán na Ø32H11, není nutné počítat otláčení v tomto sloupku, bude ale nutné tento výpočet provést v pracovním stole.



Obrázek 21 Průřez výztuhou pro šrouby (výztuha zelenou barvou)

Pro spojení horní traverzy se sloupky byly zvoleny šrouby se šestihrannou hlavou M24x2, jelikož pro tyto šrouby třídy 8.8 je podle [14] předepínací síla šroubu  $150\,649\text{ N}$ , bylo nutné vyztužit sloupky v místech kde prochází šroub trubkou.

Podle průměru šroubu by byla vhodná běžná závitová trubka se světlostí  $\frac{3}{4}$ “, ta má ovšem tloušťku stěny pouze  $2,65\text{ mm}$ . Proto byla zvolena bezešvá ocelová trubka TR Ø 35 x 5 – 11 353 – ČSN 42 0250.11, případně se podle výsledků výpočtů z MKP změni rozměry.

### 3.1.6 Návrh čepu

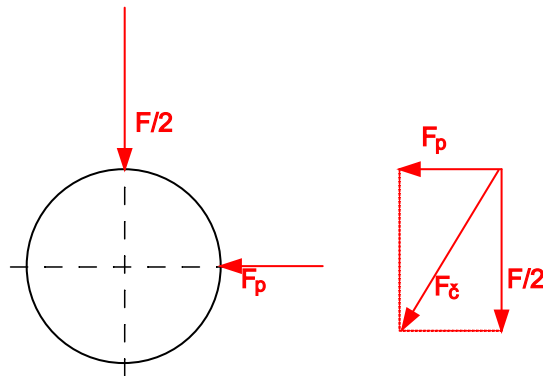
Aby bylo možné zjistit otlacení vyztužující trubky od rámu, je nutné nejprve dimenzovat zajišťující čep.

Jak vyplývá z *Obrázek 17*, na čep působí síla  $F/2$ , v případě že se pracovní stůl nebude volně posouvat ve vodorovném směru, bude zde působit navíc síla od průhybu  $F_p$ . Aby byla zaručena absolutní jistota, bylo pracováno s horší variantou. Byl tedy proveden návrh průměru ze znalosti:

$$\tau_s = \frac{F}{S}$$

Kde síla  $F_{\zeta}$  je vektorový součet sil  $F/2$  a  $F_p$ , který byl vypočten z *Pythagorovy věty*:

$$F_{\zeta} = \sqrt{(F/2)^2 + F_p^2} = \sqrt{147\,150^2 + 683,88^2} = 147\,151,8\text{ N}$$



Obrázek 22 Rozložení sil na čep

Jak je možné vidět z rovnice výše, tak se zde síla od průhybu projeví téměř zanedbatelně, což je z důvodu dobré tuhosti horní příčky. V rámci principu byla ale tato síla ve výpočtu ponechána. Návrh byl tedy vyjádřen ze vztahu:

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F_{\check{c}}}{\frac{\pi d_{min}^2}{4}}$$

Úpravou rovnice byl níže vyjádřen výpočet minimálního průměru.

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4F_{\check{c}}}{\pi\tau_{Ds}}}$$

Jako materiál byla zvolena ocel 16MnCr5 (ČSN 14 220). Jak vyplívá z obrázku níže, tak aby bylo možné správně určit mez kluzu, je zapotřebí znát rozmezí průměru čepu, to doposud ovšem není známo, bylo tedy předpokládáno, že se průměr bude pohybovat mezi 25 mm a 40 mm čili dle obrázku níže je mez kluzu  $Re_{min}$  490 MPa. Dále bylo nutné vypočítat dovolené smykové napětí, pro výpočet návrhu. Bezpečnostní konstanta byla zvolena  $k_{\check{c}} = 3$ .

$$\tau_{Ds} = \frac{Re}{k_{\check{c}}} * 0,6 = 98 \text{ MPa}$$

Přehled vlastností oceli 16MnCr5 ( 16MnCrS5 )										1.7131 (1.7139)					
Druh oceli	Nízkolegovaná ušlechtilá mangan-chromová ocel k cementování														
TDP	ČSN EN 10084														
Dřívější označení	16MnCr5 ( 16MnCrS5 ) podle DIN 17210, 14 220 podle ČSN														
Charakteristika	Nejčastěji používaná cementační ocel pro síředně namáhané díly strojů a motorových vozidel. Prokaluje do hloubky ca 30 mm. Ve stavu kalení a popuštění je použitelná pro průměry do ca 35 mm. Je svařitelná a vhodné tepelně zpracovaná též dobře tvařitelná za studena. Přísadou bóru (0,0008 až 0,0050%) se docílí zvýšené houževnatosti cementované vrstvy.														
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C	Si max.	Mn	P max.	S <sup>1)</sup> max.	Cr	Mo	Ni	Al						
	0,14-0,19	0,40	1,00-1,30	0,035	0,035	0,80-1,10	-	-	Při kontrolované velikosti austenitického zrna 0,015-0,050 (informativně; není uvedeno v normě).						
Dovolené odchylky od složení tavby ve výrobku <sup>4)</sup>	± 0,02	+ 0,03	± 0,04	+ 0,005	+ 0,005	± 0,05	-	-							
Mechanické vlastnosti v jádře referenčního vzorku po kalení a popuštění při 150-200 °C (uvedené hodnoty nejsou součástí EN 10084) <sup>5)</sup>	Průměr v mm		Re min. MPa		Rm MPa		A min %		Z min %		KCU min. J.cm <sup>-2</sup>				
	d ≤ 11		735		1030 - 1375		8		-		25				
	11 < d ≤ 25		540		785 - 1080		9		-		30				
	25 < d ≤ 40		490		685 - 930		10		-		30				
Hodnoty tvrdosti HB pro stav :	Zpracováno na stříhatelnost (S)			Žháno na měkko (A)			Zpracováno na rozmezí tvrdosti (TH)			Zpracováno na feriticko-perlitickou strukturu (FP)					
	max. 255			max. 207			156 - 207			140 - 187					
	Stav po válcování			Stav po normalizaci			Žháno na globulární cementit (vhodné pro tvárění za studena)								
	ca 250 <sup>5)</sup>			ca 220 <sup>5)</sup>			max. 178 <sup>5)</sup>								
Prokalitelnost	Druh	Meze	Vzdálenost od plochy kalení čela v mm												
			Tvrdost v HRC												
	H	max.	47	46	44	41	39	37	35	33	31	30	29	28	27
		min.	39	36	31	28	24	21	-	-	-	-	-	-	-
	HH	max.	47	46	44	41	39	37	35	33	31	30	29	28	27
		min.	42	39	35	32	29	26	24	22	20	-	-	-	-
HL	max.	44	43	40	37	34	32	30	28	26	25	24	23	22	
	min.	39	36	31	28	24	21	-	-	-	-	-	-	-	

Obrázek 23 Přehled vlastností oceli 16MnCr5 [15]

Následuje konečný výpočet minimálního průměru. (Doslova se ovšem nejedná o minimální, jelikož je počítáno s bezpečností, je to tedy minimální průměr pro náš případ.)

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4F_c}{\pi\tau_{DS}}} = \sqrt{\frac{4 * 147\,151,89}{\pi * 294}} = 30,92 \text{ mm}$$

Byl tedy zvolen **průměr čepu 32 mm**. Pro jistotu byl ještě proveden kontrolní výpočet.

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F_c}{\frac{\pi d_{min}^2}{4}} = \frac{147\,151,59}{\frac{\pi 0,032^2}{4}} = 91,48 \text{ MPa}$$

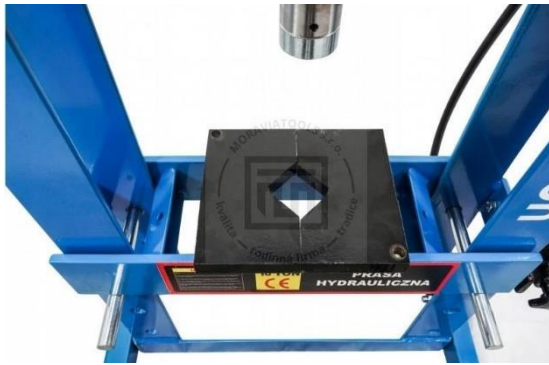
Známe tedy plochu čepu, čep je namáhan na stříh ve dvou průřezích a působí na něj síla  $F_c$ , nezbyvalo tedy než vypočítat otlacení od čepu ve vyztužující trubce sloupku:

$$p_{c1} = \frac{F_c}{S} = \frac{F_c}{l * d} = \frac{147\,151,8}{120 * 32} = 5,11 \text{ MPa}$$

Tento čep bude zhotoven z výše zmíněného materiálu s tolerancí Ø32c11.

### 3.1.7 Návrh pracovního stolu

Pracovní stůl by měl být v podstatě odrazem horní traverzy, co se týče tuhosti a pevnosti, s tím rozdílem, že u pracovního stolu není zdroj namáhání (reakce od síly hydromotoru) pevně spojen s rámem. Navíc podle toho, jak bude navržena tento stůl se bude odvíjet počet možných operací, u levnějších variant lisů se jedná v podstatě jen o dvě traverzy U-profilu (Obrázek 25 Jednoduchá varianta stolu), což je sice jednoduché řešení, ale aby bylo možné lis naplno využít, je nutné, aby si ho uživatel sám upravil, případně jsou součástí nástroje jako prisma, nebo lisovací blok. Druhá nejčastější varianta je složení s využitím výpalků, tedy ocelových plechů svařených do vhodného tvaru (Obrázek 24 Složitější varianta stolu).

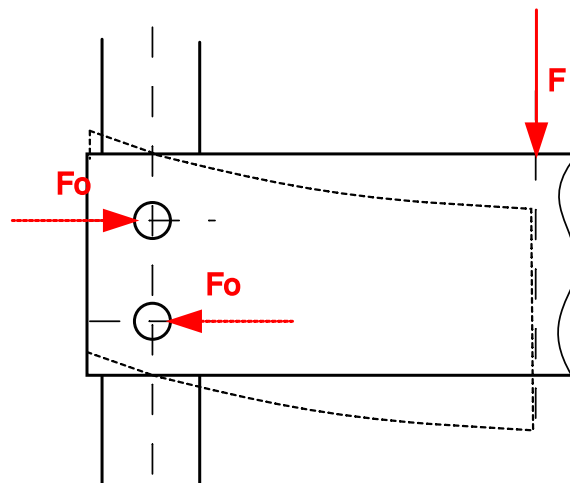


Obrázek 24 Složitější varianta stolu [22]



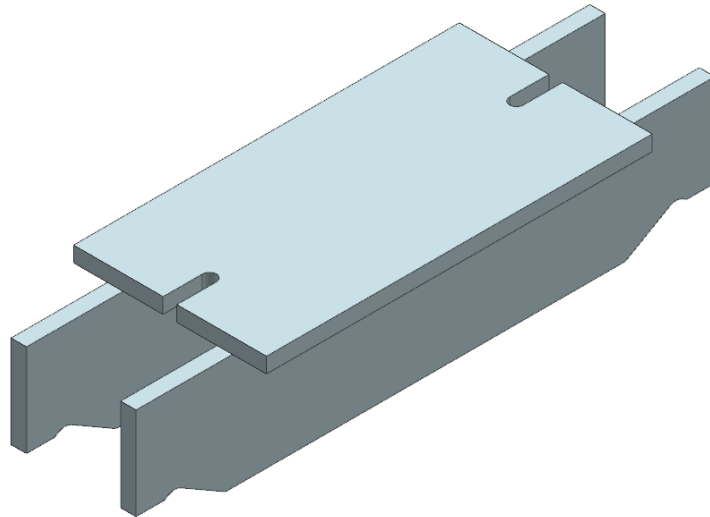
Obrázek 25 Jednoduchá varianta stolu [23]

Další důležitou volbou, je zvolení zavěšení stolu do rámu, v podstatě s jedná o dvě varianty, první varianta je zavěšení na jeden pár čepů, druhá varianta je zavěšení na dva páry čepů. Ač se může zdát, že varianta se čtyřmi čepy je výhodnější, jelikož se tak síla rozdělí na čtyři průřezy místo dvou. Toto řešení s sebou nese určité nevýhody, především to, že se poté bude v podstatě jednat o uzavřený rám a čepy tak budou namáhány momentem od průhybu stolu, další nevýhodou je větší nároky na přesnosti výroby, jelikož i když se jedná o uložení s vůlí, tak kdyby otvory nad sebou nebyly vyrobeny přesně, došlo by k dosednutí pouze na jeden čep. Navíc by byla složitější obsluha, co se týče zasouvání čepů, stůl by tak musel být v absolutní rovině, a tudíž by bylo pokaždé nutná spolupráce dvou osob.



Obrázek 26 Rozložení napětí pracovního stolu u druhé varianty

Zavěšení na jeden pár čepů je na rozdíl v podstatě nosník na dvou podporách čili při namáhání bude docházet pouze k natáčení traverzy kolem čepů. U tohoto řešení bude ovšem problém dovolený tlak, respektive otláčení od čepu, jelikož se bude jednat poměrně velkou sílu na víceméně slabý průřez, ale tento problém bude případně vyřešen zvětšením kontaktní plochy. V dalším kroku byl tedy vymodelován pracovní stůl. Při návrhu byla sestrojena jednoduchá varianta, opět z ocelových plechů o tloušťce 20 mm do profilu U, ale opačně orientován než u horní traverzy. Zatím byla horní deska pouze rovná a po celé délce stolu, po MKP analýze se případně upraví.



Obrázek 27 Varianta pracovního stolu

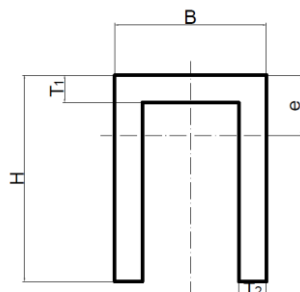
V místě, kde bude stůl zavěšen v rámu je rádius shodný s rádiusem čepu, aby byla plocha čepu co největší. Důvod takto zvoleného profilu stolu, byl díky dvěma faktorům: Aby bylo zvedání stolu co nejjednodušší, cílem tedy bylo docílit zavěšení pouhým položením na čepy. V případě že by tedy ke zvedání stolu byl pouze jeden člověk, bylo by možné postupně na každé straně zvednout stůl a položit ho opět na čepy. Zároveň je také ale podstatné, aby dotyk mezi čepem a stolem nebyl pouze čárový, což by následovalo tomu, kdyby byla tato plocha rovná. Dále byla horní deska ze spodu vyztužena žebry, aby se síla více rozložila na boční desky.



Obrázek 28 Varianta pracovního stolu – řez

### 3.1.8 Kontrola návrhu pracovního stolu

Profil tohoto stolu je v opačně položený U-profil. Rozteč čepů již známe z (Obrázek 16), což je délka  $l_1 = 650 \text{ mm}$ , další rozměry následovně:



$$\begin{aligned} H &= 140 \text{ mm} \\ B &= 170 \text{ mm} \\ T_1 &= 20 \text{ mm} \\ T_2 &= 20 \text{ mm} \\ e &= 65,19 \text{ mm} \end{aligned}$$

Obrázek 29 Výpočtový profil pracovního stolu

Nejprve je nutné zjistit maximální ohybový moment, aby bylo možné dále stanovit napětí v ohybu, tento ohybový moment byl však již vypočítán výše při kontrole horní příčky.

$$M_{omax} = \frac{Fl_1}{4} = \frac{294\,300 * 0,65}{4} = 47\,823,75 \text{ Nm}$$

Zbývá tedy kvadratický moment tohoto stolu:

$$W_{o2} = \frac{J_{1x}}{e}; J_{1x} = 2,656 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{o2} = \frac{2,656 * 10^{-5}}{65,19 * 10^{-3}} = 5,109 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{o2} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{47\,823,75}{5,109 * 10^{-4}} = 117,39 \text{ MPa}$$

$$k = \frac{\sigma_{eH}}{\sigma_{red}} = \frac{345}{70,2} = 3,33$$

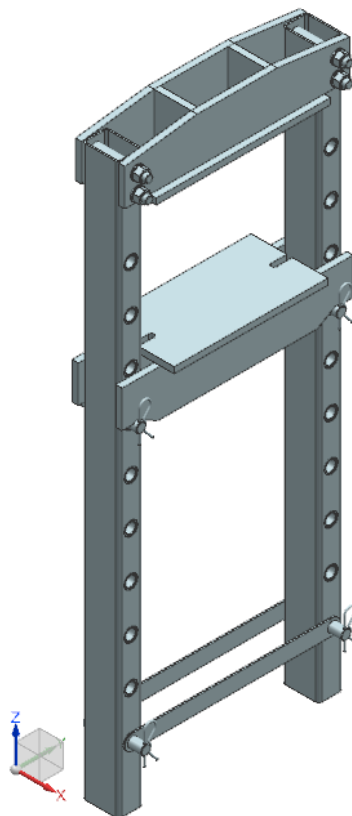
Otlačení od čepů:

$$p_{\check{c}2} = \frac{F_{\check{c}}}{S} = \frac{F_{\check{c}}}{2 * T_2 * d} = \frac{147\,151,8}{2 * 20 * 32} = 115 \text{ MPa}$$

Tlak je v tomto místě vysoký, bude nutné se na toto místo zaměřit v MKP analýze.

### 3.2 MKP analýza konstrukce

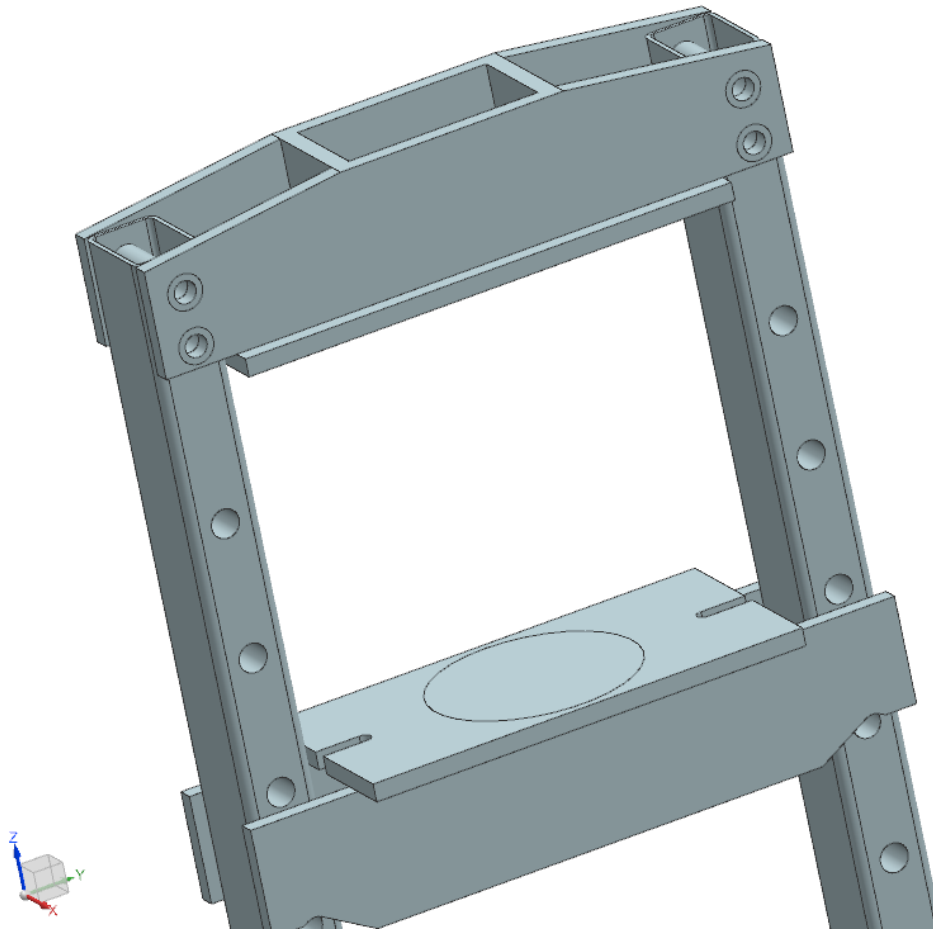
Ještě před samotným výpočtem, je nutné se zmínit o poslední úpravě lisu, která bude mít mírný vliv na mechanické vlastnosti, čímž je výztuha, která se nachází v dolní části lisu. Umístění této výztuhy z pásové oceli 50x5, nemusí ovšem nutně být v nejnižší poloze, jelikož samotná výztuha je do rámu připevněna stejnými čepy jako pracovní stůl.



Obrázek 30 Sestava lisu pro výpočet

### 3.2.1 Sít'ování

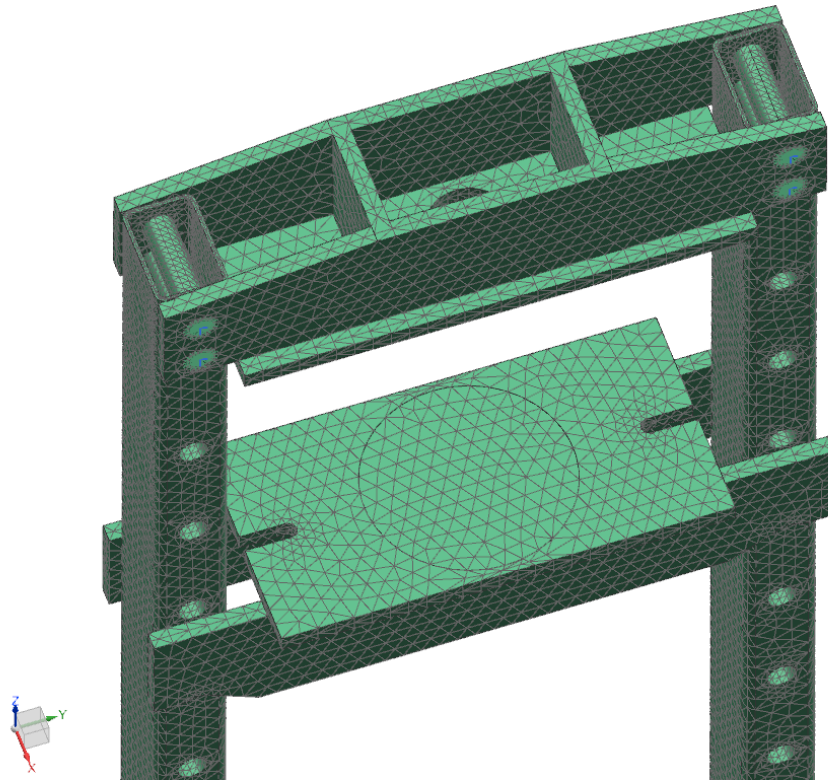
Než mohlo dojít k sít'ování, bylo podstatné model upravit do pro výpočet vhodnější podoby. Což bylo provedeno především u vyztužujících trubek rámu, byly u nich odstraněny zkosené hrany a samotné trubky byly pevně spojeny s rámem v jedno těleso, čímž byla v podstatě simulována realita, jelikož trubky jsou do rámu přivařeny. Dále byly naseknuty plochy v horní traverze kde, aby docházelo k opření hlav šroubů a matek, jelikož to bylo nutné pro následující krok. Stejně tak byla naseknuta plocha v pracovním stole jako simulace lisovaného tělesa, jelikož není vhodné rovnoměrně zatěžovat celou plochu desky stolu což v praxi také nebude. Komponenty jako šrouby a čepy nebyly do výpočtu uvažovány, proto bylo nutné je nahradit, nejprve však sít'.



Obrázek 31 Zjednodušení výpočetního modelu

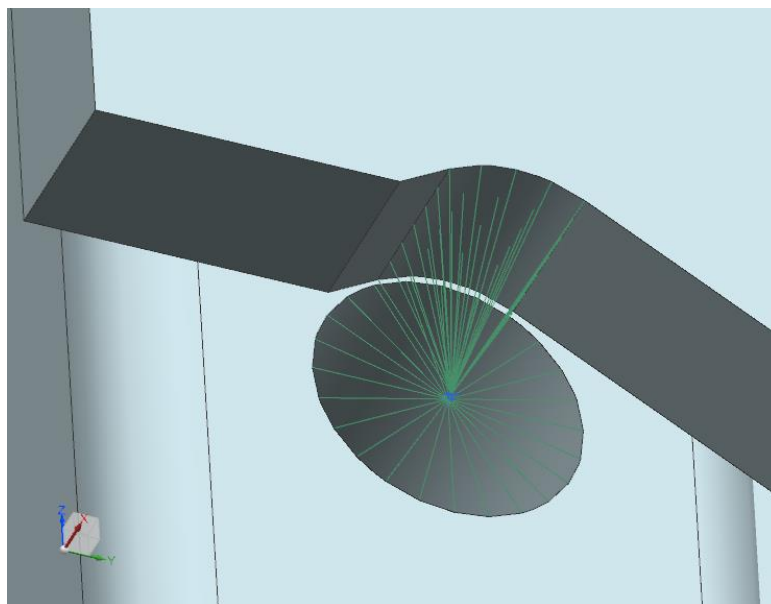
Pro sít'ování byl zvolen element „CTETRA(10)“ a to pro všechny komponenty. Bylo tedy žádoucí připravit vhodnou sít' pro rám, horní traverzu, stůl a výztuhu. Pro výztuhu byl optimální počet elementů zvolen na 10, jelikož se nejedná o nijak zvlášť namáhaný díl. Pro ostatní součásti byl počet elementů 20, navíc byla podmínka, aby byly na tloušťku stěny alespoň dva elementy. Vzhledem k těmto podmínkám byla sít' vyzkoušena, zdali neobsahuje nějaké nekvalitní elementy. Jediné místo, kde se tyto nekvalitní elementy vyskytovaly, byla vyseknutá plocha pro hlavy šroubů, což bylo opraveno funkcí počet elementů na hranu.





Obrázek 32 Síťování rámu lisu

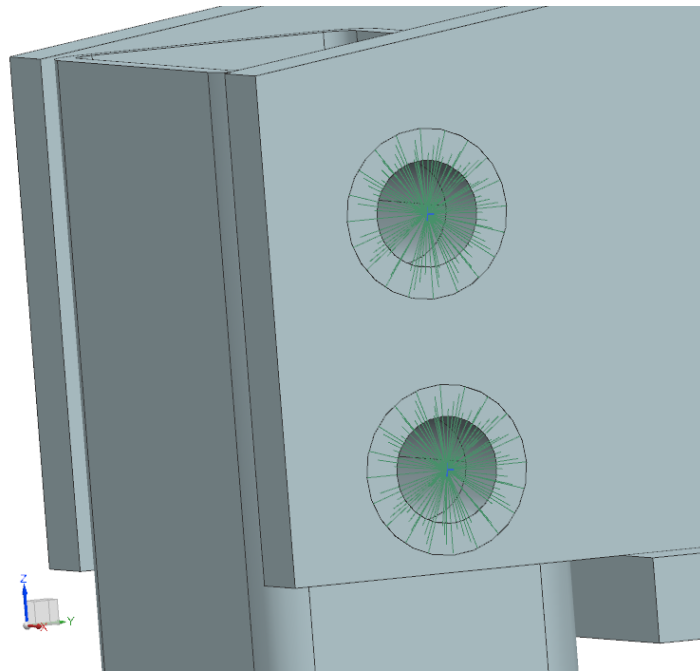
Když bylo dosaženo vhodné a kvalitní sítě, bylo důležité připravit pomocí 1D prvků uzly pro spojení všech součástí. Nejprve spoj mezi pracovním stolem a rámem:



Obrázek 33 Spojení stolu a rámu 1D prvkem

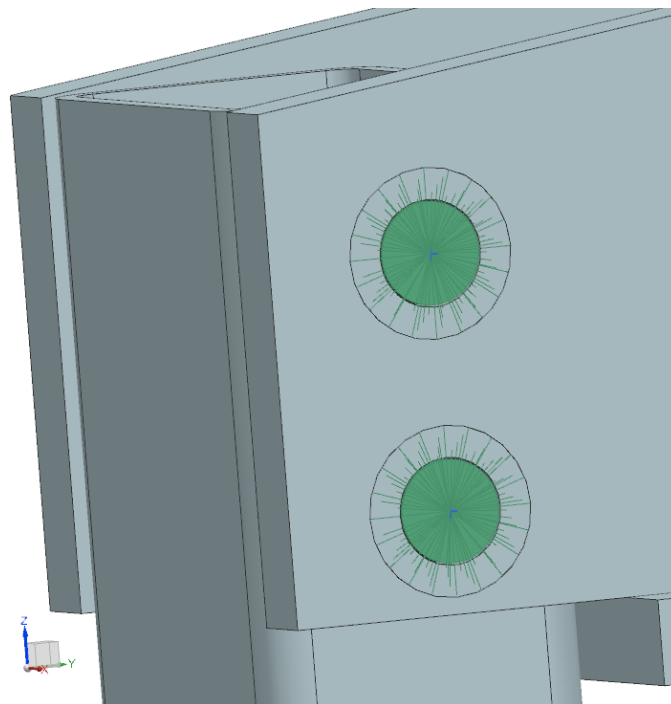
Na stůl byla použita funkce pro vytvoření uzlu na vnitřní střed rádiusu a plochy rádiusu. Díra pro čep byla nahrazena uzlem na střed díry a samotné hrany díry, jak je vidět z obrázku níže.

Pro spojení výztuhy byly vytvořeny uzly pouze z hrany děr na střed děr u obou součástí. Pro spojení horní traverzy byl volen obdobný postup. Připraveným vyseknutím plochy byl veden uzel na střed díry šroubu. Byly tedy vytvořeny dva body, respektive uzly.



**Obrázek 34** Spojení horní traverzy a rámu 1D prvky

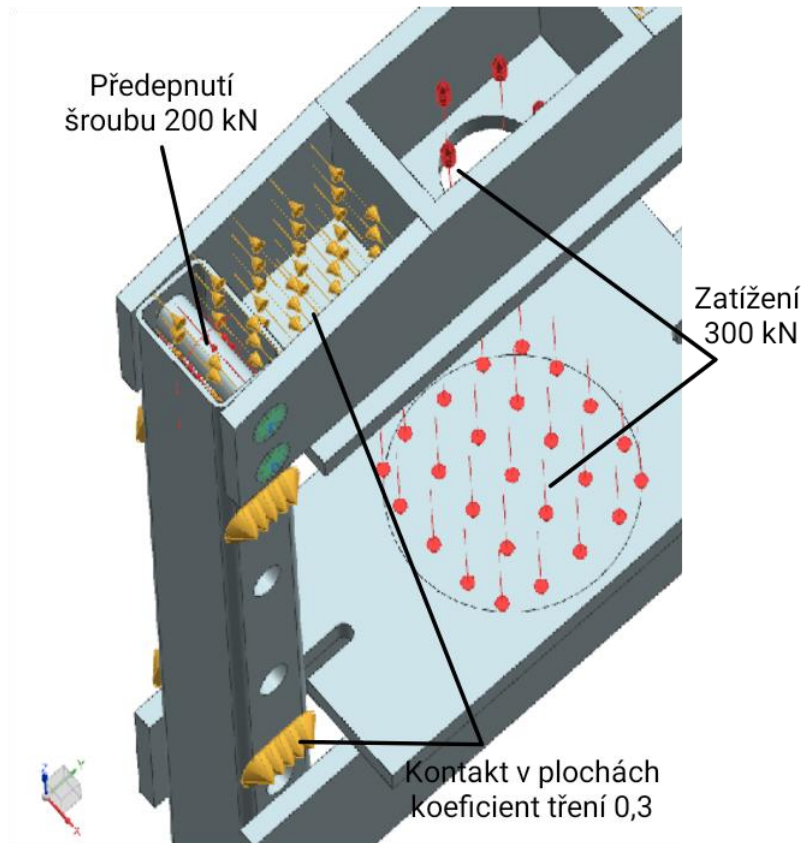
Na tyto uzly (myšleno uzly v jedné ose) byl navázán pomocí funkce 1D prvku „CBAR“, jedná se v podstatě o 1D prvek, který reprezentuje šroub čili tento prvek, který má  $24\text{ mm}$ , byl spojen s uzly, které byly vytvořeny v předešlém kroku nad obrázkem. Toto lze vidět na obrázku níže, ačkoli se jedná o 1D prvek, byl mu pro jednoduchost vizuálně dán skutečný průměr.



**Obrázek 35** Nahrazení šroubů

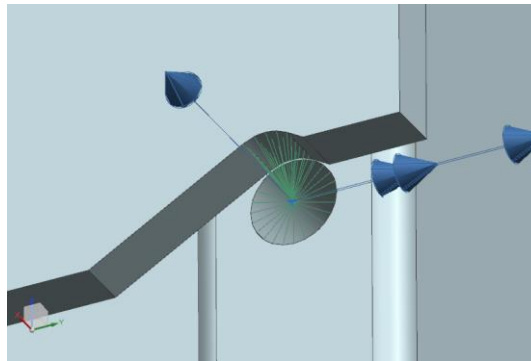
### 3.2.2 Zatížení a okrajové podmínky

Simulování zatížení bylo zformulováno třemi zatíženími, dvě síly od hydraulického válce, jedna působí do vyseknuté plochy ve stole, druhá pro jednoduchost do válcové plochy v díře umístění válce. Třetí síla je od předepnutí šroubů, která působí na v předešlém kroku vytvořené 1D prvky. Podle tabulky [14] je osová síla pro jeden šroub M24 s pevností 8.8  $150\,649\text{ N}$ . Aby byla zajištěna dostatečná bezpečnost a nedošlo tak k namáhání šroubu na smyk, byly tyto plochy 1D prvků zatíženy silou  $200\,000\text{ N}$ . V návaznosti na třecí plochu, byl doplněn kontakt mezi plochami horní traverzy a rámu, součinitel statického tření je  $0,3$ . Posledním krokem jsou okrajové podmínky (vazby).



Obrázek 36 Zatížení rámu lisu

V kapitole 3.2.1 *Síťování*, byly vytvořeny mezi součástmi tzv. Ridgidové růžice pomocí 1D prvků, tyto uzly byly vůči sobě zavazbeny pomocí funkce manual coupling tak, že byly zakázány posunutí ve všech směrech i rotací, kromě rotace kolem osy X. Toto bylo tedy provedeno pouze o pracovního stolu s rámem a výztuhy s rámem, horní traverza je již opatřena kontaktem a náhradou za šrouby.



Obrázek 37 Manual coupling stolu

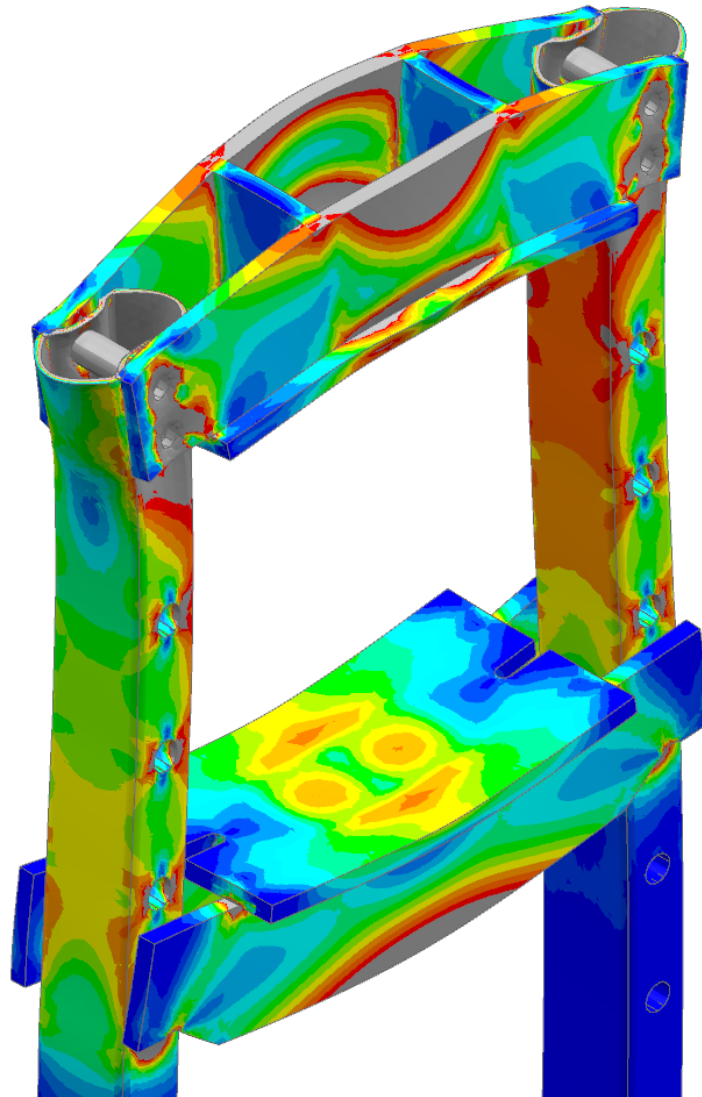
Poslední potřebnou podmínkou byla vazba celého rámu, jelikož ten jako celek zatím nebyl vazben. Při průhybu horní traverzy a pracovního stolu by mělo dojít k mírnému průhybu, což by mělo za následek i prohýbání sloupků rámu, tudíž musel být zvolena taková vazba, aby nebránila žádné deformaci. Tomu nejvíce odpovídaly vnitřní spodní hrany sloupků, jedna z hran byla opatřena vazbou, která zakázala posunutí do všech tří směrů a druhá z hran pouze do směrů X a Z. Tímto bylo docíleno že se lis bude chovat stejně jako při zatížení v praxi.

Ačkoliv bylo v kapitole 3.1.4 Stanovení zjištěno, že zátěžná síla je  $294,3 \text{ kN}$ , tak stávajícího MKP výpočtu byly vloženy hodnoty zatížení rovny  $300 \text{ kN}$ . Na trhu se totiž vyskytuje mnoho výrobců hydraulických lisů, kteří uvažují tíhové zrychlení  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , čili že  $30 \text{ t}$  je  $300 \text{ kN}$  i když se nejedná o nijak dramatickou změnu, bylo dobré se o tom zmínit. Hmotnost tohoto výpočetního modelu je  $173,6 \text{ kg}$ , v poměru se zatížením je vlastní tíha zanedbatelná, nebyla tedy prozatím do výpočtu započtena.

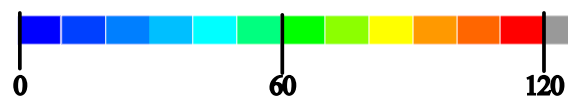
### 3.2.3 Výsledky výpočtu – napětí

Po výpočtu byly upravena vizuální struktura, aby bylo jednoznačné, v jakých oblastech napětí se bylo ubíráno. Cílem bylo dosáhnout maximálního napětí  $120 \text{ MPa}$ , Všechny hodnoty, které se pohybovaly nad touho hodnotou, je možné vidět s šedivou strukturou. Výsledky byly navíc zprůměrovány, aby se tolik neprojevovali extrémní napětí, které by navíc v praxi nenastaly, jelikož by se po otlačení součásti volně rozložily.

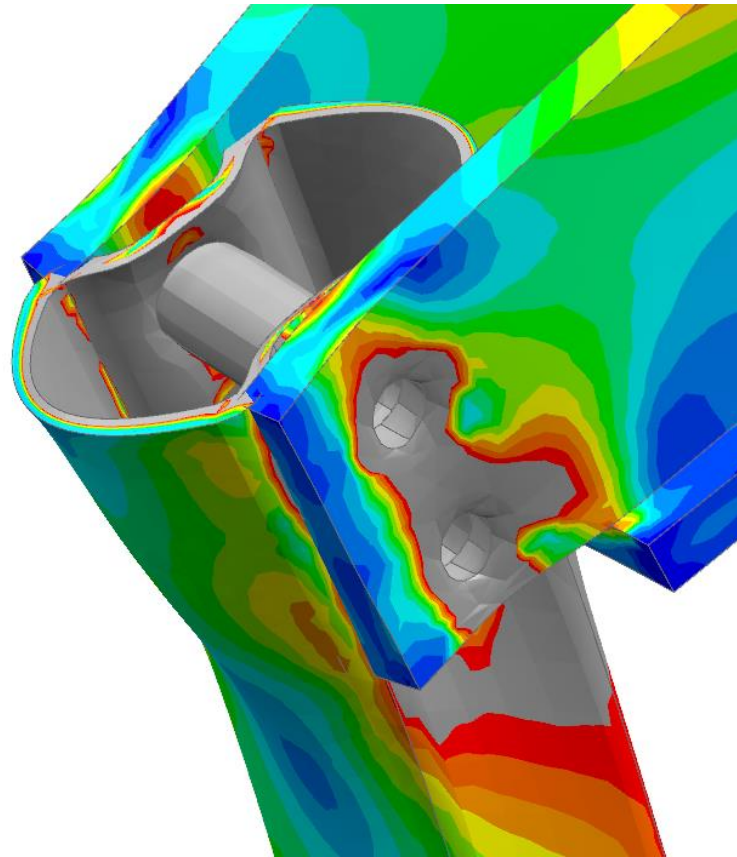
Jak je patrné z obrázku níže, tak výsledek ukázal v mnoha místech větší napětí, než je požadováno. Jedná se především o místa horní traverzy a pracovního stolu, kde dochází k největšímu ohybu. Naopak některá místa byla zbytečně předdimenzována a napětí se na nich téměř neprojevovalo. Největší napětí dosahoval lis samozřejmě v kontaktní ploše mezi čepem a stolem, jelikož se jedná o místo, kde se přenáší síla nejmenším průřezem. To samé by se dalo zřejmě říct i v dosedací ploše pracovního stolu na čep. Podstatně velkých napětí dosahovaly plochy, kde dochází ke kontaktu od předepnutých šroubů. Místa, která jsou pozičně pod pracovním stolem jsou logicky již téměř bez napětí, to tu dosahuje do  $2 \text{ MPa}$ . Níže byly provedeny detailní průzkumy, nejprve horní traverza.



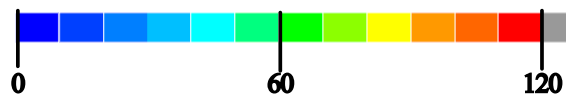
Obrázek 38 Průběh redukovaného napětí (barevné spektrum v MPa)



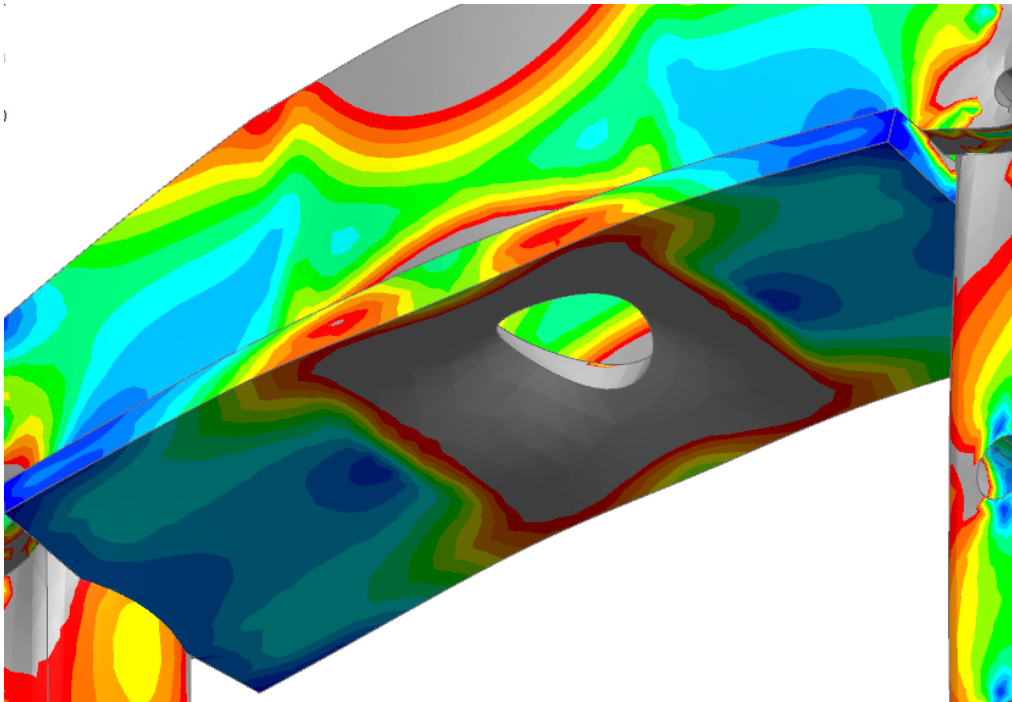
V místě, kde působí osová předepínací síla je viditelně celá oblast namáhána více než je přípustné, bylo tedy nutné provést optimalizaci této varianty.



Obrázek 39 Průběh redukovaného napětí ve šroubovém spoji (barevné spektrum v MPa)



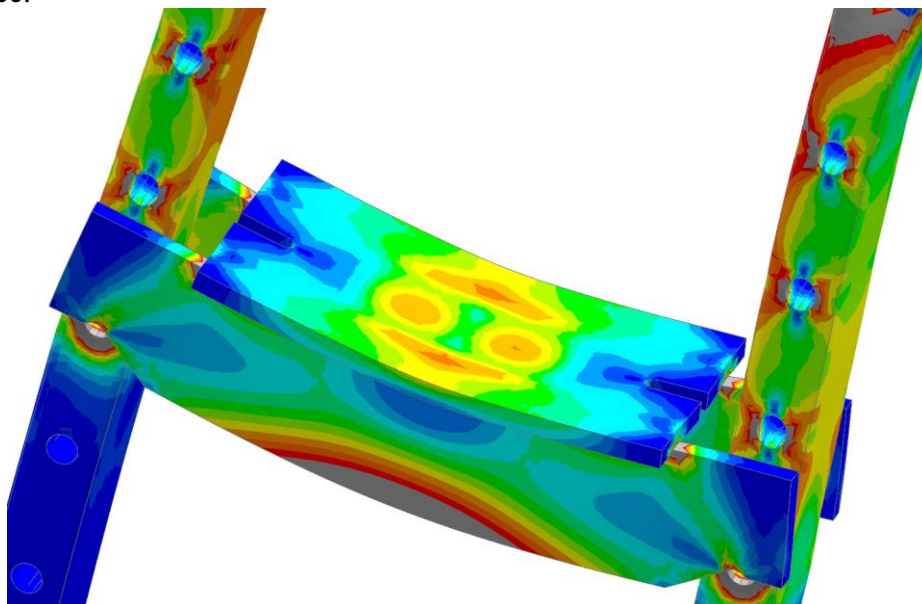
Dalo by se říci, že horní traverza je přetížena téměř všude, nebo právě naopak, a tedy téměř vůbec, jak je vidět z obrázku výše, v místě opření hydraulického válce je traverza přetížena, ale v krajních polohách této desky je materiál naprosto zbytečně. Podobně by se dalo zhodnotit horní část traverzy, kde je možné zpozorovat přetížení. Je tedy možné dojít k závěru, že bylo nutné provést optimalizace v geometrii, tloušťkách materiálů a samotného zavěšení traverzy. Varianty spojení šrouby byla tedy opuštěna a byl proveden návrh s čepů. Tím by se mělo zlepšit i skladování a montáž, jelikož nebude nutné při každém skládání lisu utahovat šrouby na předepsaný moment. Při výběru vhodných čepů bylo nahlíženo hlavně na požadavek zajištění čepů, mohli by se samozřejmě použít standartní čepů s hlavou a závlačkou, docházelo by tak ale k chvění díky vůlím mezi traverzou a sloupky, což by působilo nestabilně.



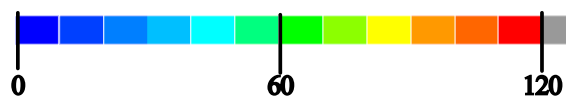
Obrázek 40 Silné přetížení horní traverzy

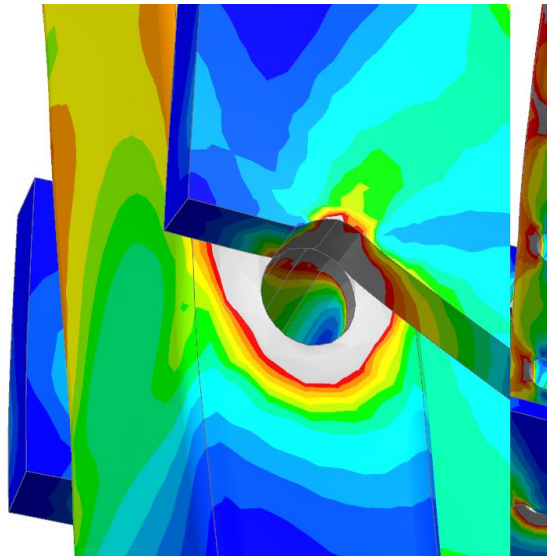
Podobně také u pracovního stolu byla mnohá místa výrazně přetížena, jak již bylo jednou zmíněno, pracovní stůl je v podstatě zrcadlení horní traverzy, tudíž zde byla napětí opět hlavně na spodní části stolu. Naopak horní deska je v krajních místech téměř bez zatížení, jedná se tedy o zbytečné zvyšování hmotnosti.

Jak je patrné z *Obrázek 42*, tak největšího napětí je možno najít v kontaktu čepů a samotného stolu, opět by se dalo polemizovat, zdali by se v praxi napětí lépe nerozložilo, ovšem není žádoucí v takovém místě dosahovat takových hodnot napětí, proto byla i zde provedena optimalizace.

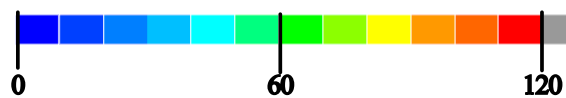


Obrázek 41 Průběh redukováného napětí v pracovního stolu (barevné spektrum v MPa)

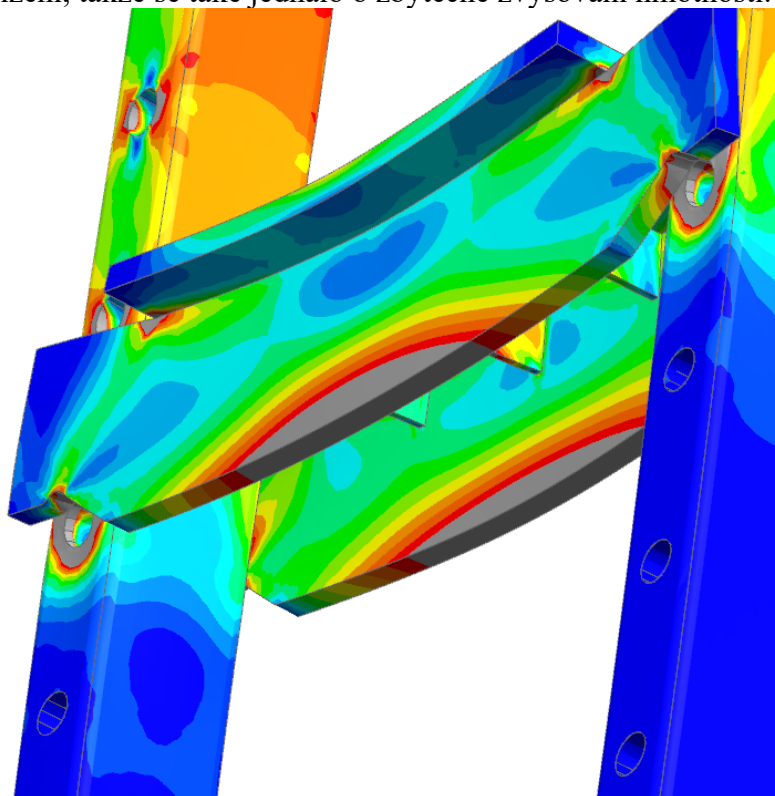




Obrázek 42 Napětí v místě čepu pracovního stolu (barevné spektrum v MPa)



Vyztužující žebra byla v modelu tři, ovšem namáháno bylo pouze žebro prostřední, krajní byla prakticky bez zatížení, takže se také jednalo o zbytečné zvyšování hmotnosti.



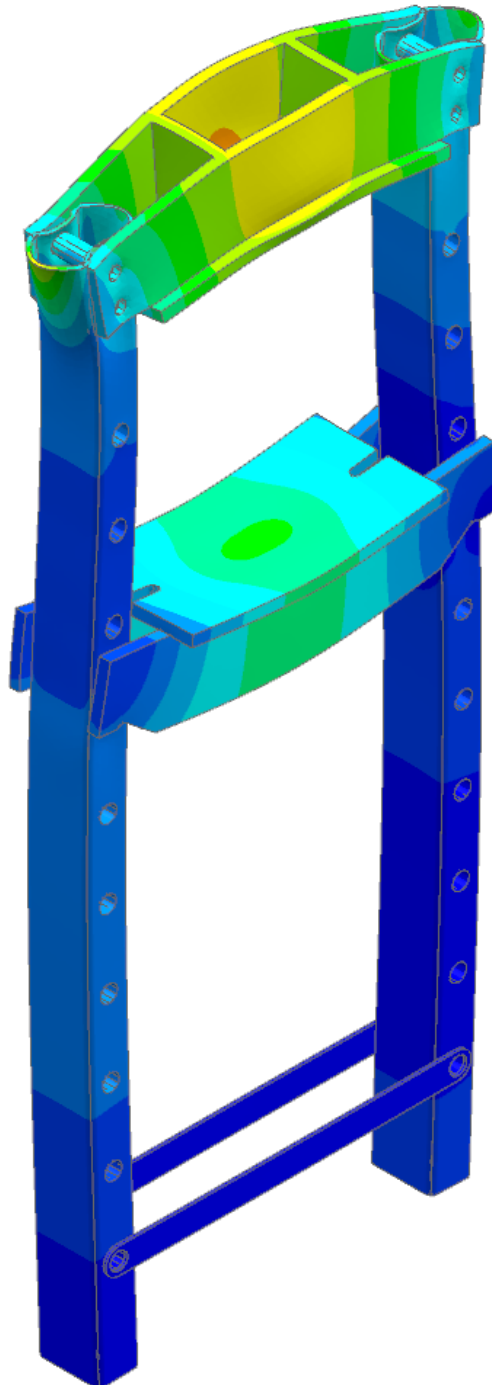
Obrázek 43 Napětí pracovního stolu dole

Bylo tedy zjištěno že i toto řešení je jakési „syrové“, bylo nutné optimalizovat i v této části. Optimalizace byla provedena především v geometrii pracovního stolu, jako horní deska, rozměry jako výška stolu v ose, kde je největší namáhání a dále také zlepšení vyztužujících prvků stolu. Aby bylo dosaženo menších napětí, bylo nutné také optimalizovat plochu kontaktu čepu s pracovním stolem.

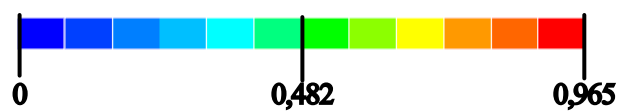


### 3.2.4 Výsledky výpočtu – posunutí

Je samozřejmě logické že největších posunutí rám nabýval v samotném umístění hydromotoru. Celkové posunutí je možno názorně spatřit na obrázku níže. Jedná se tedy o posunutí do  $1\text{ mm}$  v traverze, ostatní hodnoty se pohybují v desetínách milimetru.

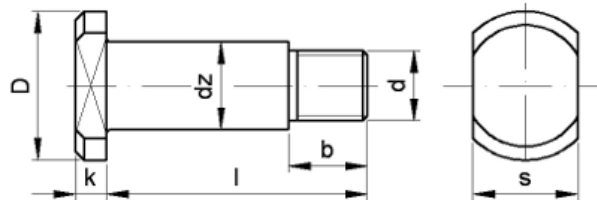


Obrázek 44 Absolutní posunutí rámu (barevné spektrum v mm)



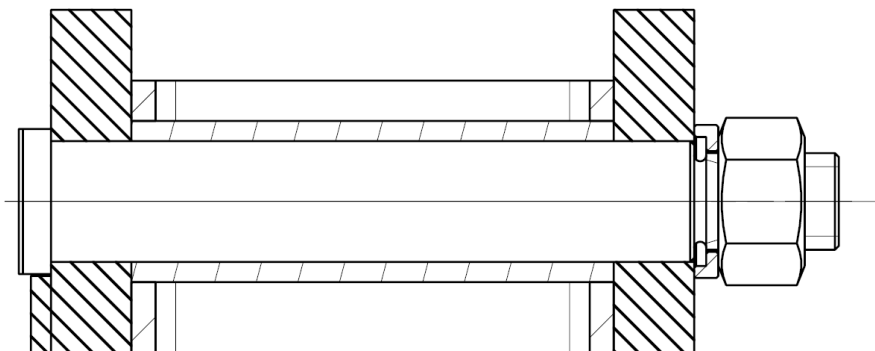
## 4 Optimalizace rámu

Cílem bylo zvolit takové čepy, které by nahradily funkci šroubů, bylo by možné jimi vytvořit osovou sílu, aby traverza přilehla ke sloupkům, ale zároveň aby přenos momentu byl zajištěn namáháním na smyk čepů, tedy aby osová síla neměla tak deformační charakter jako v předešlé variantě. Jako nejvhodnější varianta byly zvoleny čepy s hlavou a se závitem *DIN 1445*.



Obrázek 45 Čep DIN 1445 [16]

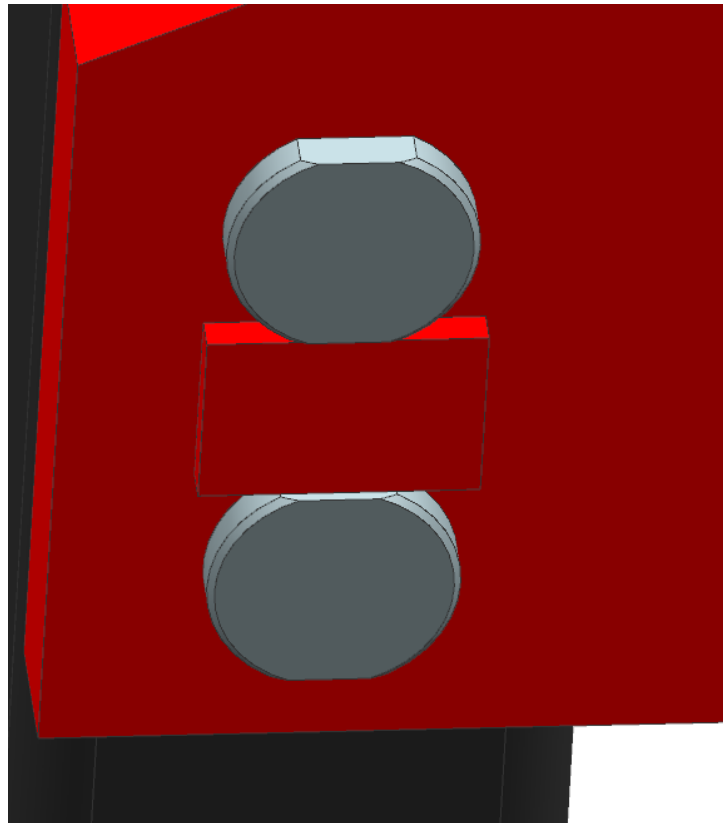
V kapitole 3.1.6 *Návrh čepu* byl vypočten minimální průměr čepu na kterém je zavěšen pracovní stůl. Tento průměr byl tedy vypočten jako  $D = 30,92 \text{ mm}$ . V ideálním případě by měl být průměr i tohoto čepu stejný, ovšem podle výrobce má průměr tohoto dříku (na obrázku výše *dz*)  $30 \text{ mm}$  nebo  $33 \text{ mm}$ . Samozřejmě by bylo logické zvolit vyšší průměr, napětí by byla poté menší, je však důležité si uvědomit, že průměr  $33$  není zrovna optimální průměr z hlediska výroby, jelikož vrták, případně výhrubník a výstružník tohoto atypického průměru není zcela obvyklý. Proto byl zvolen průměr čepu  $30$ , tyto čepy jsou zde dva, a navíc přenos smyku není v tomto případě stejně velký jako v pracovním stole, jelikož část síly je přenesena od předepnutí čepu. Pro tento průměr čepu uvádí výrobce průměr závitu  $M24$ , dále pevnostní třída byla zvolena  $8.8$ . Toleranční pole průměru *dz* je  $h11$ . Touto úpravou by mělo dojít navíc k odlehčení sloupků. Bude nutné tedy zvětšit průměr spojovacích děr a vyztužujících trubek na průměr  $30$ , respektive trubka bude  $TR \text{ } \varnothing 40 \times 5 \text{ } \text{ČSN } 42 \text{ } 0250.11$ . Pro tyto čepy byly navrženy speciální podložky, aby bylo možné předepnout čepy a nedošlo tak k opření čelní plochy o matici.



Obrázek 46 Čep DIN 1445 v lisu

Na druhé straně jsou do válcové plochy vyfrézovány dvě drážky pro možnost dotažení, aby bylo utahování jednodušší, byla k horní traverze přivařena podložka mezi oba čepy vzájemně (Obrázek 47).

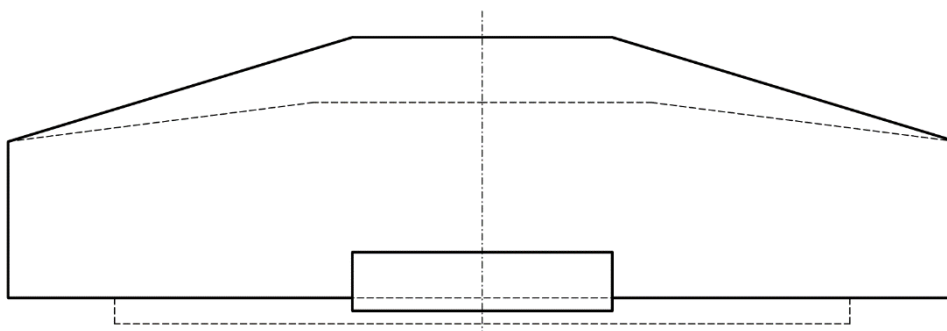
Pro tento typ spojení bude, na rozdíl od šroubového spojení, nutné vyvrtat přesné díry, a to především do horní traverzy, jedná o menší plochu. Jelikož jsou tyto komponenty výpalky, tak by se vypálily do horní traverzy pouze díry menšího průměru, tím by byla zaručena osová vzdálenost a přesné díry průměru  $30 \text{ mm}$ , by se následně vyvrtaly přesně. Ve sloupcích dochází k přenosu sil díky vyztužující trubce, což je bezešvá trubka přímo s rozměrem, který je potřeba.



Obrázek 47 Zajištění čepu proti protočení

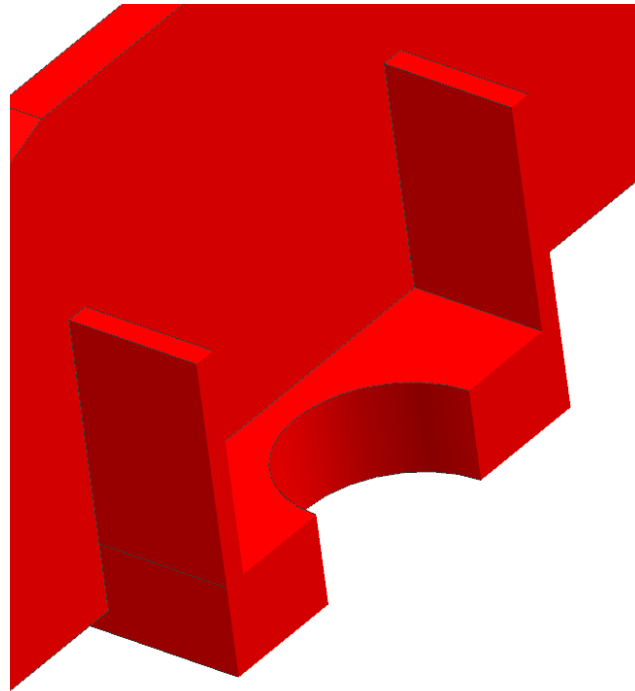
Další nutnou úpravou musí být horní traverza, která je potřeba optimalizovat z geometrického hlediska i ohledně tloušťek materiálu. Jak je patrné z *Obrázek 40*, tak horní traverza je nejvíce namáhána v ose od hydromotoru, zde by tedy mělo být co nejvíce materiálu, naopak v krajních polohách se napětí příliš neprojevuje. Stejně tak v horní části, největší napětí je samozřejmě opět v ose ohybu.

Nejprve byly upraveny rozměry jako výška, ta byla zvětšena v ose, a naopak zmenšena v krajních polohách. Dále byla změněna spodní deska, která byla zkrácena, ale byla zvětšena její tloušťka a to na *40 mm*.



Obrázek 48 Rozdíl optimalizované a původní varianty (tučně je optimalizovaná verze a čárkovaně je verze původní)

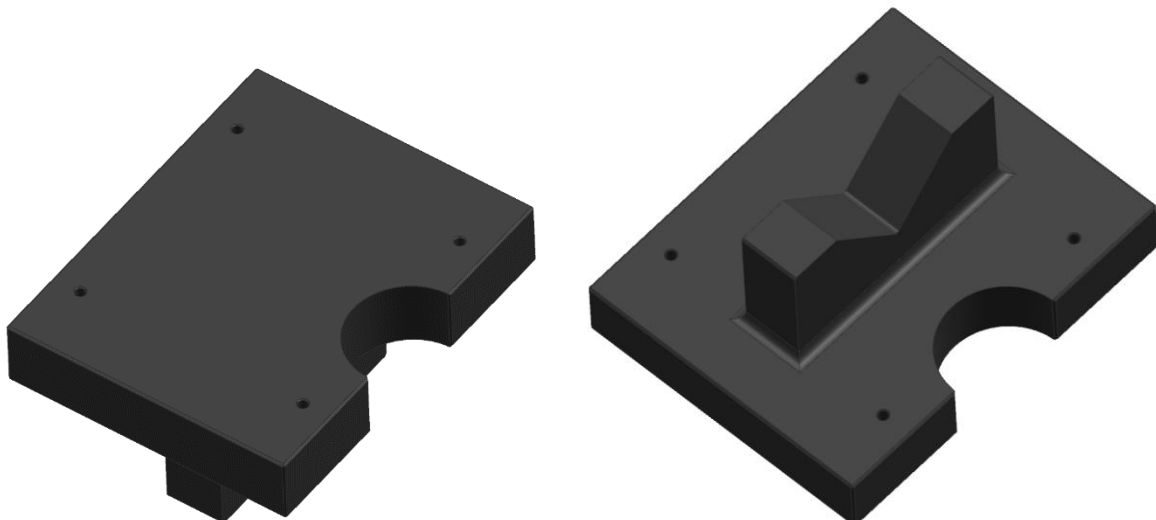
Na tomto obrázku je patrný rozdíl. Také žebra byla optimalizována tak, aby co nejvíce plnila funkci vyztužujícího prvku, to znamená že byla přesunuta přesně nad výše zmíněnou tlustou desku.



Obrázek 49 Optimalizace vyztužení horní traverzy

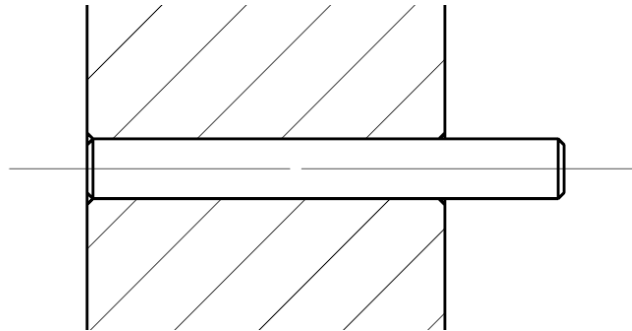
Co se týče hmotnosti tak původní varianta měla hmotnost 53 kg, optimalizovaná varianta váží 49,7 kg; byla tedy dokonce snížena hmotnost.

Zbývá optimalizace pracovního stolu, jak je vidět z *Obrázek 41*, tak podobně jako u horní traverzy je v krajních místech pracovní stůl bez většího napětí a je zde tedy zbytečně materiál. Proto byla navržena varianta bez horní desky stolu, místo této desky je nová komponenta **univerzální nástroj**, které jsou na pracovním stole dva a poskytují široké využití, neboť je možné je volně otáčet, je možné tak operovat s rotačními součástmi, nebo naopak s rovinnými. To ovšem nebrání tomu, aby uživatel použil místo těchto univerzálních nástrojů i jiné díly. Výhodou použití v dílně, je že je možné si lis vybavit v podstatě čímkoliv co je možno vyrobit.



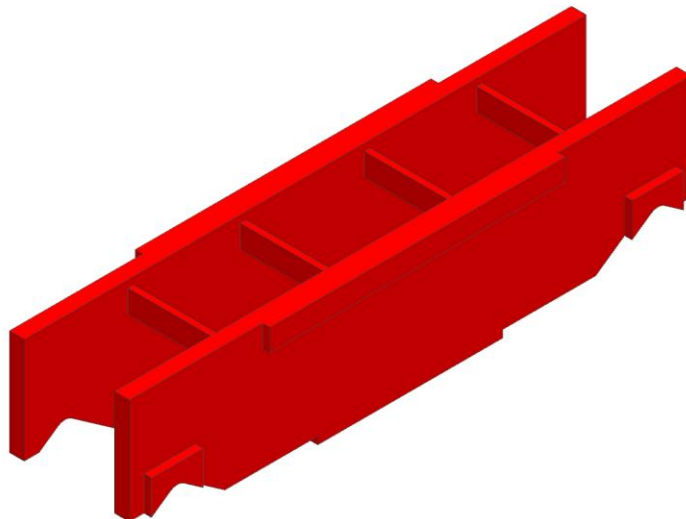
Obrázek 50 Rovná plocha nástroje a prizmatické vedení

Jak již bylo zmíněno, pro přesné uložení nástroje v pracovním stole byly vhodně použity kolíky, jejich rozteč byla navržena, aby se nástroj nemohl pohybovat ve směru kolmém k pracovnímu stolu. Kolíky jsou v nástroji uloženy s přesahem, případně že je nutné pracovní nástroj otočit, stačí kolíky mírnými údery „vytlouci“ na druhou stranu.

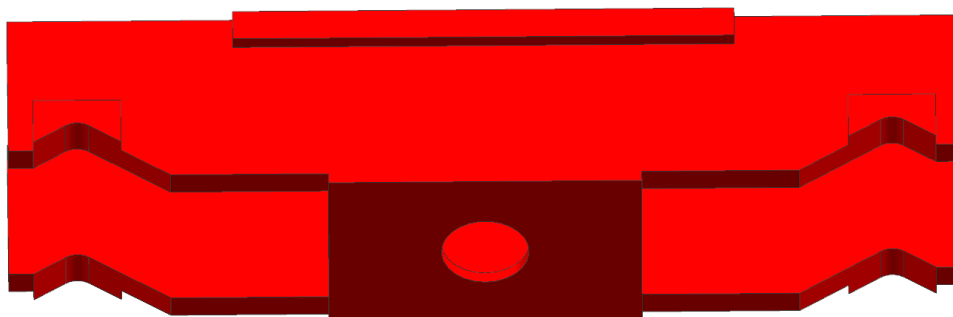


Obrázek 51 Kolík pracovního stolu v řezu

Při optimalizaci pracovního stolu byla odstraněna horní deska, místo ní byl umístěn výše zmíněný horní nástroj. Dále byla zvětšena kontaktní plocha v dotyku s čepy přidáním tloušťky materiálu. Stejně tak v místě, kde je nejvíce soustředěna síla od horního nástroje. Žebra byla nahrazena pouze pásovou ocelí, která je zde aby nedocházelo k roztahování pracovního stolu v horní části. Jelikož v dolní části docházelo k největšímu napětí, byla proto spojena vyztužujícím plechem, aby ovšem při případném stříhání mohli odstřížené části volně padat.



Obrázek 52 Optimalizace pracovního stolu

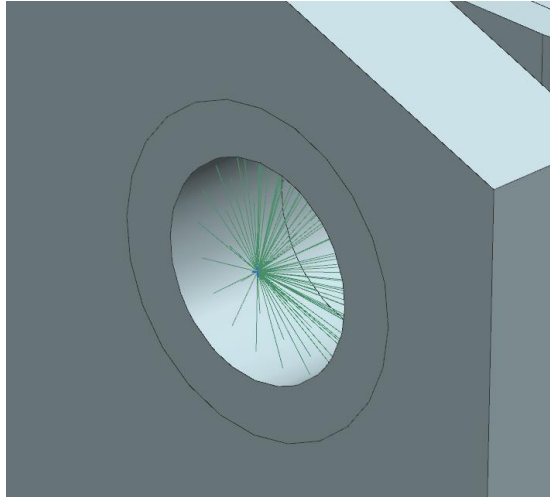


Obrázek 53 Optimalizace vyztužujících žebírek stolu

## 4.1 MKP analýza optimalizované konstrukce

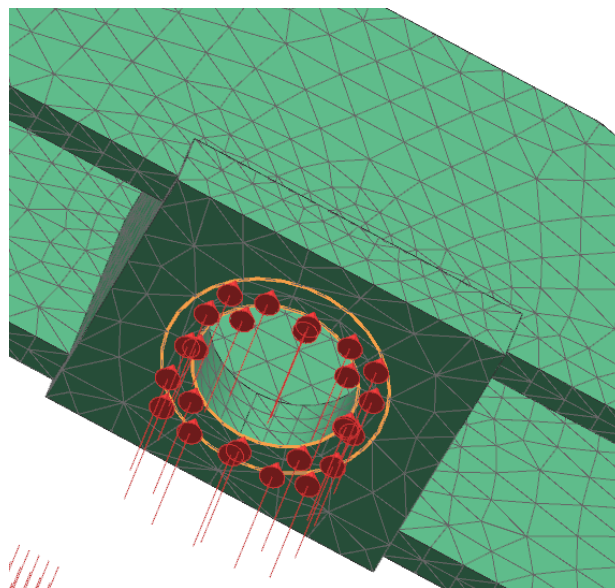
### 4.1.1 Příprava pro simulaci

Sítě u této varianty byly použity stejné jako u předchozí verze (3.2.1 *Sítování*). Ohledně změny uzlů, byly změněny pouze uzly, kde došlo ke záměně čepů za šrouby, do horní traverzy byl tedy přidán uzel, který spojoval vnitřní válcovou plochu k bodu vnějšího středu hrany díry.



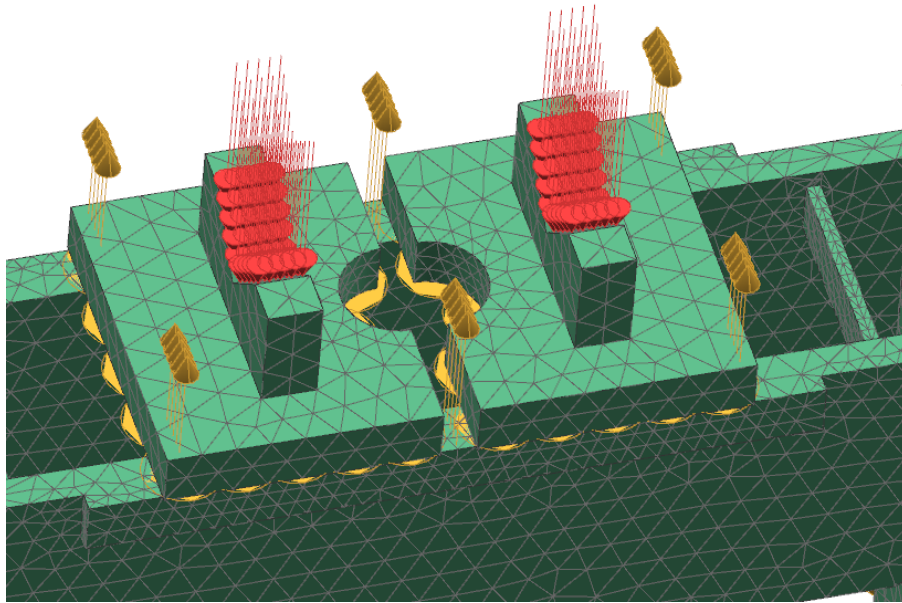
Obrázek 54 Změna uzlů v horní traverze

Uzel, který byl popsán **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, byl ponechán. Stejně tak kontakt mezi horní traverzou a sloupky, jelikož i zde bude působit síla od utažení. Uzel v dírách sloupku byl jako v ostatních místech ponechán pouze na hranu díry. Kvůli tomu budou sice velké hodnoty napětí v hranách, ale v praxi by také nedocházelo k přenosu napětí po celé délce napětí, je tak tedy simulována horší varianta. Okrajové podmínky byly ponechány bez změny, ta byla provedena u zatížení. Hlavní zatěžující síly (do stolu a do horní příčky), byla změněna v rámci předchozích úprav. Horní příčka byla zatížena do vyseknuté plochy v díře, kde dojde k opření hydromotoru.



Obrázek 55 Zatížení výřezu v horní traverze

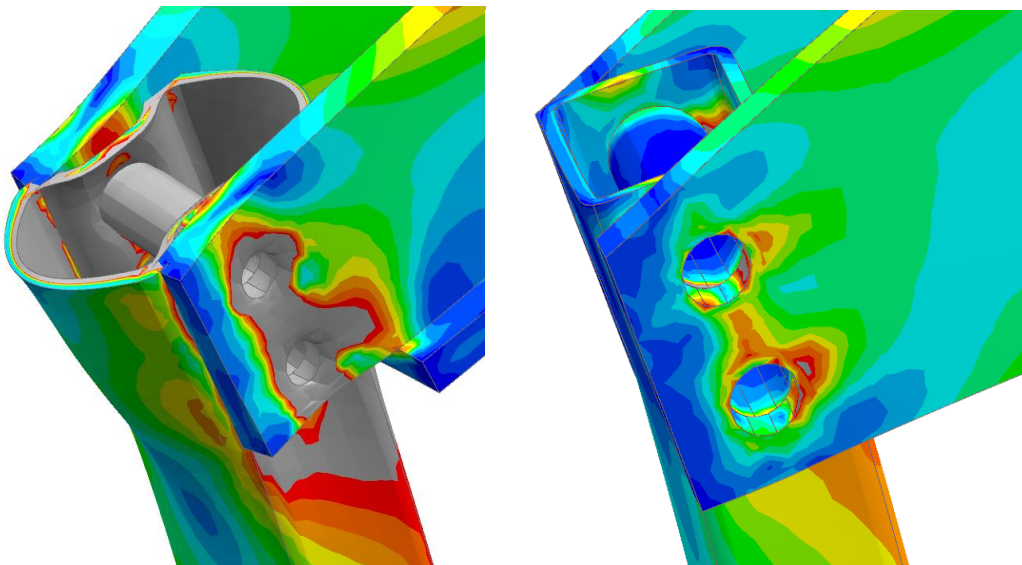
Zatížení pracovního stolu bylo zajištěno přenosem od univerzálních nástrojů, které byly zatíženy v prizmatické ploše. Aby nedocházelo k posouvání nástroje po stolu, byla použita funkce „face gluing“, díky které je nástroj teoreticky přilepený k pracovnímu stolu.



Obrázek 56 Zatížení pracovního stolu

Aby byly výsledky přesné, byl rám na rozdíl od předchozí varianty zatížen silou od vlastní tíhy. Jak již bylo zmíněno, byl ponechán kontakt mezi plochy sloupků a horní příčky, taktéž byla ponechána síla od utažení šroubů, byla ovšem změněna na  $3000\text{ N}$ .

#### 4.1.2 Výsledky výpočtu

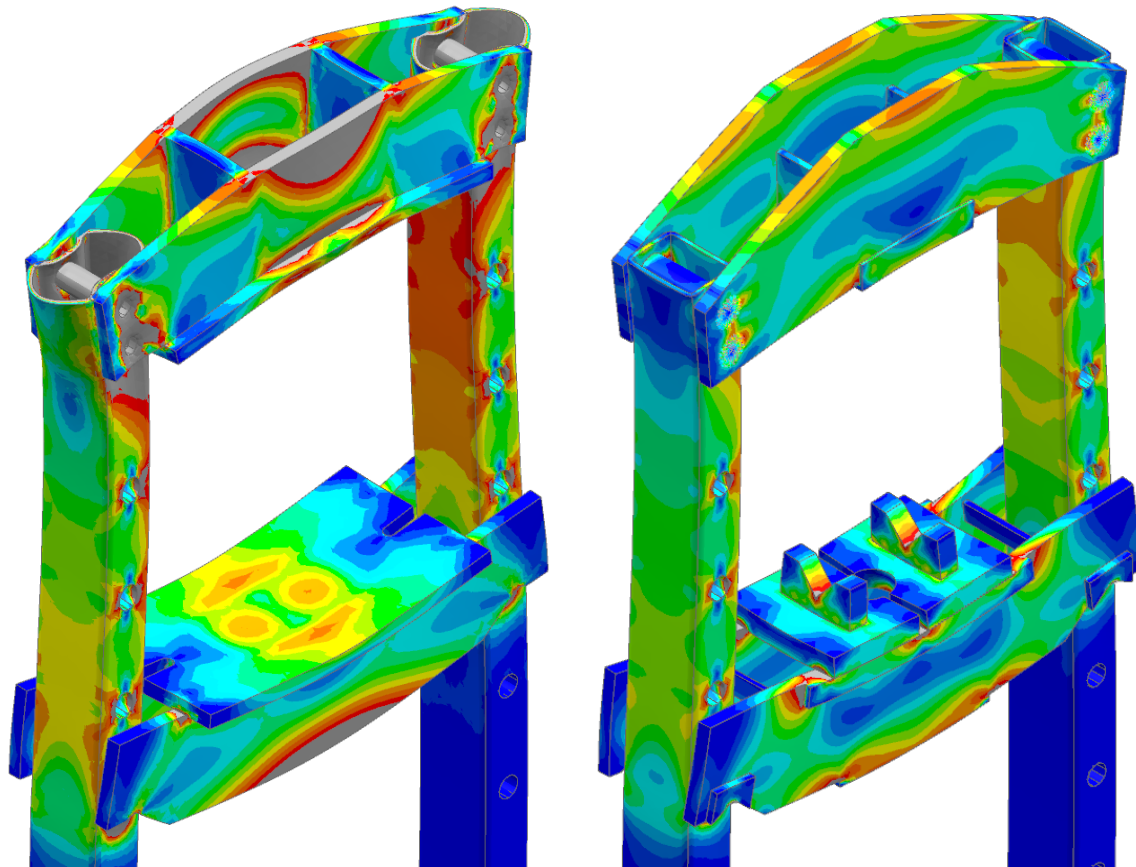


Obrázek 57 Porovnání spojení optimalizované a původní verze (vlevo: původní varianta, vpravo: optimalizovaná varianta)

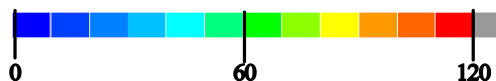
(barevné spektrum v MPa)



Ohledně hlavního podnětu k optimalizaci, napětí ve spojení sloupků s horní traverzou, jsou výsledky podstatně lepší. Obecně je na první pohled hned zjevný rozdíl, dalo by se říci, že byl pomocí čepů celý lis odlehčen.



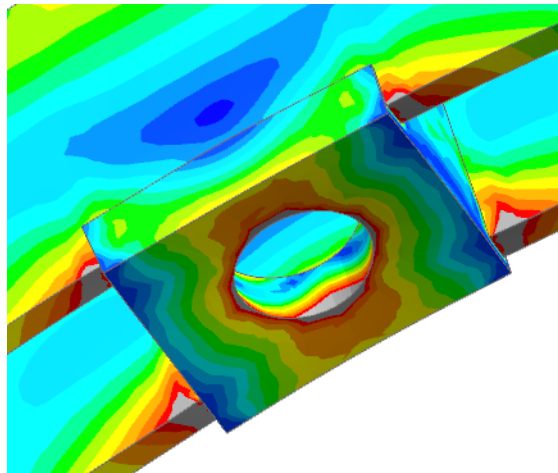
Obrázek 58 Porovnání celkových výsledků rámu optimalizované a původní verze  
(barevné spektrum v MPa)



Může se zdát, že na určitých místech, hlavně v pracovním stole, je velké množství šedivých míst, to je ovšem způsobeno jednak tím, že dochází ke kontaktu v menší ploše než je tomu tak v praxi, v praxi by došlo k mírnému otláčení v nejvíce namáhaných plochách a plochy by poté na sebe dosedly lépe. Dalším důvodem jsou ostré hrany, jelikož byly odstraněny sražení kvůli zjednodušení sítě u výpočtu, tento jev by jako výše zmíněný v praxi nenastal. Také je třeba zdůraznit, že u zmíněného zatížení v prizmatu, byly oba nástroje zatíženy silou  $300\,000\text{ N}$ , pokud by v praxi v tomto vedení byla uložena např. hřídel a zatížení by bylo rovnoměrné, došlo by k rozdělení maximálního zatížení na polovinu na jeden nástroj, tímto krokem byla tedy simulována situace, kdy by bylo zatížení nerovnoměrné a je tedy možné hovořit o nejvíce nepříznivém zatížení.



V místě opření hydromotoru již nedošlo k tak vysokému napětí, je zde možno nalézt pouze pár lokálních extrémů, ty už jsou ale zanedbatelné.



Obrázek 59 Napětí od opření hydromotoru (barevné spektrum v MPa)

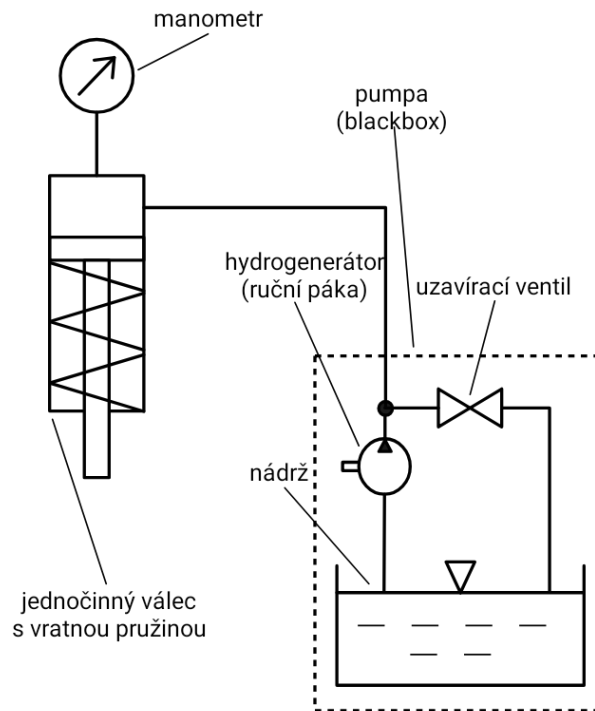


Ve výsledku posunutí nedošlo k výrazným změnám, co se týče rozložení, jedinou změnou byla hodnota maximálního posunutí a to  $0,575\text{ mm}$ , což je ohledně hodnotám v *Obrázek 44*, výrazná změna k lepšímu.

## 5 Hydraulický návrh

[17] [18]

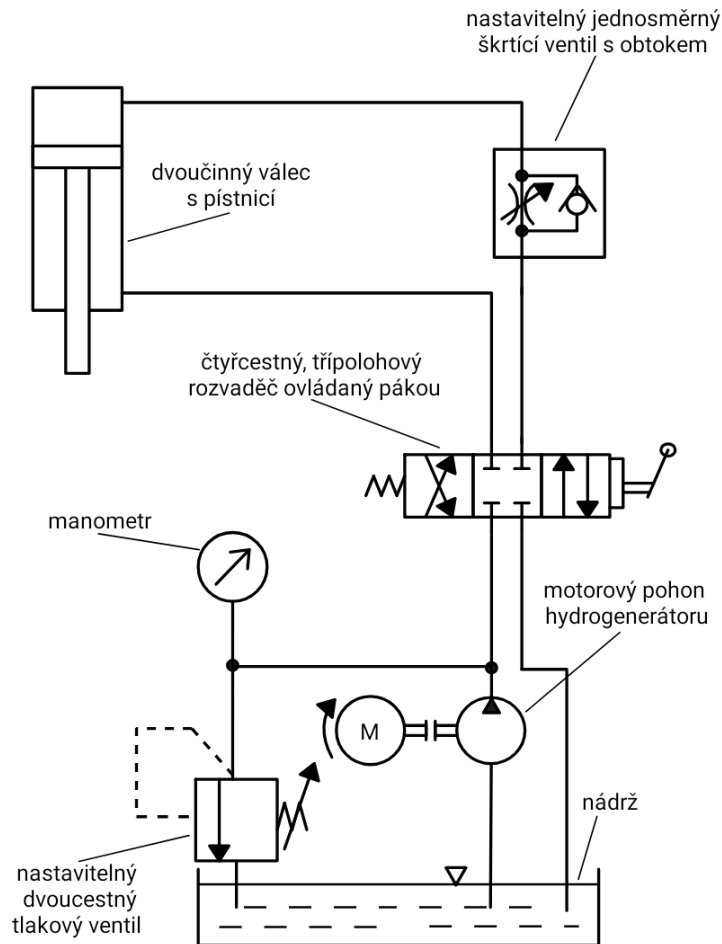
V Tabulka 4 Výsledná Morfologická tabulka, byla vyhodnocena jako nejlepší varianta s jednostupňovým hydromotorem a se zvlášť umístěnou pumpou. Proto byl zhotoven hydraulický schematický návrh celého okruhu.



Obrázek 60 Návrh hydraulického okruhu

Toto schéma se skládá z pumpy, která je zhotovena z nádrže, ze které čerpá olej hydrogenerátor a „tlačí“ tekutinu do hydromotoru. Pro zpětný chod hydromotoru, je nutné otevřít přepouštěcí ventil, tekutina tak může putovat zpět do nádrže, jelikož je píst hydromotoru tlačěn vnitřní pružinou.

Jedná se o nejjednodušší možný model hydraulického systému, je snadno ovladatelný a poměrně jednoduchý na údržbu. V případě že bychom chtěli pracovat s preciznější variantou, je možné tento systém zdokonalit. Místo ručního generování tlaku by bylo do systému vloženo čerpadlo poháněné motorem, k těmto prvků je tedy nutné připojit navíc součásti jako redukční ventil, škrťací ventil samozřejmě rozvaděč. Místo jednostupňového hydromotoru s pružinou, by byl systém opatřen dvoustupňovým hydromotorem.



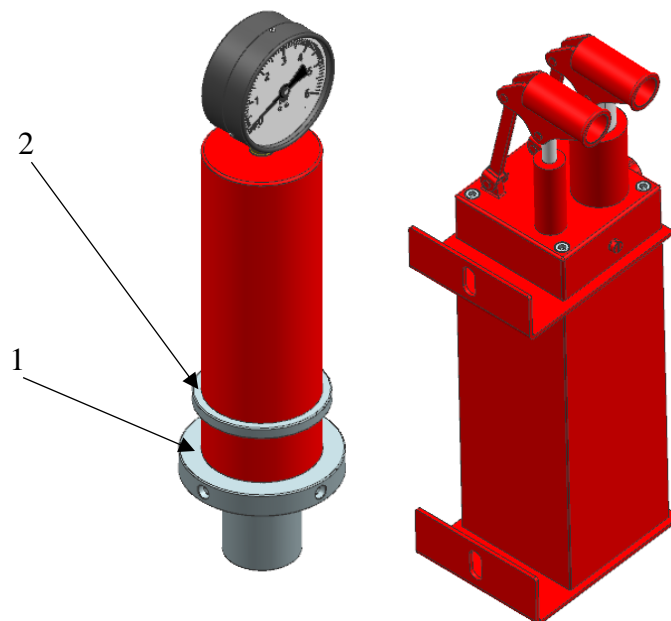
Obrázek 61 Schéma hydraulického okruhu s čerpadlem

Byla ovšem selektivně zvolena jednodušší varianta. Proto byl průzkumem trhu hledán optimální Hydraulický systém, aby byly splněny nároky zmíněné v Morfologické matici (Tabulka 4). Právě takový systém byl nalezen, skládá se z komponent na obrázku níže. Nejdůležitějším rozměrem je maximální zdvih pístu a to **160 mm**.



Obrázek 62 Sestava hydrauliky [19]

K těmto komponentám byl přístupné geometrické rozměry, proto byly vytvořeny modely (Obrázek 63). Hydraulický válec je vložen do sestavy pomocí příruby se závitem, z boku je připojena hydraulická hadice trubkovým závitem G1/4". Na horním dně je připojený manometr, který má stupnici v tunách. Hydraulická pumpa je dvourychlostní, to je zaručeno dvěma průměry hydraulických pístů, větší válec má větší objem, a tudíž pumpuje větší množství tekutiny, ale je zapotřebí větší síla, z tohoto hlediska je vhodnější menší píst. Podobně jako hydraulický válec, tak i hydraulická pumpa má připojení na hydraulickou hadici se závitem G1/4". Na boku pumpy se nachází prepouštěcí ventil, který umožňuje prepouštění oleje zpět do nádrže, zároveň se jedná v podstatě o přetlakový ventil, jelikož kulička, která se stará o to, aby nedošlo k průtoku tekutiny, je na pružině a v případě přetlaku dojde k prepouštění oleje zpět do nádrže. Na přední straně se pod šrouby s válcovou hlavou s drážkou skrývá napouštěcí otvor. Na druhém boku pumpy jsou připraveny díry pro připojení k rámu.



Obrázek 63 Modely sestavy hydrauliky

Jak již bylo zmíněno výše, tak hydraulický válec je umístěn v horní traverze pomocí dvou přírub, na obrázku výše (1) a (2), které jsou našroubovány na tělo válce pomocí závitu M92. Menší příruba (2), ta slouží k zajištění polohy hydraulického válce a zadržuje pouze sílu od hmotnosti válce. Větší příruba je určena k přenosu veškeré síly od hydromotoru. Pro dotažení jsou po obvodu vyvrtané otvory pro Hákový klíč s nosem. Hydraulická pumpa je k rámu připevněna pomocí dvou šroubů M10 v optimální výšce. Jelikož tloušťka sloupku je 6 mm, nebylo překážkou vyříznout závit pro šrouby pumpy do rámu.



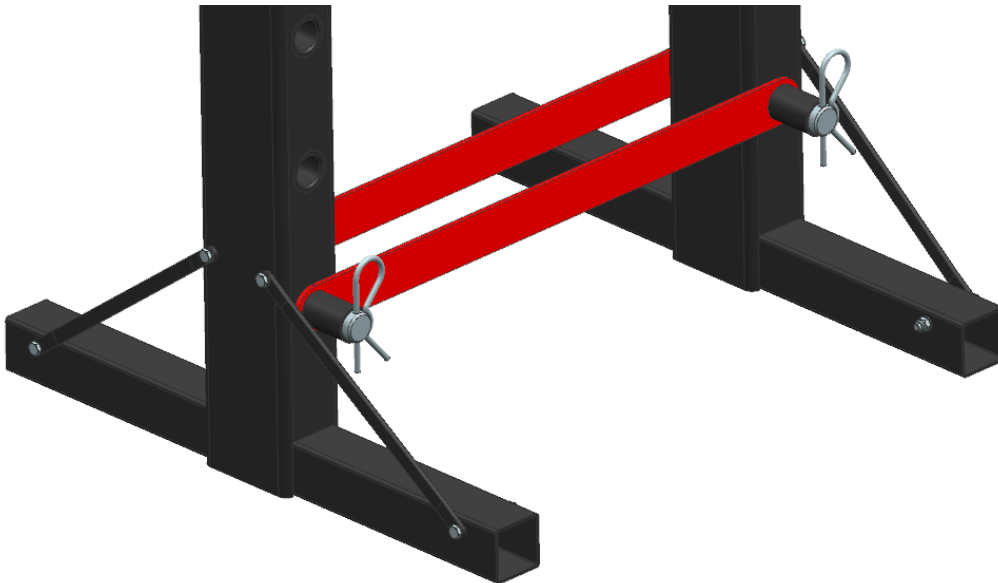
Obrázek 64 Páka hydraulické pumpy

Pro ovládání hydraulické pumpy navržena páka, která je zmíněna na obrázku výše. Byla zhotovena z běžné 3/4" závitové trubky.

## 6 Kompletace Hydraulického lisu

### 6.1 Konstrukce nohou lisu

Všechny zhotovené součásti byly spojeny dohromady. Bylo ovšem ještě provedeno pár úprav pro úplnou kompletnost lisu. Aby byl lis zcela stabilní, bylo nutné zajistit jeho polohu proti pádu, tak byly navrženy z ocelových Jeklů nohy. Ty byly umístěny do výřezů ve sloupcích a s využitím pásové oceli byly zhotoveny vyztužující spojnice, tím byly nohy tzv. „zavětrovány“, pomocí šroubů M10.



Obrázek 65 Nohy Hydraulického lisu

Na obrázku výše, jsou v červené barvě vyztužující pásy, ty jsou spojeny čepy stejného průměru jako pracovní stůl, navíc aby nebylo nutné vyrábět dvě různé délky zajišťovacích čepů, tak mají tyto čepy i shodnou délku. Je tedy v případě potřeby možné čepy vyměnit, když by po intenzivním zatížení došlo k nějaké závadě na čepu pod pracovním stole. Proto byl tento rozdíl délek vymezen trubkou, aby nenastalo odlehnutí vyztužujících pásů.

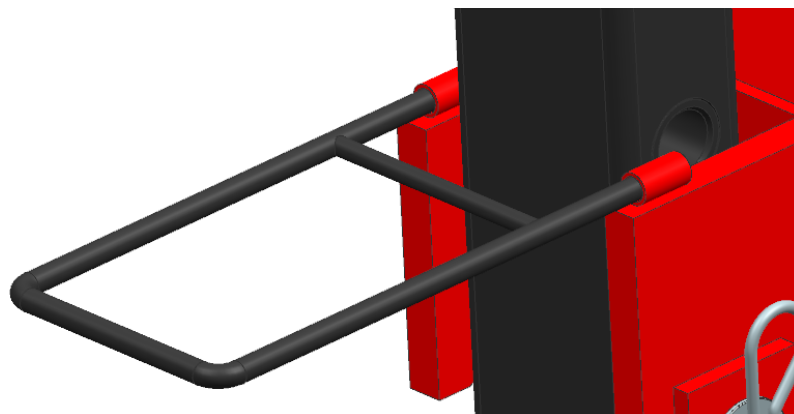
## 6.2 Systém zvedání lisu

Jak bylo zmíněno v kapitole 3 *Vlastní koncepční návrh*, tak stůl lisu bude zvedán ručně. V dolních polohách, přibližně do výškové úrovně hydraulické pumpy, je zcela v pořádku zdvihnout lis za vyztužující žebra stolu (*Obrázek 66*).



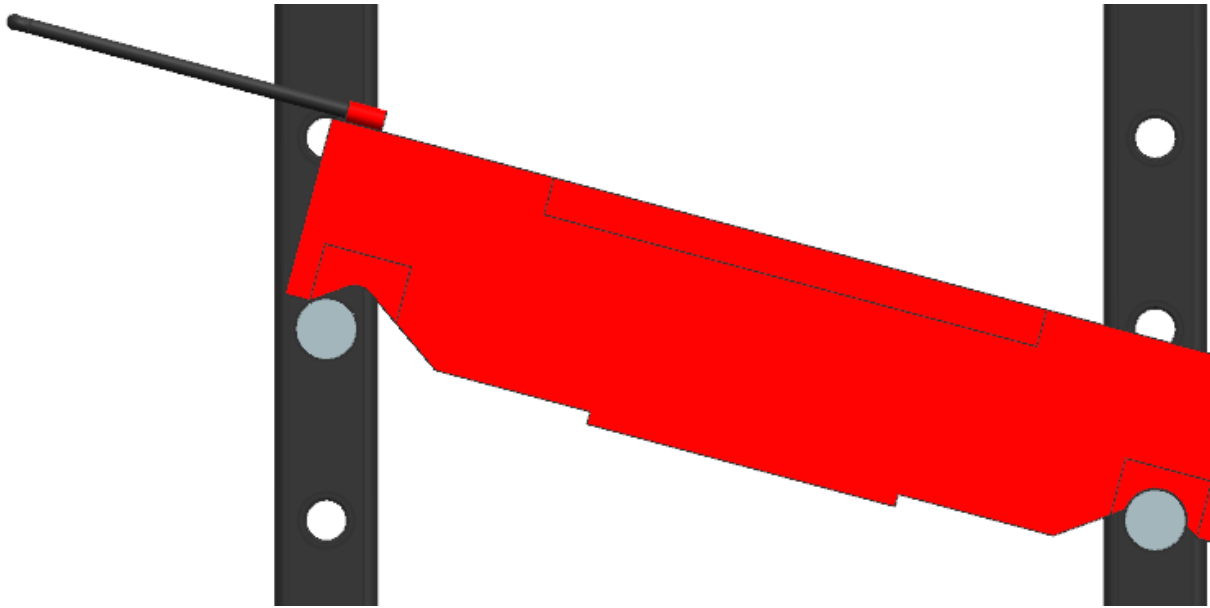
Obrázek 66 Žebra pracovního stolu

Hmotnost tohoto stolu je 45 kg čili záleží na fyzické zdatnosti obsluhy, případně je možné postupně jednotlivé strany zvlášť. Ovšem od úrovně hlavy hydraulické pumpy (cca 1 metr) se jedná o zvedání nad pás, což už lze za vnitřní žebro podstatně hůř. Proto byla provedena tato poslední úprava, byl navržen jednoduché zdvihací madlo, které bylo zhotoveno dvěma ohyby ocelové kruhové tyče  $\varnothing 12\text{ mm}$ , která je navíc uprostřed vyztužena kruhovou ocelovou tyčí  $\varnothing 10\text{ mm}$ . K pracovnímu stolu byly přivařeny  $\frac{1}{2}$ " ocelové trubky do kterých se zasouvá již zmíněné madlo.



Obrázek 67 Zdvihací madlo pracovního stolu

Lis je vybaven dvěma těmito madly pro případ, kdyby bylo nutné jimi zdvihát na obou koncích. V případě že musí zdvihnout stůl obsluha sama, je na stůl navržen tak, aby se dal zdvihnout nejprve na jedné straně a poté na straně druhé, při zdvihání druhé strany tak nehrozí spadnutí stolu z čepu viz. (*Obrázek 68*).



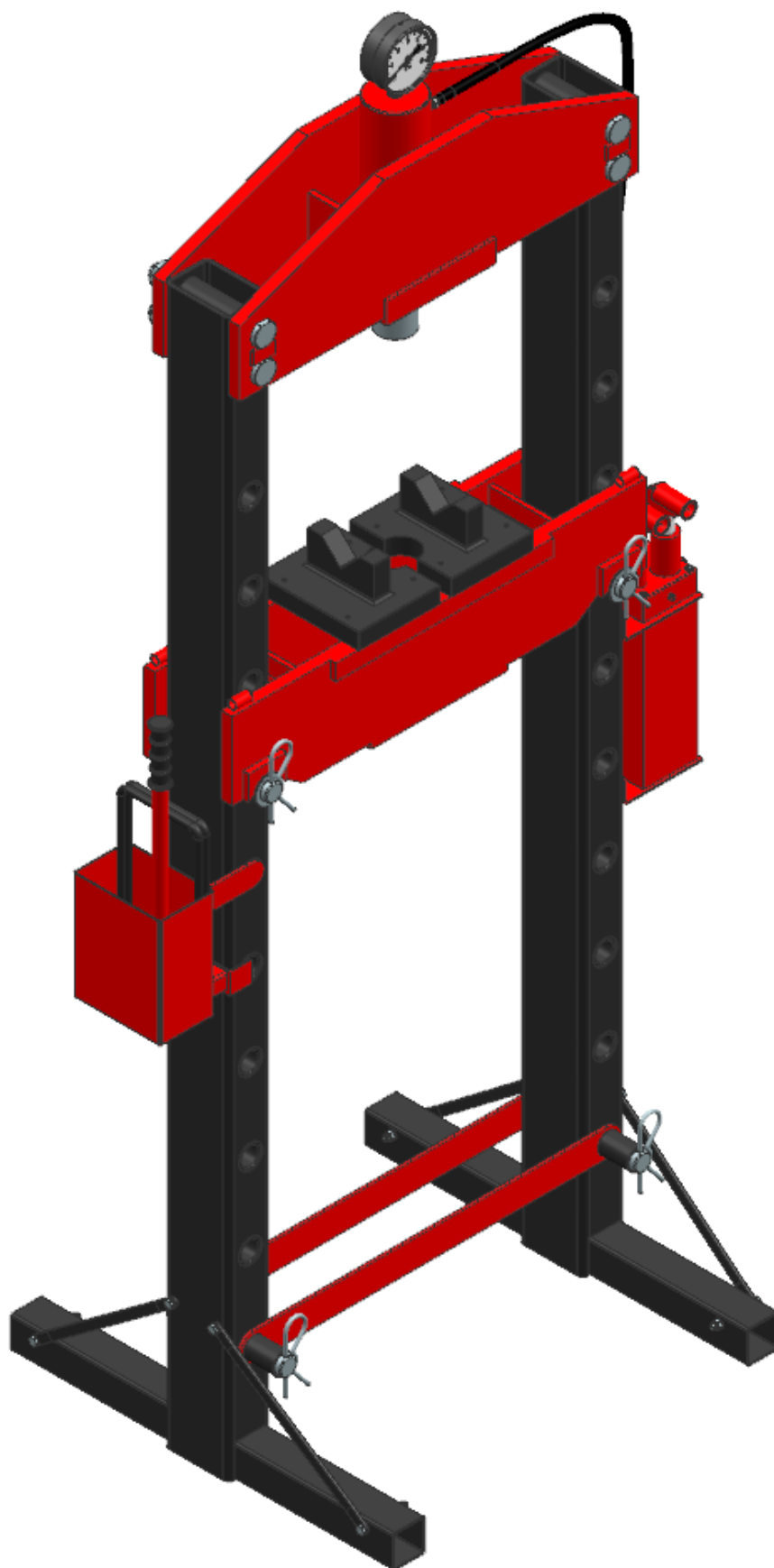
Obrázek 68 Ukázka zdvihu pracovního stolu

Aby bylo možné odložit madla a případně pumpovací páku, je součástí lisu i jednoduše odnímatelný kastlík, který je zavěšen na jednom z otvorů tedy v případě posunutí pracovního stolu je možné ho sundat. Je to v podstatě takový odkládací prostor pro vše nepotřebné.



Obrázek 69 Odkládací kastlík na nářadí

Dále následuje již konečná verze **Montážního hydraulického lisu do 30 tun**. Jako tovární barva byla zvolena kombinace černé a červené. Sloupky lisu byly úmyslně ponechány jako duté, a to z prostého důvodu, barva se tak dostane snadněji do všech zákoutí. Navíc časem by stejně dostala do dutiny sloupeků voda a nastalo by tak korodování a s ním spojené vytékání rzi z rámu.



Obrázek 70 Finální podoba Hydraulického montážního lisu do 30 tun



## 7 Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh montážního lisu do 30 tun. V teoretické části byl podrobně rozebrán princip lisu a jeho rozdělení. Dále byly pospány jednotlivé principy dílčích typů lisů a s ohledem na zadání byl zvolen hydraulický lis. V dalším kroku byl proveden průzkum trhu, ve kterém byly vybrány 3 varianty z různé cenové kategorie. S touto znalostí byly pomocí Morfologické matice vybrány technologické a konstrukční vlastnosti, které byly dodrženy v celém rozsahu této práce.

Následoval návrh vlastní koncepční varianty, kde byla metodou postupného zlepšování vyselektována vhodná varianta rámu a materiálu. Rám dále doplnil návrh pracovního stolu a obě komponenty byly zkontrolovány analyticky, právě v těchto výpočtech bylo již naznačeno že bude v budoucnu nutno optimalizovat. Byla tedy provedena kontrola pomocí metody MKP a tato teze byla potvrzena. Dalším nutným krokem byla tedy optimalizace, ve které byla změněna technologie spojení rámu, podoba pracovního stolu a v jednotlivých místech byla upravena geometrie a tloušťky materiálu. Opět byla nutná kontrola pomocí MKP a nyní již rám odpovídal chtěným předpokladům.

Zbývalo vypracovat schematicky hrubý hydraulický okruh a podle něj nalézt hydraulické komponenty vhodné pro zvolený rám. Po zhotovení modelů sestavy hydrauliky byly doplněny do sestavy rámu lisu.

Posledním krokem bylo doplnění nohou lisu a návrh zdvihacího zařízení pro zvedání pracovního lisu, u kterého byla hlavním kritériem jednoduchost. Všechny poslední úpravy byla doplněny do sestavy lisu a byla vypracována výkresová dokumentace.

## 8 Bibliografie

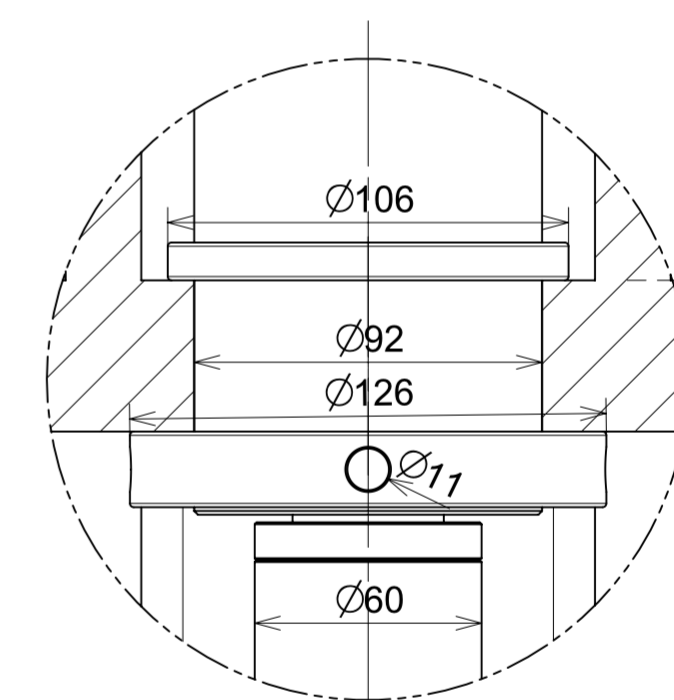
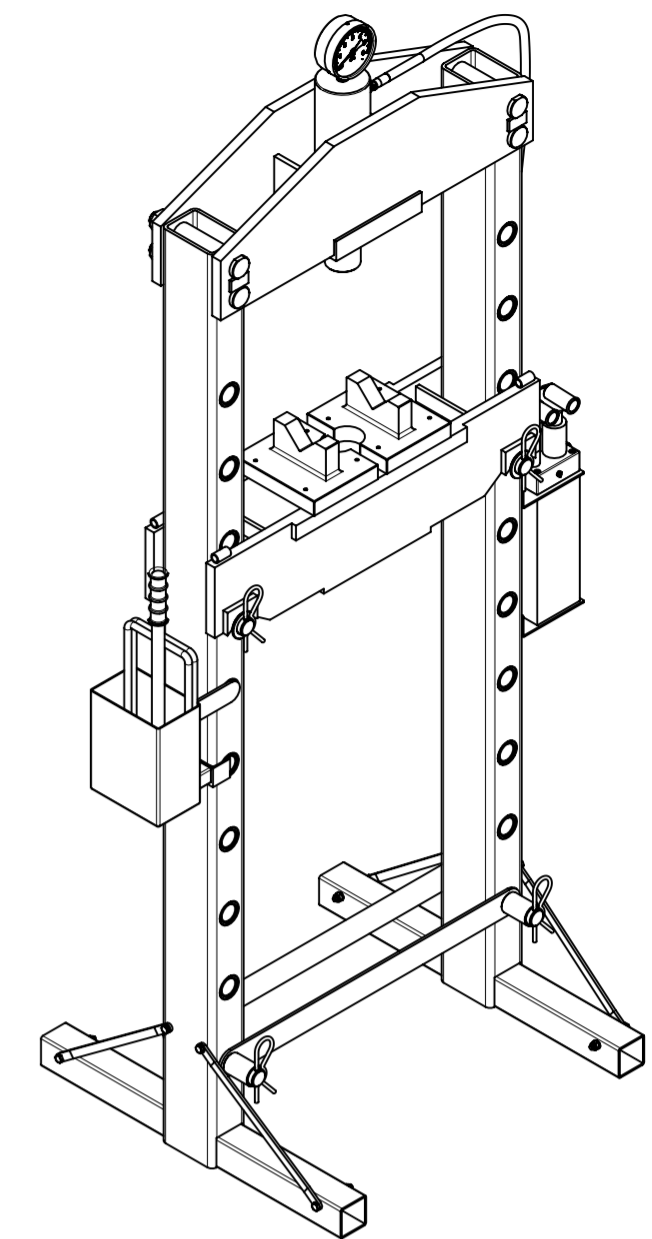
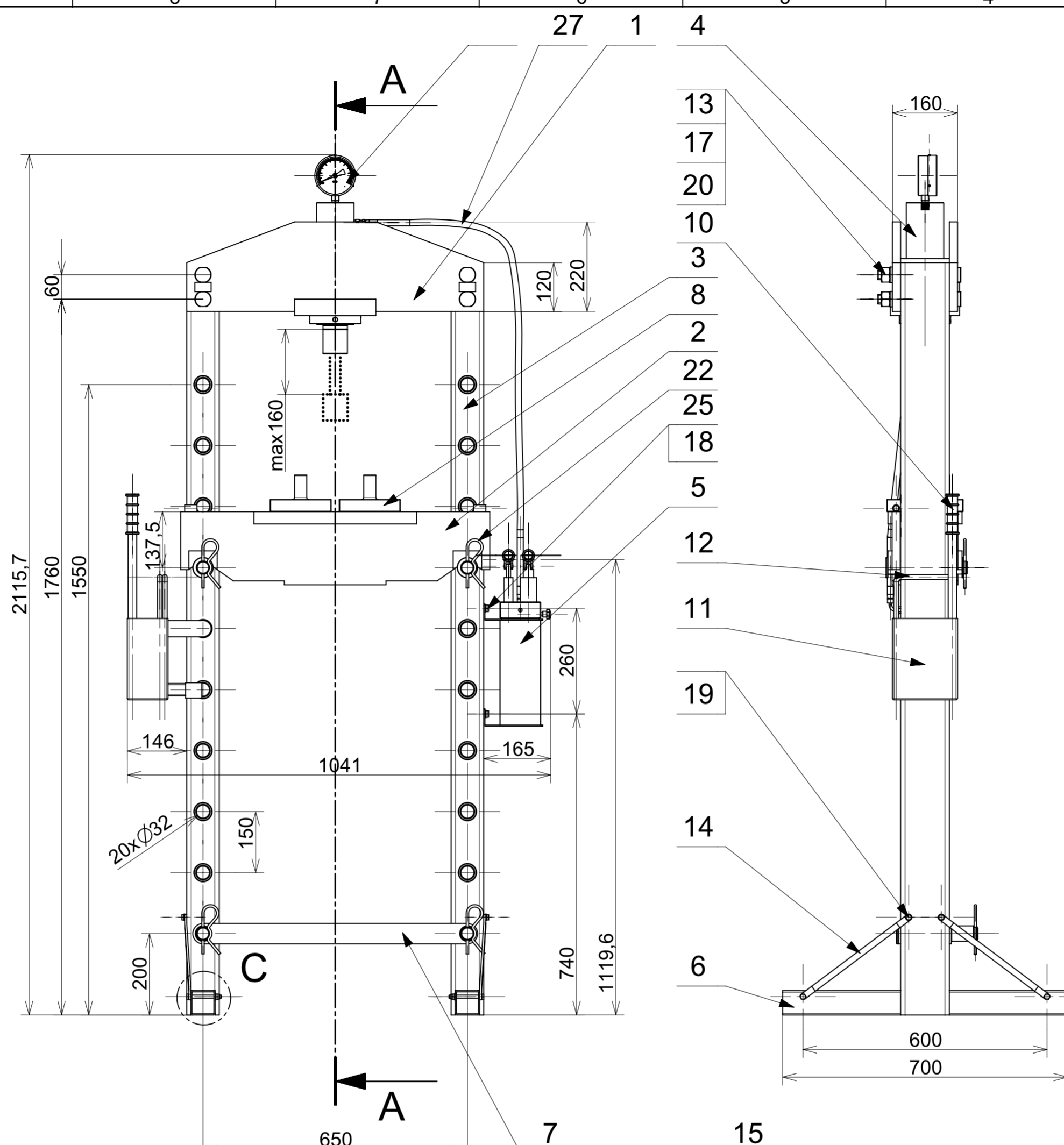
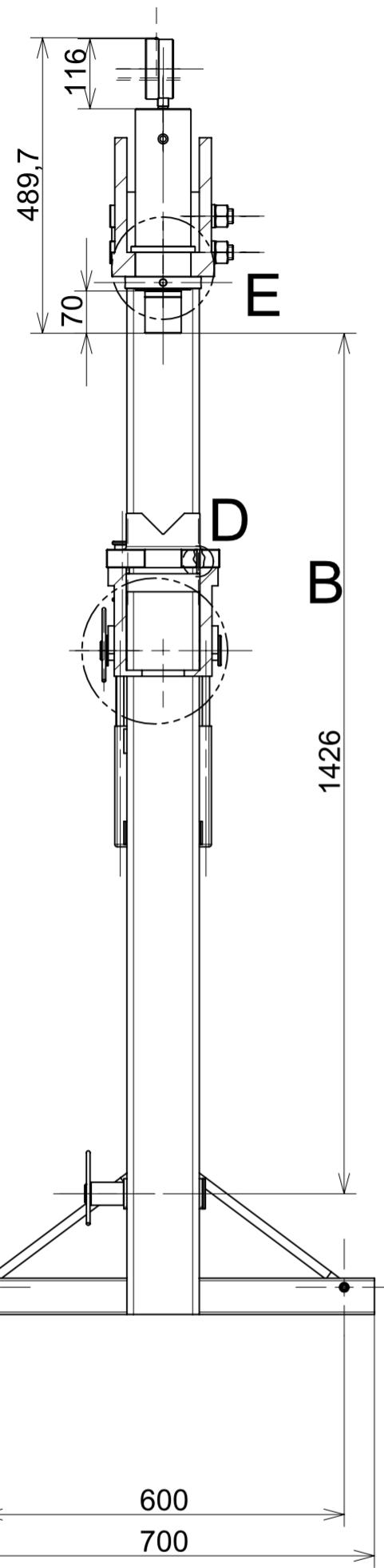
- [1] ŽENÍŠEK, Josef a Milan JENKUT. *Výrobní stroje a zařízení*. 2. opr. vyd. Praha: SNTL, 1990. ISBN ((váz.).
- [2] Montážní lisy. In: *Pramark* [online]. 182 00 Praha 8 – Ďáblice, K Letňanům 1036/7: Pramark, 2022 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.pramark.cz/montazni-lisy>
- [3] Princip hydraulického zařízení. In: *ELUC* [online]. .: ELUC, 2020 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: [https://eluc.ikap.cz/uploads/images/12336/content\\_hydraulicke\\_zarizeni.jpg](https://eluc.ikap.cz/uploads/images/12336/content_hydraulicke_zarizeni.jpg)
- [4] KEMKA, Vladislav. *Stavba a provoz strojů: stroje a zařízení pro SPŠ strojní*. -. Praha: Informatorium, 2009. ISBN 978-80-7333-075-0.
- [5] Hydraulický lis YATO YT-55582. In: *Levne-naradi.cz* [online]. Janáčkova 760/4 790 01 Jeseník: TOP náradí, 2022 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: [https://www.levne-naradi.cz/yato-yt-55581-lis-hydraulicky-20t--zdvih-0-695mm--sire-490mm/?gclid=CjwKCAiAxvGfBhB-EiwAMPakqvVlxvVOaOvpq-JWEKuFcaLCMuTB2KtoaisMPU4UnbqCZFPRzZhlDBoCLeMQAvD\\_BwE](https://www.levne-naradi.cz/yato-yt-55581-lis-hydraulicky-20t--zdvih-0-695mm--sire-490mm/?gclid=CjwKCAiAxvGfBhB-EiwAMPakqvVlxvVOaOvpq-JWEKuFcaLCMuTB2KtoaisMPU4UnbqCZFPRzZhlDBoCLeMQAvD_BwE)
- [6] Dílenský hydraulický lis Bernardo WK 30 FH PRO. In: *Boukal* [online]. Partyzánská 108, 436 03 Litvínov-Chudeřín: BOUKAL s.r.o., 2022 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: [https://www.boukal.cz/dilensky-hydraulicky-lis-bernardo-wk-30-fh-pro/1143/produkt?gclid=CjwKCAjw4c-ZBhAEEiwAZ105RSi11IF\\_CAudIWboqQZIVaC0jdL\\_wIyYgSzHUj\\_mw9mPFR1mRJ9qAxCqU4QAvD\\_BwE](https://www.boukal.cz/dilensky-hydraulicky-lis-bernardo-wk-30-fh-pro/1143/produkt?gclid=CjwKCAjw4c-ZBhAEEiwAZ105RSi11IF_CAudIWboqQZIVaC0jdL_wIyYgSzHUj_mw9mPFR1mRJ9qAxCqU4QAvD_BwE)
- [7] Hydraulický lis Redats H-380. In: *Aretacni-pripravky.cz* [online]. U řeky 808, 720 00 Ostrava, Hrabová: JP MAT's group, 2022 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: [https://www.aretacni-pripravky.cz/hydraulicke-lisy/hydraulicky-lis-s-posuvnym-pistem-30t-dvou rychlostni-pumpa--redats-h-380/?gclid=CjwKCAjw79iaBhAJEiwAPYwoCMT4vw6hqw3hlCN0Opxd2rgNmYSNjJobfIGis-XIMWY\\_a0rgaiKLaxoCtG8QAvD\\_BwE](https://www.aretacni-pripravky.cz/hydraulicke-lisy/hydraulicky-lis-s-posuvnym-pistem-30t-dvou rychlostni-pumpa--redats-h-380/?gclid=CjwKCAjw79iaBhAJEiwAPYwoCMT4vw6hqw3hlCN0Opxd2rgNmYSNjJobfIGis-XIMWY_a0rgaiKLaxoCtG8QAvD_BwE)
- [8] Přehled vlastností oceli S235JR. In: *Bbolzano.cz* [online]. Huťská 126, 272 01 Kladno: Bohdan Bolzano, 2020 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://bbolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s235jrdrive-s235jrg2>
- [9] ČECHURA, Milan, Jan HLAVÁČ a Jiří STANĚK. *Konstrukce tvářecích strojů*. 1. Plzeň: ZČU, 2015. ISBN 978-80-261-0513-8.
- [10] RUDOLF, Bedřich a Miloslav KOPECKÝ. *Tvářecí stroje: základy stavby a využití*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1985. Technický průvodce. ISBN ((váz.).
- [11] ČECHURA, Milan a Jiří STANĚK. *Tvářecí stroje: hydraulické lisy*. -. Plzeň: Západočeská univerzita, 1999. ISBN 80-708-2480-8.
- [12] Přehled vlastností oceli S355J2. In: *Bbolzano.cz* [online]. Huťská 126, 272 01 Kladno: Bohdan Bolzano, 2020 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://bbolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli->

- uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s355j2drive-s355j2g3
- [13] Jekl. In: *Kari.site-roxory.cz* [online]. Olbrachtova 1740, 666 01 Tišnov: TRIMOT, 2015 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.kari-site-roxory.cz/hutni-material/eshop/0/0/5/223-Jekl-80x40x2-S235JRH>
- [14] Utahovací momenty. In: *Briol* [online]. Čistá 415, 569 56 Čistá u Litomyšle: Briol, 2023 [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.briol.cz/cs/m-364-utahovaci-momenty-metricnych-sroubu>
- [15] Přehled vlastností oceli 16MnCr5. In: *Bbolzano.cz* [online]. Huťská 126, 272 01 Kladno: Bohdan Bolzano, 2020 [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/77632/F2-DP-2018-Dudlicek-Jan-priloha-%5B15%5D%20Bolzano\\_16MnCr5.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/77632/F2-DP-2018-Dudlicek-Jan-priloha-%5B15%5D%20Bolzano_16MnCr5.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)
- [16] Čep DIN 1445. In: *FASTEC* [online]. Lubelska 41, 37-470 Zaklików: HSW-FEZ FASTEC Sp, - [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: [http://www.fastec.pl/images/rys/rys\\_din1445.png](http://www.fastec.pl/images/rys/rys_din1445.png)
- [17] Engineering Drawings for Hydraulics. In: *Thors* [online]. 5054 Paramount Blvd., Medina, OH 44256, United States: Thors.cz, 2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://thors.com/understanding-engineering-drawings-for-hydraulics/>
- [18] Hydraulické značky. In: *Učebna mechatroniky* [online]. Resslova 5, Ústí nad Labem: SPSUL, 2021 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://ucebnaaut.wz.cz/wp-content/uploads/2021/06/053032\\_cz.jpg](https://ucebnaaut.wz.cz/wp-content/uploads/2021/06/053032_cz.jpg)
- [19] Carmax24. In: <Http://carmax24.pl/zestaw-tlok-manometr-pompa-waz-do-prasy-30t-p-57.html?sStore=nf77vu6bb17c60at0i2gb37gi0> [online]. Ul. Poświęcka 55, 51-128 Wrocław: Carmax, 2020 [cit. 2023-03-22].
- [20] Hřebenový ruční lis 4 HR. In: *Pramark.cz* [online]. K Letňanům 1036/7, 182 00 Praha 8 – Ďáblice: PRAMARK, 2011 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: [https://www.pramark.cz/media/filer\\_public/c1/f1/c1f1e8c1-6cdd-4c08-a0af-20e6b62412d0/4\\_hr.jpg](https://www.pramark.cz/media/filer_public/c1/f1/c1f1e8c1-6cdd-4c08-a0af-20e6b62412d0/4_hr.jpg)
- [21] Mechanický montážní lis EMG 15T. In: *Pramark.cz* [online]. K Letňanům 1036/7, 182 00 Praha 8 – Ďáblice: PRAMARK, 2011 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: [https://www.pramark.cz/media/filer\\_public/d3/c1/d3c16aa1-5e62-4856-9bdb-528c381d057f/m15t.jpg](https://www.pramark.cz/media/filer_public/d3/c1/d3c16aa1-5e62-4856-9bdb-528c381d057f/m15t.jpg)
- [22] Dílenský lis Verke. In: *Naraditechnik* [online]. Náměstí Svobody 237, 687 08 Buchlovice: MORAVIATOOLS, 2021 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: [https://www.naraditechnik.cz/fotky18185/fotos/18661-thickbox\\_default/stolni-dilensky-hydraulicky-lis-10t-verke.jpg](https://www.naraditechnik.cz/fotky18185/fotos/18661-thickbox_default/stolni-dilensky-hydraulicky-lis-10t-verke.jpg)
- [23] Hydraulický lis 20t. In: *Maxeuro* [online]. Samota 198, 783 01 Olomouc: EURO Enterprise, 2020 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.maxeuro.cz/images/products/67060/bg-levior-1-67060.jpg>

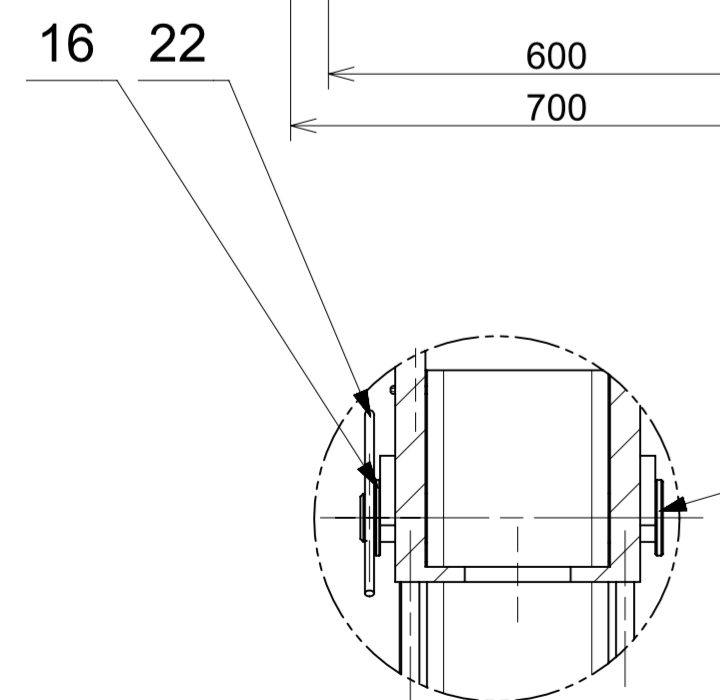
# **PŘÍLOHY**

**SESTAVA MONTÁŽNÍHO LISU  
KUSOVNÍK 2x  
VÝROBNÍ VÝKRES HORNÍ PŘÍČKY  
VÝROBNÍ VÝKRES SLOUPKU**

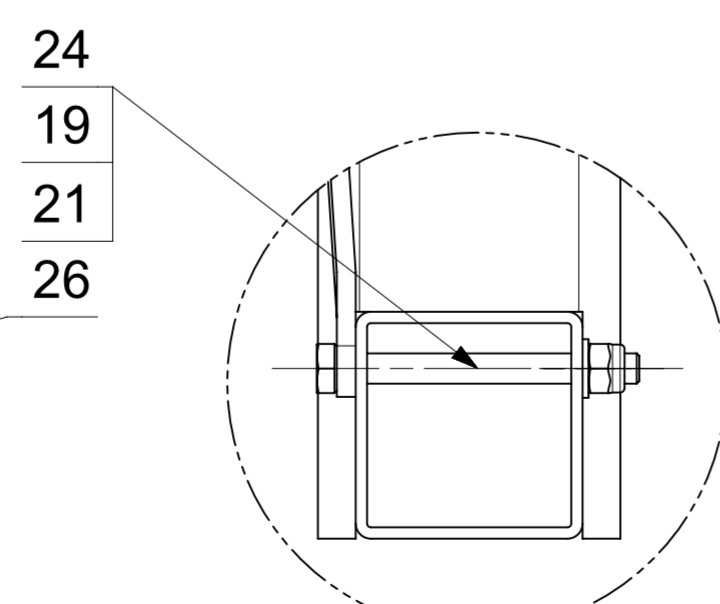
ŘEZ A-A



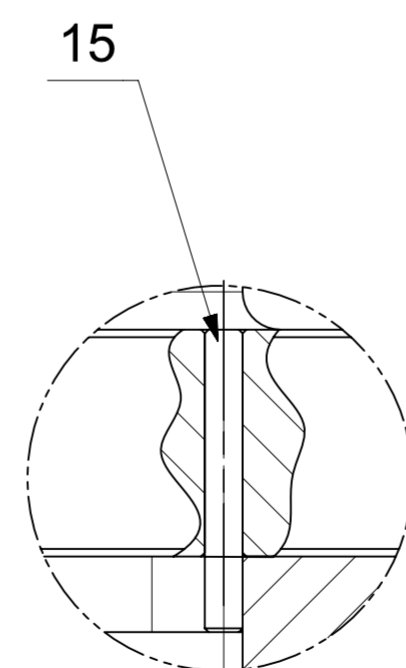
DETAIL E  
(1:2)



DETAIL B  
(1:5)





DETAIL C  
(1:2)



DETAIL D  
(1:1)

MAXIMÁLNÍ PŘÍPUSTNÁ VÝŠKA SOUČÁSTI 1228,5 mm

CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI <small>Všechna práva vyhrazena / All rights reserved</small>	
Kreslil / Drawn by		12.05.2023		BURIAN MATOUŠ			
Prezkoušel / Checked by		---		---		Projekt / Project: --- C.sestavy / Assembly No. --- C.hmot.sestavy 0,00	
Schválil / Approved by		---		---			
Index zmeny		Popis zmeny / change description		Schval. / APP		Datum / Date	
---		---		---		Podpis / Signature	
---		---		---		Poznamka / Note: ---	
Tolerance / Tolerovani		Soubor-model / ASM-file		Soubor-vykres / DRW-file		Meritko / Scale	
ISO 8015		sestava_cepy_komplet		sestava_cepy_komplet		1:10	
ISO 128		sestava_cepy_komplet		sestava_cepy_komplet		Format	
Název / Title		MONTÁŽNÍ LIS 30t		Rev.		Císlo vykresu / Drawing No.	
---		---		0		BP-S01	
List / sheet no.		1		Počet listu / sheets		3	

4		3		2		1	
D	8	MATICE M8	ISO 4032		0,0075	21	D
	4	MATICE M30	ISO 4032		0,51	20	
	8	PODLOŽKA 8	ISO 7098		0,002	19	
	2	PODLOŽKA 10	ČSN 02 1740.11		0,003	18	
	4	PODLOŽKA 30	ISO 7098		0,02	17	
	2	PODLOŽKA 32	ISO 7098		0,03	16	
	8	KOLÍK 5 x 40	ISO 2340		0,01	15	
C	4	ZAVĚTROVÁNÍ NOHOU	BP-V12		0,19	14	C
	4	PODLOŽKA POD ČEP	BP-V11		0,2	13	
	2	ZDVIHAČ STOLU	BP-V10		0,73	12	
	1	KASTLÍK	BP-V09		2,83	11	
	1	PÁKA PUMPY	BP-V08		0,63	10	
	4	ČEP 32 x 200	BP-V07		1,29	9	
	2	NÁSTROJ LISU	BP-V06		7,67	8	
B	2	VÝZTUHA RÁMU	BP-V05		1,28	7	B
	2	NOHY LISU	BP-V04		3,6	6	
	1	HYDRAULICKÁ PUMPA	CARMAX		15,4	5	
	1	HYDRAULICKÝ VÁLEC	CARMAX		8,6	4	
	2	SLOUPEK	BP-V03		29,53	3	
	1	PRACOVNÍ STŮL	BP-V02		44,56	2	
	1	HORNÍ TRAVERZA	BP-V01		49,76	1	
	MNOŽ.	NÁZEV	VÝKRES/NORMA		HMOTNOST [kg]	POZ.	
CAD 1	Datum / Date		Jmeno / Name			 FAKULTA STROJNÍ ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI <small>Vsechna práva vyhrazena / All rights reserved</small>	
Kreslil / Drawn by	12.05.2023		BURIAN MATOUŠ				
Prezkoušel / Checked by	---		---				
Schválil / Approved by	---		---				
Index změny	Popis změny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:		
---	---	---	---	---	---		
---	---	---	---	---	---		
A	 Tolerance / Tolerovani  ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:		Meritko / Scale	
		sestava_cepky_komplet		---			
		Soubor-vykres / DRW-file		C.sestavy / Assembly No.			---
sestava_cepky_komplet		C.hmot.sestavy		0,00			
Název / Title				Rev.	Císlo vykresu / Drawing No.		Format
MONTÁŽNÍ LIS 30t				0	BP-S01		A4
---				List / sheet no.	2	Pocet listu / sheets	3
4		3		2		1	

4

3

2

1

D

D

C

C



B

B

A

A

1	HYDRAUL. HADICE 1/4"	R2 (1/4", 2m)	1,2	28
1	MANOMETR 30t	MAN 30T	0,2	27
2	ČEP 30 x 140	DIN 1445 - 8.8	1,08	26
2	ŠROUB M10 x 45	ISO 4017	0,039	25
4	ŠROUB M8 x 80	ISO 4017	0,037	24
4	ŠROUB M8 x 20	ISO 4017	0,016	23
4	ZÁVLAČKA 4 x 30	DIN 11 024	0,061	22
MNOŽ.	NÁZEV	VÝKRES/NORMA	HMOTNOST [kg]	POZ.

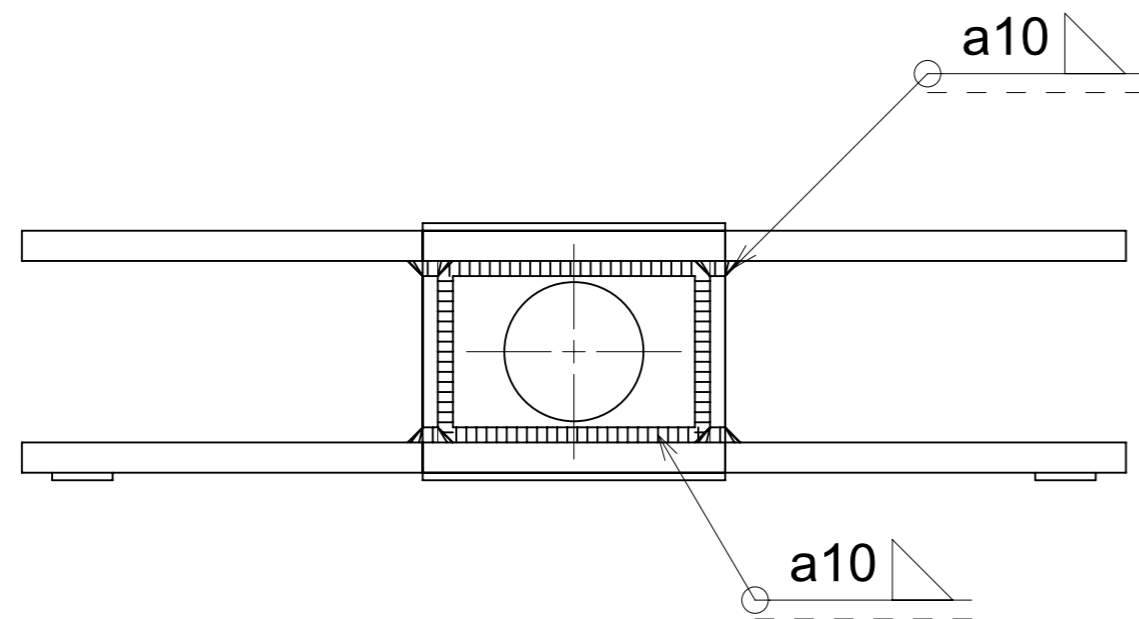
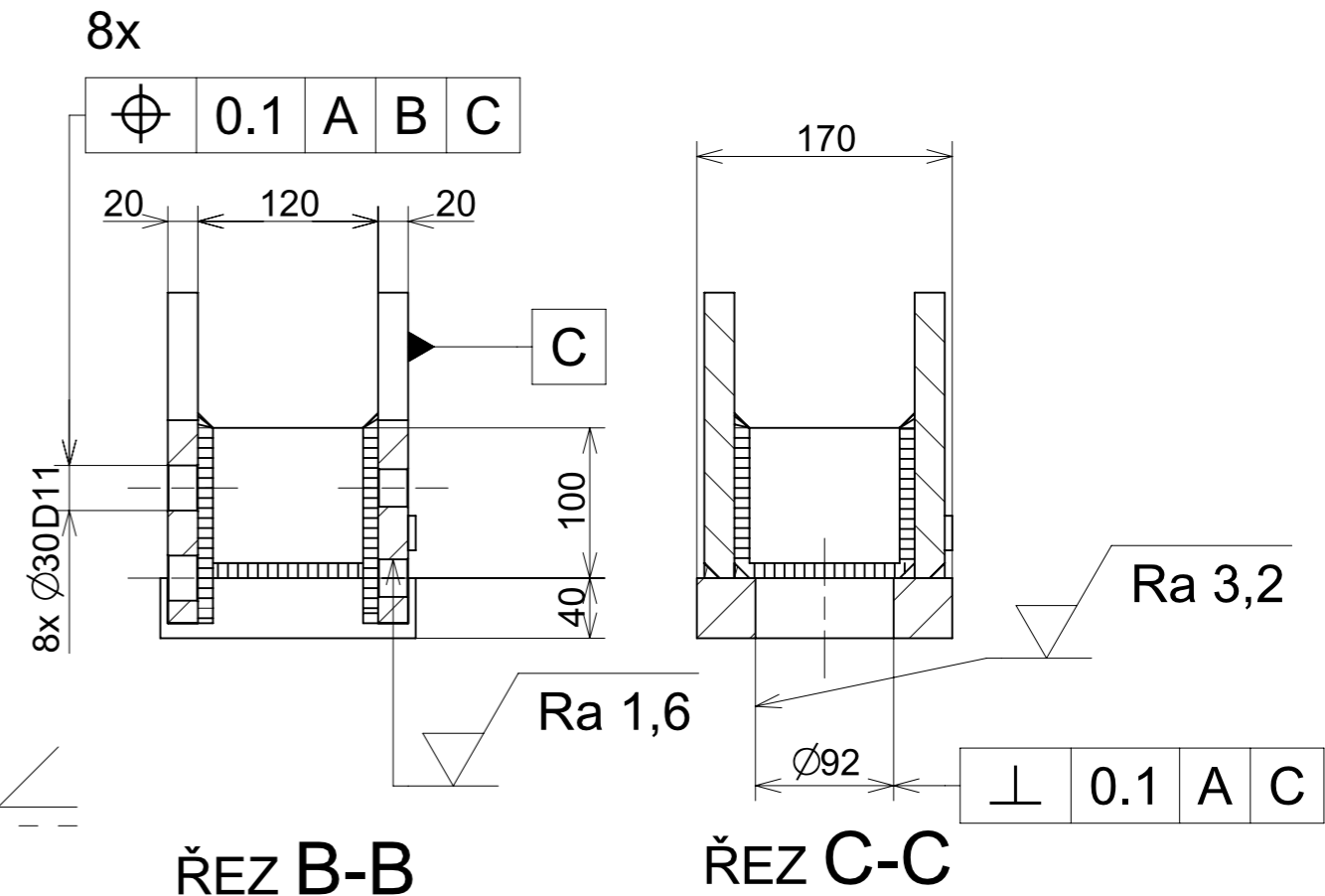
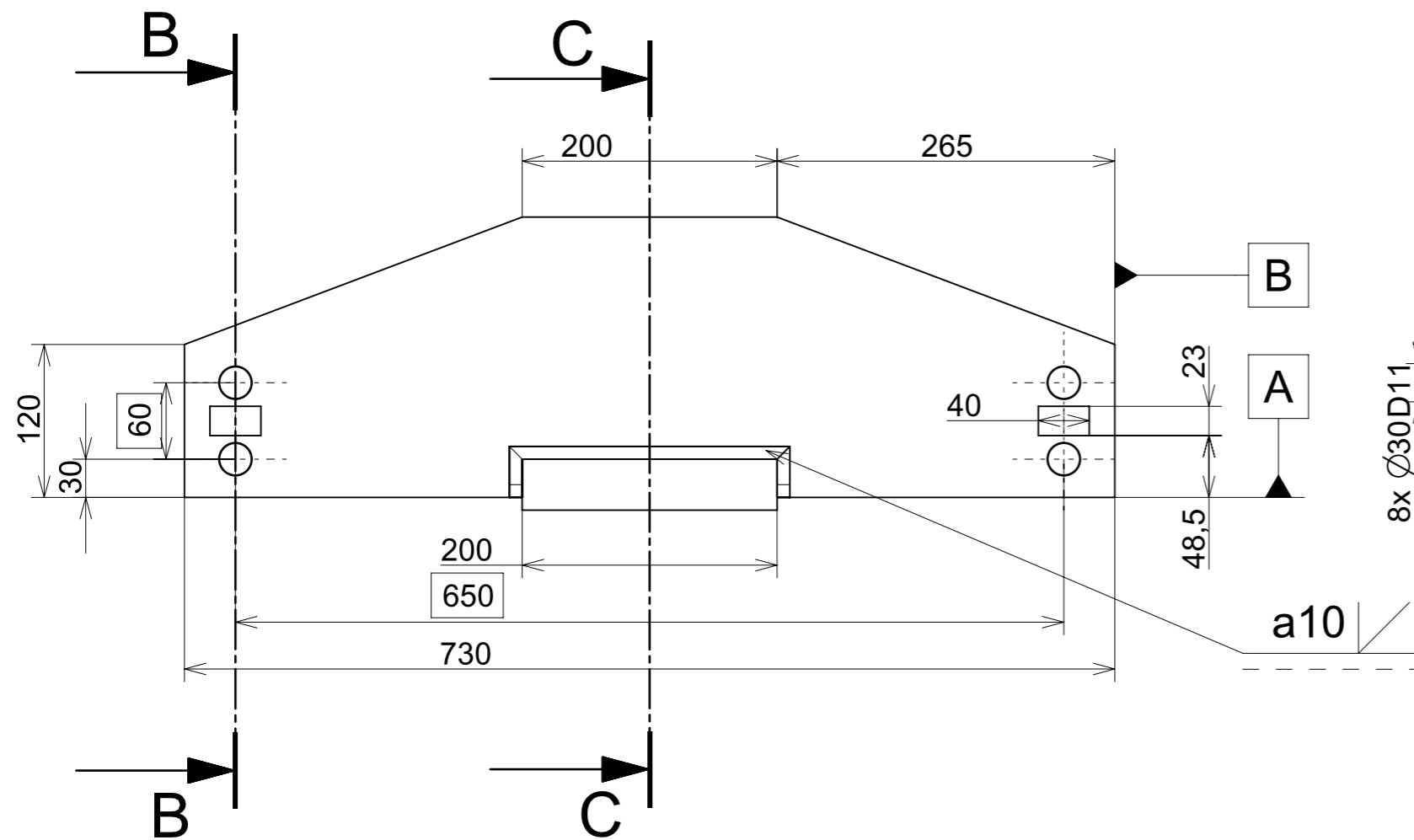
CAD 1	Datum / Date		Jmeno / Name			 <p>FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI</p> <p><small>Vsechna práva vyhrazena / All rights reserved</small></p>		
Kreslil / Drawn by	12.05.2023		BURIAN MATOUŠ					
Prezkoušel / Checked by	---		---					
Schválil / Approved by	---		---					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:			
---	---	---	---	---	---			
---	---	---	---	---	---			
 <p>ISO 128</p>	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file				Projekt / Project:	---	Meritko / Scale
	ISO 8015 ISO 2768mK	sestava_cepky_komplet				C.sestavy / Assembly No.	---	
		Soubor-vykres / DRW-file				C.hmot.sestavy	0,00	
Soubor-vykres / DRW-file				sestava_cepky_komplet		Cislo vykresu / Drawing No.		Format
Název / Title				Rev.	BP-S01		A4	
MONTÁŽNÍ LIS 30t				0	BP-S01		A4	
---				List / sheet no.	3	Pocet listu / sheets	3	

4



3

2

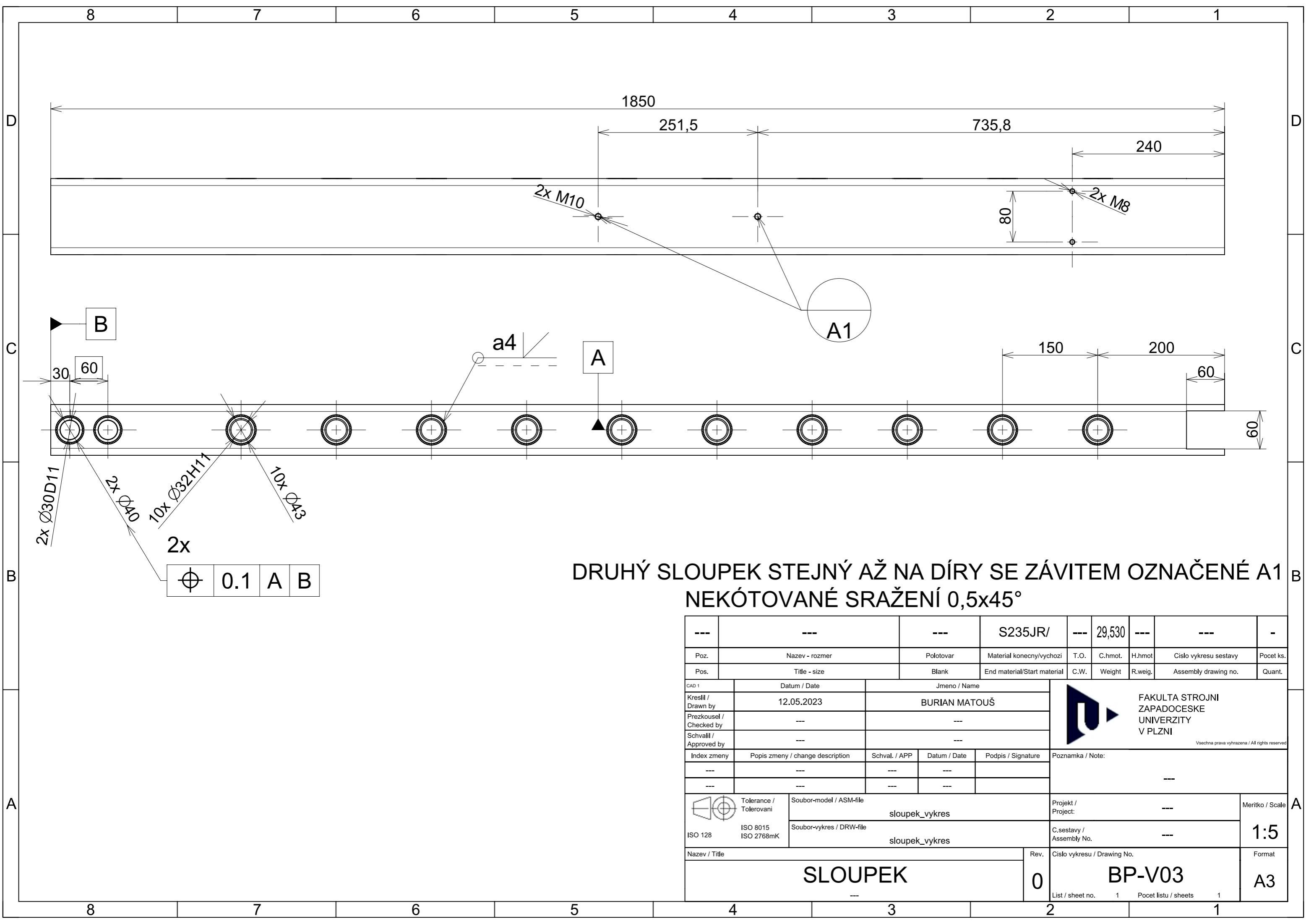
1



### NEKÓTOVANÉ SRAŽENÍ 0,5x45°

---	---	---	S355J2/	---	49,760	---	---	-
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material konecny/vychozi	T.O.	C.hmot.	H.hmot	Cislo vykresu sestavy	Pocet ks.
Pos.	Title - size	Blank	End material/Start material	C.W.	Weight	R.weig.	Assembly drawing no.	Quant.
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNI ZAPADOCESKE UNIVERZITY V PLZNI <small>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</small>				
Kreslil / Drawn by	12.05.2023	BURIAN MATOUŠ						
Prezkoušel / Checked by	---	---						
Schválil / Approved by	---	---						
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:			
---	---	---	---	---	---			
---	---	---	---	---	---			
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		traverza_vykres		Projekt / Project:	---		Meritko / Scale <b>1:5</b>
	Soubor-vykres / DRW-file		traverza_vykres		C.sestavy / Assembly No.	---		
Nazev / Title				Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.			Format
<b>HORNÍ TRAVERZA</b>				<b>0</b>	<b>BP-V01</b>			<b>A3</b>
---				List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets	1	





DRUHÝ SLOUPEK STEJNÝ AŽ NA DÍRY SE ZÁVITEM OZNAČENÉ A1  
NEKÓTOVANÉ SRAŽENÍ 0,5x45°

---	---	---	S235JR/	---	29,530	---	---	-
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material konecny/vychozi	T.O.	C.hmot.	H.hmot	Cislo vykresu sestavy	Pocet ks.
Pos.	Title - size	Blank	End material/Start material	C.W.	Weight	R.weig.	Assembly drawing no.	Quant.
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name						
Kresil / Drawn by	12.05.2023	BURIAN MATOUŠ						
Prezkoušel / Checked by	---	---						
Schválil / Approved by	---	---						
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:			
---	---	---	---	---	---			
---	---	---	---	---	---			
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		sloupek_vykres		Projekt / Project:		---	
	Soubor-vykres / DRW-file		sloupek_vykres		C.sestavy / Assembly No.		---	
Nazev / Title				Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.			Format
SLOUPEK				0	BP-V03			A3
				List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets		1

