

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270017
Konstruování strojů a technických zařízení
Specializace: Konstruování výrobních strojů a zařízení

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh vyrážedce do smýkadla pro kovací lis

Autor: **Bc. Zbyněk SEDLÁK**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jan HLAVÁČ, Ph.D.**

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Zbyněk SEDLÁK**
Osobní číslo: **S19N0071K**
Studijní program: **N0715A270017 Konstruování strojů a technických zařízení**
Specializace: **Konstruování výrobních strojů a zařízení**
Téma práce: **Návrh vyrážedce do smýkadla pro kovací lis**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Cílem práce je provedení konstrukčního návrhu vyrážedce (50 kN) umístěného do smýkadla lisu. Dimenzování bude provedeno pro lis se jmenovitou silou 25 MN.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Provedení rešerše na téma kovací technologie a nástroje.
2. Variantní návrh vyrážedce umístěného ve smýkadle lisu.
3. Konstrukční zpracování zvoleného návrhu.
4. Příprava vybrané výkresové dokumentace.

Konzultant: Ing. Martin Volejníček (Šmeral Brno a.s.)

Rozsah diplomové práce: **40-60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Toářecí stroje –Základy stavby a využití*. Praha: SNTL, 1985
[2] KAMELANDER, I. *Toářecí 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 diplomové práce: **Doc. Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

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

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Janu Hlaváčovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a cenné rady. Děkuji také za možnost osobních konzultací panu Ing. Miroslavovi Duníkovi, za jeho odborné připomínky a doporučení. Dále bych chtěl poděkovat konzultantovi panu Ing. Martinovi Volejníčkovi za vstřícnost a pomoc při získání potřebných informací od firmy Šmeral. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu a trpělivost v průběhu celého studia a při psaní této práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Sedlák	Jméno Zbyněk		
STUDIJNÍ OBOR	N0715A270017 „Konstruování strojů a technických zařízení“			
VEDOUČÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	Jméno Jan		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh vyrážedce do smýkadla pro kovací lis			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	118	TEXTOVÁ ČÁST	81	GRAFICKÁ ČÁST	13 x A3 7 x A4
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	-------------------

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce je zaměřena na konstrukční návrh hydraulického horního vyrážedce implementovaného do smýkadla lisu SKL 2500 firmy Šmeral Brno a.s. Práce obsahuje řešení na téma kovací technologie, variantní návrhy hydraulických vyrážedců s výběrem suboptimální varianty, která je detailně rozpracována a na jejím základě i následně optimalizována. Součástí práce je i návrh hydraulické soustavy. Na závěr je provedeno zhodnocení konstrukčního návrhu na základě analýzy MKP a z hlediska technicko - ekonomického. Optimalizovaná varianta vede k úspoře výrobních nákladů (energií) během provozu a ke zvýšení tuhosti stroje, tedy i jeho přesnosti.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Kovací lis; vyrážedec; smýkadlo lisu; hydraulický obvod; zápustka; inovace; analýza MKP; optimalizace.</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Sedlák	Name Zbyněk	
FIELD OF STUDY	N0715A270017 “Design engineering of machines and technical devices“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	Name Jan	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of ejector in the press slide on forging press		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	118	TEXT PART	81	GRAPHICAL PART	13 x A3 7 x A4
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	-------------------

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The diploma thesis is focused on the design of a hydraulic upper ejector implemented in the press slide of the Šmeral Brno a.s. company press SKL 2500. The work contains a research on the topic of forging technology, variant designs of hydraulic ejectors with a selection of suboptimal variants, which is developed in detail and based on it and subsequently optimized. Part of the work is the design of the hydraulic system. The design is evaluated with FEM analysis and from a technical and economic point of view. The optimized variant leads to energy savings (production costs), increased machine rigidity and therefore its accuracy.</p>
KEY WORDS	<p>Forging press; ejector; press slide; hydraulic circuit; press die; innovation; FEM analysis; optimization.</p>

Obsah

Úvod	1
Společnost Šmeral Brno a.s.....	2
I ROZPRACOVÁNÍ ZADÁNÍ.....	3
1 Vyjasnění a upřesnění zadání.....	3
1.1 Výchozí situace.....	3
1.1.1 Představení stroje	3
1.1.2 Princip stroje	5
1.1.3 Horní vyhazovač	5
1.1.4 Firmou zadané technické požadavky	5
1.1.5 Vyjasnění terminologie	6
1.2 Cíl řešení.....	6
2 Rešerše na téma kovací technologie a nástroje.....	7
2.1 Technologie objemového tváření – kování	7
2.2 Rozdělení kování	8
2.2.1 Volné kování	8
2.2.2 Zápustkové kování	8
2.3 Vyrážeče u kovářských strojů.....	9
2.3.1 Uspořádání mechanického vyrážeče pro vrchní zápustku	11
2.3.2 Uspořádání mechanického vyrážeče pro spodní zápustku.....	11
2.3.3 Pneumatický vyrážeč.....	11
2.3.4 Provedení vyrážečů v zápustce.....	12
3 Vypracování plánu řešení projektu	13
3.1 Časový plán řešení.....	13
II KONCEPČNÍ NÁVRH - Variantní návrh vyrážeče umístěného ve smýkadle lisu	14
4 Alternativy orgánové struktury pro navrhovaný TS	14
4.1 Alternativa A – popis mechanismu	14
4.2 Alternativa B – popis mechanismu.....	15
4.3 Alternativa C – popis mechanismu.....	16
4.4 Alternativa D – popis mechanismu	17
4.5 Vyhodnocení.....	18
4.5.1 Hodnocení navržených alternativ orgánové struktury TS.....	18
4.5.2 Vyhodnocení koncepčních variant a výběr varianty	19
4.5.3 Porovnání koncepčního návrhu vyrážeče B s původní variantou TS0.....	19

III	KONSTRUKČNÍ ZPRACOVÁNÍ ZVOLENÉHO NÁVRHU	22
5	Návrh hydraulické soustavy	22
5.1	Hydraulika obecně	22
5.1.1	Schéma	22
5.1.2	Popis jednotlivých částí	22
5.2	Návrh parametrů přímočarého hydromotoru	23
5.2.1	Výpočet potřebného průměru válce	23
5.2.2	Průzkum trhu - výběr přímočarého hydromotoru + konfigurace	24
5.3	Požadavky na hydraulickou soustavu a komponenty	26
5.4	Přímočarý hydromotor – výplach	26
5.4.1	Přímočarý hydromotor – výplach – ověření požadavku početně	26
5.4.2	Návrh řešení – výplach	27
5.5	Návrh schéma hydraulické soustavy	28
5.5.1	Návrh jednotlivých částí hydraulické soustavy	29
5.5.2	Detailní popis součástí konečného návrhu hydraulické soustavy	38
6	Přívodní trubka	40
6.1	Návrh výroby	40
6.1.1	Výběr polotovarů a kontrola návrhu	40
6.1.2	Ověření přívodní trubky na namáhání na krut	43
7	Narážka – návrh	46
7.1	Funkce nárážky	46
7.2	Požadavky na vlastnosti nárážky	46
7.3	Spojení s pístnicí	47
7.3.1	Zajištění nárážky našroubované v pístnici - možnosti	47
7.3.2	Zajištění nárážky našroubované v pístnici - návrh	48
7.3.3	Volba materiálu nárážky	49
7.3.4	Konstrukční návrh	50
8	Konstrukční řešení umístění sestavy vyřážeče ve smýkadle	52
8.1	Konstrukční řešení – Varianta B:	52
8.1.1	Celkový pohled na sestavu	52
8.1.2	Popis sestavení	53
9	Návrh optimalizace smýkadla	56
10	Vyhodnocení a porovnání původní varianty s rozpracovanými návrhy, rozložení působícího napětí v součástech mezi nástrojem a smýkadlem a ve smýkadle	58

10.1	Příprava modelů na simulaci	58
10.1.1	Výpočetní model - 3D pohled na sestavu s popisem názvů jednotlivých dílů...	58
10.1.2	Sít'ový model	60
10.1.3	Okrajové podmínky - definice kontaktní úlohy	65
10.1.4	Výsledky simulace MKP	67
10.1.5	Výsledky simulace – grafická interpretace	69
10.1.6	Výpočet natočení plochy pro přichycení příruby přímočarého hydromotoru v chladicí desce k prostupu ve smýkadle	71
IV	Příprava vybrané výkresové dokumentace	73
11	Výroba přívodní trubky oleje do přímočarých hydromotorů přes smýkadlo lisu	73
11.1	Technologie výroby přívodní trubky	73
12	Analýza výrobních nákladů a technicko - ekonomické zhodnocení	76
12.1	Výrobní náklady	76
12.1.1	Varianta TS0	76
12.1.2	Vybraná varianta B	77
12.1.3	Vybraná varianta B _ optimalizace	78
12.1.4	Ekonomické zhodnocení variant	79
12.2	Technicko - ekonomické zhodnocení	79
13	Shrnutí a závěr	80
13.1	Shrnutí	80
13.2	Závěr	81
14	Seznam bibliografických citací informačních zdrojů	82

Seznam příloh vevázaných

Příloha č. 1 - Vybraná výkresová dokumentace

Seznam příloh volně vložených

Výkres sestavy	Varianta B _ optimalizace	DPV2O_1_000
Výkres sestavy	Varianta B	DPV2S_1_000
Výkres sestavy	Sestava jednotky vyrážeče	DPV2S_1_100
Výkres sestavy	Přímočarý hydromotor – narážka	DPV2S_1_200
Výrobní výkres	Narážka	DPV2S_1_201
Výrobní výkres	Zajišťovací podložka	DPV2S_1_202
Výrobní výkres	Rozpěrný kroužek	DPV2S_1_203
Výrobní výkres	Podložka	DPV2S_1_204
Výrobní výkres	Operace_5_ Přívodní trubka	DPV2S_1_300
Výrobní výkres	Operace_4_ Přívodní trubka	DPV2S_1_340
Výrobní výkres	Operace_3_ Přívodní trubka	DPV2S_1_330
Výrobní výkres	Trubka vnější	DPV2S_1_331
Výrobní výkres	Operace_2_ Přívodní trubka	DPV2S_1_320
Výrobní výkres	Operace_1_ Přívodní trubka	DPV2S_1_310
Výrobní výkres	Trubka vnitřní	DPV2S_1_311
Výrobní výkres	Polotovar_ válec	DPV2S_1_312
Výrobní výkres	Polotovar_ zpětný_ ventil	DPV2S_1_313
Výkres sestavy	Držák přívodních trubek	DPV2S_1_400
Výrobní výkres	Držák přívodních trubek	DPV2S_1_401
Výrobní výkres	Upínací kamen	DPV2S_1_402

Seznam použitých symbolů

Značka	Jednotka	Popis
c_a	[-]	Korekční součinitel
D_1	[m]	Průměr pístu
D_2	[m]	Průměr pístnice
d	[m]	Průměr potrubí
η	[-]	Účinnost
F	[N]	Síla
φ_{AB}	[°]	Úhel natočení
γ	[°]	Úhel stoupání závitu
k	[-]	Bezpečnost
l	[m]	Délka
λ	[-]	Ztrátový součinitel
M	[Nm]	Moment
n	[ot/min]	Otáčky
n	[-]	Poměr
P	[kW]	Příkon
p	[mm]	Stoupání závitu
p	[MPa]	Tlak
Δp	[MPa]	Tlaková ztráta
Q_v	[l/min]	Objemový průtok
Re	[-]	Reynoldsovo číslo
Re	[MPa]	Mez kluzu
ρ	[kg/m ³]	Měrná hmotnost
S	[mm ²]	Průřez
σ	[MPa]	Napětí
V	[m ³]	Objem
ΔV	[l]	Užitečný objem
v	[m/s]	Rychlost
ν	[m ² /s]	Kinematická viskozita
T	[°C]	Teplota
t	[s]	Čas
$tg\varphi$	[-]	Tření v závitu
τ	[MPa]	Smykové napětí
Δy	[m]	Posunutí

W	[mm ³]	Průřezový modul
Z	[m]	Zdvih

Seznam zkratk a akronymů

TS	technický systém
TS0	technický systém základní
HMH	hypotéza (Teorie pevnosti podle hustoty deformační energie na změnu tvaru)
MKP	metoda konečných prvků

Terminologie

Smýkadlo	Stejný význam jako beran
Vyrážec	Sestava mechanismu
Vyrážec	Díl, který vyráží výkovek ze zápustky
Vyhazovací kolík	Stejný význam jako vysouvač, vyrážecí kolík
Držák zápustek	Deska, ke které se připevňují zápustky (nástroje)
Přívodní trubka	Trubka vyrobená pro přívod a odvod média k přímočarému hydromotoru přes smýkadlo lisu

Úvod

Tématem mé diplomové práce je inovativní provedení konstrukčního návrhu vyrážedce implementovaného do smýkadla lisu a návrh hydraulického obvodu. Současně s vytvořením konstrukčního návrhu bude nastíněn celý proces, který by mohl provázet a být nápomocen dalším konstruktérům se stejným nebo podobným zadáním.

Předmětem mé práce je kovací lis od brněnské firmy Šmeral, která se zabývá konstrukcí a výrobou tvářecích strojů přímo na míru dle požadavků zákazníka. Do jejich portfolia patří nejrůznější typy kovacích lisů až po konstrukci kompletních tvářecích linek. Tvářecí stroj SKL 2500 ŠMERAL je mechanický svislý kulisový dvoubodový lis, jehož stávající pneumatické provedení vyrážedce je vyhovující a pro potřeby plně funkční. Ale z důvodu rozšíření nabídky možností vyrážení výkovků ze zápustek s vyššími vyrážecími silami je potřeba zvážit alternativu s variantou hydraulických vyrážedců.

Jelikož se kovací lis jako celek skládá z mnoha podsestav, bude i tato studie pouze jednou částí z několika dalších potřebných. Všechny dílčí studie se budou posuzovat komplexně jako celek a to umožní zahrnout v inovovaném stroji vše potřebné a zdokonalené tak, jak si přeje zákazník.

Společnost Šmeral Brno a.s.



Obrázek 1. Šmeral - automatizované pracoviště [10]

„Firma Šmeral Brno a.s. byla založena v roce 1861 a za svoji historii prošla dlouhým vývojem svého zaměření, který začal slévárenskou výrobou, následovalo doplnění o strojírenskou výrobu až po rozhodnutí v roce 1925 vyrábět vlastní tvářecí stroje.“

V současnosti jsou základem výrobního programu firmy tvářecí linky na klíč automatizované pomocí robotů nebo transferů, samostatné tvářecí stroje jako např. lisy a buchary pro zápusťkové kování za tepla (kterými se podrobněji zabývá tato práce), kovací válce a další zařízení pro kovářny. Dále je firma předním světovým dodavatelem strojů pro příčné klínové válcování ocelí a hliníkových slitin.

Důležitou položkou výrobního programu jsou generální opravy a modernizace jakýchkoli tvářecích strojů bez ohledu na jejich značku, typ či stáří. Zbývající výrobní kapacity společnosti jsou využívány pro strojírenskou a slévárenskou výrobu na základě individuálních požadavků zákazníků.

Převážná část produktů výroby společnosti je exportována do celého světa.“ [10]



Obrázek 2. Areál firmy Šmeral [10]

I ROZPRACOVÁNÍ ZADÁNÍ

1 Vyjasnění a upřesnění zadání

1.1 Výchozí situace

1.1.1 Představení stroje

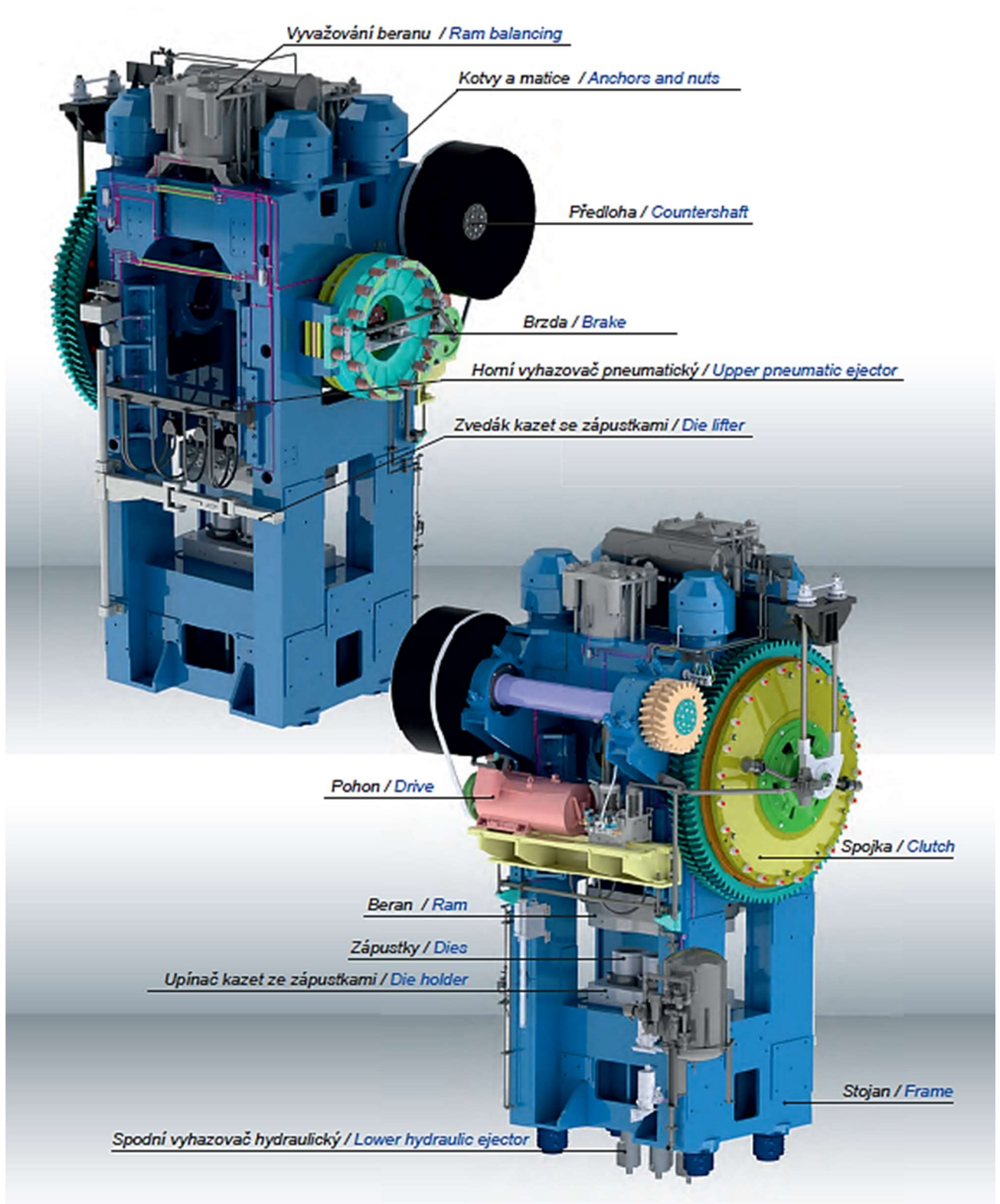


Obrázek 3. Tvářecí stroj SKL 2500 ŠMERAL [10]

- „Tvářecí stroj SKL 2500 ŠMERAL je mechanický svislý kulisový dvoubodový lis určený pro přesné zápustkové kování a kalibrování tvarově různých součástí za tepla.
- Součásti jsou určeny především pro další užití v automobilovém, leteckém a zemědělském průmyslu.
- Charakteristickými součástmi jsou ojnice, vačkové a klikové hřídele, páky, táhla do nákladních i osobních automobilů, příruby pro potrubí ropovodů apod. Hmotnostní rozsah výkovků je v rozmezí 2 až 70 kg.
- Lis je možno použít jako „sólo“ provedení nebo upravit k začlenění do plně automatizovaného tvářecího souboru“. [10]



Obrázek 4. Příklady vyráběných součástí [10]

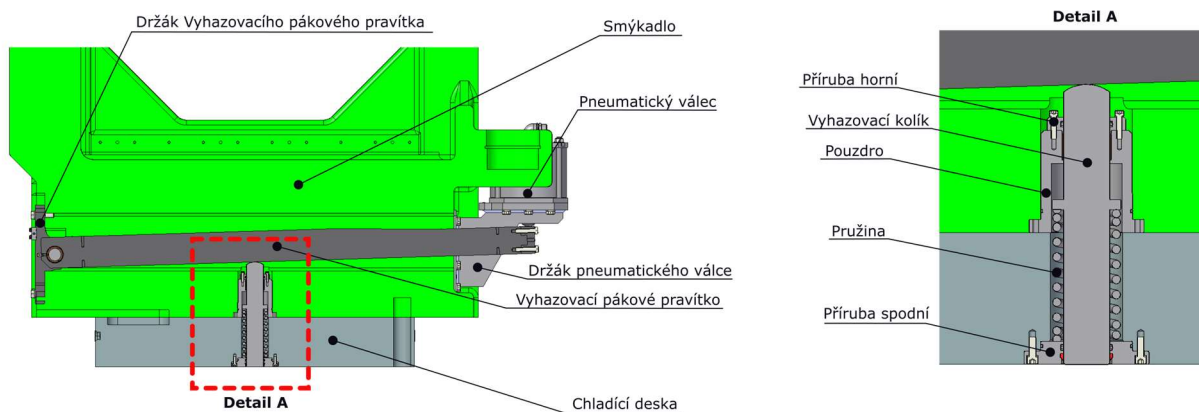


Obrázek 5. Popis hlavních částí lisu [10]

1.1.2 Princip stroje

- „Zápustkové kování slouží k výrobě velkého počtu tvarově stejných součástí z ocelí nebo jiných tvárných slitin.
- Hlavní předností zápustkového kování je vysoká výkonnost a snadná obsluha.
- Ohřátý materiál se tváří v dutině zápustky, jejíž tvar je shodný s tvarem výkovku.
- Proti volnému kování se dosahuje přesnějšího tvaru výkovku.
- Přesnost a jakost povrchu se dá výrazně zlepšit následným kalibrováním tak, že se nemusí již dále používat obrábění.
- Zápustkovým kováním se dosahuje vysokého stupně prokování a průběh vláken sleduje obrys výkovku.
- Při zápustkovém kování se postupuje tak, že se výchozí polotovar, ohřátý na potřebnou kovací teplotu, vloží do dutiny zápustky a působí se na něj tlakem tvářecího stroje.“[10]

1.1.3 Horní vyhazovač



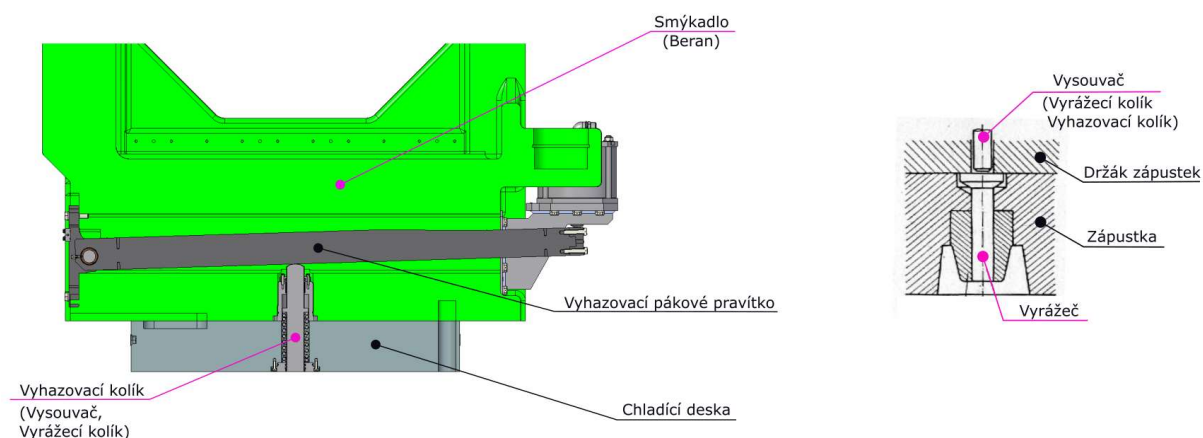
Obrázek 6. Horní vyhazovač – pneumatický [10]

- „Horní vyhazovač je pneumatický.
- Pístnice válců působí na vyhazovací pákové pravítka, která dále působí na vyhazovací kolíky. Kolíky mají shodné zdvihy.
- Začátek vyhazování se nastavuje v řídicím systému lisu.
- Zpětný pohyb mechanických dílů vyhazovače nesvázaných s pneumatickými válci zajišťují pružiny vyhazovacích kolíků.“ [10]

1.1.4 Firmou zadané technické požadavky

- Vyrážeč musí být hydraulický.
- Co nejméně prostupů ve smýkadle lisu (vruby).
- Každá ze 3 operací musí být ovládaná samostatně.
- Zdvih pevný 50 mm s možností zkrácení na pístnici (závit a narážecí hlava), krok 5 mm a max. seřiditelný zdvih 15 mm.
- Síla musí být minimálně (může být i vyšší) 50 kN (5 t) na operaci.
- Čas vysunutí vyrážeče za 0,2 s a zasunutí za 0,2 s.
- Provoz ve zvýšených teplotách až 100°C a 24/7.
- Vyrážeč bude pracovat se všemi operacemi najednou (tj. všechny 3 válce současně) při taktu cca 10 zdvihů/min.

1.1.5 Vyjasnění terminologie



Obrázek 7. Řez mechanismem horního vyrážeče a smýkadlem lisu ze zdrojů firmy Šmeral s terminologií firmy a řez zápustkou s terminologií staré literatury (v závorce uvedeny další možné výrazy) [10, 2]

Jelikož se názvy jednotlivých částí mechanismu pro vyražení výkovků ze zápustky liší v závislosti na použitých zdrojů pro rešerši, či firemní terminologie, je v tabulce 1 uvedeno, jak budou jednotlivé součásti nazývány v celé této práci autorem a uvedeny i jejich další možné názvy, které byly převzaty z čerpajících literárních zdrojů.

Prvně je třeba si vyjasnit termín „vyrážeč“.

Například vyrážeč mechanický, pneumatický, hydraulický, můžeme ho použít pro pojmenování celé sestavy, která zajišťuje vyražení výkovku ze zápustky. Nebo to může být díl, který přímo vyráží výkovek ze zápustky.

Tabulka 1. Terminologie

Název uváděný v této práci autorem		Jiné možnosti pojmenování z jiných zdrojů uváděné v této práci
Vyrážeč – celá sestava mechanismu	=	Vyhazovač - celá sestava mechanismu
Vyrážeč – díl v zápustce	=	
Vyhazovací kolík	=	Vysouvač, Vyrážecí kolík
Smýkadlo	=	Beran

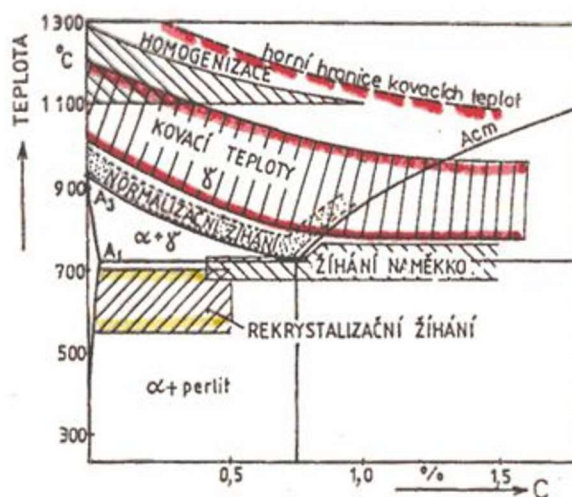
1.2 Cíl řešení

Cílem řešení je konstrukční návrh hydraulického horního vyrážeče implementovaného do beranu lisu SKL 2500 a návrh hydraulického obvodu. Dále vytvořit podrobný manuál pro konstruktéry, zabývajícími se podobnými návrhy a provést je (nastítnit) problémy, které mohou během návrhu očekávat.

2 Rešerše na téma kovací technologie a nástroje

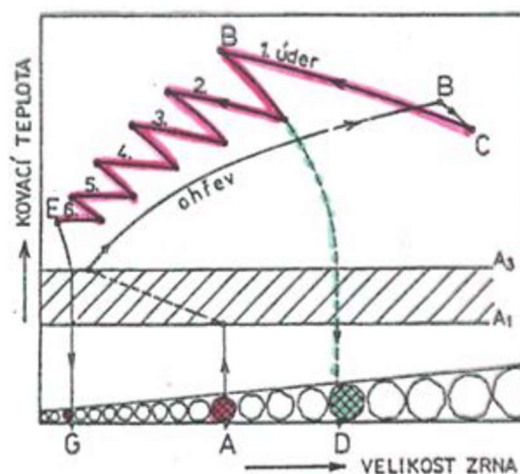
2.1 Technologie objemového tváření – kování

„Kováním rozumíme objemové tváření za tepla, prováděné úderem nebo klidně působící silou. Jedná se o přetržitý způsob a výkovek má požadovaný tvar, příznivou makrostrukturu, výhodnou mikrostrukturu a zvýšené mechanické a fyzikální vlastnosti. Kováním lze zpracovávat téměř všechny kovy.“ [9]



Obrázek 8. Kovací teploty v diagramu Fe - Fe₃C [9]

„Strojní kování zproduktivňuje výrobu malých a středně velkých výkovek a umožňuje zpracování těžkých odlitků. Hlavní důraz při kování se klade na nejmenší spotřebu materiálu, optimální přesnost výkovek, vysokou jakost tvářeného kovu, příznivý průběh vláken a na ekonomii provozu. Kování nejenom umožňuje vyrábět tvary požadovaného rozměru, ale zároveň i zlepšovat původní mechanické vlastnosti a strukturu. Má velký význam nejenom pro tvarování výrobků, ale i pro zlepšení jejich mechanických vlastností (stupeň prokování). Účelem prokování je odstranění nestejně rozložené hrubé lící struktury a metalurgických vad u ingotů, které snižují tvárnost, fyzikální a mechanické hodnoty i vlastnosti kovu.“ [9]



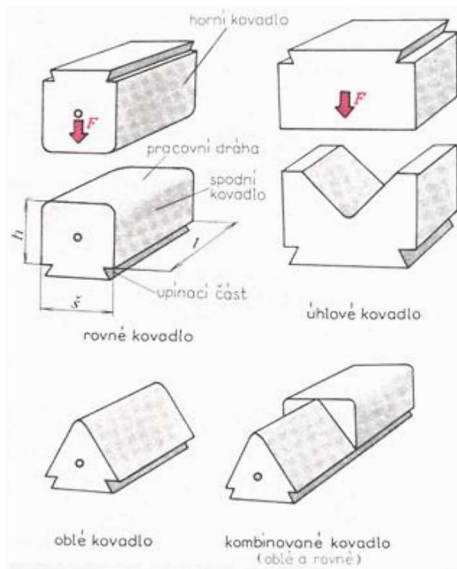
Obrázek 9. Kovací diagram [9]

2.2 Rozdělení kování

„Technologie objemového tváření se dělí na volné kování a zápustkové kování. Při volném kování může materiál tvářený úderem nebo tlakem téct volně hlavně ve směru kolmém k působení síly. Při zápustkovém kování je materiál vtačován úderem nebo tlakem do kovové, většinou dvoudílné zápustky.“ [9]

2.2.1 Volné kování

„K volnému strojnímu kování se používá různých tvářecích strojů, zejména bucharů a lisů. Bucharý působí na materiál úderem (rázy) beranu, ale prokovávají jej jen do určité hloubky. Proto buchar působí více rázy a díky tomu je možné dosáhnout vyššího stupně prokování. Při úderech beranu odpadají z materiálu okraje, a proto je povrch výkovků čistý. Lisy působí na materiál klidným tlakem a prokovávají ho v celém průřezu.“[9]



Obrázek 10. Volné kování [17]

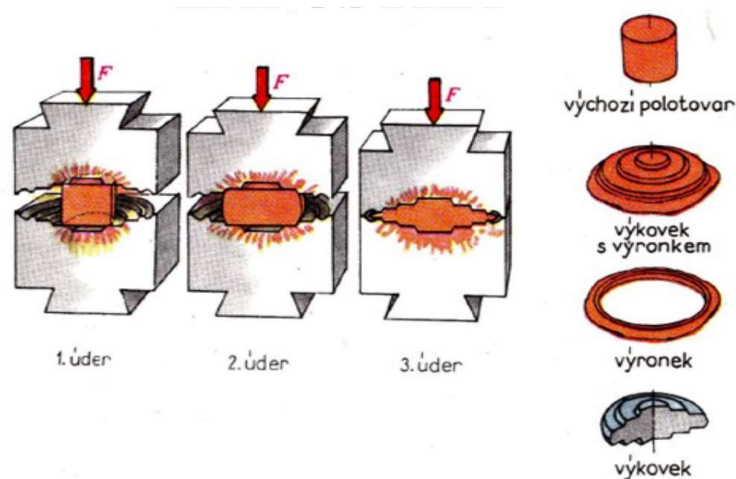
Obrázek 11. Tvary kovadel [9]

2.2.2 Zápustkové kování

„Zápustkové kování slouží k výrobě velkého počtu tvarově stejných součástí z ocelí nebo jiných tvárných slitin. Zápustka je většinou dvoudílný nástroj. Hlavní předností zápustkového kování je vysoká výkonnost a snadná obsluha. Výkovky mají však omezené rozměry a hmotnost.“

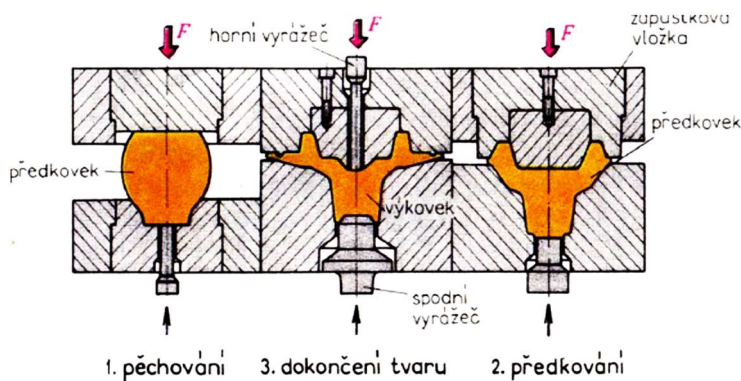
Ohřátý materiál se tváří v dutině zápustky, jejíž tvar je shodný s tvarem výkovku. Rozměry jsou však zvětšeny o hodnotu smrštění vychladlého výkovku. Proti volnému kování se dosahuje přesnějšího tvaru výkovku. Přesnost a jakost povrchu se dá výrazně zlepšit následným kalibrováním tak, že se nemusí již dále používat obrábění. Zápustkovým kováním se dosahuje vysokého stupně prokování a průběh vláken sleduje obrys výkovku. Při zápustkovém kování se postupuje tak, že se výchozí polotovár, ohřátý na potřebnou kovací teplotu, vloží do dutiny zápustky a působí se na něj tlakem nebo úderem tvářecího stroje.

Při kování na bucharech je zápusťková dutina vyplňována postupně během několika úderů beranu.“[9]



Obrázek 12. Postup kování v jedno dutinové zápusťce na bucharu [18]

„Při kování na lisech - tím se rozumí obvykle kování na svislých klikových lisech, je výkovek zhotoven v průběhu jednoho zdvihu nebo několika zdvihů (postupová zápusťka). Tyto lisy jsou vhodné pro velké série a jednodušší tvary výkoveků. Zápusťky mají jiný způsob upínání než na bucharech. Upínají se pomocí stopek, šroubů a příložek. Zápusťky se zhotovují z ocelí, které mají zvýšenou odolnost proti otěru, pracovním teplotám a jsou zušlechťeny.“ [9]

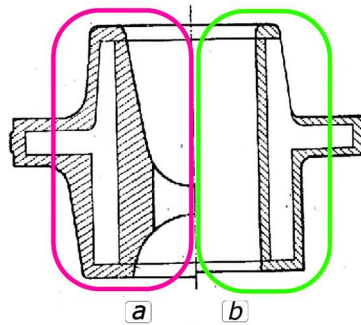


Obrázek 13. Postup kování v postupové zápusťce – dokončení tvaru uprostřed [18]

„Konečné úpravy výkoveků jsou odstřížení výronku, popř. prostřížení blan v otvorech. Dále rovnání výkoveku, zbavování okují (moření, otryskávání), tepelné zpracování (normalizační žíhání) nebo kalibrování za studena.“ [9]

2.3 Vyrážecé u kovářských strojů

„Vyjímání zápusťkových výkoveků z dutin zápusťky po vykování vyžaduje, zejména jde-li o poměrně vysoké výkoveky, značné námahy. Aby se výkovek snáze vyjímal, musí mít poměrně velké úkopy stěn. Tyto úkopy však představují značné ztráty materiálu a zvětšené náklady na obrábění.“ [2]



Obrázek 14. Řez typickým výkovkem: a) kovaným na bucharu; b) kovaným na klikovém lisu [2]

„Při kování na bucharách se vyrážeců používá jen ve výjimečných případech. U mechanického kovacího lisu se vyrážeců používá běžně. Mezi výkovkem kovaným na mechanickém lisu s vyrážecem a mezi výkovkem kovaným na bucharu jsou značné rozdíly, patrné z obr. 14. Na obrázku 14a je řez obvyklým tvarem výkovku kovaného bez vyrážeců. Úkoly vnějších ploch jsou 6° , úkoly vnitřních ploch jsou větší, obvykle 11° . Výkovek je velmi tlustý s velkým přebytkem materiálu. Na obrázku 14b je řez výkovkem pro stejnou část, který byl kován na mechanickém lisu. Úkoly jsou zcela nepatrné, okolo 3° . Tento obrázek ukazuje význam vyrážeců pro úspory materiálu. Další neméně důležitou předností při použití vyrážeců jsou podstatně větší výkony vlivem rychlého vyjímání výkovku z dutiny. Při normálním kování bez vyrážeců musíme výkovek často páčit a tak doba pro dobývání výkovku z dutiny je několikanásobkem doby potřebné k vlastnímu kování. Dále se dlouhým setrváním výkovku v zápustce ohřívají hrany zápustky a při úderech se snadno deformují. Takto napěchované hrany ztěžují ještě více vyjímání výkovku ze zápustky. Výška zápustky může být také při použití vyrážeců poměrně malá.“ [2]

„Všechny uvedené těžkosti odstraníme rychlým uvolněním výkovku vyrážecem. Vyrážec, který je obvykle uspořádán na nejnižším místě dutiny zápustky, vytvoří určitou netěsnost. Touto netěsností uniká vzduch a plyny z mazadla, takže hrany výkovku lze velmi ostře vyrazit (vyplní dobře tvar zápustky).“ [2]

"Úpravy vyrážeců na jednotlivých typech kovářských zápustkových strojů se značně liší.

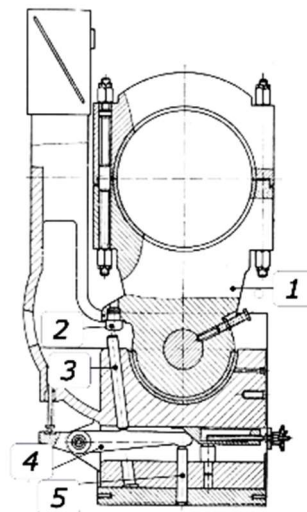
- U vřetenových lisů se vyrážec používá běžně. Jeho pohyb je odvozen od pohybu beranu. Při jeho pohybu směrem dolů klesá (sjíždí) vysouvač a při zpětném pohybu nahoru se zvedá, až narazí na vyrážec, který uvolní výkovek ze spodní zápustky.
- Hydraulické lisy se stavějí s hydraulickým vyrážecem. Jeho pohyb je zcela nezávislý na ostatních pracovních pohybech lisu a mimo to může vyvinout velkou sílu na libovolně velké dráze. Může tedy vysoký výkovek nejen uvolnit, nýbrž zcela vysunout.
- Mechanické lisy se vyrábí s vyrážecem jak ve spodní zápustce, tak i ve vrchní zápustce.“ [2]

2.3.1 Uspořádání mechanického vyrážече pro vrchní zápustku

Pohyb odvozen od ojnice.

„Popis částí:

1. Ojnice
2. Narážka
3. Tyč
4. Páka
5. Vysouvač“[2]



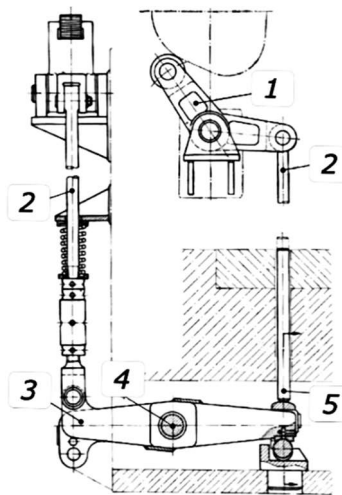
Obrázek 15. Uspořádání mechanického vyrážече ve vrchní zápustce u klikového lisu [2]

2.3.2 Uspořádání mechanického vyrážече pro spodní zápustku

Pohyb odvozen od ojnice.

„Popis částí:

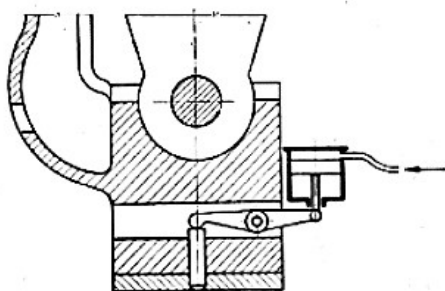
1. Úhlová páka
2. Táhlo
3. Páka
4. Čep
5. Vysouvač, který působí na vlastní vyrážec“[2]



Obrázek 16. Uspořádání mechanického vyrážече ve spodní zápustce u klikového lisu [2]

2.3.3 Pneumatický vyrážec

„Výhodnější než vyrážec mechanické jsou vyrážec pneumatické, jak je znázorněno na obr. 17. Pohyb vyrážec není závislý na pohybu částí stroje.“[2]

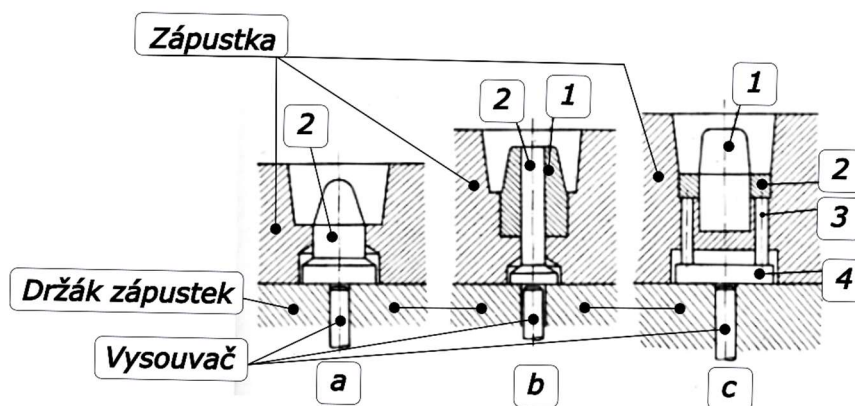


Obrázek 17. Pneumatický vyrážeč uspořádaný na beranu klikového lisu [2]

2.3.4 Provedení vyrážečů v zápustce

„Vlastní provedení vyrážečů závisí většinou na rozměrech a tvaru kovaného kusu. Vyrážeč pro výkovek dutého tvaru lze provést několika způsoby:

- Lze trn 2 přímo spojit s vyrážečem. V tomto případě musí mít trn velmi značný úkos, aby se výkovek snadno uvolnil.
- Trn 1 ze značně legované oceli je zalisován do zápustky. Trn je provrtán a otvorem prochází vyrážeč 2. V tomto případě může být úkos trnu daleko menší než v případě předešlém.
- Velmi vhodné uspořádání zvláště pro kování částí z hliníkových slitin. Trn 1 zalisovaný do zápustky je v tomto případě pevný a plný. Vlastní vyrážeč tvoří prstenc 2, který se zdvihá čtyřmi tyčemi 3, připevněnými k desce 4. Tato deska se zdvihá vysouvačem.“ [2]



Obrázek 18. Uspořádání vyrážeče u dutých výkovek: a) trn tvoří vyrážeč b) vyrážeč prochází trnem c) vyrážeč je tvořen čelem příruby [2]

„Používání vyrážečů není ovšem účelné pro všechny druhy výkovek. Pokud je výrobek plochý, je použití vyrážeče zbytečné. U hlubších tvarů dutin je uspořádání vyrážečů účelné, i když náklady na výrobu zápustek jsou vyšší. V mnohých případech může správně upravený vyrážeč zvětšit výkony zápustkového stroje velmi značně a kromě toho může podstatně přispět k prodloužení životnosti zápustky. Také úspory materiálu jsou významné.“ [2]

Rozměry se stanovují dle normy ČSN 22 8306 jejíž název je „Tvářecí nástroje. Zápustky pro svislé kovací lisu. Technické požadavky na konstrukci“.

3 Vypracování plánu řešení projektu

3.1 Časový plán řešení

Tabulka 2. Časový plán pro vypracování diplomové práce

Časový harmonogram vypracování diplomové práce													
Operace	Fáze	Konstrukční proces			Čas hod.	Rok 2021			Rok 2022				
		Fáze KP s využitím teorie TS	Fáze dle osnovy			říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
A. Uprášení úkolu	I. Rozpracování zadání	Zadání, organizační záležitosti											
		1. Vyjasnění a rozpracování požadavků	<i>Provedení rešerše na téma kovací technologie a nástroje</i>		20	■							
		Specif. požadavků a čas. plán řešení			30		■						
B. Hledění řešení	II. Koncepční návrh	2. Navržení funkční struktury TS	<i>Variantní návrh vyražeče umístěného ve snykadle lisu</i>		30			■					
		3. Navržení organové struktury TS			50				■				
		4. Navržení hrubé stav. Struktury TS			30					■			
C1. Hodnocení	III. Konstrukční návrh	5. Navržení definitivní stav. Struktury TS	<i>Konstrukční zpracování zvoleného návrhu</i>		30					■			
		Hodnocení definit. Stav. Struktury TS			30							■	
D. Finalizace řešení	IV. Finální zpracování	6. Detailování a dokumentování řešení	<i>Příprava vybrané výkresové dokumentace</i>		30								■
		Vytisknutí, svázání a odevzdání 16.5.2022			10								■
Celkem plán					260	32 týdnů							

II KONCEPČNÍ NÁVRH - Variantní návrh vyrážeče umístěného ve smýkadle lisu

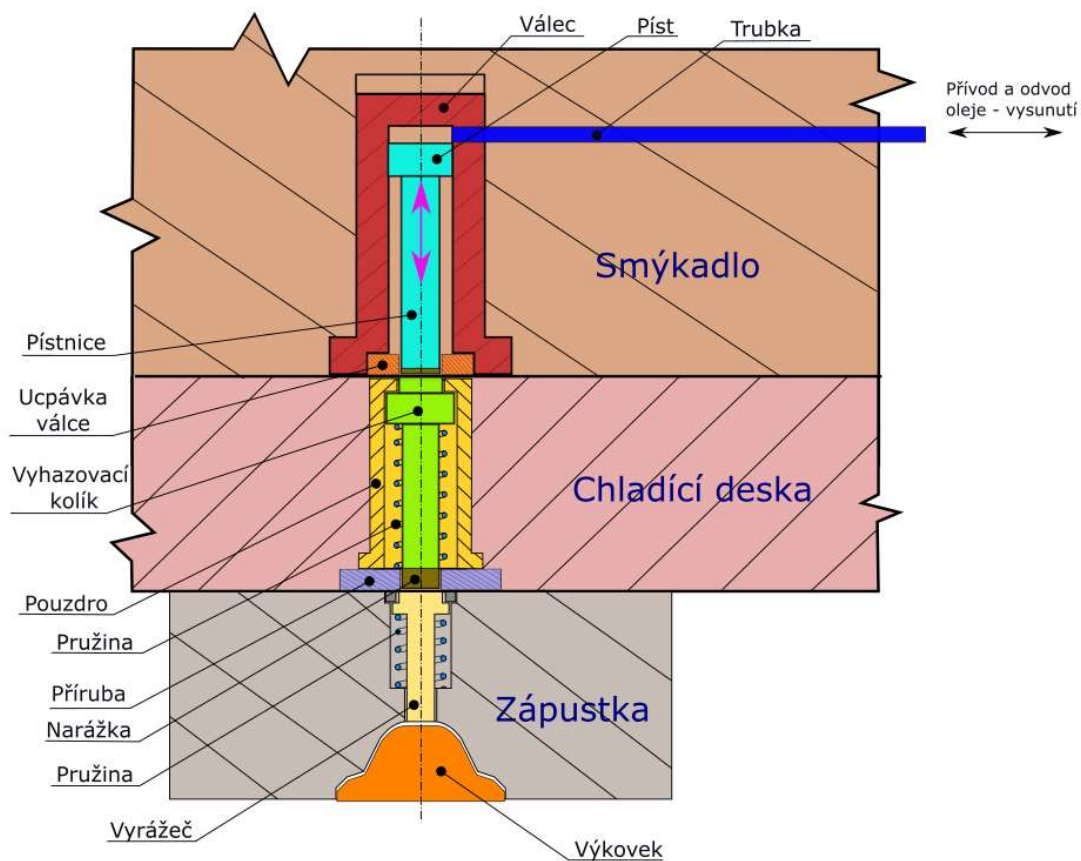
4 Alternativy orgánové struktury pro navrhovaný TS

4.1 Alternativa A – popis mechanismu

Mechanismus vyrážeče je dělený. Skládá se ze dvou částí:

- Pohon – jednočinný přímočarý hydromotor.
- Mechanismus vyhazovacího kolíku.

Mechanismus vyhazovacího kolíku je osazen do chladicí desky. Vysunutí vyrážeče je realizováno vysunutím pístnice jednočinného přímočarého hydromotoru, který je osazen do smýkadla lisu a následným vysunutím vyhazovacího kolíku. Zpětný pohyb je realizován pomocí tlačné pružiny, která tlačí do vyhazovacího kolíku a zároveň do pístnice. Přívod média do pístu je zajištěn pomocí trubky prostrčené otvorem ve smýkadle. Narážka se bude měnit v závislosti na opotřebení a pro dosažení požadovaného zdvihu.

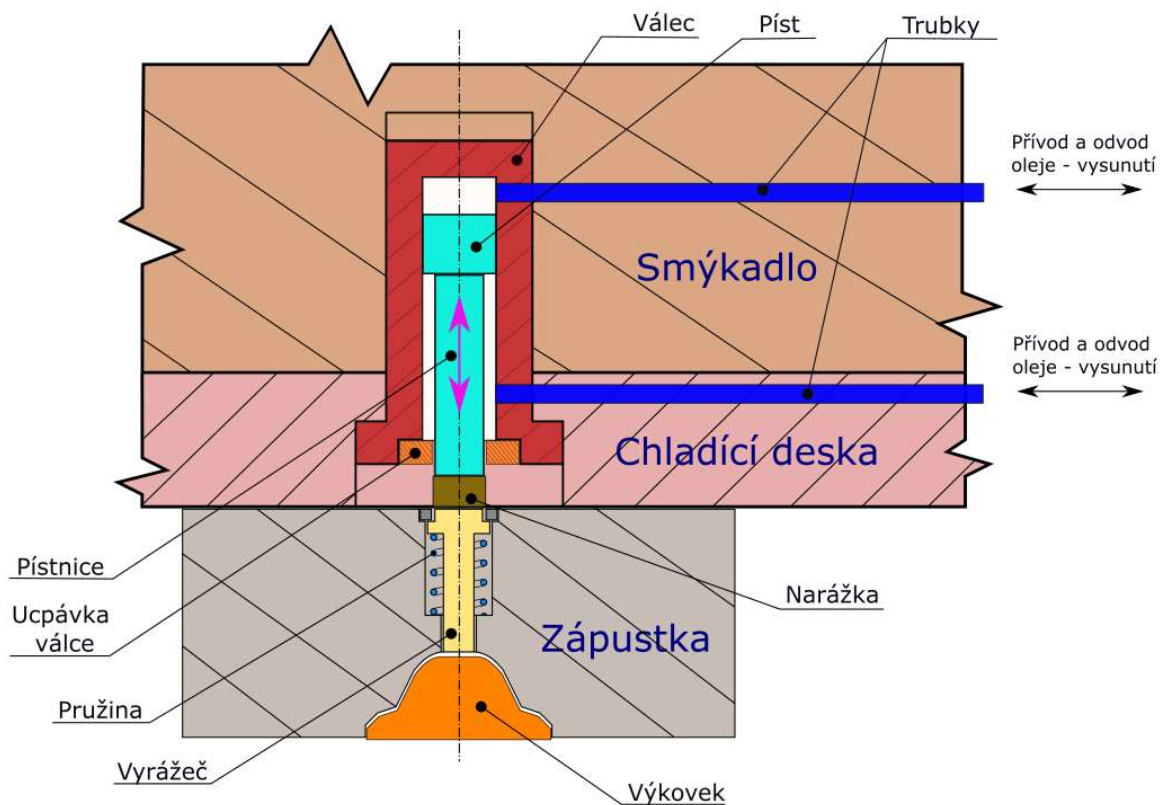


Obrázek 19. Náčrt – Alternativa A

4.2 Alternativa B – popis mechanismu

Mechanismus navržen jako celek – dvojitý přímočarý hydromotor s nárazkou.

Přímočarý hydromotor je za přírubu přichycen na osazení v prostupu chladicí desky a zároveň pokračuje do prostupu ve smýkadle lisu. Otvorem ve smýkadle a v chladicí desce je pomocí přívodních trubek přiveden do přímočarého hydromotoru tlakový hydraulický olej. Tím se zajišťuje vysunutí a zasunutí pístnice. Na konci pístnice je našroubována nárazka, přes kterou se přenáší pohyb pístnice na vyrážecí zápusť.

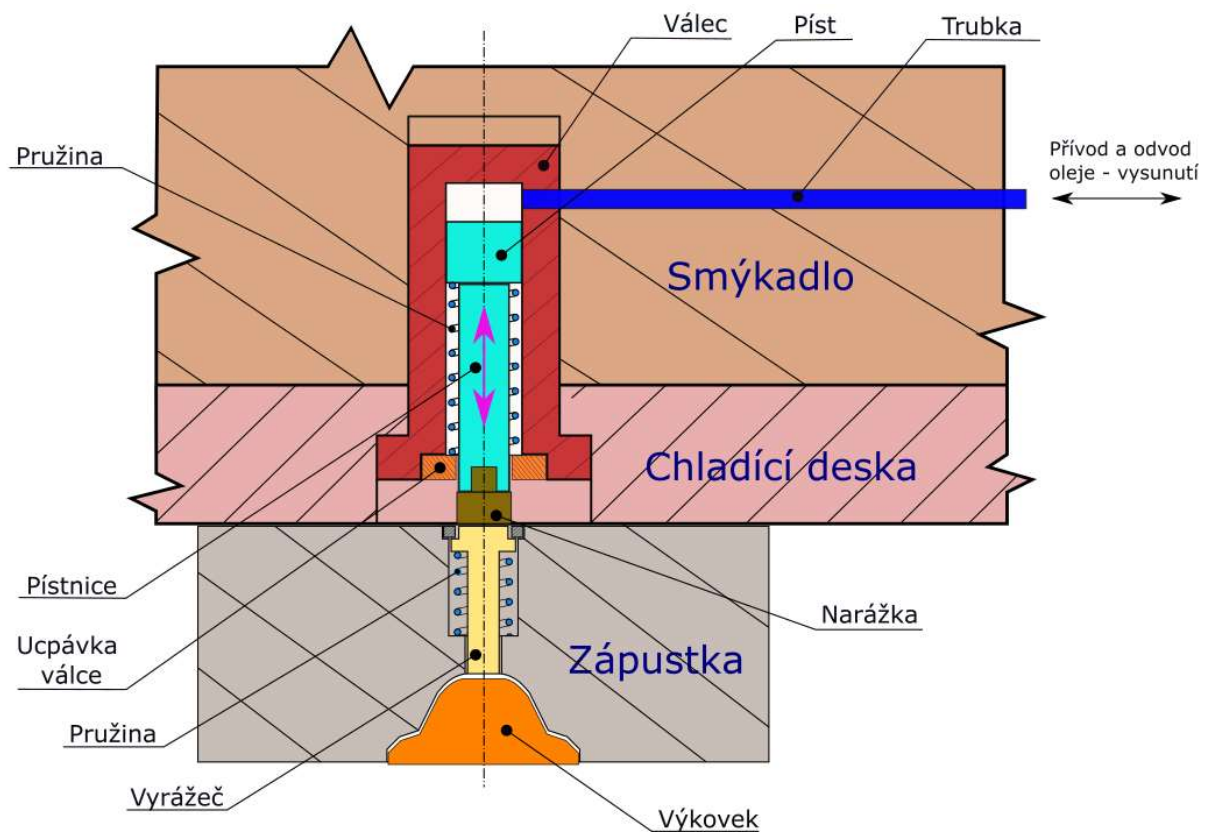


Obrázek 20. Náčrt – Alternativa B

4.3 Alternativa C – popis mechanismu

Mechanismus navržen jako celek - jednočinný hydraulický píst s pružinou uvnitř válce.

Přímočarý hydromotor je za přírubu přichycen na osazení v prostupu chladicí desky a zároveň pokračuje do prostupu ve smýkadle lisu. Otvorem ve smýkadle je pomocí přívodní trubky přiveden do přímočarého hydromotoru tlakový hydraulický olej. Tím se zajistí vysunutí pístnice. Pohyb pístnice zpět zajišťuje pružina, která je uvnitř válce mezi přírubou a pístem. Na konci pístnice je našroubována nářážka, přes kterou se přenáší pohyb pístnice na vyrážecí zápusťky.

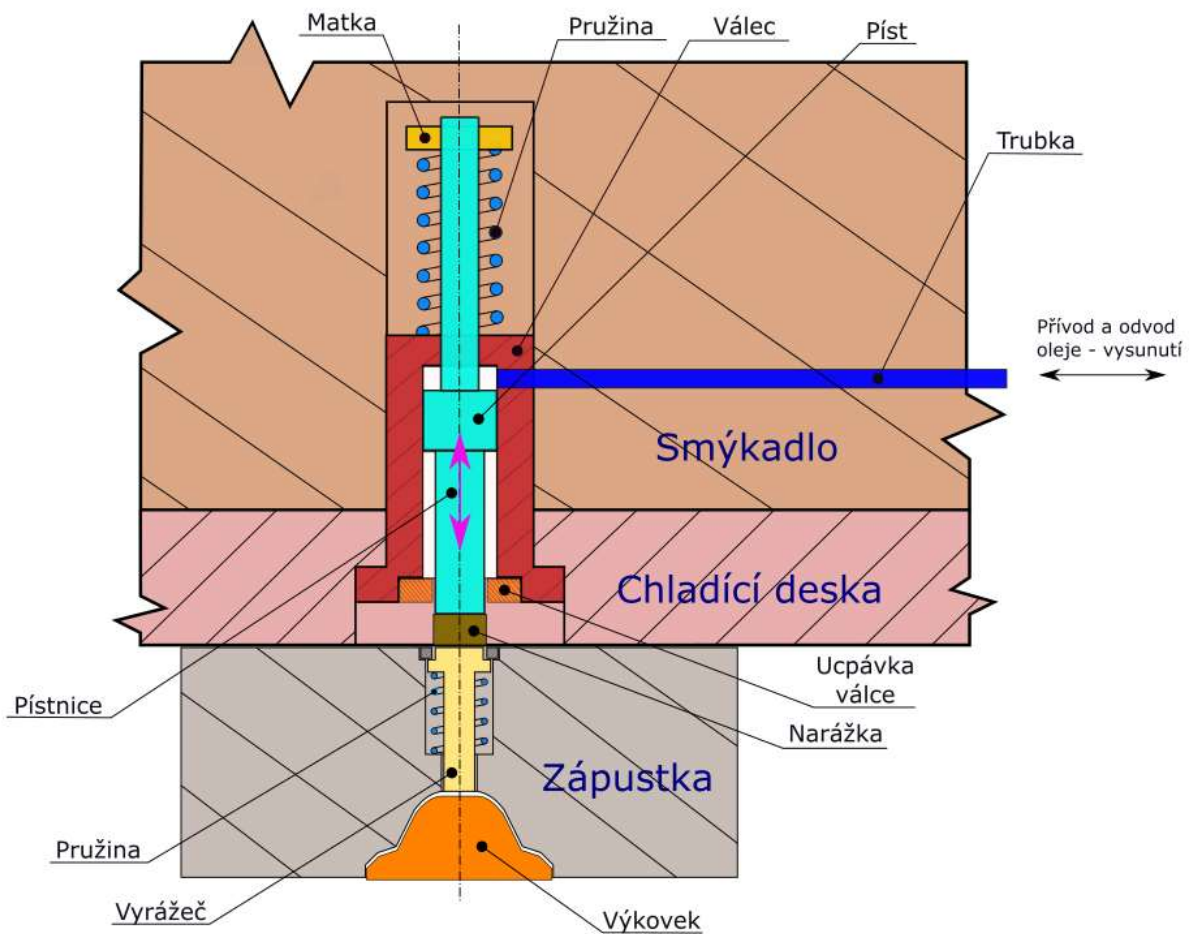


Obrázek 21. Náčrt – Alternativa C

4.4 Alternativa D – popis mechanismu

Mechanismus navržen jako celek - jednočinný přímočarý hydromotor s pružinou vně válce.

Přímočarý hydromotor je vsazen do prostupu v chladicí desce a zároveň do prostupu ve smýkadle lisu. Otvorem ve smýkadle je pomocí přívodní trubky přiveden do pístu hydraulický tlakový olej. Tím se zajišťuje pohyb pístnice vpřed. Pohyb pístnice vzad zajišťuje pružina, která je umístěna vně válce. Na konci pístnice je našroubována narážka, přes kterou se přenáší pohyb pístnice na vyrážecí zápusťky.



Obrázek 22. Náčrt – Alternativa D

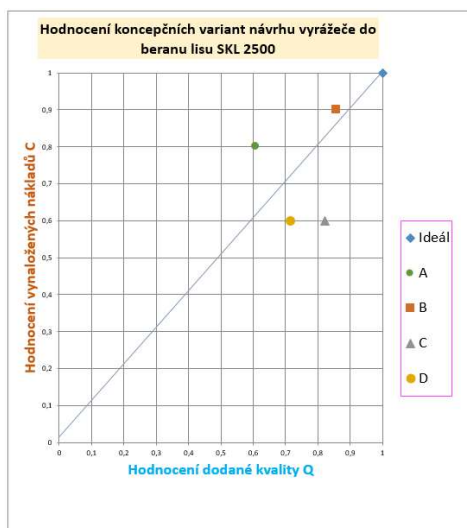
4.5 Vyhodnocení

4.5.1 Hodnocení navržených alternativ orgánové struktury TS

Tabulka 3. Hodnocení navržených alternativ orgánové struktury TS

HODNOCENÍ ALTERNATIV ORGÁNOVÉ STRUKTURY TS			Alternativa				
Stupnice	Q-T-C	Kritérium - vlastnost TS	A	B	C	D	ideál
Hodnocení	Posuzovaná kvalita	Co nejméně prostupů ve smýkadle	3	4	4	3	4
		Snadná montáž a demontáž mechanismu (mů) ze stroje (jako celku), Mechanismus jako celek	1	4	4	4	4
		Co nejmenší přenos tepla do pístnice přímočarého hydromotoru	4	2	2	2	4
		Přívody hydraulického oleje (počet)	4	2	4	4	4
		Náklady na údržbu / rok cca. 1,5 mil / cyklů	1	4	3	3	4
		Spolehlivost	3	4	3	3	4
		Jednoduchost řešení	1	4	3	1	4
		Σ hodnocení Q	17	24	23	20	28
		Σ normované hodnocení Q (0 – 1)	0,61	0,86	0,82	0,71	1
	Dodací náklady	Hydraulická soustava	4	3	4	4	4
		Hydraulický přímočarý motor (jednočinný/dvojčinný) koupený/výroba	4	4	1	1	4
		Smýkadlo - obrábění	3	4	2	2	4
		Chladicí deska - obrábění	4	3	4	4	4
		Obráběné díly mechanismu	1	4	1	1	4
		Σ hodnocení C	16	18	12	12	20
		Σ normované hodnocení C (0 – 1)	0,80	0,90	0,60	0,60	1

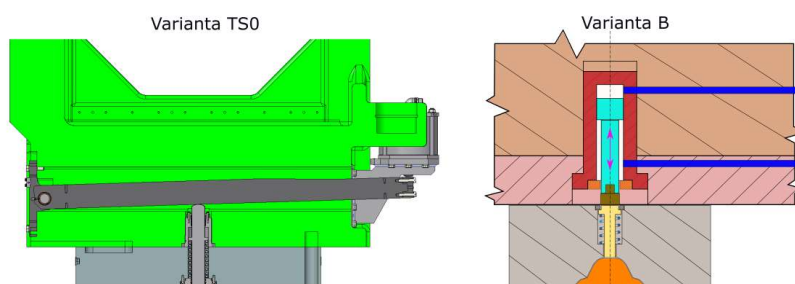
4.5.2 Vyhodnocení koncepčních variant a výběr varianty



Graf 1. Vyhodnocení koncepčních variant a výběr varianty

Navržené alternativy hodnotíme podle předpokládané kvality a možných vynaložených nákladů. Dále jsou těmto položkám přiřazena kritéria, která by navržené TS měly splňovat, a v závislosti na společném vyhodnocení těchto kritérií je možné vybrat optimální navrhované řešení. Z grafu hodnocení je vidět, že navrhované varianty C a D mají vysoké náklady na realizaci v celkovém porovnání, avšak co se týče předpokládané kvality, je toto hodnocení téměř stejné a přibližuje se variantě B. Varianta B se s variantou A nachází v prostoru nad přímkou ideálu. Pokud tyto varianty zhodnotíme samostatně, tak v posuzované kvalitě je varianta A náročnější z hlediska montáže a demontáže TS i nákladů na údržbu. V posuzovaných nákladech je pak varianta A nákladnější z důvodu většího počtu dílů TS oproti variantě B. U třech navrhovaných variant byly použity pružiny z důvodu myšlenky úspory jednoho hydraulického přívodu a tím i úspory pořizovacích nákladů, což se promítlo do hodnocení nákladů u variant C a D. Varianta A byla navržena jako původní TS0, ale pohon by zajišťoval jednočinný přímočarý hydromotor. Vzhledem k zadanému požadavku zasunutí vyrážače za 0,2s, bylo od použití pružiny upuštěno. Pružina by musela mít z důvodů požadavků na ní kladených (vyvinutí potřebné síly pro rychlé vytlačení hydraulického oleje z prostoru pístu) velkou sílu, tedy i velký průměr a délku. Dále je použití pružiny náročnější na montáž z důvodu jejího předepnutí. To jsou uvedené hlavní důvody, proč byla varianta B vybrána jako nejlepší možné řešení navrženého TS.

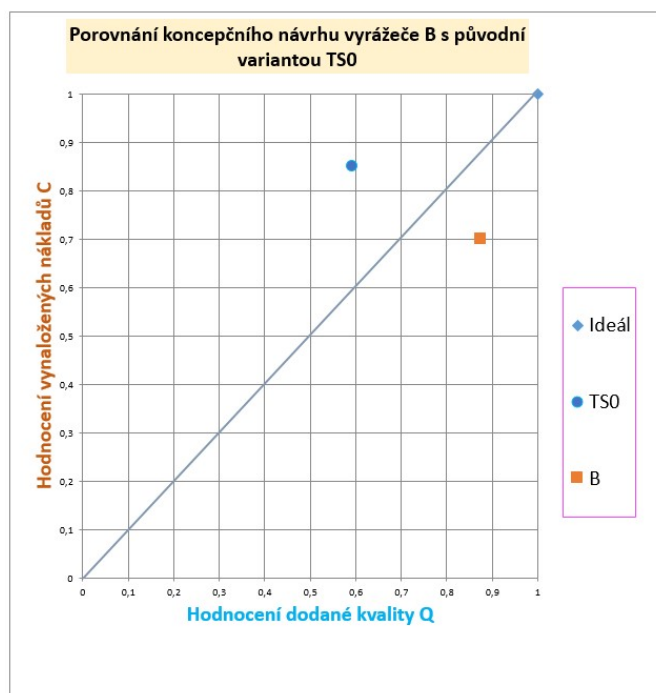
4.5.3 Porovnání koncepčního návrhu vyrážače B s původní variantou TS0



Obrázek 23. Porovnání varianty TS0 a vybrané varianty B

Tabulka 4. Porovnání koncepčního návrhu vyrážače B s původní variantou TS0

HODNOCENÍ ALTERNATIV ORGÁNOVÉ STRUKTURY TS			Alternativa		
Stupnice	Q-T-C	Kritérium - vlastnost TS	TS ₀	B	ideál
Hodnocení	Posuzovaná kvalita	Co nejméně prostupů ve smýkadle	1	4	4
		Snadná montáž a demontáž mechanismu (mů) ze stroje (jako celku), Mechanismus jako celek	1	4	4
		Co nejmenší přenos tepla do pístnice přímočarého hydromotoru	2	4	4
		Přívody hydraulického oleje (počet)	4	2	4
		Náklady na údržbu / rok cca. 1,5 mil / cyklů	3	4	4
		Spolehlivost	2	4	4
		Seřízení zdvihu	4	2	4
		Jednoduchost řešení	2	4	4
		Σ hodnocení Q	19	28	32
		Σ normované hodnocení Q	0,59	0,88	1
	(0 – 1)				
	Dodací náklady	Pneumatická / Hydraulická soustava	4	1	4
		Pneumatický / Hydraulický přímočarý motor	4	1	4
		Smýkadlo (hmotnost, obrábění)	3	4	4
		Chladicí deska - obrábění	4	4	4
		Obráběné díly	2	4	4
		Σ hodnocení C	17	14	20
		Σ normované hodnocení C	0,85	0,70	1
		(0 – 1)			



Graf 2. Porovnání koncepčního návrhu vyrážече B s původní variantou TS0

Smyslem odděleného porovnání varianty TS0 s vybranou variantou B bylo oddělit dva rozdílné systémy pohonu TS a to systém pneumatický a hydraulický. Rozdíl je v pořizovacích nákladech. Pneumatická soustava se stala standardním vybavením strojírenských firem. Jediným zdrojem je pak pomocí rozvodů možno pohánět stlačeným vzduchem nastaveného na pracovní tlak stroje i vybavení v celé firmě. To znamená, že náklady na zařízení jsou začleněny do vybavení firmy (pracoviště, dílny) v prvotní investici. U hydraulického systému je tomu jinak. Ten je navržen na každý stroj dle jeho specifických požadavků, to znamená, že každý stroj, který potřebuje k provozu tlakovou kapalinu má svoji hydraulickou soustavu. Proto při porovnávání je zřejmé, že pořizovací náklady na hydraulickou soustavu budou vyšší. Pokud ale vezmeme v úvahu pořizovací investice na pneumatickou soustavu (kompresorovna s rozvody) a náklady na provoz, nebude investice do hydraulické soustavy v porovnávání brána jako rozhodující fakt, který by tuto variantu oproti pneumatické soustavě znevýhodnil.

Pokud tyto varianty zhodnotíme samostatně, tak v posuzované kvalitě je varianta TS0 nevyhovující z hlediska velikosti prostupů ve smýkadle a velikosti mechanismu jak počtem potřebných dílů, tak ke složitosti montáže a údržby celého mechanismu k porovnávané variantě B. V posuzovaných nákladech je pak varianta B vyhodnocena jako nákladnější oproti variantě TS0, jak se dalo očekávat, z důvodu zařízení hydraulické soustavy.

Jelikož je návrh na začátku rozpracování, je předčasné jej detailněji hodnotit. Během rozpracování návrhu se mohou ještě objevit řešení, která mohou návrh vylepšit a tím i snížit pořizovací náklady.

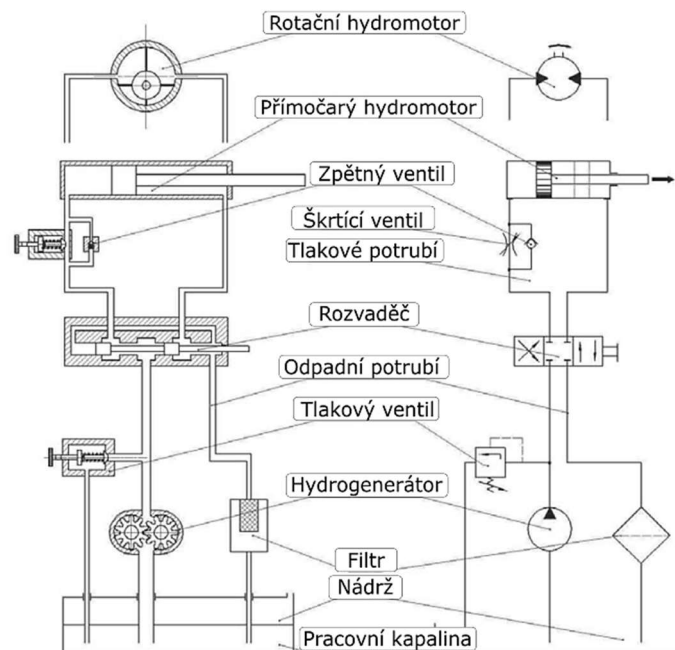
III KONSTRUKČNÍ ZPRACOVÁNÍ ZVOLENÉHO NÁVRHU

5 Návrh hydraulické soustavy

5.1 Hydraulika obecně

„Tekutinové mechanismy slouží k řízenému přenosu energie mezi jejím zdrojem (generátorem) a výkonovým členem (motorem). Nositelem energie je tekutina (plyn nebo kapalina), která se pohybuje v přenosovém systému, který je tvořen potrubím, prvky pro řízení směru, velikosti průtoku, prvky pro řízení tlaku a doplňujícími zařízeními. Ve strojírenské praxi jsou využity pro pohon hydrostatických strojů (např. lisů), hydrodynamických strojů (např. vodních turbín) a obdobně pro pohon strojů pneumostatických a pneumodynamických.“[4]

5.1.1 Schéma



Obrázek 24. Základní struktura hydraulického obvodu [4]

5.1.2 Popis jednotlivých částí

„I. **Hydrogenerátor** - přeměňuje mechanickou (převedenou z elektrické) energii na tlakovou energii kapaliny.

II. **Přímočarý (nebo rotační) hydromotor** - Přeměňuje vstupní tlakovou energii vyvozenou hydrogenerátorem na mechanickou energii potřebnou pro pohon stroje.

III. **Rozvaděče** - umožňují řídit průtok pracovní kapaliny požadovaným směrem, čímž umožní řízení směru pohybu hydromotoru.

IV. **Tlakové ventily** - jsou určeny pro řízení velikosti tlaku v hydraulickém obvodu. Určují tím sílu přímočarého hydromotoru nebo točivý moment rotačního hydromotoru. Speciální

druhy tlakových ventilů jsou redukční ventily, které slouží k odebrání nižšího tlaku z hlavní tlakové větve.

V. **Škrticí ventil** - prvek pro řízení velikosti průtoku. Řídí tím rychlost pohybu přímočarého hydromotoru nebo otáčky rotačního hydromotoru.

VI. **Nádrž** - je beztlaký otevřený zásobník hydraulické kapaliny pro hydraulický obvod. Speciálním druhem jsou akumulátory, které slouží jako tlakový zásobník pracovní kapaliny (uzavřená nádoba).

VII. **Propojovací vedení** - vedení spojuje jednotlivé prvky hydraulického obvodu. Jedná se o potrubí, hadice nebo vrtané bloky. V každém druhu potrubí jsou povoleny různé průtočné rychlosti.

VIII. **Filtry** - zabezpečují čistotu pracovní kapaliny nebo přisávaného vzduchu do nádrže.

IX. **Pracovní kapalina** - medium, které zprostředkovává přenos tlakové energie v hydraulickém obvodu. Hydraulické prvky musí být přizpůsobeny druhu pracovní kapaliny.“ [4]

5.2 Návrh parametrů přímočarého hydromotoru

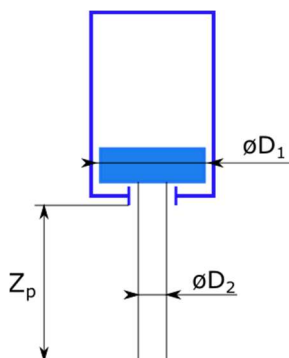
5.2.1 Výpočet potřebného průměru válce

$$\text{Požadovaná síla:} \quad F_{1p} = 50 \text{ kN} \quad (5.2.1-1)$$

$$\text{Požadovaný minimální průměr pístnice:} \quad D_{2n} = 55 \text{ mm} \quad (5.2.1-2)$$

$$\text{Navržený pracovní tlak v soustavě:} \quad p_{1n} = 16 \text{ MPa} \quad (5.2.1-3)$$

$$\text{Požadovaný zdvih:} \quad Z_p = 50 \text{ mm} \quad (5.2.1-4)$$



Obrázek 25. Přímocharý hydromotor – návrh

$$\text{Návrh průměru pístu:} \quad D_{1n} = \sqrt{\frac{4 * F_{1p}}{p_{1n} * \pi}} = 63,078 \text{ mm} \quad (5.2.1-5)$$

5.2.2 Průzkum trhu - výběr přímočarého hydromotoru + konfigurace

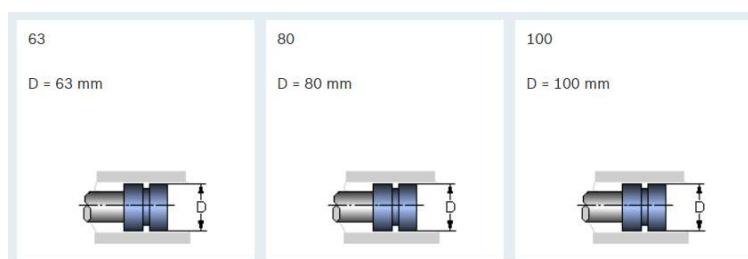
Výběr válce z katalogu od firmy Boschrexroth. Důvodem výběru této firmy pro konfiguraci válce byla jejich pestrá nabídka, možnosti nakonfigurování různých variant a přívětivé intuitivní prostředí konfigurace. Jelikož v nabídce této firmy jsou komponenty pro sestavení nejnáročnějších hydraulických soustav, budou všechny navržené komponenty hydraulické soustavy vybírány a nakonfigurovány od této firmy.

Válec bude přichycený přes přírubu k chladicí desce, proto vybrán v katalogu tento typ.

MF3
Round flange at head end

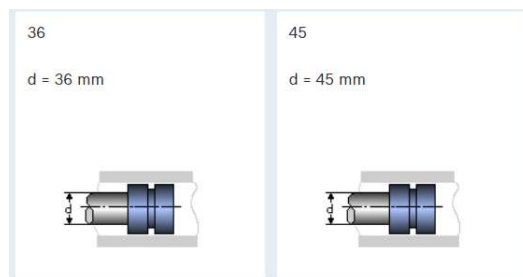


Obrázek 26. Typ připojení pomocí příruby [11]



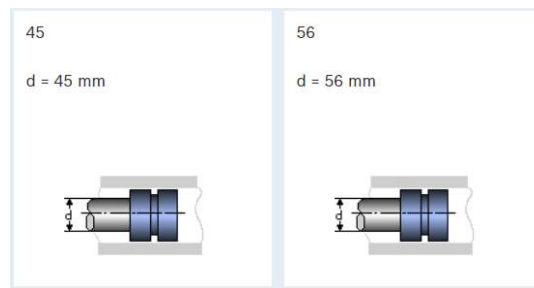
Obrázek 27. Řada nabízených průměrů válců [11]

Dle výpočtu návrhu byl vybrán válec o minimálním průměru 63 mm. V tomto průměru je nabízen průměr pístnice ve dvou variantách a to v průměru 36 mm a 45 mm.



Obrázek 28. Nabízené průměry pístnic pro průměr pístu 63 mm [11]

To ale nevyhovuje požadovanému minimálnímu průměru pístnice. Proto je vybrán válec s nejbližším vyšším průměrem 80 mm, ke kterému jsou nabízeny průměry pístnic 45 mm a 56 mm.



Obrázek 29. Nabízené průměry pístnic pro průměr pístu 80 mm [11]

Dále jsou ověřeny všechny požadované hodnoty pro vybraný válec.

Síla dosahovaná vybraného válce s navrženým tlakem v hydraulické soustavě je dle výpočtu:

Průměr pístu vybraného válce: $D_{1v} = 80 \text{ mm}$ (5.2.2-1)

Plocha pístu vybraného válce při vysouvání: $S_{1v} = \frac{\pi * D_{1v}^2}{4} = 5026,5 \text{ mm}^2$ (5.2.2-2)

Vyvinutá síla vybraného válce: $F_{1vv} = p_{1n} * S_{1v} = 80,4 \text{ kN}$ (5.2.2-3)

Protože síla vychází o 30 kN vyšší než požadovaná, je možné jí snížit snížením tlaku v soustavě z navrhovaných 16 MPa na 10 MPa.

Pracovní tlak v soustavě po snížení: $p_1 = 10 \text{ MPa}$ (5.2.2-4)

Výsuvná síla po snížení tlaku: $F_{1v} = p_1 * S_{1v} = 50,3 \text{ kN}$ (5.2.2-5)

Průměr pístnice vybraného válce: $D_{2z} = 56 \text{ mm}$ (5.2.2-6)

Plocha pístu vybraného válce při zasouvání: $S_{2z} = \frac{(\pi * (D_{1v}^2 - D_{2z}^2))}{4} = 2563,5 \text{ mm}^2$ (5.2.2-7)

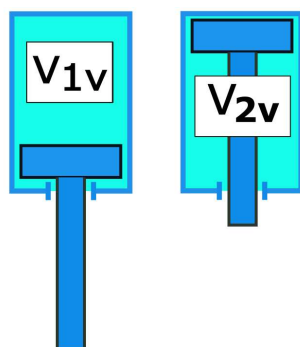
Zasouvací síla po snížení tlaku: $F_{2z} = p_1 * S_{2z} = 25,6 \text{ kN}$ (5.2.2-8)

5.3 Požadavky na hydraulickou soustavu a komponenty

- Pístnice bude pracovat v prostředí par z grafitového maziva
- Mechanické nečistoty se nebudou ze zápusky (mechanismu vyrážeče) dostávat k pístnici
- Z důvodu přítomnosti grafitu je požadavek na těsnění ucpávky přímočarého hydromotoru - chemicky stálé
- Z důvodu možnosti zahoření zvolit u hadic, které budou propojovat pohybující se části (smýkadlo) pancéřový oplet
- Výplach média z prostoru nad i pod pístem. Důvodem výplachu je chlazení hydraulického oleje a tím i přímočarého hydromotoru a jeho těsnících prvků. Teplo se bude přenášet ze smýkadla lisu do přímočarého hydromotoru a dále se bude médium s každým cyklem stlačovat a tím pádem i zahřívat. Proto je nutné zajistit, aby olej z prostoru nad i pod pístem odtékal zpět do nádrže - cirkuloval.

5.4 Přímočarý hydromotor – výplach

5.4.1 Přímočarý hydromotor – výplach – ověření požadavku početně



Obrázek 30. Objem pod a nad pístem

$$\text{Objem média nad pístem:} \quad V_{1v} = S_{1v} * Z_p = 0,00025 \text{ m}^3 = 0,25 \text{ l} \quad (5.4.1-1)$$

$$\text{Objem média pod pístem:} \quad V_{2v} = S_{2v} * Z_p = 0,00013 \text{ m}^3 = 0,13 \text{ l} \quad (5.4.1-2)$$

Objem média v přívodní trubce:

$$\text{Délka přívodní trubky:} \quad l_{př} = 980 \text{ mm} \quad (5.4.1-3)$$

$$\text{Vnitřní průměr přívodní trubky:} \quad d_{př_{18}} = 18 \text{ mm} \quad (5.4.1-4)$$

$$\text{Plocha přívodní trubky:} \quad S_{př} = \frac{\pi * d_{př_{18}}^2}{4} = 254,5 \text{ mm}^2 \quad (5.4.1-5)$$

$$\text{Objem média v přívodní trubce:} \quad V_{př} = S_{př} * l_{př} = 0,00025 \text{ m}^3 = 0,25 \text{ l} \quad (5.4.1-6)$$

Poměr objemu V_{1v} a V_{2v} s objemem přívodní trubky:

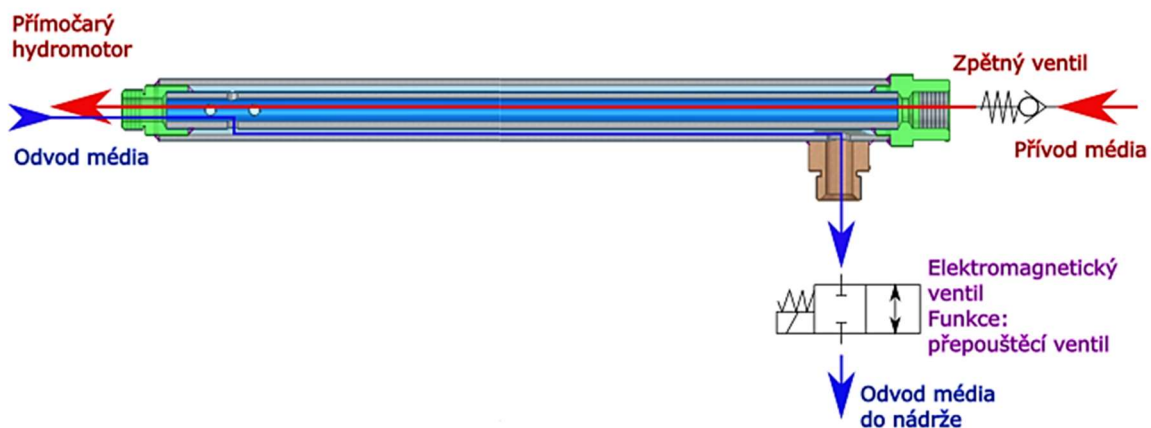
$$n_{nad_píst} = \frac{V_{1v}}{V_{př}} = 1,008 \quad (5.4.1-7)$$

$$n_{pod_píst} = \frac{V_{2v}}{V_{př}} = 0,514 \quad (5.4.1-8)$$

Dle výpočtů vidíme, že objem V_{1v} je stejný jako objem v přívodní trubce $V_{př}$ (od přímočarého hydromotoru na konec smýkadla) a objem V_{2v} je dokonce jen poloviční. To znamená, že při použití klasického přívodu k výplachu vůbec nedojde, médium bude uzavřené a bude se v závislosti na cyklech stále více zahřívat (stlačováním + ohříváním od smýkadla lisu).

5.4.2 Návrh řešení – výplach

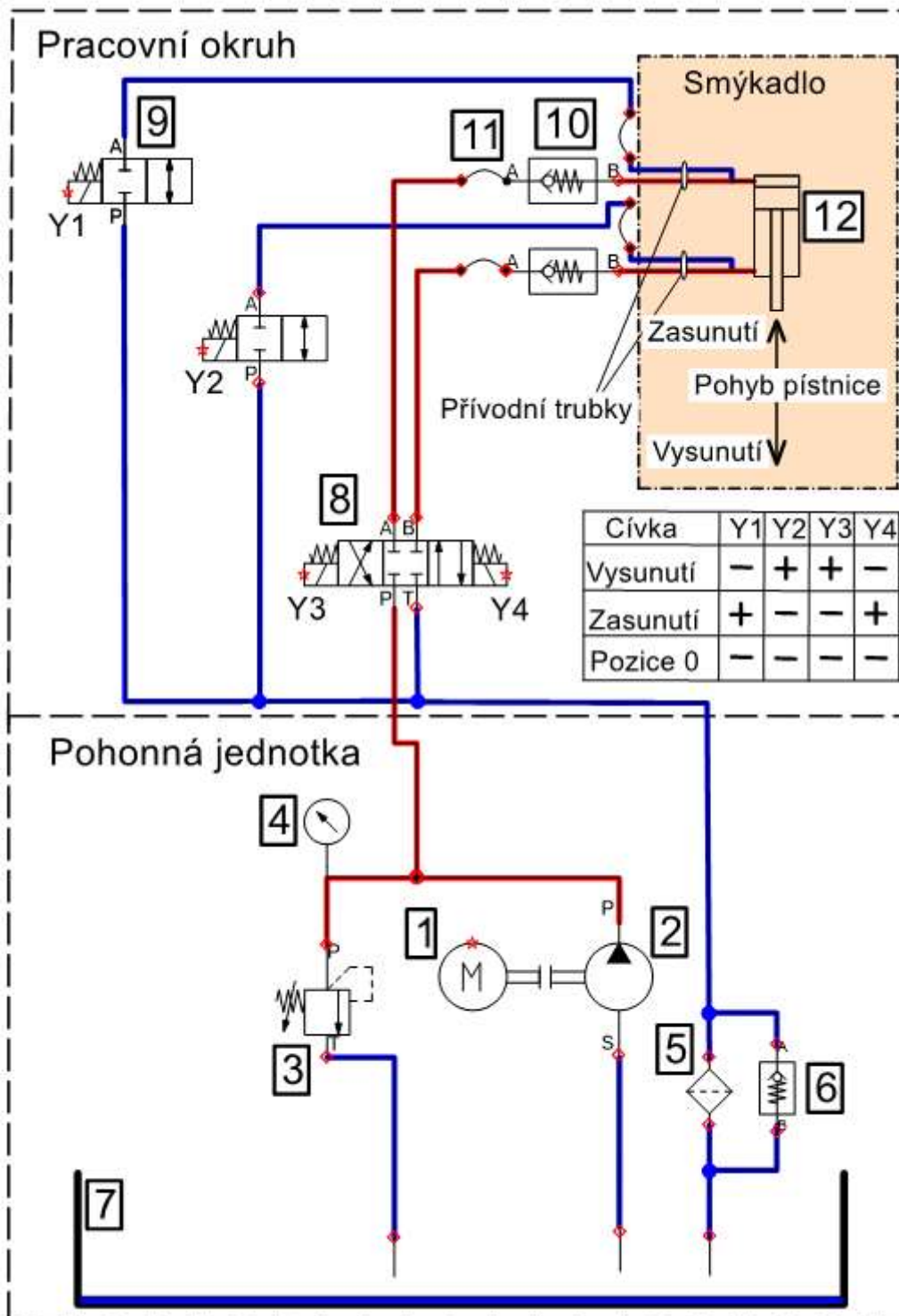
Vnitřní trubkou je přivedeno médium. Před vstupem do přívodní trubky je zpětný ventil, který zabrání při vytlačování média z pístu zpětnému toku a to se začne vytlačovat prostorem mezi vnitřní a vnější trubkou. Viz. obrázek [31]. Elektromagnetický ventil bude při vtláčování média do přímočarého hydromotoru uzavřený, aby zabránil odtoku média. Při vytlačování média z přímočarého hydromotoru bude ventil otevřený a zajistí odvedení média do nádrže. Řízení bude zajišťovat řídicí jednotka lisu.



Obrázek 31. Přívodní trubka - popis funkce

5.5 Návrh schéma hydraulické soustavy

Návrh soustavy byl proveden v programu „Scheme Editor 6“ od firmy Bosch Rexroth



Obrázek 32. Navržená hydraulická soustava – pro jeden přímočarý hydromotor

Navržená hydraulická soustava se skládá ze dvou okruhů:

- Pohonná jednotka - Agregát
- Pracovní okruh

Tabulka 5. Součásti hydraulické soustavy

1)	Motor	7)	Nádrž
2)	Čerpadlo	8)	Ventil 4/3 ovládaný solenoidy
3)	Pojistný ventil	9)	Ventil 2/2 ovládaný solenoidem
4)	Tlakoměr	10)	Zpětný ventil s pružinou
5)	Filtr	11)	Hadice
6)	Zpětný ventil s pružinou	12)	Přímočarý hydromotor - dvojčinný

5.5.1 Návrh jednotlivých částí hydraulické soustavy

5.5.1.1 Návrh čerpadla

Požadovaný čas vysunutí přímočarého hydromotoru:

$$t_{vys} = 0,2 \text{ s} \quad (5.5.1.1-1)$$

Požadovaný čas zasunutí přímočarého hydromotoru:

$$t_{zas} = 0,2 \text{ s} \quad (5.5.1.1-2)$$

Rychlost vysunutí – střední:

$$v_{vys_stř} = \frac{Z_p}{t_{vys}} = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (5.5.1.1-3)$$

Rychlost vysunutí vypočtená je střední rychlost, proto je rychlost zvýšená na

$$v_{vys} = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (5.5.1.1-4)$$

Pro vybraný průměr D_1 přímočarého hydromotoru je plocha pístu:

$$S_{1v} = 5026,5 \text{ mm}^2 \quad (5.5.1.1-5)$$

Objemový průtok čerpadla (pro vysunutí):

$$Q_v = S_{1v} * v_{vys} = 1,5 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad (5.5.1.1-6)$$

Velikost čerpadla

Výpočtový objem čerpadla V_g je objem, který musí přečerpat čerpadlo za jednu otáčku, aby zvládlo požadovaný objemový průtok.

Účinnost pro zubové čerpadlo:

$$\eta_z = 0,92 \quad (5.5.1.1-7)$$

Otáčky motoru uvažujeme:

$$n = 1450 \frac{\text{ot}}{\text{min}} \quad (5.5.1.1-8)$$

Výpočtový objem čerpadla:

$$V_g = \frac{Q_v}{n * \eta_z} = 68 \frac{\text{cm}^3}{\text{ot}} \quad (5.5.1.1-9)$$

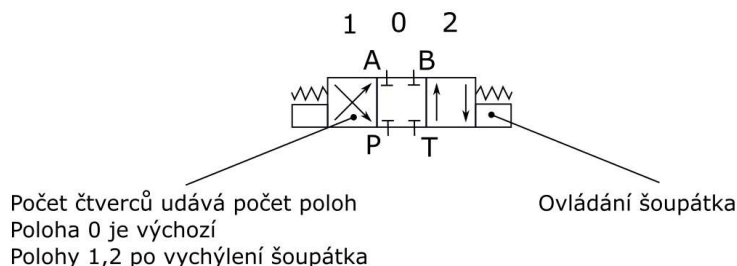
5.5.1.2 Návrh rozvaděče

Předběžně se rozvaděč navrhuje dle této tabulky průtoků

Tabulka 6. Rozdělení typů rozvaděčů dle průtoku [4]

Rozvaděč Rexroth Typu WE	Maximální průtok [l/min]
WE 6	60
WE 10	120
WE 16	300

Dle této tabulky byl vybrán rozvaděč WE typu E s uzavřeným středem o velikosti DN 10 a maximálním průtokem $120 \frac{l}{min}$, jelikož je objemový průtok čerpadla $Q_v = 1,5 \frac{l}{s} = 90,5 \frac{l}{min}$ (pro vysunutí).



Obrázek 33. Schématická značka rozvaděče R 4/3 [4]

Rozvaděč označený R 4/3 je rozvaděč čtyřcestný (4 kanály A, B, P, T) a třípolohový (0, 1, 2).

P – přívod oleje do šoupátka od hydrogenerátoru

A, B – odvod oleje k hydromotoru (před a za píst)

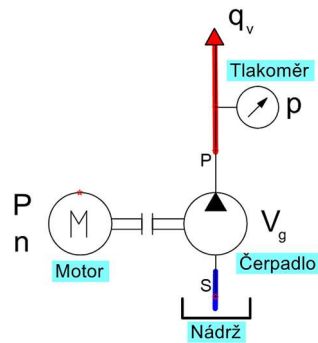
T – odvod oleje do nádrže

Tlakové ztráty v cestě:

A – P jsou 6 barů

T – B jsou 6 barů

5.5.1.3 Návrh elektromotoru



Obrázek 34. Schéma čerpadla, motoru, nádrže a tlakoměru [4]

„Pojistný tlakový ventil zabraňuje stoupenutí tlaku v hydraulickém obvodu nad stanovenou hodnotu a jistí tím mechanismus proti přetížení. Otvírá se při překročení jmenovitého tlaku o 10 – 20 %“[4].

Tlak na přepouštěcím ventilu stanoven na:

$$p_p = 12 \text{ MPa} \quad (5.5.1.3-1)$$

Celková účinnost motoru:

$$\eta_m = 0,92 \quad (5.5.1.3-2)$$

Příkon motoru:

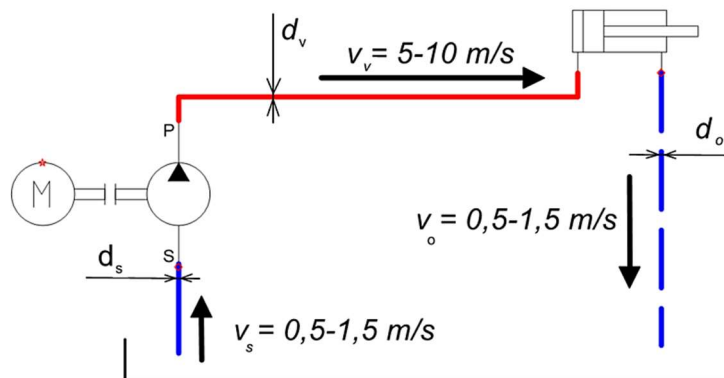
$$P_m = Q_v * p_p * \frac{1}{\eta_m} = V_g * n * p_p * \frac{1}{\eta_m} = 21,38 \text{ kW} \quad (5.5.1.3-3)$$

5.5.1.4 Velikost nádrže

Objem nádrže se volí (3-5) krát objemový průtok čerpadla: $Q_v = \frac{l}{min}$

$$V_n = 4 * Q_v = 362 \text{ l} \quad (5.5.1.4-1)$$

5.5.1.5 Výpočet ztrát v potrubí



Obrázek 35. Schéma pro výpočet ztrát v potrubí [4]

Uvažovaná délka výtlačného potrubí od čerpadla k hydromotoru:

$$l_p = 5 \text{ m} \quad (5.5.1.5-1)$$

Rychlost ve výtlačném potrubí se připouští $5 - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, volím:

$$v_v = 6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (5.5.1.5-2)$$

Odvození vztahu pro výpočet průměru výtlačného potrubí:

$$Q_v = S_v * v_v \quad \Rightarrow \quad S_v = \frac{Q_v}{v_v} \Rightarrow \pi * \frac{d_v^2}{4} = \frac{Q_v}{v_v} \quad (5.5.1.5-3)$$

Průměr výtlačného potrubí:

$$d_v = \sqrt{\frac{4 * Q_v}{\pi * v_v}} = 17,2 \text{ mm} \quad (5.5.1.5-4)$$

Průměr výtlačného potrubí v závislosti na výpočtu navržen $d_{vn} = 18 \text{ mm}$.

Tlaková ztráta prouděním v potrubí – obecně:

$$\Delta p_2 = \lambda * \frac{l}{d} * \frac{v^2}{2} * \rho \quad (5.5.1.5-5)$$

Určení ztrátového součinitele:

Pro laminární proudění:

(musí být v sacím potrubí)

$$\lambda_l = \frac{75}{Re} \quad (5.5.1.5-6)$$

Pro turbulentní proudění:

(musí být v sacím potrubí)

$$\lambda_t = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (5.5.1.5-7)$$

Pro laminární proudění:

$$Re \leq 2320 \quad (5.5.1.5-8)$$

Pro turbulentní proudění:

$$Re > 2320 \quad (5.5.1.5-9)$$

Pracovní kapalina

Hydraulický olej HLPV 46

Kinematická viskozita
hydraulického oleje:

$$\nu = 46 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}} = 0,000046 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = \text{pro } 40^\circ\text{C} \quad (5.5.1.5-10)$$

Měrná hmotnost:

$$\rho = 890 \text{ kg/m}^3 \quad (5.5.1.5-11)$$

Reynoldsovo číslo ve výtlačném
potrubí vypočteme ze vztahu:

$$R_{ev} = \frac{v_v * d_{vn}}{\nu} = 2543 \quad (5.5.1.5-12)$$

Ve výtlačném potrubí je dle výpočtu $R_e < R_{ev}$ turbulentní prouděníZtrátový součinitel pro turbulentní
proudění:

$$\lambda_t = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{R_{ev}}} = 0,045 \quad (5.5.1.5-13)$$

Tlaková ztráta ve výtlačném
potrubí:

$$\Delta p_v = \lambda_t * \frac{l_p}{d_{vn}} * \frac{v_v^2}{2} * \rho = 0,233 \text{ MPa} \quad (5.5.1.5-14)$$

Celková ztráta na výtlačném potrubí včetně průtoku rozvaděčem kanálem P -> A Δp_R tlaková ztráta v rozvaděči-viz. katalog

$$\Delta p_R = 0,6 \text{ MPa} \quad (5.5.1.5-15)$$

Celkové tlakové ztráty

$$\Delta p_{zcv} = \Delta p_v + \Delta p_R = 0,833 \text{ MPa} \quad (5.5.1.5-16)$$

Ztráta výkonu tlakovou ztrátou:

$$\Delta P = \Delta p_{zcv} * Q_v = 1,3 \text{ kW} \quad (5.5.1.5-17)$$

Celkový potřebný výkon motoru:

$$P_c = \Delta P + P = 22,6 \text{ kW} \quad (5.5.1.5-18)$$

5.5.1.6 Určení světlosti sacího a odpadního potrubí

Sací potrubí:

Rychlosti proudění v sacím potrubí se připouští:

$$0,5 - 1,5 \text{ m/s} \quad (5.5.1.6-1)$$

Volím

$$v_s = 1 \text{ m/s}$$

Průměr potrubí:

$$d_s = \sqrt{\frac{4 * Q_v}{\pi * v_s}} = 43,8 \text{ mm} \quad (5.5.1.6-2)$$

Odpadní potrubí:

Rychlosti proudění v odpadním potrubí se připouští: $2 - 5 \text{ m/s}$ (5.5.1.6-3)

Volím

$$v_o = 4 \text{ m/s}$$

Průměr potrubí:

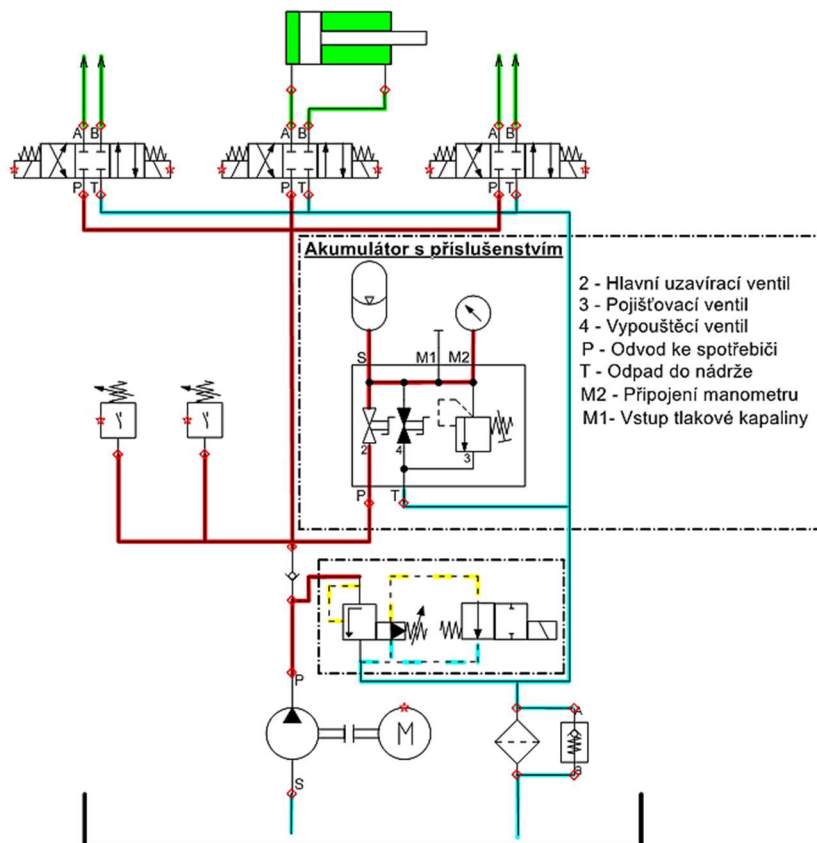
$$d_o = \sqrt{\frac{4 * Q_v}{\pi * v_o}} = 22 \text{ mm} \quad (5.5.1.6-4)$$

Závěr z návrhu:

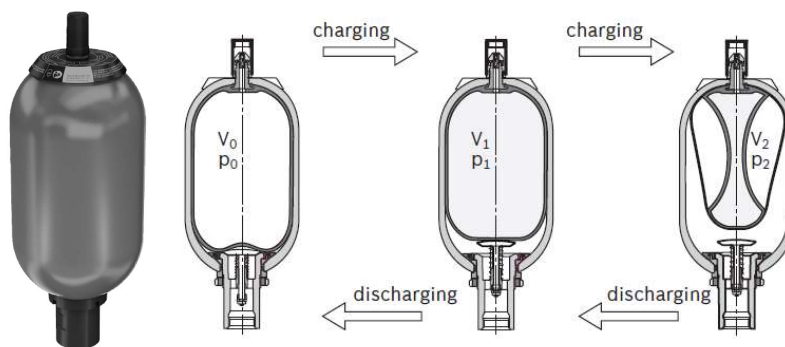
Výpočet je dimenzován pro jeden přímočarý hydromotor. To znamená příkon motoru čerpadla je asi 22,6 kW a velikost nádrže cca. 360 l. Pokud je třeba pohybovat s třemi přímočarými hydromotory současně, což je maximální zatěžující stav, je potřeba motor o příkonu zhruba 67,8 kW a nádrž okolo 1080 l. Protože je soustava maximálně vytížena 0,4 s za 6 s, bude z důvodu úspory do soustavy vložen akumulátor, který zajistí potřebný objem tlakového oleje v požadovaném okamžiku a zároveň se sníží požadavek na příkon motoru a velikosti nádrže.

5.5.1.7 Návrh akumulátoru

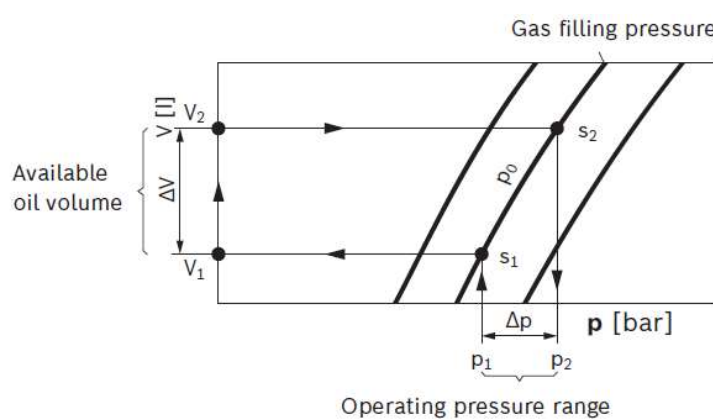
Následující obrázek zobrazuje základní zapojení akumulátoru v hydraulické soustavě



Obrázek 36. Příklad začlenění akumulátoru do hydraulické soustavy [3]



Obrázek 37. Akumulátor - změny tlaku a objemu [11]



Graf 3. Akumulátor - změna tlaku v závislosti na objemu [11]

Při návrhu budeme vycházet z výpočtů kapitoly 5.4.1

Tabulka 7. Maximální spotřeba oleje pro jeden cyklus stroje

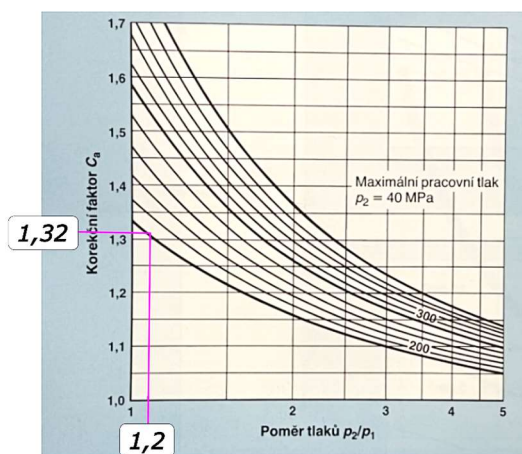
Při vysunutí tří vyrážeců najednou – spotřeba oleje	$0,25 \text{ l} * 3 = 0,75 \text{ l}$
Při zasunutí tří vyrážeců najednou – spotřeba oleje	$0,13 \text{ l} * 3 = 0,4 \text{ l}$
Takt stroje	10 zdvihů/min
Čas cyklu	6 s
Čas - vysunutí + zasunutí	0,4 s
Nabití za	5,6 s
Za 0,4s pohyb vysunutí + zasunutí = spotřeba oleje	$0,75 \text{ l} + 0,4 \text{ l} \approx 1,2 \text{ l}$
Průtok dle požadovaného taktu	$10 * 1,2 \text{ l} = 12 \text{ l/min}$

Tabulka 8. Vstupní hodnoty pro výpočet objemu akumulátoru

Jmenovitý tlak soustavy	$p_{1_A} = 10 \text{ MPa}$
Maximální pracovní tlak	$p_{2_A} = 11,9 \text{ MPa}$
Minimální provozní tlak – zapnutí čerpadla	$p_{1_{Am}} = 10,1 \text{ MPa}$
Doba nabíjení akumulátoru při teplotě 45°C	$t_{A_{nabití}} = 5,6 \text{ s}$
Dobíjení akumulátoru při teplotě	$T_B = 45^\circ\text{C}$
Efektivní objem při plnění tlaku	$V_0 \text{ [l]}$
Objem při minimálním tlaku	$V_1 \text{ [l]}$
Objem při maximálním tlaku	$V_2 \text{ [l]}$
Užitečný (využitelný) objem – spotřeba 1,2 l + rezerva 0,6 l	$\Delta V = 1,8 \text{ l}$
Určení plnicího tlaku	$p_{0_A} = 0,9 * p_{1_m} = 9,09 \text{ MPa}$

Určení nutného objemu plynu (předpoklad použití dusíku) - ideální

$$V_{0_{id}} = \frac{\Delta V}{\left(\frac{p_{0_A}}{p_{1_A}}\right)^{0,714} - \left(\frac{p_{0_A}}{p_{2_A}}\right)^{0,714}} = 17,6 \text{ l} \quad (5.5.1.7-1)$$

Graf 4. Určení korekčního faktoru C_a na poměru tlaků p_{2_A}/p_{1_A} při adiabatické změně [3]

Poměr tlaků pro odečtení c_a :

$$\frac{p_{2_A}}{p_{1_A}} = 1,2 \quad (5.5.1.7-2)$$

Určení korekčního součinitele z grafu:

$$c_a = 1,32 \quad (5.5.1.7-3)$$

Efektivní objem plynu – reálný:

$$V_{0_{eff}} = c_a * V_{0_{id}} = 23,2 \text{ l} \quad (5.5.1.7-4)$$

5.5.1.7.1 Výběr akumulátoru z katalogu na základě vypočtených hodnot

Tabulka 9. Akumulátor - důležité hodnoty pro výběr [11]

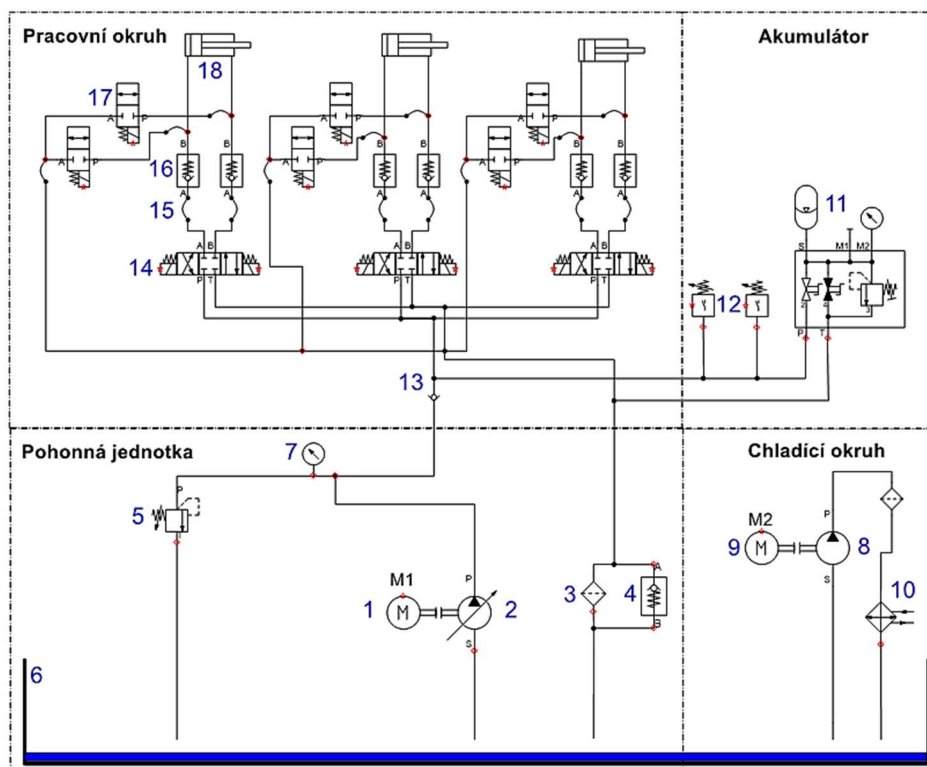
General											
Nominal volume	V_{nom}	l	1	2.5	4	6	10	20	24	32	50
Weight		kg	7	10	16.5	20	32	53	61	85	123
Design	Bladder-type accumulator										
Installation position	Bottom fluid connection socket, others upon request										
Type of mounting	With clamping collars and console										
Line connection	Screw-in thread										
Surface	Primed, blue color (RAL 5010)										
Hydraulic											
Nominal volume	V_{nom}	l	1	2.5	4	6	10	20	24	32	50
Effective gas volume	V_{eff}	l	1.0	2.4	3.7	5.9	9.2	18.1	24.5	33.4	48.7
Maximum flow	q_{max}	l/min	240	450	450	450	900	900	900	900	900
Maximum operating pressure	p_{max}	bar	330	330	330	330	330	330	330	330	330
			350	350	350	350	-	-	-	-	-
Maximum pressure fluctuation range	$\Delta p_{dyn} = p_2 - p_1$	bar	200	200	200	200	125	125	125	125	125
Operating pressures and useful volume	See calculations on page 6 ... 9										

Efektivní objem plynu dle výpočtu je 23,2 l. Proto z uvedené nabídky byl vybrán akumulátor o nominálním objemu 24 l s efektivním objemem plynu 24,5 l. Pokud budou v cyklu použity všechny tři vyrážecí najednou, což je maximální odběr, bude potřeba dát požadavek do řídicí jednotky hydraulické soustavy, aby se aktivovalo čerpadlo po skončení cyklu vyrážecí a došlo tak k dobití akumulátoru po každém cyklu. Tímto bude zajištěno, aby nenastal stav, kdy se bude tlak v akumulátoru blížit tlaku pro sepnutí čerpadla pro nabití a zároveň bude požadavek tlakového oleje na provedení pracovního cyklu. Mohlo by se stát, že by čerpadlo nestačilo dodat potřebný objem oleje v požadovaném tlaku, což by mohlo způsobit snížení pracovní síly vyrážecí a následné nevyražení výkovku ze zápustky. Další poznatek z návrhu je, že pokud se budeme držet pravidla, že přepouštěcí tlak v hydraulické soustavě nesmí překročit 10 - 20 % jmenovitého tlaku soustavy, je to jeden z hlavních důvodů, proč vychází výpočtový objem akumulátoru tak velký vzhledem ke spotřebě tlakového oleje na jeden cyklus stroje. Pokud bychom v soustavě zvedli přepouštěcí tlak, výpočtový objem akumulátoru by se snížil. Ale vzhledem k tomu by se i neúměrně zvyšovala vyrážecí síla oproti zadání, proto bylo od této varianty upuštěno. Při výpočtu nebyly zahrnuty ztráty v potrubí a v rozvaděčích.

5.5.1.8 Chlazení hydraulické soustavy

Do navrženého hydraulického okruhu je vložena aktivní chladicí soustava. Zařazení soustavy bylo provedeno na základě zkušeností podobných hydraulických soustav a z tohoto důvodu nebude v této práci podložena výpočty.

5.5.2 Detailní popis součástí konečného návrhu hydraulické soustavy



Obrázek 38. Konečný návrh hydraulické soustavy - schéma

Navržená hydraulická soustava se skládá ze čtyř okruhů:

- Pohonná jednotka (agregát)
- Akumulátor
- Pracovní okruh
- Chladicí okruh

Součásti hydraulické soustavy:

1)	Motor	10)	Chladič vodní
2)	Axiální pístové čerpadlo s výkonovou regulací	11)	Akumulátor vakový
3)	Filtr	12)	Tlakové spínače
4)	Zpětný ventil s pružinou	13)	Zpětný ventil bez pružiny
5)	Pojistný ventil	14)	Ventil 4/3 ovládaný solenoidy
6)	Nádrž	15)	Hadice
7)	Tlakoměr - manometr	16)	Zpětný ventil s pružinou
8)	Zubové čerpadlo	17)	Ventil 2/2 ovládaný solenoidem
9)	Motor chlazení	18)	Přímočarý hydromotor - dvojčinný

5.5.2.1 Hlavní parametry jednotlivých částí hydraulické soustavy

Popis a hlavní parametry hydraulického pohonu:

Nádrž osazená příslušenstvím:

- Objem 400 dm³
- plnicí a odvzdušňovací filtr
- stavoznak
- hladinoměr
- termostat
- záchytná vana

Hlavní pohonná jednotka:

- axiální pístové čerpadlo s výkonovou regulací typ A10VSO45
- $Q_1 = 75$ l/min, $p_1 = 250$ bar
- elektromotor $P_1 = 22$ kW; $n = 1750$ ot/min, 440 V, 60 Hz, IE3
- tlakový filtr NG400
- odlehčovací ventil

Filtrace a chlazení:

- samostatný filtrační a chladicí okruh $Q_2 = 63$ dm³/min, $p = 10$ bar
- Elektromotor $P_2 = 2,2$ kW, $n = 1750$ ot/min, 440 V, 60 Hz, IE3
- Potrubní filtr s elektrickou signalizací znečištění filtrační vložky – filtrace 10 μm,
- Vodní chladič 9 kW

Rozvodný blok:

- Elektrický rozvaděč NG16 s hlídáním polohy šoupátka
- Škrťací ventil dvojitý NG16
- Tlakový spínač

Akumulátor:

- Vakový akumulátor, $V = 24$ dm³
- Pojišťovací blok NG24

Dosahované parametry zařízení:

- Síla pracovní min. ($p = 100$ bar) $F = 50$ kN
- Rychlost pracovní max. $v = 300$ mm/s
- Rychlost zpětná max. $v = 300$ mm/s
- Válec (CDM1MF3/80/56/50A2X/R11LE) průměr 80 mm / zdvih 50 mm / 3ks

Obecná doporučení k provozování:

pracovní kapalina – minerální olej ISO VG46 (Mobil DTE 25, ESSO NUTO 46, OH – HV46)

- pracovní teplota kapaliny 25 – 55°C
- minimální čistota oleje v nádrži – třída 8 dle NAS 1638, (19/17/14 dle ISO/DIN 4406/99)
- doporučený filtrační koeficient $\beta_{10} > 100$
- rozsah viskozity 10 až 300 mm²/s

5.5.2.2 Orientační cenová nabídka

Cena byla stanovena na základě cenové nabídky pro podobný lis. Orientační cenová nabídka celé soustavy je okolo 800 000 Kč.

6 Přívodní trubka

Přívodní trubka bude zajišťovat cirkulaci hydraulického oleje v soustavě. To znamená, že po vytlačení pístu přímočarého hydromotoru hydraulickým olejem do požadované polohy (vysunutí – zasunutí), se odpadním potrubím vrátí zpět do nádrže. Po ochlazení se bude hydraulický olej zpět nasávat čerpadlem a bude tlačěn do pracovního okruhu soustavy.

6.1 Návrh výroby

6.1.1 Výběr polotovarů a kontrola návrhu

Vhodný polotovar byl vybrán z katalogu od firmy „Parker“. Nabízeny jsou trubky v jakosti EN 1.0308 dle ČSN 11 353 a EN 1.4571 dle ČSN 17 348. Vybrán materiál s níže uvedenými mechanickými vlastnostmi:

Tabulka 10. Trubka - mechanické vlastnosti [15]

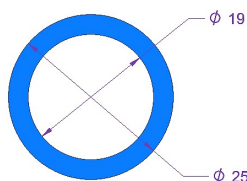
Druh oceli	Pevnost v tahu R_m [MPa]	Mez kluzu R_e [MPa]	Způsob provedení
ČSN 11 353	340	235	-Bezešvá -Tažená za studena -Normalizačně žíhaná

Trubka vnitřní – návrh:

Na základě výpočtu byl stanoven minimální vnitřní průměr výtlačného potrubí $d_{vm} = 18 \text{ mm}$. Jelikož v katalogu není požadovaný průměr, byla vybrána trubka s nejbližším vyšším průměrem $d_{př_i_{19}} = 19 \text{ mm}$.

Tabulka 11. Trubka vnitřní – návrh parametrů [15]

Objednávací značka	Vnitřní $\varnothing d_{př_i}$ [mm]	Tloušťka stěny s [mm]	Vnější $\varnothing d_{př_e}$ [mm]	Tolerance [mm]
R25x3	19	3	25	$\pm 0,08$



Obrázek 39. Trubka vnitřní – návrh rozměrů

Plocha pro průměr 19 mm

$$S_{trubka_{19}} = \frac{\pi * d_{př_i_{19}}^2}{4} = 283,5 \text{ mm}^2 \quad (6.1.1-1)$$

Trubka vnější – návrh:

Pro návrh vnitřního průměru krycí trubky je třeba si uvědomit, že prostor mezi vnitřní a vnější trubkou bude sloužit jako odpadní potrubí, pro které byl již vypočítán minimální průměr $d_{o_{22}} = 22 \text{ mm}$. Tím bude zaručen potřebný průřez z návrhu hydraulického potrubí.

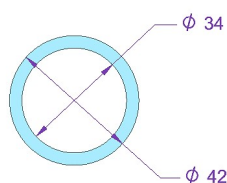
Návrh vnitřního průměru vnější trubky

$$d_x = \sqrt{\frac{4 * S_{trubka_{22}} + \pi * (d_{př_e_{25}})^2}{\pi}} = 33,3 \text{ mm} \quad (6.1.1-2)$$

Na základě výpočtu potřebného vnitřního průměru vnější trubky byl vybrán rozměr nejbližší vyšší a to vnitřní průměr trubky $d_{př_i_{34}} = 34 \text{ mm}$.

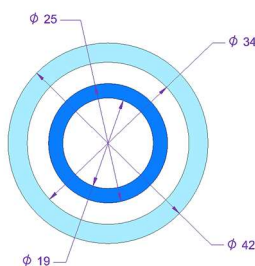
Tabulka 12. Trubka vnější – návrh parametrů [15]

Objednací značka	Vnitřní $\varnothing d_{př_i}$ [mm]	Tloušťka stěny s [mm]	Vnější $\varnothing d_{př_e}$ [mm]	Tolerance [mm]
R42x4	34	4	42	$\pm 0,2$



Obrázek 40. Trubka vnější - návrh

Ověření potřebného průřezu v prostoru mezi vnějším průměrem vnitřní trubky a vnitřním průměrem vnější trubky



Obrázek 41. Průřez vnější a vnitřní trubky - rozměry

Plocha pro průměr 25 mm

$$S_{trubka_{25}} = \frac{\pi * (d_{př_e_{25}})^2}{4} = 490,9 \text{ mm}^2 \quad (6.1.1-3)$$

Plocha pro průměr 34 mm

$$S_{trubka_{34}} = \frac{\pi * (d_{př_i_{34}})^2}{4} = 907,9 \text{ mm}^2 \quad (6.1.1-4)$$

Plocha mezikruží, mezi průměrem 25 mm a 34 mm

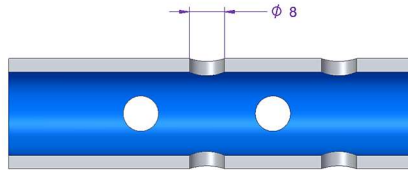
$$S_m = S_{trubka_{34}} - S_{trubka_{25}} = 417 \text{ mm}^2 \quad (6.1.1-5)$$

Plocha odpadního potrubí
pro průměr 22 mm

$$S_{trubka_{22}} = \frac{\pi * (d_{o_{22}})^2}{4} = 380 \text{ mm}^2 \quad (6.1.1-6)$$

Porovnání plochy	$S_m > S_{trubka_{22}}$	VYHOVUJE
------------------	-------------------------	----------

Přepouštění oleje z vnitřní trubky do mezikruží je zajištěno osmi vyvrtanými otvory o průměru 8 mm ve vnitřní trubce. Plocha těchto otvorů musí být buď rovna, nebo větší než je plocha pro odpadní potrubí.



Obrázek 42. Přepouštěcí díry _ vnitřní trubka

Ověření:

Plocha pro díru průměr 8 mm

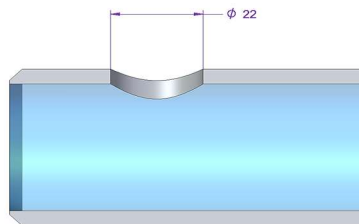
$$S_{díra_{8}} = \frac{\pi * (d_8)^2}{4} = 50,2 \text{ mm}^2 \quad (6.1.1-7)$$

Celková plocha 8 děr

$$S_{přepouštění} = 8 * S_{díra_8} = 402 \text{ mm}^2 \quad (6.1.1-8)$$

Porovnání plochy	$S_{přepouštění} > S_{trubka_{22}}$	VYHOVUJE
------------------	-------------------------------------	----------

Přepouštění oleje z mezikruží je zajištěno otvorem o průměru 22 mm. Je tedy stejný jako průměr odpadní trubky.



Obrázek 43. Přepouštěcí díra _ vnější trubka

6.1.2 Ověření přívodní trubky na namáhání na krut

Výpočet max. dovoleného napětí na krut a porovnání s potřebným utahovacím momentem k dotažení spoje mezi trubkou a přímočarým hydromotorem. Při výpočtu bude uvažováno, že kroutící moment bude přenášet pouze vnější trubka.

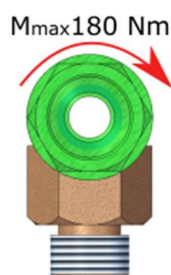
6.1.2.1 Stanovení kritérií pro výpočet

Potřebné vstupní hodnoty:

Tabulka 13. Potřebné vstupní hodnoty pro výpočet [15]

Materiál trubky dle ČSN	11 353
Mez kluzu	$\sigma_{k_{11_{min}}} = 235 \text{ MPa}$
Bezpečnost zvolena	$k_{tr} = 2$
Maximální moment (pro závit M27 x 2)	$M_{max} = 180 \text{ Nm}$
Vnější průměr trubky	$d_{př_e_{42}} = 42 \text{ mm}$
Vnitřní průměr trubky	$d_{př_i_{34}} = 34 \text{ mm}$

6.1.2.2 Výpočet – ověření vnější trubky na krut



$$\text{Dovolené napětí trubky} \quad \sigma_{D_{tr}} = \frac{\sigma_{k_{11_{min}}}}{k_{tr}} = 117,5 \text{ MPa} \quad (6.1.2.2-1)$$

$$\text{Dovolené smykové napětí trubky} \quad \tau_{D_{tr}} = \sigma_{D_{tr}} * 0,6 = 70,5 \text{ MPa} \quad (6.1.2.2-2)$$

$$\text{Průřezový modul v krutu} \quad W_{k_{tr}} = \frac{\pi * (d_{př_e_{42}}^4 - d_{př_i_{34}}^4)}{16 * d_{př_e_{42}}} = 8300 \text{ mm}^3 \quad (6.1.2.2-3)$$

$$\text{Napětí při dosažení maximálního utahovacího momentu} \quad \tau_{tr_{max}} = \frac{M_{max}}{W_k} = 22 \text{ MPa} \quad (6.1.2.2-4)$$

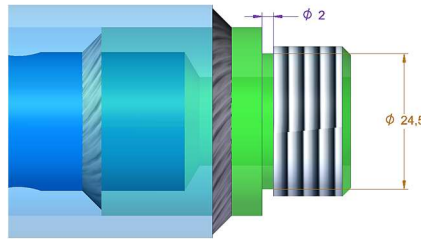
Vyhodnocení napětí	$\tau_{D_{tr}} > \tau_{tr_{max}}$	VYHOVUJE
--------------------	-----------------------------------	----------

Vyhodnocení:

Pro zvolenou bezpečnost $k = 2$ při maximálním utahovacím momentu 180 Nm nebude překročeno dovolené smykové napětí.

6.1.2.3 Výpočet – ověření zápichu u závitu přívodní trubky na krut a tah

Limitující místo pro maximální krouticí moment je zápich u závitu pro spojení s přímočarým hydromotorem. Proto bude následně zápich početně ověřen na namáhání.



Obrázek 44. Přívodní trubka - limitující zápich pro max. utahovací moment

Tabulka 14. Zápich – vstupní hodnoty

Materiál dle ČSN	15 422.5
Mez kluzu	$\sigma_{k\ 15\ min} = 530\ MPa$
Bezpečnost zvolena	$k_{zav} = 2$
Maximální utahovací moment	$M_{max} = 180\ Nm$
Vnější průměr osazení závitu	$d_{z\ e\ 24,5} = 24,5\ mm$
Vnitřní průměr osazení	$d_{z\ i\ 16} = 16\ mm$
Střední průměr (pro závit M27 x 2)	$d_{2\ M27} = 25,7\ mm$
Stoupání závitu	$p = 2\ mm$
Tření v závitu	$tg\varphi = 0,2$

$$\text{Dovolené napětí v osazení závitu} \quad \sigma_{D_{zav}} = \frac{\sigma_{k_{15_{min}}}}{k_{zav}} = 265\ MPa \quad (6.1.2.3-1)$$

$$\text{Průřezový modul v krutu} \quad W_{k_{zav}} = \frac{\pi * (d_{z\ e\ 24,5}^4 - d_{z\ i\ 16}^4)}{16 * d_{z\ e\ 24,5}} = 2362\ mm^3 \quad (6.1.2.3-2)$$

$$\text{Smykové napětí při dosažení maximálního utahovacího momentu} \quad \tau_{zav_{max}} = \frac{M_{max}}{W_{k_{zav}}} = 76\ MPa \quad (6.1.2.3-3)$$

$$\text{Obvod závitu} \quad o_{z_{M27}} = \pi * d_{2_{M27}} = 80,7\ mm \quad (6.1.2.3-4)$$

$$\text{Tangens úhlu stoupání závitu} \quad tg\gamma = \frac{p}{\pi * o_{z_{M27}}} = 0,008 \quad (6.1.2.3-5)$$

Osová síla v závitu
$$F_{o_z_tah} = \frac{M_{max}}{(tg\gamma + tg\varphi) * \frac{d_{2_M27}}{2}} = 61469 \text{ N} \quad (6.1.2.3-6)$$

Plocha osazení
$$S_{osazení} = \frac{\pi * (d_{z_e_24,5}^2 - d_{z_i_16}^2)}{4} = 270,4 \text{ mm}^2 \quad (6.1.2.3-7)$$

Ověření nejmenšího průřezu na tah
$$\sigma_{tr_z_tah} = \frac{F_{o_z_tah}}{S_{osazení}} = 227 \text{ MPa} \quad (6.1.2.3-8)$$

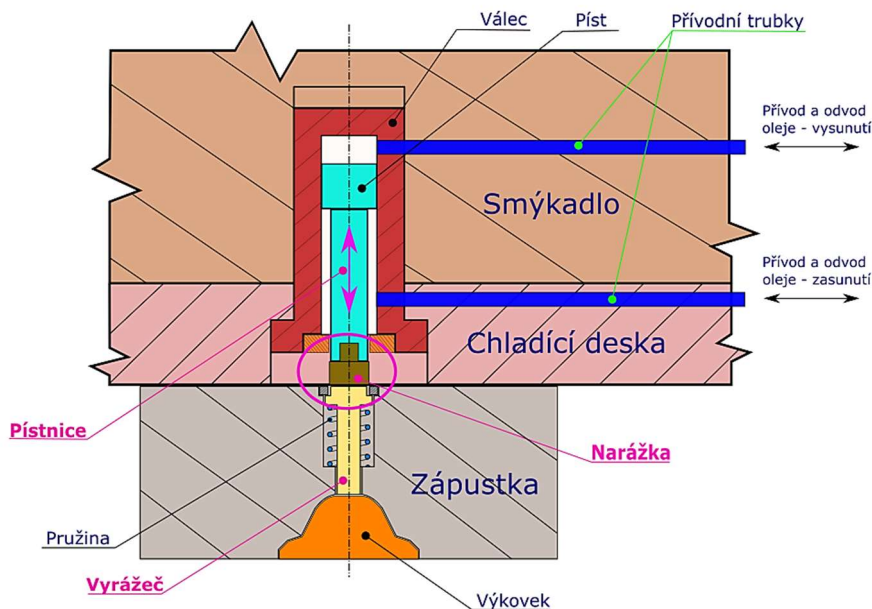
Napětí redukované
$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{tr_z_tah}^2 + 3 * \tau_{zav_max}^2} = 263 \text{ MPa} \quad (6.1.2.3-9)$$

Vyhodnocení napětí	$\sigma_{D_zav} > \sigma_{red}$	VYHOVUJE
--------------------	----------------------------------	----------

Vzhledem k maximálnímu utahovacímu momentu 180 Nm se z důvodu nepřekročení tohoto momentu stanoví utahovací moment přívodní trubky na 160 Nm.

7 Narážka – návrh

7.1 Funkce narážky

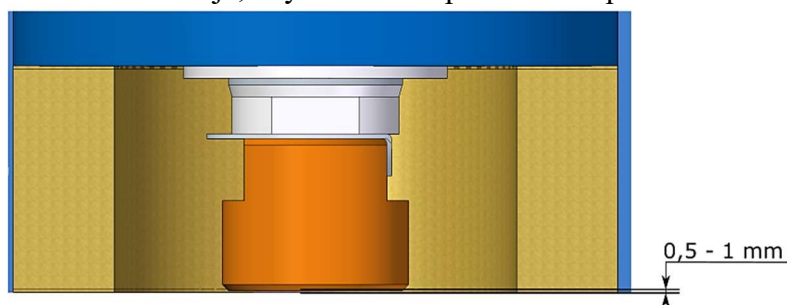


Obrázek 45. Narážka

Funkce narážky je zajistit přenos síly z pístnice přímočarého hydromotoru na vyrážecí zápusťku a tím docílit uvolnění výkovku ze zápusťky. Dále je uvažována její funkce jako pojistného členu, který má zajistit, aby nedošlo k poškození pístnice přímočarého hydromotoru.

7.2 Požadavky na vlastnosti narážky

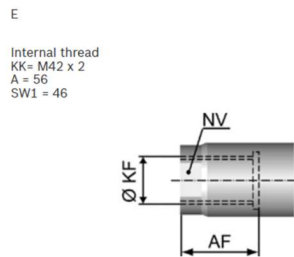
- Vzdálenost konce narážky a plochy chladičské desky pro připevnění držáku zápusťek je zhruba 0,5-1 mm. Důvodem je, aby narážka nepřesahovala přes chladičskou desku.



Obrázek 46. Mezera chladičská deska - narážka

- Narážka bude záměnná v několika různých délkách. V závislosti na délce narážky bude možnost změnit délku vysunutí vyrážecí. Požadavek je změna délky narážky po 5 mm o 15 mm.
- Materiál narážky bude odolný vůči opotřebení a rázům - čím větší prostor bude mezi narážkou a vyrážecím v závislosti na délce narážky, tím větší budou rázy.

- Narážka bude našroubována v pístnici přímočarého hydromotoru. Připojovací závit je M42 x 2, Hloubka závitů je 63 mm s rovným dnem.



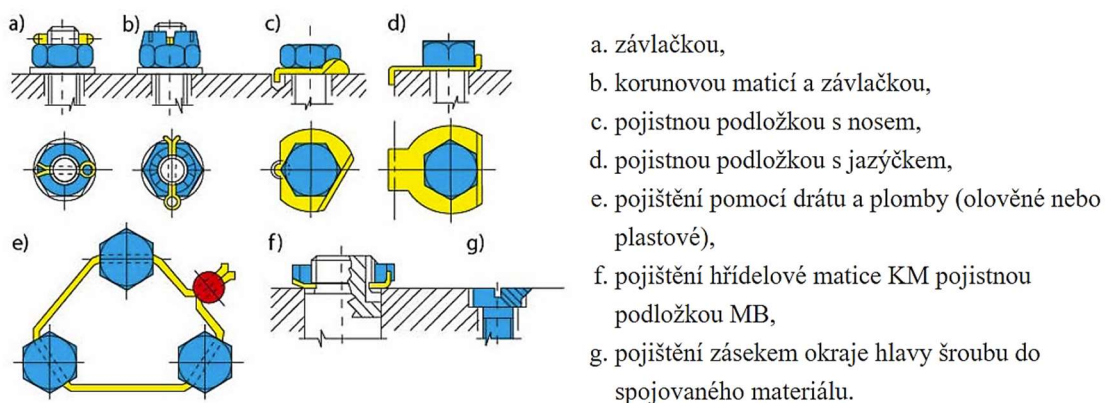
Obrázek 47. Ukončení pístnice nakonfigurovaného přímočarého hydromotoru[11]

- Narážka bude zajištěna proti povolení.

7.3 Spojení s pístnicí

7.3.1 Zajištění nárazky našroubované v pístnici - možnosti

7.3.1.1 Příklady mechanického pojištění šroubových spojů



Obrázek 48. Příklady mechanického pojištění šroubových spojů [12]

7.3.1.2 Příklady chemického pojištění šroubových spojů

Tmely na zajištění závitů například od firmy Henkel – LOCTITE.

7.3.1.3 Vyhodnocení možností

Zajištění pomocí tmelu by bylo nejjednodušší řešení, ale z hlediska demontáže toto řešení není moc praktické. Lepidlo vyplní prostor mezi závitů a při povolování spoje klade velký odpor proti povolení až na samý konec vytáčení. Jelikož se nárazka bude měnit v závislosti na změně nástroje (zápustky) nebo opotřebování, je třeba, aby výměna byla co nejjednodušší a mohla proběhnout v co nejkratším čase. Dále je nárazka součástí mechanismu, který se nachází uprostřed smýkadla lisu a pozice pro výměnu není jednoduchá. Další nevýhodou je, že kdyby spoj selhal v závislosti třeba na nedostatečné kvalitě tmelu, mohlo by dojít k povolení, nebo dokonce k vyšroubování celé nárazky. Tím by mohlo dojít k deformaci připojovacího závitů pístnice, prostoru v chladicí desce a následně vyřazení stroje z provozu. Proto bude návrh zpracován pro mechanické zajištění. Z uvedených příkladů byla vybrána možnost zajištění pomocí podložky.

Byl proveden průzkum trhu, jestli by nebylo možné použít pro zajištění normované podložky pro závit M42.

Výběr ze strojnických tabulek:

Pojistné podložky s nosem	PODLOŽKA 21 ČSN 02 1753.00 (průměr 40/45 mm)
Pojistné podložky	MB PODLOŽKA MB 4 ČSN 02 3640 (průměr 40/45 mm)
Pojistné podložky s jazýčkem	PODLOŽKA 17 ČSN 02 1751.02 (průměr 40/50 mm)

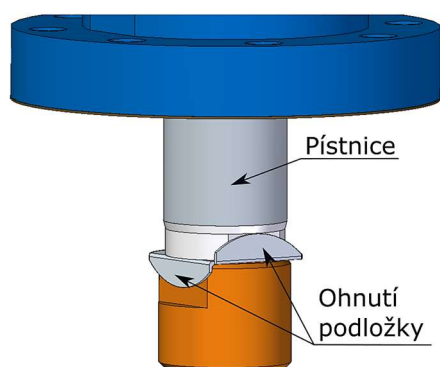
Závěr:

Jelikož pro zvolené spojení nejsou vhodné normované podložky, bude podložka navržena.

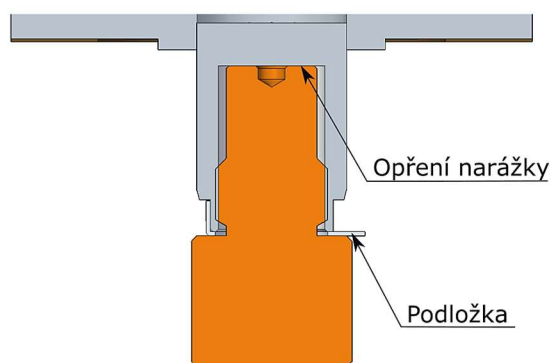
7.3.2 Zajištění nárazky našroubované v pístnici - návrh

7.3.2.1 Návrh zajištění pomocí plechové podložky

Síla, kterou bude nárazka přenášet, se musí přenášet přes čelo dřívku závitu do dna závitu pístnice. Důležité je, aby se plocha čela dřívku šroubu po zašroubování opřela o dno závitu pístnice a tím se rozeprěla do závitu. Nesmí dojít k tomu, že se nárazka rozeprě za podložku a čelo pístnice. Proto se nejdřív nárazka namontuje bez podložky a zjistí se, jaká je mezera mezi čelem pístnicí a nárazkou. Potom se zvolí vhodná tloušťka podložky, podložka se nasune na závit nárazky a po zašroubování a dotažení na příslušný moment se okraje podložky ohnou na plošky pro klíč jak pístnice, tak nárazky. K dotažení na stroji bude třeba vyrobit i speciální klíč, protože ploška pro klíč na pístnici bude pod úroveň chladicí desky. Pístnice bude během montáže vysunuta.

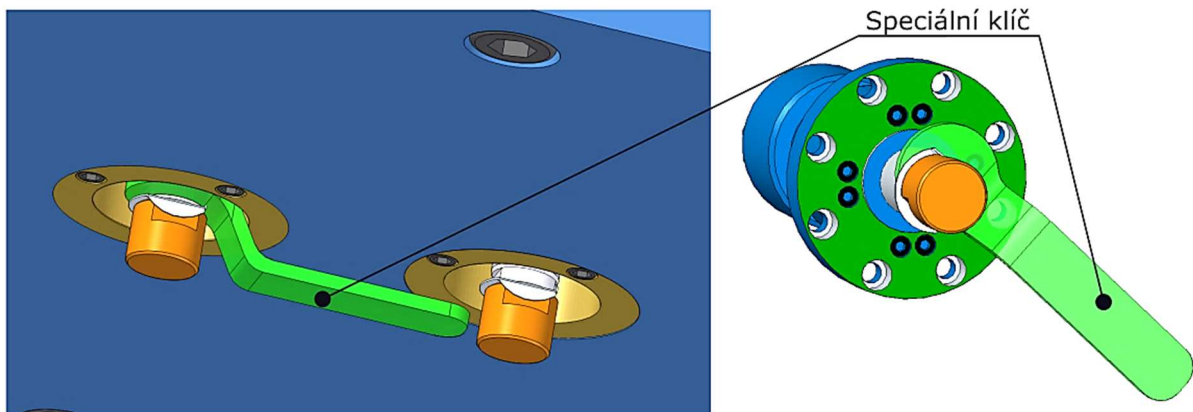


Obrázek 49. Detail zajištění nárazky



Obrázek 50. Detail opření nárazky o dno přípojovacího závitu

- Výroba podložek různé tloušťky např. po 0,1 mm, od 1 mm do 1,5 mm
- Pokud by došlo k povolení spoje, je jistota, že se nárazka nebude dále povolovat a tím nemůže dojít k nefunkčnosti vyřazeče.
- Při výměně nárazky musí být píst vysunutý a z důvodu polohy pístnice, která nepřesahuje přes chladicí desku, je nutné k montáži použít speciálně navržený klíč.



Obrázek 51. Detail použití speciálního klíče pro utažení narážky

7.3.3 Volba materiálu narážky

Při výběru materiálu narážky je třeba brát v úvahu to, že je našroubovaná do pístnice přímočarého hydromotoru. Proto by materiál narážky neměl být tvrdší než materiál pístnice, aby tak nemohlo dojít ke zničení pístnice dříve než narážky. Toto je jeden z požadavků na funkci narážky. Z tohoto důvodu bude nejdříve vybrán materiál pístnice z nabídky firmy Hydraulics, která se zabývá výrobou hydraulických válců. Následně na jeho vlastnostech bude vybrán materiál narážky s navržením její následné tepelné úpravy.

7.3.3.1 Materiály pístnic – popis

- **-ocel 20MnV6** (podle ČSN podobná oceli 13 220) - Vanadová ocel, normalizovaná, s vyšší mezí pružnosti a zlepšenou obrobiteľností
- **-ocel CK 45** (podle ČSN podobná oceli 12 050) - Normalizovaná uhlíková ocel, k dispozici většinou pouze v indukčně kalené variantě
- **-ocel 42CrMo4** (podle ČSN podobná oceli 15 143 nebo 15 341) - Slitinová ocel, zakalená a popuštěná v lázni. Používá se pro vysoce mechanicky namáhané součásti
- **-Wst. Nr. 1.4057 – AISI – NEREZ** (podle ČSN podobná oceli 17 145) - Nerez vhodná pro zušlechťování, vysoká odolnost proti silným atmosférickým podmínkám

Tabulka 15. Chemické složení a mechanické vlastnosti materiálů pístnic [13]

Chemické složení

Třída	C %	Si max	Mn %	P max	S max	Cr %	Mo %	Ni %	V %
20MnV6	0,16-0,22	0,55	1,30-1,70	0,035	0,035	–	–	–	0,10-0,20
CK45	0,42-0,50	0,4	0,50-0,80	0,035	0,035	max. 0,4	max. 0,1	max. 0,4	–
42CrMo4	0,38-0,45	0,4	0,60-0,90	0,035	0,035	0,9-1,2	0,15-0,30	–	–
1.4057	0,16-0,25	1	max. 1,50	0,040	0,030	15-17	–	1,5-2,5	–

Mechanické vlastnosti

Třída oceli	Mez pevnosti R _m	Mez kluzu R _{p0,2}	Průtažnost A ₅	Svařitelnost
20MnV6 (v přírodním stavu)	600-750 N/mm ²	min. 390 N/mm ²	min. 17%	výborná
CK45 (v přírodním stavu)	650-830 N/mm ²	min. 440 N/mm ²	min. 15%	podmíněná
42CRMO4 (v zušlechťeném stavu)	900-1200 N/mm ²	min. 650 N/mm ²	min. 11%	podmíněná
1.4057 AISI431 (zušlechťená)	800-950 N/mm ²	min. 600 N/mm ²	min. 12%	–

7.3.3.2 Volba materiálu pístnice a narážky

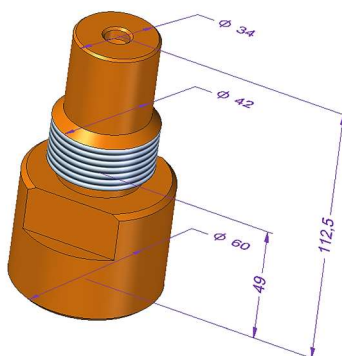
Materiál pístnice zvolen 1.4057 podobná oceli dle ČSN 17 145. Důvodem volby tohoto materiálu je pracovní prostředí par z grafitového maziva a páry vodní. Pístnice je povrchově kalena, zušlechťena na 55 ± 2 HRC.

Materiál narážky zvolen z oceli 1.7102 dle ČSN 14 260 nebo jako alternativa 1.8159 dle ČSN 15 260. Oceli jsou používány na vysoce namáhané strojní součásti, včetně pro výrobu pružin. Zušlechťení na 45 ± 2 HRC.

7.3.4 Konstrukční návrh**7.3.4.1 Narážka**

Výrobní dokumentace narážky je součástí přílohy 1.

Materiál dle ČSN 14 260

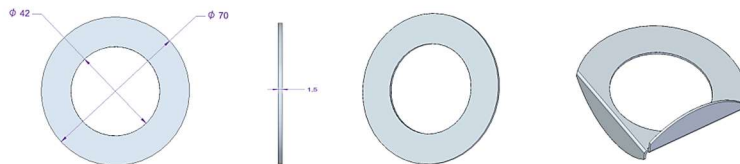


Obrázek 52. Narážka - model

7.3.4.2 Podložka pro zajištění nářezky

Výrobní dokumentace podložky je součástí přílohy 1.

Materiál dle ČSN 11 321



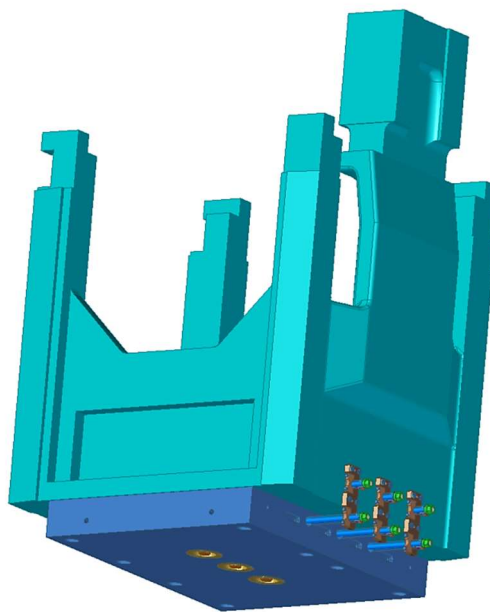
Obrázek 53. Podložka pro zajištění nářezky - model

8 Konstrukční řešení umístění sestavy vyrážedce ve smýkadle

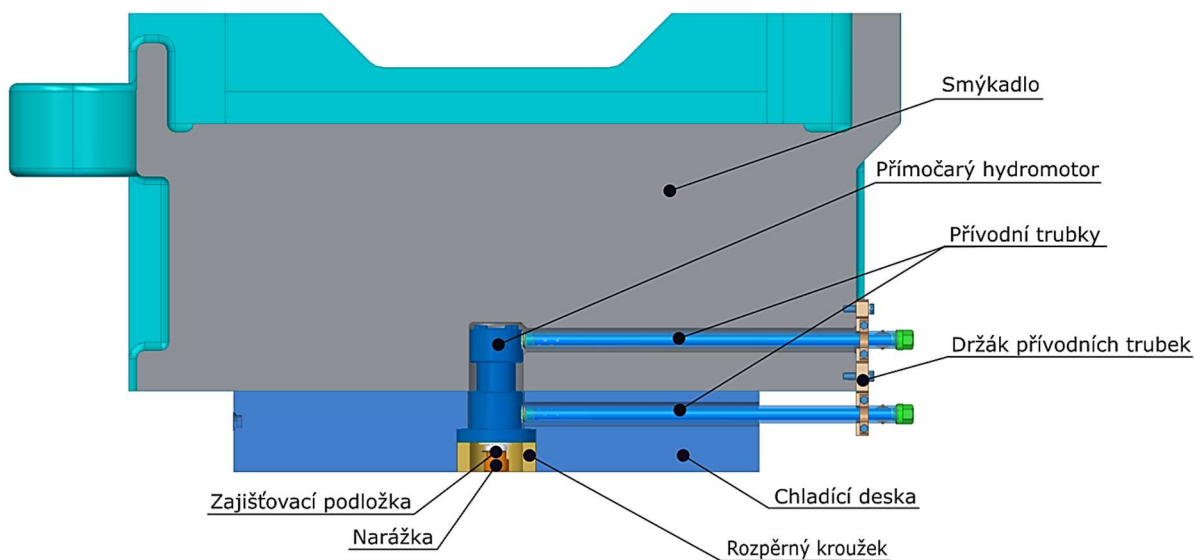
Konstrukční řešení bylo zpracováno v programu Solid Edge verze ST10.

8.1 Konstrukční řešení – Varianta B:

8.1.1 Celkový pohled na sestavu



Obrázek 54. Celkový pohled na sestavu

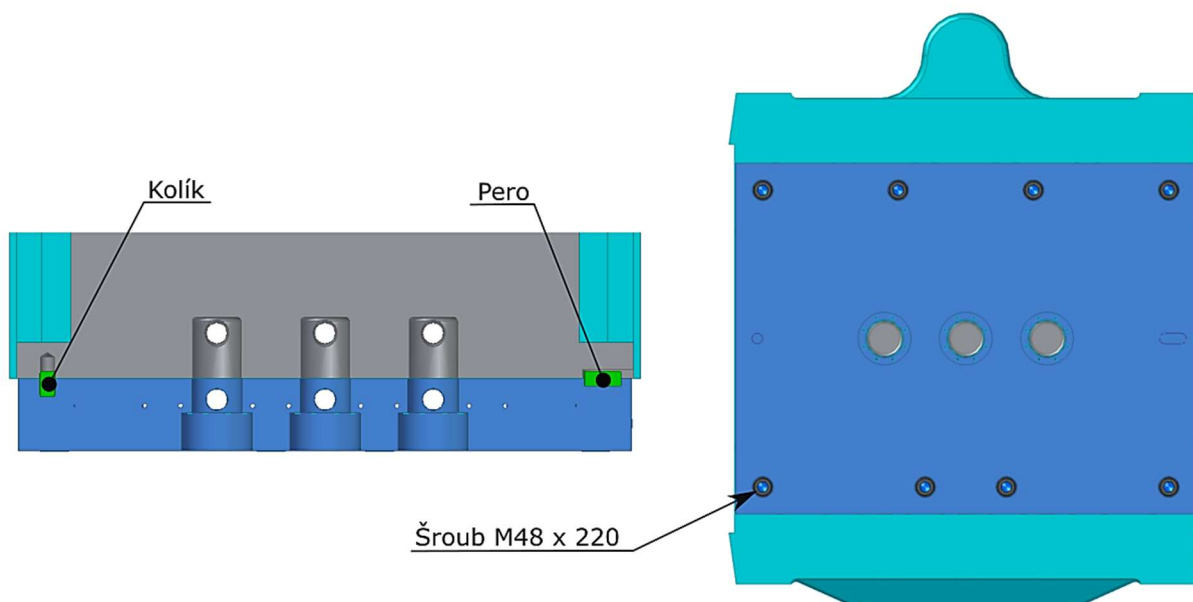


Obrázek 55. Řez smýkadlem - popis jednotlivých částí

8.1.2 Popis sestavení

8.1.2.1 Chladicí deska

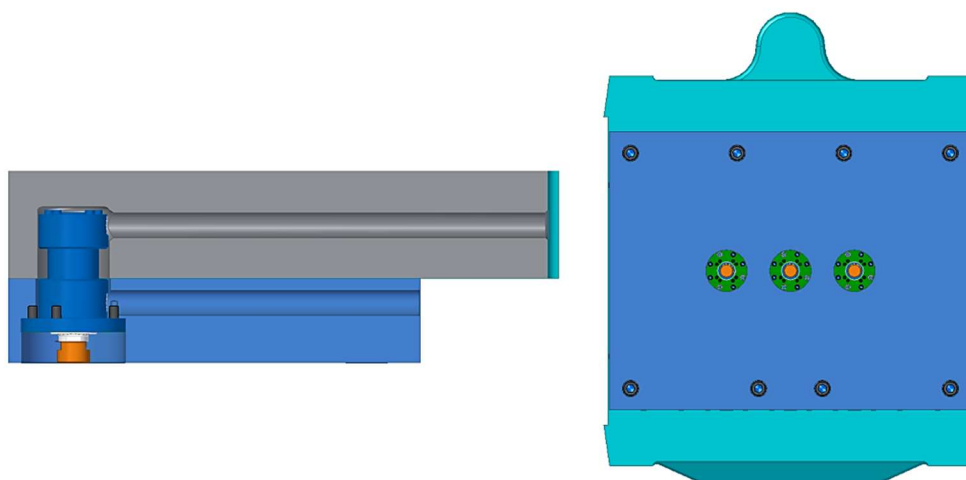
Chladicí deska je připevněna ke smýkadlu pomocí osmi šroubů M48 x 220 mm. Její poloha vůči smýkadlu je zajištěna pomocí kolíku a pera. Toto spojení umožní vykompenzovat nepřesnosti v osovém spojení.



Obrázek 56. Upevnění chladicí desky

8.1.2.2 Přímočarý hydromotor

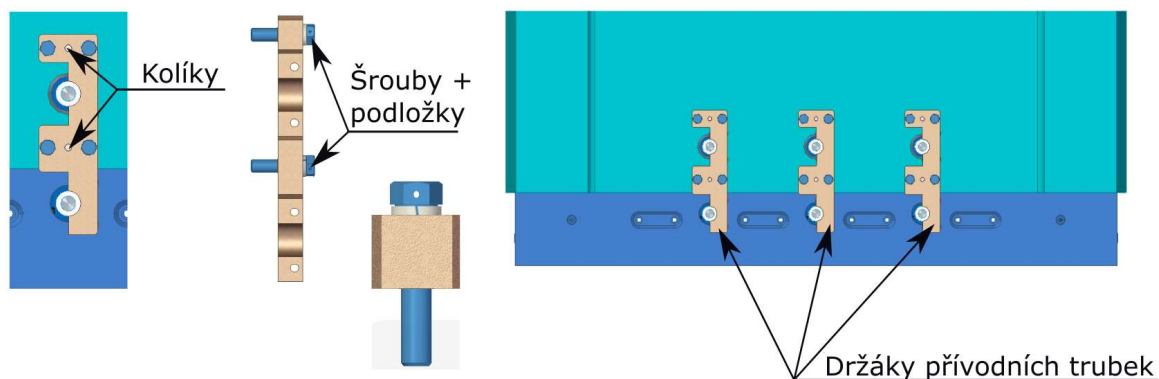
Do osazeného otvoru v chladicí desce se vloží přímočarý hydromotor a přitáhne se příruha hydromotoru pomocí pěti šroubů M16 x 45 k chladicí desce. Šrouby se zatím neutahují na předepsaný moment, ale nechají se povolené tak, aby se mohl přímočarý hydromotor lehce pohybovat. Ke konečnému dotažení dojde až po připojení přívodních trubek. Přímočarý hydromotor se montuje s narážkou, jejíž montáž a zajištění bylo popsáno v kapitole 7.3.2.



Obrázek 57. Montáž přímočarých hydromotorů

8.1.2.3 Držáky přívodních trubek

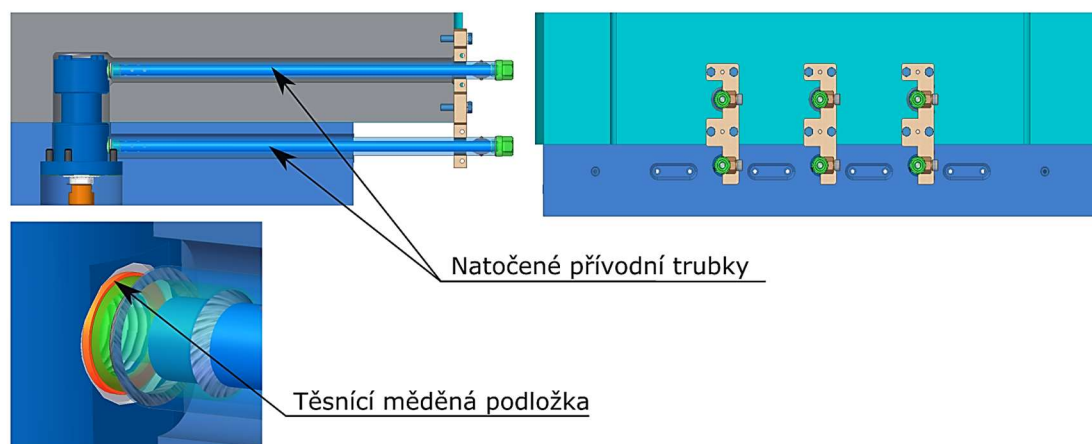
Z důvodu rázu, který nastane při pracovním zdvihu smýkadla, budou trubky přichyceny pomocí držáku ke smýkadlu lisu. Přesnou polohu držáků vůči prostupům pro připojovací trubky zajišťují kolíky o průměru 12 mm a dlouhé 55 mm. Připevnění držáků trubek je pomocí šroubů M16 x 65. Pod hlavami šroubů jsou pružné podložky čtvercového průřezu a hlavy šroubů mají otvor pro zajištění drátkem.



Obrázek 58. Přichycení držáku přívodních trubek

8.1.2.4 Přívodní trubky

Dalším krokem je natočení přívodních trubek do připojovacích závitů M27 x 2 přímočarého hydromotoru. Mezi spojení je vložena těsnící měděná podložka dle ČSN 02 9310.2 nebo (DIN 7603) s vnitřním průměrem $d = 27$ mm o potřebné tloušťce a vnějším průměru. viz. tabulka 16. Spoj se dotáhne na předepsaný moment 160 Nm. Pozor na překročení maximálního utahovacího momentu viz. kapitola 6.1.2.3.

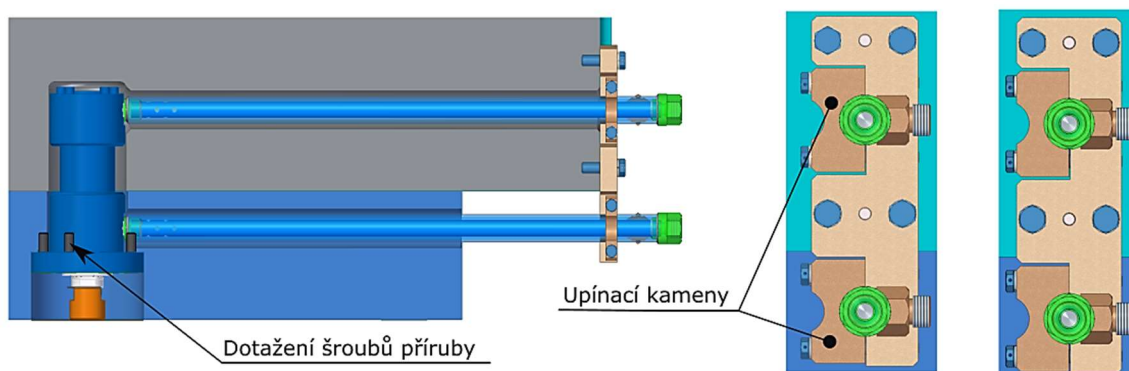


Obrázek 59. Natočení přívodních trubek do přímočarých hydromotorů

Tabulka 16. Podložky měděné dle ČSN 02 9310.2

d [mm]	D [mm]	s [mm]
27	32	1,5
27	32	2
27	34	2
27	36	2

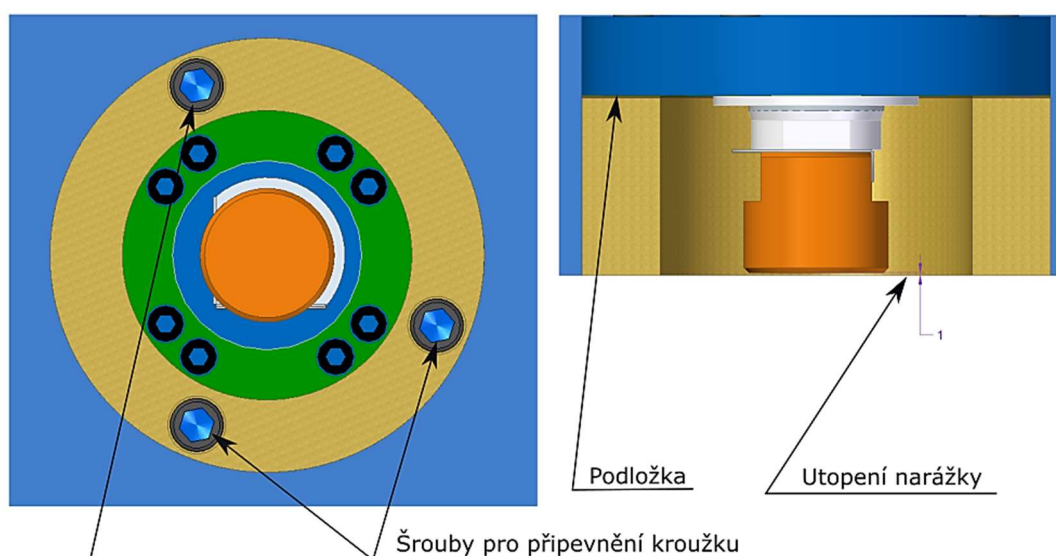
Po dotažení šroubů příruby přímočarého hydromotoru se nasadí upínací kameny a zajistí pomocí šroubů M12 x 70. Pod hlavami šroubů jsou pružné podložky čtvercového průřezu a hlavy šroubů mají otvor pro zajištění drátkem. Tímto bude přívodní trubka zajištěna proti pohybu, aby nemohlo dojít k poškození připojení mezi přímočarým hydromotorem.



Obrázek 60. Dotažení příruby a zajištění přívodních trubek

8.1.2.5 Rozpěrný kroužek

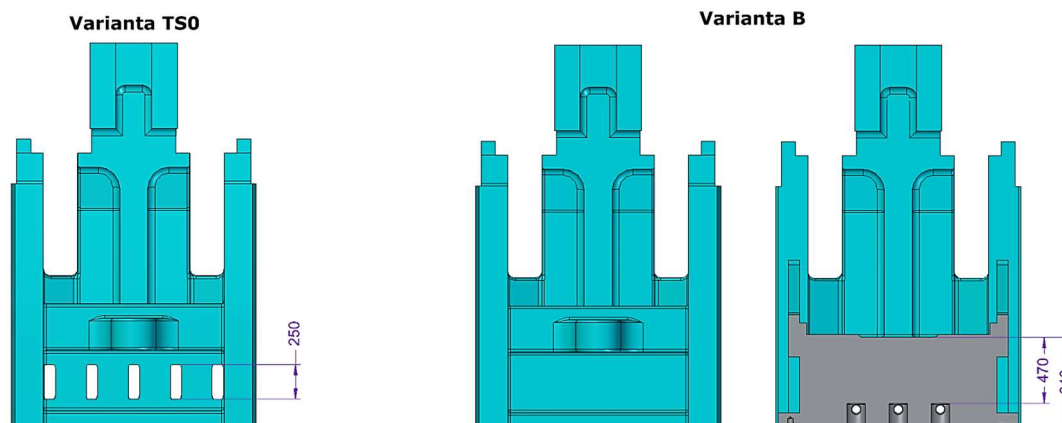
Konečnou operací je namontování rozpěrného kroužku a ověření, jestli nárazka nepřesahuje přes chladicí desku. Rozpěrný kroužek je přitážen k přírubě přímočarého hydromotoru třemi šrouby M16 x 120. Funkcí kroužku je přenášet sílu z držáku zápustek na přírubu přímočarého hydromotoru a dále přes chladicí desku do smýkadla lisu, jelikož tato část je nejvíce namáhána viz. výsledky simulace níže. Rozpěrný kroužek musí být zároveň s plochou chladicí desky. K seřízení se použijí podložky vložené mezi rozpěrný kroužek a přírubu přímočarého hydromotoru. Dále se ověří utopení nárazky, které by mělo mít dle doporučení rozměr $1 +1/-0$ mm. Tohoto rozměru by se mělo docílit zvolením vhodné hloubky a její tolerance osazeného otvoru pro přímočarý hydromotor v chladicí desce na základě dokumentace k přímočarému hydromotoru.



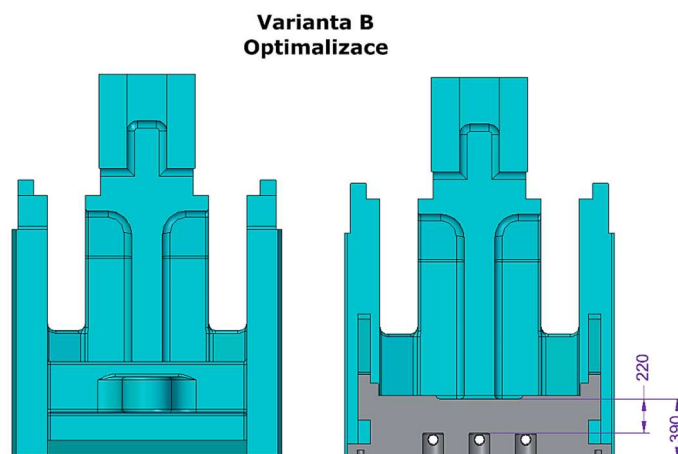
Obrázek 61. Montáž rozpěrného kroužku a jeho seřízení

9 Návrh optimalizace smýkadla

Upravením původní varianty TS0 dochází k zaslepení prostupů pro páková pravítka, která byla součástí vyrážecího mechanismu. Tím se přidá materiál a hmotnost smýkadla se zvýší cca o 1300 kg. Optimalizace smýkadla spočívá v jeho snížení o výšku prostupů pro vyhazovací páková pravítka a tím i výrazné snížení hmotnosti smýkadla.



Obrázek 62. Varianta TS0, Varianta B



Obrázek 63. Varianta B _ Optimalizace – snížení smýkadla o 250 mm

Tabulka 17. Optimalizace smýkadla - vyhodnocení

Vyhodnocení			
Varianta	Hmotnost [kg] (váženo v CAD)	Rozdíl oproti TS0 [kg]	Rozdíl oproti B [kg]
TS0	17 950	-	- 1 330
B	19 280	+ 1 330	-
B _ optimalizace	14 200	- 3 750	-5 080

Závěr:

Při použití varianty B _ optimalizace:

- Úspora materiálu o hmotnosti cca 5 t oproti navržené variantě B
- Úspora materiálu z důvodu zkrácení rámu lisu a zároveň zvýšení tuhosti rámu

Nutno ještě ověřit rozložení zatížení a posunutí v simulaci MKP a porovnat změny oproti původní variantě TS0, variantě B a vyhodnotit možná rizika.

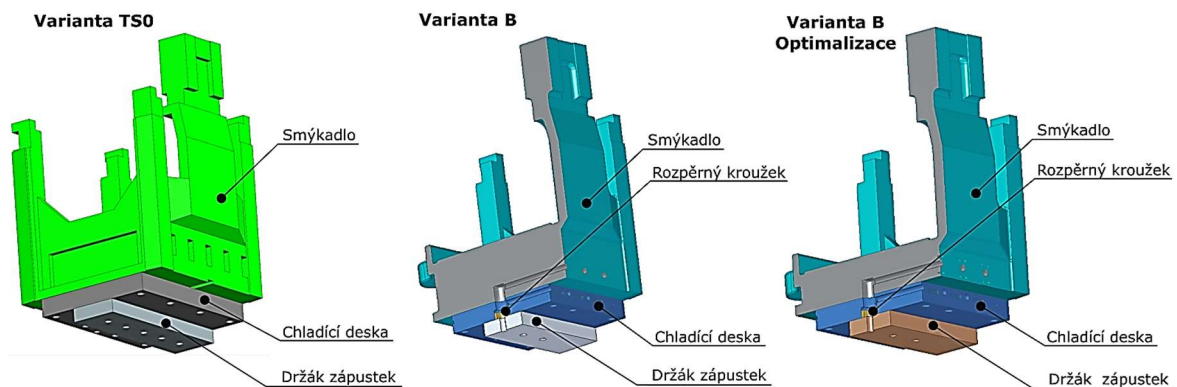
10 Vyhodnocení a porovnání původní varianty s rozpracovanými návrhy, rozložení působícího napětí v součástech mezi nástrojem a smýkadlem a ve smýkadle

10.1 Příprava modelů na simulaci

Všechny simulace MKP byly provedeny v programu NX od firmy Siemens, verze 12. Jelikož je příprava simulace pro všechny varianty téměř shodná, bude postup demonstrován na variantě TS0.

10.1.1 Výpočetní model - 3D pohled na sestavu s popisem názvů jednotlivých dílů

K tomu, aby se mohlo začít s přípravou na simulaci, je třeba mít zahrnuté všechny potřebné díly v sestavě pro simulaci.



Obrázek 64. Popis jednotlivých dílů zahrnutých v simulaci pro jednotlivé varianty

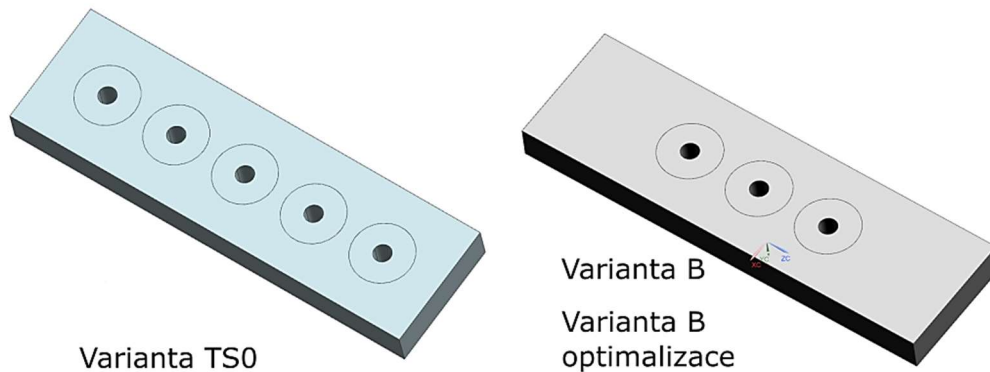
Jelikož se k chladicí desce připojuje držák zápustek a na něj zápustka, přes kterou se přenáší tvářecí síla, bude pro její nahrazení v simulaci k chladicí desce přichycena deska o rozměrech 500 mm x 1700 mm a výškou 150 mm, pojmenovaná „Držák zápustek“ která se vloží do sestavy jak varianty TS0, varianty B tak do varianty B _ optimalizace.

Po vložení všech potřebných dílů do sestavy, je možno přistoupit k vytvoření nové simulace. Program vygeneruje soubory s příponou „.fem“ a „.sim“. Důležité je zaškrtnutí políčka „Create Idealized Part“, k vytvoření souboru s příponou „.i prt“.

10.1.1.1 Idealizace dílů pro simulaci

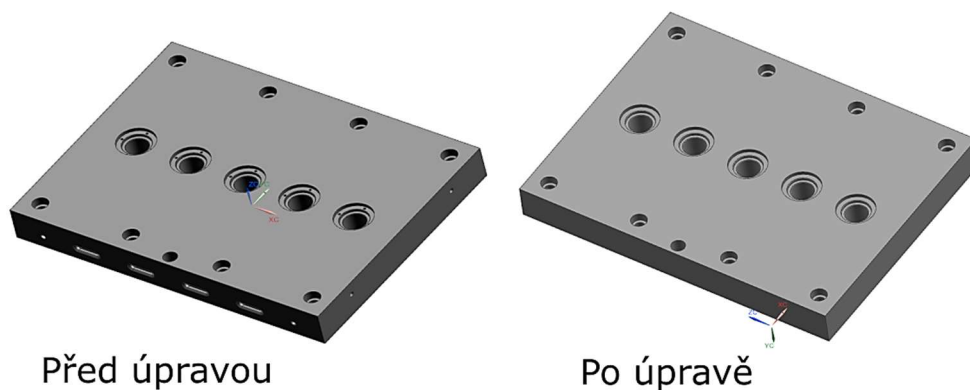
- V souboru s příponou fem_i.prt byl vytvořen idealizovaný model smýkadla, chladicí desky a držáku zápustek. U těchto modelů se odstraní nepodstatné díry, rádiusy, hrany, které by mohly nepříznivě ovlivnit tvorbu sítě.
- Pro odstranění prvků bude použita funkce „Delete Face“.
- Pro ověření odstranění všech děr byla použita funkce „Clip Section“.
- Stejný postup se použije při úpravě dalších dílů.
- V desce držáku nástrojů bylo vytvořeno pro variantu TS0 pět otvorů a pro variantu B a optimalizaci tři o průměru 70 mm, které nahrazují otvory vyhazovací kolíky. Dále je pomocí funkce „Divide Face“ vytvořena kruhová plocha o průměru 240 mm okolo každého otvoru o průměru 70 mm. Přes tuto plochu se bude přenášet síla v závislosti na variantě zatížení do chladicí desky a přes ní do smýkadla.

Držák zápustek



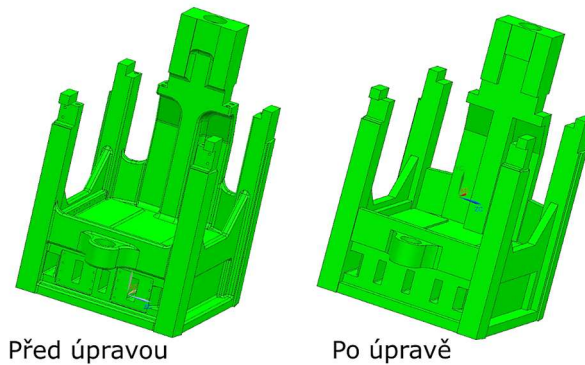
Obrázek 65. Držáky zápustek podle typu varianty

Chladicí deska



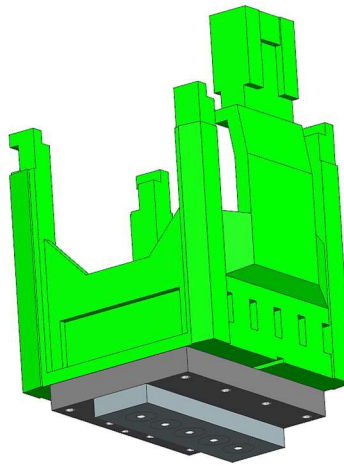
Obrázek 66. Idealizace chladicí desky

Smýkadlo



Obrázek 67. Idealizace smýkadla

Idealizace celé sestavy

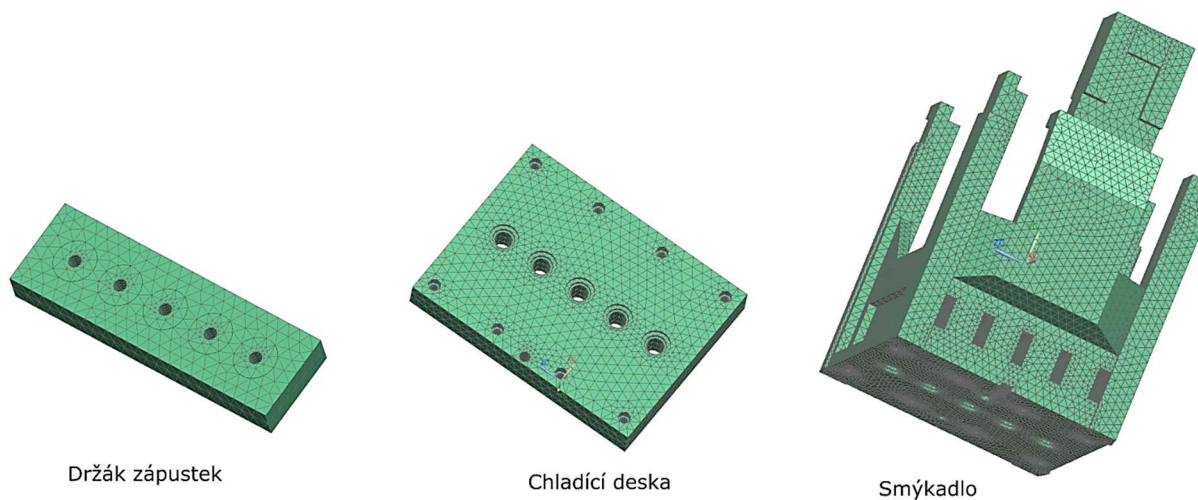


Obrázek 68. Idealizace - sestava pro simulaci

10.1.2 Síťový model

Vytvořením sítě rozdělíme součást na konečný počet prvků. Níže popsáný postup se použije při tvorbě sítě na všechny díly zahrnuté v simulaci

- Volba typu elementu CTETRA (10)
- Velikost elementu 70 mm
- Materiál zvolen Steel [při 20°C je modul pružnosti v tahu (E) = 206 940 MPa a Poissonova konstant (μ) = 0,288]
- Kontrola sítě funkcí „Element Quality“ s výsledkem 0 failed elements, 0 warning elements
- Pokud po použití funkce „Element Quality“ byly nalezeny nevyhovující elementy, síť se opravovala pomocí funkce „Mesh Controls“, kdy bylo možné odstranit tyto elementy po zjemnění sítě přidáním počtu elementů na hranu prvku. Většinou se jednalo o hrany kolem menších průměrů děr, osazení a hran prostupů.

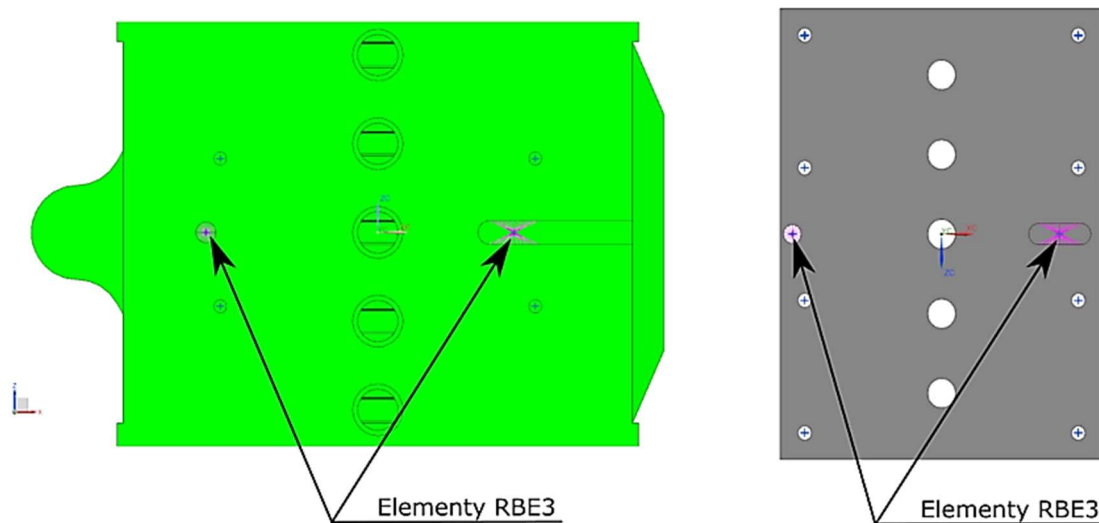


Obrázek 69. Vytvoření sítě - Držák zápustek, Chladicí deska, Smýkadlo

Zajištění chladicí desky a smýkadla proti posunutí vůči sobě

a) Vytvoření uzlů pro spojení chladicí desky a smýkadla

- Vytvoření elementu pro spojení v drážce pro pero a v díře pro kolík -> Funkce 1D Connection, element RBE3



Obrázek 70. Vytvoření elementů RBE3

b) Spojení uzlů pro spojení chladicí desky a desky držáku zápustek

- Pomocí funkce „Manual Coupling“ spojení vytvořených uzlů

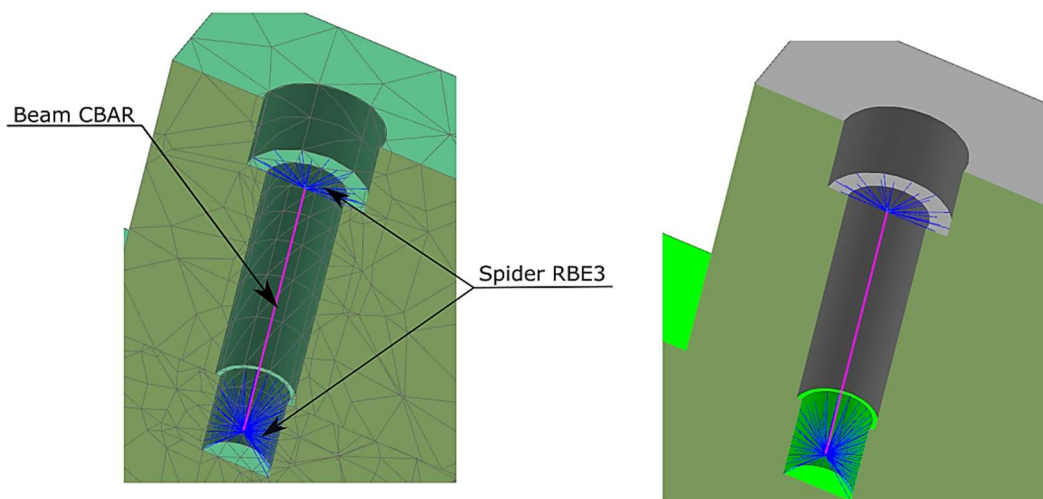


Obrázek 71. Spojení uzlů

Vytvoření šroubového spojení smýkadlo - chladicí deska

- Spojení pomocí šroubů s válcovou hlavou M48
- Pro šroub o pevnosti 8,8 je maximální utahovací moment 5948 Nm, který vyvine osovou sílu spoje 630 716 N, v simulacích nastaveno na 600 000 N
- Průměr osazení pro hlavu šroubu 80 mm
- Délka dřívku 256 mm
- Délka závitu 105 mm
- 1D Collector - Beam CBAR
- 1D Collector - Spider RBE3

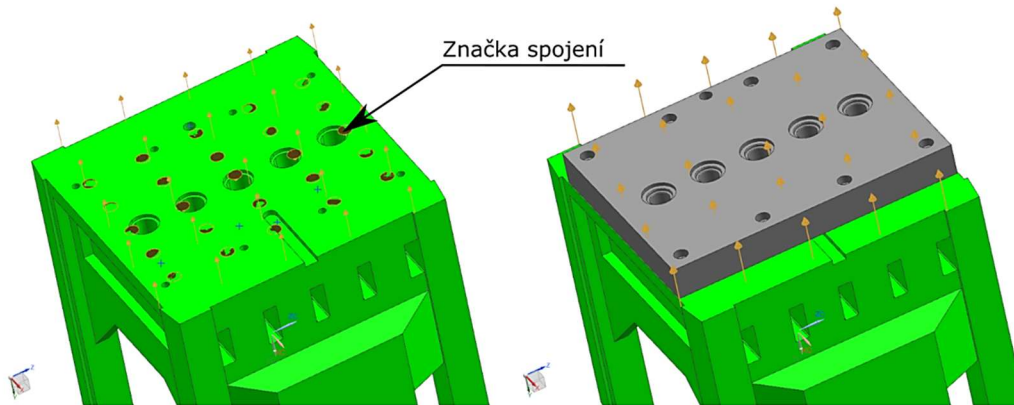
Nejdříve byly vytvořeny prvky „Spider RBE3“ pro spojení v chladicí desce a ve smýkadle. Následně byl mezi ně vložen prvek „Beam CBAR“, kterým bylo spojení předepnuto pomocí definované síly, která se odvíjí od požadovaného momentu pro utahžení šroubu.



Obrázek 72. Šroubový spoj – 1D prvky

Spojení plochy smýkadla a chladicí desky

- Toto spojení zajistí přenos namáhání mezi součástmi
- V prostředí simulace pomocí funkce „Surface – to – Surface Contact“
- Nastavení tření 0,4 (Coefficient of Static Friction)



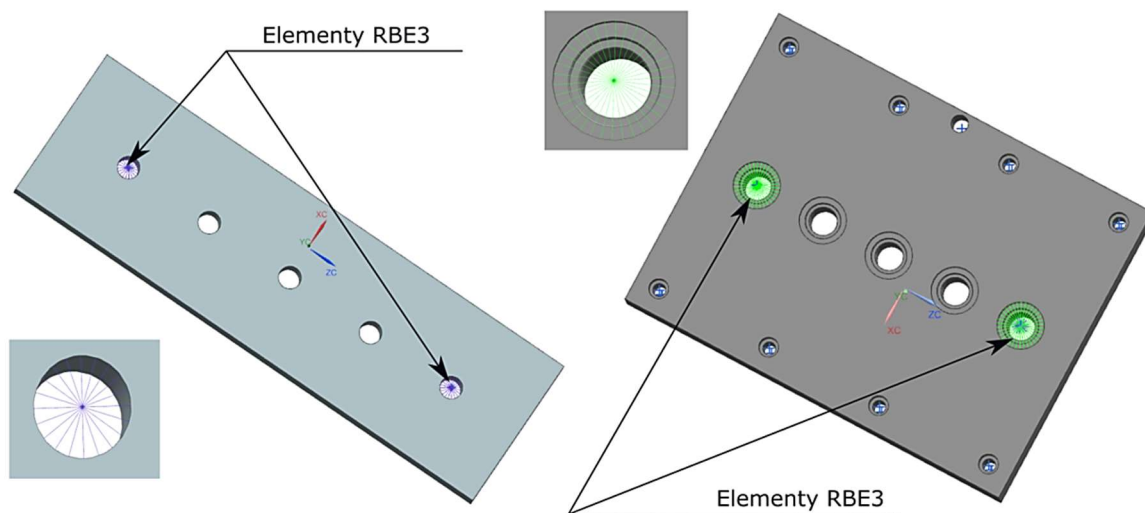
Obrázek 73. Vytvoření kontaktu

Zajištění chladicí desky a desky držáku zápustek proti posunutí vůči sobě

Jelikož nejsou v desce držáku zápustek a chladicí desce žádné prostupy pro spojovací prvky, je spojení uvedených dílů zajištěno osovým spojením krajních otvorů pro vyhazovací kolíky pomocí RBE3 elementů a vazby 1D Connection.

a) Vytvoření uzlů pro spojení chladicí desky a desky držáku zápustek

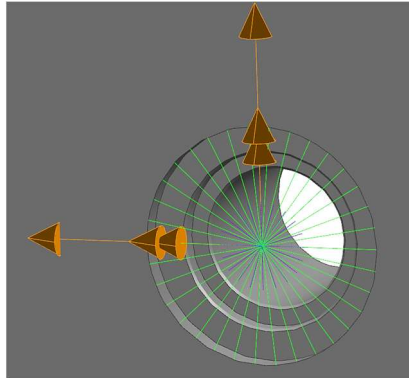
Vytvoření elementů pro spojení v otvoru pro vyhazovací kolík pomocí funkce „1D Connection“, elementy RBE3



Obrázek 74. Vytvoření elementů RBE3

Spojení uzlů pro spojení chladicí desky a desky držáku zápustek

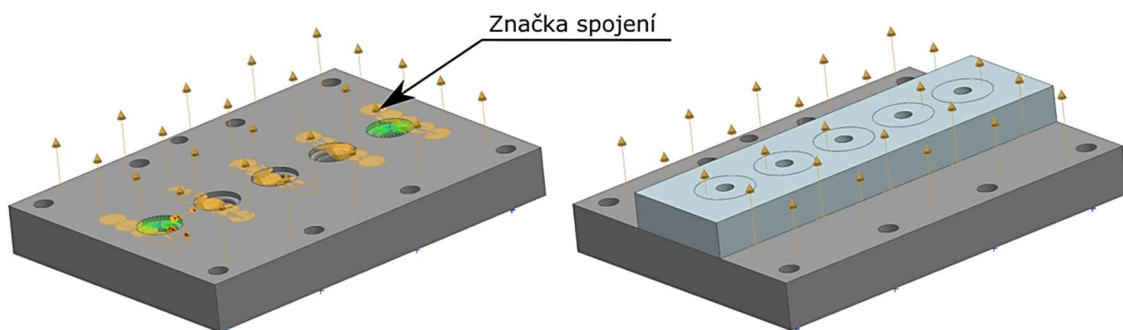
- Pomocí funkce „Manual Coupling“
- Spojení vytvořených uzlů, zakázáno posunutí a natočení v ose x a z



Obrázek 75. Spojení uzlů

Spojení plochy chladicí desky a desky držáku zápustek

- Přepneme do .sim-> funkce „Surface – to – Surface Contact“
- Nastavení tření 0.4 (Coefficient of Static Friction)



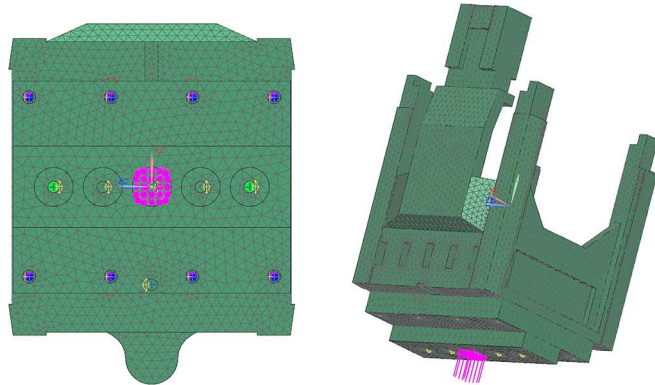
Obrázek 76. Vytvoření kontaktu

10.1.3 Okrajové podmínky - definice kontaktní úlohy

Zatížení bylo provedeno přes desku „Držák zápustek“, která simulovala držák pro připevnění zápustek.

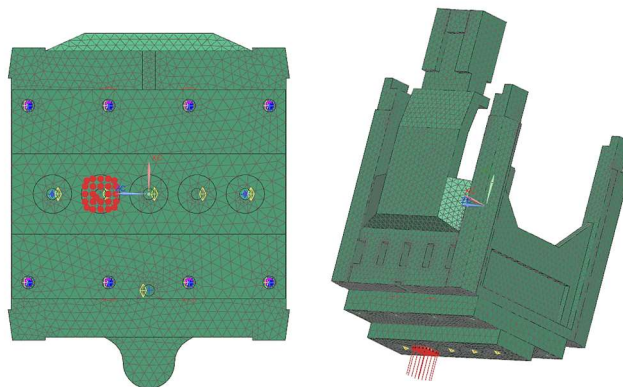
Simulace byly provedeny pro tři stavy zatížení:

- Zatížení na střed silou 25 MN (Maximální zatěžující síla lisu)



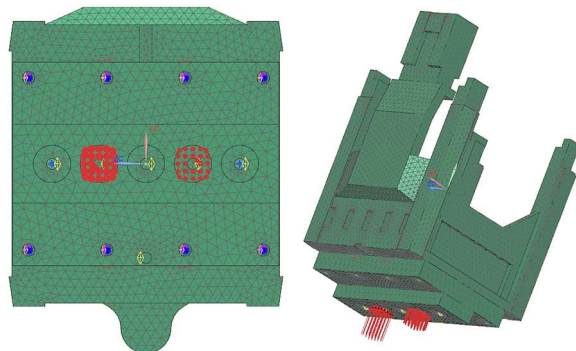
Obrázek 77. Zatížení na střed silou 25 MN

- Zatížení mimo střed silou 25 MN



Obrázek 78. Zatížení mimo střed silou 25 MN

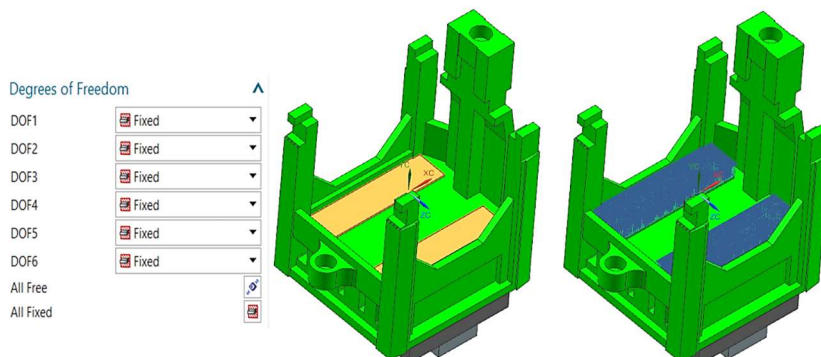
- Zatížení na krajních vyhazovačích se silou 15 MN na jedné straně a 10 MN na straně druhé. Toto zatížení s rozložením síly je nejpravděpodobnější (realističtější zatížení).



Obrázek 79. Zatížení na krajních vyhazovačích se silou 15 MN na jedné straně a 10 MN na straně druhé

Definování omezení - Constraint

- Vybrané plochy pro ukotvení v prostoru jsou plochy, kterými se přenáší síla od kulisy do smykadla lisu, zakázáno všech šest stupňů volnosti.



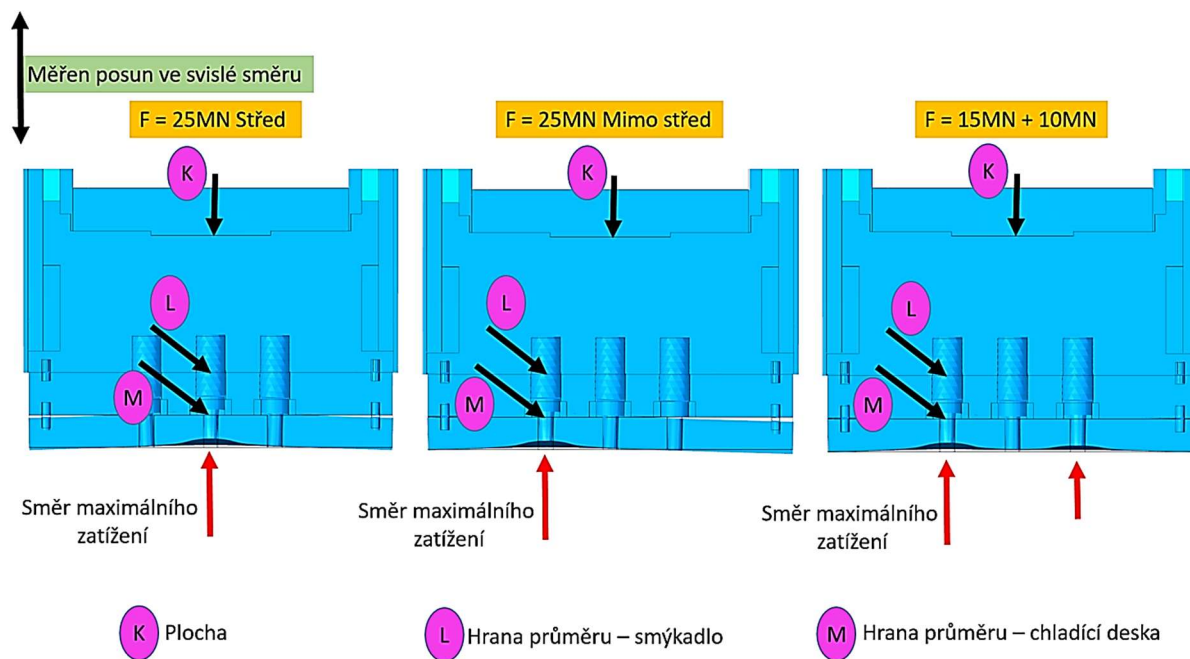
Obrázek 80. Definování omezení – Constraint

10.1.4 Výsledky simulace MKP

10.1.4.1 Výsledky simulace – posunutí

Materiál smýkadla - ocel na odlitky dle ČSN 42 27 60, $\sigma_P = 600$ MPa, $\sigma_K = 450$ MPa,

Materiál chladicí desky – dle ČSN 11 700.0, $\sigma_P = 670$ MPa, $\sigma_K = 355$ MPa,



Obrázek 81. Schéma pozic bodů pro odečtení hodnot k vyhodnocení posunutí

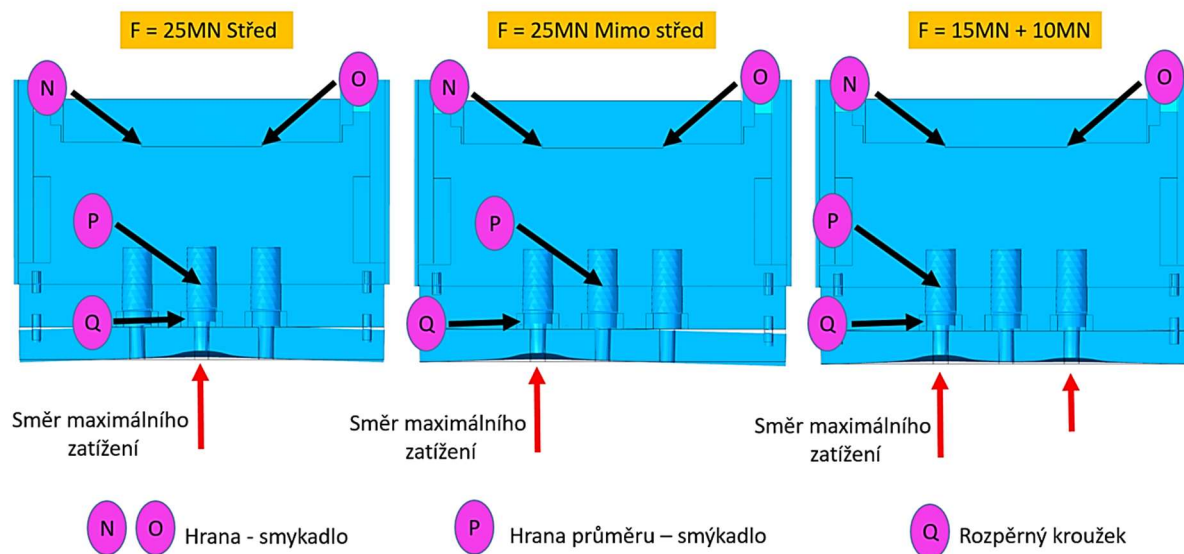
Tabulka 18. MKP - Vyhodnocení posunutí

Varianta	Zatížení F / Pozice	K plocha - průměr hodnot [mm]	L hrana - průměr hodnot [mm]	M hrana - průměr hodnot [mm]
TS0	Střed 25 MN	0,039	0,229	0,413
	Mimo 25 MN	0,028	0,218	0,388
	Real 15 MN/10 MN	0,027	0,145	0,244
B	Střed 25 MN	0,031	0,186	0,352
	Mimo 25 MN	0,023	0,179	0,342
	Real 15 MN/10 MN	0,022	0,120	0,216
B _ optimalizace	Střed 25 MN	0,049	0,213	0,376
	Mimo 25 MN	0,031	0,164	0,327
	Real 15 MN/10 MN	0,028	0,109	0,207

Vyhodnocení posunutí:

Posunutí plochy K je největší u varianty B _ optimalizace při maximálním zatížení na střed smýkadla. Je to způsobeno odebráním materiálu na výšku smýkadla v rámci optimalizace. Porovnáním ale s nejmenší hodnotou posunutí, která je u varianty B při stejném typu zatížení, je rozdíl pouhých 0,018 mm. Posunutí hrany L prostupu do smýkadla je téměř stejný s variantou TS0 a variantou B _ optimalizace. To samé je u hrany M prostupu v chladicí desce.

10.1.4.2 Výsledky simulace – napětí



Obrázek 82. Schéma pozic bodů pro odečtení hodnot k vyhodnocení napětí

Tabulka 19. MKP - Vyhodnocení napětí

Varianta	Zatížení F / Pozice	N hrana - průměr hodnot [MPa]	O hrana - průměr hodnot [MPa]	P hrana - průměr hodnot [MPa]	Q rozpěrný kroužek - průměr hodnot [MPa]
TS0	Střed 25 MN	156	151	209	-
	Mimo 25 MN	152	78	237	-
	Real 15 MN/10 MN	117	100	136	-
B	Střed 25 MN	135	126	92	253
	Mimo 25 MN	139	70	94	261
	Real 15 MN/10 MN	108	89	57	156
B_optimalizace	Střed 25 MN	211	211	81	221
	Mimo 25 MN	199	88	103	219
	Real 15 MN/10 MN	141	120	64	130

Vyhodnocení napětí:

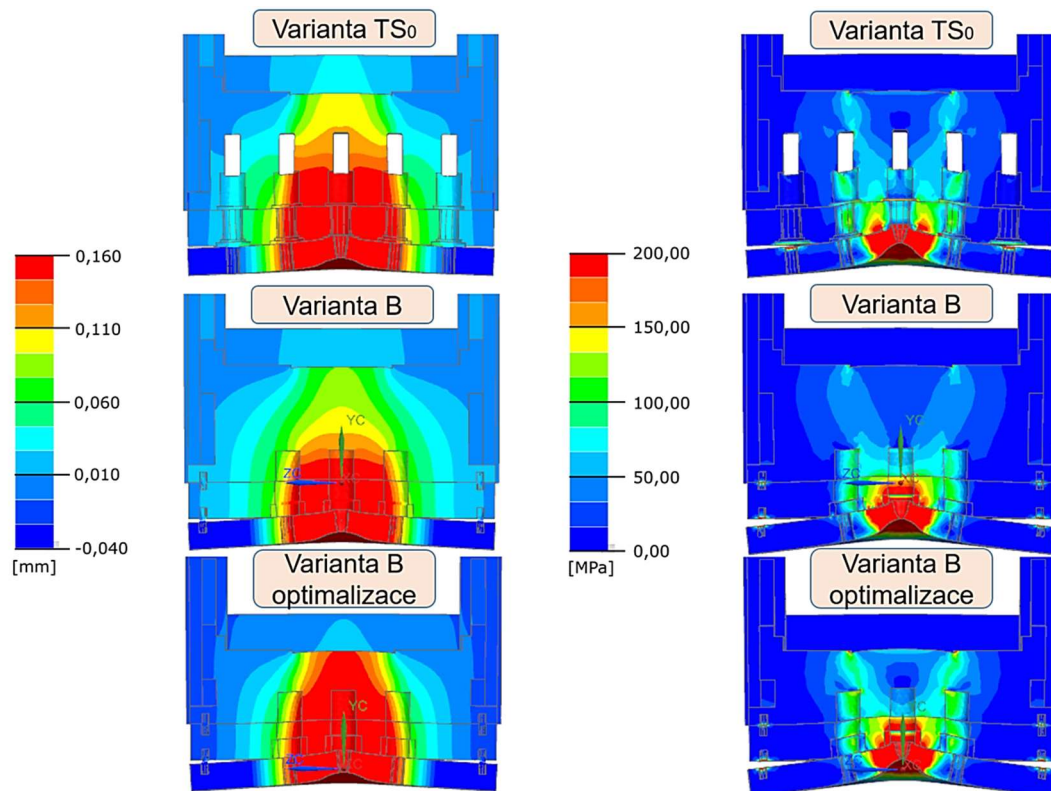
Největší napětí na hranách N, O je u varianty B _ optimalizace při zatížení na středu smýkadla a to 211 MPa. Je to zhruba o 60 MPa více než u varianty TS0. Vzhledem k mezi kluzu materiálu smýkadla, která je 450 MPa splňuje bezpečnost vůči mezi kluzu 2. Napětí na hraně P prostupu do smýkadla je největší u varianty TS0 u pozice zatížení mimo střed. Je to způsobeno jednak tím, že mezi smýkadlo a chladicí desku nebyl do simulace zahrnut kroužek, který je součástí vyrážače. Ten by zvětšil plochu přenosu zatížení a snížil by tak napětí na hraně prostupu do smýkadla. Napětí u optimalizace na pozici mimo střed (N) je v tomto případě větší, než na pozici se zatížením na středu. Je to způsobeno okrajovou podmínkou nad zatížením, tím pádem materiál nemůže více pružit, jak je to u zatížení na středu a proto je zde větší napětí. U pozice Q je rozdíl napětí v rozpěrném kroužku mezi variantou B a variantou

B _ optimalizace v desítkách MPa. Lze ho vysvětlit změnou výšky smýkadla. Po odebrání materiálu ve variantě B _ optimalizace dojde k většímu pružení materiálu nad rozpěrnými kroužky a tím pádem i k jejich menšímu stlačení, což se promítne právě nižším napětím v rozpěrném kroužku.

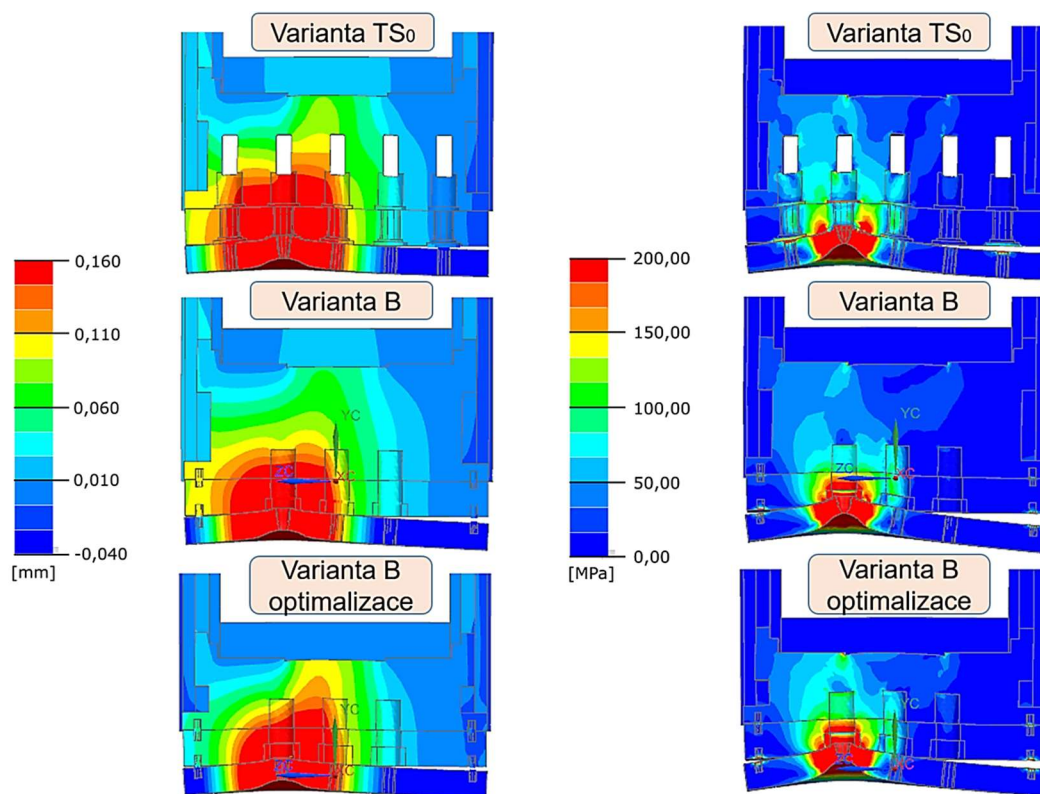
10.1.4.3 Vyhodnocení optimalizace hmotnosti smýkadla u vybrané varianty

Po zhodnocení výsledků posunutí vidíme, že se tuhost smýkadla po optimalizaci nijak zásadně nezhoršila oproti variantě TS0 a variantě B. Dále i odečtené napětí na kritických místech vůči mezi kluzu vyhovují a to i na navrhované optimalizované variantě. Proto je možno tuto variantu doporučit například pro celkovou inovaci (optimalizaci) lisu.

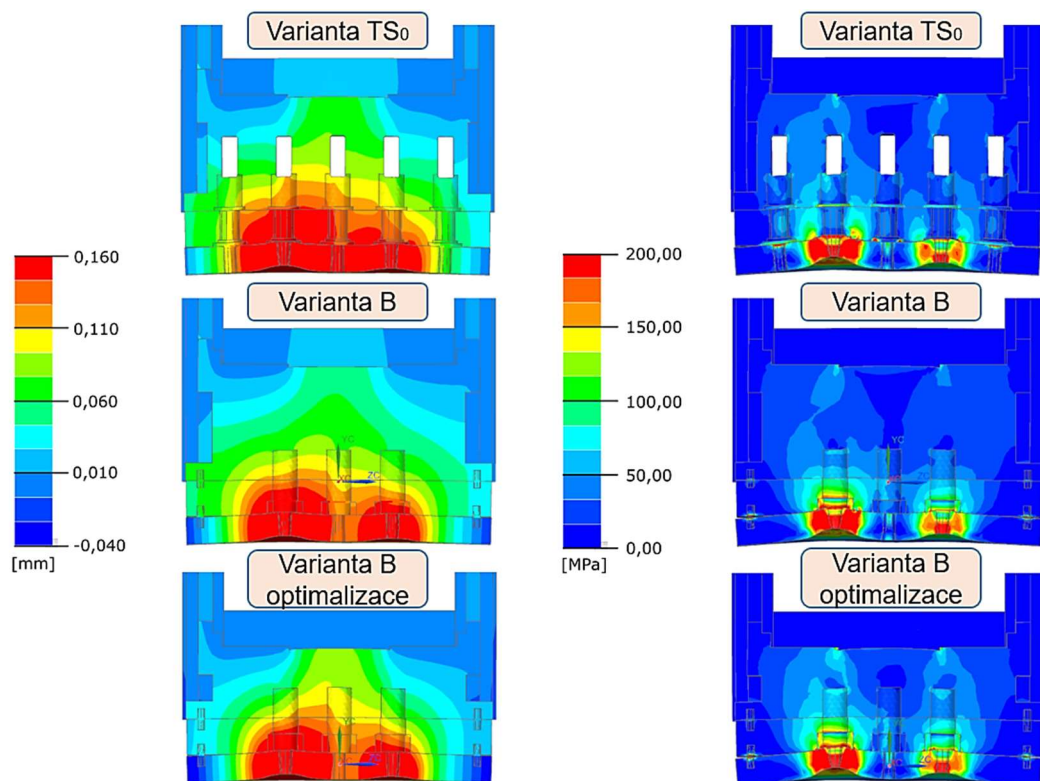
10.1.5 Výsledky simulace – grafická interpretace



Obrázek 83. Zobrazení svislého posunutí (vlevo) a redukovaného napětí v podélném řezu smýkadlem
Zatížení střední pozice silou 25 MN

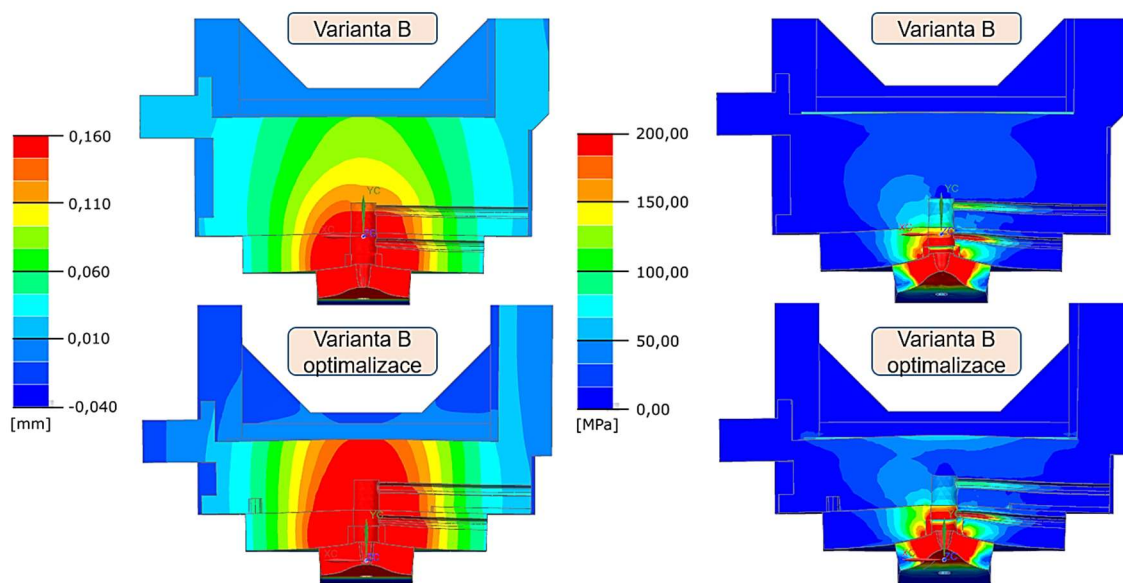


Obrázek 84. Zobrazení svislého posunutí (vlevo) a redukovaného napětí v podélném řezu smýkadlem
Zatížení levé pozice silou 25 MN



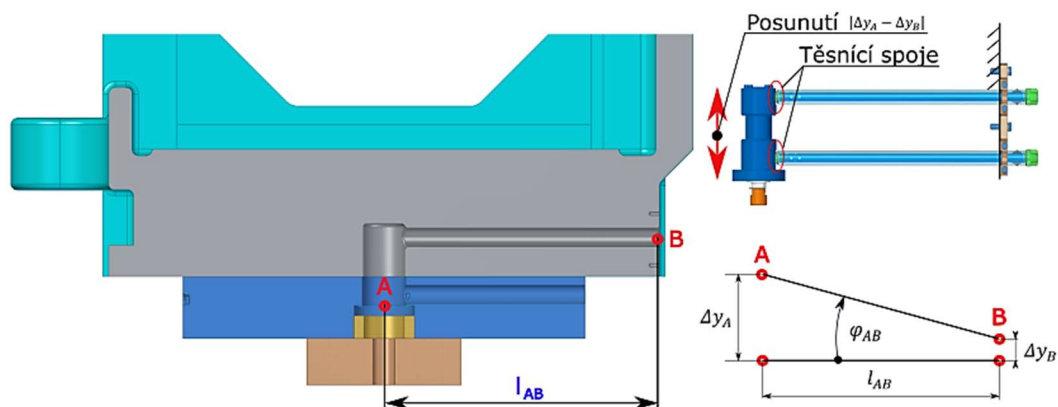
Obrázek 85. Zobrazení svislého posunutí (vlevo) a redukovaného napětí v podélném řezu smýkadlem
Zatížení levé pozice silou 15 MN a pravé pozice silou 10 MN

10.1.6 Výpočet natočení plochy pro přichycení příruby přímočarého hydromotoru v chladicí desce k prostupu ve smýkadle



Obrázek 86. Zobrazení svislého posunutí (vlevo) a redukovaného napětí v podélném řezu smýkadlem v místě prostupu přívodů k vyrážeci - zatížení prostřední pozice silou 25 MN

Důvodem výpočtu je ověření natočení přívodních trubek během pracovního cyklu stroje z důvodu zaručení těsnosti spojení trubka – přímočarý hydromotor. Jelikož jsou obě trubky na jednom konci přichyceny k držáku na smýkadle [bod B], budeme právě k tomuto bodu sledovat posunutí plochy pro připevnění příruby přímočarého hydromotoru v chladicí desce [bod A]. Protože druhý konec trubek je našroubován do přímočarých hydromotorů, bude v tomto místě docházet k vykompenzování posunutí. Pokud by toto posunutí bylo velké (v milimetrech), mohlo by to vést k postupné netěsnosti spojů.



Obrázek 87. Schéma pro výpočet natočení plochy pro přichycení přírub přímočarých hydromotorů v chladicí desce k ploše prostupu ve smýkadle a naznačení hran pro odebrání hodnot

Vzdálenost bodů A, B	$l_{AB} = 890 \text{ mm}$
----------------------	---------------------------

Tabulka 20. Varianta B - vyhodnocení natočení – příruba chladicí desky (A) / prostup smýkadla (B)

Varianta - B				
Pozice	Svislé posunutí -vstup B (průměr) [mm]	Svislé posunutí -střed A (průměr) [mm]	$ \Delta y_A - \Delta y_B $ [mm]	φ_{AB} [°]
Prostup - smýkadlo	0,02256	0,31206	0,2895	0°1'7,09''

Tabulka 21. Varianta B _ optimalizace - vyhodnocení natočení – příruba chladicí desky (A) / prostup smýkadla (B)

Varianta - B _ optimalizace				
Pozice	Svislé posunutí -vstup B (průměr) [mm]	Svislé posunutí -střed A (průměr) [mm]	$ \Delta y_A - \Delta y_B $ [mm]	φ_{AB} [°]
Prostup - smýkadlo	0,010108	0,312498	0,30239	0°1'10,08''

Závěr:

Z vyhodnocení natočení vidíme, že hodnoty natočení jsou zanedbatelné a vykompenzují se v pružné oblasti materiálů. Zároveň rozdíl natočení mezi posuzovanými variantami je 0°0'2,99'', což je též zanedbatelná hodnota. Tímto bylo ověřeno, že posunutí plochy, k níž je připevněna příruba přímočarého hydromotoru, nemůže ovlivnit těsnost spojení přívodních trubek s přímočarými hydromotory.

IV Příprava vybrané výkresové dokumentace

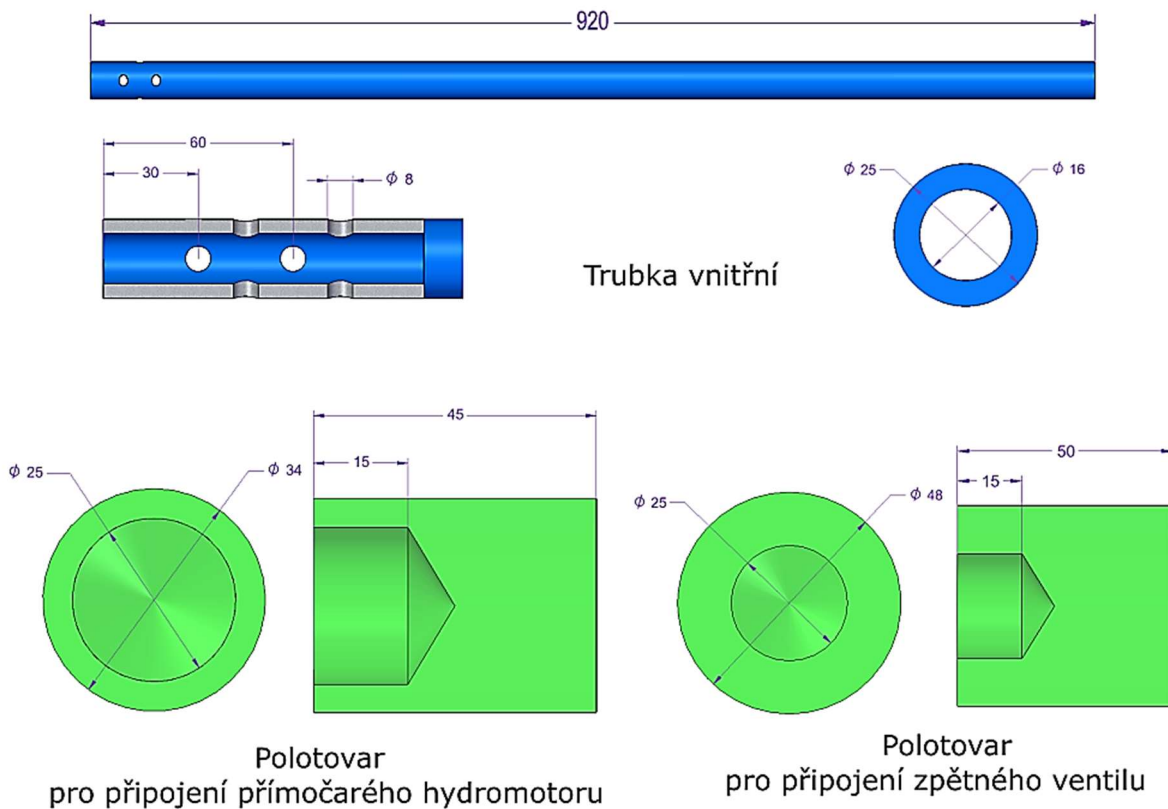
11 Výroba přívodní trubky oleje do přímočarých hydromotorů přes smýkadlo lisu

11.1 Technologie výroby přívodní trubky

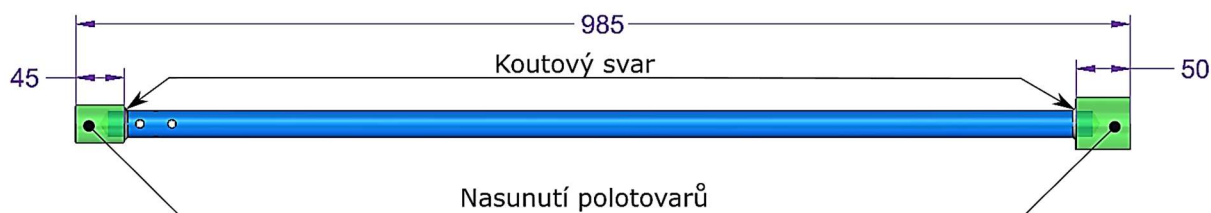
Základní sestava se připraví nasunutím polotovarů na konce trubky vnitřní a jejich svařením.

Polotovary:

- Trubka vnitřní o průměru vnějším 25 mm
- Polotovar pro připojení přímočarého hydromotoru
- Polotovar pro připojení zpětného ventilu

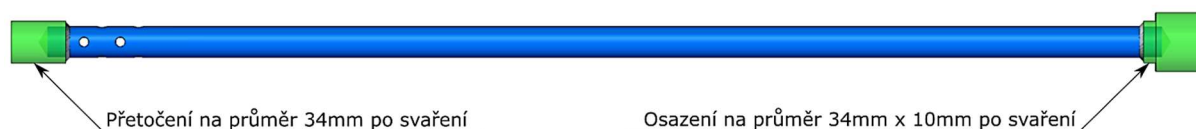


Obrázek 88. Trubka - polotovary



Obrázek 89. Základní sestava

Po zavaření polotovarů na koncích vnitřní trubky, je potřeba připravit plochy pro usazení trubky vnější. Jelikož po přivaření polotovarů dojde k mírným deformacím na obou koncích trubky, přetočí se polotovar pro připojení přímočarého hydromotoru na průměr 34 mm a osadí polotovar pro připojení zpětného ventilu na průměr 34 mm do délky 10 mm. Oba průměry 34 mm se upraví v závislosti na aktuálním vnitřním průměru vnější trubky tak, aby se přes tyto průměry přetáhla trubka vnější. Oba konce trubky se svaří s polotovary.



Obrázek 90. Základní sestava - obrobení



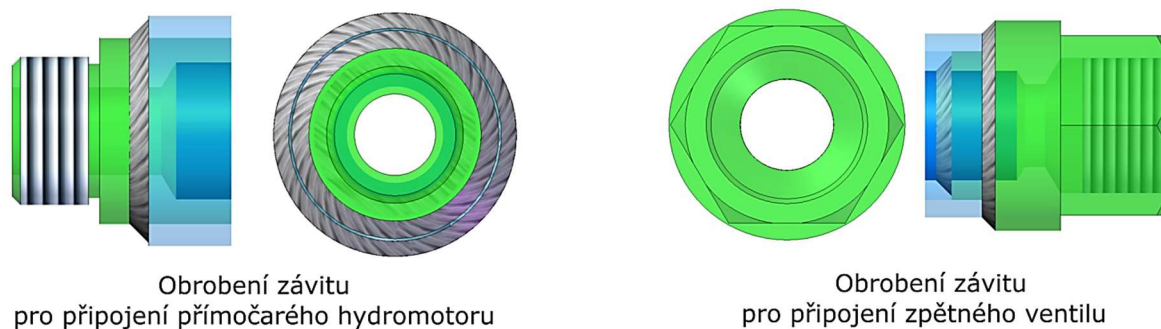
Trubka vnější

Obrázek 91. Trubka vnější



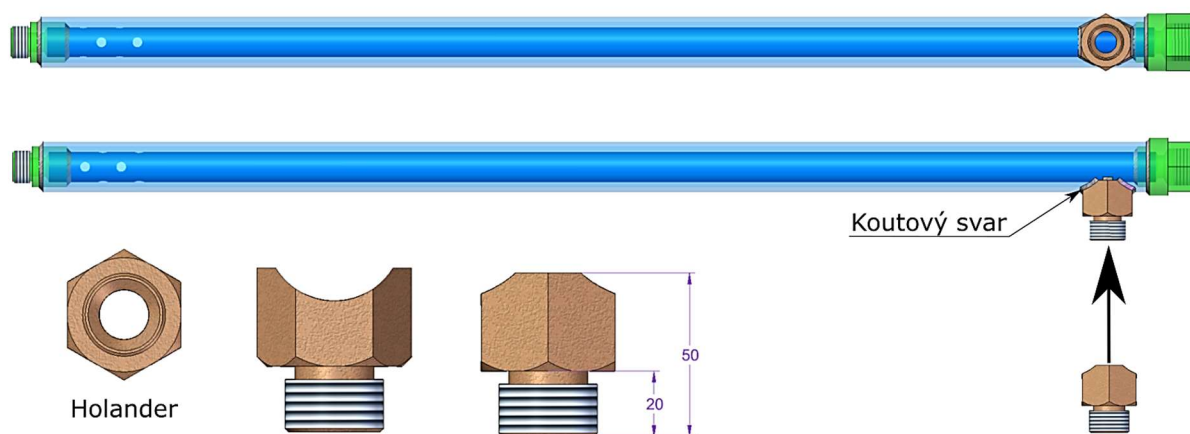
Obrázek 92. Ustavení vnější trubky a svaření

Po svaření obou konců na vnější trubce se dle výkresové dokumentace obrobí, připojovací závit pro přímočarý hydromotor a připojovací závit pro zpětný ventil s šestihranem pro klíč.



Obrázek 93. Obrobení přípojovacích závitů

Posledním krokem je přivaření holandru k vnější trubce. V trubce je vyvrtán otvor o průměru 22 mm, na který se vyrovná vnitřní průměr holandru a v této pozici se svaří.



Obrázek 94. Ustavení a přivaření holandru

K technologii výroby trubky by bylo možno přistoupit i jednodušším způsobem a to tak, že by konce trubky byly již vyrobeny s přípojovacími závitů a sestava by se už jenom svařila dohromady. Je třeba ale zhodnotit, jaké nedostatky by se mohly vyskytnout použitím jednodušší technologie výroby a jak by případné následky mohly ovlivnit funkčnost spojení trubky. Jelikož jsou na obou koncích dva svařky, mohlo by dojít k deformaci přípojovacích závitů. To by se případně nechalo odstranit závitníky. Dalším nedostatkem by byla nesouosost přípojovacího závitu k přímočarému hydromotoru s vnější trubkou, která je z pohledu funkčnosti nepřijatelná. Trubka se bude při výstupu ze smýkadla zajišťovat upínacími kameny do držáku trubek viz. obrázek 60 a počítá se se souosostí trubky s vstupem ve smýkadle. Proto byl navržen technologický postup výroby tak, aby se požadavek souososti zajistil.

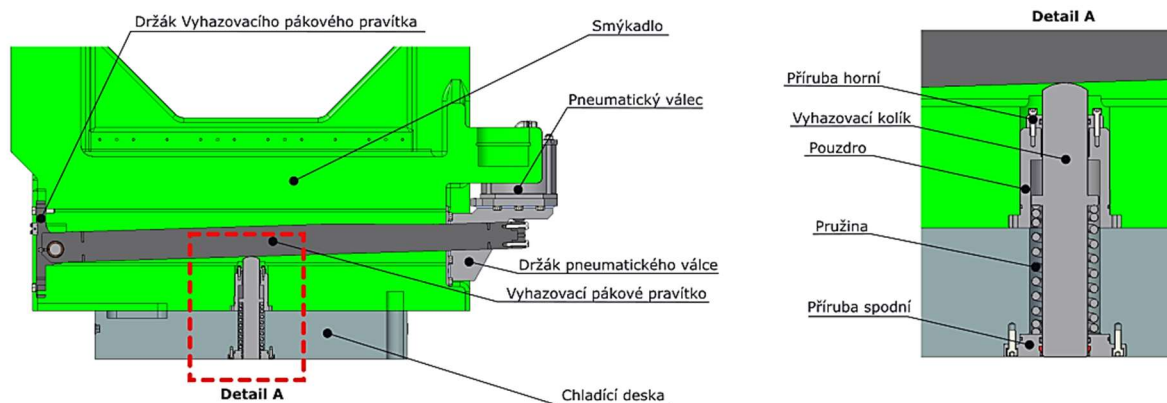
Dále musí výrobce provést kontrolu svarů a tlakovou zkoušku sestavy.

Výrobní dokumentace je součástí přílohy 1 této práce.

12 Analýza výrobních nákladů a technicko - ekonomické zhodnocení

12.1 Výrobní náklady

12.1.1 Varianta TS0



Obrázek 95. Varianta TS0 - Díly zahrnuté do kalkulace

Obráběné díly - cena stanovena odhadem po konzultaci se zástupcem firmy Šmeral.

U této varianty je pět vyhazovacích kolíků. Jelikož navržené varianty mají vyhazovače tři, budou z důvodu porovnání do kalkulace zahrnuty pouze tři sestavy vyhazovacích kolíků.

Tabulka 22. Obráběné díly – TS0 - cena

Součást	Počet kusů / stroj	Cena [Kč/kus]	Celkem [Kč/stroj]
Smýkadlo	1	2 000 000	2 000 000
Chladicí deska	1	255 000	255 000
Držák pneumatického válce	2	10 000	20 000
Vyhazovací pákové pravítko	3	5 000	15 000
Držák vyhazovacího pákového pravítka + čep + pouzdro	3	5 000	15 000
Příruba spodní	3	8 000	24 000
Příruba horní	3	5 000	15 000
Vyhazovací kolík	3	8 000	24 000
Pouzdro	3	10 000	30 000
Pružina	3	4 000	12 000
Celá sestava [Kč]		2 410 000	

Nakupované díly - pneumatická soustava - cena byla stanovena na základě cenové nabídky pro podobný lis.

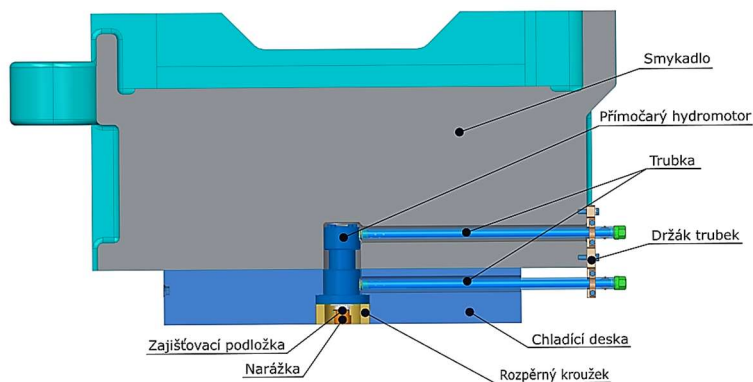
Tabulka 23. Nakupované díly – TS0- cena

Součásti pneumatické soustavy	Počet kusů / stroj	Cena [Kč/kus]	Celkem [Kč/stroj]
Přímočarý pneumotor	2	20 000	40 000
Rozvodný blok	1	20 000	20 000
Rozvody	1	10 000	10 000
Provedení (instalace)	1	10 000	10 000
Celá sestava [Kč]		80 000	

Tabulka 24. Celková orientační cena návrhu TS0

Díly	Cena [Kč]
Obráběné	2 410 000
Nakupované	80 000
Celková orientační cena návrhu [Kč]	2 490 000

12.1.2 Vybraná varianta B



Obrázek 96. Varianta B - Díly zahrnuté do kalkulace

Obráběné díly - cena stanovena odhadem po konzultaci se zástupcem firmy Šmeral.

Tabulka 25. Obráběné díly-varianta B - cena

Součást	Počet kusů / stroj	Cena [Kč/kus]	Celkem [Kč/stroj]
Smykadlo	1	2 000 000	2 000 000
Chladicí deska	1	255 000	255 000
Trubka	6	6 000	36 000
Držák trubek	3	5 000	15 000
Narážka	3	1 500	4 500
Rozpěrný kroužek	3	3 500	10 500
Celá sestava [Kč]		2 321 000	

Nakupované díly - hydraulická soustava - cena byla stanovena na základě cenové nabídky pro podobný lis.

Tabulka 26. Nakupované díly – varianta B - cena

Části hydraulické soustavy	
Nádrž osazená příslušenstvím	
Hlavní pohonná jednotka	
Filtrace a chlazení	
Rozvodný blok	
Akumulátor	
Rozvody	
Válce (přímočaré hydromotory)	
Provedení (instalace)	
Celá soustava [Kč]	800 000

Tabulka 27. Celková orientační cena návrhu B

Díly	Cena [Kč]
Obráběné	2 321 000
Nakupované	800 000
Celková orientační cena návrhu	3 121 000

12.1.3 Vybraná varianta B _ optimalizace

Tabulka 28. Obráběné díly – varianta B optimalizace- cena

Součást	Počet kusů / stroj	Cena [Kč/kus]	Celkem [Kč/stroj]
Smýkadlo	1	1 900 000	1 900 000
Chladicí deska	1	255 000	255 000
Trubka	6	6 000	36 000
Držák trubek	3	5 000	15 000
Narážka	3	1 500	4 500
Rozpěrný kroužek	3	3 500	10 500
Celá sestava [Kč]		2 221 000	

Nakupované díly - hydraulická soustava - cena byla stanovena na základě cenové nabídky pro podobný lis.

Tabulka 29. Nakupované díly – varianta B optimalizace - cena

Části hydraulické soustavy	
Nádrž osazená příslušenstvím	
Hlavní pohonná jednotka	
Filtrace a chlazení	
Rozvodný blok	
Akumulátor	
Rozvody	
Válce (přímočaré hydromotory)	
Provedení (instalace)	
Celá soustava [Kč]	800 000

Tabulka 30. Celková orientační cena návrhu B _ optimalizace

Díly	Cena [Kč]
Obráběné	2 221 000
Nakupované	800 000
Celková orientační cena návrhu	3 021 000

12.1.4 Ekonomické zhodnocení variant

Tabulka 31. Ekonomické zhodnocení variant

Varianta	Celková orientační cena návrhu [Kč]
Varianta TS0	2 490 000
Varianta B	3 121 000
Varianta B _ optimalizace	3 021 000

Z hodnocení je vidět, že i když započítáme úspory z navrhovaných řešení, je varianta B _ optimalizace zhruba o 500 000 Kč dražší, než varianta TS0.

12.2 Technicko - ekonomické zhodnocení

Tabulka 32. Technicko - ekonomické zhodnocení - výhody

Výhody		
Navrhované řešení	Zhodnocení	
	technické	ekonomické
Snížení hmotnosti smýkadla	zlepšení manipulace	menší spotřeba energií v provozu
		snížení nákladů na materiál smýkadla
TS - nižší počet obráběných dílů		snížení pořizovacích nákladů
TS - kompaktní jednotka s malým počtem dílů	snadná manipulace a montáž	snížení nákladů na údržbu
Snížení výšky rámu	snížení hmotnosti	snížení nákladů na materiál rámu
	zvýšení tuhosti	
	zvýšení přesnosti	
Pořízení hydraulické soustavy	zvýšení vyrážecí síly	zvýšení produktivity

Tabulka 33. Technicko - ekonomické zhodnocení - nevýhody

Nevýhody		
Navrhované řešení	Zhodnocení	
	technické	ekonomické
Pořízení hydraulické soustavy	prostor pro agregát	velké pořizovací náklady
	chlazení média	náklady na údržbu a provoz

Po společném hodnocení technických a ekonomických výhod a nevýhod, které nabízí navrhovaná řešení, je vidět, že jedinou nevýhodou jsou velké pořizovací náklady na hydraulickou soustavu. Tato investice by se však částečně vykompenzovala výhodami, která nabízejí navrhovaná řešení popsána v tabulce 32.

13 Shrnutí a závěr

13.1 Shrnutí

Cílem diplomové práce bylo vytvoření návrhu hydraulického horního vyrážače implementovaného do smýkadla lisu SKL 2500 a návrh hydraulického obvodu. Pro tyto účely byly navrženy čtyři varianty. Varianta A, kde byl mechanismus dělený na dvě části. Mechanismus dalších variant byl navržen jako celek. Pro varianty A, C a D byl uvažován jednočinný přímočarý hydromotor, pro variantu B dvojčinný přímočarý hydromotor. Z důvodu požadavku co nejméně vrubů ve smýkadle lisu byly zaslepeny prostupy pro vyhazovací páková pravítka. Tím došlo k velkému nárůstu hmotnosti smýkadla a z tohoto důvodu byla vybraná varianta B následně optimalizována. Optimalizace varianty B spočívá ve snížení smýkadla lisu o výšku prostupů pro vyhazovací páková pravítka, což se promítne v její nižší hmotnosti. K tomu, aby bylo možné zhodnotit, zda jsou navržené varianty schopny splnit požadované zatížení, jako původní systém TS0, byly varianty TS0, B a B _ optimalizace podrobeny analýze MKP. Pro zhodnocení byly využity výsledky posunutí a napětí dle von Mises a bylo zjištěno, že se tuhost smýkadla po optimalizaci nijak zásadně nezhoršila oproti variantě TS0 a variantě B. Dále i odečtené napětí na kritických místech vůči mezi kluzu vyhovují a to i na navrhované optimální variantě.

Návrh hydraulické soustavy byl vytvořen na základě výpočtů a dosavadních zkušeností. Hydraulické systémy jsou v dnešní době velmi využívány pro svou jednoduchost a dosažení vysokých sil. Obor hydraulika je velmi specifický a rozvinutý. Na trhu existuje velké množství firem, které nabízí kompletní realizace hydraulických obvodů od návrhu až po realizaci. Není žádoucí, aby každá firma měla svého specialistu z tohoto oboru, a při potřebě realizace hydraulické soustavy se obrací na specializované firmy, které dokáží za použití speciálních výpočtových programů a firemního „Know-how“ navrhnout hydraulické obvody na míru. Z tohoto důvodu by měl být i tento konstrukční návrh potvrzen či doladěn firmou, u které se bude poptávat nákup celé sestavy. Tento proces probíhá většinou tzv. na klíč i s montáží.

Dalším cílem bylo také vytvoření podrobného manuálu pro konstruktéry, kteří se zabývají podobnými návrhy a provést je problémy, které mohou během návrhu očekávat. Myslím si ale, že vytvořit podrobný manuál nelze. Ze zkušenosti konstrukčního průběhu návrhu není možné se držet striktního postupu. Konstruktor musí vždy vycházet z mnoha vstupních požadavků na TS a v závislosti na plnění požadovaných vlastností, upravovat a měnit vše, co brání splnění požadavků. Není proto možné držet se jednoho konkrétního postupu návrhu, jelikož vstupní hodnoty na vytvářený TS a podmínky se budou vždycky lišit a nikdy nebudou stejné. Tuto práci je možné použít jako inspiraci pro menší shodná řešení, ale určitě ne, jako plnohodnotný manuál, který provede konstruktéra návrhem od začátku až do konce. Z tohoto důvodu musí být konstruktér neustále v obraze a dokázat odůvodnit všechny detaily návrhu. Určitě by neměly být konstruktérem opomíjeny a podceňovány detaily návrhu, protože právě tam se může objevit problém, který je možno vyřešit ještě před tvorbou výkresové dokumentace a vyhnout se tak odstraňování nedostatků při montáži nebo dokonce při oživování TS.

Na základě vypracované rešerše, bylo zjištěno, že literatury, která se zabývá problematikou mechanismů vyrážačů v kovacích lisech, je velmi málo. Pokud byla již nějaká literatura k tomuto tématu nalezena, tak bylo téma popsáno velmi stroze. Podrobněji se tomuto tématu věnovala pouze starší literatura a norma. Myslím si, že je to způsobeno jednak firemním

„Know-how“, kde je tato problematika předávána na základě konstrukčních zkušeností a také tím, že se jedná o velmi specifické téma.

Dále byla též velmi důležitá spolupráce se zadavatelem úkolu, v našem případě konzultantem, který byl během návrhu seznamován s dílčími kroky, ke kterým se vyjadřoval a následně korigoval další postup práce. Během návrhu též dodával i potřebné informace a dokumenty.

13.2 Závěr

Po výběru optimální varianty a následném vyhodnocení se očekávalo, že navržená varianta bude dražší z důvodu nákladů na pořízení hydraulické soustavy, což v odhadované pořizovací ceně bylo okolo 800 000 Kč. Postupem rozpracování návrhu byla z nastalých okolností navržena varianta optimalizace. Optimalizace zahrnuje snížení hmotnosti smýkadla oproti variantě TS0 o 3,7 t a snížení rámu. Dále má navržený systém méně obráběných dílů. To vše, sníží náklady na výrobu. Dalším pozitivním ekonomickým vlivem, který se zhodnotí až během provozu je nižší spotřeba energie, která je použita na vyvažování a brždění smýkadla. Zvýšením tuhosti rámu na základě jeho zkrácení by bylo dosaženo i větší přesnosti stroje. Proto si dovoluji tvrdit, že by navržená varianta optimalizace byla velkým přínosem pro zlepšení kvality a ekonomičnosti stroje v následném provozu. Náklady na hydraulickou soustavu by z části pokryly úspory na nákladech za ušetřený materiál a následný její provoz úspory spotřeby energií.

Tímto bylo splněno zadání práce.

Při vypracovávání diplomové práce bylo pro mě velkým přínosem postupovat dle pokynů Obecného modelu postupu konstruování. Využití těchto pravidel mi poskytlo jasný směr, usnadnilo tvorbu koncepce a tím přineslo spoustu časových úspor.

14 Seznam bibliografických citací informačních zdrojů

Knížní zdroje

- [1] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojího inženýra: obecné strojí části*. Praha: Computer Press, 1999. Edice strojaře. ISBN 80-7226-055-3.
- [2] [DRASTÍK, František. *Kovářské stroje a technologie kování: určeno pro provozní techniky kováren, mistry, kovářské dělníky a řidiče kovářských strojů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961. Řada strojírenské literatury.]
- [3] DREXLER, P.; FAATZ.H. et al. *Příručka hydrauliky svazek 3. Projektování a konstrukce hydraulických zařízení*. Lohr am. Main: Mannesmann Rexroth GmbH, 1988. ISBN 3-8023-02664.
- [4] DUNÍK, Miroslav. *Studijní doplňující text k přednáškám z předmětu TEKUTINOVÉ MECHANISMY: HYDRAULIKA*. 2020. Plzeň.
- [5] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-86490-74-2.
- [6] HOSNEDL, S.: *Systémové navrhování technických produktů*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, FST, KKS. 2012 208 s. ISBN 978-80-261-0125-3. <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kks/zkm>
- [7] KAMELANDER, Ivan. *Tvářecí stroje I*. 3. vyd. Brno: VUT, 1989. ISBN 80-214-1037-10.
- [8] RUDOLF, Bedřich a Miloslav KOPECKÝ. *Tvářecí stroje: Základy stavby a využití*. Praha: SNTL, 1985.

Internetové zdroje

- [9] Úvod - Katedra strojírenské technologie. Úvod - Katedra strojírenské technologie [online]. Copyright © 2018 Katedra strojírenské technologie [cit. 24.10.2021]. Dostupné z: <http://www.ksp.tul.cz/>
- [10] Šmeral - Tvářecí stroje. Šmeral - Tvářecí stroje [online]. Copyright © 2000 [cit. 24.10.2021]. Dostupné z: <https://www.smeral.cz/>
- [11] 301 Moved Permanently. *301 Moved Permanently* [online]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/>
- [12] Spoje a spojovací součásti. [online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/208/01.html>
- [13] *Hydraulické válce české výroby - Hydraulics s.r.o.* [online]. Copyright © [cit. 12.03.2022]. Dostupné z: <https://www.hydraulics.cz/wcd/pdf/chromovanetyce.pdf>
- [14] Produkty - Henkel Adhesives. *Global Entry Page* [online]. Dostupné z: <https://www.henkel-adhesives.com/cz/cs/produkty.html>
- [15] <https://www.parker.com/Literature/HPCE/New/CAT-4041-2-UK.pdf>
- [16] SKČR | Svaz kováren ČR. *SKČR | Svaz kováren ČR* [online]. Copyright © SKČR 2022 Všechna práva vyhrazena [cit. 20.02.2022]. Dostupné z: <https://www.skcr.org/>
- [17] Průmyslové srdce Vysočiny | Žďas. *Průmyslové srdce Vysočiny | Žďas* [online]. Copyright © 2021 ŽĎAS a.s. [cit. 20.02.2022]. Dostupné z: <https://www.zdas.com>
- [18] <https://slideplayer.cz/slide/11473495/>

[19] Technické normy ČSN. Bezpečnostní tabulky. | TECHNOR print, s.r.o. Hradec Králové. *Technické normy ČSN. Bezpečnostní tabulky. | TECHNOR print, s.r.o. Hradec Králové* [online]. Copyright © 2020, TECHNOR print, s.r.o., Československé armády 216 [cit. 11.05.2022]. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/>

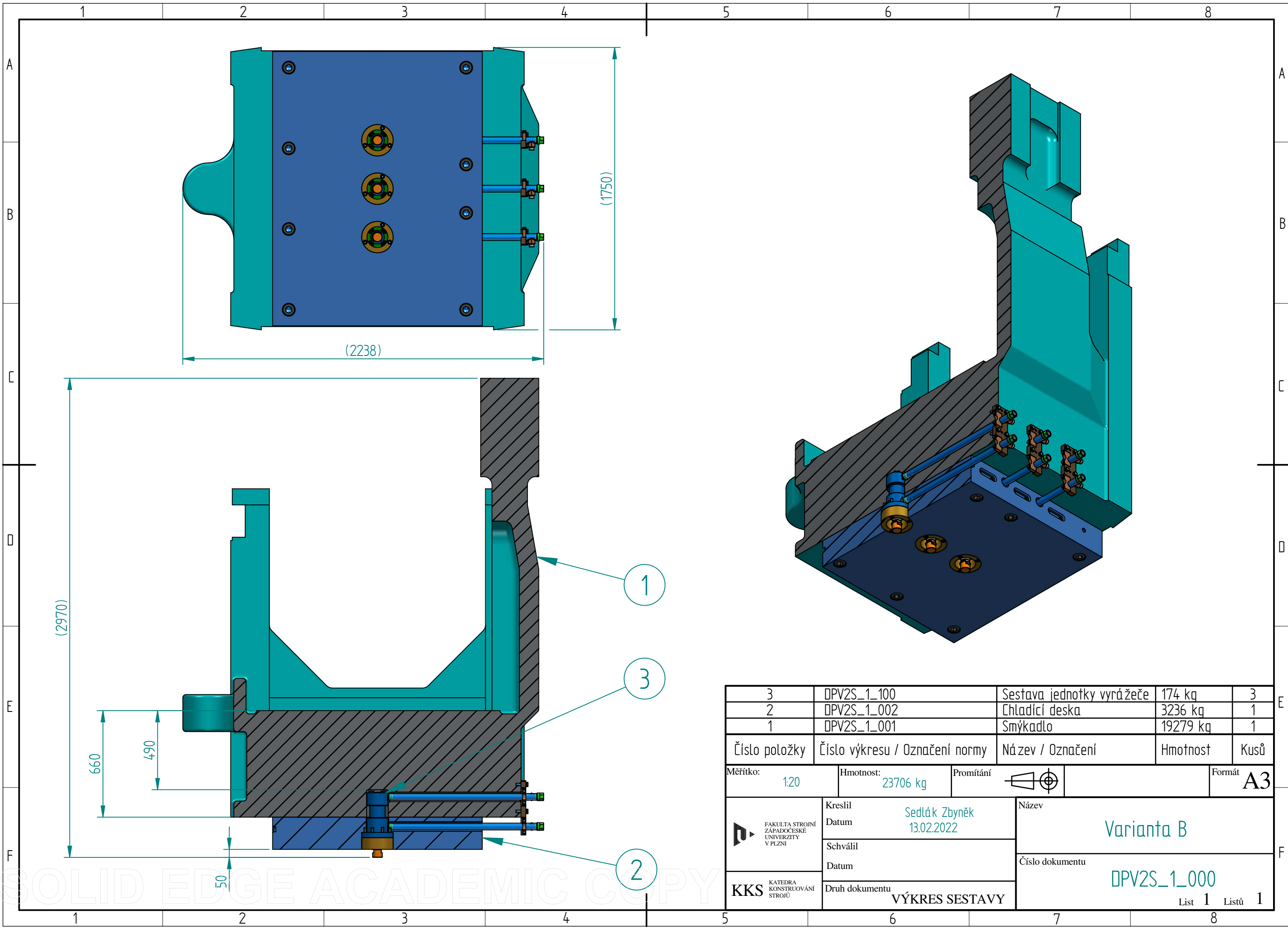
PŘÍLOHA č. 1

Vybraná výkresová dokumentace

Konstrukční návrh se skládá z níže uvedených sestav, podsestav a dílů.

Tabulka 1. Soupis sestav, podsestav, dílů a vybrané výkresové dokumentace

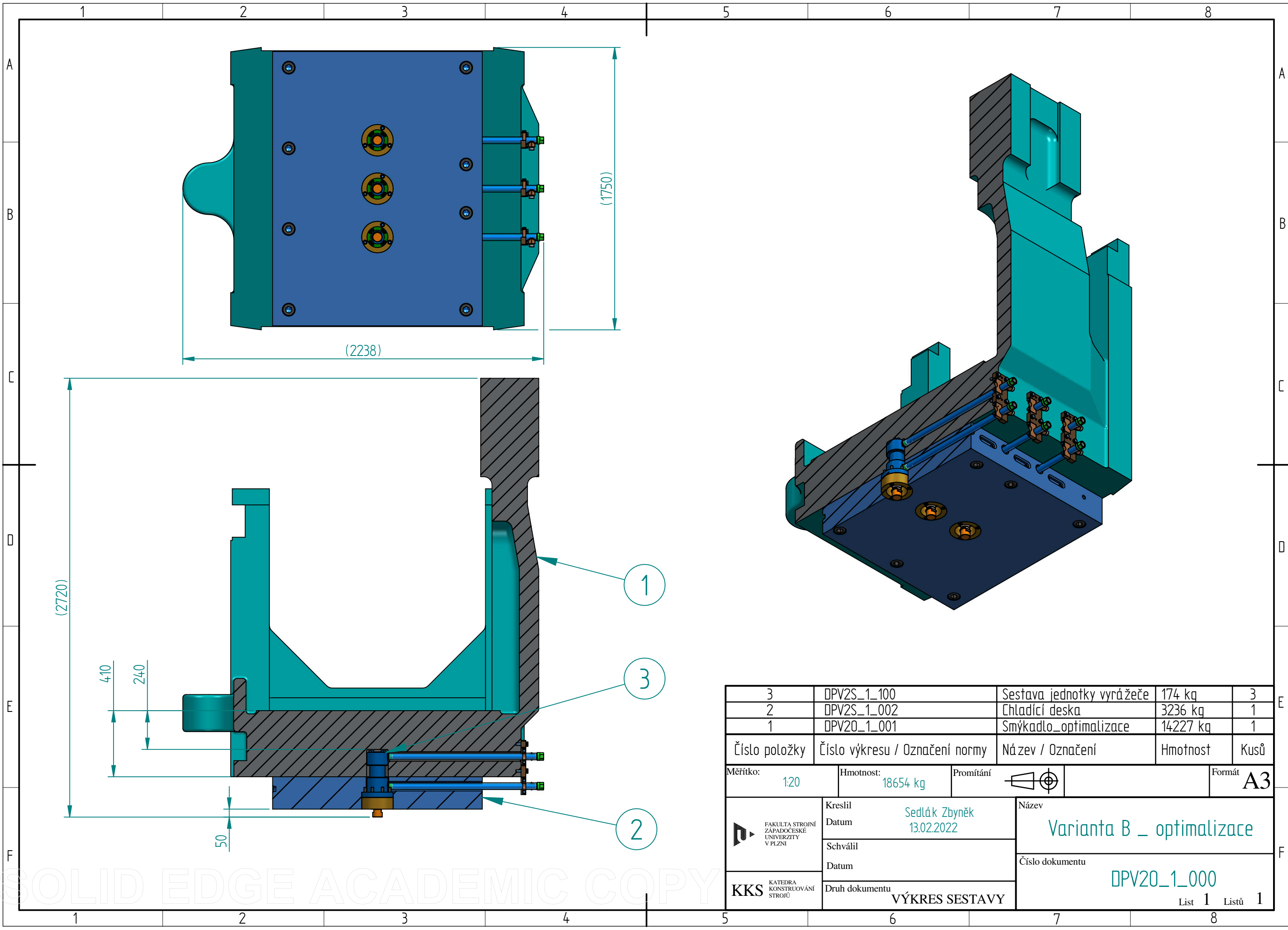
	Hlavní sestava	Sestava	Podsestava	Díl
Varianta B _optimalizace	DPV2O_1_000			
Varianta B	DPV2S_1_000			
Smýkadlo				DPV2S_1_101
Chladicí deska				DPV2S_1_102
Aretační kolík				DPV2S_1_103
Pero				DPV2S_1_104
Sestava jednotky vyrážače		DPV2S_1_100		
Přímočarý hydromotor - narážka		DPV2S_1_200		
Narážka				DPV2S_1_201
Zajišťovací podložka				DPV2S_1_202
Rozpěrný kroužek				DPV2S_1_203
Podložka				DPV2S_1_204
Klíč - nárážka				DPV2S_1_205
Přímočarý hydromotor (CDM1MF3_80_56_50A)			DPV2S_1_210	
Válec				DPV2S_1_211
Pístnice				DPV2S_1_212
Operace 5 Přívodní trubka		DPV2S_1_300		
Operace 1 Přívodní trubka			DPV2S_1_310	
Trubka vnitřní				DPV2S_1_311
Polotovár válec				DPV2S_1_312
Polotovár zpětný ventil				DPV2S_1_313
Operace 2 Přívodní trubka			DPV2S_1_320	
Operace 3 Přívodní trubka			DPV2S_1_330	
Trubka vnější				DPV2S_1_331
Operace 4 Přívodní trubka			DPV2S_1_340	
Držák přívodních trubek		DPV2S_1_400		
Držák přívodních trubek				DPV2S_1_401
Upínací kamen				DPV2S_1_402
Legenda	model + výrobní výkres nebo výkres sestavy			
	model			



3	DPV2S_1_100	Sestava jednotky vyráběče	174 kg	3
2	DPV2S_1_002	Chladicí deska	3236 kg	1
1	DPV2S_1_001	Smykadlo	19279 kg	1
Číslo položky	Číslo výkresu / Označení normy	Název / Označení	Hmotnost	Kusů

Měřítko: 1:20	Hmotnost: 23706 kg	Promítání:	Formát: A3
---------------	--------------------	------------	------------

	Kreslil: Sedlák Zbyněk Datum: 13.02.2022	Název: Varianta B
	Schválil: Datum:	Číslo dokumentu: DPV2S_1_000
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu: VÝKRES SESTAVY	List 1 Listů 1

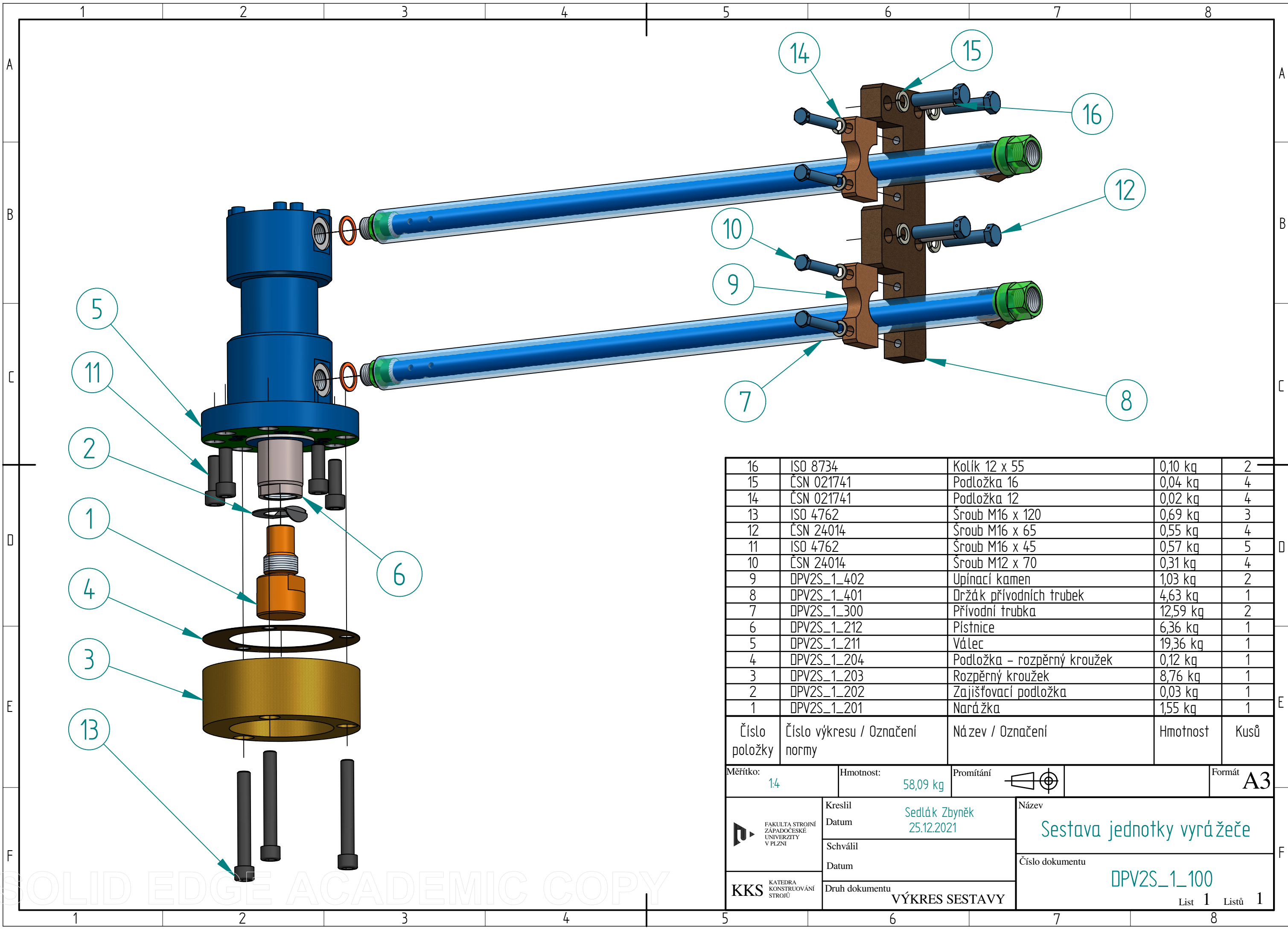


3	DPV2S_1_100	Sestava jednotky vyrážače	174 kg	3
2	DPV2S_1_002	Chladicí deska	3236 kg	1
1	DPV20_1_001	Smykadlo_optimalizace	14227 kg	1
Číslo položky	Číslo výkresu / Označení normy	Název / Označení	Hmotnost	Kusů

Měřítko: 1:20	Hmotnost: 18654 kg	Promítání	Formát A3
---------------	--------------------	-----------	-----------

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Sedlák Zbyněk Datum 13.02.2022	Název Varianta B _ optimalizace
	Schválil Datum	Číslo dokumentu DPV20_1_000
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	List 1 Listů 1

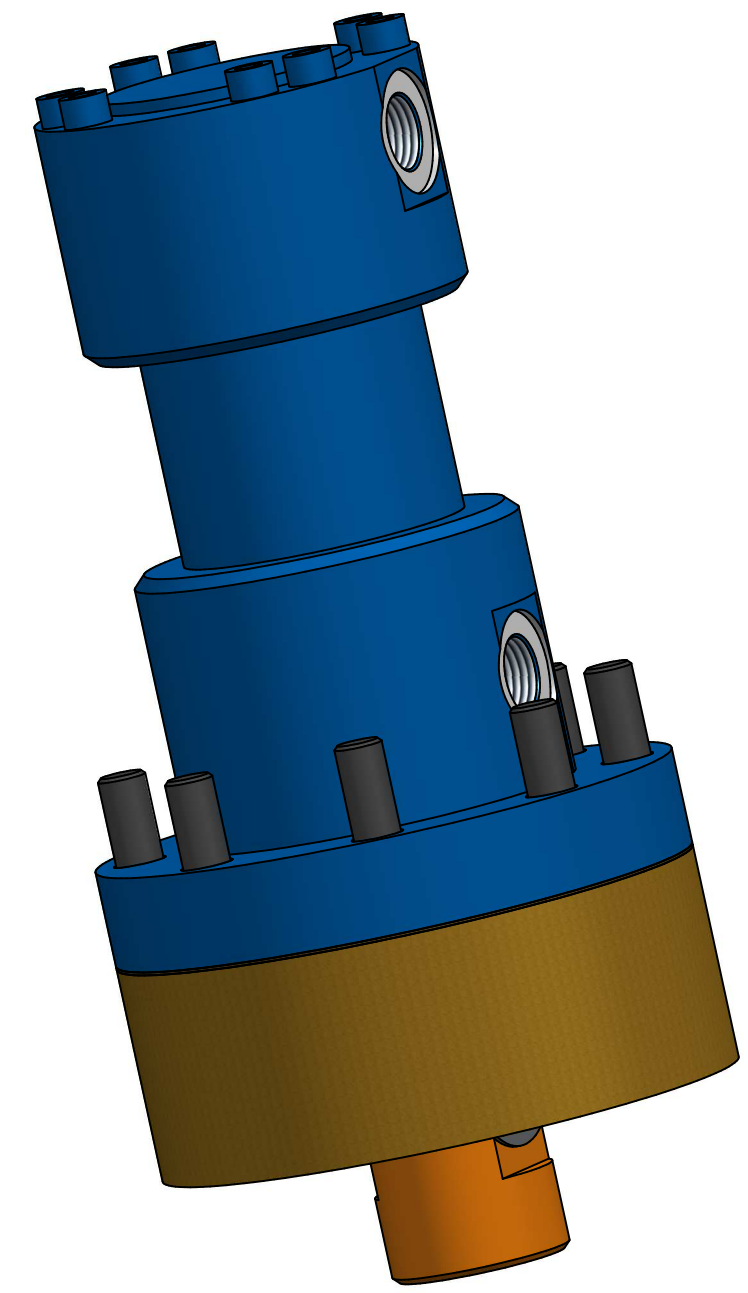
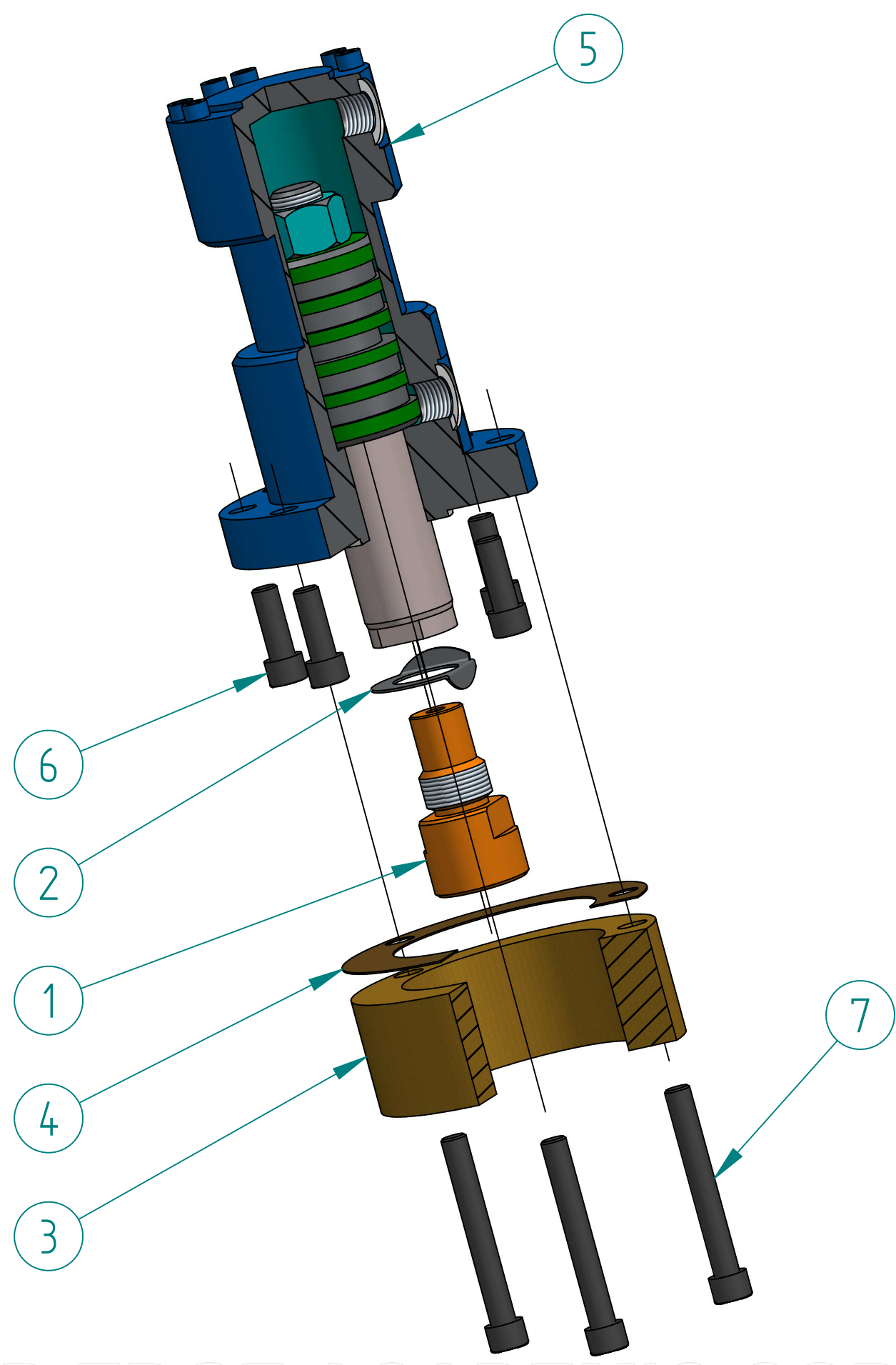
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



16	ISO 8734	Kolík 12 x 55	0,10 kg	2
15	ČSN 021741	Podložka 16	0,04 kg	4
14	ČSN 021741	Podložka 12	0,02 kg	4
13	ISO 4762	Šroub M16 x 120	0,69 kg	3
12	ČSN 24014	Šroub M16 x 65	0,55 kg	4
11	ISO 4762	Šroub M16 x 45	0,57 kg	5
10	ČSN 24014	Šroub M12 x 70	0,31 kg	4
9	DPV2S_1_402	Upínací kamen	1,03 kg	2
8	DPV2S_1_401	Držák přívodních trubek	4,63 kg	1
7	DPV2S_1_300	Přívodní trubka	12,59 kg	2
6	DPV2S_1_212	Pístnice	6,36 kg	1
5	DPV2S_1_211	Válec	19,36 kg	1
4	DPV2S_1_204	Podložka - rozpěrný kroužek	0,12 kg	1
3	DPV2S_1_203	Rozpěrný kroužek	8,76 kg	1
2	DPV2S_1_202	Zajišťovací podložka	0,03 kg	1
1	DPV2S_1_201	Narážka	1,55 kg	1
Číslo položky	Číslo výkresu / Označení normy	Název / Označení	Hmotnost	Kusů

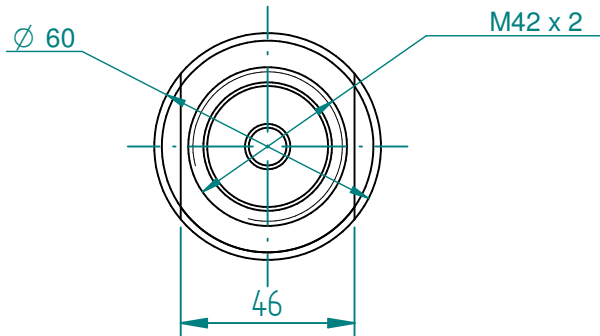
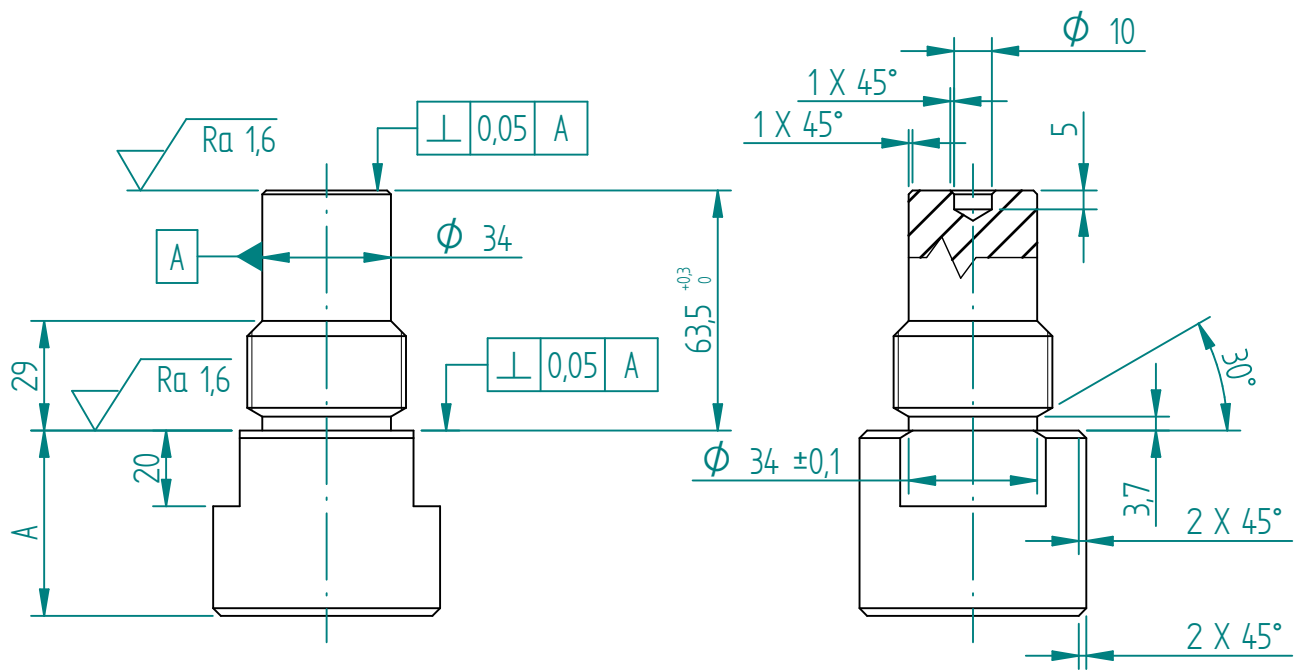
Měřítko: 1:4	Hmotnost: 58,09 kg	Promítání 	Formát A3
 <small>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</small>	Kreslil Sedlák Zbyněk 25.12.2021	Název Sestava jednotky vyrážače	
	Schválil	Číslo dokumentu DPV2S_1_100	
 <small>KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</small>	Datum	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	
		List 1 Listů 1	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



7	ISO 4762	Šroub M16 x 120	0,69 kg	3
6	ISO 4762	Šroub M16 x 45	0,57 kg	5
5	DPV2S_1_210	CDM1MF3_80_56_50A	25,72 kg	1
4	DPV2S_1_204	Podložka - rozpěrný kroužek	0,12 kg	1
3	DPV2S_1_203	Rozpěrný kroužek	8,76 kg	1
2	DPV2S_1_202	Zajišťovací podložka	0,03 kg	1
1	DPV2S_1_201	Narážka	1,55 kg	1
Číslo položky	Číslo výkresu / Označení normy	Název / Označení	Hmotnost	Kusů

Měřítko: 1:3,33	Hmotnost: 38,83 kg	Promítání	Formát A3
	Kreslil Sedlák Zbyněk Datum 25.12.2021	Název Přímočarý hydromotor - nárazka	
	Schválil Datum	Číslo dokumentu DPV2S_1_200	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	List 1 Listů 1	



PROMĚNNÁ	
A	
50	
45	
40	
35	

Polotovár zušlechten na (45 +2/-2) HRC

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřitko: 1:2	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 1,55 kg	Tolerování ISO 8016
Materiál - Polotovár ČSN 14 260		Promítání 	
		Formát A4	

	Kreslil Sedlák Zbyněk	Název Narážka
	Datum 25.12.2021	
	Schválil	Číslo dokumentu DPV2S_1_201
	Datum	
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 1 Listů 1

1 2 3 4

A

A

B

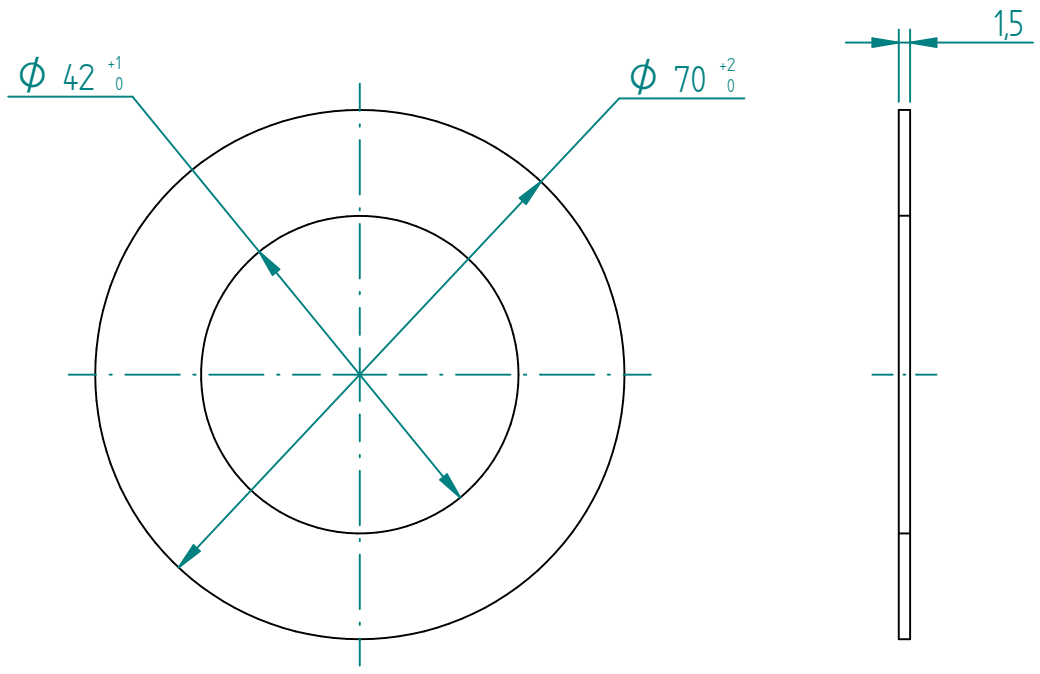
B

C

C

D

D



Výroba - CNC Laser

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko: 2:1	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 0,03 kg	Tolerování ISO 8016
		Promítání 	

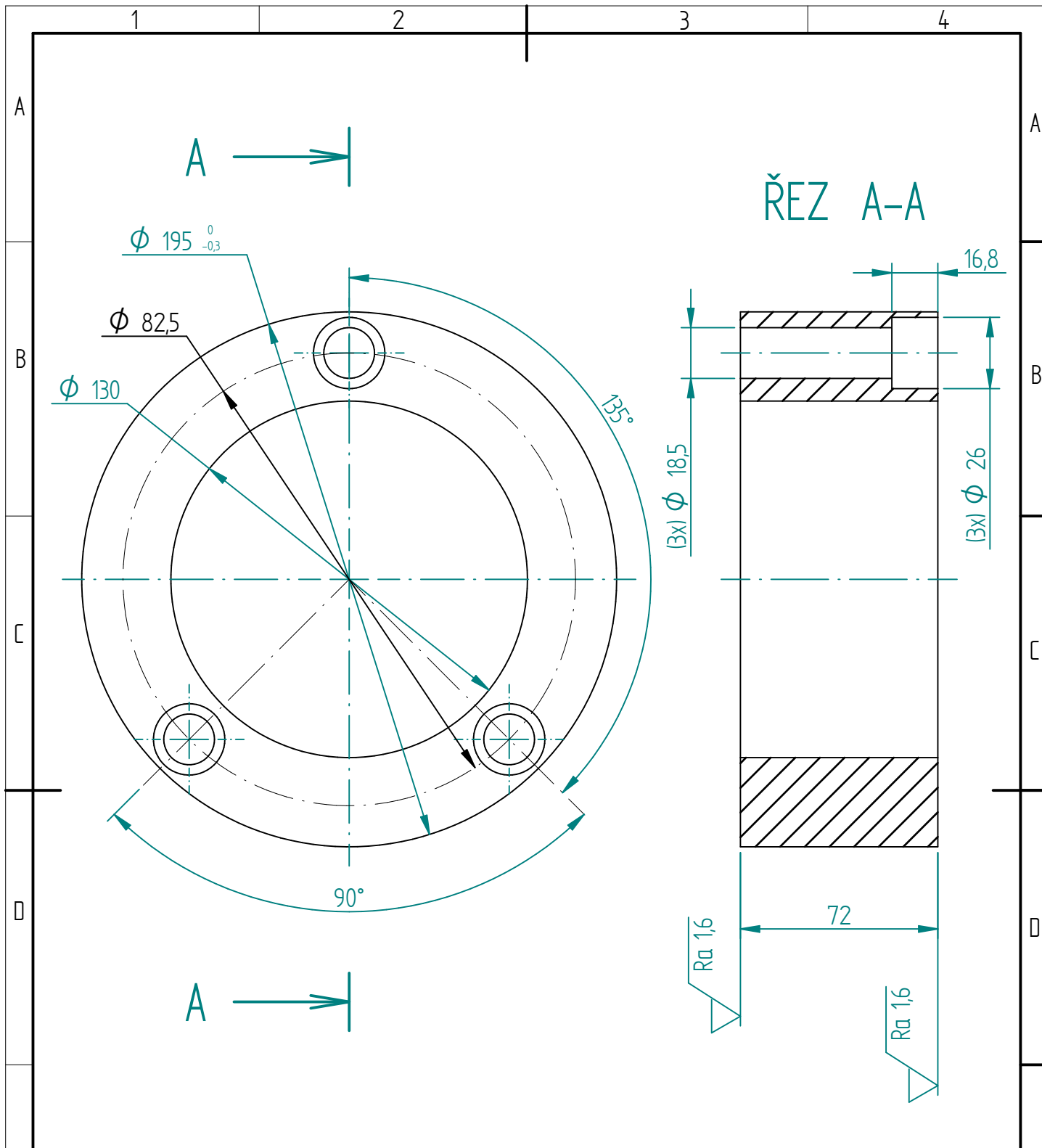
Materiál - Polotovár ČSN 11 321.2	Formát A4
--------------------------------------	--------------

	Kreslil Sedlák Zbyněk	Název Zajišťovací podložka
	Datum 26.12.2021	
	Schválil	Číslo dokumentu DPV2S_1_202
	Datum	
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 1 Listů 1

1 2 3 4

F

F

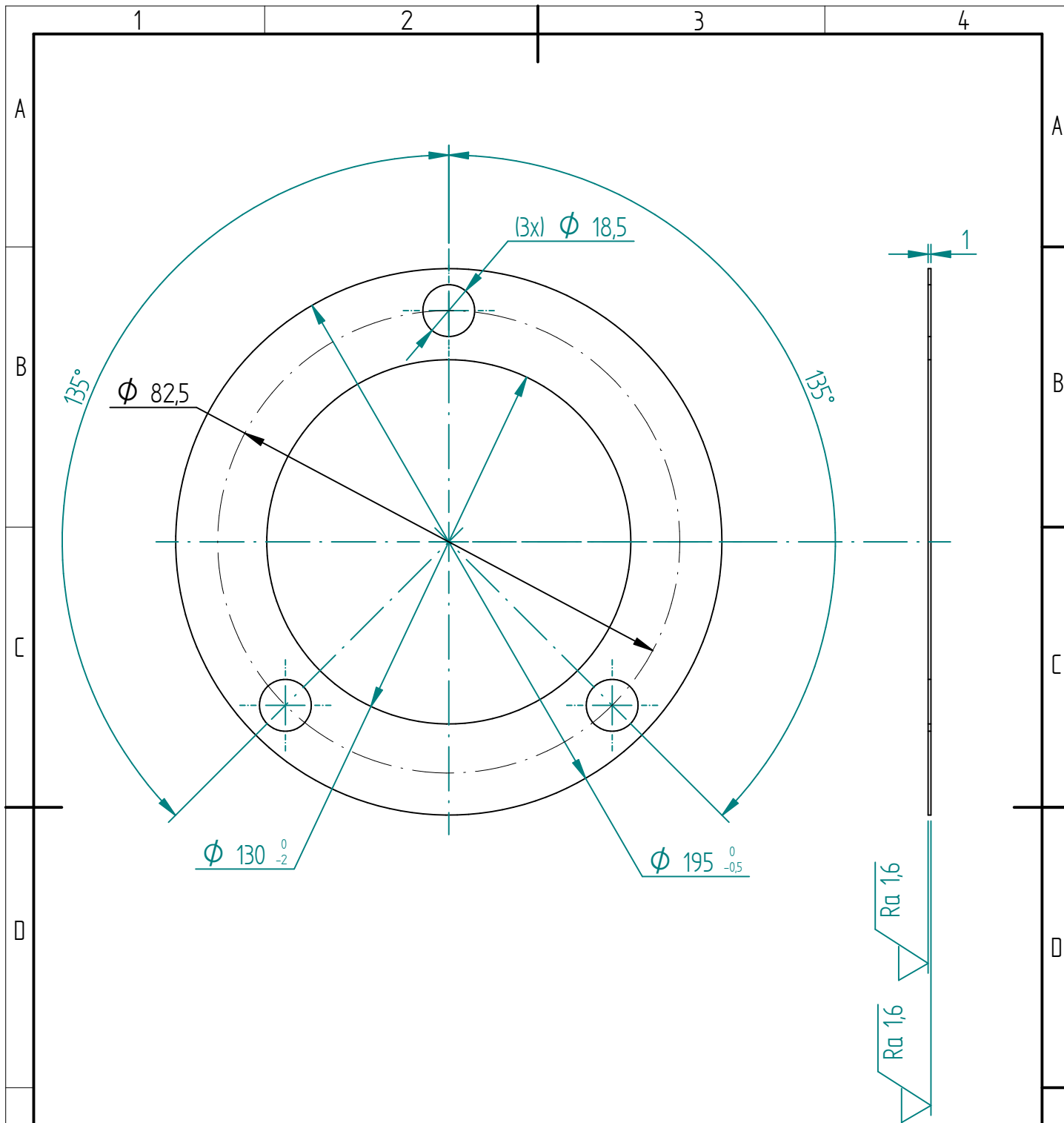


Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko: 1:2	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 8,76 kg	Tolerování ISO 8016
			Promítání

Materiál - Polotovár ČSN 11 600	Formát A4
------------------------------------	--------------

	Kreslil Sedlák Zbyněk Datum 13.02.2022	Název Rozpěrný kroužek
	Schválil Datum	
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Číslo dokumentu DPV2S_1_203
		List 1 Listů 1

SOLIDEDGE ACADEMIC COPY



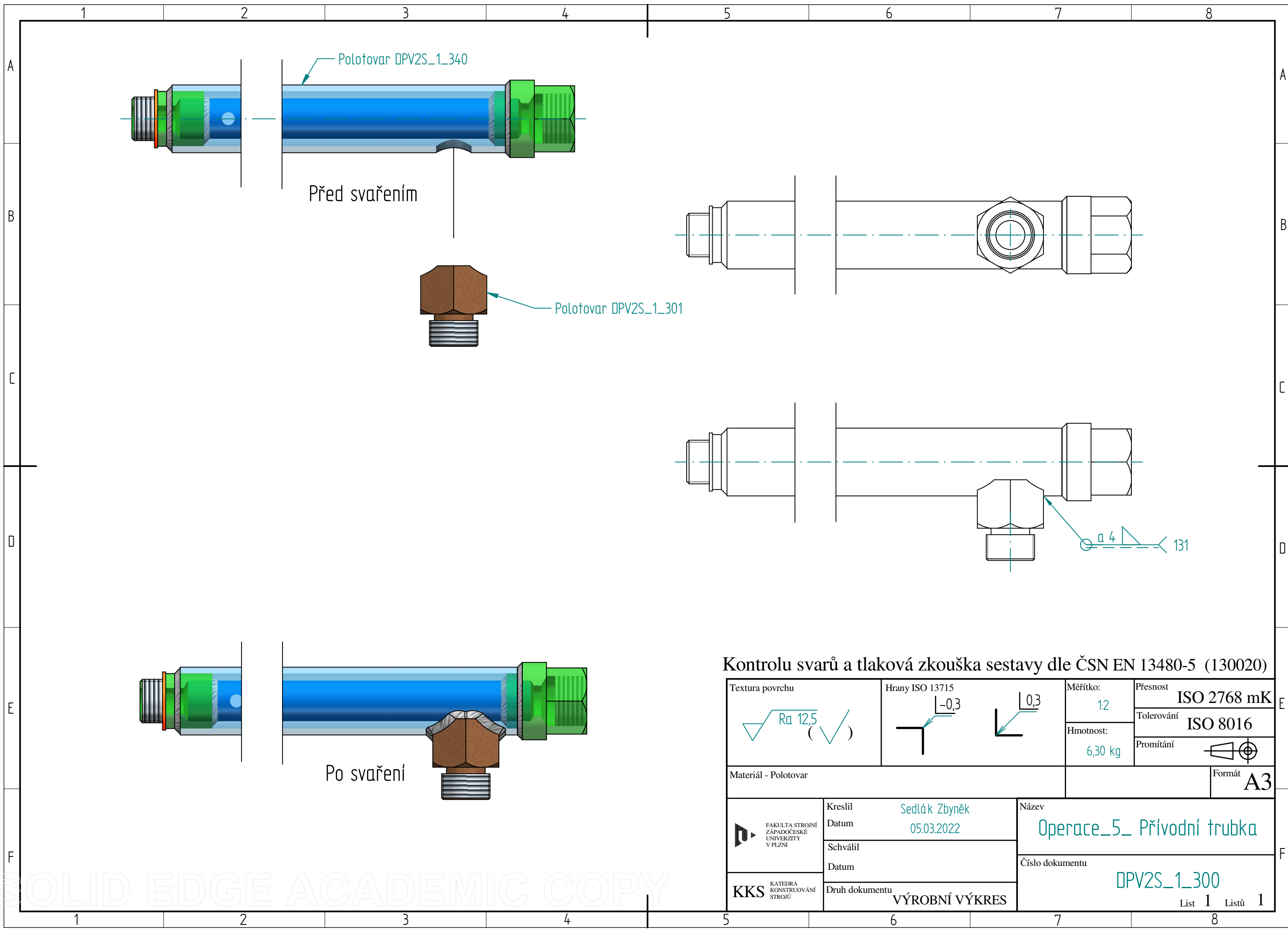
Výroba - CNC Laser

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko: 1:2	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 0,12 kg	Tolerování ISO 8016
			Promítání

Materiál - Polotovár ČSN 11 600	Formát A4
------------------------------------	--------------

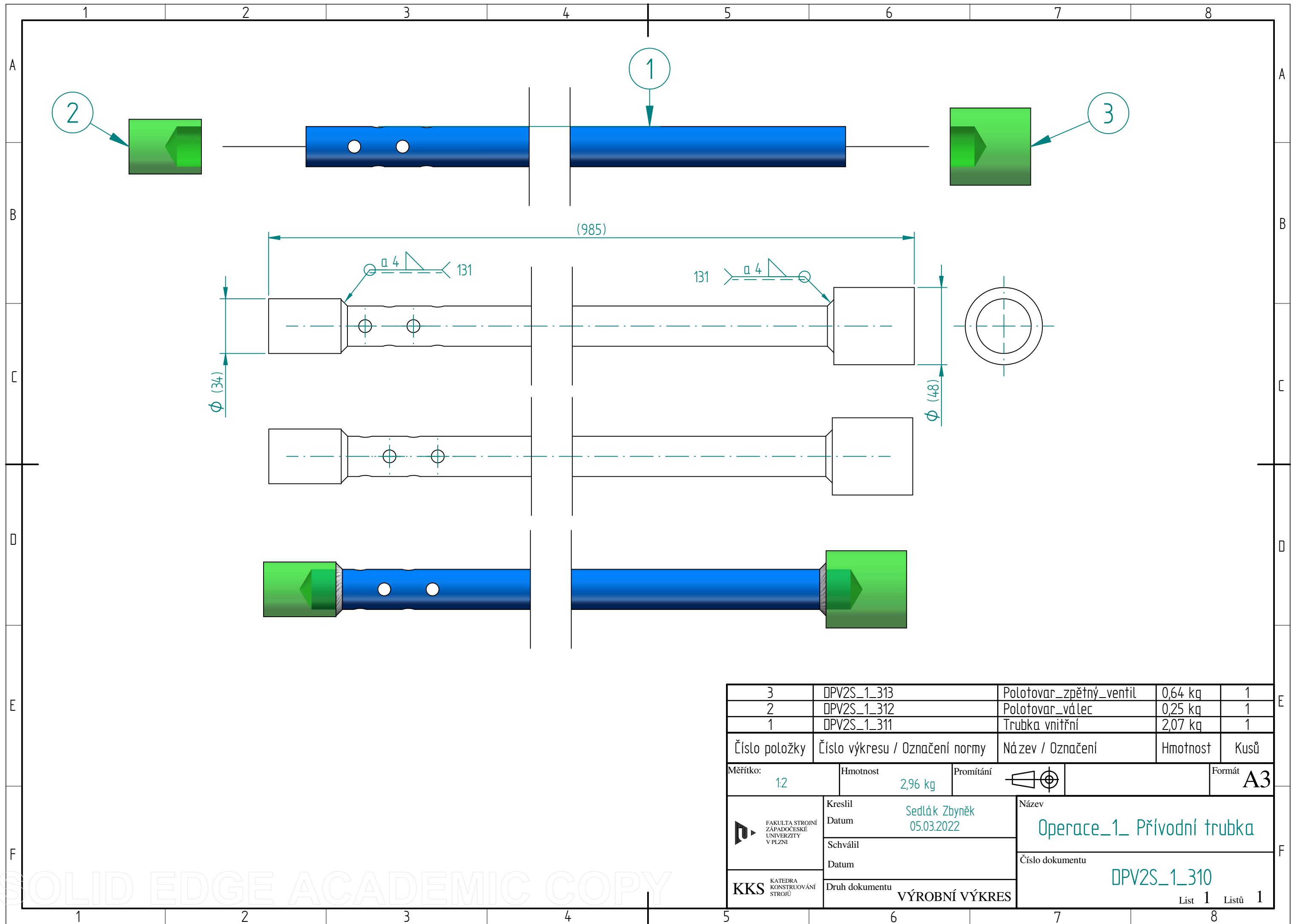
	Kreslil Sedlák Zbyněk	Název Podložka - rozpěrný kroužek
	Datum 27.03.2022	
	Schválil	Číslo dokumentu DPV2S_1_204
	Datum	
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 1 Listů 1

SOLIDEDGE ACADEMIC COPY



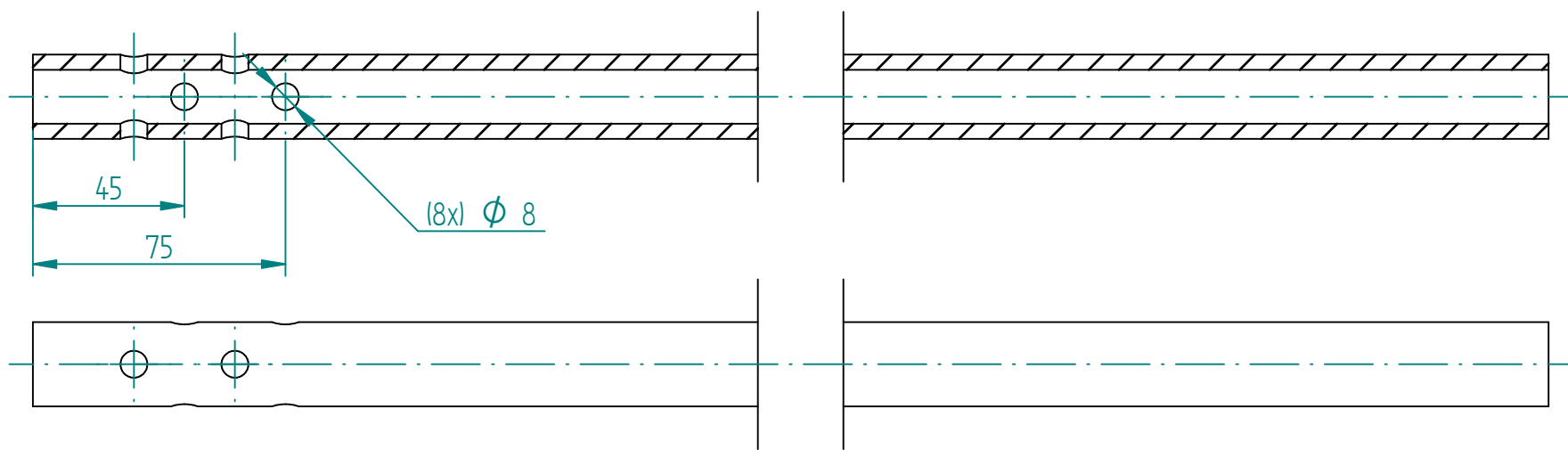
Kontrolu svarů a tlaková zkouška sestavy dle ČSN EN 13480-5 (130020)

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 		Měřitko: 1:2	Přesnost ISO 2768 mK
			Hmotnost: 6,30 kg	Tolerování ISO 8016
Materiál - Polotovar			Formát A3	Promítání
	Kreslil Sedlák Zbyněk	Datum 05.03.2022		
	Schválil	Datum		Číslo dokumentu DPV2S_1_300
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 1 Listů 1	



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

ŘEZ B-B



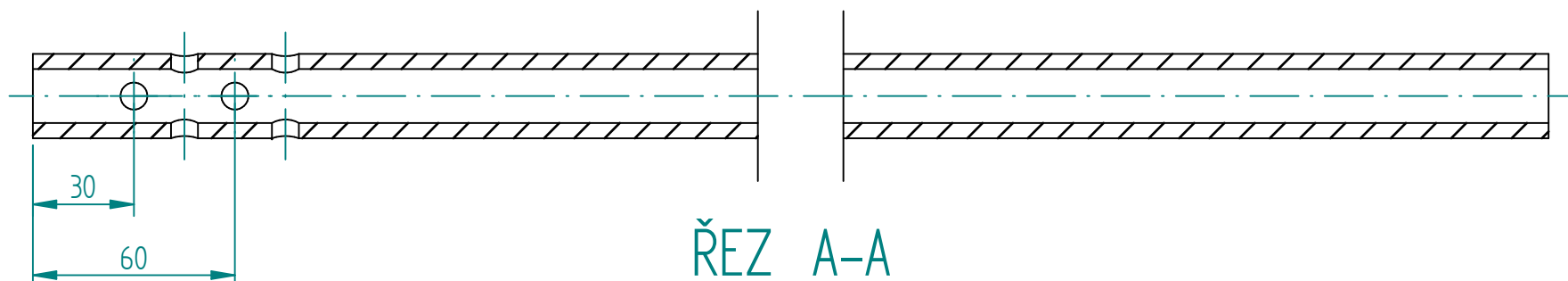
(8x) ϕ 8

45

75

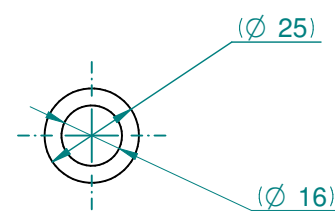
920 $^{+2}_0$

ŘEZ A-A



30

60



(ϕ 25)

(ϕ 16)

Polotovár: bežešvá trubka E0 z oceli 1.0308, Tolerance dle DIN 23921

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřitko: 1:2	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 2,07 kg	Tolerování ISO 8016
Materiál - Polotovár		Promítání	
		Formát A3	
Kreslil Sedlák Zbyněk Datum 06.03.2022	Název Trubka vnitřní		
	Schválil Datum	Číslo dokumentu DPV2S_1_311	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 1 Listů 1

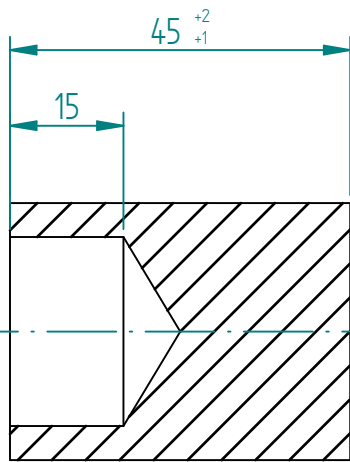
1 2 3 4

A

A

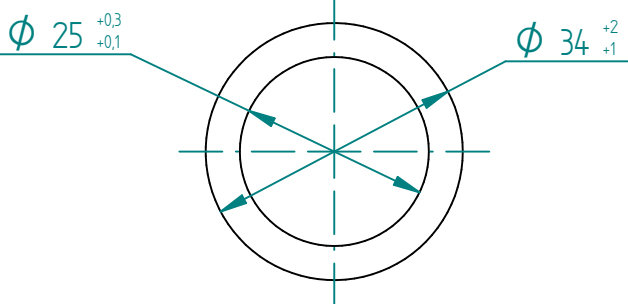


ŘEZ A-A



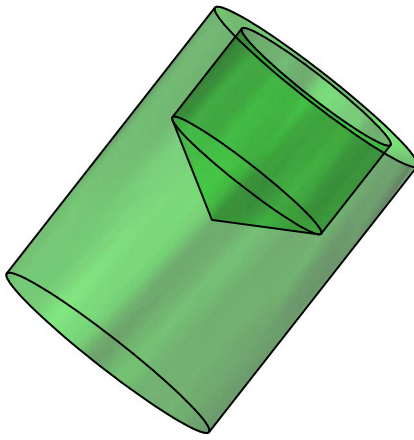
B

B



C

C



D

D

E	Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko: 1:1	Přesnost ISO 2768 mK
			Hmotnost: 0,25 kg	Tolerování ISO 8016
				Promítání

Materiál - Polotovar ČSN 15 422.5	Formát A4
--------------------------------------	--------------

F		Kreslil Sedláč Zbyněk	Název Polotovar_válec
		Datum 05.03.2022	
		Schválil	Číslo dokumentu DPV2S_1_312
	Datum		
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		
			List 1 Listů 1

1 2 3 4

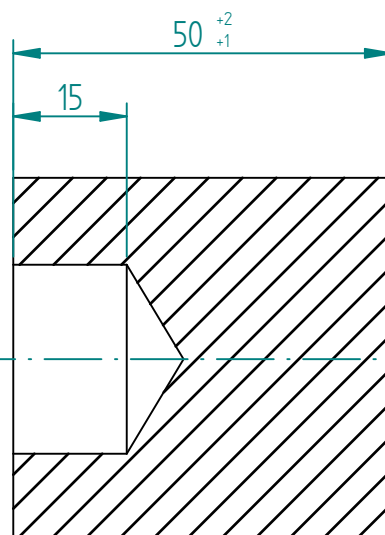
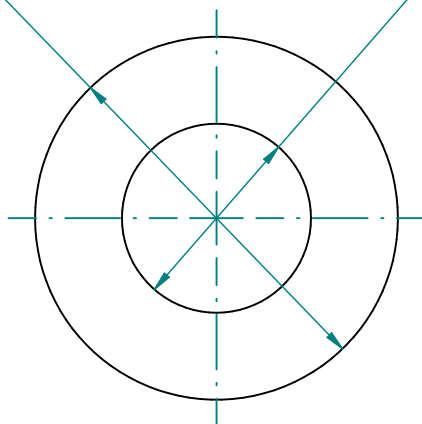
1

2

3

4

A

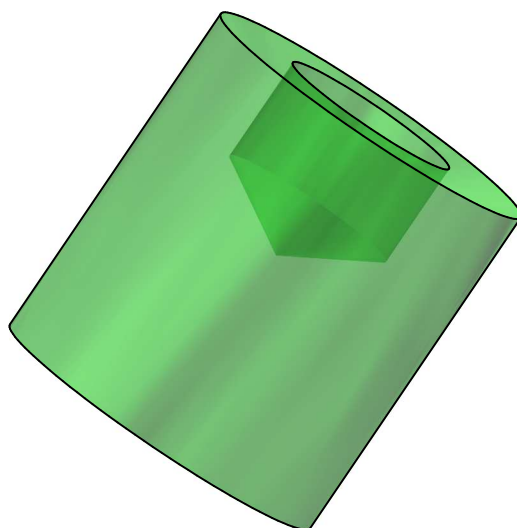

 $\varnothing 48^{+2}_{+1}$
 $\varnothing 25^{+0,3}_{-0,1}$

ŘEZ A-A

B

C



D



A

B

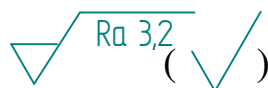
C

D

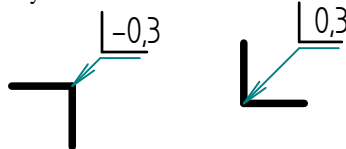
E

F

Textura povrchu



Hrany ISO 13715



Měřítko:

1:1

Hmotnost:

0,64 kg

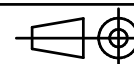
Přesnost

ISO 2768 mK

Tolerování

ISO 8016

Promítání



Materiál - Polotovar

Steel - 1.0308 , ČSN 11 353

Formát

A4


 FAKULTA STROJNÍ
 ZÁPADOČESKÉ
 UNIVERZITY
 V PLZNI

Kreslil

Datum

05.03.2022

Schválil

Datum

Druh dokumentu

VÝROBNÍ VÝKRES

Název

Polotovar_zpětný_ventil

Číslo dokumentu

DPV2S_1_313

List 1 Listů 1

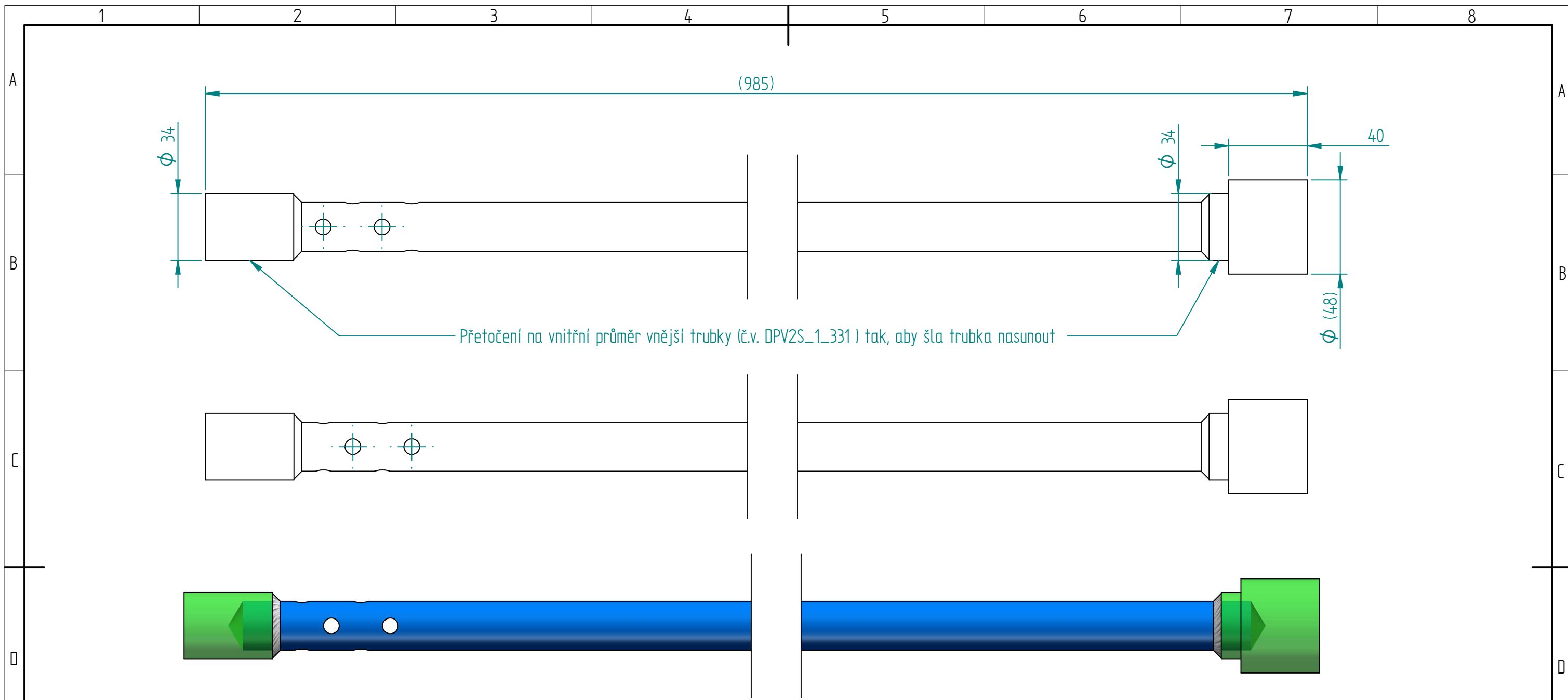
1

2

3

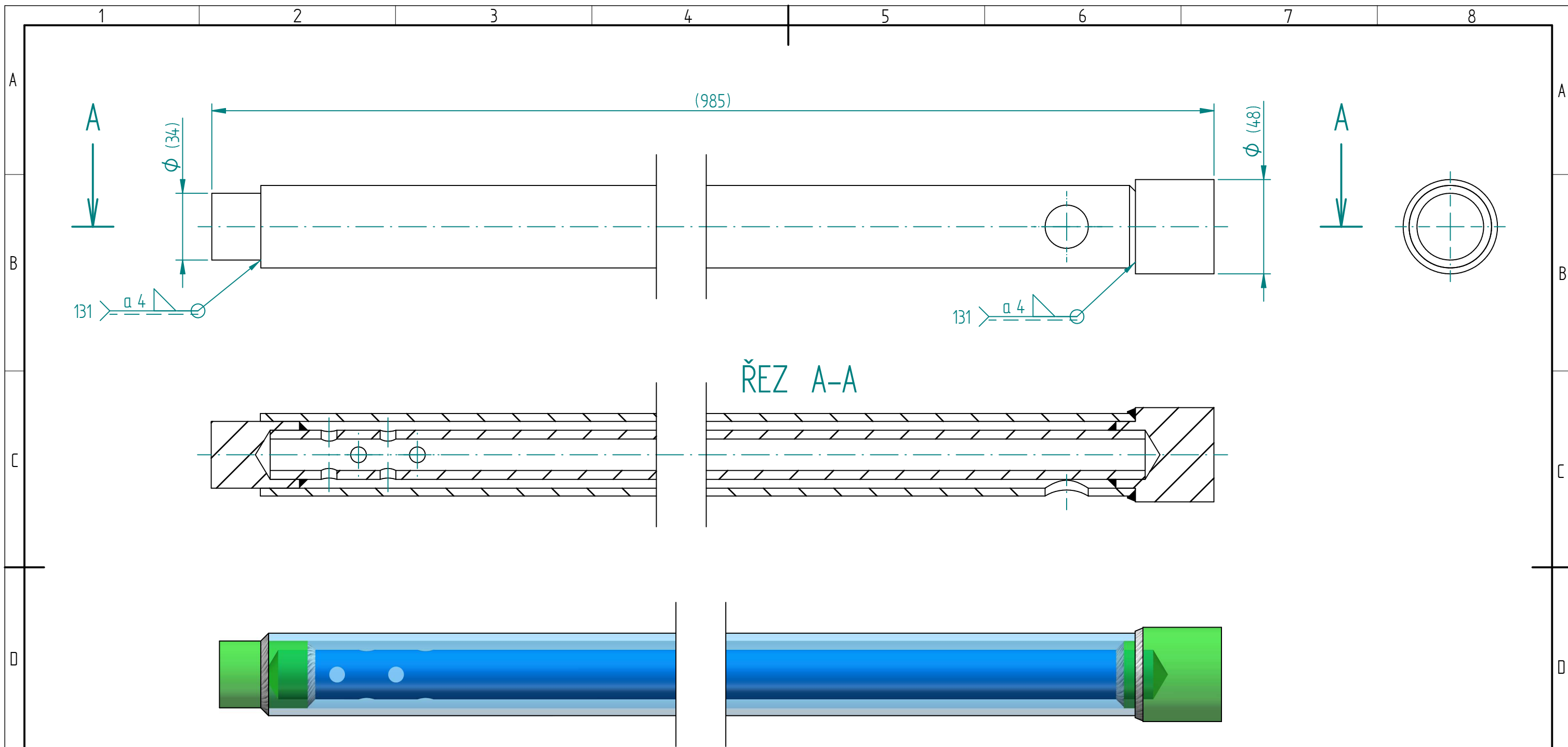
4

SOLIDEDGE ASSEMBLY COPY



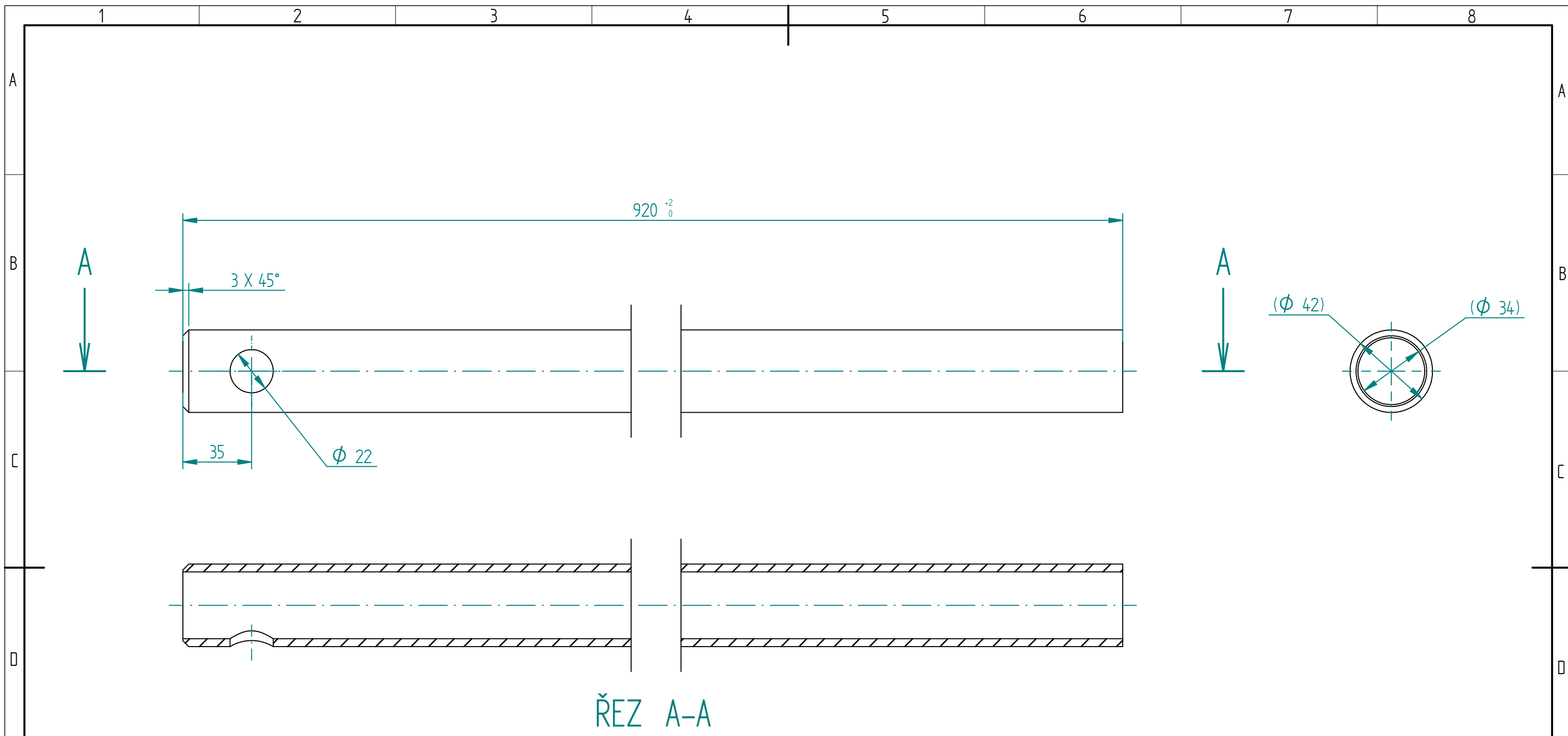
Polotovar DPV2S_1_310

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřitko: 1:2	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 3,52 kg	Tolerování ISO 8016
Materiál - Polotovar		Promítání	
		Formát A3	
	Kreslil Sedlák Zbyněk	Název Operace_2_ Přívodní trubka	
	Datum 06.03.2022	Číslo dokumentu DPV2S_1_320	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	List 1 Listů 1	
	Datum	VÝROBNÍ VÝKRES	



Polotovár DPV2S_1_320

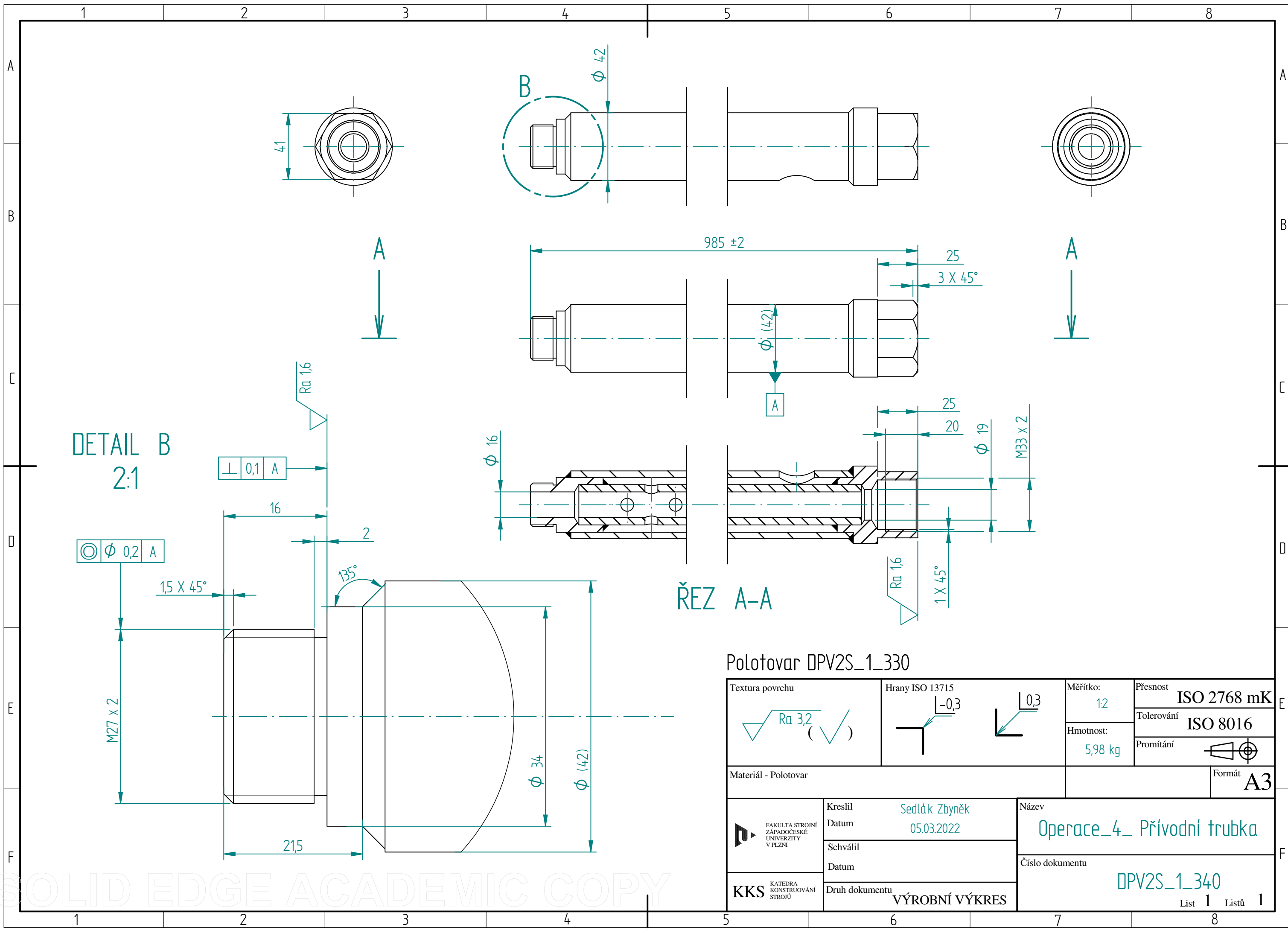
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřitko: 1:5	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 6,93 kg	Tolerování ISO 8016
Materiál - Polotovár		Promítání	
		Formát A3	
	Kreslil Sedlák Zbyněk	Název Operace_3_ Přívodní trubka	
	Datum 06.03.2022	Schválil	
	Datum	Číslo dokumentu DPV2S_1_330	
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	List 1 Listů 1	



ŘEZ A-A

Polotovár bezešvá trubka EO z oceli 1.0308, Tolerance dle DIN 23921

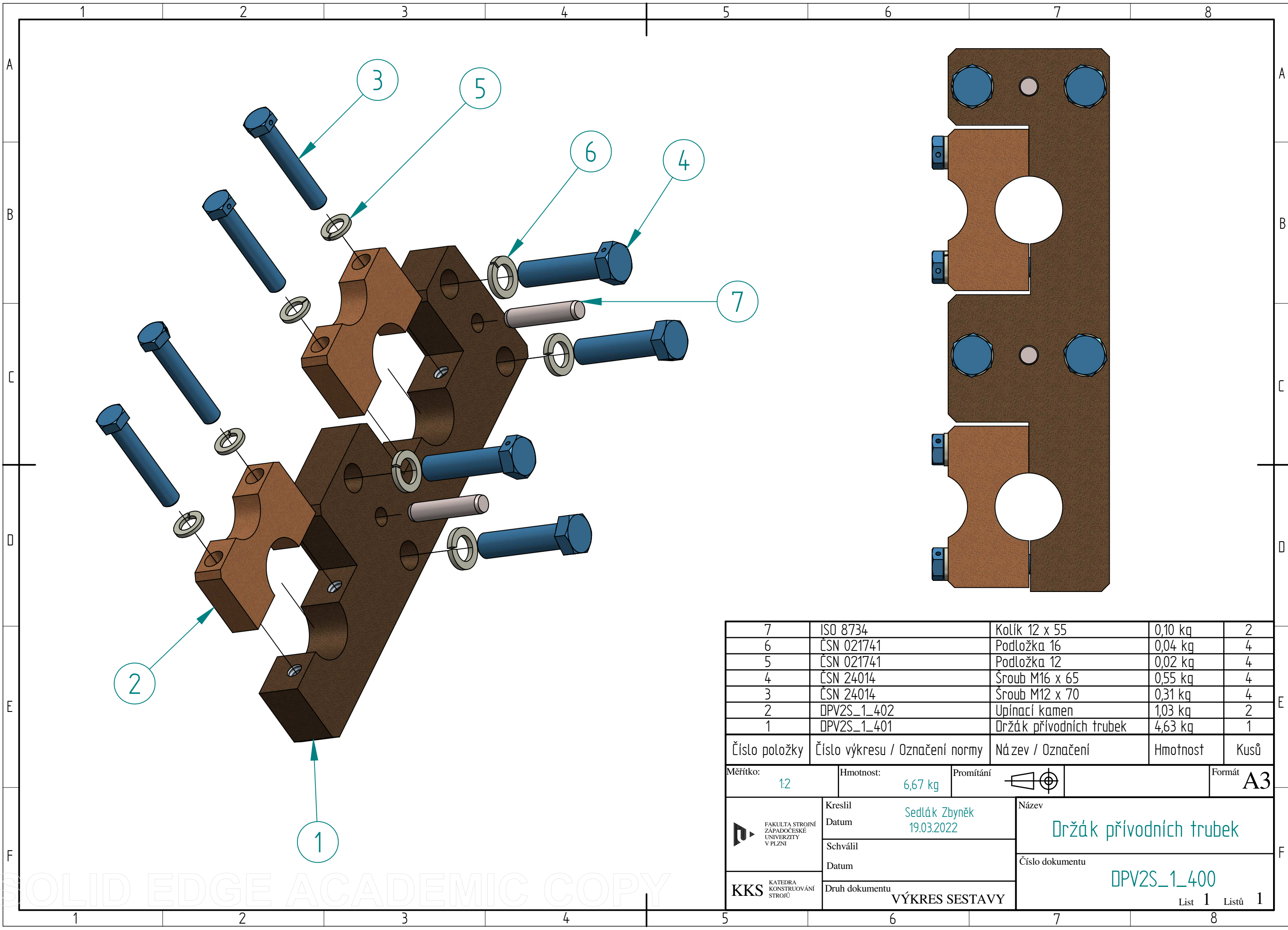
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko: 1:1	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 3,41 kg	Tolerování ISO 8016
Materiál - Polotovár		Promítání 	
		Formát A3	
	Kreslil Sedlák Zbyněk	Název Trubka vnější	
	Datum 06.03.2022		
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	Číslo dokumentu DPV2S_1_331	
	Datum		
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 1 Listů 1	



ŘEZ A-A

Polotovar DPV2S_1_330

Textura povrchu $Ra 3,2$ (✓)	Hrany ISO 13715 $-0,3$	Měřitko: 1:2	Přesnost ISO 2768 mK
			Tolerování ISO 8016
Materiál - Polotovar		Hmotnost: 5,98 kg	Promítání
Kreslil Sedlák Zbyněk		Formát A3	
Datum 05.03.2022		Název Operace_4_ Přívodní trubka	
Schválil		Číslo dokumentu DPV2S_1_340	
Datum		List 1 Listů 1	
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES			

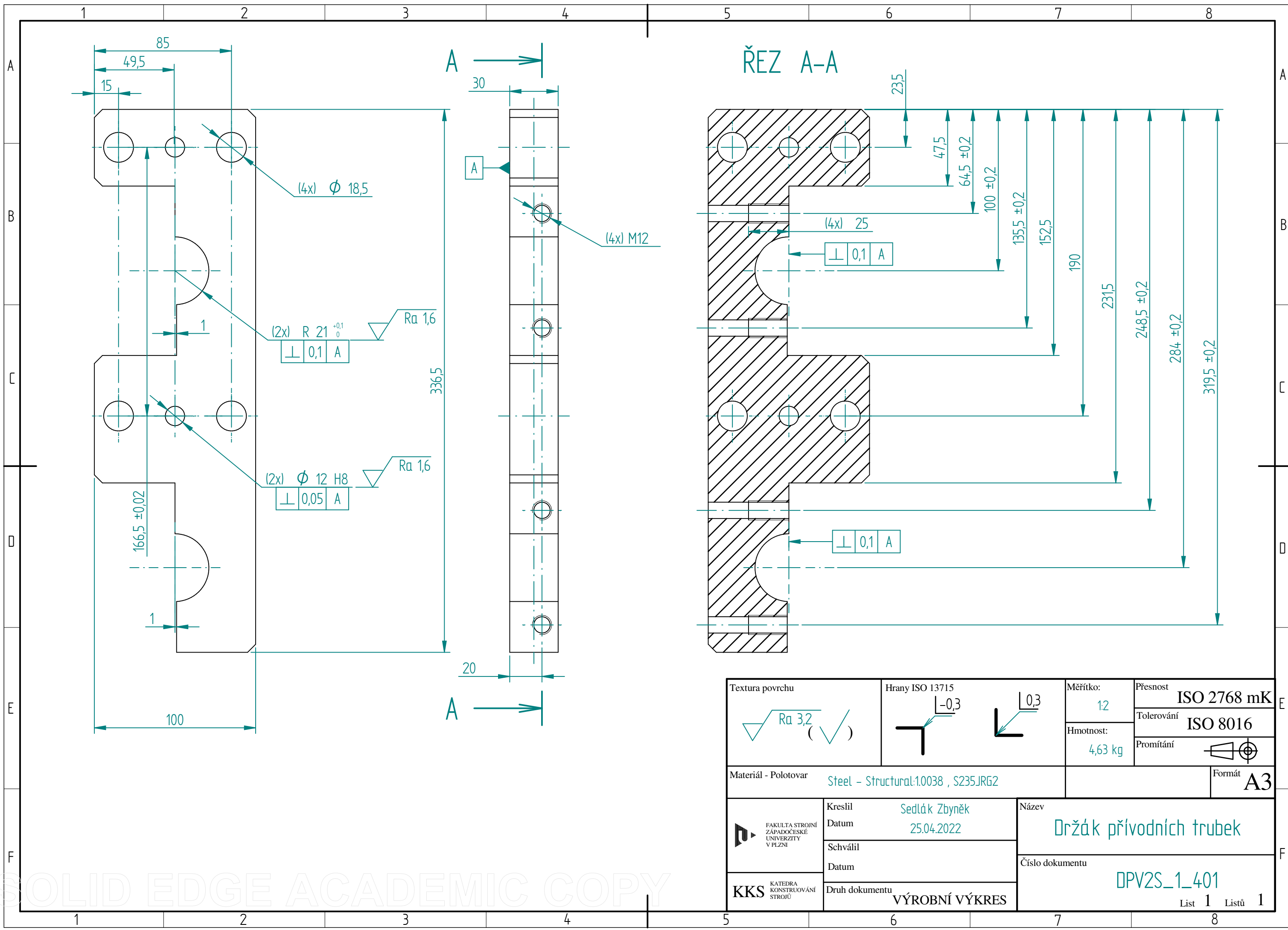


7	ISO 8734	Kolíček 12 x 55	0,10 kg	2
6	ČSN 021741	Podložka 16	0,04 kg	4
5	ČSN 021741	Podložka 12	0,02 kg	4
4	ČSN 24014	Šroub M16 x 65	0,55 kg	4
3	ČSN 24014	Šroub M12 x 70	0,31 kg	4
2	DPV2S_1_402	Upínací kamen	1,03 kg	2
1	DPV2S_1_401	Držák přívodních trubek	4,63 kg	1
Číslo položky	Číslo výkresu / Označení normy	Název / Označení	Hmotnost	Kusů

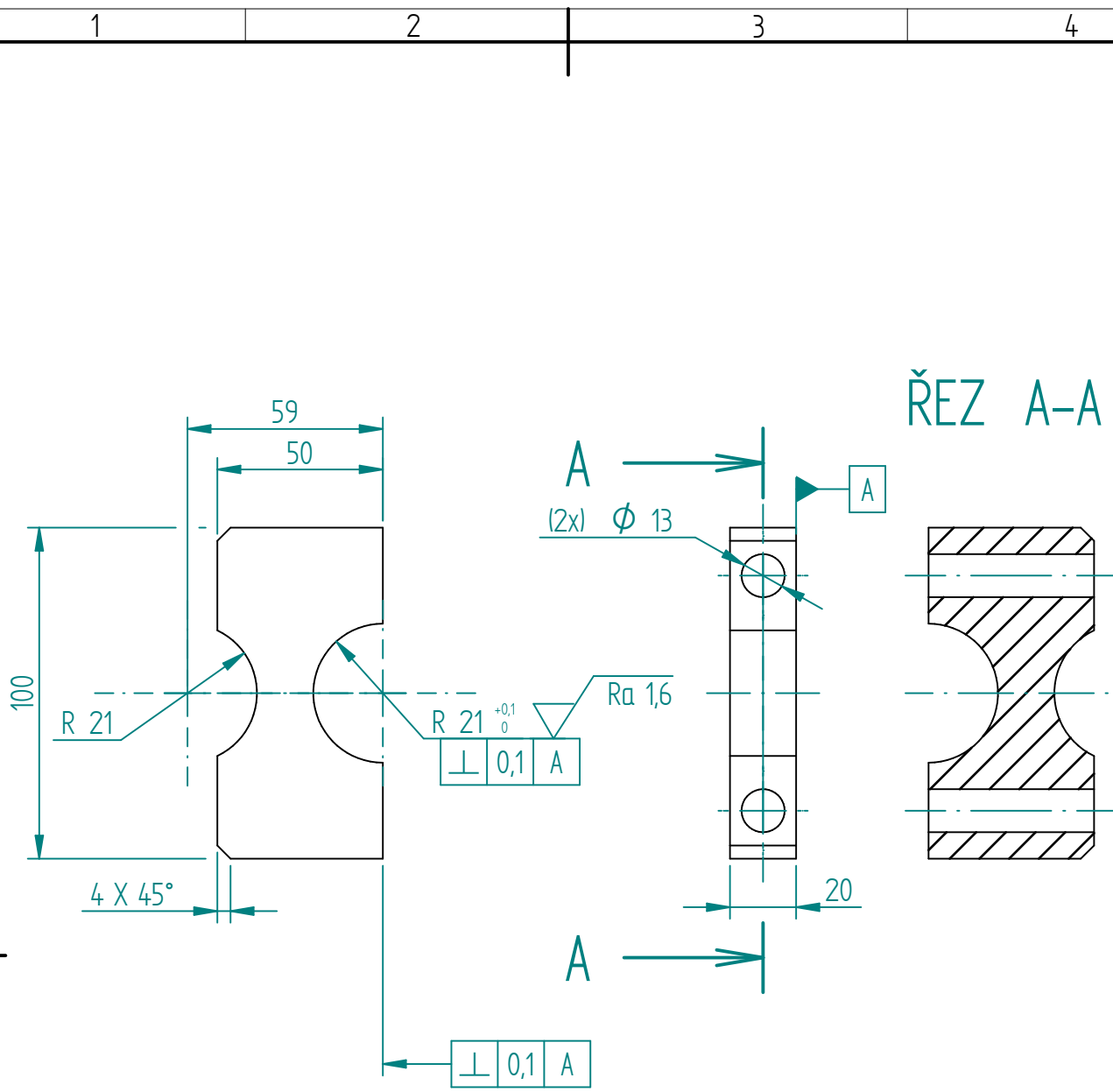
Měřítko: 1:2	Hmotnost: 6,67 kg	Promítání:	Formát: A3
--------------	-------------------	------------	------------

	Kreslil: Sedláček Zbyněk Datum: 19.03.2022	Název: Držák přívodních trubek
	Schválil: Datum:	Číslo dokumentu: DPV2S_1_400
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu: VÝKRES SESTAVY	List 1 Listů 1

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko: 1:2	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 4,63 kg	Tolerování ISO 8016
Materiál - Polotovár Steel - Structural:1.0038 , S235JRG2		Promítání 	
Kreslil Sedlák Zbyněk Datum 25.04.2022		Formát A3	
Schválil Datum		Název Držák přívodních trubek	
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		Číslo dokumentu DPV2S_1_401	
		List 1 Listů 1	



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko: 1:2	Přesnost ISO 2768 mK
		Hmotnost: 0,51 kg	Tolerování ISO 8016
			Promítání

Materiál - Polotovár Steel - Structural:1.0038 , S235JRG2	Formát A4
--	--------------

	Kreslil Sedlák Zbyněk Datum 19.03.2022	Název Upínací kamen
	Schválil Datum	
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Číslo dokumentu DPV2S_1_402
		List 1 Listů 1

SOLIDEDGE ACADEMIC COPY