

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T013 Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh lžíce s hydraulickým přidržovačem

Autor: **Bc. Jakub KASAL**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Ladislav NĚMEC, CSc.**

Akademický rok 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub KASAL**
Osobní číslo: **S16N0008K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Návrh lžice s hydraulickým přidržovačem**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Navrhněte tři typy vyklápěcích lžic s přidržovačem ovládané pomocí dvou hydraulických pístů. Lžice musí být schopny uchopit balík sena, mít nakládací funkci nebo obojí. Musí být uzpůsobeny na rychlé upnutí zemědělskou technikou. Typy lžic navrhnout tak, aby měly společné prvky a mohla tak být výroba jednotná a ekonomicky výhodná. Vypracovat výrobní výkresovou dokumentaci, provést pevnostní analýzu, základní kinematický rozbor a ověřit prototyp v provozu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Rešerše, specifikace požadavků, state of the art.
2. Konstrukční návrh.
3. Pevnostní výpočet, kinematický rozbor.
4. Ověření funkčnosti na vyrobeném prototypu.
5. Zhodnocení práce, závěr.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, STANISLAV A JAROSLAV KRÁTKÝ *Příručka strojího inženýra: obecné strojí části. Praha: Computer Press, 1999*

SVOBODA, PAVEL, JAN BRANDEJS A FRANTIŠEK PROKEŠ *Základy konstruování. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003*

LEINVEBER, JAN, JAROSLAV ŘASA A PAVEL VÁVRA *Strojnické tabulky. Praha: Scientia, 1999*


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Zdeněk Křepel**
Kreko s.r.o., Horšovský Týn

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2017**
Termín odevzdání diplomové práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2017

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.

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi pomáhali během studia a psaní diplomové práce.
Zvláště vedoucímu práce doc. Ing. Ladislav NĚMEC, CSc. a odbornému konzultantovi Ing.
Zděnkovi Křepelovi.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kasal	Jméno Jakub
STUDIJNÍ OBOR	23-35-8 „Dopravní a manipulační technika“	
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. NĚMEC, CSc.	Jméno Ladislav
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS	
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh lžice s hydraulickým přidržovačem	

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	61	TEXTOVÁ ČÁST	58	GRAFICKÁ ČÁST	3
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce obsahuje designérský návrh hydraulické lžice s přidržovačem ve třech variantách, z nichž každá je určena pro jiný pracovní účel. Lžice byla staticky, kinematicky i pevnostně upravena a navržena tak, aby plnila svoji funkci a zároveň vydržela veškeré zatížení. Lžici bude následně vyrábět firma KREKOV s.r.o.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Lžice, hydraulické zařízení, zemědělství, transport nákladu, kinematika, statická analýza, FEM, navrhování konstrukce, seno, krmivo, traktor, příslušenství, EURO úchy

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Kasal	Name Jakub	
FIELD OF STUDY	23-35-8 “Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. NĚMEC, CSc.	Name Ladislav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Hydraulic hay grapple bucket design		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	61	TEXT PART	58	GRAPHICAL PART	3
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This diplom thesis contains construction design of three hydraulic hay grapple bucket types. Each of them is designed for different type of work. The bucket was adjusted according to the static, kinematic and strenght requirements. It has to fulfil the working function and withstand the load. The bucket will be produced by company KREKOV.
KEY WORDS	bucket, hydraulic system, agriculture, transportation, kinematics, static analysis, FEM, construction design, hay, feed, tractor, equipement, EURO grab

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Lžice s přídržovačem.....	8
2.1 Těžké provedení (těžba).....	8
2.2 Lehké provedení (zemědělství).....	9
2.3 Parametry lžice.....	9
2.4 Parametry dopravního prostředku.....	12
3 Konstrukční návrh.....	15
3.1 Ovládání a upevnění lžic.....	16
3.2 Konstrukce nakládací lžice s trny.....	17
3.2.1 Konstrukce lžice.....	19
3.2.2 Přídržovač.....	20
3.2.3 Otočný čep.....	21
3.2.4 Doporučený montážní postup.....	22
3.3 Konstrukce lžice s trny.....	22
3.3.1 Konstrukční řešení.....	22
3.4 Konstrukce lžice s těžkým přídržovačem.....	23
3.4.1 Konstrukční řešení.....	23
4 Hydraulický obvod.....	25
4.1 Schéma hydraulického obvodu.....	25
4.2 Hydraulické komponenty.....	27
4.2.1 Hydraulický válec Hydraulics TH2T.....	27
4.2.2 Jednocestný škrťící ventil V0540.....	28
4.2.3 Jednocestný ventil V0592.....	28
4.2.4 Odpadní filtr MPF 100.....	29
4.2.5 Rozvaděč HDM 140.....	29
4.2.6 Pojistný ventil VMP 250 bar.....	30
5 Charakteristiky konstrukce.....	31
5.1 Vstupní parametry.....	31
5.1.1 Použitý materiál.....	31
5.1.2 Parametry lžice.....	31
5.2 Hydraulický pohon.....	34
5.2.1 Zatížení přídržovače.....	34
5.2.2 Síla hydraulického motoru.....	37
5.3 Statická analýza.....	38
5.3.1 Výpočet nájezdu do materiálu.....	39
5.3.2 Výpočet sil v čepech.....	41
5.4 Kinematický rozbor.....	42
6 Pevnostní analýza.....	44
6.1 Čepy hydromotoru.....	44
6.2 Měrný tlak v čepech hydromotoru.....	44
6.3 Napětí v ohybu v čepu hydromotoru.....	45
6.4 Čepy nakladače.....	46
6.5 Měrný tlak v čepech nakladače.....	47
6.6 Napětí v ohybu v čepech nakladače.....	47
6.7 Zatížení celé konstrukce.....	48

6.7.1.Zátěžový stav – nabírání materiálu.....	48
7Závěr.....	52
8Zdroje:.....	55
9Seznam použitých zkratk a symbolů.....	56

1 Úvod

Lžice k bagrům se používají pro široké spektrum činností, z toho důvodu se vyrábí mnoho různých druhů. Od lžic svahových, podkopových, až po drapákové a nebo vlečné korečka. Od požadavků na vlastnosti lžice se odvíjí použitý materiál, robustnost, její tvar a příslušenství – např. hydraulika. Lžice s hydraulickým přidržovačem musí plnit několik základních funkcí a lze je rozdělit podle použití na těžké a lehké. Těžké se používají například při těžbě kamene nebo dřeva. Lehké najdou upltnění hlavně v zemědělství při nakládání sypkého materiálu, převozu volného sena nebo sena zabaleného v balíku. Důležité je zde také zohlednit nízkou hmotnost lžice, neboť je často používána jako příslušenství traktoru, který není přizpůsoben vysoké hmotnosti na přední nápravě.

Každá lžice je určena pro jiný typ práce. V mé práci jsem se rozhodl zpracovat tři podobné varianty lžic, které budou určeny na odlišnou manipulaci se zemědělským materiálem. Pokud to bude možné, je cílem udělat varianty v základu co nejvíce podobné, aby byla výroba co nejjednodušší a klesly tak náklady spojené s výrobou. Některé segmenty budou u všech variant shodné a proto bude stačit vyrábět pouze jeden druh pro všechny lžice. Vznikne tak širší spektrum nabízeného zboží pro zákazníky, které přitom bude mít nižší ceny právě kvůli zmíněným společným prvkům všech lžic.

Při konstrukci a návrhu je nutné dbát na správnou volbu materiálu, jeho tloušťku a zamezit nadměrnému namáhání konstrukce. V poslední části práce se tedy budu této problematice věnovat a případně budou provedeny nezbytné úpravy, tak aby byly odstraněny místa s nadměrným napětím. Proto bude lžice podrobena statické analýze a FEM výpočtu, kde se případné překročení napětí odhalí. Bude také provedena analýza kinematická, která odhalí případné kolize a zabrání například nadměrnému opotřebení paty lžice. Důležité je také z hlediska kinematiky nakládání, vykládání a manipulace s materiálem. Všechny parametry musí tak být v souladu s pohodlným ovládním, dlouhodobým provozem, cenově přijatelnou výrobou a kvalitním provedením.

2 Lžice s přidržovačem

2.1 Těžké provedení (těžba)

Lžice má spodní část a horní příklopnou čelist. Čelist je ovládána dvěma hydraulickými písty, které jsou ukryty za zadní stěnou lžice. Varianta pro těžké provedení má vždy plné dno, obvykle vyztužené plechy odolnými vůči otěru – nejčastěji jde o materiál Hardrox. Na bočnicích je patrný obloukovitý výřez někdy kombinovaný se zuby pro lepší úchop a držení kmene nebo větších kamenů. [2]



Obr. 1: Lžice s přidržovačem na dřevo [2]

Čelist lžice je buď plná s výztuhami na krajích a vyměnitelnými zuby nebo tvořena vzájemně rovnoběžnými plechy, které jsou spojené profilem. Úhel vyklopení je pak závislý na umístění pístu a vzdálenosti jeho uložení od osy otáčení čelisti. Tato vzdálenost také určuje sílu s jakou bude čelist schopna stisknout požadovaný předmět. [2]



Obr. 2: Lžice s přidržovačem na kamení [2]

2.2 Lehké provedení (zemědělství)

Čelisti jsou vždy tvořeny trny pro snadné nakládání volného sena i sena v balíku. Podlaha může být taktéž tvořena trny a nebo jak je tomu ve většině případů je pevná z plechu. Umožňuje tak nakládání i sypkého materiálu. Konstrukce není robustní a bočnice nemusí být u varianty s plechovou podlahou vykrojená. Trny jsou vyměnitelné, neboť vlivem používání se v jejich uložení vytvoří vůle a nebo se některý z trnů může ohnout.

Hydraulická pístnice může být uložena buď za zadní stěnou lžice nebo tak jak je na obrázku č. 3 na vrchní části čelistí. Tímto vzniká na lžici v místě úchopu více místa, avšak nelze dosáhnout tak velkého otevření čelistí a pístnice se vystavuje přímému kontaktu s nakládaným materiálem. Ten může způsobit její zanesení nebo dřívější opotřebení. [3]

2.3 Parametry lžice

Základní charakteristiky lžice jsou určeny způsobem použití, nosností a ovládací silou dopravního prostředku na kterém bude lžice připnuta a vlastnostmi převáženého materiálu.

Mezi základní parametry lžice s hydr. přidržovačem patří:

- nominální objem
- vlastní hmotnost
- hmotnost nákladu
- čelist a její charakteristiky
- konstrukční parametry [3]

Nominální objem

Nominální objem V_n lze uvažovat u lžice s plným dnem a sypkým nákladem. Parametry lžice pro náklad se stálým tvarem budou definovány pomocí jeho hmotnosti.

Jedná se o součet objemu vymezený bočnicemi lžice a její podlahou V_1 s objemem V_2 , o který se náklad zvětší vlivem nakupení materiálu nad hranici bočnic. Tento objem se může lišit v závislosti na sypkosti a jemnosti zrn materiálu, ale přibližně platí, že se objem navrší o 15 – 20%. Budeme tedy uvažovat 17%, takže platí:

$$V_n = V_1 + V_2 \quad \text{kde} \quad V_2 = 1,17 \times V_1$$

Vlastní hmotnost

Vlastní hmotnost lžice je důležitý parametr, který vymezuje výkon dopravního prostředku, na kterém bude lžice umístěna. Závisí na tloušťce použitého materiálu při dosažení co nejvyšší životnosti s ohledem na namáhání a odolnost.

Hmotnost lžice pro lehké provedení by se měla pohybovat v rozmezí 100 až 250 kg.

Hmotnost nákladu



Obr. 3: Lžice s přidržovačem s pevnou podlahou [1]



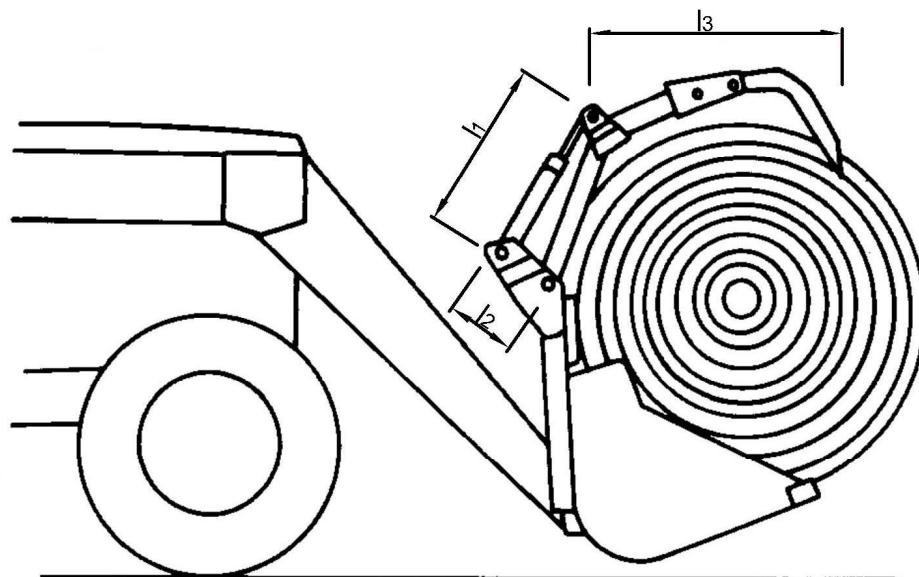
Obr. 4: Lžice s přidržovačem s trny[1]

Hmotnost nákladu spolu s hmotností lžice musí být v rozmezí od 90 do 100 % nominální nosnosti nakladače či traktoru. Při výpočtu maximální hmotnosti nákladu je nutné počítat z potenciálně možných materiálů s tím, který má nejvyšší hustotu. Je nutné také zohlednit nerovnoměrné naložení lžice. [1]

Čelist a její charakteristiky

Základní parametry čelisti jsou přítlačná síla a maximální úhel otevření čelisti. Tyto hodnoty závisí na maximální síle pístnice a jejím umístění vůči čelisti.

Na obr. 5 je zobrazena délka pístnice l_1 , která ovlivňuje úhel otevření čelisti. Čím je pístnice delší, tím větší rozsah otevření čelisti má. Délka čelisti l_3 je rameno pomyslné páky, s jehož délkou klesá maximální možná síla na jeho konci. Vzdálenost osy ramena a pístnice l_2 mění sílu sevření a rozsah čelisti. Stejně parametry ovlivňuje vzdálenost os na druhé straně pístnice. Všechny tyto parametry je nutné volit tak, aby mezi rozsahem čelisti a její silou vznikla vhodná rovnováha.



Obr. 5: Rozměry čelisti [1]

Konstrukční parametry

Mezi konstrukční parametry lžíce patří:

- šíře záběru – je určena délkou nože na dolním konci podlahy
- uchycení na dopravní prostředek – slouží k uchopení lžíce, je na zadní části podlahy
- tloušťka stěn – liší se v závislosti na použití
- materiál – kontaktní části lžíce jsou z materiálu Hardrox
- pístnice – její délka a provozní tlak

2.4 Parametry dopravního prostředku

Nejčastěji bude lžíce používána v zemědělství, kde bude upnuta na traktor. Jako vzorový model jsem zvolil Zetor Proxima. Jde o univerzální traktor s výkonem od 80 do 120 koní, poháněný čtyřválcovým motorem. Traktor je dostatečně výkonný na to, aby mohl se lžící manipulovat. Maximální čerpadlem vyvozený tlak v hydraulické soustavě je omezen pojišťovací ventilem na 19 MPa. Hydraulika je ovládána buď mechanicky nebo elektronicky přes čtyřsekční rozvaděč. K traktoru je možné dokoupit čelní nakladač, na který se následně připevní lžíce [8].



Obr. 6: Zetor Proxima se lžící s hydr. přidržovačem[8]

Technické parametry**Zetor Proxima Power 90, Z 1206****Motor:**

Výkon motoru	64,3 / 87 kW/k.
Jmenovité otáčky	2200 ot./min.
Zdvihový objem	4156 ccm
Max. točivý moment (2000 ot./min.)	370 Nm

Hydraulika:

Čerpadlo	jedno, zubové
Pracovní hydraulika	50 (na přání 60) l/min.
Maximální tlak	19 MPa

Rozměry a hmotnost:

Rozvor	2331 mm
Hmotnost	4014-4257 kg
Délka x šířka x výška	4803 x 1910 x 2684
Max. dov. zatížení přední nápravy	4 000 kg [8]

Čelní nakladač ZX2.1P

Obr. 7: Čelní nakladač ZX [8]

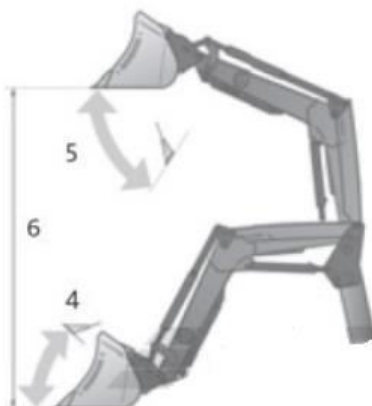
Čelní nakladač lze přikoupit k traktoru jako příslušenství a rozšíří tak traktor o možnost upnutí lžice. Přesun materiálu představuje většinu pracovních operací v zemědělství, proto je tento doplněk vhodnou volbou. V současné době má většina nakladačů paralelogram, který zajišťuje vodorovnou polohu lžice během manipulace. Tato funkce nakladače není nutná například při práci se dřevem v lese, avšak při manipulaci s paletami nebo nakládání siláže se bez ní lze jen těžko obejít. Součástí může být také odpružení, které najde uplatnění především při transportu nákladu nebo integrovaná elektronická váha, kterou lze vážít náklad přímo na nakladači.

Skládá se z výložníku, který je svařen z různých profilů a jeho pohyb je umožněn pomocí čepů a otočných bodů. Důležitý parametr je zdvih výložníku, který udává výšku zdvihu od podložky, na které stojí traktor. Mezi další parametry patří výklopná výška, která udává za jaký výškový bod je možné náklad vyklopit. Druhou část nakladače tvoří konzola. Ta zůstává na traktoru i pokud výložník odstavíme. Je důležité, aby nakladač šel z konzoly rychle a snadno odpojit. Proto je většinou konstruován s nasazovacím čepem a pomocí pojistného čepu se upne.

Další částí nakladače, která může jeho odpojování a připojování usnadnit je hydraulika. Je možné ji připojovat přes takzvanou sduženou rychlospojku, která propojuje několik hydraulických vedení a zároveň i elektrické kabely. Pracovní hydraulika nakladače bývá propojena s hydraulikou traktoru, tlakový olej tedy nakladači dodává hydraulické čerpadlo traktoru. Při použití rychlospojky je menší riziko znečištění oleje a tím i celého systému traktoru.

Technické parametry:

hmotnost nakladače:	521 kg
max. záklopný úhel ⁴ :	44°
max. výklopný úhel ⁵ :	58°
zvedací výška ⁶ :	3,5 m
nosnost:	1900 kg
max trhací síla na noži lžice	23 800 N



Obr. 8: Pracovní rozsah nakladače, 4 záklopný úhel, 5 výklopný úhel, 6 zvedací výška [8]

3 Konstrukční návrh

Veškeré modely a výkresy byly vytvořeny v softwaru Solidworks. Dle zadání je požadováno navrhnout tři různé typy hydraulické lžice s přídržovačem tak, aby každý plnil jinou funkci a zároveň měly všechny konstrukce společné prvky, čímž lze zjednodušit a zlevnit jejich výrobu. Jedná se o nakládací lžici s přídržovačem s hroty, nakládací lžici se svíracím přídržovačem a lžicí s hroty na přídržovači i v podlaze. Všechny lžice jsou v základním provedení navrženy s šířkou nože 1600 mm. Nicméně po vyzkoušení prototypu je možné šířku a tím i objem lžice upravit dle přání zákazníka a rozšířit tak prodejní řadu.

Všechny lžice mají stejné hydraulické zařízení, jeho umístění i ovládání, tím pádem i rozsah přídržovacích ramen je totožný. Po vyzkoušení lžice nemůže tak dojít ke změnám otvácích úhlů při jejich výměně, která by tak mohla vést např. k poškození hydraulického vedení u ramen traktoru.

Konstrukce všech lžic je záměrně podobná, proto bude blíže popsána první varianta (nakládací s hroty na přídržovači) a u ostatních budou uvedeny a popsány ty prvky, které se oproti ostatním variantám liší a splňují tak jiný účel použití lžice.



Obr. 9: Konstrukční řešení lžic, zleva nakládací s trny, s těžkým svíracím přídržovačem, s trny místo podlahy

3.1 Ovládání a upevnění lžic

Ovládání lžice je realizováno pomocí hydraulických pístů umístěných na zadní stěně, odkud lze pomocí ramen a pákového mechanismu manipulovat s přídržovačem. Uchycení lžice zajišťuje standardní EURO úchyt, který používá většina čelních nakladačů a traktorů. Dole jsou dvě oka pro jistící čep a nahoře závěsný hák pro snadné uchopení lžice.



Obr. 10: EURO úchyt pro čelní nakladač[8]

Hydraulické motory jsou řízeny dvoupolohovým rozvaděčem, který posílá energii vždy do jedné z komor pístu. Lze je tedy ovládat pákovým ovladačem, který je umístěn v kabině traktoru.

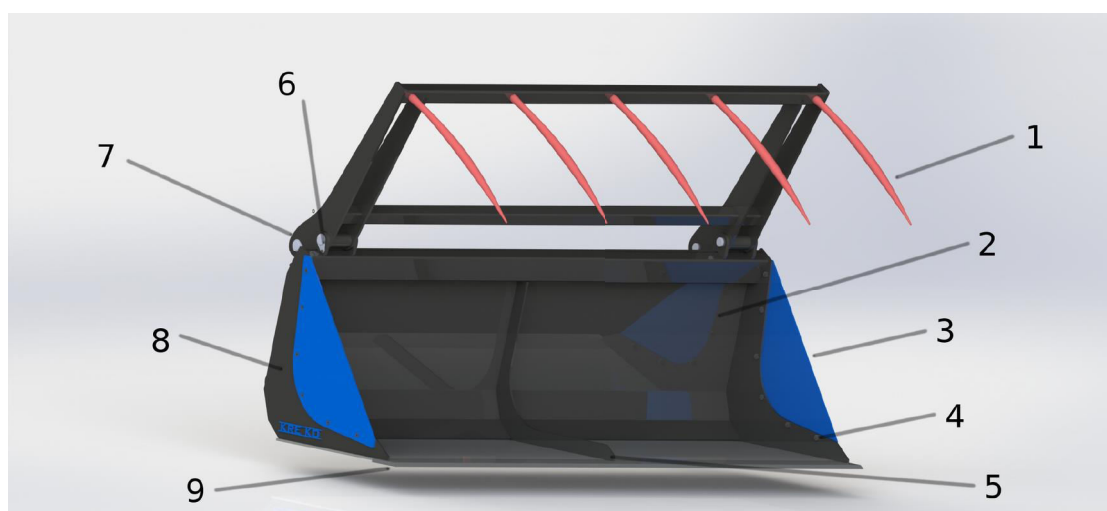


Obr. 11: Ovládání hydrauliky, ZETOR [8]

3.2 Konstrukce nakládací lžíce s trny

U každé z variant lžíce byl kladen ohled na její využití. Tato první varianta kombinuje nakládací a transportní funkci. Lžíce je schopná pomocí trnů zamezit sypání např. sena během převodu, také je možné pomocí trnů transportovat balíky, které jsou v zemědělství často převáženým artiklem. Jeden balík sena může vážit až 400 kg, ještě náročnější z hlediska hmotnosti jsou různé druhy hnojiv, které mají hustotu až 2200 kg/m^3 [9]. Což pro lžíci o objemu $0,29 \text{ m}^3$ znamená zatížení až 638 kg, které je nutné zohlednit při konstrukci a výpočtech.

Konstrukce lžíce (obr. 12) je zhotovena převážně z ohýbaných plechů nebo výpalků různé tloušťky. Nůž a vyměnitelné bočnice, které jsou nejvíce opotřebovované, jsou z ořezavzdorného materiálu Hardox 400. Nůž je zároveň 10 mm tlustý narozdíl od zbytku lžíce, která je z plechu 6mm. U náročnějších podmínek a větších objemů se lžíce vyrábějí z tlustších materiálů – až 12 mm u spodního plechu a nůž může být i 60 mm silný, ale protože se nejedná o výkopovou nebo těžební lžíci, jsou tyto tloušťky dostačující. Je nutné také zohlednit hmotnost lžíce, která by mohla poté nadměrně zatěžovat přední nápravu traktoru a zvyšovat zbytečně jeho spotřebu.

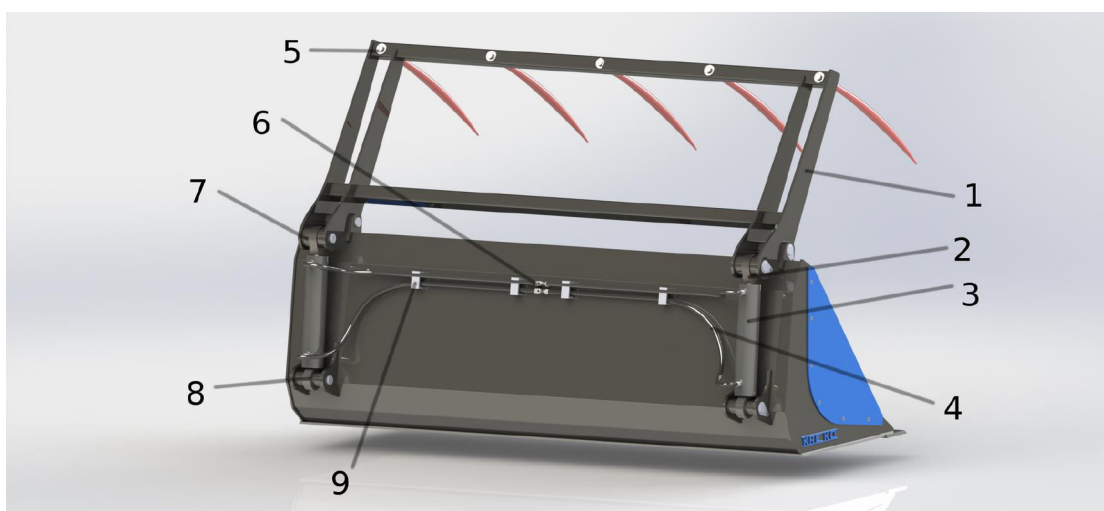


Obr. 12 Lžíce s přídržovačem s hroty, jednotlivé konstrukční prvky

1 – trn přídržovače, 2 – zadní stěna, 3 – vyměnná bočnice, 4 – šroub, 5 – výztuha podlahy, 6 – otočný čep ramene, 7 – čep pro přenesení síl od pístnice, 8 – bočnice, 9 – nůž

Ostatní části lžíce jako rameno přídržovače, podlaha, boční a zadní stěna a výztuha podlahy budou vyrobeny z oceli S235, která zajistí dobrou svařitelnost, dostatečnou pevnost při ohledu na použití a nízkou cenu. Nůž lžíce je podsunutý pod podlahu, aby se tak zamezilo

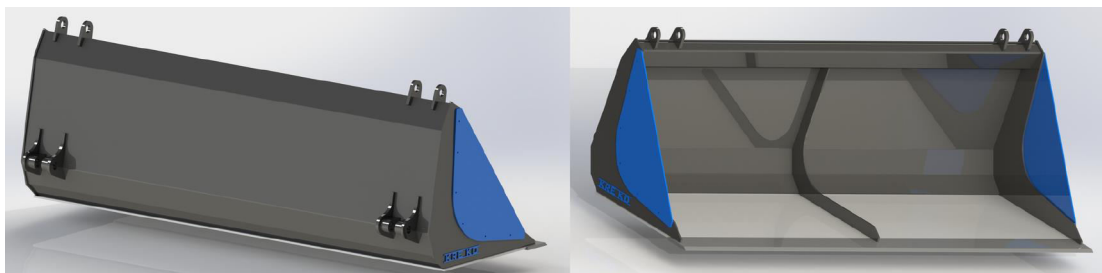
jejímu nadměrnému opotřebení. Pokud se tedy nebude zbytečně při nakládání dotýkat země, zajistí pevný a odolný nůž dlouhou trvanlivost lžice. Toho lze dosáhnout jak správnou obsluhou lžice, tak její kinematikou – důležitou roli hraje uchycení lžice. Více se této problematice budu věnovat v kapitole kinematický rozbor.



Obr. 13 1 - Rameno přídržovače, 2 – pístnice, 3 – píst, 4 – hydraulické potrubí, 5 – uchycení trnu, 6 – výstupní a vstupní ventil hydrauliky, 7 – horní čep pístu, 8 – dolní čep pístu, 9 – vedení hydrauliky

3.2.1. Konstrukce lžice

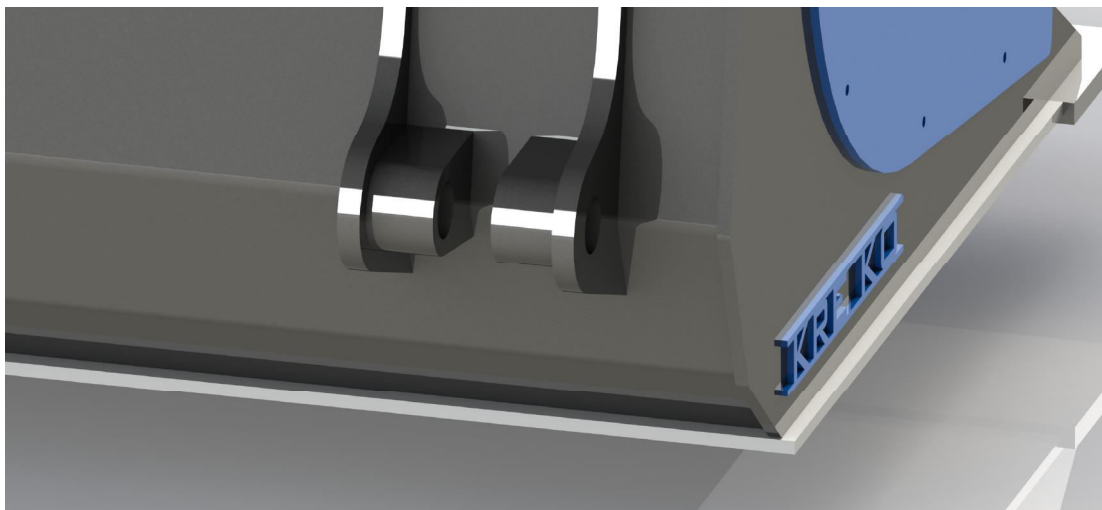
Zadní stěna a podlaha jsou vypáleny ze dvou plechů S235JR o tloušťce 6 mm. Na zadním plechu je několik ohybů, které plní více konstrukčních a funkčních požadavků. Ohyb na horním okraji uzavírá lžici a umožňuje lépe umístit a svařit umístěný profil, který je oporou pro rameno přídržovače a pístových čepů. Dolní lem v místě svaření s podlahou je zde pak jednak z důvodu kinematiky, aby lžice nedřela zadní hranou o zem a také aby nedocházelo k jejímu zanášení. Lžice svírá úhel 80° pro lepší manipulaci s nákladem.



Obr. 14 Základní stavba lžice

Na dalším obrázku (obr. 15) je detail spojení jednotlivých částí lžice a uložení čepů. Mezi otvory pro čepové spojení jsou dva tlusté plechy jako výztuha, které zajistí dostatečné

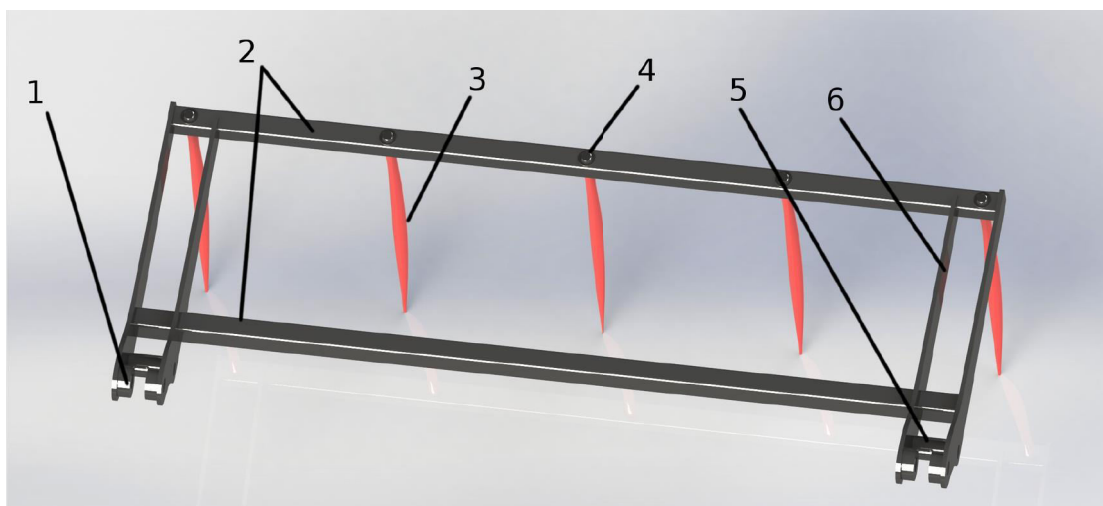
přenesení sil na konstrukci lžíce. Podlaha přesahuje přes ostatní plechy, protože tak nejlépe odolá otěru a zároveň se přesahem vytvoří vhodné místo pro svaření s ostatními díly. Nezbytný je také šířkový přesah nože přes celou lžici, což zajistí, že bočnice nebudou při nakládání nesypkého materiálu otírány a vydrží déle. Pokud by například byla nakládána udusaná zemina, tak díra vyhloubená lžicí bude vždy tak široká jako je nůž a bočnice se tedy alespoň ze stran nebude tolik opotřebovávat. Přední strana bočnice musí samozřejmě přijít do styku s nabíraným materiálem, proto je také vyměnitelná pomocí šroubových spojů a je vyrobena z materiálu Hardox 400, který je otěruvzdorný.



Obr. 15 Detail spojení plechů a uložení čepu

3.2.2. Přidržovač

Hlavní rám přidržovače (obr. 16) je vyroben ze dvou profilů, které zvyšují jeho tuhost a na straně hrotů jsou vhodným prvkem pro jejich přichycení šroubovým spojem. Táhla ramena jsou pak výpalky z 8 mm plechu a materiálu S235JR. Hlavní funkce přidržovače je sevřít náklad tak, aby během transportu nevypadl nebo se nevysypal, proto nemusí být konstrukce tak robustní a lehký rám ušetří celkovou hmotnost lžíce. Pouzdro pro pístnici je vyztužené dvěma tlustými plechy, aby mohla být síla od pístu dostatečně přenesena.



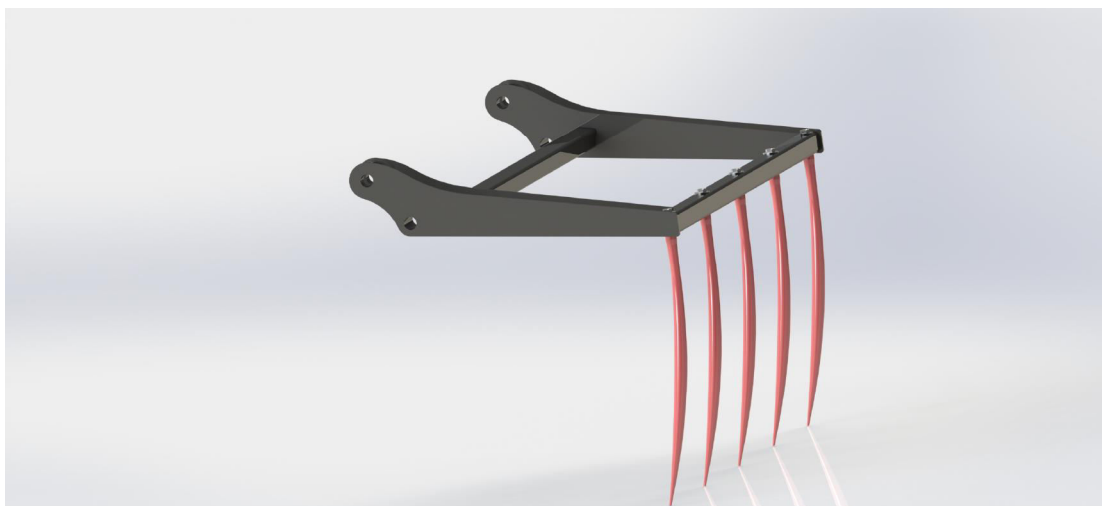
Obr. 16 Popis přídržovače. 1 – pouzdro pístnice, 2 – profily rámu, 3 – hrot, 4 – šroubové spojení, 5 – otočný čep, 6 – rameno přídržovače

Hrotů je v přídržovači celkem pět od firmy Granit Parts a na konci mají závit, kterým je možné je přichytit do profilu rámu šroubem. V místě kde jsou zasunuty do profilu, mají kónický tvar, který se směrem k šroubu rozšiřuje (obr.17). Tím je možné zajistit, že po delším používání se hrot šroubem utáhne a povysune výše, čímž se vyrovná vzniklá vůle hrotu v profilu. Není tak ihned nutné rozsáhlejší opatření, pokud se po čase začnou hroty viklat.

Z bokorysu je možné vidět, že trny jsou mírně prohnuté dovnitř, aby lépe obepnuli celý balík sena. Zároveň mají na konci špičaté hroty, kterými lépe podrží sypký náklad jako například seno nebo slámu. Rameno musí mít takový tvar, aby se při maximálním vysunutí pístnice konec hrotů nedotýkal nože. Hroty i celý rám by se jinak při koncové poloze extrémně namáhaly a jejich životnost by se výrazně snížila, protože by musely vyrovnat veškeré silové působení od pístu. Tohoto požadavku bylo dosaženo vhodnou vzdáleností otočného čepu a pouzdra pístnice, která určuje sílu a rozsah přídržovače.



Obr. 17 Hrot pro přídržovací rameno

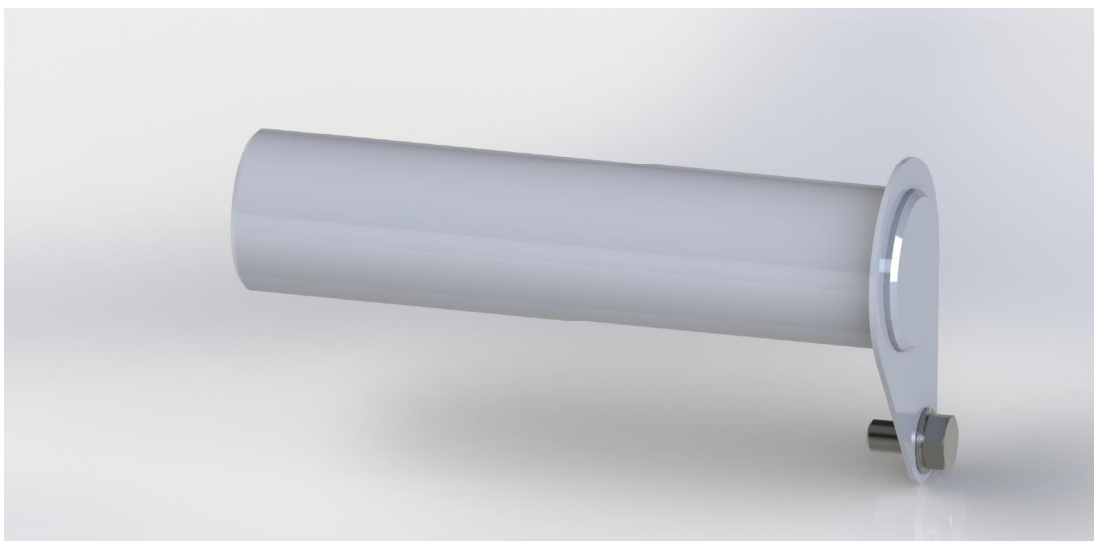


Obr. 18 Rameno přidržovače, pohled z boku

3.2.3. Otočný čep

Tato komponenta (obr.19) přenáší síly pístu a také tvoří otočnou osu pro rameno přidržovače. Skládá se z čepu, příložky čepu a pojistného šroubu, který brání vysunutí a nebo otáčení čepu. Příložka je odsazena od okraje, aby bylo možné ji svařit s čepem vně, protože na vnitřní straně musí příložka přilehnout na okraj pouzdra. Na konci příložky je šroub, kterým se zajistí čep proti nahodilému vysunutí. Díru pro tento šroub je nutné udělat s větší vůlí, aby se sešel se závitem ve stěně pouzdra i pokud se sečtou výrobní tolerance.

Čep je nutné ověřit na stříh, otlačení a cyklické namáhání. Tyto výpočty budou provedeny v následujících kapitolách. Bude vyroben z konstrukční oceli E360, která má lepší mechanické vlastnosti běžná ocel S235JR.



Obr. 19 Čep pístu a otočného pouzdra

3.2.4. Doporučený montážní postup

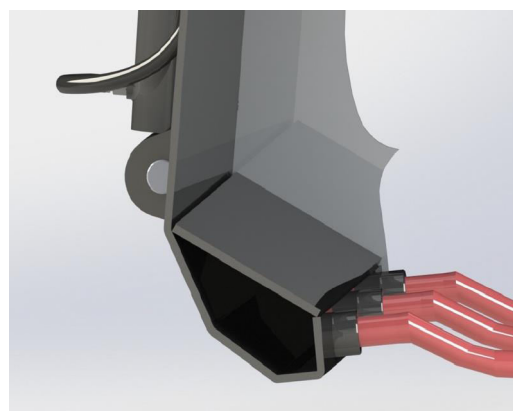
1. Nejdříve se svaří lžice, která se skládá od nože, přes podlahu, bočnice a jako poslední je zadní plech s profilem. Poté se svaří rám přídržovače. Oba svařence se poté musí nalakovat.
2. Rám se pomocí čepů zajistí ke lžici a přišroubují se šrouby na příložce a také vyměnitelné bočnice.
3. Na přídržovač se nainstalují hroty, které musí být dostatečně dotaženy, aby se v rámu neviklaly.
4. Následuje montáž hydraulických pístů, vedení hydrauliky, ventilů a zapojení hadic. Zkontrolují se koncové pozice pístu, aby nevznikla nikde kolize.

3.3 Konstrukce lžice s trny

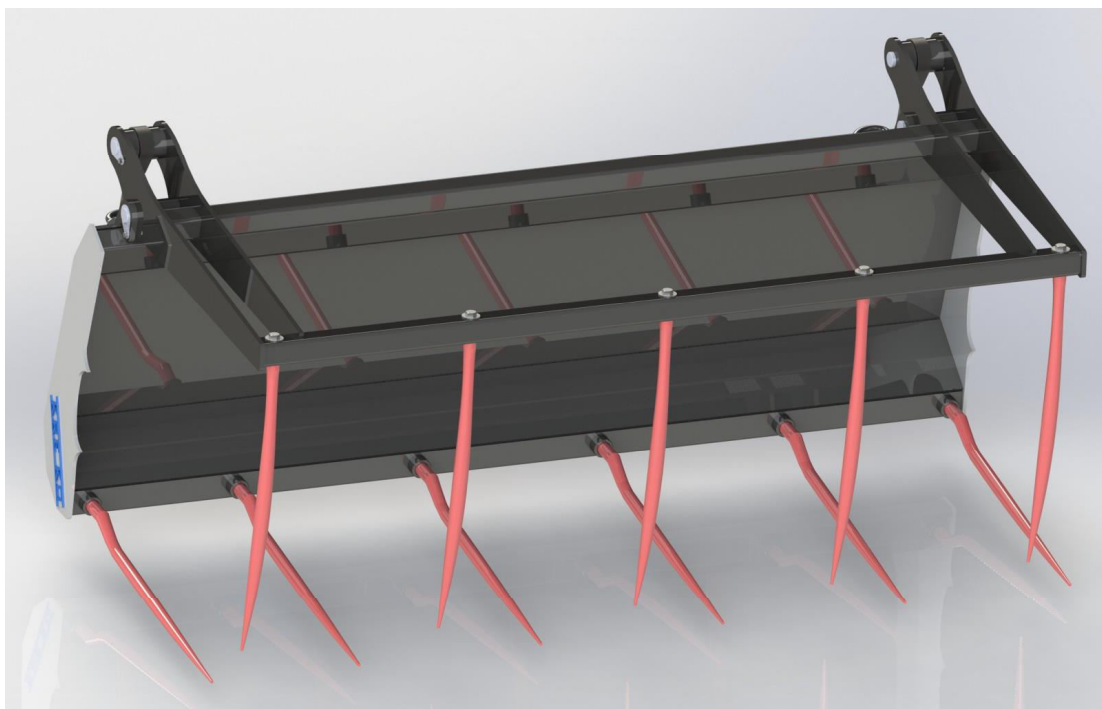
Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly konstrukčního návrhu, tak zde budou zmíněny a popsány hlavně rozdílné prvky lžice. Hlavním úkolem lžice s trny místo podlahy je převoz balíků sena.

3.3.1. Konstrukční řešení

Aby zůstala původní lžice z co největší části zachována, zůstal zadní plech stejný. S tím rozdílem, že byl prodloužen a přibyl zde ohyb vytvářející prostor pro upnutí spodních trnů. Na rozdíl od trnů na přídržovači jsou zde pouzdra, která lépe rozloží větší zatížení od těžkého balíku sena. Ohnutý zadní (obr. 20) plech je uzavřen zpět k zadní části lžice. Záměrně je zakončen u spodního pouzdra pístu, kde má funkci výztuhy. Také se tím síla od nákladu roznáší co nejdále k EURO úchytnům, které budou na zadní stěně lžice.



Obr. 20 Detail upnutí trnů



Obr. 21 Lžice s trny

Samotný přídržovač (obr. 21), píst a hydraulický obvod zůstává totožný s první variantou vyráběné lžice. Bočnice se zmenšily a jejich hlavní funkcí je spojení horní a spodní části lžice, dodávají tak konstrukci tuhost. Na jejich koncích jsou ostré hroty, které pomohou s širším nákladem než je lžice samotná.

3.4 Konstrukce lžice s těžkým přídržovačem

Lžice v těžkém provedení je určena hlavně pro přepravu dřeva. Jedná se o klestí, menší kulatiny a křoviny. Nosnost je omezena hlavně traktorem, který není primárně určen na těžbu dřeva, proto jde především o lehčí práce úpravy porostu.

3.4.1. Konstrukční řešení

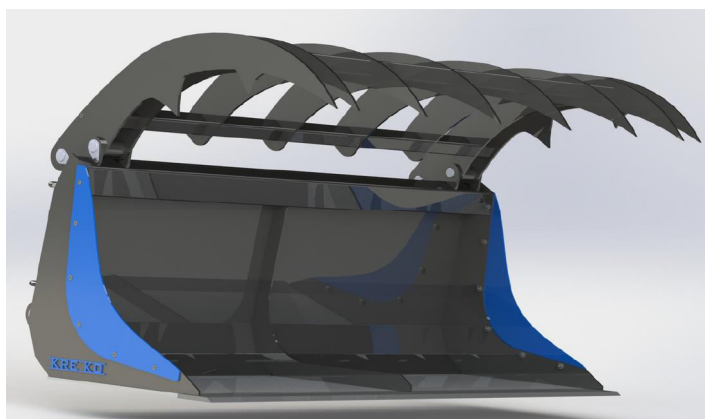
V porovnání s nakládací lžicí zůstala stejná podlaha, zadní stěna a hydraulické vybavení. Nezměnila se ani vzdálenost otočného čepu přídržovače od čepu pístu, aby se zachovala totožná kinematika přídržovače. Bočnice (obr. 22) byla uprostřed upravena tak, aby napříč naložená kulatina ve lžici lépe držela. Obě bočnice jsou rovněž výměnné a vyrobené z materiálu Hardox 400. Bočnice jsou u všech typů umístěny na vnější straně, aby chránily boční plech, který



Obr. 22 Bokorys lžice s těž. přídr.

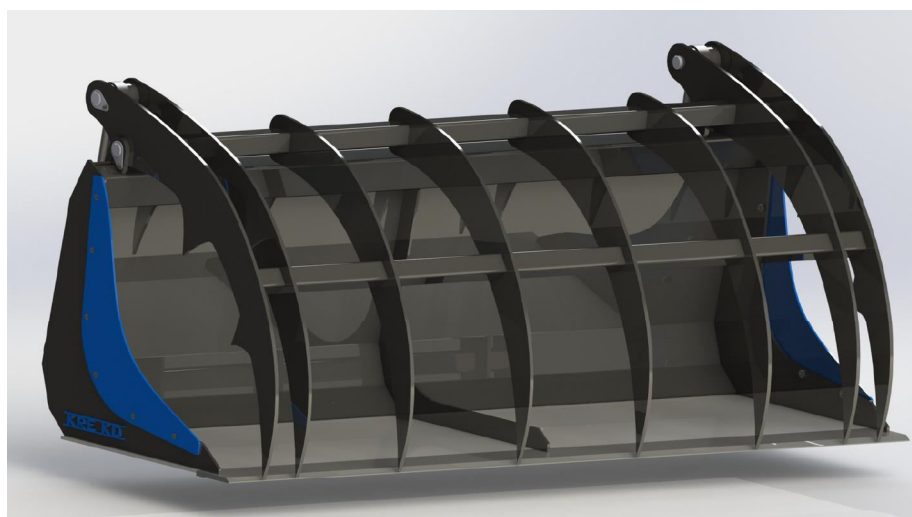
nemá zvýšenou odolnost.

Nejvýraznější změna je však u samotného přídržovače (obr. 23), který je uzpůsoben náročnějším podmínkám. Skládá se ze čtyř vnitřních a čtyř vnějších drápů, které jsou vzájemně spojeny profilem na začátku a v jejich prostředku. Všechny jsou vyrobeny z 8 mm tlustého plechu z běžné oceli S325JR. Koncové drápy jsou zdvojené a přenášejí sílu od pístu na zbytek přídržovače. V prostoru čepů jsou na vnitřní straně umístěny pouzdra, které lépe čep vedou, stabilizují a přenášejí síly na plechový díl.



Obr. 23 Lžice s těžkým přídržovačem

Dva krajní drápy mají na sobě vypálené trny (obr. 24), které umožní lepší uchopení nákladu a vyplní tak částečně mezeru mezi bořnicí a krajním drápem. V drápech jsou díry pro profily, aby bylo možné je protáhnout zkrze všechny najednou, což usnadní montáž a svařování.



Obr. 24 Lžice s těžkým přídržovačem - zavřená

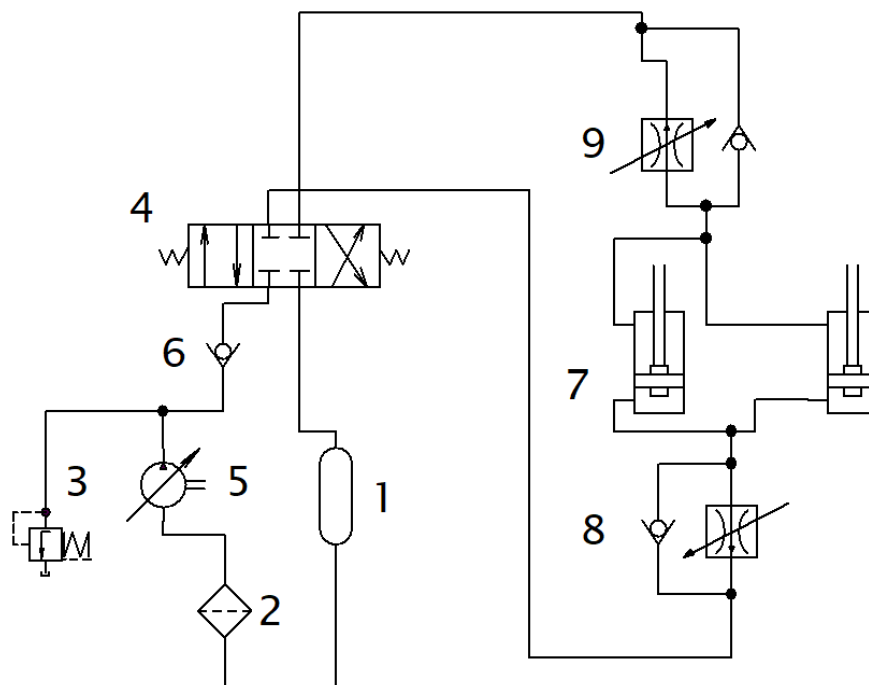
4 Hydraulický obvod

Hydraulický obvod se skládá z dvou hydraulických válců, které pohybují přídržovačem, vedení hydrauliky, rozvaděčů a jednosměrných ventilů. Tlak zajišťuje zubové čerpadlo traktoru, které je schopno vyvinout až 19 MPa a průtok 50 l/min. [8]

4.1 Schéma hydraulického obvodu

Obvod se skládá ze dvou hlavních částí (obr. 25), kterými je zdroj tlakové kapaliny a pohybová soustava s motory. Oba okruhy jsou spojeny přes třípolohový rozvaděč (4), který umožňuje ovládat oba hydromotory (7) zároveň. Rozvaděč může pomocí tří poloh být buď uzavřený nebo píst otvírat či zavírat. Hydromotory mají na vstupu jednosměrný ventil (8), který umožňuje rychlý posuv pístu. Opačným směrem na výstupu je zde škrťací ventil (9) a jednosměrný ventil je uzavřený.

Škrčení na výstupu neumožní válci se nekontrolovatelně vypustit v případě změny směru přídržovače. Na druhé straně pístu je totožný tlak díky škrťacímu ventilu, kapalinu je tedy nutné vytlačit vstupním tlakem. V případě škrčení na vstupu by kapalině při vypouštění nic nebránilo a mohla by tak samovolně z pístu vytéct přes jednosměrný ventil a přídržovač by sám spadl dolů. Taková situace je nežádoucí a nebezpečná, proto se hydromotor vždy škrťá na výstupu.

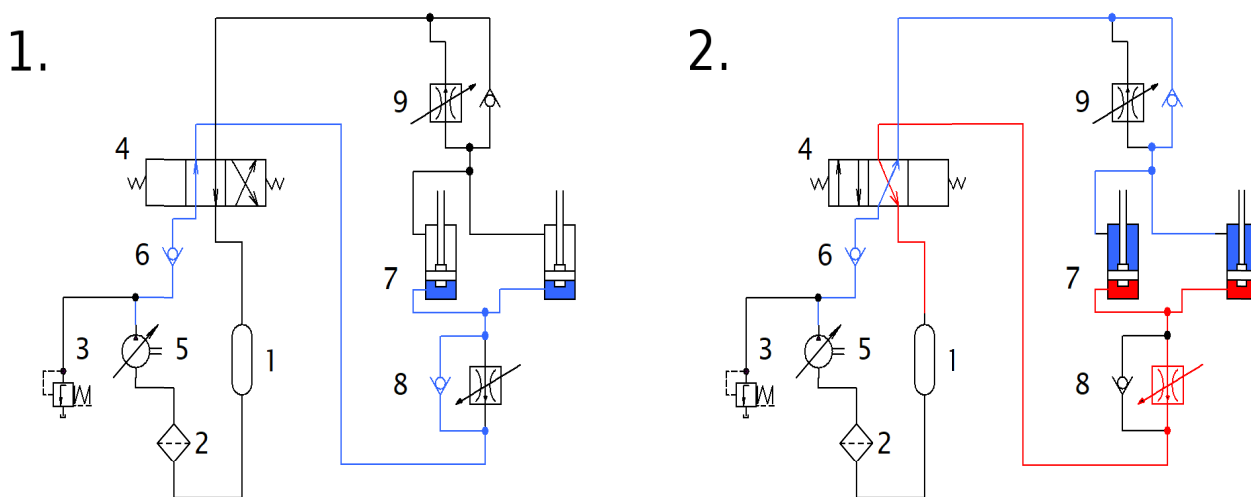


Obr. 25 Hydraulické schéma

Zdroj tlakové kapaliny, který je umístěn v traktoru se skládá ze zásobníku oleje (1), který zároveň slouží jako výstup rozvaděče, kam je kapalina odváděna zpět z hydromotorů při pohybu pístů. Mezi regulovatelným čerpadlem oleje (5) a zásobníkem je filtr (2), který zbaví olej nečistot před tím, než projde skrze čerpadlo zpět do obvodu. Zajišťuje tak delší životnost a plynulý chod všech komponent obvodu. Za čerpadlem je pojistný ventil (3). V případě poruchy nebo např. ucpaného potrubí je tento ventil nastavený na mezní tlak, po jehož dosažení se otevře a zamezí tak přetížení celé soustavy. Zdroj tlakového oleje a pohybovou soustavu odděluje jednosměrný ventil (6), který zabrání zpětnému chodu tlakové kapaliny z výkonné části zpět do obvodu čerpadla.

Na následujícím obrázku (obr. 26) je zobrazeno přepínání funkčních okruhů rozvaděčem, který přepíná obvody tak, že se píst zdvihá nebo zasouvá. V zapojení obvodu č. 1 je modře znázorněný aktivní tlakový obvod, který přes rozvaděč pohání hydromotory a napouští olejem jejich spodní komoru. Píst se tím začne zvedat nahoru. Plnění probíhá přes otevřený jednocestný ventil, který v zapojení č. 2 bude nutit kapalinu projít přes škrtkovací ventil a píst tak nespadne samovolně dolů, protože kapalina bude muset být z komory vytlačena.

Při zapojení obvodu do pozice č. 2 se naplněná dolní komora hydromotoru začne vypouštět, protože je vytlačována tlakem z horní komory. Rozvaděč je nyní zapojený do polohy kdy se píst pohybuje zpět směrem dolů. Do horní komory tlakový olej teče přes jednosměrný ventil a z dolní komory je vypouštěn přes škrtkovací ventil. Vypouštění oleje znázorňuje červeně zvýrazněný obvod. Olej se přes rozvaděč vypouští zpět do zásobníku odkud bude v příštím pracovním cyklu hydromotoru znovu přefiltrován a použit.



Obr. 26 Znáznornění funkčních okruhů

4.2 Hydraulické komponenty

4.2.1. Hydraulický válec Hydraulics TH2T

Přímočarý hydraulický motor (obr. 27) přeměňuje tlakovou energii na mechanickou. Jejich předností je vysoká odolnost, jednoduchost a v porovnání s velikostí vysoké provozní síly, které jsou schopné vyvinout. Varianta motoru TH2T má neregulovatelné tlumení, které sníží rychlost pohybu pístu na konci jeho pohybu a zmírní tak na koncových polohách rázy a vibrace přenášené od pístu do celé konstrukce lžice. Na konci oka i válce jsou standardně kloubová ložiska, které vyrovnají nežádoucí nesouosost čepů a píst se tak nebude přičít. [11]

Výrobce: Hydraulics s.r.o.

Pracovní kapalina: hydraulický minerální olej

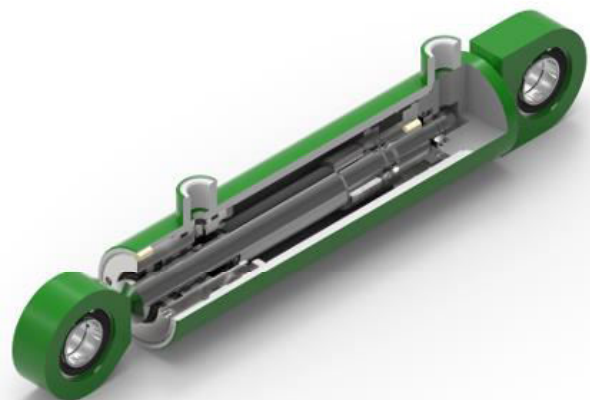
Teplotní rozsah: -20°C a +80°C

Jmenovitý tlak: 20 MPa

Maximální tlak: 25 Mpa

Pracovní rychlost: max. 0,5 m·s⁻¹

Provozní podmínky



Obr. 27 Hydraulický válec Hydraulics TH2T [11]

Přímočaré hydromotory daného typu nevyžadují zvláštní požadavky na obsluhu a provoz. Motor je nutné instalovat v čistém prostředí, aby nedošlo k zanesení válce. Není přípustné radiální zatížení pístní tyče vnější silou nebo rotace pístní tyče. Motor by neměl být namáhán v koncových polohách silou větší než 1,5 násobek nominálního tlaku. Motor také není určen k použití v agresivních podmínkách. [11]

4.2.2. Jednocestný škrťící ventil V0540

Tento ventil (obr. 28) slouží ke škrcení průtoku v jednom směru. V druhém směru je průtok volný. Množství škrceného oleje závisí na tlaku, teplotě a viskozitě oleje. Nastavení průtoku se provádí rotací vnějšího prstence, po směru hodinových ručiček pro zvýšení průtoku a naopak. Je-li průtok nastaven, kontramaticí se ventil zajistí v požadované poloze. [12]

Výrobce: Hydrocom spol. s.r.o., Brno

Těleso: Pozinkovaná ocel.

Vnitřní části: kalená a broušená ocel.

Těsnění: BUNAN standard

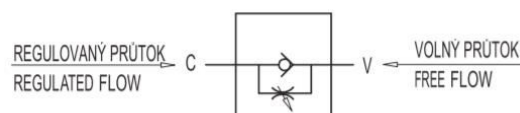
Těsnost: podle rozměru, minimální prosaky při uzavřeném ventilu.

Technické parametry:

Max. tlak: 300 MPa

Otevírací tlak: 0,5 MPa

Max. průtok: 20 l/min [12]



Obr. 28 Jednocestný škrťící ventil V0540 [12]

4.2.3. Jednocestný ventil V0592

Ventil (obr. 29) umožňuje průtok kapaliny pouze v jednom směru a v druhém je uzavřený.

Materiály a vlastnosti:

Těleso: pozinkovaná ocel

Vnitřní části: kalená a broušená ocel.

Sedlové provedení: bez prosaků.

Aplikace: Připojit vstup V ke zdroji tlaku a C ke spotřebiči. Průtok je volný ve směru z V do C a zablokovaný v opačném směru.

**Technické parametry:**

Max. tlak: 300 MPa

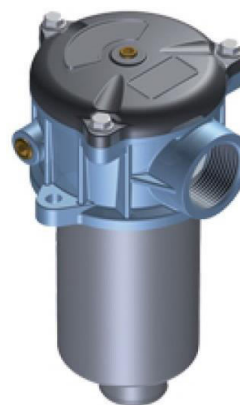
Otevírací tlak: 0,5 MPa

Obr. 29 Jednocestný škrťící ventil V0592 [12]

Max. průtok: 20 l/min [12]

4.2.4. Odpadní filtr MPF 100

Jedná se o odpadní filtr (obr. 30) určený pro montáž na víka nádrží. Hlava je vyrobena z hliníkové slitiny, tělo a příruba z tvrzeného plastu. Předností je jednoduchá výměna filtrační vložky po demontáži příruby. Obtokový ventil (bypass) je standardně zabudován do filtrační vložky. Přírubu je možné vybavit otvorem umožňujícím plnění nádrže přes filtr. [12]



Obr. 30 Odpadní ventil MPF 100 [12]

Technické parametry:

Pracovní min. tlak: 0,8 MPa

Max průtok: 750 l/min

4.2.5. Rozvaděč HDM 140

Jedná se o jednosekční monoblokový rozvaděč (obr.31). Obecně jsou monoblokové rozvaděče určeny především pro mobilní aplikace, jako jsou například stavební, zemědělské a lesní stroje. Jejich kompaktní konstrukce, nízká hmotnost, variabilita provedení, typy ovládání a především výhodná cena je však důvod k jejich četnému použití v praxi. Rozvaděč je vybaven pojistným ventilem. Ovládání je možné pákou, bovdenem, pneumaticky či hydraulicky.



Obr. 31 Rozvaděč HDM 140 [12]

Maximální průtok: 40 l/min

Max. stálý provozní tlak na vstupu: 250 Mpa

Max. tlak na výstupu: 30 MPa

Materiály:

Tělo: tvrzený odlitek –litina

Šoupátko: chromovaná kalená ocel

Pákový ovladač: hliníková slitina [12]

4.2.6. Pojistný ventil VMP 250 bar

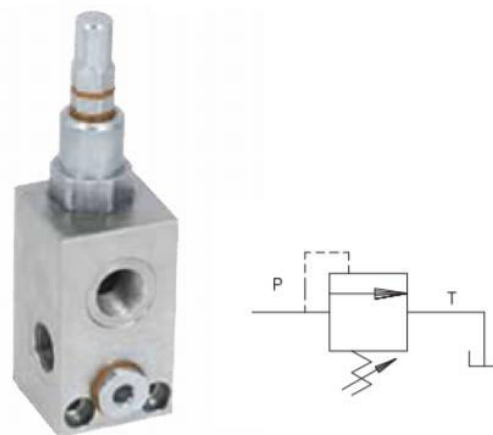
Pojistný ventil slouží k ochraně tlakového systému před přetížením a v případě překročení mezního tlaku se ventil uvolní. Pro nastavení tlaku je třeba povolit jistící matku na vrcholu ventilu a zašroubovat ovládací šroub pro přidání a vyšroubovat pro snížení tlaku. Ventil je tedy přímo řízený a musí se nastavit na požadovaný tlak.

Technické parametry:

Nastavitelný tlak: od 50 do 250 bar

Max. tlak: 350 bar

Maximální průtok: 70 l/min [12]



Obr. 32 Pojistný ventil VMP 250 bar [12]

5 Charakteristiky konstrukce

Výpočet bude proveden na nákladací lžici s trny, protože lžice s trny je schopna transportovat pouze balíky sena a lžice s těžkým přidržovačem je konstrukčně velice podobná. Balíky sena jsou výrazně lehčí než náklad, který je schopna uvést lžice s nakladačem. Lze tedy předpokládat, že lžice s trny nebude nadměrně zatěžována, jestliže má stejnou základní konstrukci jako nákladací lžice.

5.1 Vstupní parametry

5.1.1. Použitý materiál

Tab. 1. Použitý materiál

Materiál	Mez kluzu Re [MPa]	Mez pevnosti Rm [MPa]	Tažnost
S235JR	235	360-510	26
E360	360	370-830	20
Hardox 400	1200	1400	10

5.1.2. Parametry lžice

Celkový objem (obr. 32) V_{celk} se skládá z objemu lžice V_1 a navršení V_2 . Objem lžice V_1 je počítán od přední hrany nože až po podélný profil, který na horní hranici lžici uzavírá. Ten byl spočítán 3D CAD systémem Solidworks, ve kterém byla lžice modelována. Navršení je určeno dle norem ČSN mezi 15-20%, volím součinitel 0,17¹.

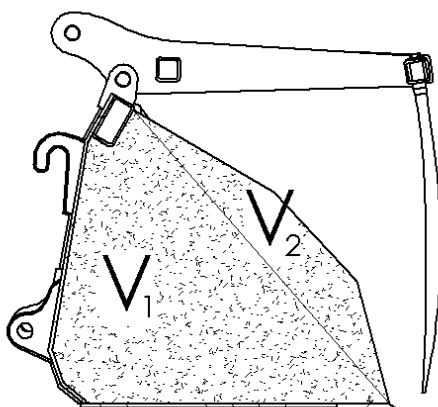
$$V_1 = 0,25 \text{ m}^3$$

$$V_2 = V_1 \cdot 0,17$$

$$V_2 = 0,25 \cdot 0,17 = 0,042 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{celk}} = 0,25 + 0,042 = 0,292 \text{ m}^3 \quad (1)$$

¹ Hodnota navršení může být např. u sena větší, ale celková hmotnost nákladu nedosáhne hmotnosti sypkých materiálů jako je např. zemina, proto lze toto navršení zanedbat.



Obr. 33 Objem lžice V_1 a objem navršení V_2

Hmotnosti lžice m_L , nákladu m_N a přídržovače m_P byly zjištěny v CAD systému. Nejvyšší objemovou hustotu z možných přepravovaných materiálů je hnojivo - Thomsova moučka.

Objemová hmotnost Thomsovy moučky [9] : $\rho_N = 2200 \text{ kg m}^{-3}$

$$m_L = 153 \text{ kg} \quad (2)$$

Hmotnost nákladu:

$$\begin{aligned} m_N &= V_{\text{celk}} \cdot \rho_N \\ m_N &= 0,29 \cdot 2200 \\ m_N &= 0,29 \cdot 2200 = \underline{638 \text{ kg}} \end{aligned} \quad (3)$$

Celková hmotnost:

$$\begin{aligned} m_{\text{celk}} &= m_N + m_L \\ m_{\text{celk}} &= 153 + 638 = \underline{791 \text{ kg}} \end{aligned} \quad (4)$$

Hmotnost přídržovače:

$$m_p = 26,5 \text{ kg} \quad (5)$$

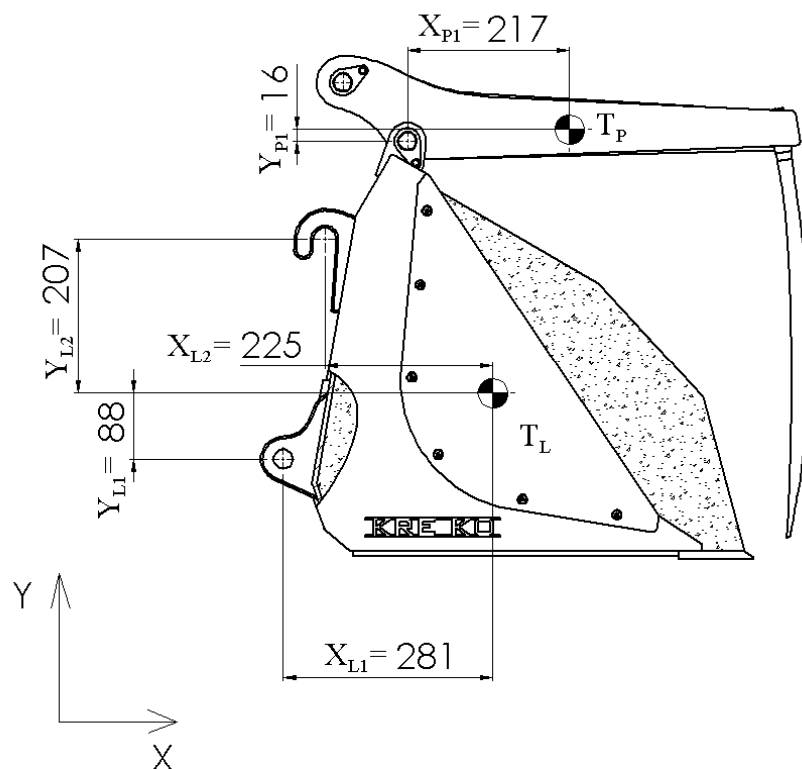
Těžiště lžíce s nákladem T_L a těžiště samotného přidržovače T_P byly zjištěny pomocí CAD systému. Vzdálenosti těžiště od osy otáčení/uchycení jsou zobrazeny na obr. 33.

Souřadnice těžiště přidržovače od osy otáčení:

$$\begin{aligned} X_{p1} &= 217 \text{ mm} \\ Y_{p1} &= 16 \text{ mm} \end{aligned} \quad (6)$$

Souřadnice těžiště lžíce s nákladem:

$$\begin{aligned} X_{L1} &= 225 \text{ mm} \\ Y_{L1} &= 88 \text{ mm} \end{aligned} \quad (7)$$



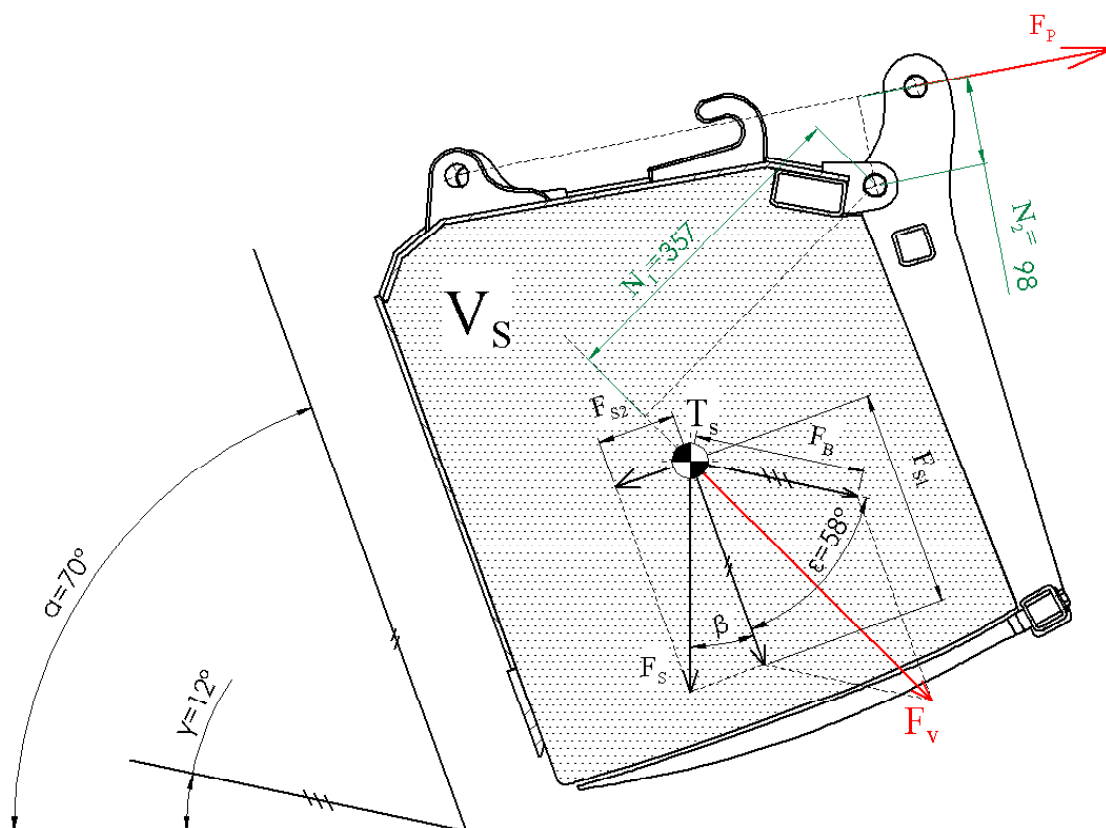
Obr. 34 Těžiště lžíce s nákladem T_L a samotného přidržovače T_P

5.2 Hydraulický pohon

Hydraulický motor slouží k zavírání a otevírání přidržovače. Je nutné ověřit, zda se při maximálním zatížení přidržovač samovolně neotevře. Toto zatížení nastane ve chvíli, kdy nakladač bude v max. výklopném úhlu, traktor bude brzdit a zároveň se bude nacházet ve svahu. Objemový náklad využívající přidržovač s největší objemovou hustotou je siláž, proto budeme ve výpočtu uvažovat s touto surovinou.

5.2.1. Zatížení přidržovače

Objemová hmotnost siláže [9] :	$\rho_s = 850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Max. výklopný úhel nakladače (Obr.8):	$\varepsilon = 58^\circ$
Max svahová dostupnost[8]:	$\beta = 12^\circ$
Objem siláže:	$V_s = 0,48 \text{ m}^3$
Gravitační konstanta:	$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Součinitel adheze pryž – beton:	$\mu = 0,8$



Obr. 35 Zatížení přidržovače od siláže

Síla vyvolaná naloženou siláží:

$$F_s = m_s \cdot g$$

$$F_s = V_s \cdot \rho_s \cdot g$$

$$F_s = 0,48 \cdot 850 \cdot 9,81 = 4002,4 \text{ N} \quad (8)$$

$$\alpha = \varepsilon + \beta$$

$$\alpha = 58 + 12 = 70^\circ \quad / \text{ max. úhel naklopení lžice}$$

$$F_{s1} = F_s \cdot \cos(\beta)$$

$$F_{s1} = F_s \cdot \cos(90 - \alpha)$$

$$F_{s1} = 4002,4 \cdot \cos(20) = 3761 \text{ N} \quad (9)$$

Síla vyvolaná bržděním F_B :

Síla se odvíjí od maximálního záporného zrychlení a_{bmax} , které je schopný traktor vyvolat[13] :

$$a_{bmax} = \mu \cdot g$$

$$a_{bmax} = 0,8 \cdot 9,81 = 7,84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$F_B = m_s \cdot a_{bmax}$$

$$F_B = 408 \cdot 7,84 = 3201,9 \text{ N} \quad (10)$$

Výsledná síla F_v :

Výsledná síla působící na přidržovač je součet sil F_B a F_s . Mezi silami je úhel ε , k výpočtu použijeme cosinovu větu.

$$F_v = \sqrt{F_B^2 + F_{s1}^2 + 2 \cdot F_B \cdot F_{s1} \cdot \cos(\varepsilon)}$$

$$F_v = \sqrt{3201,9^2 + 3761^2 + 2 \cdot 3201,9 \cdot 3761 \cdot \cos(58)} = 6312,1 \text{ N}$$

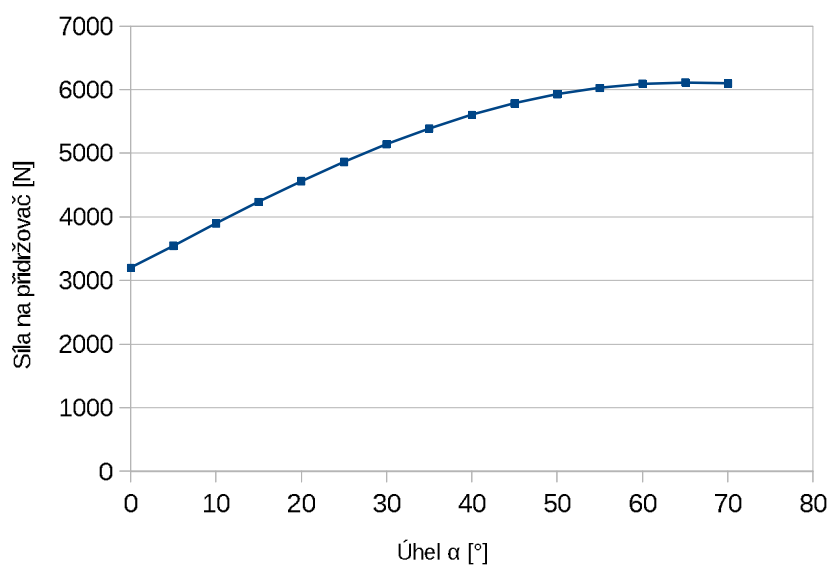
K zjištění závislosti úhlu naklopení na síle působící na přidržovač jsem využil MS Excel a

následně výsledek zobrazil do grafu. Dle předpokladů je síla největší při maximálním naklonění, ale ani při úplném srovnání lžice není síla na přidržovač nulová. Zatížení způsobuje síla od brždění, která není pro žádnou skutečnou hodnotu naklonění nulová.

Tab. 2. Vypočtené hodnoty naklonění a závislých sil

α [°]	β [°]	$\text{Cos}(\alpha)$	F_{S1} [N]	ε [°]	F_V [N]
70	20	0,94	3760,66	58	6094,90
65	25	0,91	3627,07	53	6113,67
60	30	0,87	3465,86	48	6091,47
55	35	0,82	3278,29	43	6028,54
50	40	0,77	3065,76	38	5925,52
45	45	0,71	2829,91	33	5783,53
40	50	0,64	2572,51	28	5604,09
35	55	0,57	2295,55	23	5389,23
30	60	0,50	2001,11	18	5141,49
25	65	0,42	1691,44	13	4863,99
20	70	0,34	1368,90	8	4560,56
15	75	0,26	1035,94	3	4235,87
10	80	0,17	695,10	-2	3895,75
5	85	0,09	348,97	-7	3547,63
0	90	0,00	0,19	-12	3201,18

Graf: Síla na přidržovač v závislosti na úhlu naklonění lžice



Momentová rovnice k ose přídržovače:

$$\text{Rameno síly } F_V: \quad N_1 = 0,357 \text{ m}$$

$$\text{Rameno síly } F_P: \quad N_2 = 0,098 \text{ m}$$

Aby se přídržovač samovolně neotevřel, musí platit:

$$M_p: F_V \cdot N_1 - F_P \cdot N_2 \leq 0$$

$$M_p: F_V \cdot N_1 \leq F_P \cdot N_2$$

$$M_p: 6312,1 \cdot 0,357 \leq F_P \cdot 0,098$$

$$M_p: \frac{6312,1 \cdot 0,357}{0,098} \leq F_P \quad (11)$$

$$F_P \geq 22993,7 \text{ N}$$

Protože jsou hydraulické motory dva, zatížení na jeden motor vychází:

$$F_z \geq \frac{22993,7}{2} = 11496,8 \text{ N} \quad (12)$$

5.2.2. Síla hydraulického motoru

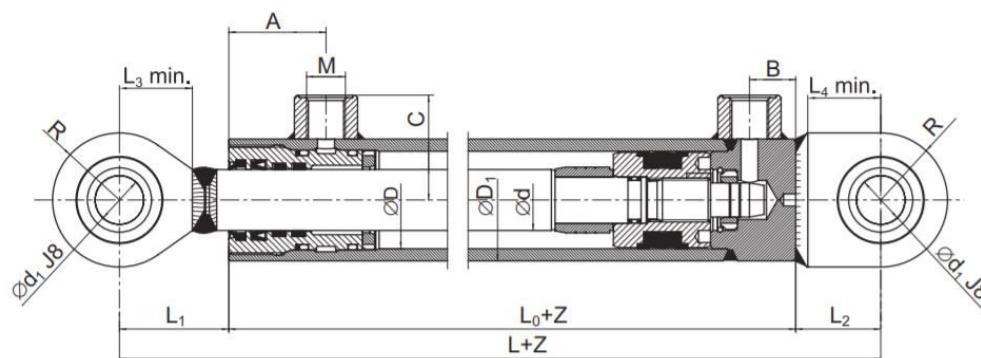
Píst byl zvolen od české firmy Hydraulics s.r.o., na základě katalogových parametrů bude vypočtena síla, kterou je píst při tlaku oleje z traktoru schopný vykonat. Výpočet bude proveden pouze pro vysouvací sílu, protože zde je zatížení větší než při zasouvání kdy přídržovač není zatížený.

$$\text{Délka pístu v zavřeném stavu:} \quad L = 370 \text{ mm}$$

$$\text{Délka pístu v otevřeném stavu:} \quad L + Z = 510 \text{ mm}$$

$$\text{Průměr pístové komory:} \quad D = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Pracovní tlak hydrauliky traktoru:} \quad P_h = 19 \text{ Mpa}$$



Obr. 36 Rozměry hydraulického motoru [11]

Pracovní plocha pístu:

$$S_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$S_h = \frac{\pi \cdot 60^2}{4} = 2827,4 \text{ mm}^2$$

Výpočet síly při vysouvání:

$$F_h = S_h \cdot P_h$$

$$F_h = 2827,4 \cdot 19 = 53721,2 \text{ N} \quad (13)$$

Z výpočtů plyne, že rovnice

$$F_h \geq F_z$$

$$53721,2 \geq 11496,8 \text{ N} \quad \text{platí.}$$

$$K = \frac{F_h}{F_z} = \frac{53721,2}{11496,8} = 4,6 \quad (14)$$

Zvolený hydraulický motor je 4,6x silnější než je limitní hodnota samovolného vyklopení nákladu. Tento poměr zároveň umožňuje náklad dostatečně sevřít a stlačit.

5.3 Statická analýza

Při práci se lžící vznikají síly, které musí být konstrukce schopná vydržet. Ve vodorovném směru vzniká největší síla při nájezdu do materiálu. Svisle pak maximální sílu určuje nakladač(obr.8), který je schopný v tomto směru se lžící manipulovat. Udávaná maximální

trhací síla² F_{tr} je stanovena 800 mm od oka nakladače, její hodnota je 23 800 N. Tyto síly mohou působit zároveň a při nakládání materiálu je tato kombinace běžná, proto je nutné ji při výpočtu zohlednit.

Maximální trhací síla:

$$F_{tr800} = 23\,800 \text{ N}$$

Vzdálenost F_{tr} od oka nakladače:

$$r = 800 \text{ mm}$$

Součinitel adheze pryž – beton:

$$\mu = 0,8$$

5.3.1. Výpočet nájezdu do materiálu

Velikost síly nájezdu F_{ND} je omezena silou, kterou je kolo schopné přenést při zasouvání lžice do materiálu. Síla je závislá na třecí síle F_T mezi kolem a povrchem, přičemž nejvyšší třecí síla je na betonovém povrchu, proto jej volím ve výpočtu.

Hmotnost traktoru:

$$m_T = 4014 \text{ kg}$$

Hmotnost nakladače:

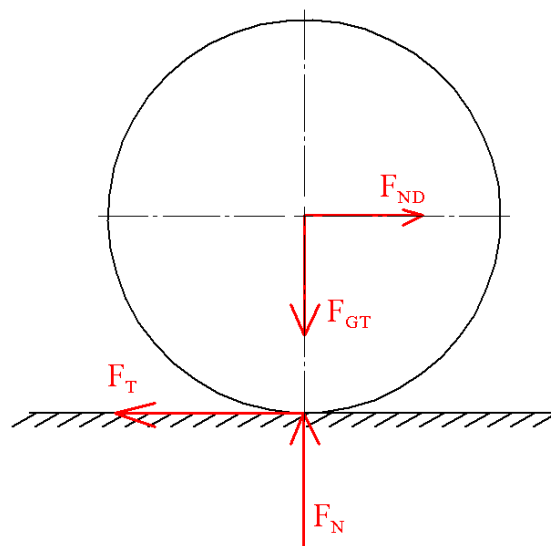
$$m_{NK} = 521 \text{ kg}$$

Hmotnost nákladu:

$$m_N = 638 \text{ kg}$$

Hmotnost lžice:

$$m_L = 153 \text{ kg}$$



Obr. 37 Síly působící na kolo traktoru

- 2 Jedná se o maximální možnou sílu, kterou je nakladač schopen vyvinout ve svislém směru v okamžiku oddělování nakládaného materiálu. Narozdíl od síly nakládací není tuto sílu možné vyvinout ve všech polohách nakladače.

Tíhová síla traktoru:

$$F_{GT} = (m_T + m_{NK} + m_N + m_L) \cdot g$$
$$F_{GT} = (4014 + 521 + 638 + 153) \cdot g = \underline{52248N} \quad (15)$$

Podmínka valení kol³:

$$F_N \cdot \mu \geq F_T$$

Z čehož plyne:

$$F_{GT} \cdot \mu \geq F_{NS} \quad (16)$$

Pro maximální sílu nájezdu, která bude vyvinuta těsně před prokluzem, platí:

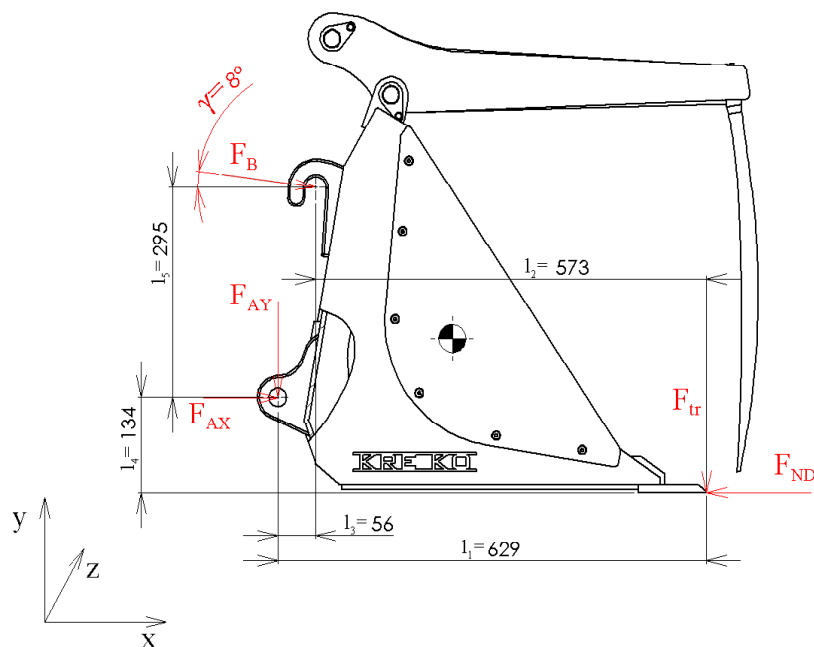
$$F_{ND} = F_{GT} \cdot \mu$$
$$F_{ND} = 52248 \cdot 0,8 = \underline{41798,4N} \quad (17)$$

Přepočet trhací síly na šířku lopaty:

$$F_{tr} = \frac{r}{l_1} \cdot F_{tr800}$$
$$F_{tr} = \frac{800}{629} \cdot 23800 = 30270,3N \quad (18)$$

³ Rameno valivého odporu, které vzniká vlivem deformace kola, by sílu F_N posunulo ve směru pohybu mimo osu kola. Valivý odpor kola ale nekoreluje s koeficientem adheze, respektive přenášenou silou, proto není ve výpočtu uveden.

5.3.2. Výpočet sil v čepích



Obr. 38 Silový rozbor sil při zatížení lžice

Rovnice rovnováhy:

$$\begin{aligned}
 x: F_{AX} + F_B \cdot \cos(\gamma) - F_{ND} &= 0 \\
 y: -F_{AY} - F_B \cdot \sin(\gamma) - F_{tr} &= 0 \\
 M_a: F_B \cdot \cos(\gamma) \cdot l_5 + F_B \cdot \sin(\gamma) \cdot l_3 + F_{tr} \cdot l_1 + F_{ND} \cdot l_4 &= 0
 \end{aligned} \tag{19}$$

Reakční síly:

$$\begin{aligned}
 F_B \cdot \cos(\gamma) \cdot l_5 + F_B \cdot \sin(\gamma) \cdot l_3 + F_{tr} \cdot l_1 + F_{ND} \cdot l_4 &= 0 \\
 F_B \cdot \cos(\gamma) \cdot l_5 + F_B \cdot \sin(\gamma) \cdot l_3 &= -F_{tr} \cdot l_1 - F_{ND} \cdot l_4 \\
 F_B (\cos(\gamma) \cdot l_5 + \sin(\gamma) \cdot l_3) &= -F_{tr} \cdot l_1 - F_{ND} \cdot l_4 \\
 F_B &= \frac{-F_{tr} \cdot l_1 - F_{ND} \cdot l_4}{\cos(\gamma) \cdot l_5 + \sin(\gamma) \cdot l_3} \\
 F_B &= \frac{-30270,3 \cdot 0,629 - 41798,4 \cdot 0,134}{\cos(8) \cdot 0,295 + \sin(8) \cdot 0,056}
 \end{aligned} \tag{20}$$

$$F_B = -82157,8 N$$

$$F_{AX} + F_B \cdot \cos(\gamma) - F_{ND} = 0$$

$$F_{AX} = -F_B \cdot \cos(\gamma) - F_{ND}$$

$$F_{AX} = -82157,8 \cdot \cos(8) - 41798,4 \quad (21)$$

$$F_{AX} = -123956,2 N$$

$$-F_{AY} - F_B \cdot \sin(\gamma) - F_{tr} = 0$$

$$-F_{AY} = -F_B \cdot \sin(\gamma) - F_{tr}$$

$$F_{AY} = 42837,7 \cdot \sin(8) + 30270,3 \quad (22)$$

$$F_{AY} = 41713,1 N$$

Celkové síly v čepích:

$$F_B = -82157,8 N$$

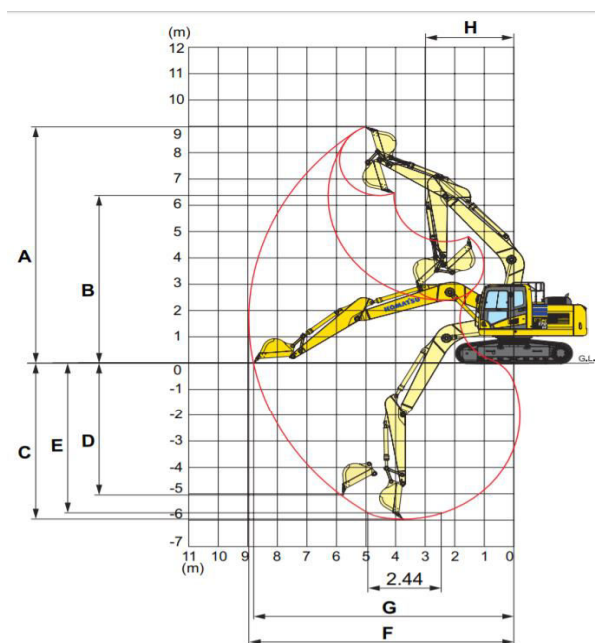
$$F_A = \sqrt{F_{AX}^2 + F_{AY}^2} \quad (23)$$

$$F_A = \sqrt{123956,2^2 + 41713,1^2}$$

$$F_A = 130786,5 N$$

5.4 Kinematický rozbor

Kinematický rozbor zobrazuje všechny dosažitelné polohy lžice, které může nakladač vykonat. Je nutné se zaměřit na nebezpečné nebo naopak žádoucí parametry. U klasického bagru patří mezi hlavní parametry hloubka výkopu (na obr. 37 rozměr C) a terénní dosah lžice (rozměr G na obr. 37). Tyto parametry však u nakladače traktoru nehrají tak velkou roli, protože neslouží primárně k hloubení, ale k nakládání materiálu. [7]

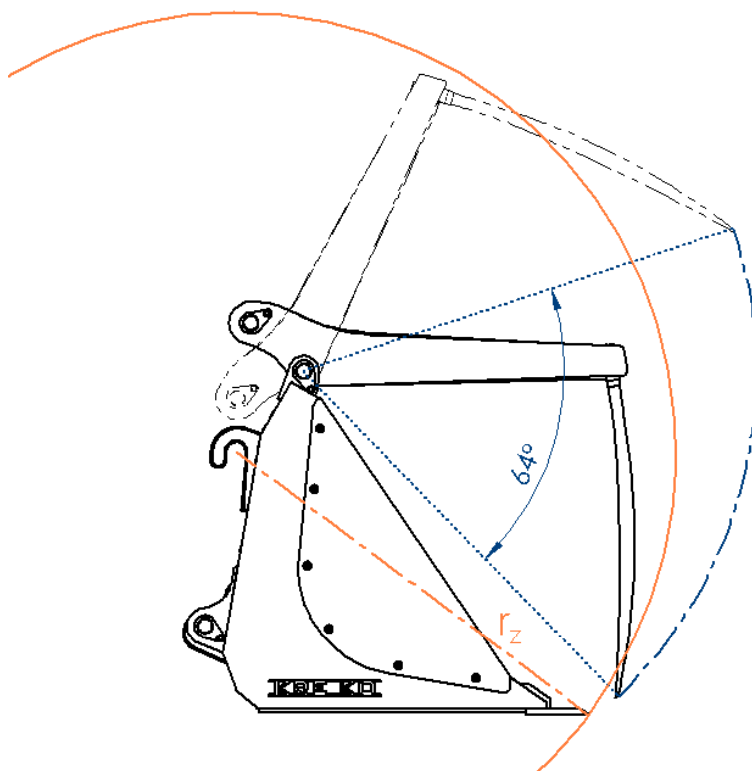


Obr. 39 Kinematické schéma bagru [7]

Důležitá je kontrola kolize s kabinou bagru, špička lopaty se v žádném krajním bodě nesmí přiblížit na stanovenou vzdálenost od kabiny řidiče. Toto nebezpečí je z podstaty fungování nakladače vyloučené. Nakladač je vždy výhradně před traktorem a jeho ramena mezi sebou svírají vždy tupý úhel. Schéma nakladače je patrné na obr. 8(str.15) . [7]

Z hlediska samotné lžice je pak důležitý poloměr otáčení kolem osy nakladače r_z . Tato křivka nesmí kromě nože procházet žádnou jinou hranou lžice. Znamenalo by to, že především při vykopávání zeminy nebo i při nabírání materiálu přijde např. pata lžice do kontaktu se zemí a bude se na tomto místě více opotřebovávat. Jedná se o prvotní kontakt záběru, kdy působí lžice největší silou, proto by byl materiál na zadní stěně lžice rychle opotřebovaný. Tento parametr je u navrhované lžice v pořádku a mezi obloukem a podlahou lžice je dostatečný prostor, což například u podkopových lžic nebývá, protože mají umístěné úchyty nahoře.

Rozsah přidržovače je 64° a lze si všimnout že tato křivka se protíná s křivkou poloměru otáčení kolem osy nakladače. Znamená to, že při nakládání sypkých materiálu nebo zeminy je nutné nakladač zvednout do horní polohy, aby se zamezilo jeho kontaktu s nakládaným materiálem.

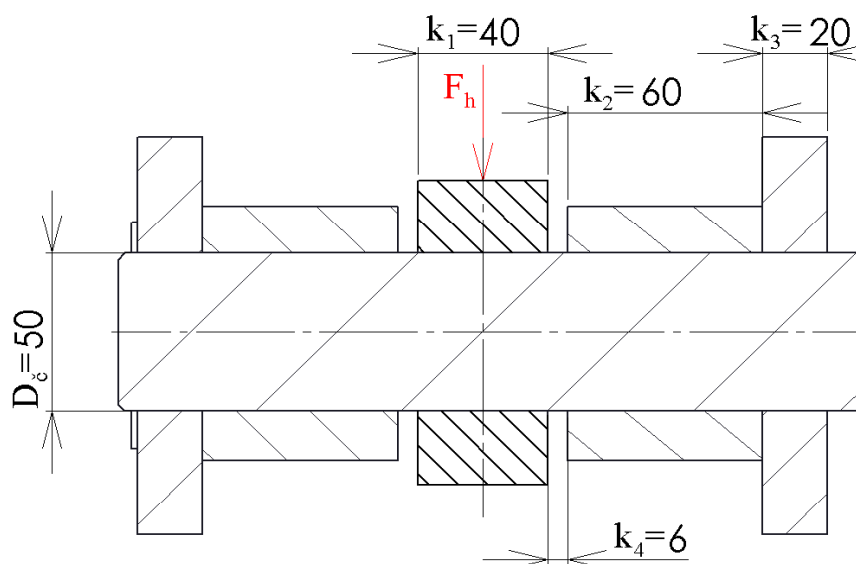


Obr. 40 Kinematické schéma lžice

6 Pevnostní analýza

6.1 Čepy hydromotoru

Oba čepy budou posuzovány na maximální možné zatížení od hydromotoru. Uchycení a pouzdra jsou u obou čepů hydrauliky stejné. Síla hydromotoru $F_h = 53\,721,2\text{ N}$ byla spočítána na začátku kapitoly v rovnici č. 13. Minimální bezpečnost je stanovena $k_k = 2,2$. Výpočty byly provedeny podle platné normy ČSN 73 1401 [14]



Obr. 41 Schéma čepu hydrauliky

6.2 Měrný tlak v čepch hydromotoru

Síla na jeden čep bude poloviční a zároveň je oblast k_2 a k_3 na jednom čepu $2x$, proto je u měrného tlaku P_{m1} čítel navíc dělený čtyřmi.

Měrný tlak v oblasti k_2 a k_3 :

$$P_{m1} = \frac{F_h}{D_c \cdot (k_2 + k_3) \cdot 4}$$

$$P_{m1} = \frac{53721,2}{50 \cdot (60 + 20) \cdot 4} \quad (24)$$

$$P_{m1}=3,35 \text{ MPa}$$

Měrný tlak v oblasti k_1 :

$$P_{m2} = \frac{F_h}{D_\zeta \cdot k_1 \cdot 2}$$
$$P_{m2} = \frac{53721,2}{50 \cdot 40 \cdot 2} \quad (25)$$
$$P_{m2} = 13,43 \text{ MPa}$$

6.3 Napětí v ohybu v čepu hydromotoru:

Ohybový moment v čepu:

$$M_o = \frac{F_h \cdot (k_4 + \frac{k_3 + k_2 + k_1}{2})}{2}$$
$$M_o = \frac{53721,2 \cdot 0,066}{2} \quad (26)$$
$$M_o = 1772,7 \text{ Nm}$$

Modul průřezu v ohybu:

$$W_o = \frac{J_Y}{\frac{D_\zeta}{2}} = \frac{\pi \cdot D_\zeta^3}{32}$$
$$W_o = \frac{\pi \cdot 0,050^3}{32} \quad (27)$$
$$W_o = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Napětí průřezu v ohybu:

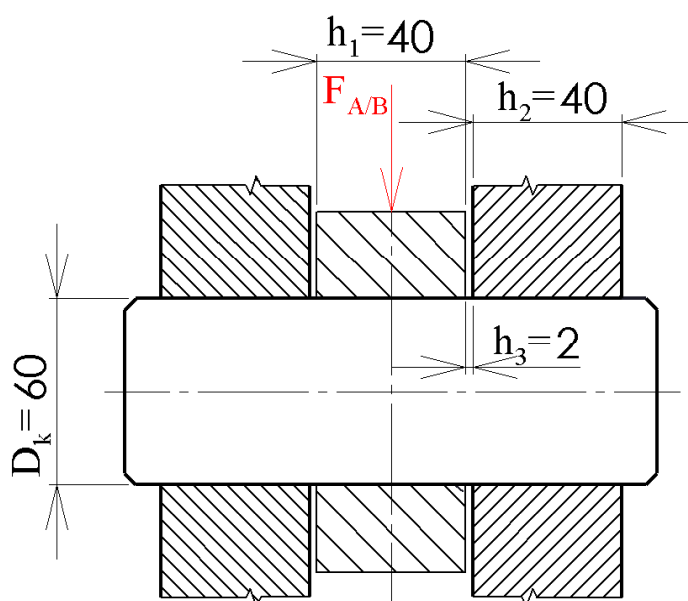
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o}$$
$$\sigma_o = \frac{1772,7}{1,22 \cdot 10^{-5}} \quad (28)$$
$$\sigma_o = 145,3 \text{ MPa}$$

Bezpečnost námáhaného čepu:

$$k_v = \frac{R_e}{\sigma_o}$$
$$k_v = \frac{360}{145,3} \quad (29)$$
$$k_v = 2,47$$

6.4 Čepy nakladače

Čepy jsou zatěžovány pracovními zátěžovými stavy, které musí čep přenést do konstrukce lžice. Obě uložení čepů jsou principiálně stejné, působí na ně síly F_B a F_A . Síla F_B je větší, proto ověříme čep touto silou. Minimální bezpečnost je stanovena $k_k=2,2$. Výpočty byly provedeny podle platné normy ČSN 73 1401 [14]



Obr. 42 Schéma čepu nakladače

6.5 Měrný tlak v čepch nakladače

Měrný tlak v oblasti h_1 :

$$P_{m3} = \frac{F_B}{D_K \cdot (h_1)}$$
$$P_{m3} = \frac{130786,5}{60 \cdot (40)} \quad (30)$$
$$P_{m3} = 54,5 \text{ MPa}$$

Měrný tlak v oblasti h_2 je poloviční, protože délka tohoto pouzdra je dvojnásobná, proto také vyhovuje.

6.6 Napětí v ohybu v čepch nakladače

Ohybový moment v čepu:

$$M_o = \frac{F_B \cdot (h_3 + \frac{h_1 + h_2}{2})}{2}$$
$$M_o = \frac{130786,5 \cdot (0,002 + \frac{0,04 + 0,04}{2})}{2} \quad (31)$$
$$M_o = 2746,5 \text{ Nm}$$

Modul průřezu v ohybu:

$$W_o = \frac{J_y}{\frac{D_c}{2}} = \frac{\pi \cdot D_c^3}{32}$$
$$W_o = \frac{\pi \cdot 0,06^3}{32} \quad (32)$$
$$W_o = 2,12 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Napětí průřezu v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o}$$

$$\sigma_o = \frac{2756,5}{2,12 \cdot 10^{-5}} \quad (33)$$

$$\sigma_o = 130 \text{ MPa}$$

Bezpečnost námáhaného čepu:

$$k_v = \frac{R_e}{\sigma_o}$$

$$k_v = \frac{360}{130} \quad (34)$$

$$k_v = 2,76$$

Čepy vyhovují všem zatěžovacím stavům.

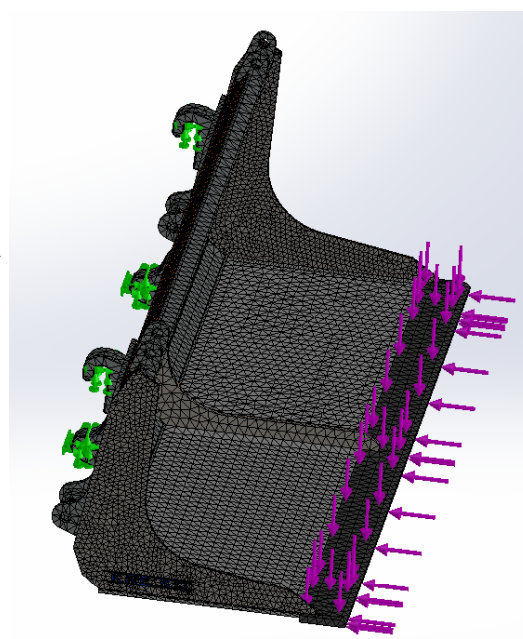
6.7 Zatížení celé konstrukce

Zatěžovací stavy konstrukce navazují na předchozí statickou analýzu. Jedná se o stejné zatížení, ale výpočet zahrnuje celou lžici jako celek. Čepy jsou již spočítány, proto nejsou součástí simulace.

Pro výpočet konstrukce jsem použil software Solidworks COSMOS pracující s metodu konečných prvků (MKP). Konstrukce byla posuzována vzhledem k mezi kluzu materiálu, z výsledků byla následně spočítána bezpečnost. Výpočty ukázaly, že je nutné konstrukci na některých místech vyztužit. Tyto úpravy popíšu v následujících kapitolách.

6.7.1. Zátěžový stav – nabírání materiálu

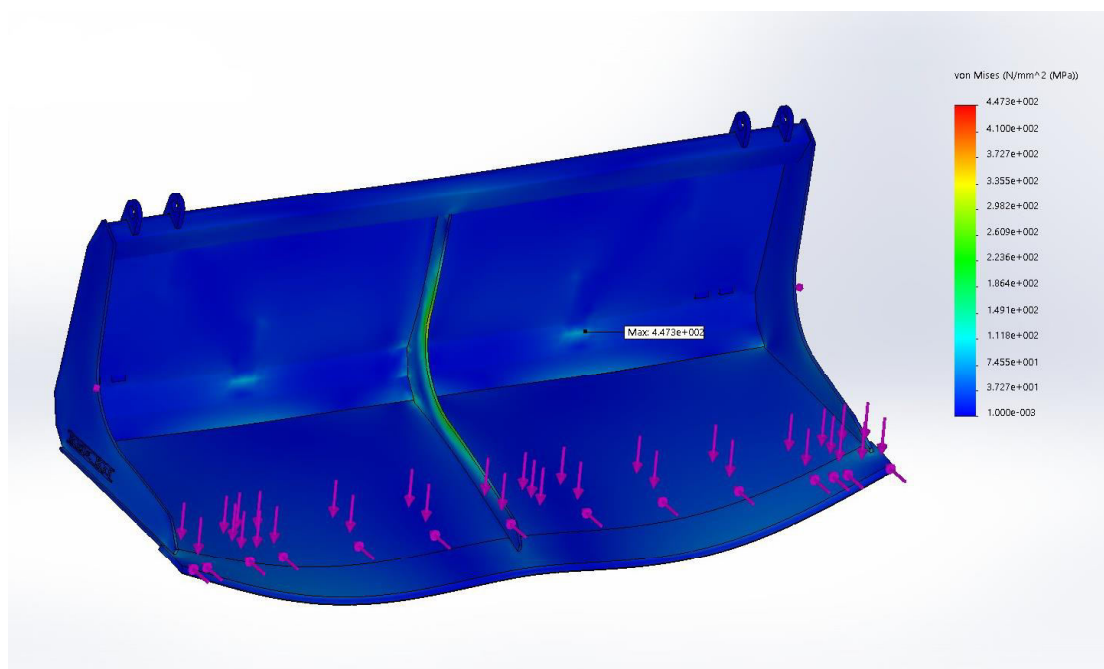
Bylo použito stejné zatížení jako u výpočtu čepů. Tedy trhací síla a nájezdová síla do materiálu. Obě síly působí liniově na přední nůž lžice tak



Obr. 43 Zatížení, vazby a síť modelu

jak je zobrazeno na obrázku. Síly jsou přenášeny přes EURO úchyt na zadní stěně lžice. Simulace byla provedena na svařenci lžice bez přídržovače, protože ten při nakládání materiálu není namáhán a výpočet by zbytečně komplikoval.

První výpočet odhalil nedostatky konstrukce, které byly způsobeny nedostatečným rozložením sil u zadních úchytů. Vznikalo zde vysoké lokální napětí nad mezí kluzu materiálu S235JR. Bude tedy nutné konstrukci upravit, aby se napětí více rozložilo do celé zadní stěny.



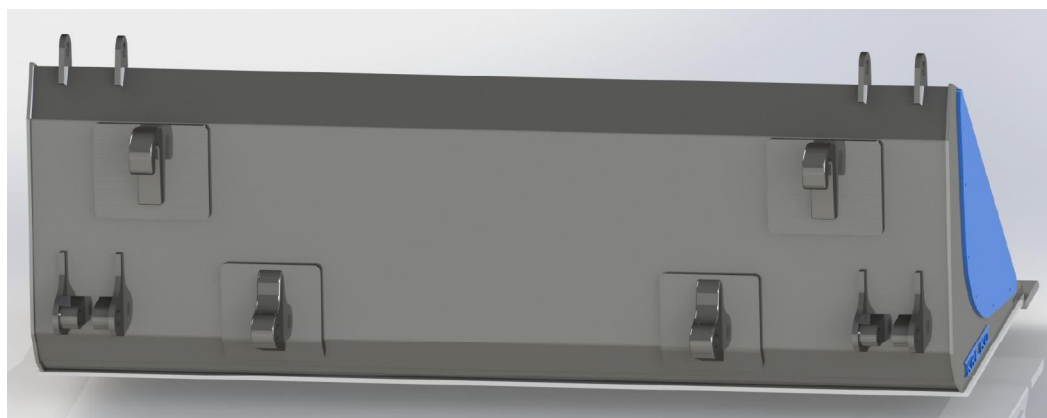
Obr. 44 Napětí von Mises navrhované konstrukce při zatížení

Výpočet bezpečnosti:

$$k = \frac{R_e}{\sigma_{MAX}}$$

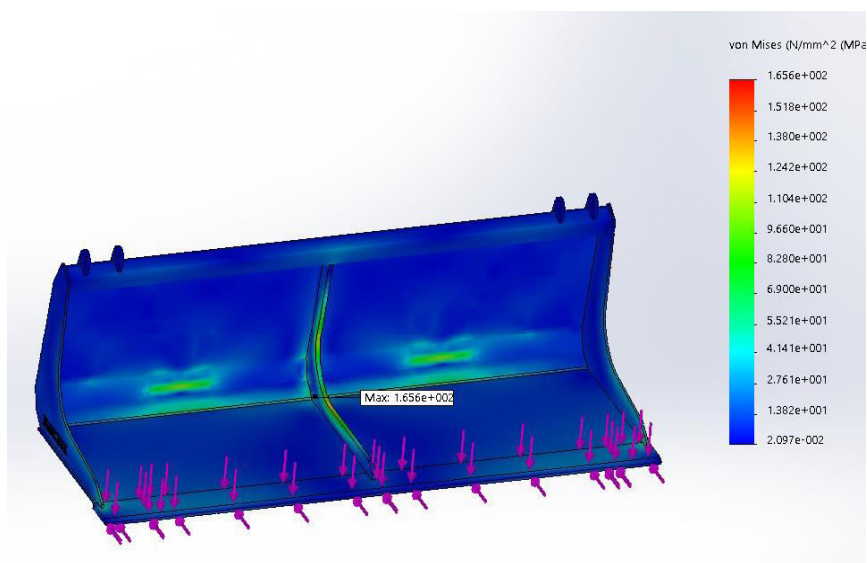
$$k = \frac{235}{447,3} = 0,52 \quad (33)$$

Bezpečnost je u této konstrukce nedostačující, musí být provedeny úpravy. Na zadní stěnu byly navařeny ocelové pláty o tloušťce 10 mm. EURO úchyt tím bude působit na větší plochu zadní stěny a napětí vznikající v jeho rozích se tím rozloží. Také byla změněna tloušťka výztuhy podlahy na 8 mm a tloušťka nože na 16 mm. Po těchto úpravách se napětí a deformace lžice snížily na přípustnou mez.



Obr. 45 Úpravy ke snížení napětí – ocelové pláty pod úchyty

Oblast napětí se v zadní stěně rozšířila a nevzniká zde lokální bodové napětí na hranách úchyty. Nejvyšší napětí je nyní ve výztuze lžice, která částečně přenáší spolu s bočnicemi trhací sílu.



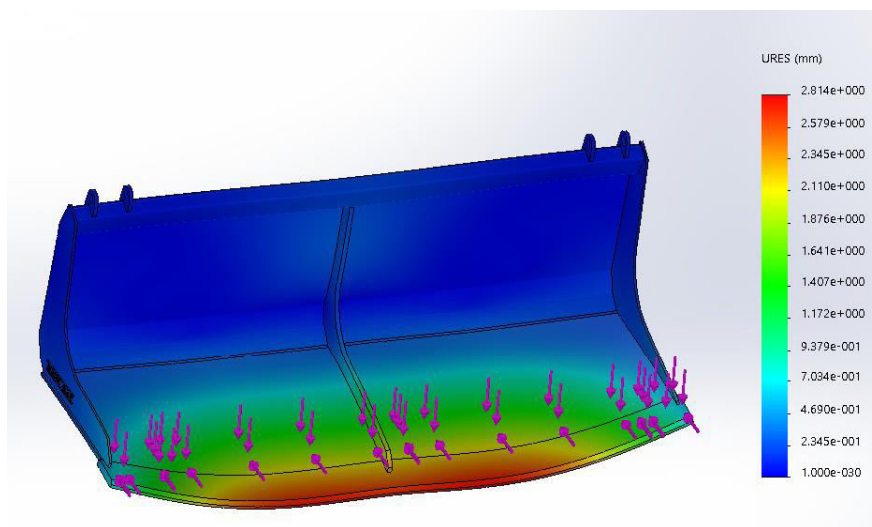
Obr. 46 Napětí von Mises po úpravách

Výpočet bezpečnosti po úpravě:

$$k = \frac{R_e}{\sigma_{MAX}}$$

$$k = \frac{235}{165,6} = 1,41$$

Bezpečnost i deformace se po úpravách změnily na přijatelné hodnoty. Maximální deformace činí 2.8 mm a napětí je pod mezí kluzu materiálu.



Obr. 47 Deformace na upravené lžici

7 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout tři varianty hydraulické lžíce s přidržovačem. Každá varianta byla navržena pro jiný specifický účel a zároveň byl kladen důraz na to, aby bylo možné co největší část lžic vyrábět společně. Tedy aby měly společný konstrukční základ a výroba nebyla tak náročná. Tento úkol se podařilo splnit. Každá ze lžic má stejnou zadní stěnu, úchyty a i celé hydraulické vybavení. Rozdílné jsou pak přidržovače, které jsou přizpůsobeny rozdílné funkci.

Důležitou roli hrají parametry lžíce, které bylo nutné vhodně zvolit, aby lžíce plnila dobře svoji funkci a zároveň odolala náročným podmínkám po dobu svého provozu. Tyto vlastnosti byly ověřeny pomocí pevnostních, statických a kinematických výpočtů a analýz. Na základě těchto rozborů byla konstrukce upravena tak, aby odolala zatížení nakládaného materiálu.

Lžíce se následně bude vyrábět ve strojírenské firmě KREKOV s.r.o., pro kterou byla práce zpracována. Jednotlivé prvky byly s touto firmou diskutovány a následně došlo i k úpravám tak, aby výroba byla co neekonomičtější. Ohled byl brán i na technologické možnosti výroby ve firmě. Bohužel kvůli současné vypjaté situaci ve výrobní kapacitě nejen v této firmě, ale v celém regionu se nestihne vyrobit proutyp lžíce do termínu odevzdání práce. Po vyrobení zkušebního kusu budou případné nedostatky opraveny.

Seznam ilustrací

Obr. 1: Lžice s přídržovačem na dřevo [2].....	8
Obr. 2: Lžice s přídržovačem na kamení [2].....	8
Obr. 3: Lžice s přídržovačem s pevnou podlahou [1].....	10
Obr. 4: Lžice s přídržovačem s trny[1].....	10
Obr. 5: Rozměry čelisti [1].....	11
Obr. 6: Zetor Proxima se lžicí s hydr. přídržovačem[8].....	12
Obr. 7: Čelní nakladač ZX [8].....	13
Obr. 8: Pracovní rozsah nakladače, 4 záklopný úhel, 5 výklopný úhel, 6 zvedací výška [8].....	14
Obr. 9: Konstrukční řešení lžic, zleva nakládači s trny, s těžkým svíracím přídržovačem, s trny místo podlahy.....	15
Obr. 10: EURO úchyt pro čelní nakladač[8].....	16
Obr. 11: Ovládání hydrauliky, ZETOR [8].....	17
Obr. 12 Lžice s přídržovačem s hroty, jednotlivé konstrukční prvky 1 – trn přídržovače, 2 – zadní stěna, 3 – výměnná bočnice, 4 – šroub, 5 – výztuha podlahy, 6 – otočný čep ramene, 7 – čep pro přenesení sil od pístnice, 8 – bočnice, 9 - nůž.....	18
Obr. 13 1 -Rameno přídržovače, 2 – pístnice, 3 – píst, 4 – hydraulické potrubí, 5 – uchycení trnu, 6 – výstupní a vstupní ventil hydrauliky, 7 – horní čep pístu, 8 – dolní čep pístu, 9 – vedení hydrauliky.....	18
Obr. 14 Základní stavba lžice.....	19
Obr. 15 Detail spojení plechů a uložení čepu.....	19
Obr. 16 Popis přídržovače. 1 – pouzdro pístnice, 2 – profily rámu, 3 – hrot, 4 – šroubové spojení, 5 – otočný čep, 6 – rameno přídržovače.....	20
Obr. 17 Hrot pro přídržovací rameno.....	20
Obr. 18 Rameno přídržovače, pohled z boku.....	21
Obr. 19 Čep pístu a otočného pouzdra.....	21
Obr. 20 Detail upnutí trnů.....	22
Obr. 21 Lžice s trny.....	23
Obr. 22 Bokorys lžice s těž. přídr.....	23
Obr. 23 Lžice s těžkým přídržovačem.....	24
Obr. 24 Lžice s těžkým přídržovačem - zavřená.....	24
Obr. 25 Hydraulické schéma.....	25
Obr. 26 Znárodnění funkčních okruhů.....	26
Obr. 27 Hydraulický válec Hydraulics TH2T [11].....	27
Obr. 28 Jednocestný škrťící ventil V0540 [12].....	28
Obr. 29 Jednocestný škrťící ventil V0592 [12].....	28
Obr. 30Odpadní ventil MPF 100 [12].....	29
Obr. 31 Rozvaděč HDM 140 [12].....	29
Obr. 32 Pojistný ventil VMP 250 bar [12].....	30
Obr. 33 Objem lžice V1 a objem navršení V2.....	32
Obr. 34Těžiště lžice s nákladem TL a samotného přídržovače TP.....	33
Obr. 35 Zatížení přídržovače od siláže.....	34
Obr. 36 Rozměry hydraulického motoru [11].....	38
Obr. 37 Síly působící na kolo traktoru.....	39

Obr. 38 Silový rozbor sil při zatížení lžice.....	41
Obr. 39 Kinematické schéma bagru[7].....	42
Obr. 40 Kinematické schéma lžice.....	43
Obr. 41 Schéma čepu hydrauliky.....	44
Obr. 42 Schéma čepu nakladače.....	46
Obr. 43 Zatížení, vazby a síť modelu.....	48
Obr. 44 Napětí von Mises navrhované konstrukce při zatížení.....	49
Obr. 45 Úpravy ke snížení napětí – ocelové pláty pod úchyty.....	50
Obr. 46 Napětí von Mises po úpravách.....	50
Obr. 47 Deformace na upravené lžici.....	51

8 Zdroje:

[1] FOR THE FARMING INDUSTRY. *Sonarol* [online]. Polsko, 2015 [cit. 2017-09-25]. Dostupné z: <http://www.sonarol.pl/en/products/for-the-farming-industry>

[2] *Heavy equipment sales* [online]. [cit. 2017-09-25]. Dostupné z: <http://bavatec.com/tools/greifer/index.html>

[3] VAVRLA, P. *Hydraulická drapáková lopata*. Brno, 2009. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.

[4] LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3., dopl. vyd., dot. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-718-3164-6.

[5] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. *Základy konstruování*. Vyd. 2. přeprac. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-720-4306-4.

[6] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části*. Praha: Computer Press, 1999. Edice strojaře. ISBN 978-80-7226-055-3.

[7] Operate Grapple. *John Deere* [online]. USA, 2013 [cit. 2017-10-01]. Dostupné z: http://manuals.deere.com/omview/OMW57102_19/DX,WW,LOADER6_19_20120918.html

[8] *Zetor* [online]. Brno, 2017 [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://www.zetor.cz/>

[9] *Objemové hmotnosti produktů a materiálu* [online]. 2016, 9 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.agronormativy.cz/docs/rpptab5020001.pdf>

[10] *Hydraulická zařízení strojů* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/hydraulicka-zarizeni-stroju.pdf>

[11] *Hydraulics s.r.o.* [online]. Slopné 201 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://www.hydraulics.cz/>

[12] *Hydrocom* [online]. Brno, 2017 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://www.hydrocom.cz>

[13] *Brzdění silničních vozidel* [online]. Brno, 2016 [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~s1i95/mvd/Moodle/6_1.pdf

[14] ČSN 73 1401: 1998: Navrhování ocelových konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 1998. 134 s

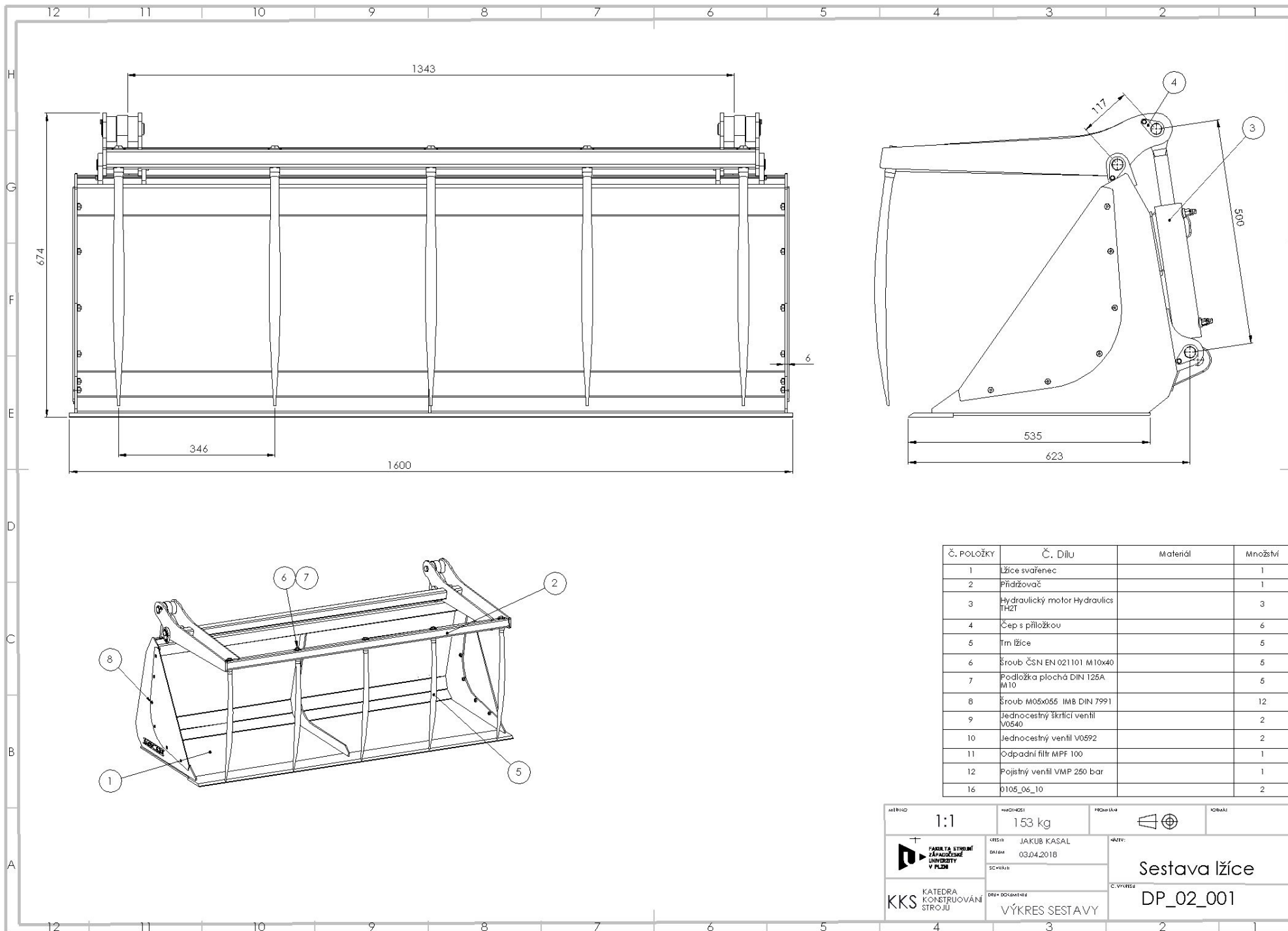
9 Seznam použitých zkratek a symbolů

a_{bmax}	max. zrychlení při brždění	$m \cdot s^{-2}$
D	průměr pístové komory	mm
$D_{\check{c}}$	průměr čepu u hydromotoru	mm
F_{AX}	síla ve směru osy x na dolní čep	N
F_{AY}	síla ve směru osy y na dolní čep	N
F_B	síla vyvolaná bržděním	N
F_B	síla na horní čep	N
F_{GT}	tíhová síla stroje	N
F_h	síla pístu	N
F_N	normálová síla	N
F_{ND}	nájezdová síla	N
F_S	síla vyvolaná siláží	N
F_{S1}	y-složka síly vyvolané siláží	N
F_{S2}	x-složka síly vyvolané siláží	N
F_T	třecí síla kola	N
F_{tr}	trhací síla	N
F_{tr}	maximální trhací síla	N
F_V	výsledná síla na přidržovač	N
F_Z	zatížení jednoho motoru	N
g	gravitační konstanta:	$m \cdot s^{-2}$
k_v	bezpečnost	-
L	délka pístu v zavřeném stavu	mm
L+Z	délka pístu v otevřeném stavu	mm
m_L	hmotnost lžice	kg
m_N	hmotnost nákladu	kg
m_{NK}	hmotnost nakladače	kg
M_o	ohybový moment	Nm
m_P	hmotnost přidržovače	kg
m_T	hmotnost traktoru	kg
N_1	rameno síly F_1	m

Katedra konstruování strojů

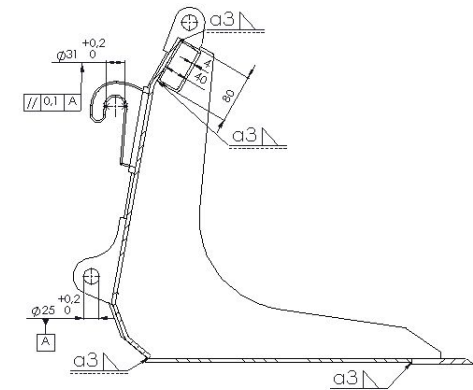
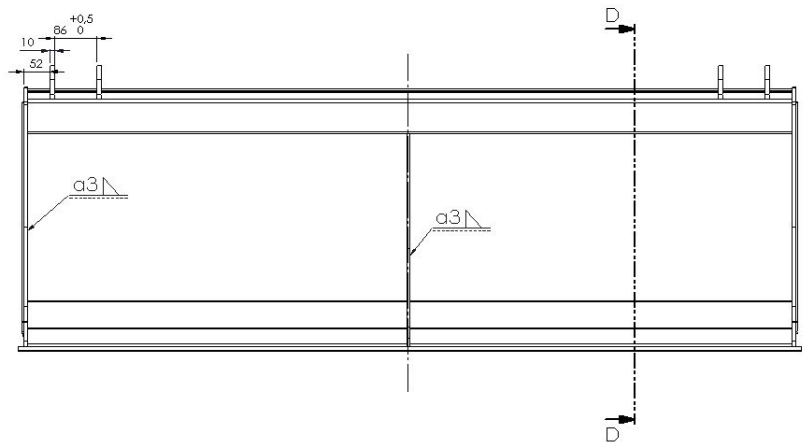
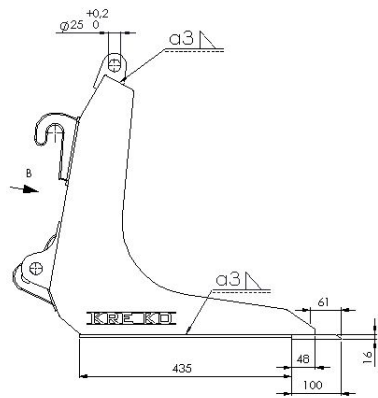
Bc. Jakub Kasal

N_2	rameno síly F_2	m
P_h	pracovní tlak hydrauliky traktoru	MPa
P_{m1}	měrný tlak na čepu hydromotoru	MPa
P_{m2}	měrný tlak na čepu hydromotoru	MPa
r	vzdálenost F_{tr} od oka nakladače	mm
R_e	mez kluzu	MPa
R_m	mez pevnosti	MPa
S_h	pracovní plocha pístu	mm ²
T_L	souřadnice těžiště lžice s nákladem	mm
T_P	souřadnice těžiště přídržovače	mm
V_1	objem lžice	m ³
V_2	objem navršení lžice	m ³
V_{celk}	celkový objem	m ³
V_S	objem siláže	m ³
W_o	modul průřezu v ohybu	mm ³
X_{L1}	souřadnice těžiště lžice s nákladem	mm
X_{L1}	souřadnice těžiště lžice s nákladem	mm
X_{P1}	souřadnice těžiště přídržovače v ose x	mm
Y_{L1}	souřadnice těžiště lžice s nákladem	mm
Y_{P1}	souřadnice těžiště přídržovače v ose y	mm
α	max. úhel lžice	stupně
β	max svahová dostupnost	stupně
γ	úhel naklopení úchyty nakladače	stupně
ε	max. výklopný úhel nakladače	stupně
μ	součinitel adheze pryž – beton	-
ρ_N	objemová hmotnost Thomsovy moučky	m ³
ρ_S	objemová hmotnost siláže	kg·m ⁻³
σ_o	napětí průřezu v ohybu	MPa

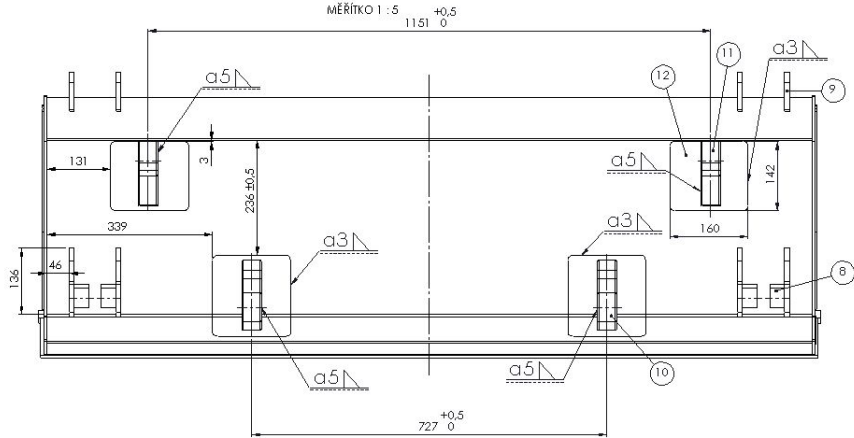


Č. POLOŽKY	Č. Dílu	Material	Množství
1		Lžice svařenec	1
2		Přidržovač	1
3		Hydraulický motor Hydraulics TH2T	3
4		Čep s příložkou	6
5		Trn lžice	5
6		Šroub ČSN EN 021101 M10x40	5
7		Podložka plochá DIN 125A M10	5
8		Šroub M05x055 IMB DIN 7991	12
9		Jednocestný škrfící ventil V0540	2
10		Jednocestný ventil V0592	2
11		Odpadní filtr MPF 100	1
12		Pojistný ventil VMP 250 bar	1
16		0105_06_10	2

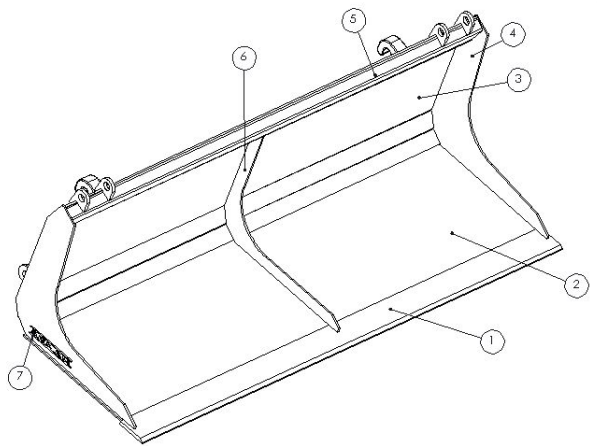
skE1110	1:1	hmotnost 153 kg	PROJEKČNÍ	NOBAMA
 FAKULTA STROJNÍ JÁZEVNICKÉ UNIVERZITY V PLZNI	KRESÍTEL JAKUB KASAL	NAZEV: Sestava lžice		
	DATA: 03.04.2018	Č. VÝKRESU: DP_02_001		
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	DRUHOVÝ KRES: VÝKRES SESTAVY			



POHLED B
MÉRITKO 1 : 5

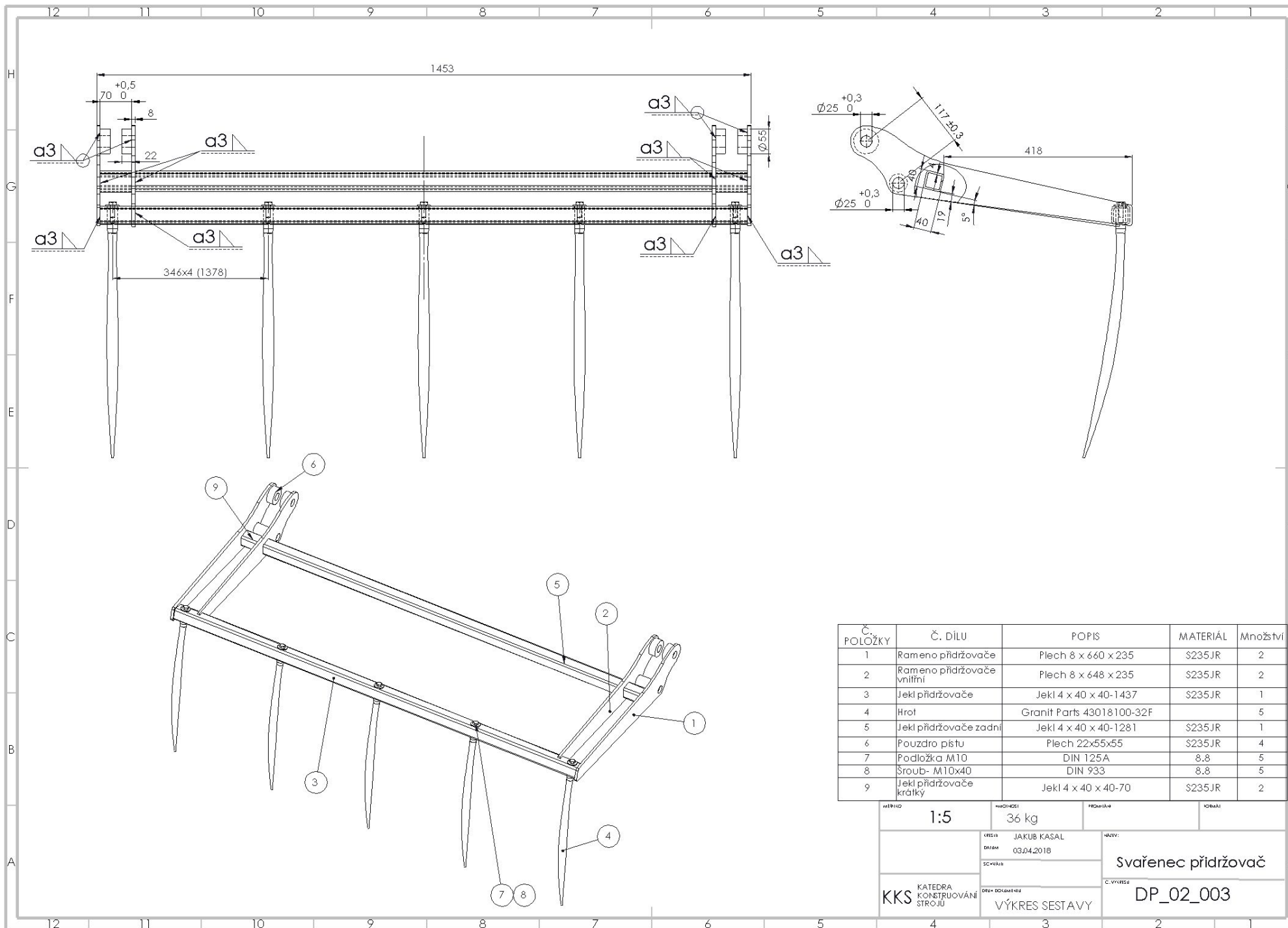


ŘEZ D-D



Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	Popis	Materiál	Množství
1	NŮŽ	Plech 10x100x1600	H400	1
2	Podlahka	Plech 10x470x1600	S235JR	1
3	Zadní stěna	Plech 6x560x1565	S235JR	1
4	Bočnice	Plech 10x340x530	S235JR	2
5	Horní jelek	Jelek 4x40x80-1565	S235JR	1
6	Výztuž	Plech 8x60x420	S235JR	1
7	Logo	Plech 3x160x32	S235JR	1
8	Peuzdro pístu	Plech 30x60x33	S235JR	4
9	Úchyt pístu horní	Plech 10x48x35	S235JR	4
10	Euro úchyt oko	Granit Parts 4250808709728		4
11	Euro úchyt horní	Granit Parts 4250808709735		2
12	Výztuž úchytu	Plech 10x142x160	S235JR	2

1:1	153 kg		
KKS	KATEDRA KONSTRUKČNÍ STROJŮ	VÝKRES SESTAVY	Sestava lžice DP_01_001



Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	MATERIÁL	Množství
1		Rameno přidržovače	Plech 8 x 660 x 235	2
2		Rameno přidržovače vnitřní	Plech 8 x 648 x 235	2
3		Jekl přidržovače	Jekl 4 x 40 x 40-1437	1
4		Hrot	Granit Parts 43018100-32F	5
5		Jekl přidržovače zadní	Jekl 4 x 40 x 40-1281	1
6		Pouzdro pístu	Plech 22x55x55	4
7		Podložka M10	DIN 125A	8.8
8		Šroub- M10x40	DIN 933	8.8
9		Jekl přidržovače krátký	Jekl 4 x 40 x 40-70	2

MAŠTĚNÍ	1:5	HŮŤŮŤEŠÍ	36 kg	PRŮMĚŘNÁ	KOBALÍ
DESÍŤ		DESÍŤ	JAKUB KASAL	NÁZEV:	Svařenec přidržovač
DRŮŤ		DRŮŤ	03.04.2018	Č. VÝKRESU	DP_02_003
SC=VÁŤ		SC=VÁŤ			
KKS	KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	OPĚŤ ODKÁŤENÍ	VÝKRES SEŠŤAVY		