

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

**Studijní program: N0715A270017**  
**Konstruování strojů a technických zařízení**  
**Studijní specializace: Konstruování výrobních strojů a zařízení**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Přídavné zařízení pro míchání betonu**

**Autor: Bc. Jakub KEPL**  
**Vedoucí práce: Ing. Miroslav DUNÍK**

**Akademický rok 2020/2021**

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub KEPL**  
Osobní číslo: **S19N0116P**  
Studijní program: **N0715A270017 Konstruování strojů a technických zařízení**  
Studijní obor: **Konstruování výrobních strojů a zařízení**  
Téma práce: **Přídavné zařízení pro míchání betonu**  
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

### Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Cílem této práce je navrhnout konstrukční návrh přídavného zařízení pro míchání betonu ke smykovému nakladači UNC 750.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Rešerše stávajících zařízení na míchání betonu.
2. Analýza vlastností stavebních směsí.
3. Návrh možných konstrukčních variant a výběr optimálního řešení.
4. Vypracování konstrukčního návrhu optimálního řešení.
5. Vypracování technické dokumentace v určeném rozsahu.
6. Pevnostní kontrola exponovaných částí, analytickým způsobem a srovnávací metodou MKP.
7. Ekonomická analýza konstrukce.
8. Komplexní zhodnocení práce.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] ADÁMEK, J. *Stavební materiály*. Praha: Nakladatelství CERM, 1997. ISBN 978-80-2140-631-3  
[2] SVOBODA, L. *Stavební hmoty 2. přeprac. a dopl. vyd.* Bratislava: Jaga, 2007. ISBN 978-80-8076-057-1  
[3] ŘAŠA, J., ŠVERCL, J. *Strojnické tabulky*. Scientia, Praha, 2004  
[4] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části*. Praha: Computer Press, 1999. ISBN 80-7226-055-3  
[5] PACAS, B. *Teorie stavebních strojů*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1986.  
*Podkladový materiál, výkresy, prospekty, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

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

Konzultant diplomové práce: **Jiří Herian**  
OSVČ

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2021**

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**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Miroslavovi Duníkovi za odborné vedení a cenné rady při vypracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval panu Martinovi Kročkovi, ze společnosti SEALL, za návrh těsnění. V neposlední řadě bych rád poděkoval firmě HYDAC za konzultaci při návrhu pohonu.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Bc. Kepl	Jméno Jakub		
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	N0715A270017 - Konstruování strojů a technických zařízení			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. DUNÍK	Jméno Miroslav		
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Přídavné zařízení pro míchání betonu			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	118	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	85	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	33
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Diplomová práce se zabývá návrhem přídavného zařízení pro míchání betonu ke smykovému nakladači. Obsahuje rešerši o stávajících míchačkách a stavebních směsích, návrh možných konstrukčních řešení a výběr optimálního řešení. Vypracování konstrukčního návrhu optimálního řešení. Řešení je dále ověřeno pomocí MKP analýzy a je vytvořena technická dokumentace.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p style="text-align: center;">Přídavné zařízení pro míchání betonu, míchačka, stavební směsi, nakladač.</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Bc. Kepl	Name Jakub	
<b>STUDY PROGRAMME</b>	N0715A270017 Design engineering of machines and technical devices		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. DUNÍK	Name Miroslav	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Concrete mixing attachments		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2021
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	118	<b>TEXT PART</b>	85	<b>GRAPHICAL PART</b>	33
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The thesis dissert deals with the design of concrete mixing attachments to a skid steer loader. It contains a search for existing mixers and construction mixtures, the design of possible design solutions and the selection of the optimal solution. Elaboration of a design proposal for an optimal solution. The solution is further verified using FEM analysis and technical documentation is created.
<b>KEY WORDS</b>	Concrete mixing attachments, mixer, construction mixes, loader.

## Obsah

1. Úvod	9
1.1 Smykový nakladač UNC 750	9
2. Rešerše stávajících zařízení na míchání betonu	11
2.1 Míchání stavebních materiálů	11
2.1.1 Účinnost míchání a homogenizace	11
2.1.2 Velikost a doba míchání směsi	12
2.1.3 Míchání betonových směsí a malt	13
2.2 Klasifikace míchaček a míchačů	14
2.2.1 Míchačky samospádové (gravitační)	15
2.2.2 Míchačky s nuceným mícháním	16
2.2.3 Desintegrační míchačky	19
2.2.4 Ostatní zařízení na míchání betonu	20
3 Analýza stavebních směsí	23
3.1 Základní složky stavebních směsí	23
3.1.1 Kámen a kamenivo	23
3.1.2 Pojiva	26
3.2 Malty	34
3.2.1 Druhy a použití malt	35
3.3 Beton	37
3.3.1 Rozdělení betonů	37
3.3.2 Složky betonu	38
4. Návrh možných řešení konstrukčních variant a výběr optimálního řešení	42
4.1 Návrh variant	42
4.1.1 Požadavky	42
4.1.2 Varianty	44
4.1.3 Výběr optimálního řešení	46
5. Vypracování konstrukčního návrhu optimálního řešení	47
5.1 Konstrukční uzly	48
5.1.1 Lopata	48
5.1.2 Míchací šnek	50
5.1.3 Návrh pohonu	54
5.1.4 Návrh převodu mezi rotačním hydromotorem a míchacím šnekem	60
5.1.5 Spodní výpust	61
5.1.6 Návrh ložisek	63
5.1.7 Bezpečnost	66



5.1.8 Těsnění	68
5.1.9 Výsledný návrh	70
6 Vypracování technické dokumentace	71
7 Pevnostní kontrola vybraných částí	73
8 Ekonomická analýza konstrukce	78
9 Závěr	80
Seznam obrázků	81
Seznam tabulek	83
Použitá literatura	84
Knižní publikace	84
Internetové publikace	84

## 1. Úvod

V této práci bude proveden návrh konstrukčního provedení zařízení pro míchání betonu k nakladači UNC 750. V úvodní části bude provedena rešerše, která obsahuje seznámení se stávajícími zařízeními na míchání betonu, jejich možné rozdělení a principy jejich fungování. Dále bude provedena analýza stavebních směsí. Dle druhů a kritérií, které rozdělují stavební stroje pro míchání betonu, bude vybráno několik možných konstrukčních variant, z nichž bude následně vypracován konstrukční návrh neoptimálnějšího řešení včetně technické dokumentace, pevnostní kontroly a ekonomického zhodnocení celé konstrukce. Technická dokumentace bude obsahovat nejen výrobní výkresy, výkresy sestav, ale i hydraulické schéma zapojení. Návrh a konstrukce přídatného zařízení na míchání betonu bude připraveno pro budoucí realizaci a výrobu.

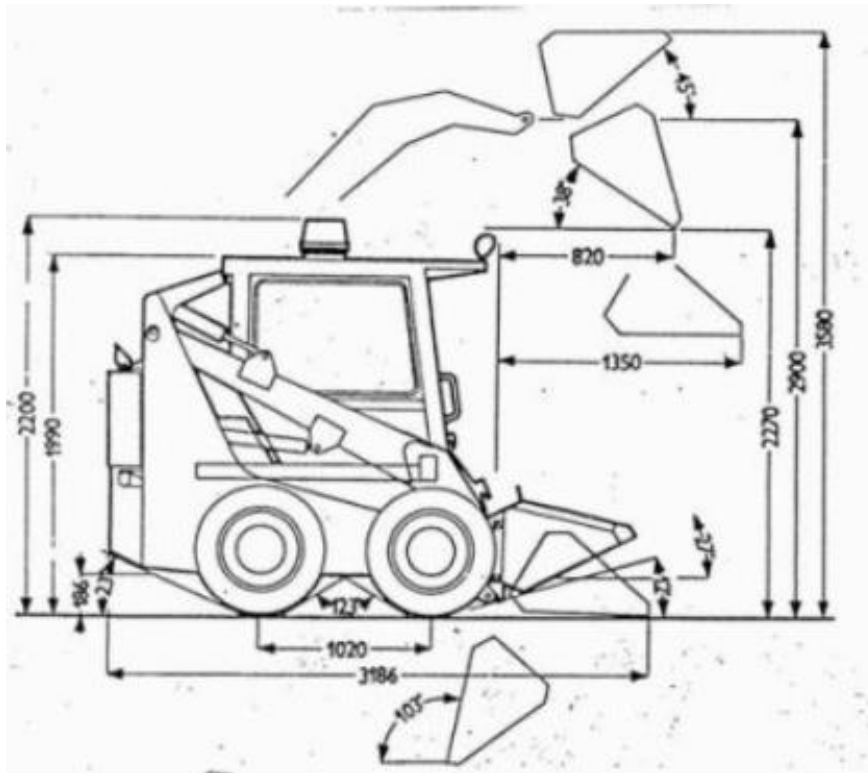
### 1.1 Smykový nakladač UNC 750

Přídavné zařízení pro míchání betonu bude navrženo přímo na smykový nakladač UNC 750. Zkratka UNC znamená Univerzální Nakladač Čelní. Tento nakladač díky svým malým rozměrům a dobré ovladatelnosti může pracovat nejen ve venkovních prostorech, staveništích, ale i uvnitř budov. S tímto nakladačem se počítalo i ve skladovém hospodářství. Jelikož výrobce uvažoval se širokou škálou příslušenství k tomuto nakladači, lze velice snadno realizovat jakékoliv přídatné zařízení. [5]

Smykový nakladač UNC 750 je zobrazen na obr. č. 1. Jeho rozměrový náčrt bude zobrazen na obr. č. 2.



Obr. č. 1 Smykový nakladač UNC 750.



Obr. č. 2 Rozměrový náčrt smykového nakladače UNC 750. [22]

Při návrhu přídatného zařízení bude vycházeno z technických parametrů smykového nakladače UNC 750. Tento nakladač je osazen motorem Zetor 5201, jedná se o tříválcový naftový motor, jehož základní parametry jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Motor Zetor 5201	
Objem motoru	2696 [cm <sup>3</sup> ]
Jmenovité otáčky	2200 [min <sup>-1</sup> ]
Max. otáčky	2460 [min <sup>-1</sup> ]
Volnoběžné otáčky	600 [min <sup>-1</sup> ]
Výkon při jmenovitých otáčkách	33.1 ± 5% [kW]
Počet válců	3
Druh vstřikování	Přímé
Pracovní oběh	Čtyřdobý
Druh paliva	Nafta
Uspořádání válců	Řadové

Tab. č. 1 Základní parametry. [18]

## 2. Rešerše stávajících zařízení na míchání betonu

### 2.1 Míchání stavebních materiálů

Ve stavebnictví a ve výrobě stavebního materiálu je využíváno různých složek, tyto složky jsou složeny z rozpojených a různě tříděných materiálů. Jednotlivé složky jsou posléze směřovány v požadovaných poměrech. Dále musí být tyto složky před použitím dokonale promíchány. Samotné míchání je složeno jak z intenzivního promíchávání dílčích komponent, tak i z promíchávání částeczek materiálu v celém objemu.

Mícháním lze promíchávat částice nebo látky v různých nebo stejných stavech. Jedná se o míchání pevných komponent s pevnými, tekutých s tekutými nebo pevných s tekutými.

Míchání lze podle technologického hlediska rozdělit na:

- míchání tekutých směsí
- míchání suchých směsí (práškovité a zrnité materiály)
- míchání hrubozrnných disperzí (keramické nebo betonové směsi)

Míchání lze provádět v různých strojích nebo zařízeních odlišným způsobem. Záleží jak na vlastnostech míchaných složek, tak na vlastnostech míchacího systému a také na požadovaném výstupním produktu. Proto nelze vyjádřit společné kritérium, které by hodnotilo všechny způsoby míchání. Přesto je možné uvádět alespoň některá společná hodnotící kritéria, která mají obecnou platnost.

#### 2.1.1 Účinnost míchání a homogenizace

Účinnost je jedním z hodnotícího kritéria, kterým lze posuzovat míchání. Účinnost se určuje pomocí vzorků odebraných z míchacího zařízení, vzorky se vybírají z různých míst v míchacím zařízení a v různém časovém intervalu. U každého odebraného vzorku se určuje dané množství částic, které jsou rozptýleny u jednotlivých druhů složek. [3]

Pro odebraný vzorek je určeno procento mísení dle vzorce:

$$x_1 = \frac{V_1}{V_c} * 100 \text{ [%]}$$

kde:

$V_1$  - objem rozptýlené látky ve vzorku [ $m^3$ ].

$V_c$  - celkový objem látky, která byla dodána do celého objemu míchače [ $m^3$ ].

Účinnost míchání pro danou látku je aritmetický průměr všech vzorků.

$$\eta_1 = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \text{ [%]}$$

kde:

$x_1, x_2, \dots, x_n$ , - jednotlivé procentuální výsledky dané odebrané látky [%].

$n$  = celkový počet vzorků[-].

Tímto způsobem určíme účinnost i pro ostatní látky ve směsi. Celková účinnost pak bude vyjádřena vztahem:

$$\eta_c = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_m}{m} \quad [\%]$$

kde:

$\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m$ , - účinnosti jednotlivých látek ve směsi [%].

$m$  = celkový počet látek ve směsi [-].

Takto získanou celkovou účinnost míchání lze brát jako orientační, neboť i při nerovnoměrné dislokaci částic zkoušené látky můžeme dostávat stejnou hodnotu účinnosti. Proto je důležité brát v potaz i výsledky účinnosti jednotlivých vzorků.

Během míchání dochází k homogenizaci látek. V současnosti neexistuje žádná fyzikálně chemická ani fyzikálně mechanická veličina, která by jasně popisovala účinnost míchání a po změření této veličiny by jasně definovala homogenitu směsi. [3]

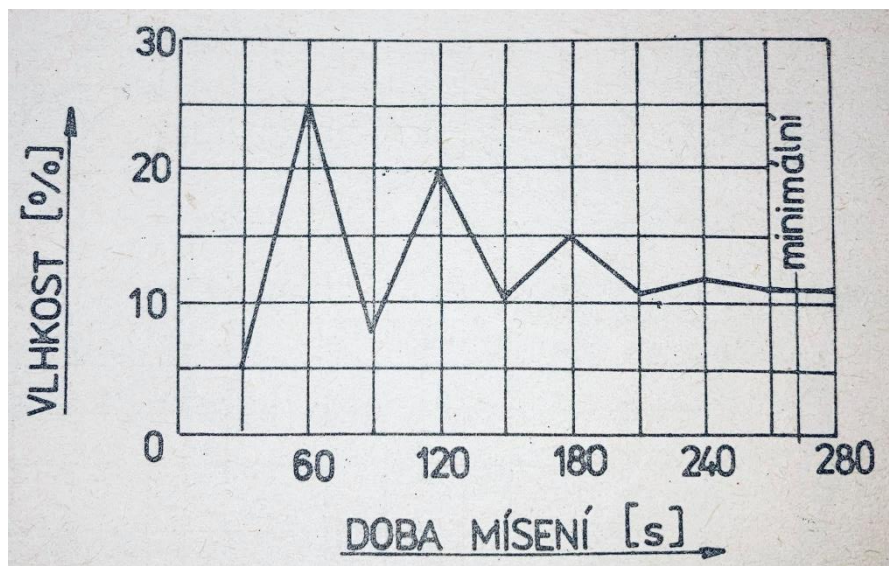
### 2.1.2 Velikost a doba míchání směsi

Při procesu míchání dochází k homogenizaci zpracovávaných složek. Je při tom potřeba rozdělovat homogenitu velkých a malých objemů za účelem dodržování kvality a jakosti celého objemu výroby i dílčích výrobků. [3]

Rozdělení:

- míchání velkých objemů - nedochází k obnovování a vytváření nových povrchů, protože stříhová napětí jsou malá.
- míchání malých objemů - při tomto míchání dochází k intenzivnějšímu tahu látky, při kterém dochází ke značné obnově povrchů. Lze tohle míchání nazývat hnětení.
- míchání velkých i malých objemů v kapalném stavu.

Doba mísení směsi se stanovuje experimentálně tak, že jsou do míchače dávkovány jednotlivé složky směsi, kde dochází k jejich mísení a v přesně stanoveném časovém intervalu se odebírají vzorky, u kterých se stanovuje vlhkost, zrnitost nebo jiná specifická vlastnost, kterou lze odlišit. Měřené hodnoty jsou v krátkém časovém intervalu velmi rozdílné, postupně se v delším časovém intervalu přibližují konstantnímu průběhu. Viz. obr. č. 3. Z toho průběhu naměřených hodnot lze stanovit potřebnou dobu pro míchání. [3]



Obr. č. 3 Doba mísení. [3]

Na základě stanovené potřebné doby pro míchání, lze následně určit objem míchače a jeho výkon. V případě požadavku na větší výkon bude použito více míchačů. Vzhledem k různým druhům míchačů, jejich rozdílnému způsobu práce a způsobu rozmíchávání, nelze určit přesný postup pro stanovení výkonu míchače. Proto jsou výpočty výkonů uvedeny pro jednotlivé typy míchačů. [3]

### 2.1.3 Míchání betonových směsí a malt

Smyslem míchání je získávat z jednotlivých látek homogenní směs. U některých míchaček při specifickém uspořádání míchacího zařízení může pohyb složek způsobit mletí, tím dochází k rozmělnění jednotlivých látek, nejvíce však těch nejjemnějších. Podle toho jaký očekáváme výstup, lze míchat buď všechny látky najednou, postupně nebo nejprve nějakou látku aktivujeme, a potom přimícháme společně se zbylými látkami. Míchání tak lze rozdělit na jednofázové, dvoufázové nebo i na vícefázové.

Dělíme míchání podle účinků na směs na:

- samospádové (gravitační)
- nucené
- desintegrační (aktivační)

## 2.2 Klasifikace míchaček a míchačů

Míchačky a míchače lze rozdělit podle konstrukce, koncepce a průběhu pracovního procesu, včetně míchaček na betonové směsi a míchačky na malty:

I. podle způsobu míchání:

- samospádové míchačky (gravitační míchačky)
- míchačky s nuceným mícháním
- aktivační míchačky (vibromíchání)

II. podle polohy osy otáčení:

- míchačky s vodorovnou osou otáčení
- míchačky se svislou osou otáčení
- míchačky se šikmou osou otáčení

III. podle procesu míchání:

- míchačky kontinuální (s nepřerušovaným výrobním procesem)
- míchačky cyklické (s přerušovaným výrobním procesem)

IV. podle druhu pohonu:

- s elektrickým pohonem
- s hydraulickým pohonem
- s pneumatickým pohonem
- se spalovacím motorem
- s kombinovaným pohonem

V. podle způsobu přemístění

- stabilní míchačky
- převozní míchačky
- pojízdné míchačky

VI. podle provedení míchače

- bubnové (válcového tvaru, válcovitého tvaru s víky tvaru komolého kužele, hruškovitého tvaru)
- talířové
- šnekové (žlabové)

VII. podle směru otáčení, záleží na provedení míchače

- bubnové
  - otáčí se pouze jedním směrem (jednosměrné)
  - při mísení se točí jedním směrem, při vyprazdňování se točí opačným směrem (reverzační)
- talířové
  - talíř se otáčí opačným směrem než-li míchací systém
  - talíř při míchání stojí (neotočný)

VIII. podle způsobu plnění

- míchačka je pořád ve stejné stabilní poloze
- míchačka má jinou polohu při plnění než při míchání

IX. podle způsobu vyprazdňování

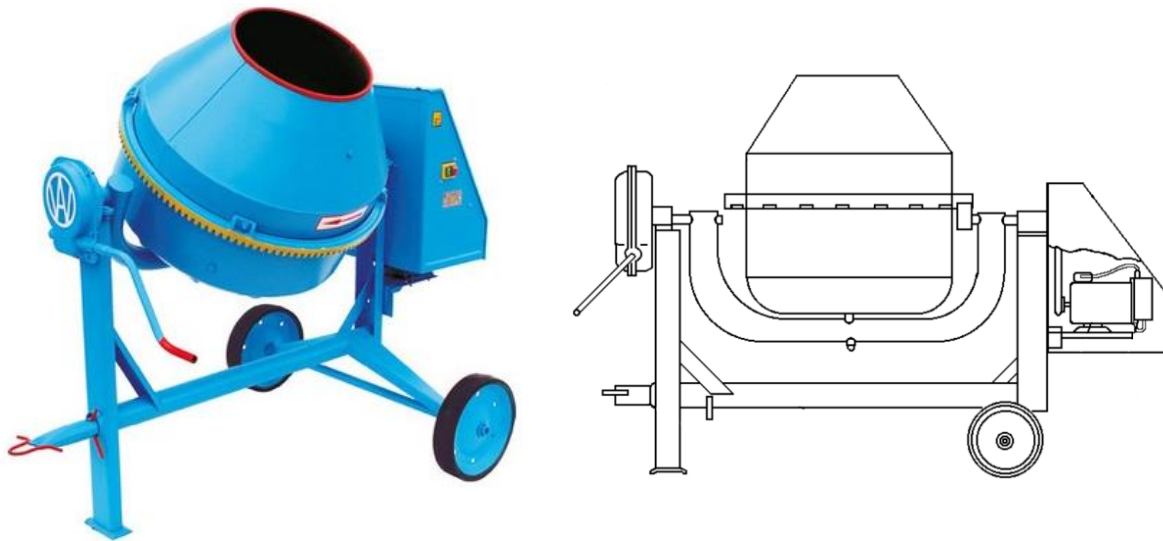
- míchačka je pořád ve stejné stabilní poloze
- míchačka má jinou polohu při vyprazdňování než při míchání [3]

Rozdělení míchačů dle druhů umožní snáze vyspecifikovat možné konstrukční návrhy přídatného zařízení pro míchání betonu k nakladači UNC 750, viz kapitola 4.1.1.

### 2.2.1 Míchačky samospádové (gravitační)

Tento typ míchaček je velice jednoduchý na konstrukci. Je zde použit buben, ve kterém jsou pevně umístěny lopatky. Při otáčení bubnu jsou složky vynášeny lopatkami po obvodě bubnu a následně pak z určité výšky směs padá zpět na dno bubnu, kde dochází k opětovnému nabírání lopatkami. Tímto způsobem dochází k promísení směsi v bubnu. Hrubší zrna směsi se při vynášivém pohybu oddělují od zbytku komponent a samostatně padají zpátky na dno bubnu, tento stav trvá po celou dobu míchání, naopak jemnější zrna směsi, která mají větší soudržnost, se spíše v bubnu sesouvají a plasticky přetvořují nebo převalují. Typický představitel těchto míchaček, který je všem dobře znám, je zobrazen na obr. č. 4.





Obr. č. 4 Typický představitel spádových míchaček. [6]

### 2.2.2 Míchačky s nuceným mícháním

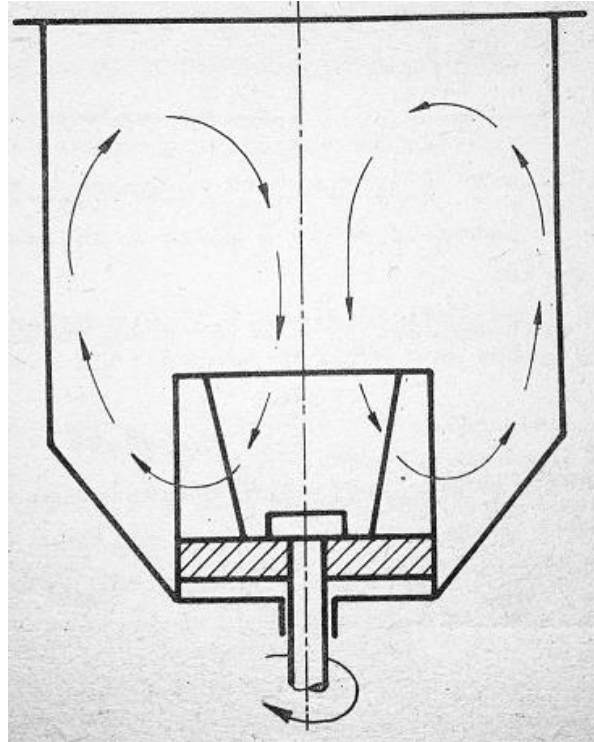
Tyto míchačky se v praxi rozdělují na dva druhy:

- cyklické (přetržité)
- kontinuální (nepřetržité)

#### Míchačky s nuceným mícháním – cyklické

Cyklicky pracující míchač je nejprve naplněn jednotlivými složkami dle požadovaného výstupu, následuje míchání všech složek v daném časovém intervalu. Míchání je zajišťováno v nádobách pomocí rotace systému lopatek, tyto lopatky mohou být nejrůznějšího provedení a tvaru. Nádoby u těchto míchačů mohou být jak nepohyblivé, tak pohyblivé. Pokud se jedná o pohyblivou nádobu, většinou se nádoba otáčí v opačném směru než lopatky. Po promíchání směsi a vyprázdnění prostoru cyklicky pracujícího míchače se opakuje celý pracovní proces. [3]

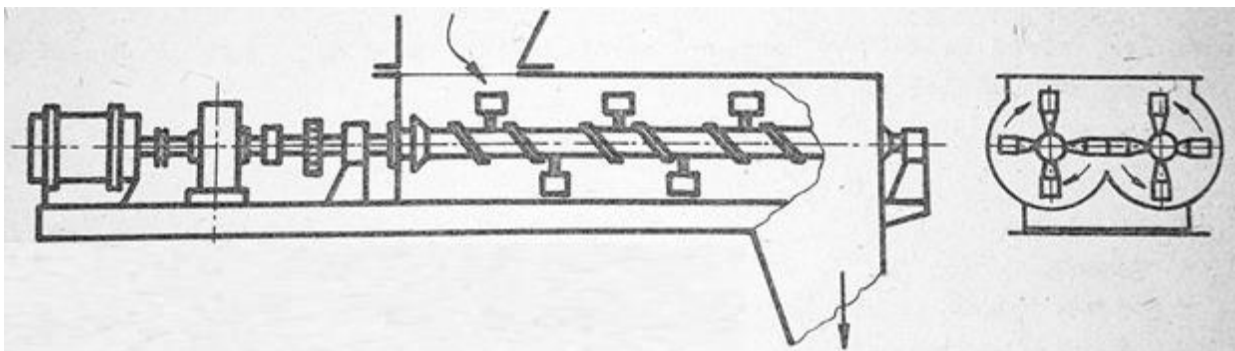
Princip rozmíchávání v cyklicky pracujícím míchači s nuceným pohonem je zobrazen na obr. č. 5. Z toho obrázku je vidět, že dochází k promíchávání vložené směsi v nehybné nádobě (bubnového tvaru), míchání směsi zajišťují lopatky, které rotují u dna nádoby. Při vyšších otáčkách se vytváří intenzivní proudění směsi, tím je směs vrhána na zkosené dno nádoby, odtud je směs vytlačována další směsí po spirále směrem vzhůru. Středem kruhové nádoby padá směs opět na rotující lopatky. Tímto způsobem lze vyrábět homogenní směsi v krátkém čase. [3]



Obr. č. 5 Cyklicky pracující míchač s nuceným pohybem. [3]

### Míchačky s nuceným mícháním – kontinuální

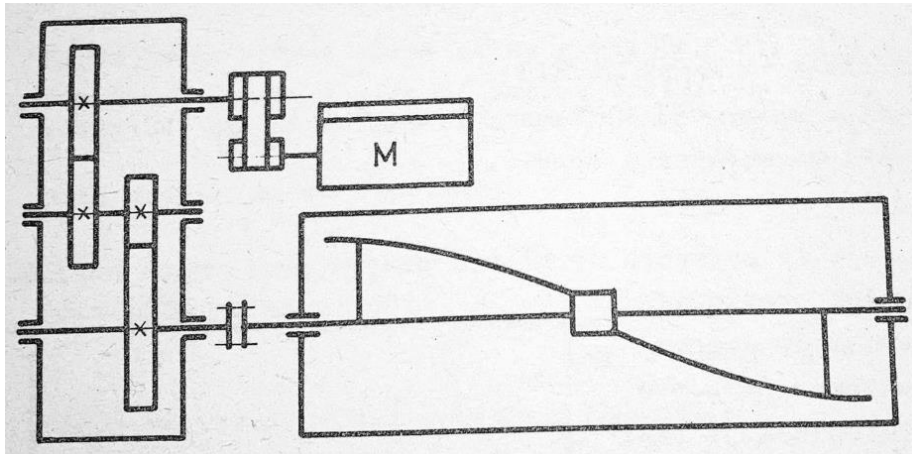
Plnění těchto míchačů je realizováno nepřetržitým tokem jednotlivých složek přes dávkovače a násypku do žlabu míchače (viz obr. č. 6). Tyto míchače se nejčastěji vyrábí s vodorovnou osou otáčení. Míchání je zajištěno buď plným šnekem, nebo hřídelí s lopatkami, lopatky mohou být na hřídeli rozmístěny pod různými úhly a v různých směrech, aby cirkulace směsi byla radiální. Některé lopatky jsou na hřídeli nastaveny v opačném směru (pod negativním úhlem) tak, aby při míchání došlo k protisměrným proudům a snížila se rychlost míchání a zlepšilo se tím kvalitnější promíchání směsi. Čas míchání je v přímé závislosti na délce žlabu, otáčkách a úhlu stoupání šroubovice šneku nebo lopatek. Kontinuálně pracující míchače nachází velké využití při výrobě malt a betonových směsí. Na obr. č. 6 je zobrazen kontinuální míchač s vodorovnou osou otáčení a dvěma hřídeli. [3]



Obr. č. 6 Kontinuálně pracující míchač. [3]

## Míchačka na přípravu malt

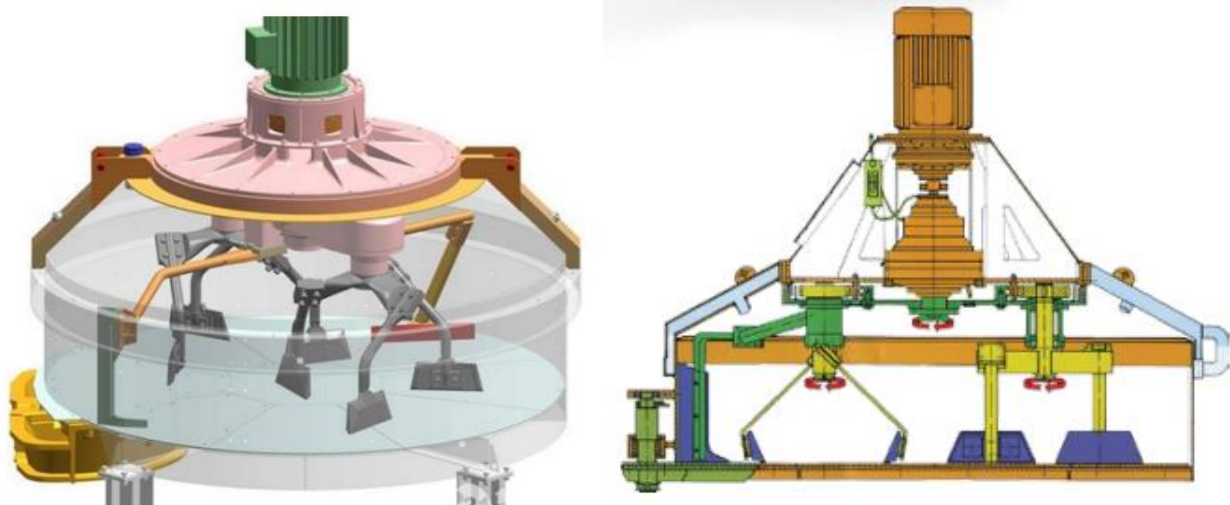
Další typ míchaček s nuceným mícháním využívaný na výrobu malt. Tyto míchačky mohou být jak cyklické, tak i kontinuální. V současné době se dává přednost spíše kontinuálně pracujícím míchačkám. Směs je promíchávána dvěma šroubovitými lopatkami uchycenými k hřídeli, jednoduché schéma této míchačky je zobrazeno na obr. č. 7.



Obr. č. 7 Míchačka na přípravu malt. [3]

## Míchačky s planetárním pohybem

Tento typ míchaček nabízí jak cyklické, tak kontinuální nucené míchání. Míchání je zde realizováno pomocí lopatek, tyto lopatky jsou připevněny k pohonu, který je realizován pomocí planetového převodu. Míchačky toho typu dosahují velké míchací účinnosti. Snadná vyměnitelnost lopatek dělá planetární míchačky univerzální, jelikož podle míchané směsi lze vybrat lopatky s vhodnější geometrií, a tím se zajistí rychlé a požadované promísení různých směsí v podobném čase. Planetární míchačka je zobrazena na obr. č. 8. [7]



Obr. č. 8 Planetární míchačka. [7]

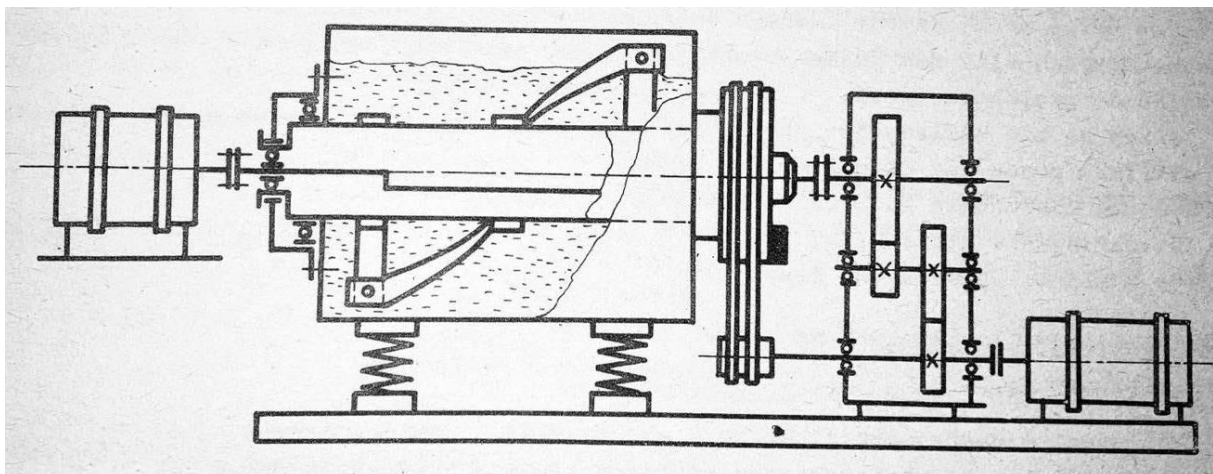
### 2.2.3 Desintegrační míchačky

V praxi jsou rozeznávány dva druhy míchaček:

- přímé míchání
- desintegrační předmíchání (mělnění)

#### Přímé desintegrační míchačky

V těchto míchačkách se míchají všechny složky dohromady za současného vibrování, tyto míchače lze nazývat jako vibromíchače. Velikost vibrací je dána kmitočtem a amplitudou. Kmitočet se pohybuje v rozsahu od 25 do 50 [Hz] a amplituda má velikost od 3,5 do 5 [mm]. Buben nebo lopatky nebo obojí může být zdrojem vibrací u tohoto typu míchačů. Důležité je zvolit vhodné vibrace pro různé směsi, jelikož se směs skládá z různých složek o různé hmotnosti. Na obr. č. 9 je zobrazen dvojfrekvenční vibromíchač. Dvojfrekvenční je proto, že jedny vibrace budí excentrický hřídel, který pohání lopatky. Druhé vibrace jsou buzeny na bubnu, tyto vibrace vznikají od nevyvážené řemenice. Otáčky excentrického hřídele jsou dvojnásobné než otáčky bubnu.



Obr. č. 9 Vibromíchač. [3]

#### Desintegrační předmíchávací míchačky

U těchto míchaček dochází k mletí, roztírání, aktivování jedné, nebo více složek směsi. Lze je dělit dle technologie na:

- Mletí cementu – cement se nejprve za mokra rozemele a následně se musí ihned přidat ke zbylým složkám a vyrobit tak výstupní požadovanou směs. Samotný cement by jinak ztvrdl.
- Předmíchávání cementových kaší – v prvním fázi míchání se cement s hrubozrnným kamenivem a vodou mísí, tento efekt přináší rozbíjení (mletí)

cementu na jemnější zrna, ve druhé fázi se přidá písek a zbytek vody dle požadavku na výslednou směs. [3]

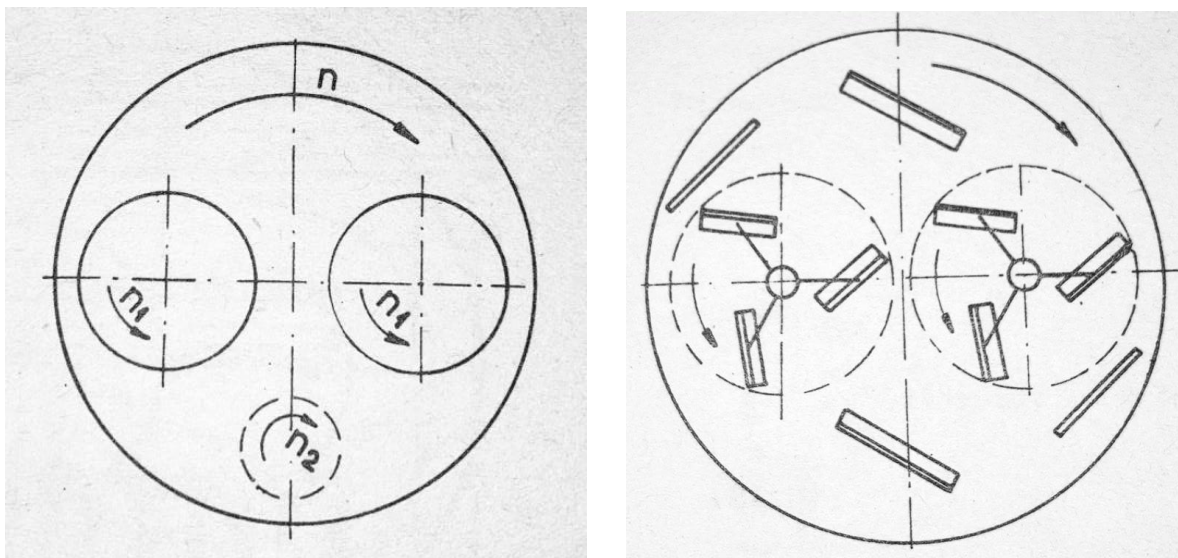
## 2.2.4 Ostatní zařízení na míchání betonu

Do této kategorie lze zařadit veškeré ostatní míchačky, které nejdou blíže přiřadit do předchozího dělení míchaček. Bude uvedeno pouze pár příkladů.

- protiproudé rychlomíchače
- kalové míchače
- automíchače a autodomíhávače
- mixovací lopaty

### Protiproudé rychlomíchače

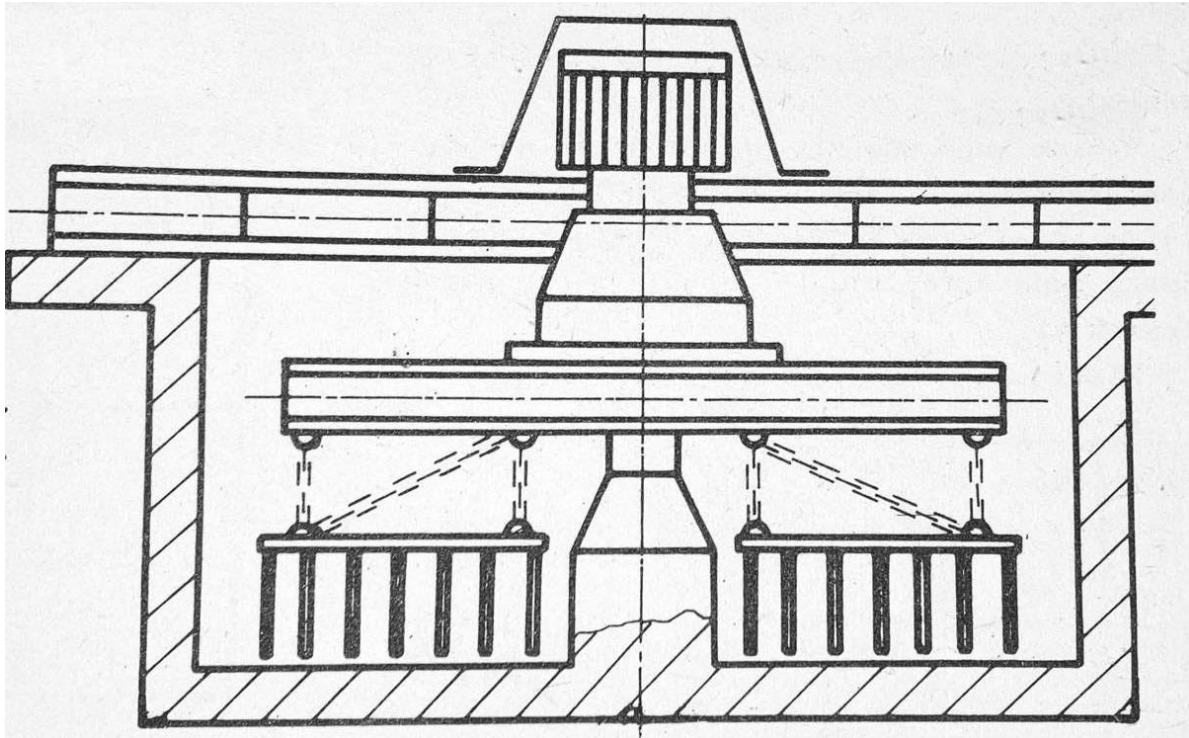
Tyto míchače se skládají z talíře a míchacích hvězdic. Talíř je opatřen pevnými lopatkami. Hvězdice v míchačce rotují opačným směrem než talíř. Počet hvězdic může být od 1 až do 3. Princip této míchačky je znázorněn na obr. č. 10. Velké použití mají tyto míchačky v keramickém průmyslu. Jsou využívány k mísení a homogenizaci zrnitých a sypkých keramických materiálů s vlhkostí do 8%. Protiproudé rychlomíchače pracují periodickým způsobem, nejprve se mísí složky směsi za sucha a po zvlhčení se směs domíchá ve vlhkém stavu. Kombinací talíře a míchacích hvězdic s opačným směrem rotace lze dosáhnout dokonalého promísení a homogenizace míchané látky v krátkém časovém intervalu.



Obr. č. 10 Protiproudé rychlomíchače. [3]

## Kalový míchač

Základem míchače je betonová nádrž, zde je připevněn most, který nese míchací ústrojí, těmi jsou brány zavěšené na otočné traverze. Traverza je poháněná elektromotorem s převodovkou. V těchto míchačkách i s podobnou konstrukcí dochází k mísení různých kalů, břeček, suspenzí nebo emulzí s přebytkem vody. S vodou smísený (rozplavený) materiál je vypouštěn přes kanál s roštem, který je umístěn na dně betonové nádrže. Kalový míchač je zobrazen na obr. č. 11.[3]



Obr. č. 11 Kalový míchač. [3]

## Automíchače a autodomíhače

Rozdíl mezi automíchačem a autodomíhačem je následující, automíchač je speciální dopravní a zároveň míchací stroj. Do automíchače se nasypou všechny potřebné složky dle požadovaného výstupu na danou směs a začne jejich míchání, směs je rozmíchávána v automíchači po cestě na určené místo vykládky směsi. U autodomíhače se nasype již rozmíchaná směs do bubnu, který se otáčí, tím se udržuje rozmíchaná směs čerstvá, nijak nerozpojená nebo zatuhlá během přepravy z místa betonárky na místo určené pro vykládku směsi. Automíchače se v současné době téměř nepoužívají a jsou právě nahrazovány autodomíhači. Ve stavebnictví je tento způsob dost rozšířen, betonová směs je rozmíchána v betonárce a následně doručena na místo stavby. V mnoha případech je to ekonomicky výhodnější za předpokladu, že se betonárky s autodomíhači nachází v nedaleké blízkosti od místa stavby, nebo není možné z nějakého důvodu použít jiný druh

výroby směsi přímo na staveništi. V dnešní době jsou autodomíchávače dosti vybaveny i čerpadly nebo pompami a dokáží čerpat směsi i do míst kam sami nezjedou. Autodomíchávač je zobrazen na obr. č. 12 a jeho nástavba v řezu je zobrazena na obr. č. 13. [8]



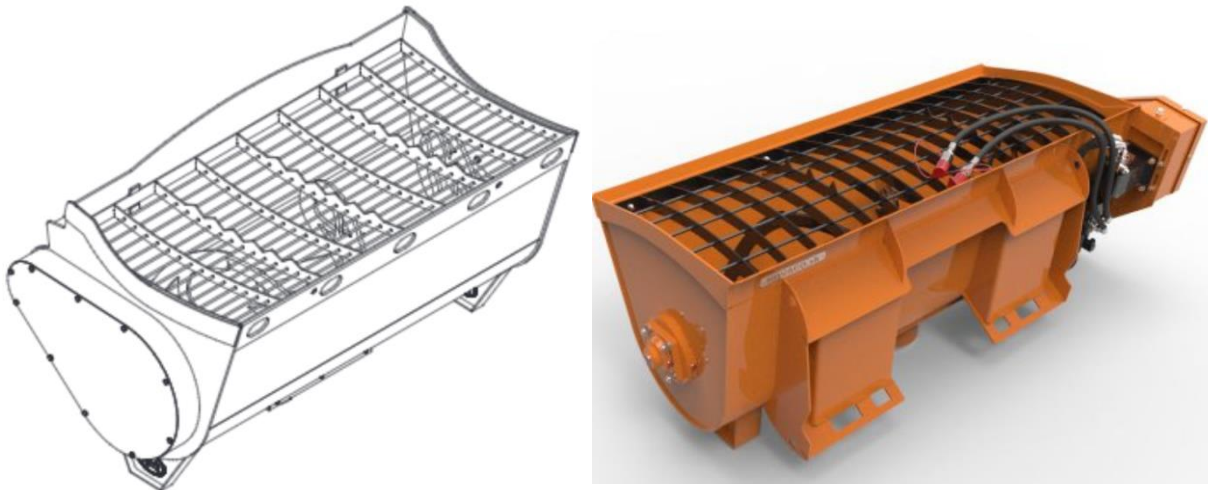
Obr. č. 12 Autodomíchávač. [21]



Obr. č. 13 Nástavba automixu. [21]

## Mixovací lopaty

Mixovací lopaty se dají použít na široké škále strojů, jako jsou nakladače, bagry, traktory, manipulátory. Tyto lopaty jsou určeny pro rychlou výrobu betonu a podobných směsí v blízkosti staveniště. Beton či jiné směsi se dají namíchat dle potřeby, zaručuje se minimální zbytkovost směsi. Další výhodou mohou být menší prostorové nároky a větší terénní dostupnost než např. u autodomíchávačů. Nevýhodou může být dostupnost všech materiálů na staveništi (písek, kamenivo, cement, voda). Rozmíchávání směsí zajišťuje šnek uložený v lopatě, tento šnek je poháněn rotačním hydromotorem. Do lopaty se nabere písek s kamenivem, obsluha do lopaty nalije vodu a přidá cement a všechny komponenty se v lopatě promíchají, po promíchání se lopata snadno vyprázdní a celý cyklus lze opakovat. Mixovací lopata je zobrazena na obr. č. 14. [14,16]



Obr. č. 14 Mixovací lopata. [20,16]

### 3 Analýza stavebních směsí

Každá směs, ať už stavební nebo jakákoliv jiná, je látka, která je složena z dílčích složek, tím je získáváno požadovaných výstupných vlastností směsi, tyto výsledné vlastnosti směsi se dají ovlivnit druhem jednotlivých složek, jejich procentuálním objemem ve směsi, vzájemném uspořádání a interakci. [2]

#### 3.1 Základní složky stavebních směsí

Základní složky stavebních směsí lze rozdělit na:

- plnivo – kámen a kamenivo
- pojivo – vzdušné a hydraulické
- voda
- přísady a příměsi

##### 3.1.1 Kámen a kamenivo

Přírodní kámen je již od dávné historie jedním ze základních stavebních materiálů a to kvůli jeho vlastnostem, díky kterým kamenné stavby překonali stovky let, některé z nich stojí dodnes. Mezi cenné vlastnosti přírodního kamene patří jeho pevnost, hutnost a odolnost proti větru, vodě a ohni. Nežádoucími vlastnostmi jsou příliš velká hmotnost a jeho omezená možnost strojního opracování. Zdrojem přírodního kamene jsou horninové nerosty. Pro lepší



použití a zpracování kamene dochází k jeho drcení, vznikají tím menší zrna nazývané se kamenivem.

Kámen ve stavebnictví se dodává ve třech třídách jakosti, hodnotícím prvkem jakosti je minimální pevnost v tlaku a maximální hmotností nasákavost. Hodnoty jsou zobrazeny v tabulce č. 2. Základní rozdělení používaných hornin ve stavebnictví je zobrazeno v tabulce č. 3.

Kámen dle tříd jakosti		
Třída jakosti	Pevnost v tlaku [MPa]	Hmotnostní nasákavost [%]
I. třída	110	1,5
II. třída	80	3,0
III. třída	40	5,0

Tab. č. 2 Rozdělení stavebního kamene dle tříd jakosti. [1]

Horniny			
Skupina	Znak	Druh	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]
vyvěřelé	světlé	granit	2800
		granodiorit	2900
		syenit	2900
výlevné	tmavé	diorit	3000
		gabro	3000
	pórovité	andezit	2800
		trachyt	2600
		ryolit	2300
sedimenty	hutné	pískovec	2700
	pórovité	pískovec	2600
		opuka	2500
	břidličnaté	jílovec	2800
	pórovité	vápenec	2500
		travertin	2400
hutné	vápenec	2800	
přeměnné	karbonáty	mramor	2800
	silikátové	serpentinit	2600
		ruly	3000
		granulit	3000
	břidličnaté	fylit	2900

Tab. č. 3 Rozdělení používaných hornin ve stavebnictví. [1]

Stavební kámen lze dělit podle použití ve stavebnictví:

- kámen pro zdění
  - lomový kámen – kamenné výrobky určité velikosti, bez upraveného tvaru
  - kopáky – kamenné výrobky určité velikosti s přibližným rovnoběžnostěnným tvarem
  - haklíky – kamenné výrobky určité velikosti s tvarem hranolu
  - kvádry
- dlažební kámen a silniční prvky
  - dlažební kostky – velké, malé
  - dlažební a obkladové desky – řezané
  - obrubníky [1]

Kamenivo pro stavební účely je definováno normou ČSN 72 1510 [8] jako anorganický, zrnitý, sytký přírodní nebo umělý materiál; zrna kameniva musí propadnout kontrolním sítem velikosti 125 [mm]. Kamenivo lze dělit na přírodní nebo umělé.

- přírodní kamenivo – dělí se podle vzniku a zrnitosti
  - drcené – vzniká drcením přírodního kamene
    - drobné – zrnitost do 4 [mm] včetně
    - hrubé – zrnitost od 4 do 125 [mm]
    - štěrkodrt' – směs drceného drobného a hrubého kameniva omezené horním kontrolním sítem o velikosti 90 [mm]
    - kamenná moučka
  - těžené – vzniká těžením rozpadlého přírodního kamene, zrna kameniva jsou zaoblené
    - drobné – zrnitost do 4 [mm] včetně
    - hrubé – zrnitost od 4 do 125 [mm]
    - štěrkopísek – směs těženého drobného a hrubého kameniva omezené horním kontrolním sítem.
  - Těžené předdrcené – vzniká drcením těženého kameniva
    - drobné – zrnitost do 4 [mm] včetně
    - hrubé – zrnitost od 4 do 125 [mm]
    - předdrcený štěrkopísek – směs předdrceného těženého drobného a hrubého kameniva

- umělé kamenivo
  - průmyslové odpady – škvára, popílek, struska, cihlová drť, ...
  - upravené odpady – sbalkované popílky, strusková pemza, agloporit
  - průmyslově vyráběné – keramzit, kavitit, perlit, expandit, experlit, ... [1]

Základní vlastnosti na dělení kameniva jsou objemová hmotnost, jakost a frakce.

- objemová hmotnost
  - hutná – nad 2000 [kg/m<sup>3</sup>]
  - pórovitá – pod 2000 [kg/m<sup>3</sup>]
  - těžká – nad 3000 [kg/m<sup>3</sup>]
- jakost
  - drobné kamenivo – třídy A, B, C, D
  - hrubé kamenivo - třídy A, B, C, D, E
- frakce – velikost frakce je dána kontrolními sítěmi se čtvercovými oky, kterými zrno kameniva propadne nebo je zadrženo. Čísla uvedené velikosti frakce vyjadřují délku strany čtvercového oka kontrolního síta v milimetrech.
  - drobné – zrno do 4 [mm] včetně
  - hrubé - zrno od 4 do 125 [mm]
  - štěrkopíska a štěrkodrtě - zrno do 90 [mm]. [1]

### 3.1.2 Pojiva

Pojiva mají schopnost spojovat jiné syké látky dohromady a vytvářet tak stavivo dostatečné tuhosti. Pojivo je definováno jako organická nebo anorganická látka, která slouží ke spojování plniv, jejichž směs má náležitou tvárnost a po vytvrnutí má požadované vlastnosti.

Pojiva lze dělit:

- pojiva mechanická – u těchto pojiv se nemění základní chemická podstata při procesu pojení, patří sem např. asfalt, hlína.
- pojiva chemická – u těchto pojiv se mění základní chemická podstata při procesu pojení, pojiva chemická lze dále dělit na vzdušná a hydraulická, patří sem např. sádra, vápno a cement.
- vzdušná pojiva
- hydraulická pojiva
- pojiva zvláštní. [1]

## Vzdušná pojiva

Směsi se vzdušným pojivem rozmíchané s vodou tuhnou a tvrdnou pouze ve vzdušném prostředí. Jedná se o vzdušné vápno, sádry, sádrové pojiva.

## Sádrové a sádrová pojiva

Sádra a sádrová pojiva jsou ve stavebnictví jedny z nejstarších pojiv, jejich použití sahá již do stavebnictví ve starém Egyptě.

Sádra je definována jako anorganické práškové pojivo, které je vyráběno tepelným zpracováním sádrovce  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (dihydrátu) při částečném nebo úplném odvodnění, dále je vyráběna z přírodního anhydritu  $\text{CaSO}_4$ , syntetického sádrovce (odpad z chemického průmyslu) nebo ze sádrových střepů z použitých forem z keramického průmyslu. Pro její výrobu má být sádrovec nejlépe tvrdý amorfni s minimálním obsahem 90%  $\text{CaSO}_4$ . Sádra tuhne (hydratuje) rozdílnou rychlostí, zaleží, jakým způsobem byla připravena. Je snadno zpracovatelná a přizpůsobitelná jakýmkoliv stavebním potřebám. Od cementu nebo vápna se odlišuje tím, že rychle tuhne a tvrdne.

Výrobní proces a zařízení je voleno podle surovin, které jsou k dispozici a požadavku na vyrobenou sádru. Dochází k tepelnému zpracování rozemleté nebo zrnité látky. Tepelné zpracování probíhá ve vařácích, autoklávech, rotačních pecích, šachtových pecích nebo v sušících mlýnech.

Sádry a sádrové maltoviny lze dělit podle různých hledisek na:

- rychle tuhnoucí sádru – použití ve stavebnictví při výrobě příček, příčkových dílců, sádrokartonových desek, suchých omítkových směsí. Použití nalezne i v lékařství nebo modelářství.
- pomalu tuhnoucí sádru – používá se pro bezesparové podlahy, podlahové krytiny a dlaždice, umělý mramor a různé omítky...
- sádrovou maltovinu – nejvíce používané pro výrobu malt, obkladových dlaždic nebo tvrdých modelů...
- anhydritovou maltovinou – používá se na podlahy, vnitřní omítky, štuky, tepelně izolační výrobky a různé stavební prvky... [1]

## Hořečnatá maltovina

Vyrábí se smícháváním páleného magnezitu s roztokem  $\text{MgCl}_2$  ve vhodném poměru, při teplotě cca 700-800 [°C]. Místo páleného magnezitu lze použít i dolomit, ten je pálen při teplotě cca do 700 [°C]. Hořečnatá maltovina se vyznačuje vysokou pojivostí plniv (poměr až 1:20). Hořečnatá maltovina v současné době nenachází větší využití ve stavebnictví, protože jejími hlavními nežádoucími vlastnostmi jsou špatná odolnost proti vlhkosti a korozivní účinky na kovové materiály. V historii se využívala k výrobě mlýnských kamenů, dnes se využívá převážně pro výrobu tepelně izolačních podlah z xylolitu a xylolitových dlaždic.[1]

## Vzdušné vápno

Vápno je technickým názvem oxidu vápenatého CaO s různým obsahem oxidu hořečnatého MgO. Vyrábí se pálením, pod mezí slinutí cca od 1000 do 1200 [°C], z čistých vysokoprocenních vápenců nebo dolomitických vápenců. Podle obsahu MgO se vápno rozděluje:

- vápno vzdušné bílé – obsahuje maximálně 7% MgO.
- dolomitické vzdušné vápno – obsahuje minimálně 7% MgO.

Vápno bylo využíváno ve stavebnictví již v Mezopotámii, Egyptě, Římě i Starém Řecku. Vápno, které používali Římané, se dnes jmenuje románské, bylo vyráběno ze vzdušného vápna a hydraulických přísad např. pucolán (jemný písečný sopečný popel).

Vápno vzdušné bílé obsahuje minimálně 65% oxidu vápenatého CaO a maximálně 7% oxidu hořečnatého MgO. Označení „bílé“ vzdušné vápno se nijak nepojí s bílou barvou, vyjadřuje se tím chemické složení tohoto vápna a odlišuje se tím od dolomitického. Při hašení se objem bílého vzdušného vápna až trojnásobně zvětšuje.

Dolomitické vzdušné vápno obsahuje minimálně 65% oxidu vápenatého CaO a minimálně 7% oxidu hořečnatého MgO. Při hašení se jeho objem až zdvojnásobí. Pomaleji reaguje s vodou a má menší vydatnost než vzdušné vápno.

Bílé i dolomitické vápno je rozdělováno podle jakosti do pěti tříd, jakostní třídy jsou dělené podle obsahu jednotlivých oxidů. Hodnoty jakosti pro bílé vzdušné vápno jsou zobrazeny v tabulce č. 4 a pro dolomitické vzdušné vápno jsou zobrazeny v tab. č. 5.

Vápno vzdušné bílé					
Ukazatel jakosti	Třída				
	I.	II.	III.	IV.	V.
CaO + MgO (min v %)	96	94	90	85	65
MgO (max v %)	1	2	3	7	7

Tab. č. 4 Hodnoty jakosti bílého vzdušného vápna. [1]

Dolomitické vzdušné vápno					
Ukazatel jakosti	Třída				
	I.	II.	III.	IV.	V.
CaO + MgO (min v %)	96	94	90	85	65
MgO (max v %)	7 a více				

Tab. č. 5 Hodnoty jakosti dolomitického vzdušného vápna. [1]

Při výrobě vápna je žádoucí pálení při co nejnižší teplotě, jelikož vznikají měkce pálená, pórovitá vápna s nízkou objemovou hmotností a vysokou aktivitou a vydatností. Aktivita vápna je vyjádřena jako nevyšší dosažená teplota při hašení vápna za určitý čas. Dle toho lze vápno dělit na měkce pálené a ostře pálené. U měkce páleného vápna je aktivita větší než 60 [°C] za 15 minut a u ostře páleného vápna je aktivita menší než 50 [°C] za 15 minut. Vydatnost vápna se stanovuje jako množství vápenné kaše v litrech, vzniklé rozhašením 1[kg] práškového vápna. Pro vápna jakosti první třídy má být množství kaše 2,4 litru z jednoho kila vápna. Pro využití vápna jako pojiva ve stavebnictví se musí vápno hasit. Hašení probíhá reakcí vápna s vodou za vzniku  $\text{Ca(OH)}_2$ . Hašení probíhá za silného vývinu tepla, při němž se objem vápna zvětšuje. Hašení se provádí buď za sucha, nebo za mokra. Výroba vápna se provádí v šachtových nebo rotačních pecích. [1]

Vápno se ve stavebnictví nejvíce používá na výrobu malt a omítek, jelikož vápno maltám přidává na plastičnosti a přilnavosti k podkladům. Velké využití má i při výrobě suchých omítkových směsí. Dále je využíváno při výrobě pórobetonů, pěnasilikátů a vápenopískových cihel. S přebytkem vody je používáno na výrobu povrchových nátěrů.

Vápno má nežádoucí účinky na lidské tělo a organismus, může poleptávat kůži, vniká do dýchacích cest a zvláště nebezpečné je pro oči. Proto je důležité při práci s vápnem dodržovat bezpečnost. [1]

## Hydraulická pojiva

Oproti vzdušným pojivům dokáží po částečném ztuhnutí na vzduchu tvrdnout i pod vodou a to bez žádného přístupu vzduchu, podmínkou je, aby tato pojiva obsahovala kromě oxidu vápenatého  $\text{CaO}$  další oxidy, těmi jsou oxid křemičitý  $\text{SiO}_2$ , oxid hlinitý  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a oxid železitý  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Tyto oxidy při pálení tvoří reakci s oxidem vápenatým  $\text{CaO}$  a vytváří tak nové sloučeniny. Tyto nově vzniklé sloučeniny jsou nazývány jako hydraulické oxidy či hydraulity. Hydraulická pojiva mají vyšší pevnost a rychleji tvrdnou než vzdušná pojiva. Látky obsahující hydraulické oxidy lze dělit na přírodní nebo umělé, sami o sobě s vodou neztvrdnou, ale při smíchání s oxidem vápenatým  $\text{CaO}$  reagují a podílejí se na tvrdnutí. Tyto látky lze nazývat jako hydraulické přísady. Do přírodních hydraulických přísad patří pemzy, tufy, tufity, křemeliny, pucolány a další, mezi umělé hyd. přísady patří např. vysokopecní granulovaná struska, popílek, ... [1]

Hydraulicitu pojiva lze posuzovat dle tzv. hydraulického modulu  $M_H$ , tento modul udává poměr mezi procentuálním obsahem jednotlivých oxidů, viz následující vzorec:

$$M_H = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} [1]$$

Vzdušné vápno s obsahem minimálně 85%  $\text{CaO} + \text{MgO}$  má  $M_H$  nad 9, hydraulické vápno má  $M_H$  pod 6, portlandský cement má  $M_H$  pod 2,5 a hlinitanový cement má  $M_H$  pod 1,5.

## Hydraulické vápno

Vyrábí se buď pálením vápenců, dolomitických vápenců nebo vápnitých slínů s obsahem hydraulitů pod teplotou slinutí cca 1200 [°C] nebo semletím vzdušného vápna s určitým množstvím hydraulitů, tak aby pojivo dosahovalo hydraulických vlastností. Hydraulické vápno musí obsahovat minimálně 10% SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, podle obsahu se dále hydraulické vápno dělí na slabě hydraulické (obsah 10-15% hydraulitů) a silně hydraulická (nad 15% hydraulitů). [1]

Hydraulické vápno se vyrábí taktéž v šachtových nebo rotačních pecích. Slabě hydraulická vápna lze hasit za sucha (malé množství vody), protože mají přebytek oxidu vápenatého CaO, u silně hydraulických vápen hašení není možné, protože po přidání vody by došlo k zatvrdnutí, stejně tak je tomu u cementu.

Ve stavebnictví se používají obdobně jako vzdušná vápna na různé omítky a malty, výhodou je, že tyto omítky mají lepší odolnost proti povětrnostním vlivům a mají i lepší životnost. Dále se používají na výrobu betonů s nižší jakostí. [1]

## Románský cement

Hydraulické pojivo vyráběné pálením vápenatých nebo dolomitických slínů, které obsahují minimálně 25% jílovin. Románský cement po vypálení nemá žádný volný oxid vápenatý CaO, jelikož je vázán na silikáty a alumináty. Výroba probíhá opět v šachtových a rotačních pecích vypalováním při teplotách od 1000 do 1100 [°C], při větším obsahu oxidu hořečnatého je teplota pálení maximálně 800 [°C], při vyšších teplotách by vznikal nežádoucí periklas, který má negativní vlastnost na výslednou pevnost betonu.

Používá se na malty a betony, má větší povětrnostní odolnost a trvanlivost než hydraulické vápno. Dále se používá na výrobu stěnových bloků, nevyztužených dílců.

## Portlandský cement

Nejrozšířenějším a nejpoužívanějším pojivem ve stavebnictví. Norma ČSN 72 2101 definuje cement jako hydraulické pojivo jemně mleté anorganické látky pálené nad mezí slinutí, která po smísení s vodou hydratačním procesem tuhne a tvrdne a po ztvrdnutí vykazuje stálou pevnost jak na vzduchu, tak ve vodě. Portlandský cement obsahuje minimálně 50% oxidu vápenatého CaO a oxidu křemičitého SiO<sub>2</sub>. Vyrábí se z něho nejrůznější výrobky a konstrukce s velkou pevností a trvanlivostí jak ve vzdušném, tak vodním prostředí, lze je snadno přizpůsobit tvarem a vlastnostmi dle požadovaného výstupu. Má výbornou pevnost v tlaku, ale v tahu a ohybu pevnost není vysoká, proto pro zvýšení těchto pevností se do směsi přidávají ocelové výztuže. U některých cementů dochází k nežádoucímu vývinu hydratačního tepla a smršťují se, proto se po zpracování musí ošetřovat a doba tuhnutí se tím prodlužuje. [1]

Ve stavebnictví je využívá k výrobě prostých, vyztužených betonů a malt pro všechny pozemní a inženýrské stavby. Dále se z něj vyrábí nejrůznější betonové zboží, jako jsou např. obrubníky, betonové panely, ztracené bednění, ... [1]

Suroviny pro výrobu portlandského cementu lze rozdělit do dvou skupin:

- základní suroviny – nejdůležitějšími jsou vápence, slíny, křídly, hlíny a jíly s přítomností hydraulických složek.
- Pomocné suroviny – přidávají se, pokud základní surovina neobsahuje dostatek hydraulických oxidů, jedná se o  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

V některých případech se přidávají v malém množství ještě látky zvyšující reaktivitu, jedná se o fluorid vápenatý  $\text{CaF}_2$  a fluorid-křemičitan sodný  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , tyto látky snižují teplotu pálení a urychlují tvorbu slínkových minerálů.

Hydraulický modul poslouží při návrhu složení surovinové směsi, díky němu lze řídit složení suroviny, chemickou a fázovou skladbu portlandského slínku, ten vzniká pálením surovinové směsi. Teploty pálení se pohybují cca od 1350 do 1450 [°C].

$$M_H = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 1.7 - 2.5 \quad [1]$$

Výroba cementu se provádí mletím portlandského slínku s přísadami, mezi hlavní přísady patří sádrovec, který reguluje dobu tuhnutí, dalšími přísadami jsou vysokopecní granulovaná struska, křemičitý uhel, pucolán, popílek, a další.

Cementy pro obecné použití lze dělit do pěti druhů označené římskými číslicemi, viz tabulka č. 6 (normy ČSN P ENV 197-1).

Vysvětlivky poznámek z tabulky č. 6:

- <sup>1)</sup> Hodnoty v tabulkách se vztahují k hlavním a doplňujícím složkám cementu bez síranu vápenatého a přísad.
- <sup>2)</sup> Jako doplňující složky mohou být použita plniva nebo jedna či více látek používaných jako hlavní složky, pokud nejsou v cementu jako hlavní složky použity.
- <sup>3)</sup> Obsah křemičitého úletu je limitován do 10%.
- <sup>4)</sup> Obsah jiných strusek než struky vysokopecní je limitován do 15%.
- <sup>5)</sup> Obsah plniva je limitován do 5%. [1]



Druh cementu	Název cementu	Označení cementu	Sílněk (K)	Vysokopecná struska (S)	Křemičitý díleť (D) <sup>2)</sup>	Pucolán		Popílek		Kalcinovaná břídlíce (T)	Vápenec (L)	Doplnující složky <sup>2)</sup>	
						přírodní (P)	průmyslový (Q) <sup>4)</sup>	křemičitý (V)	vápenatý (W)				
I	Portlandský cement	I	95-100	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
	Portlandský struskový cement	II/A-S	80-94	6-20	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
		II/B-S	65-79	21-35	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
	Portlandský cement s křemičtým díleťem	II/A-D	90-94	—	6-10	—	—	—	—	—	—	0-5	
II	Portlandský pucolánový cement	II/A-P	80-94	—	—	6-20	—	—	—	—	—	0-5	
		II/B-P	65-79	—	—	21-35	—	—	—	—	—	0-5	
		II/A-Q	80-94	—	—	—	6-20	—	—	—	—	0-5	
		II/B-Q	65-79	—	—	—	21-35	—	—	—	—	0-5	
	Portlandský popílkový cement	II/A-V	80-94	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	0-5
		II/B-V	65-79	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	0-5
		II/A-W	80-94	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	0-5
		II/B-W	65-79	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	0-5
	Portlandský cement s kalcinovanou břídlicí	II/A-T	80-94	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	0-5
		II/B-T	65-79	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	0-5
		II/A-L	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	0-5
		II/B-L	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	0-5
Portlandský směsný cement	II/A-M	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
	II/B-M	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
	III/A	35-64	36-65	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
	III/B	20-34	66-80	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
III	Vysokopecný cement	III/C	5-19	81-95	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
		IV/A	65-89	—	—	—	11-35	—	—	—	—	0-5	
		IV/B	45-64	—	—	—	36-55	—	—	—	—	0-5	
		V/A	40-64	18-30	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
IV	Pucolánový cement	V/B	20-39	30-50	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
		V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	Směsný cement	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Tab. č. 6 Druhy cementů včetně složení. [1]

## **Portlandský cement**

Je vyráběn ve třídách s číselným označením, toto číslo značí pevnost v tlaku po 28 dnech normovaného uložení. Slouží k výrobě betonů vyšších tříd, předepnutých betonových dílců nebo pro betonáž do 5[°C]. Nehodí se pro betonování masivních konstrukcí. [1]

## **Portlandský struskový cement**

Je vyráběn s přídavkem vysokopecní strusky, do max. 20 % přidané strusky nese označení CEM II/A-S a do max. 35% nese označení CEM II/B-S. Vyráběn je ve třídách stejně jako portlandský cement. Používá se pro betonování silnostěnných, masivních konstrukcí nebo jako základový beton pro stavby ve vlhkém prostředí. Je odolný proti agresivním a odpadním vodám. [1]

## **Pucolánový portlandský cement**

Vyrábí se mletím slínku a přírodního nebo průmyslového pucolánu. Označení CEM II/A-P má obsah přírodního pucolánu maximálně do 20%, CEM II/B-P má obsah přírodního pucolánu maximálně 35%, označení s koncovým písmenem – Q označuje pucolán průmyslový. Pucolánové cementy odolávají agresivním cementům. Při teplotě pod 10[°C] dochází ke zpomalení hydratace a tunutí. [1]

## **Speciální cementy**

Speciální cementy se specifickými vlastnostmi vznikly dle požadavku na speciální stavební výrobky, vztahují se na ně zatím pouze podnikové normy, ale i tak vyhovují v technické praxi různým požadavkům. Jsou vyráběny úpravou složení surovinové směsi dle požadovaného výstupu nebo je přidávána nějaká přísada. Speciální cementy s upraveným chemickým složením slínku jsou např. silniční cementy, síranovzdorné cementy, cementy pro pórobetony a další. Cementy se speciální přísadou jsou např. hydrofobní cementy nebo cementy s přidanými plastifikátory. [1]

## 3.2 Malty

Stejně jako beton i malty jsou ve stavebnictví velmi důležitým stavivem. Zastupují zde celou řadu využití, používají se k pojení stavebních prvků, nanášení na povrchy staveb, kde malta vytváří ochranu a izolaci před povětrnostními vlivy, vodou a agresivním prostředím, slouží i jako těsnící prvek různých štěrbin, spár a dutin. Malta je směs tvořená plnivem, pojivem, vodou a přísadami. V nezatuhlém stavu, po rozmíchání má malta plastickou konzistenci.

Výroba malt pro stavební účely je popsána normou ČSN 72 2430-1 až 5, -1 popisuje společná ustanovení, -2 průmyslově vyráběné malty, -3 malty pro zdění, výrobu keramických dílců a stykové malty, -4 malty pro omítky a -5 speciální malty. Společné ustanovení pro zkoušení malt a maltových směsí udává norma ČSN 72 2440, další zkoušky jsou definovány dle ČSN 72 2441-72 2454. [1]

Stavební malta pro svoji výrobu používá především tyto složky:

- přírodní kamenivo, vysokopecní strusku, škváru, popílek, teracové drtě, syntetické kamenivo nebo slévárenský písek.
- hydraulické nebo vzdušné vápno, vápenný hydrát.
- různé druhy sádry.
- portlandský cement, portlandský struskový cement, vysokopecní cement.
- záměsovou vodu – platí pro ní stejné kritéria jako u betonů
- přísady nebo příměsi – mají za úkol v maltě zlepšit zpracovatelnost, plastičnost, provzdušnění, urychlení nebo zpomalení tuhnutí, voděodolnost,...

Plnivo je vybíráno dle použití malty. Jedná se o přírodní nebo umělé kamenivo, které je pro malty voleno podle frakce:

- frakce 0-8[mm] - malty na osazování částí a dílců, pro nátěry
- frakce 0-4[mm] - malty pro zdění, podkladovou omítku nebo pro malty na dlažby a obklady
- frakce 0-1[mm] – malty na jemné omítky a spárování

Malty pro stavební účely se dělí podle:

- účelu použití – malty pro zdění, omítání, spárování, malty tepelně izolační, pro kladení dlažeb a obkladů, pro výrobu keramických dílců.
- použitého pojiva – vápenné, vápenocementové, vápenosádrové, sádrové, cementové.
- objemové hmotnosti – tepelně izolační, vylehčené, obyčejné, těžké.
- pevnosti v tlaku
- tepelné vodivosti – tepelně izolační, vysoce tepelně izolační, mimořádně tepelně izolační. [1]

### **3.2.1 Druhy a použití malt**

#### **Vápenné malty**

Vápenné malty jsou vyráběny ze všech druhů vápen, vody a plniva, nejčastěji drobné přírodní kamenivo (písek). [1]

#### **Vápenná malta ze vzdušného vápna**

Malta je vyráběna z vyhašeného rozemletého vzdušného vápna nebo vápenného hydrátu, obsah vápna v maltě je dán dle výstupního požadavku na pevnost a objemovou stálost. Tato malta je používána pro zdění v suchém prostředí nebo na vnitřní omítky. [1]

#### **Vápenná malta z hydraulického vápna**

Tyto malty mají opačné použití než malty ze vzdušného vápna, proto se používají při zdění ve vlhkém prostředí nebo na venkovní omítky, jelikož při tuhnutí a tvrdnutí vyžadují vlhké prostředí. [1]

#### **Vápnocementové malty**

Jedná se o malty, do kterých je přidáván cement, jeho množství se odvíjí dle požadavku na výstupní pevnost a užití malty. Díky cementu tyto malty dosahují větší pevnosti, proto jsou používány u více namáhaných tenkých příček a zdí. Používají se i jako vnější jemné omítky a lze je použít i ve vlhkém prostředí. Do vápnocementových malt lze řadit i šlechtěné omítky, jsou vyráběny jako suché omítky, pro použití se musí rozmíchat s vodou. [1]

#### **Sádrové malaty**

Tyto malty se rozdělují na pomalu tuhnoucí a rychle tuhnoucí. Rychle tuhnoucí sádry jsou směsi obsahující pouze sádro a vodu, přísadou může být malé množství vápna nebo zpomalovač tuhnutí. Používají se hlavně na ozdobné účely a jemné vnitřní omítky. Pomalu tuhnoucí sádry jsou směsi obsahující sádro, drobné kamenivo a vodu, místo sádry může být použito anhydritové pojivo. Tyto sádry jsou používány na hrubé i jemné omítky a tvárnice. [1]

## **Břizolitová malta**

Je používána na šlechtěné omítky nebo umělý kámen, jejich použití slouží na úpravu fasád a zdí. Omítky se dodávají jako hotové suché směsi, mimo pojivo a plnivo obsahují minerální barvivo, díky kterému lze vybrat ze vzorníku požadovanou barvu omítky. Směsi pro umělý kámen se dělí na přírodní žuly a barevné žuly.

## **Speciální malty**

Jsou popsány normou ČSN 72 2430-5, ta platí pro výrobu, zkoušení a dodávání malt, jejichž některé užitné vlastnosti se významně liší oproti tradičním maltám. Norma platí pro speciální malty, jejichž základní pojivou složkou je anorganické pojivo. Připouští se užití libovolných, z hygienického hlediska únosných přísad, včetně přísad na makromolekulární bázi. Speciální maltou jsou i všechny malty sloužící k dodatečným opravám a rekonstrukcím betonových, železobetonových a cihelných konstrukcí. [10]

Speciální malty lze dělit na:

- kyselinovzdorné malty – jedná se o směsi obsahující různé druhy cementů s minerálními moučkami a různé přísady, které zlepšují odolnost proti agresivním látkám.
- žárovzdorné malty – směsi obsahující zrnité žáruvzdorné složky, těmi jsou buď šamotové do 1710 [°C], dinasové do 1790 [°C] nebo magnezitové do 1450 [°C].
- provzdušněné malty – směsi obsahující písek, cement, vodu a provzdušňující přísadu. Vzduch je ve formě mikro bublinek v kapilárách, s touto přísadou jsou malty lépe zpracovatelné, mají lepší vodotěsnost a odolnost proti mrazu.
- krytalové malty – směsi používané pro omítky stropů nebo stěn, v nichž vedou topné krytalové trubky. Je vyráběná jako suchá směs obsahující vápenný hydrát, čedičovou mouku, křemičitanový písek a vysokopecní strusku se zrnitostí 2 [mm].
- barytové malty – směsi používané pro omítky, které mají bránit průchodu ionizujícího záření, všude tam kde se pracuje s RTG. [1]

## 3.3 Beton

Jedná se o nejrozšířenější směs používanou ve stavebnictví. Je definován normou ČSN P ENV 206. Beton je tvořen plnivem, pojivem, vodou a přísadami. Plnivo je zastoupeno jak drobným, tak hrubým kamenivem, pojivem jsou všechny možné druhy cementů. Největší výhodou betonových směsí je jejich tvárnost a plasticita před ztuhnutím, dokáží přijmout téměř jakýkoliv tvar a po krátkém čase ztuhnout a zatvrdnout v požadovaném tvaru. Rozlišuje se proto beton čerstvý a zatvrdlý. Čerstvý beton je v plastickém, tvárném stavu a může být ztuhnut normálním způsobem. Zatvrdlým betonem se chápe beton, který již zatvrdl na určitou pevnost. [1]

### 3.3.1 Rozdělení betonů

Betony jsou rozdělovány podle jejich vlastností, způsobu zpracování, způsobu konstrukce, způsobu dopravy, ... V této práci bude uvedeno pouze pár rozdělení.

Dělení podle objemové hmotnosti závisí na druhu použitého kameniva, beton je tedy dělen:

- lehký – s objemovou hmotností pod 2000 [kg/m<sup>3</sup>]
- obyčejný – s objemovou hmotností od 2000 do 2800 [kg/m<sup>3</sup>]
  - prostý – od 2000 do 2400 [kg/m<sup>3</sup>]
  - vyztužený, železový – od 2400 do 2800 [kg/m<sup>3</sup>]
  - předpjatý – od 2500 do 2800 [kg/m<sup>3</sup>]
- těžký – s objemovou hmotností nad 2800 (až do 4500) [kg/m<sup>3</sup>]

Dělení podle způsobu konstrukce, záleží na tom, jak a kde byl vyroben:

- monolitický – betonová směs je ukládána do bednění (šalungu) na přímo určeném místě na staveništi. Po zatvrdnutí se odstraní bednění a beton tak může plnit svojí funkci
- prefabrikovaný – konstrukční betonový prvek se převážně vyrábí mimo staveniště, prvek je odlit do formy s požadovaným tvarem dle výsledného požadavku, po zatvrdnutí se prvek odformuje a nechá se dozrát, po dozrání putuje na staveniště, kde je uložen do konstrukce. Jedná se o různé betonové panely, nosníky, sloupy, ...

Dělení podle způsobu použití v konstrukci:

- tepelně izolační
- nenosný, výplňový
- nosný – prostý, vyztužený, předepjatý, s rozptýlenou kovovou nebo plastovou výztuží

Dělení podle zvláštního požadavku na jeho funkci:

- trvanlivé – odolávají povětrnostním vlivům
- vodostavební – odolávají vodě
- mrazuvzdorné – odolávají střídavým účinkům mrazu a vody
- korozivzdorné – odolávají agresivnímu prostředí
- provzdušněné – lépe odolávají mrazům
- rozpínavé – lze řídit jejich rozpínavost
- ochraňující proti záření – zachycují rentgenové paprsky a radioaktivní záření
- tepelně izolační – odolávají extrémním teplotám
- žáruvzdorné – odolávají žáru a ohni
- vozovkové, silniční

Betony lze dělit podle způsobu zpracování na lité, stříkané, vibrované, dusané, válcované, vibrolisované, vyuované, odstředované, provzdušněné. Dále je můžeme dělit dle zpracovatelnosti čerstvé směsi na tekuté, velmi měkké, měkké, málo měkké, zavlhlé, tuhé a velmi tuhé.

Beton může zrát buď za normálních klimatických podmínek nebo za podmínek proteplených.

Portlandský cement, jakožto pojivo, může být nahrazován pojivem sádrovým, vápenným, polymerovým, ... [1]

### 3.3.2 Složky betonu

#### Kamenivo

Při výrobě betonu je používáno nejrůznějších druhů kameniva, viz kapitola 3.1.1 o kamenu a kamenivu. Složení kameniva pro výrobu betonů by mělo obsahovat zrna různé velikosti, různých tvarů (zaoblená, ostrohranná), zaoblená zrna těžného kameniva dodávají směsi lepší zpracovatelnost než ostrohranná zrna. Při výrobě konstrukčních betonů je vhodné využít minimálně tři až čtyři velikosti frakce kameniva.

Obsah jemných zrn (do 0,1 [mm]) je velice důležitý, v malém množství zlepšuje hutnost, naopak ve velkém množství snižuje pevnost a nadměrné smršťování betonu. Maximální velikost kameniva určuje nejmenší rozměr konstrukčního prvku, u betonů s výztuží je to vzdálenost mezi jednotlivými výztužemi. [1]

## Cement

U betonů je pojivem cement, je využíváno všech druhů cementů, záleží především na požadovaných výstupních vlastnostech betonu, především na pevnosti v tlaku, tahu a ohybu, dalším kritériem může být např. trvanlivost, žáruvzdornost,... viz dělení podle zvláštního požadavku na funkci betonu. Rozdělení cementu viz kapitola 3.1.2.

Minimální obsah cementu v betonu se stanovuje jako dávka, která zajistí obalení zrn kameniva, minimální dávka pro 1[m<sup>3</sup>] čerstvého betonu činí 100[kg] cementu. Pro prostý beton je to minimálně 200[kg] cementu na 1[m<sup>3</sup>]. Pro vodostavební beton je to 265[kg] na 1[m<sup>3</sup>] čerstvého betonu. Maximální dávka je u vysokopevnostních betonů cca 550[kg] na 1[m<sup>3</sup>]. Optimální dávka cementu musí zajistit obalení všech zrn kameniva, vyplnění všech mezer mezi nimi. Toto kritérium se využívá při návrhu betonů dle požadovaných vlastností a tříd. [1]

## Voda

Voda je nedílnou součástí při výrobě betonů a dle použití ji lze rozdělovat:

- voda záměsová – musí splňovat požadavky normy ČSN 732028. Záměsová voda má být čistá, málo tvrdá a nesmí obsahovat kyseliny a organické látky. Voda tvoří betonové směsi dobře zpracovatelné a slouží k hydrataci cementu, pro hydrataci cementu je potřeba cca 19-23% vody z hmotnosti cementu, touto dávkou je zajišťován proces přeměny slínekových minerálů v cementu na hydrokřemičitany a hydrohlinitany v beton. Objem vody je ve směsích značně vyšší, zajišťuje lepší zpracovatelnost čerstvého betonu, je to dáno tím, že se snižuje tření mezi zrny kameniva. Množství záměsové vody je dáno vodním součinitelem, je to poměr mezi hmotností vody a hmotností cementu, v praxi se hodnota toho součinitele pohybuje v rozmezí 0,35-0,9.
- voda ošetřovací – Využívá se při tuhnutí betonu, má za úkol beton udržovat ve vlhkém prostředí. Pokud dojde k vypaření veškeré ošetřovací vody, následuje snížení množství vody, která je fyzikálně vázaná v betonu, a tím dochází k jeho smrštění v době, kdy není dostatečně zatuhlý a dochází ke vzniku prasklin, ty snižují konečnou požadovanou pevnost a trvanlivost. [1]



## Přísady a příměsi

Do betonů se pro zlepšení jejich vlastností přidávají různé přísady a příměsi, ty lze dělit podle účinku:

- urychlující – mají za úkol zrychlit tuhnutí a tvrdnutí betonu, zrychluje se hydratační proces.
- zpomalující – opačný úkol než u urychlujících přísad a příměsí, oddaluje se začátek hydratačního procesu.
- plastifikační – dodává směsi lepší zpracovatelnost, zvyšují tekutost směsi při stejném obsahu záměsové vody.
- provzdušňovací – látky, zajišťující vznik vzduchových pórů, které vytváří soustavu navzájem nepropojených dutin. Pórovitost betonu je okolo 5%. Beton má lepší mrazuvzdornost.
- protimrzoucí – rychlejší tuhnutí při betonování v mrazu.
- vodotěsnící – zlepšuje se vodonepropustnost.
- hydrofobizační – na povrchu betonu se vytváří povlak, který brání propustnosti vody.
- zlepšující mechanické vlastnosti – přísady vodních disperzí polymerů, zvyšují soudržnost starého a nového betonu. [1]

## Výroba betonu

Beton se vyrábí podle technologického předpisu, ten předepisuje postup pro namíchání betonu v závislosti na požadovaných vlastnostech, předepisuje tak poměr a dávkování složek, dobu míchání, údaje o přepravě (pokud není míchán v místě staveniště), způsob hutnění a ošetřování hotového betonu. Předepisuje způsob kontroly vlastností vstupních materiálů, dávkování i kvalitu vyrobeného betonu. Beton může být rozmícháván ručně nebo strojově, ruční míchání betonu je pouze výjimečné, jedná-li se o velmi malý objem. Strojní míchání bylo popsáno v kapitole 2.1. [1]

## Druhy betonů

- prostý beton – je určen pro výrobu podkladových vrstev, základových konstrukcí a jádrových částí přehradových konstrukcí.
- železobeton – tento beton je opatřen betonoocelářskou výztuží, ta zajišťuje odlišné vlastnosti oproti prostému betonu, zvyšuje se tak pevnost v tahu a ohybu.
- předepjatý beton
- vodostavební beton

- beton s rozptýlenou výztuží
- vozovkový beton
- těžký beton
- živičný beton
- zvláštní druhy betonů
- lehký beton
- izolační beton
- izolačně nosný beton
- lehké konstrukční betony [1]

### Hodnoty součinitelů odporu při míchání

Následující hodnoty odporů při míchání se vztahují na míchače s nuceným odporem, jedná se o lopatkové míchače. Hodnoty odporů budou použity při vlastním návrhu výkonu přidavného zařízení, tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Malta	Poměr	Součinitel odporu $\underline{k}$ [N/m <sup>2</sup> ]
Vápenná	1:3	$1.4 \cdot 10^4$
Vápenná	1:5	$1.8 \cdot 10^4$
Cementová	1:3	$4.3 \cdot 10^4$
Nastavovaná	1:1	$3.5 \cdot 10^4$
Beton		
Plastické směsi	-	$3.0 \cdot 10^4$
Tuhé směsi	-	$5.5 \cdot 10^4$

Tab. č. 7 Hodnoty měrných součinitelů odporu. [3]

## 4. Návrh možných řešení konstrukčních variant a výběr optimálního řešení

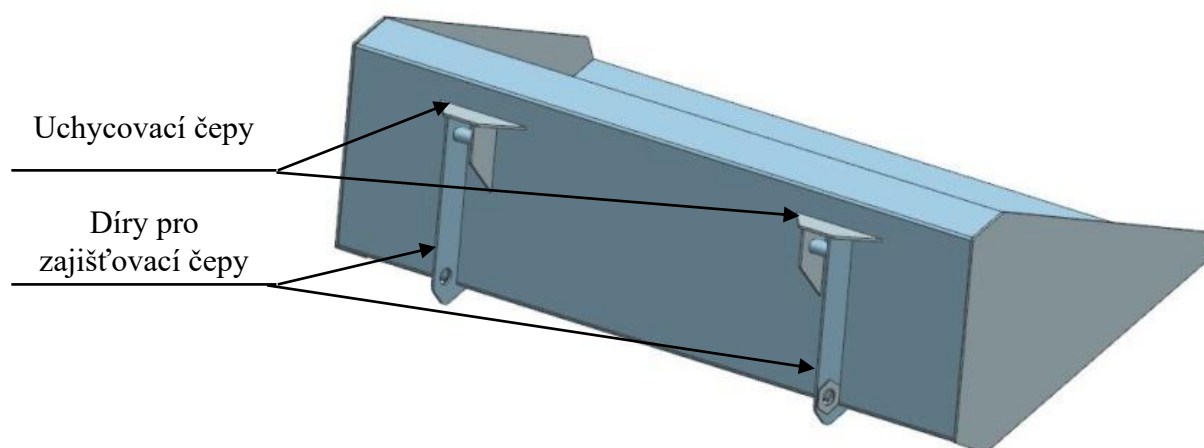
Při návrhu možných řešení konstrukčních variant bude uvažováno, že všechny navržené varianty lze upnout ke smykovému nakladači UNC 750, jelikož je smykový nakladač UNC 750 a jeho hydraulický obvod připraven pro připojení přídatného zařízení. Smykový nakladač tak rychle a snadno může měnit na staveništi svoje pracovní nářadí, ať už se jedná o lopaty různé velikosti, paletizační vidle nebo kleště. Přídatné zařízení spolu s nakladačem bude tvořit pojízdnou míchačku.

### 4.1 Návrh variant

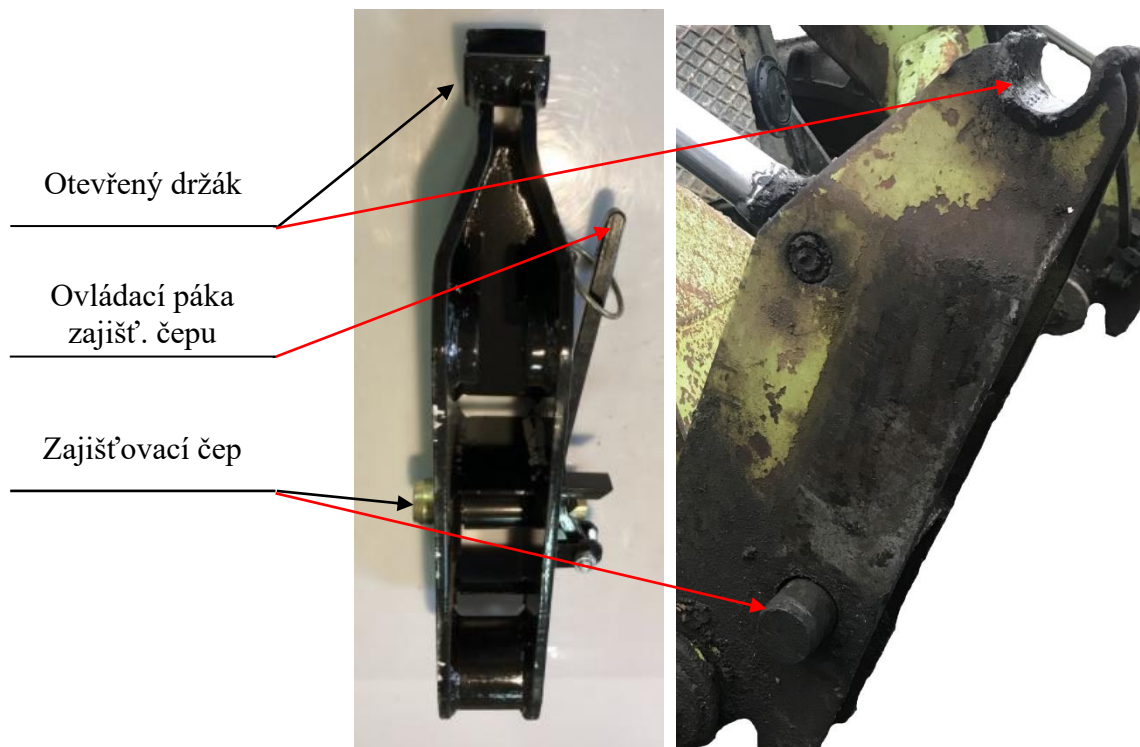
#### 4.1.1 Požadavky

Podle rozdělení míchačů a míchaček, viz kapitola 2.2, je možné blíže vyspecifikovat požadavky na přídatné zařízení. Dále poslouží i některé charakteristické vlastnosti smykového nakladače.

Požadavky od smykového nakladače jsou následující, jelikož přídatné zařízení bude připojeno (upnuto) na nakladači, je uvažován hydraulický pohon, protože veškeré pohony jsou na nakladači realizovány hydraulicky. Uchycení pracovního nářadí k nakladači je řešeno pomocí čepů, pracovní nářadí má dva pevné čepy v horní části a v dolní části jsou otvory pro zajišťovací čepy rychloupínače, viz obr. č. 15, rychloupínač je spojen s výložníkem nakladače. Rychloupínač je tvořen otevřeným držákem (tvar U) a zajišťovacím čepem, kdy otevřený držák zajede do pevného čepu pracovního nářadí a po dosednutí pracovního nářadí na rychloupínač se nářadí ve spodní části zajistí čepem. Upínač je zobrazen na obr. č. 16.

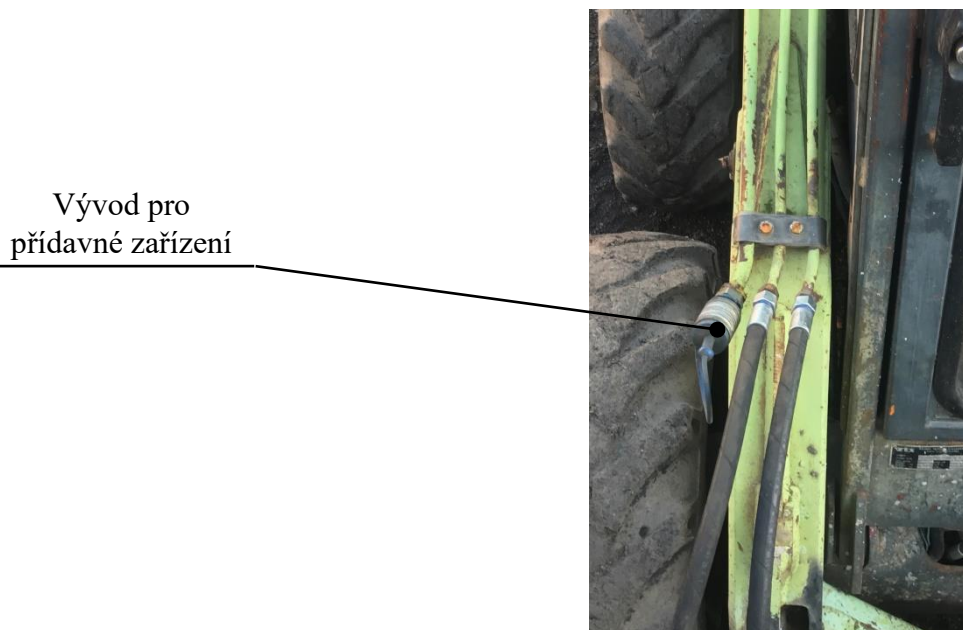


Obr. č. 15 Úchyty lopaty pro připojení k nakladači.



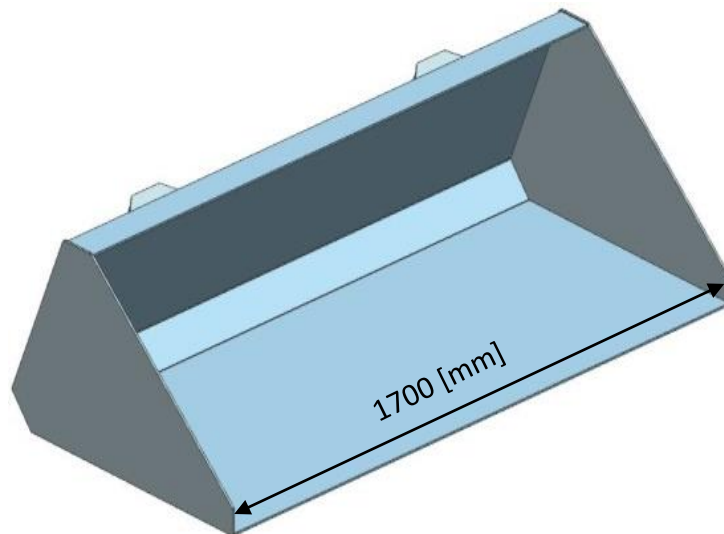
Obr. č. 16 Rychloupínač smykového nakladače UNC 750.

Obě strany výložníku jsou opatřeny hydraulickým vývodem, připraveným pro připojení přídatného zařízení, které využívá hydrauliku nakladače, v mém případě zařízení pro míchání betonu. Vývody jsou zobrazeny na obr. č. 17.



Obr. č. 17 Vývod pro přídatné zařízení.

Další požadavek je definován rozměrovou zástavbou, především šířkou nakladače a stávající lopatou viz obrázek č. 18, šířka lopaty by neměla přesáhnout hodnotu 1700 [mm], dalším rozměrovým omezením je i to, že do smykového nakladače se nastupuje zřepředu, přes pracovní nářadí nakladače, tudíž by nově navržené zařízení nemělo bránit vstupu.



Obr. č. 18 Stávající lopata nakladače UNC 750.

Převládajícím charakteristickým rozměrem nově navrženého zařízení pro míchání betonu bude šířka, stejně jako je tomu u stávající lopaty, z toho vyplývá, že osa rotace bude vodorovná. Dle rozdělení míchačů požadují cyklicky pracující zařízení, způsob míchání samospádový nebo nucený, s různým způsobem plnění a vyprazdňování.

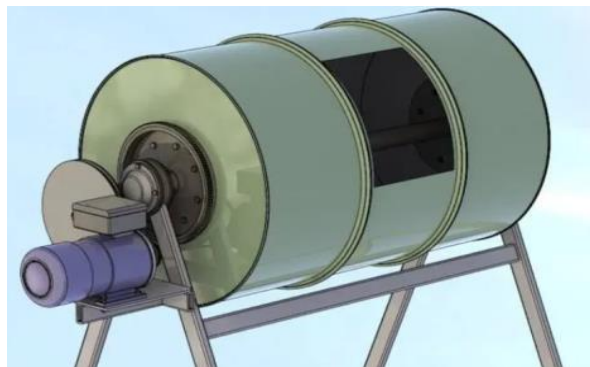
#### 4.1.2 Varianty

##### Varianta č. 1

Tato varianta by fungovala na principu samospádového míchání, kde by se směs rozmíchávala v bubnovém míchači, uvnitř bubnu by byly umístěny lopatky, stejně jako je tomu u klasické bubnové míchačky. Buben by byl opatřen víkem, přes které by docházelo k ručnímu plnění. Po naplnění by se víko uzavřelo a směs by se v bubnu rozmíchala, po rozmíchání by se směs vysypala přes víko na místě určeném. Buben by se mohl točit na obě strany, při vhodném uspořádání lopatek v bubnu by se při jednom směru otáček směs rozmíchávala a tlačila do stran bubnu a při reverzaci by se směs rozmíchávala a tlačila do středu bubnu, tím by se zlepšila rychlost promíchávání. Buben by byl náležitě uložen v nosném rámu, za který by se připevňoval ke smykovému nakladači. Pohon bubnu by zajišťoval rotační hydromotor. Při plnění a vyprazdňování by se buben neotáčel. Podobně jsou ve východních zemích vyráběny ruční míchače z plechových sudů, viz obr. č. 19. Možný koncept varianty č. 1 je zobrazen na obr. č. 20.



Obr. č. 19 Ruční míchač. [11]



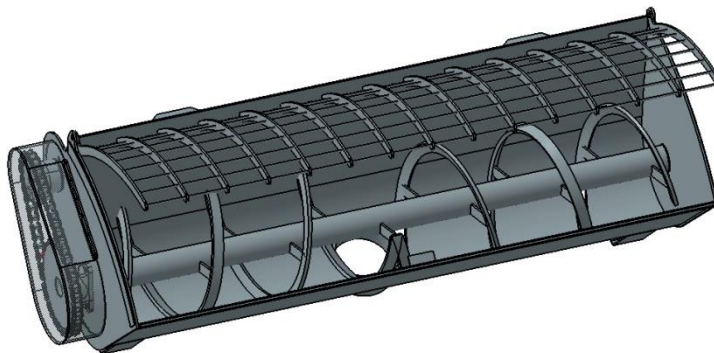
Obr. č. 20 Koncept varianty č. 1. [11]

## Varianta č. 2

U této varianty by docházelo k nucenému míchání v bubnovém míchači, uvnitř bubnu by rotoval hřídel s lopatkami, samotný buben by rotoval opačným směrem než hřídel, buben by byl taktéž osazen lopatkami, docházelo by k rychlejšímu rozmíchávání směsi. Lopatky na hřídeli by byly osazeny tak, aby při rotaci hřídele na jednu stranu docházelo k rozmíchávání směsi a při rotaci na druhou stranu, aby docházelo k vytlačování směsi ven, zařízení by se tudíž plnilo a vyprazdňovalo z jedné strany bubnu. Plnění všech složek by zajišťovala obsluha, vyprazdňování by bylo zajištěno pohonem zařízení. Pohon zařízení by opět realizoval rotační hydromotor, buben by byl stejně jako u varianty č. 1 náležitě uložen v nějakém nosném rámu, pomocí kterého by se zařízení mohlo upnout k nakladači.

## Varianta č. 3

Tato varianta by pracovala způsobem nuceného míchání směsi ve žlabu nebo lopatě, rozmíchávání směsi by se zajišťovalo rotačním šnekem. Princip rozmíchávání je podobný šnekovým dopravníkům nebo míchačům, s rozdílem toho, že u této varianty je žlab z boků uzavřen a jedná se o cyklické míchání. Žlab nebo lopata by byla rovnou uchycena k rychloupínači nakladače. Šnek je poháněn rotačním hydromotorem s možnou reverzací otáček, se symetrickým uspořádáním šneku by se směs mohla namíchávat jak do středu, tak i do stran lopaty. Uprostřed žlabu nebo lopaty by mohla být výpust, směs by se pak mohla vysypat buď touto výpustí nebo vyklopením směsi vrchem lopaty. Plnění by bylo také velice jednoduché, některé složky směsi by se nabíraly přímo z hromady, jednalo by se o písek a kamenivo. Zbylé složky by do zařízení dodala obsluha. Koncept této varianty je zobrazen na obr. č. 21.



Obr. č. 21 Koncept varianty č. 3.

### 4.1.3 Výběr optimálního řešení

Pro výběr optimální varianty poslouží rozhodovací tabulka viz tab. č. 8. V rozhodovací tabulce budou uvedena hodnotící kritéria, všechna hodnotící kritéria mají bodový rozsah od 1 do 5, kde 5 je maximum. Optimálnější řešení má u všech hodnotících kritérií maximální hodnotu. Mezi hodnotící kritéria patří konstrukční jednoduchost, rychlost míchání, jednoduchost plnění a vyprazdňování a údržba, do údržby lze zahrnout např. snadnou opravitelnost, snadné vymývání po ukončení procesu míchání, tak aby v míchačce nezůstávala směs, která by v něm mohla zatvrdnout.

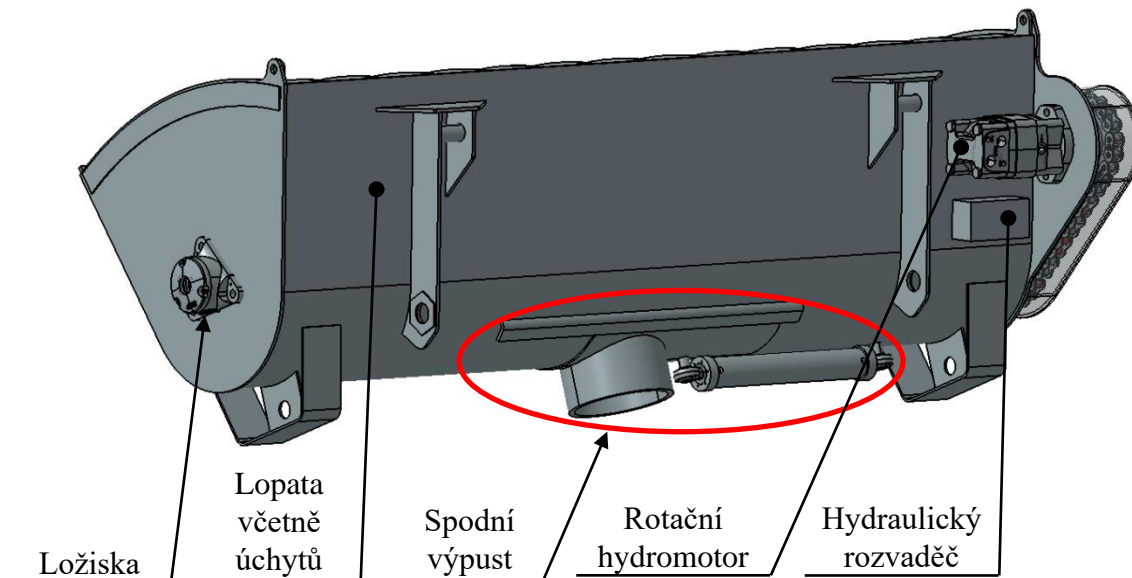
Rozhodovací tabulka				
Kritéria	Optimální řešení	Varianta č. 1	Varianta č. 2	Varianta č. 3
Konstrukční jednoduchost	5	5	3	3
Rychlost míchání	5	2	4	3
Jednoduchost plnění	5	3	3	4
Jednoduchost vyprazdňování	5	2	3	4
Údržba	5	3	3	4
Součet	25	15	16	<b>18</b>

Tab. č. 8 Rozhodovací tabulka pro výběr optimálního řešení.

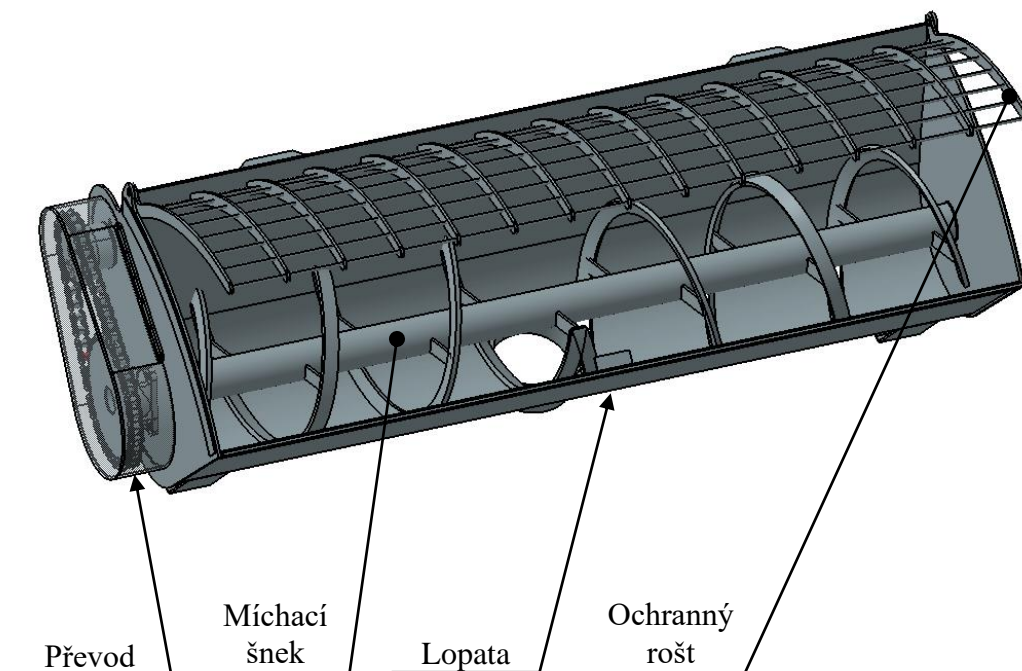
Podle výsledku z rozhodovací tabulky bude vytvořen konstrukční návrh varianty č. 3. Tato varianta bude mít obdobnou konstrukci jako již používané mixovací lopaty, o kterých bylo zmíněno v kapitole 2.2.4. Největší výhodou této varianty je její snadné plnění a vyprazdňování.

## 5. Vypracování konstrukčního návrhu optimálního řešení

K vypracování konstrukčního návrhu bude vybraná optimální varianta rozdělena do konstrukčních uzlů, kde bude řešena lopata, míchací šnek, spodní výpusť, pohon s převodem, ložiska a těsnění, bezpečnost a rozvod hydrauliky. Dílčí konstrukční uzly vychází z předběžného konceptu vybrané varianty, stručný popis je zobrazen na obrázku č. 22 a 23.



Obr. č. 22 Stručný popis konceptu vybrané varianty (zadní pohled).



Obr. č. 23 Stručný popis konceptu vybrané varianty (přední pohled).



## 5.1 Konstrukční uzly

### 5.1.1 Lopata

Nově navržená lopata a její tvar bude uzpůsoben tak, aby se v lopatě velice snadno rozmíchávaly stavební směsi. Tvar se podobá písmenu U. Prvním krokem při návrhu lopaty bude určit její velikost, ta se bude odvíjet od velikosti stávající lopaty, která je součástí smykového nakladače UNC 750, velikost stávající lopaty činí 375 litrů, tato lopata se převážně používá k manipulaci se zeminou, pískem, šterkem, a tak dále, z toho lze dopočítat únosnost, pro výpočet bude uvažována objemová hmotnost zeminy (mokrě hlíny  $\rho=2000[\text{kg}/\text{m}^3]$ ). Pro novou lopatu volíme objemovou hmotnost betonu  $\rho=2500[\text{kg}/\text{m}^3]$ .

Výpočet velikosti:

$$V = 375 [\text{l}] = 0.375[\text{m}^3] - \text{objem stávající lopaty}$$

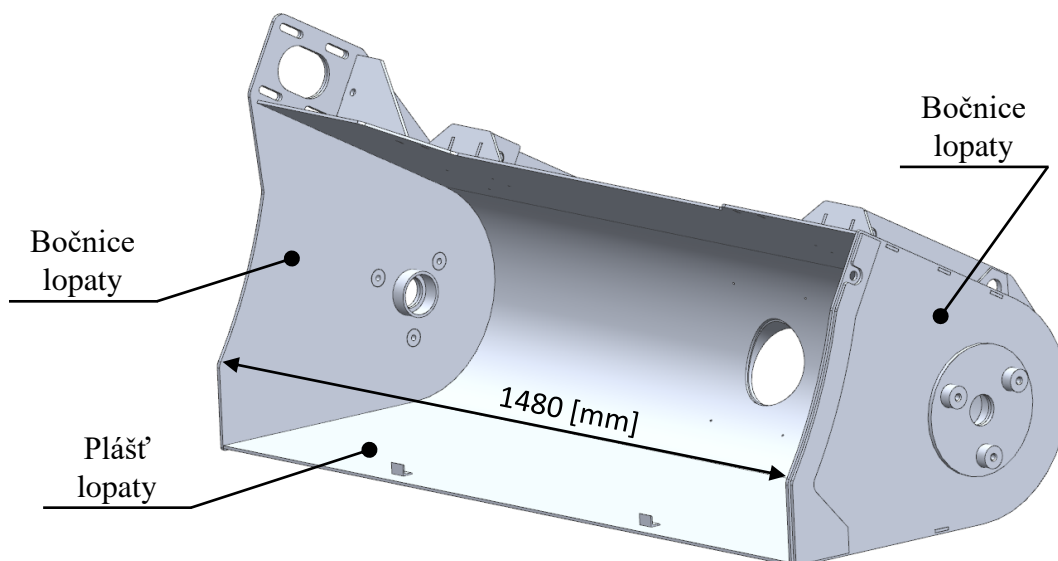
$$\rho_H = 2000 [\text{kg}/\text{m}^3] - \text{objemová hmotnost mokré hlíny [12]}$$

$$\rho_B = 2500 [\text{kg}/\text{m}^3] - \text{objemová hmotnost mokré hlíny [12]}$$

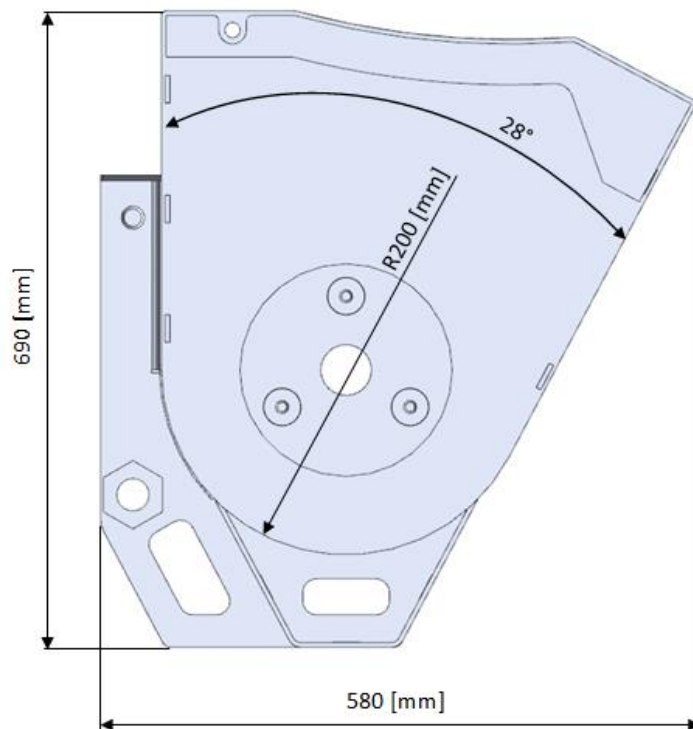
$$m_H = V * \rho_H = 0.375 * 2000 = 750 [\text{kg}] \Rightarrow \text{je požadována stejná únosnost, z toho vyplývá:}$$

$$V_N = \frac{m_H}{\rho_B} = \frac{750}{2500} = 0.3 [\text{m}^3] = 300 [\text{l}] - \text{objem nové lopaty}$$

Velikost nové lopaty činí 300 litrů, jedná se o rozmíchávaný objem, lopata samotná je cca o 20% větší, z důvodu toho, že nelze míchat směs až po okraje lopaty, docházelo by tak ke ztrátám při rozmíchávání. Z toho objemu lze vyjádřit velikost plochy (tvar bočnice lopaty) za předpokladu známé šířky lopaty, šířka lopaty byla zvolena 1480 [mm]. Nově navržená lopata je na obrázku č. 24, tvar bočnice s rozměry je na obrázku č. 25.

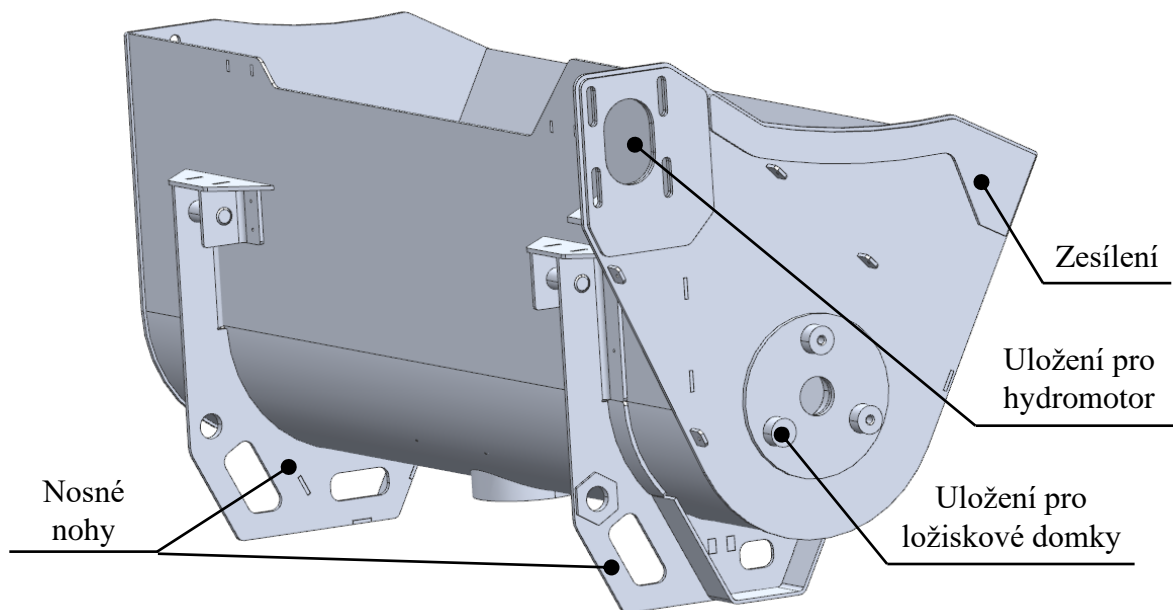


Obr. č. 24 Lopata pro zařízení na míchání betonu.



Obr. č. 25 Tvar bočnice se základními rozměry.

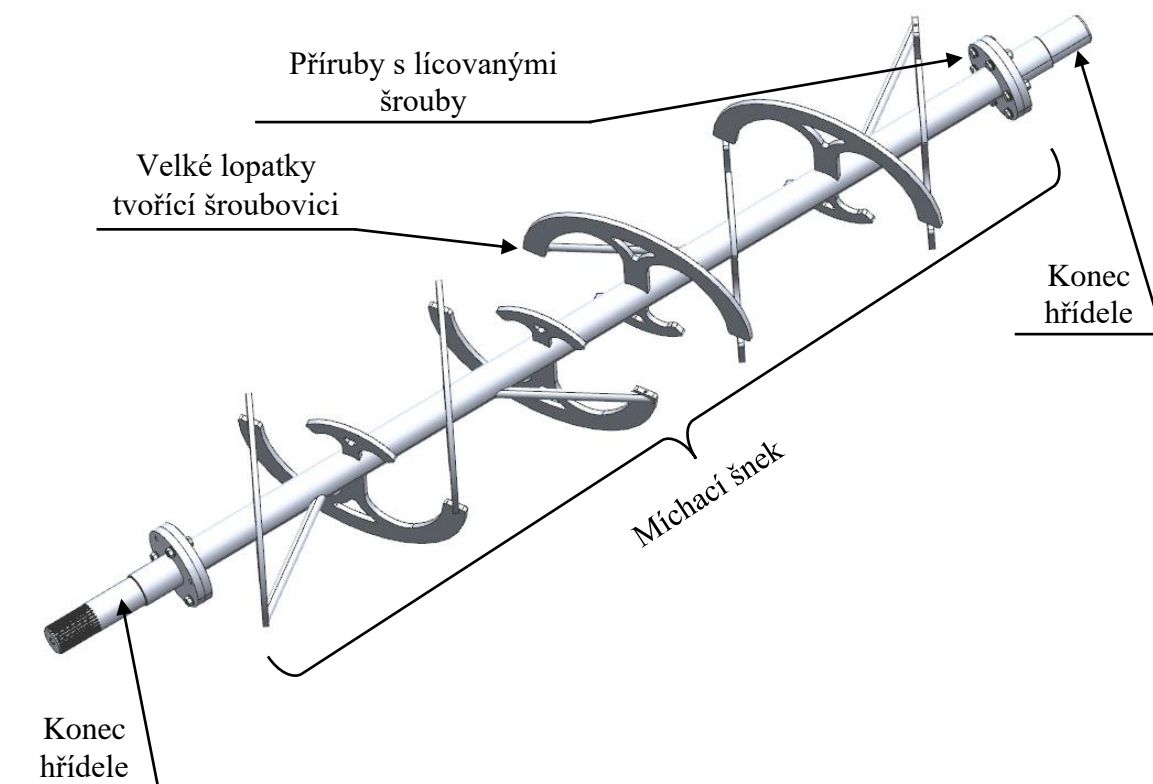
Nově navržená lopata pro přídavné míchací zařízení je i nosným členem pro zbylé části zařízení, jako je hydromotor, ložiska, těsnění, spodní výpust a rošt, v některých částech lopaty došlo k zesílení (zesílení vychází převážně z původní lopaty). Oproti původní lopatě je nově navržená lopata vybavena nosnými nohami, ty umožňují odepnutí lopaty od nakladače i přesto, že se v lopatě nachází rozmíchaná směs. Popis částí lopaty je na obr. č. 26.



Obr. č. 26 Lopata pro zařízení na míchání betonu.

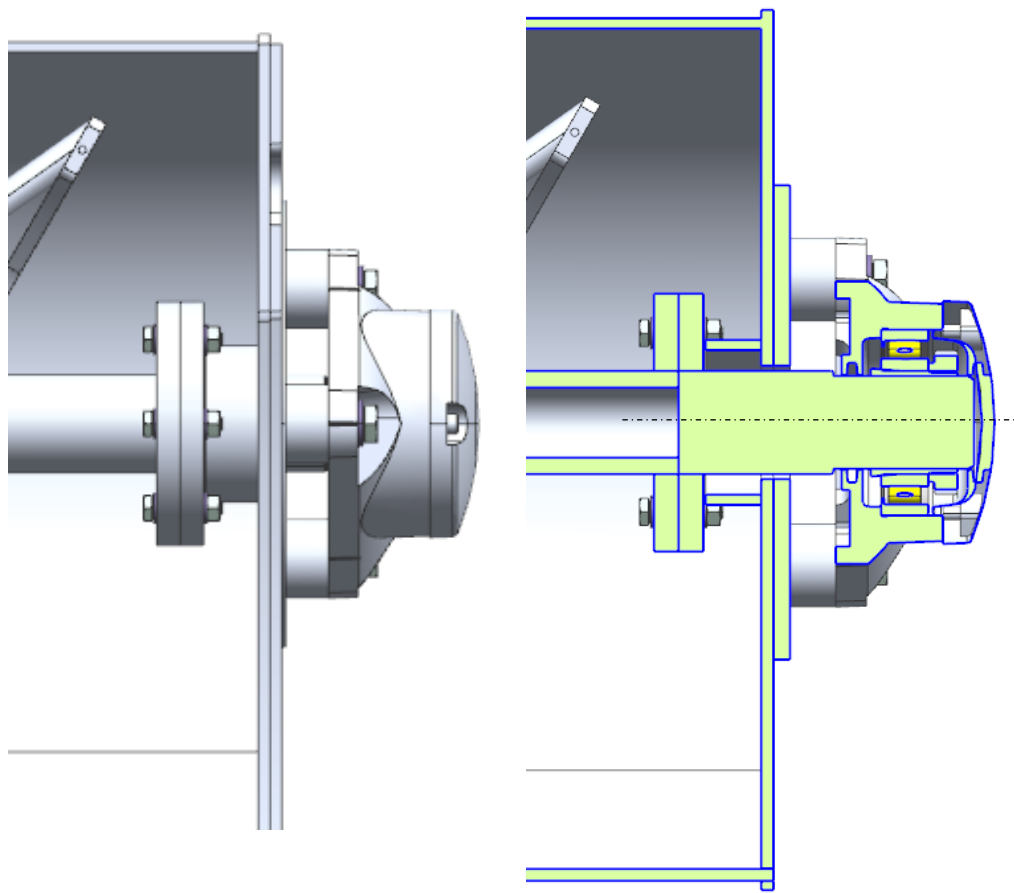
### 5.1.2 Míchací šnek

Míchací šnek je akčním členem, který v zařízení rozmíchává směs betonu. Pro zjednodušení šroubovice míchacího šneku dojde k jejímu rozdělení na části, tyto části jsou tvořeny jednoduchými segmenty (lopatkami), které jsou vhodným způsobem přivařeny na centrální hřídeli šneku. Pro zlepšení rozmíchávání jsou na centrální hřídeli přivařeny ještě další menší lopatky. Tvořená šroubovice míchacího šneku musí být symetrická, to umožní vyprázdnění zařízení i pomocí spodní výpusti, která je umístěna na středu dna lopaty, dále dojde k vyrušení vzniklých axiálních sil, jediné axiální síly pak budou tvořeny pouze výrobní nepřesností. Centrální hřídel míchacího šneku bude dělená, tak aby samotný míchací šnek šel snadno vložit do lopaty, spojen bude lícovanými šrouby přes příruby. Uložení hřídele je zajištěno v ložiskových domcích, které jsou umístěny z vnější strany bočnic, tak aby se ložiska vyhnula přímému styku s betonem. Konstrukce míchacího šneku je zobrazena na obrázku č. 27. Volné konce velkých lopatek jsou vyztuženy.



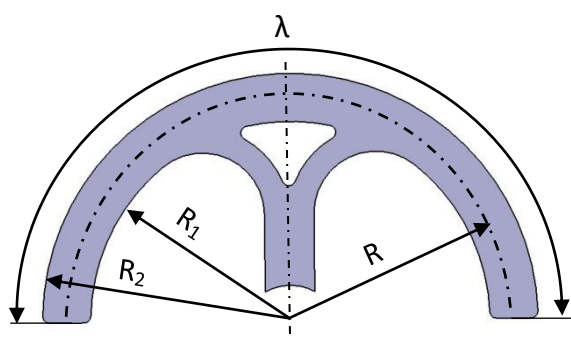
Obr. č. 27 Míchací šnek.

Při montáži míchacího šneku se nejprve z vnitřní strany prostrčí konce hřídele do ložisek, posléze se do lopaty vloží míchací šnek a dojde ke spojení hřídele pomocí lícovaných šroubů. Uložení hřídele v ložisku je zobrazeno na obrázku č. 28.

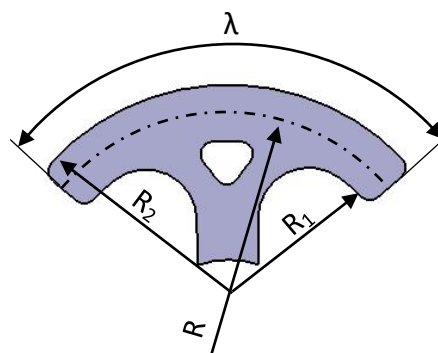


Obr. č. 28 Uložení hřídele v ložisku.

Velikost a počet lopatek spolu s natočením lopatek vůči ose hřídele míchacího šneku ovlivňuje velikost výkonu, který je potřebný na rozmíchání směsi v zařízení. Na míchacím šneku jsou použity dvě velikosti lopatek, lze je při výpočtu rozdělit na malé a velké. Použité lopatky jsou zobrazeny na obr. č. 29 a 30. Základní rozměry lopatek potřebné k výpočtu výkonu jsou uvedeny v tabulce č. 9. Úhel natočení lopatek vůči ose hřídele je označen jako  $\alpha$ .



Obr. č. 29 Velká lopatka.

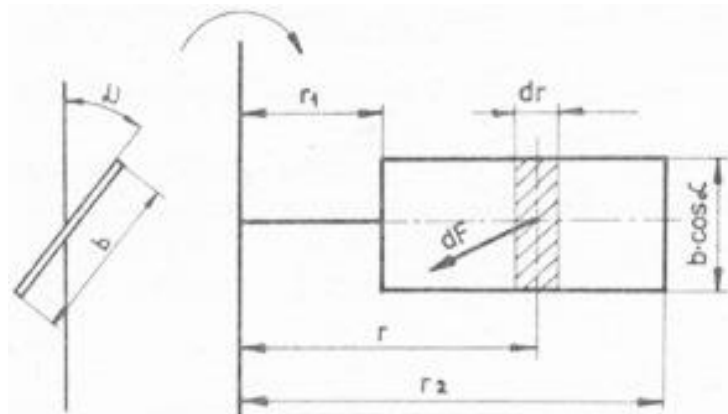


Obr. č. 30 Malá lopatka.

	$R_1$ [mm]	$R_2$ [mm]	$R=(R_2+R_1)/2$ [mm]	$\lambda$ [°]	$\alpha$ [°]
Velká lopatka	140	180	160	180	60
Malá lopatka	72	95	83.5	100	

Tab. č. 9 Rozměry lopatek.

Pro výpočet výkonu lze využít zjednodušenou metodu, která je založena na tom, že se všechny hodnoty odporů nahradí jedním empirickým měrným koeficientem odporu proti pohybu lopatek ve směsi. Schéma k výpočtu je zobrazeno na obrázku č. 31. [3]



Obr. č. 31 Schéma k výpočtu výkonu. [3]

$$P = \frac{k * b * \omega * \cos \alpha * (R_2^2 - R_1^2) * z * \varphi}{2 * \eta} \quad (1)$$

Kde:

$k = [N/m^2]$  - měrný koeficient odporu proti pohybu lopatek

$\alpha = [^\circ]$  - úhel natočení lopatek vůči ose hřídele

$\omega = [rad/s]$  - úhlová rychlost (vychází z požadavku na rychlost otáčení šneku)

$R_1, R_2 = [mm]$  – poloměry vnitřních a vnějších hran lopatek

$z =$  počet lopatek

$\varphi =$  koeficient zaplnění směsí

$\eta =$  účinnost pohonu

$b = [mm]$  – šířka lopatky

Výkon bude spočten zvlášť pro malé a velké lopatky, celkový výkon bude tvořen součtem dílčích výkonů, jelikož se při přesném výpočtu k lopatkám připočítávají ještě nosné části nesoucí lopatky, bude celkový výkon přenásoben koeficientem plnosti. Celkový výkon bude dále podělen účinností převodu, mezi pohonem a míchacím šnekem. [3]

Požadovaná rychlost míchání je v rozsahu od 25 do 50 [ot/min].

### Výpočet výkonu pro velké lopatky

$k = 5.5 \cdot 10^4$  [N/m<sup>2</sup>] – viz tabulka č. 7, odpor je volen pro tuhé směsi

$\alpha = 60$  [°]

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$  [rad/s] – rychlost otáčení zvolena 35 [ot/min]

$R_1, R_2 = 140, 180$  [mm] – viz tabulka č. 9

$z = 8$

$\varphi = 1$  – lopatky budou plně obklopeny směsí (100% ponoření)

$\eta = 0.65$

$b = R \cdot \lambda$  [mm] – šířka je dána jako rozvinem zaoblené lopatky, velikost  $\lambda = \pi$  (převedeno ze °)

Dosažením těchto hodnot převedených na základní jednotky do vztahu (1) bude získán výkon pro velké lopatky:

$$P_{VL} = \frac{5.5 \cdot 10^4 \cdot (0.16 \cdot \pi) \cdot (2\pi \cdot \frac{35}{60}) \cdot \cos 60 \cdot (0.18^2 - 0.14^2) \cdot 8 \cdot 1}{2 \cdot 0.65} =$$

$$P_{VL} = 3.991[\text{kW}]$$

### Výpočet výkonu pro malé lopatky

$k = 5.5 \cdot 10^4$  [N/m<sup>2</sup>] – viz tabulka č. 7, odpor je volen pro tuhé směsi

$\alpha = 60$  [°]

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$  [rad/s] – rychlost otáčení zvolena 35 [ot/min]

$R_1, R_2 = 72, 95$  [mm] – viz tabulka č. 9

$z = 8$

$\varphi = 1$  – lopatky budou plně obklopeny směsí (100% ponoření)

$\eta = 0.65$

$b = R \cdot \lambda$  [mm] – šířka je dána jako rozvinem zaoblené lopatky, velikost  $\lambda = \frac{5\pi}{9}$

Dosažením těchto hodnot převedených na základní jednotky do vztahu (1) bude získán výkon pro malé lopatky:

$$P_{ML} = \frac{5.5 \cdot 10^4 \cdot \left(0.0835 \cdot \frac{5\pi}{9}\right) \cdot (2\pi \cdot \frac{35}{60}) \cdot \cos 60 \cdot (0.095^2 - 0.072^2) \cdot 8 \cdot 1}{2 \cdot 0.65} =$$

$$P_{ML} = 0.374[\text{kW}]$$

## Celkový výkon

Pro výpočet celkového výkonu byl koeficient plnění zvolen 1.4 a účinnost převodu mezi pohonem a míchacím šnekem je 95%.

$$P_C = \frac{1.4 * (P_{VL} + P_{ML})}{0.95} = \frac{1.4 * (3.991 + 0.347)}{0.95} = 6.393 \text{ [kW]}$$

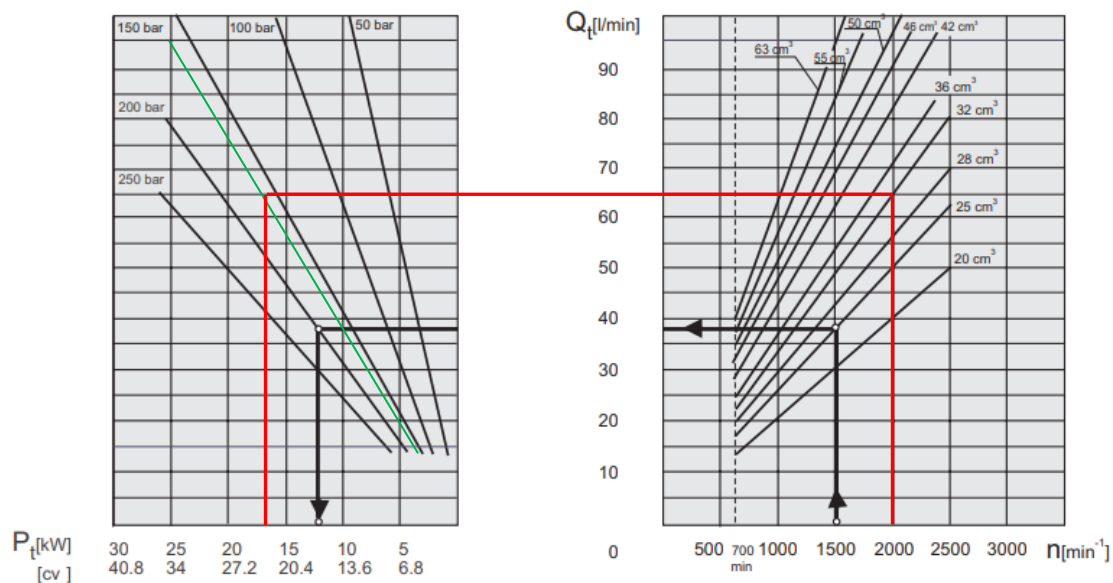
Celkový potřebný výkon pro rozmíchání je necelých 6.5[kW]. Z toho výkonu při známých otáčkách míchání lze vyjádřit potřebný krouticí moment.

$$M_k = \frac{P_C}{\omega} = \frac{6.393}{2\pi * \frac{35}{60}} = 1744.190 \text{ [Nm]}$$

### 5.1.3 Návrh pohonu

Pro pohon zařízení na míchání betonu je použit rotační hydromotor. Po konzultaci a doporučení od firmou Hydac v Rokycanech jsem zvolil rotační orbitový hydromotor od výrobce M+S Hydraulic, rotační orbitový hydromotor nese označení MT, tyto motory se používají např. u dopravníků, zemědělských strojů, v důlním průmyslu,...

Při návrhu pohonu bude vycházeno z hydraulického systému smykového nakladače UNC 750, tento nakladač je osazen zubovým hydrogenerátorem s označením A72XTM, hydrogenerátor je poháněn naftovým motorem Zetor, parametry motoru jsou uvedeny v úvodní části (kapitola 1.1). Zubový hydrogenerátor generuje při 2000 [ot/min] tlak 160 [bar] a průtokové množství 65 [l/min], charakteristika zubového hydrogenerátoru je zobrazena na obr. č. 32.



Obr. č. 32 Charakteristika zubového hydrogenerátoru A72XTM. [13]

Geometrický objem hydrogenerátoru vychází z následujícího vztahu [14]:

$n_g = 2000$  [ot/min] – otáčky čerpadla

$Q = 65$  [l/min] =  $1083.334$  [cm<sup>3</sup>/s] – průtokové množství

$p = 160$  [bar] =  $16$  [MPa] =  $16 \cdot 10^6$  [Pa] – generovaný tlak

$$V_g = \frac{Q}{n_g} = \frac{1083.334}{\frac{2000}{60}} = 32.5 \text{ [cm}^3\text{]} \quad (2)$$

Podle geometrického objemu čerpadla lze z charakteristiky vyčíst, že výkon čerpadla je cca 17 [kW]. Tuto hodnotu ověříme následujícím výpočtem:

$$P = p * Q = 16 * 10^6 * 0.001083334 = 17333 \text{ [W]} = 17.333 \text{ [kW]}$$

Protože zubový hydrogenerátor mimo rotačního hydromotoru, který bude sloužit jako pohon v zařízení na míchání betonu, pohání ještě pracovní válce nakladače. Uvažované snížení výkonu včetně ztrát v potrubí činí 50%. Pro rozmíchání musí být splněna podmínka, že výkon pohonu musí být větší než potřebný výkon pro rozmíchání.

$$P * 0.5 > P_c$$

$$17.333 * 0.5 > 6.393$$

$$8.667 > 6.393 \Rightarrow \text{podmínka pro rozmíchání je splněna}$$

Při návrhu velikosti rotačního hydromotoru je uvažováno, že hydromotor bude připojen na zdroj s konstantním průtokem a ztráty při průchodu hydromotorem jsou zanedbatelné. V tomto případě lze použít stejný vztah (2), jako při výpočtu geometrického objemu čerpadla. Jedinou neznámou vstupní hodnotou pro tento vztah jsou otáčky hydromotoru, ty lze dopočítat ze známých otáček na míchacím šneku a převodového poměru. Otáčky míchacího šneku byly zvoleny 35 [ot/min]. Velikost převodového poměru je omezena zástavbovým prostorem a hodnotami jednotlivých rotačních hydromotorů, proto byl převodový poměr zvolen 3.5.

$i = 3.5$  – převodový poměr

$n_s = 35$  [ot/min] – otáčky míchacího šneku

$n_M = n_s * i = 35 * 3.5 = 122.5$  [ot/min] – teoretické otáčky hydromotoru

$V_M = \frac{Q}{n_M} = \frac{1083.334}{\frac{122.5}{60}} = 530.612 \text{ [cm}^3\text{]} – \text{teoretický geometrický objem hydromotoru}$



Z katalogu rotačních hydromotorů M+S Hydraulic byl podle geometrického objemu zvolen hydromotor s označením MT 500, jeho základní parametry jsou uvedeny v tabulce č. 10. Ostatní potřebné parametry jsou přiloženy v příloze.

Typ		MT 160	MT 200	MT 250	MT 315	MT 400	MT 500	MT 630	MT 725
hltnost (cm <sup>3</sup> /ot)		161,1	201,4	251,8	326,3	410,9	523,6	631,2	724,3
Max. otáčky (1/min)	Dlouhodobý provoz	625	625	500	380	305	240	197	164
	Intermitující provoz *	780	750	600	460	365	285	234	199
Max. krouticí moment (daNm)	Dlouhodobý provoz	47	59	73	95	108	122	138	153
	Intermitující provoz *	56	71	88	114	126	137	155	172
	Špičkový provoz **	66	82	102	133	144	160	180	200
Max. přenášený výkon (kW)	Dlouhodobý provoz	26,5	33,5	33,5	33,5	30	26,5	24,3	20,2
	Intermitující provoz *	32	40	40	40	35	30	27,5	26,8
Max. tlakový spád (bar)	Špičkový provoz **	200	200	200	200	180	160	140	120
	Dlouhodobý provoz	240	240	240	240	210	180	160	140
	Intermitující provoz *	280	280	280	280	240	210	190	165
Max. průtok (l/min)	Dlouhodobý provoz	100	125	125	125	125	125	125	125
	Intermitující provoz *	125	150	150	150	150	150	151,4	151,4
Max. vstupní tlak (bar)	Dlouhodobý provoz	210	210	210	210	210	210	210	210
	Intermitující provoz *	250	250	250	250	250	250	250	250
	Špičkový provoz **	300	300	300	300	300	300	300	300

Tab. č. 10 Parametry hydromotoru MT500. [15]

Podle geometrického objemu rotačního hydromotoru MT500 zjistíme skutečné otáčky hydromotoru, dále pak krouticí moment a tlakový spád.

Skutečné otáčky hydromotoru:

$$V_{M\_skut} = 523.6 \text{ [cm}^3] = 0.5236 \text{ [l]}$$

$$n_{M\_skut} = \frac{Q}{V_{M\_skut}} = \frac{65}{0.5236} = 124.141 \text{ [ot/min]}$$

Krouticí moment hydromotoru:

$$M_{K\_M} = \frac{P}{2 * \pi * n} = \frac{17333 * 0.5}{2 * \pi * \frac{124.141}{60}} = 666.668 \text{ [Nm]}$$

Tlakový spád:

$$\Delta p = \frac{2\pi * M_K}{V_{M\_skut}} = \frac{2\pi * 666.668}{0.0005236} = 8\,000\,000 \text{ [Pa]} = 80 \text{ [bar]}$$

Skutečný krouticí moment a otáčky na šneku:

$\mu = 0.95$  – účinnost převodu

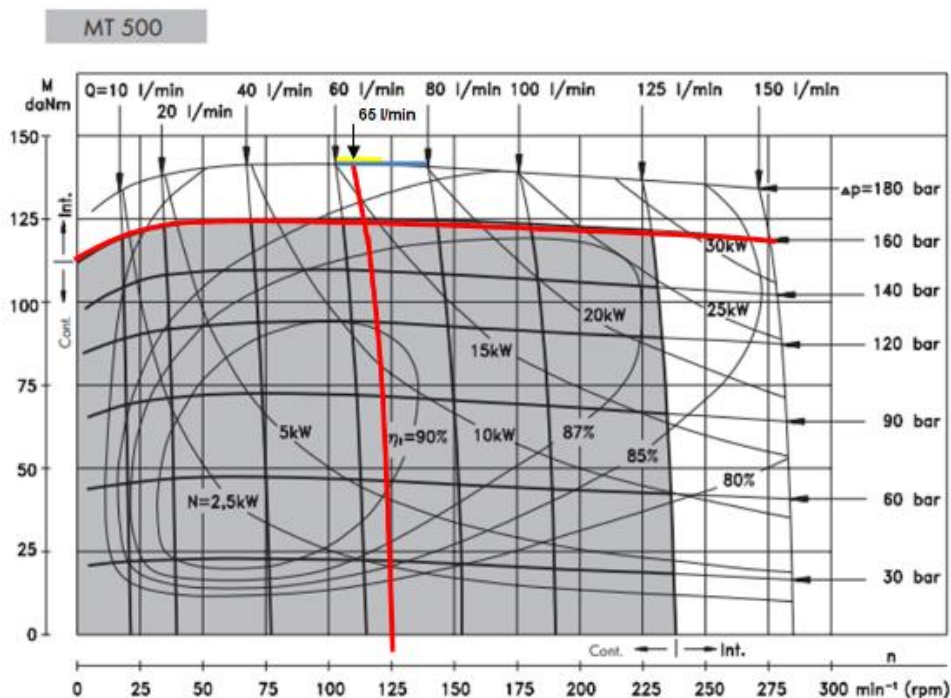
$$n_{\text{š\_skut}} = \frac{n_{M\_skut}}{i} = \frac{124.141}{3.5} = 35.469 \text{ [ot/min]}$$

$$M_{K\_šnek} = M_{K\_M} * i * \mu = 666.668 * 3.5 * 0.95 = 2216.672 \text{ [Nm]} \geq 1744.190 \text{ [Nm]}$$

Podmínka pro rozmíchání je splněna, krouticí moment od pohonu je větší než potřebný krouticí moment pro rozmíchání.

### Návrh průměru hřídele míchacího šneku

Při návrhu hřídele pro míchací šnek bude vycházeno z maximálních hodnot krouticího momentu rotačního hydromotoru, pokud by ho hydrogenerátor poháněl na 100% bez ztrát v potrubí a odběru pro pracovní válce nakladače. Hodnoty byly získány odečtením z charakteristiky pro hydromotor MT500, charakteristika je zobrazena na obr. č. 33. Jelikož je míchací šnek rozdělen, jeho konce budou navrženy z plné kruhové tyče a střed z trubky.



Obr. č. 33 Charakteristika hydromotoru MT500. [15]

Z charakteristiky je patrné, že krouticí moment dosahuje hodnoty 1150 [Nm] a otáčky mají hodnotu 125 [ot/min], při návrhu průměru bude zanedbána účinnost převodu. Materiál pro hřídel i trubku byl zvolen S335Jxxx s mezí kluzu do 335 [MPa], bezpečnost byla zvolena 1.3. Míchací šnek bude namáhán převážně krutem. Proto návrh průměru vyháží z namáhání krutem.

Návrh průměru hřídele:

$M_k = 1150 \cdot 3.5 = 4025$  [Nm] – krouticí moment na šneku

$R_e = 335$  [MPa] – mez kluzu použitého materiálu

$k = 1.3$  – bezpečnost

$$\tau_{k_D} = \frac{R_e}{k} = \frac{335}{1.3} = 273.077 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi d^3}{16}} \leq \tau_{k_D} \gg \text{ z toho vzorce vyjádříme } d$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot \tau_{k_D}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 4025000}{\pi \cdot 273.077}} = 42.104 \text{ [mm]} \text{ – minimální průměr hřídele}$$

Návrh průměru trubky:

Poměr mezi vnějším a vnitřním průměrem trubky zvolen 1.5

$$\frac{D}{d} = 1.5$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi}{16} \cdot D^3 \cdot \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right)} \leq \tau_{k_D} \gg \text{ z toho vzorce vyjádříme } D$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right) \cdot \tau_{k_D}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 4025000}{\pi \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{1.5}\right)^4\right) \cdot 273.077}} = 45.395 \text{ [mm]}$$

$$d = \frac{D}{1.5} = \frac{45.395}{1.5} = 30.263 \text{ [mm]}$$

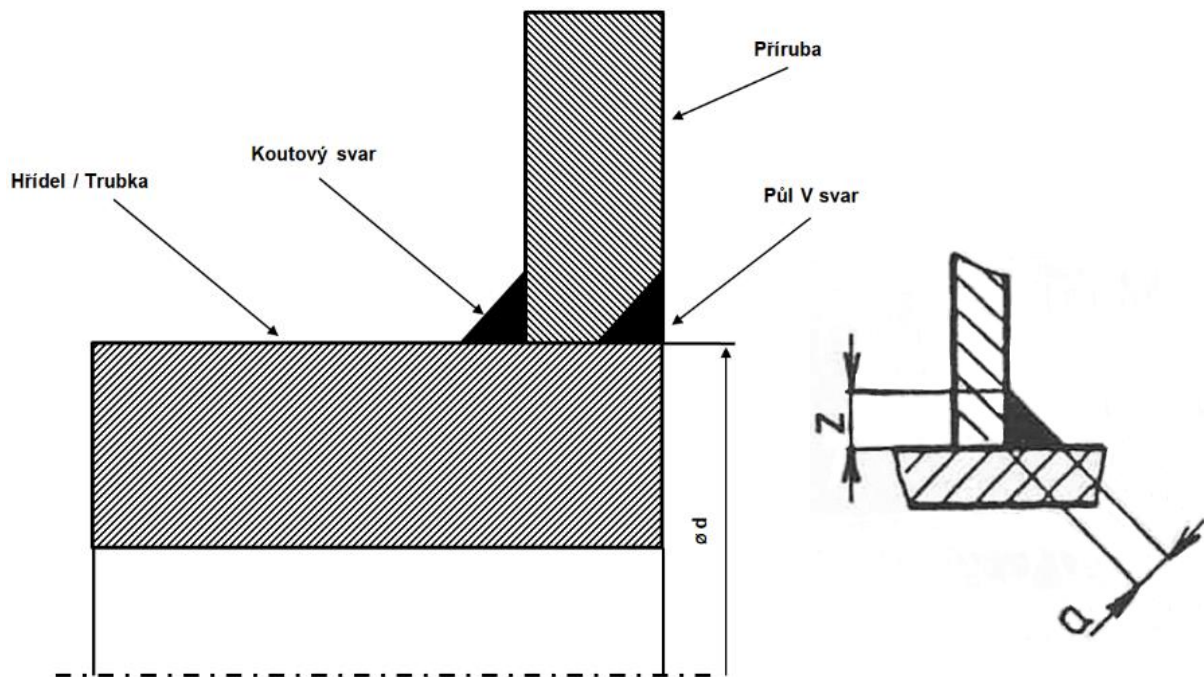
Byla zvolena trubka  $\text{Ø}50 \times 8$ ,  $\text{Ø}D=50$  [mm],  $\text{Ø}d=34$  [mm]. Pro zvolenou trubku je provedena kontrola.

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16 \cdot D}} = \frac{4025000}{\frac{\pi \cdot (50^4 - 34^4)}{16 \cdot 50}} = 208.593 \text{ [MPa]} \leq \tau_{k_D}$$

Navržená trubka vyhovuje.

## Návrh koutového a půl V svaru na přírubu hřídele a trubky

Návrh velikosti svarů závisí na průměru hřídele, čím menší bude průměr hřídele, tím větší bude svar. Jako nejmenší možný průměr pro sváry je zvolen průměr trubky  $\text{Ø}D = 50$  [mm]. Provedení svárů je zobrazeno na obr. č. 34. Materiál příruby bude stejný jako materiál trubky a hřídele.



Obr. č. 34 Provedení svárů.

Návrh svarů:

$M_k = 1150 \cdot 3.5 = 4025$  [Nm] – kroučící moment

$R_e = 335$  [MPa] – mez kluzu použitého materiálu

$k = 2$  – bezpečnost

$$\tau_{k,D} = \frac{R_e}{k} = \frac{335}{2} = 177.5 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{2 * W_k} = \frac{M_k}{2 * \frac{\pi * ((D + 2a)^4 - D^4)}{16 * (D + 2a)}} \leq \tau_{k,D}$$

Z toho vzorce lze dopočítat velikost hodnoty  $a$ , místo složitějšího vyjadřování volím metodu pokus-omyl, kdy si zvolím velikost  $a$ , tu následně dosadím do vzorce a porovnáím napětí s dovolenou hodnotou. Pro zjištění hodnoty lze využít např. internetovou stránku Wolfram Alpha.

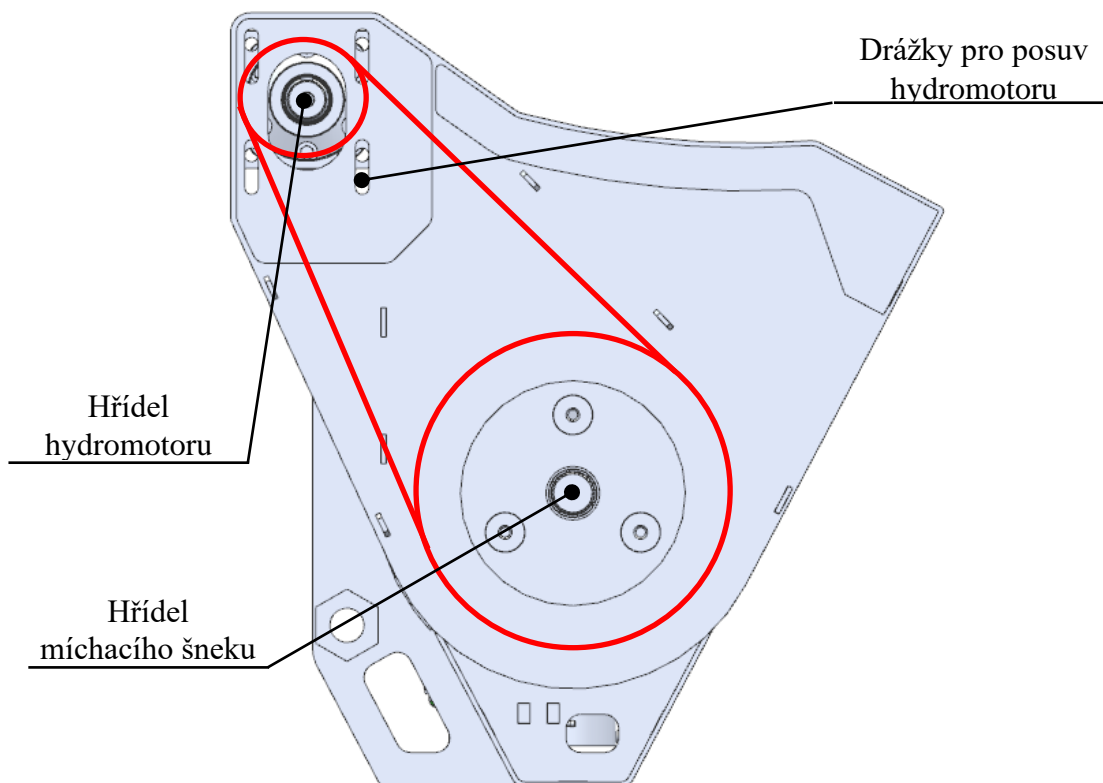
Pro velikost svaru  $a = 3$  [mm]:

$$\tau_k = \frac{M_k}{2 * W_k} = \frac{M_k}{2 * \frac{\pi * ((D + 2a)^4 - D^4)}{16 * (D + 2a)}} = \frac{4025000}{2 * \frac{\pi * ((50 + 2 * 3)^4 - 50^4)}{16 * (50 + 2 * 3)}} =$$
$$= 160.128 \text{ [MPa]} \leq \tau_{k,D} = 177.5 \text{ [MPa]}$$

Zvolená velikost svaru vyhovuje.

#### 5.1.4 Návrh převodu mezi rotačním hydromotorem a míchacím šnekem

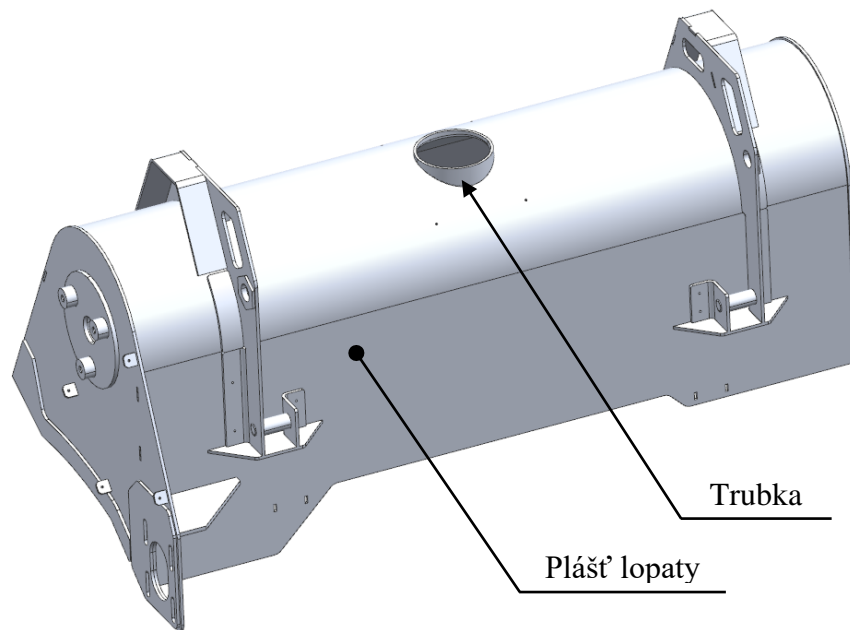
Velikost převodového poměru byla zvolena 3.5, tato velikost byla omezena poloměrem dna a tvarem bočnice, tento poloměr má hodnotu  $R=200$ [mm] viz obrázek č. 26. Převod může být realizován jak řetězem, tak ozubeným řemenem. U převodu řemenem musí být zajištěno napínání, to lze realizovat posuvným uložením rotačního hydromotoru, ten by byl posouván stavěcím šroubem. Převod řetězem bude mít menší šířku než řemen. Pro návrh jednotlivých převodů byl použit software MITCalc. Návrh převodů je v příloze č. I. Výběr použitého převodu bude vyhodnocen na základě ceny jednotlivých převodů. Schematické naznačení převodu je červeně zobrazeno na obr. č. 35.



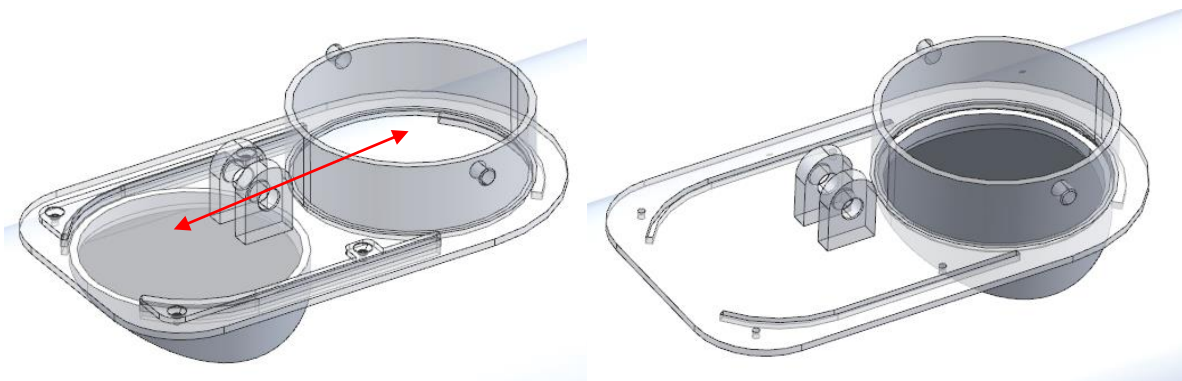
Obr. č 35 Schéma převodu – pohled z boku.

### 5.1.5 Spodní výpust

Spodní výpust je umístěna uprostřed dna lopaty, je jednou z možností, jak vysypat rozmíchanou směs z lopaty, jelikož otáčky míchacího šneku lze reverzovat, dokáže míchací šnek nahnat rozmíchanou směs na prostředek lopaty a využít tak spodní výpust. Spodní výpust umožňuje lít do úzkých prostorů, lze snadno dávkovat množství směsi, lze na ni připevnit hadici, která nám umožní lít např. do ztraceného bednění. Spodní výpust musí umožnit otevření a uzavření otvoru ve dně lopaty, tento otvor musí být těsněn, aby nedocházelo ke ztrátám při rozmíchávání směsi. V plášti lopaty je díra, která je vyztužena trubicou. Lopata s otvorem pro výpust je zobrazena na obr. č. 36. Princip otvírání a uzavírání výpusti je zobrazen na obr. č. 37, vlevo na obrázku je zobrazeno uzavření výpusti, vpravo pak otevření.

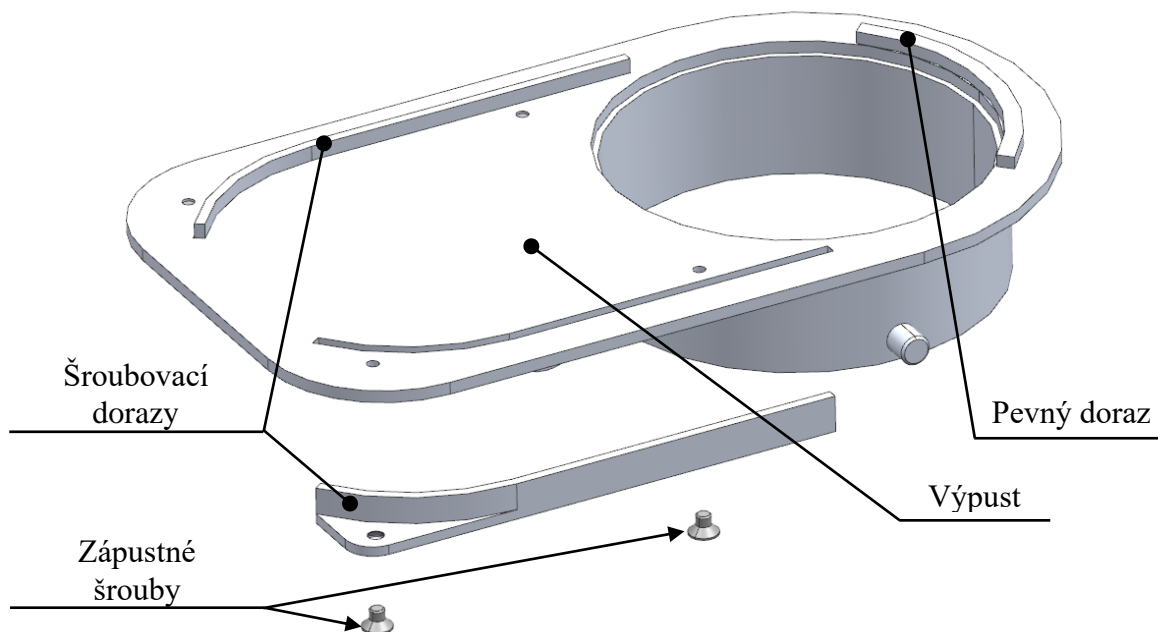


Obr. č. 36 Lopata s otvorem pro výpust.



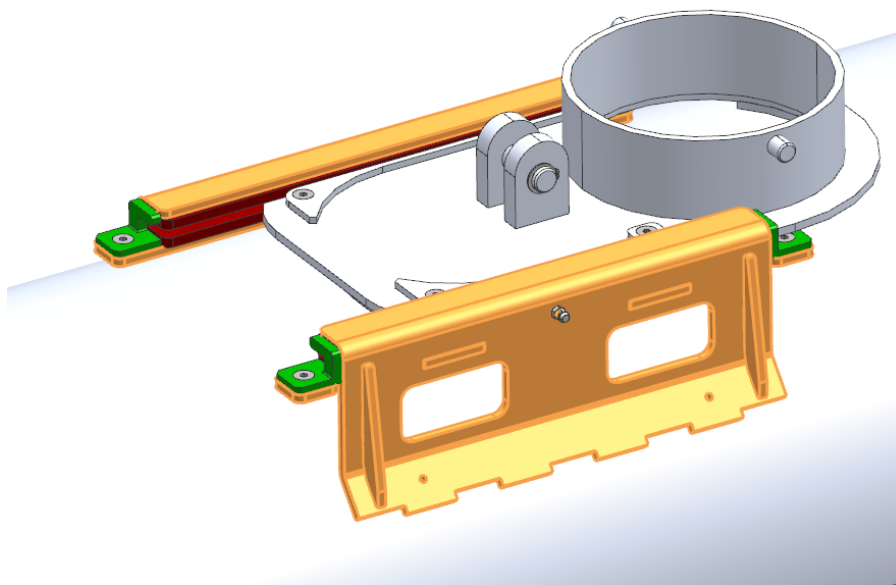
Obr. č. 37 Princip otvírání a uzavírání výpusti.

K otevírání a zavírání výpusti je potřeba přímočarý pohyb. Samotná výpust je opatřena dorazy, jedním pevným a dvěma šroubovacími, tím se vymezí krajní polohy. Výpust s dorazy je zobrazena na obr. č. 38.



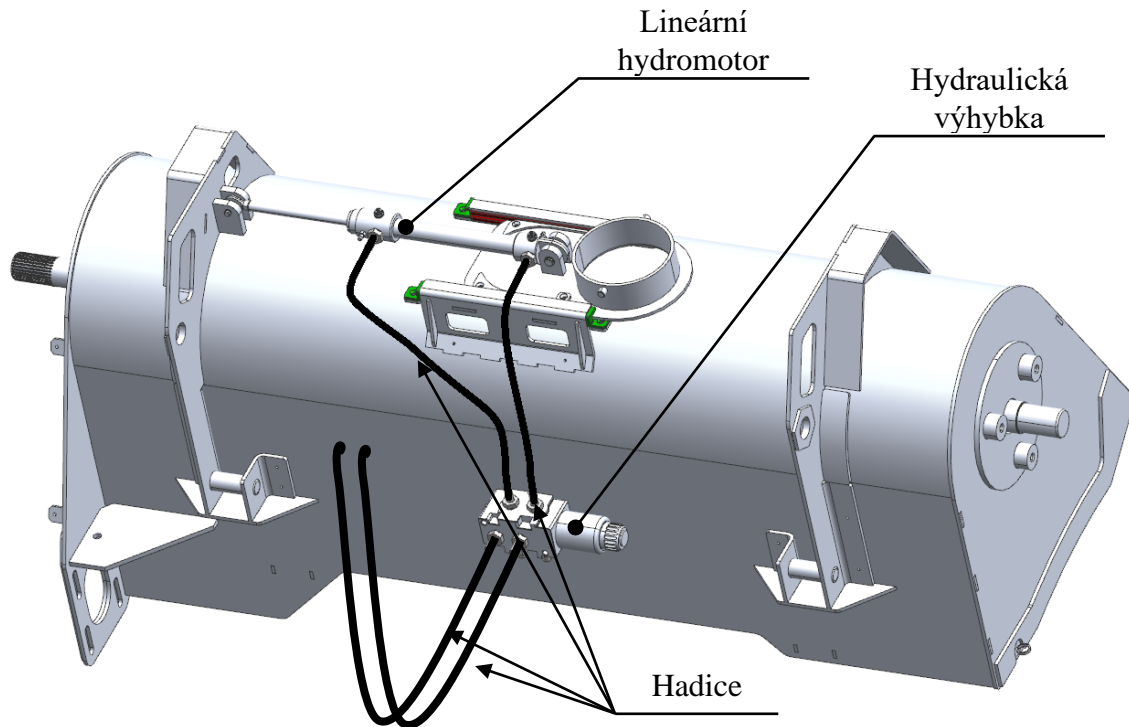
Obr. č. 38 Výpust včetně dorazů.

Na obrázku č. 39 je oranžově zobrazeno vedení výpusti, to je k lopatě pevně připojeno (přivařeno), samotné vedení má v sobě vyměnitelné obložení (na obrázku zobrazeno červeně), toto obložení je zajištěno dorazy (na obrázku zobrazeno zeleně). Jedná se o kluzné vedení. Obložení bude vyrobeno z vhodného plastu (teflon nebo PE-HMW), pokud by plastové obložení nemělo dlouhou životnost, bude nahrazeno kovovým. Vedení je opatřeno mazničkami, plastické mazivo snižuje tření a opotřebení obložení.



Obr. č. 39 Vedení výpusti.

Výpust lze ovládat ručně pákou nebo s využitím hydrauliky (lineárním hydromotorem), pro zařízení volím ovládání pomocí lineárního hydromotoru, jelikož je hlavní pohon řešen pomocí hydrauliky. Do hydraulického obvodu bude zapotřebí zařadit hydraulickou výhybku, jedná se o elektromagneticky ovládaný 6/2 ventil, který umožní ovládání výpusti. Výpust včetně hydromotoru je zobrazen na obr. č. 40.

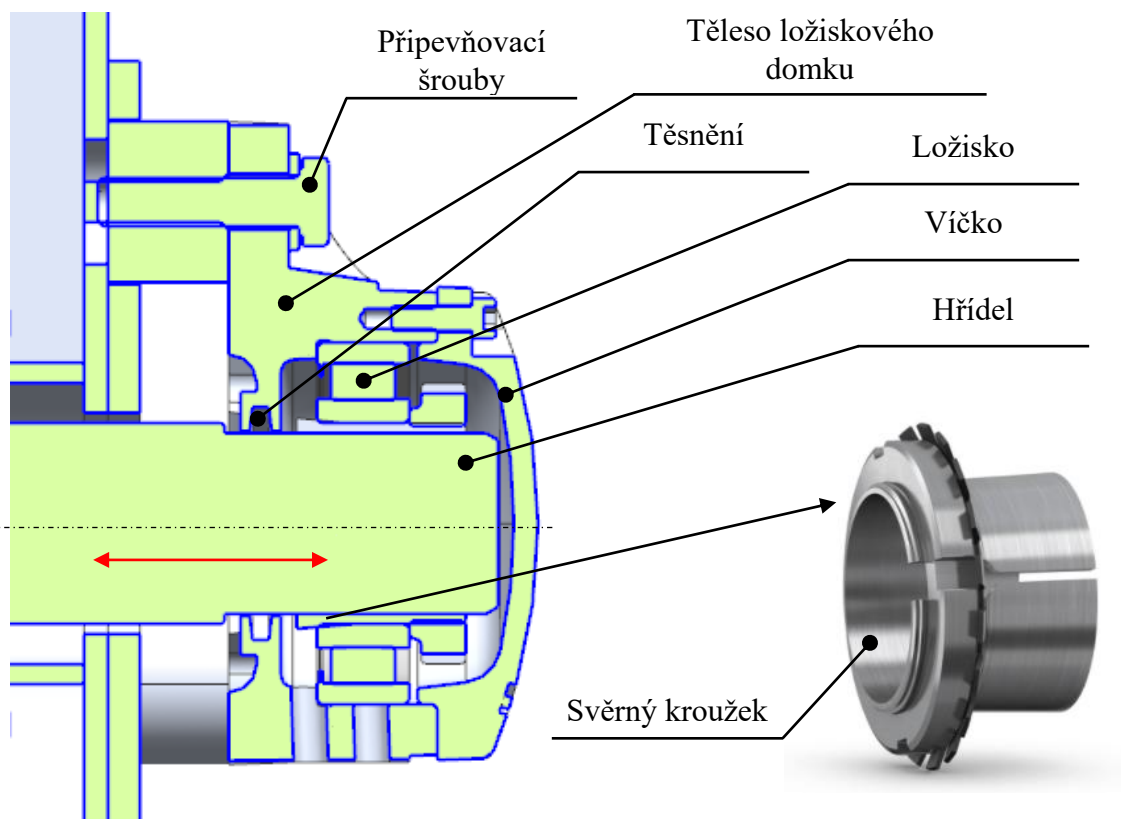


Obr. č. 40 Ovládání výpusti.

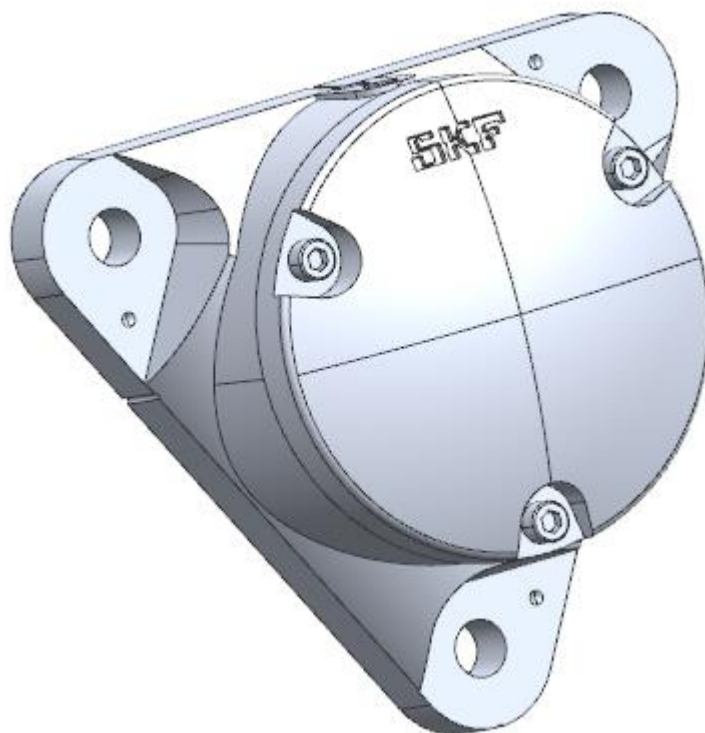
### 5.1.6 Návrh ložisek

Ložiska míchacího šneku budou uloženy v ložiskových domech na bočnicích z vnější strany lopaty, tím se zamezí přímému styku s rozmíchávanou směsí, i při poškození těsnění nedojde k poruše ložiska, jelikož jsou domečky od bočnice odsazené. Při výpočtu ložisek bude nejdříve zjištěno zatížení v místě ložisek, uložení hřídele si lze představit jako nosník na dvou podporách, v tomto případě s převislým koncem. Zatížení je dáno krouticím momentem a napínací silou. Na míchacím šneku budou použity ložiskové domky od firmy SKF s označením FNL, pro hydromotor bude ložiskový domek vyráběn, z důvodu nevhodného zástavbového prostoru nakupovaných ložiskových domků. Výpočty ložisek jsou uvedeny v příloze č. II, pro výpočet ložisek byl použit software PTC Mathcad. Z návrhu vyšlo, že pro míchací šnek bude použit ložiskový domek SKF FNL 510B, ten má v sobě soudečkové ložisko C2210V, ložisko je na hřídeli zajištěno speciálním svěrným kroužkem (označení SKF H310E), tento kroužek umožní osové posunutí hřídelů a lze tak vymezit vzniklé nepřesnosti při výrobě, sevření je provedeno pomocí KM matice, která je zajištěna MB podložkou. Uložení, v nakupovaném ložiskovém domku, je zobrazeno na obrázku č. 41. Samotný ložiskový domek je zobrazen na obr. č. 42.



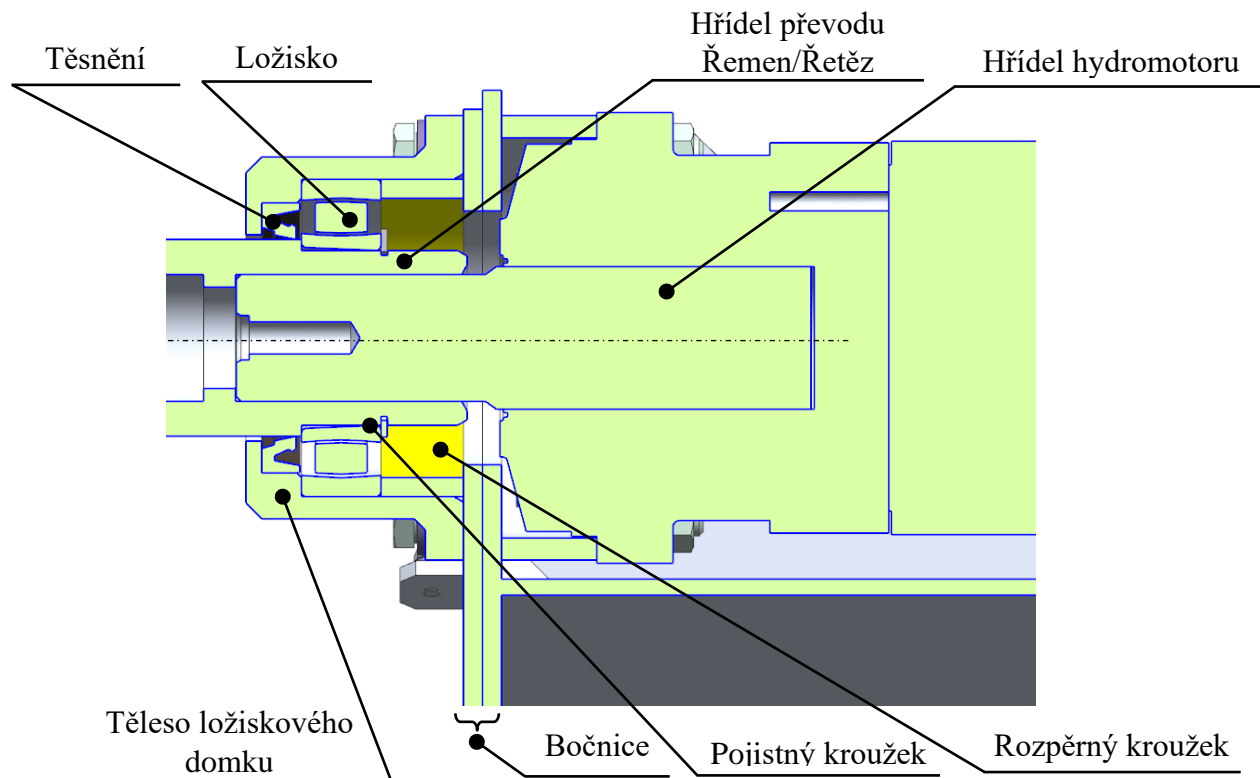


Obr. č. 41 Uložení v ložiskovém domku FNL. [16]

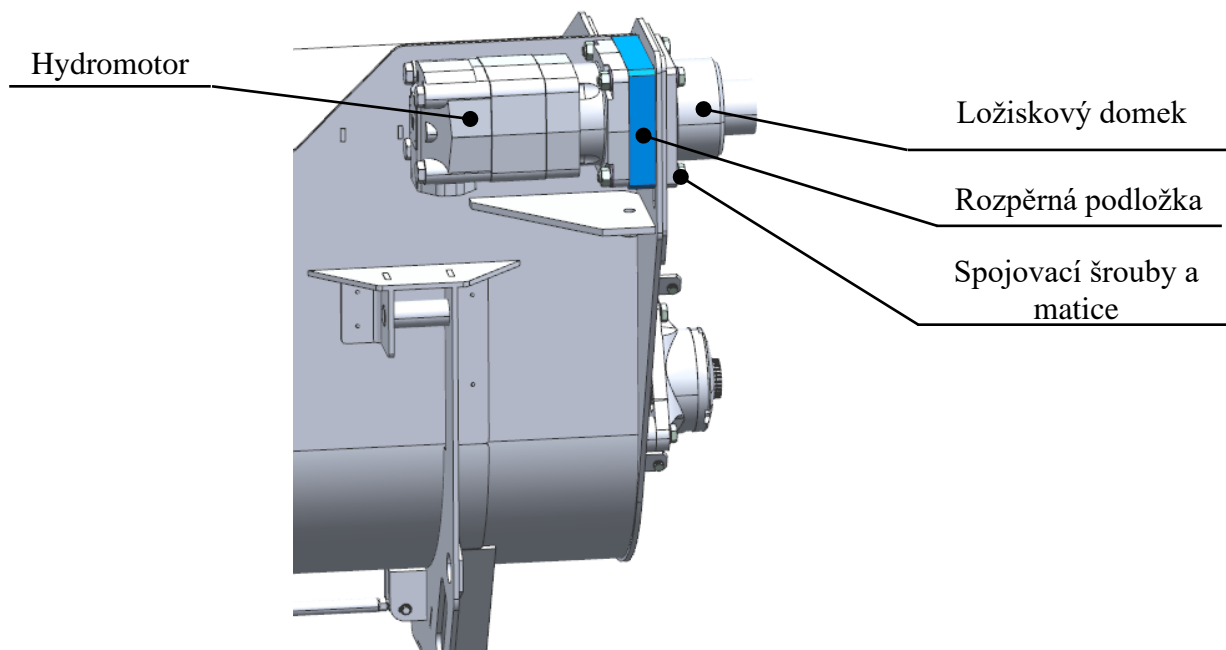


Obr. č. 42 Ložiskový domek FNL. [16]

Ložisko u rotačního hydromotoru je uloženo ve vyráběném domku, jedná se o stejné ložisko, které je použito na hřídeli míchacího šneku, jedná se o soudečkové ložisko s označením C2210V. Uložení je zobrazeno na obr. č. 43. Spojení hydromotoru s vyráběným domkem je zobrazeno na obr. č. 44.



Obr. č. 43 Uložení ve vyráběném ložiskovém domku.

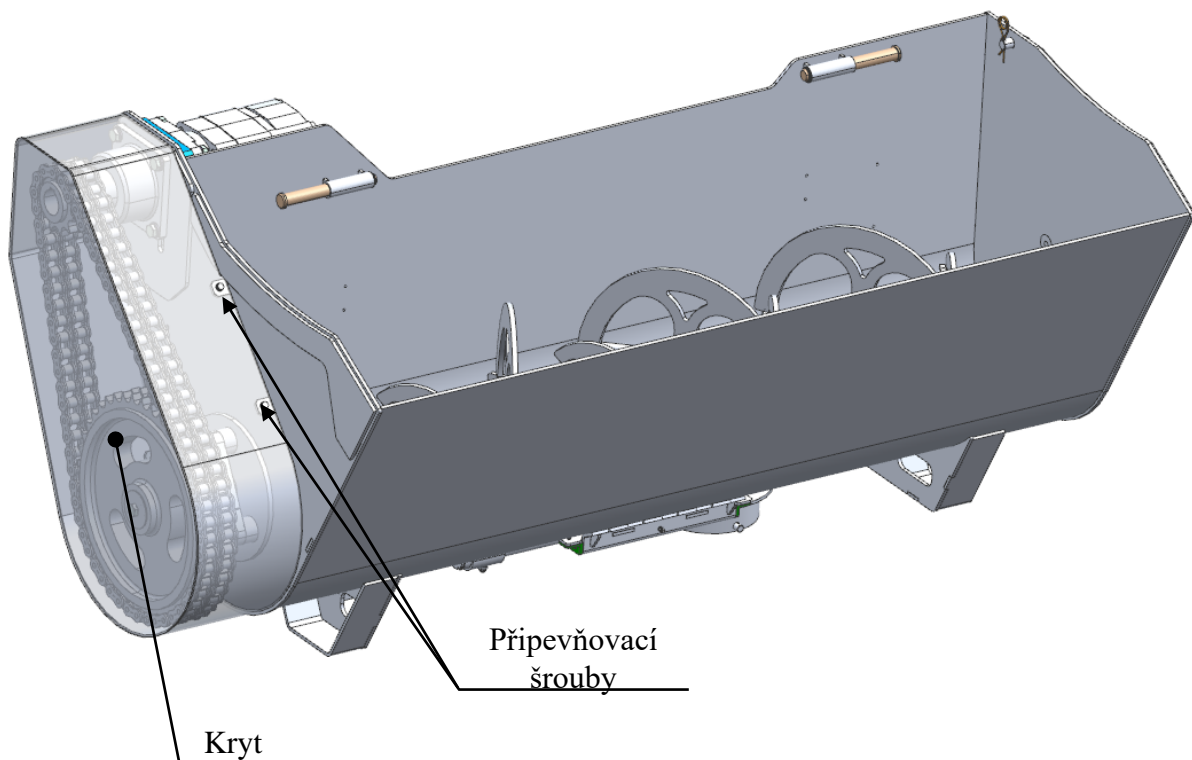


Obr. č. 44 Spojení hydromotoru s vyráběným domkem.

### 5.1.7 Bezpečnost

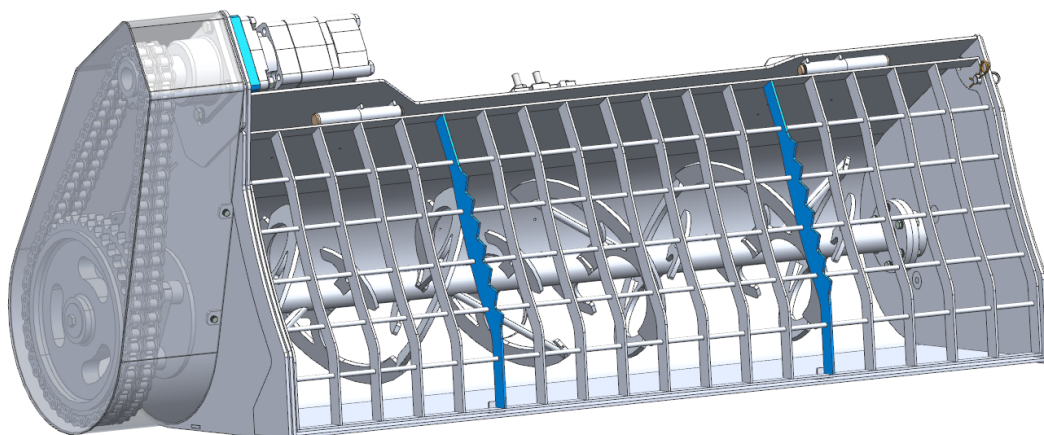
Přídavné zařízení na míchání betonu je navrženo tak, aby při práci a obsluze zařízení nedocházelo ke vzniku rizika, které by mohlo vést k jakémukoliv zranění nebo poškození, jak obsluhy, tak samotného zařízení.

U přídavného zařízení je nutné zakrytovat pohon (převod mezi rotačním hydromotorem a míchacím šnekem), tímto krytem lze zabránit jak možnému zranění obsluhy, tak případnému poškození převodu. Kryt je pevně spojen s lopatou, sundat jde pouze po odšroubování šroubů, kryt pohonu je zobrazen na obrázku č. 45.

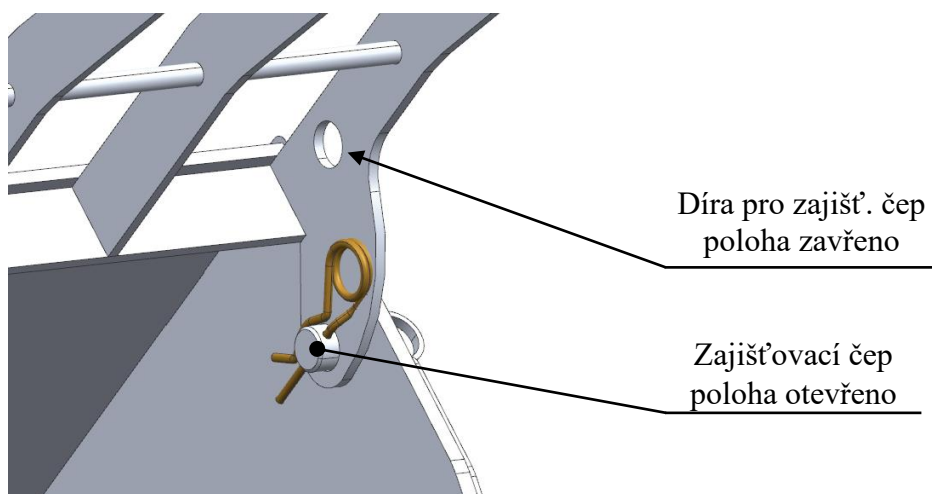
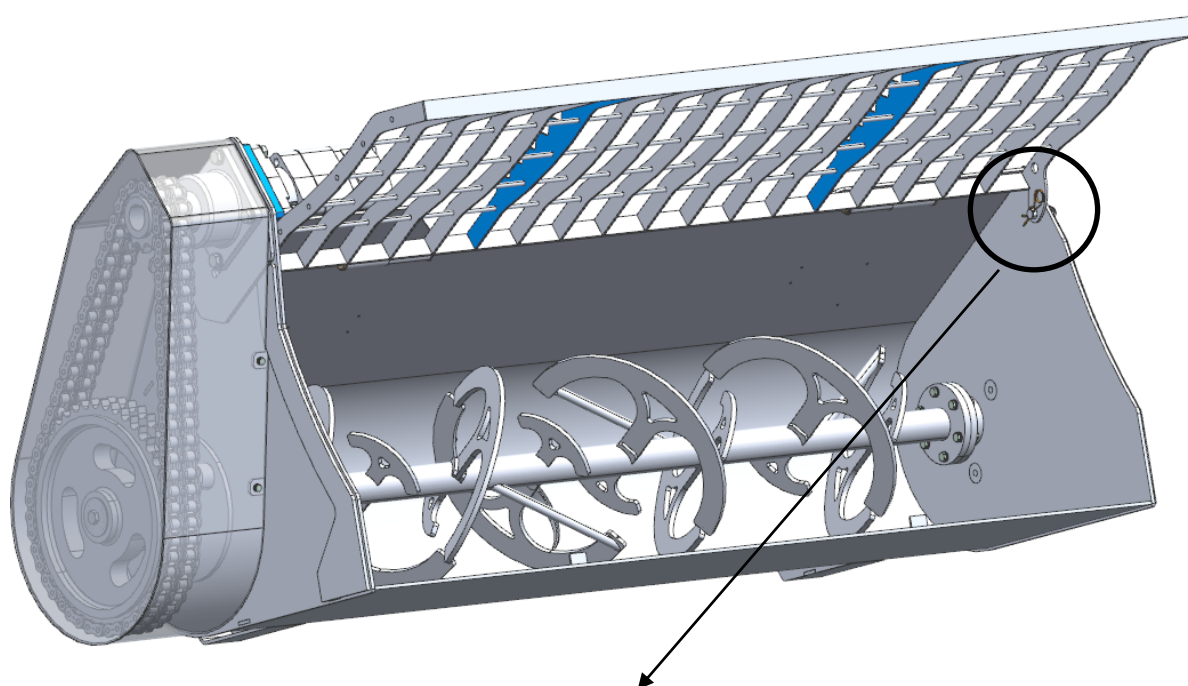


Obr. č. 45 Kryt pohonu.

Dalším bezpečnostním prvkem je rošt, ten brání přímému kontaktu obsluhy s míchacím šnekem. Rošt dále zabráňuje případnému vniknutí nežádoucího předmětu do míchačky. Velikost oka roštu je definována tak, aby obsluha nemohla prostrčit pěst skrz rošt, přesto musí být umožněno snadné plnění lopaty. Rošt lze otevírat, je to z důvodu snadnější údržby (čištění po skončení míchání nebo oprava poruchy), poloha roštu je zajištěna čepem. Rošt má, mimo bezpečnost, ještě další výhodnou vlastnost, tou je možnost roztržení pytle cementu o již připravené zuby, tím se zjednoduší plnění lopaty. Rošt umístěný v lopatě je na obr. č. 46 a zajištění polohy roštu je zobrazeno na obr. č. 47. Na obrázku jsou vidět modře zabarvené lamely roštu, tyto lamely jsou opatřeny zuby, které slouží k roztržení pytle s cementem.



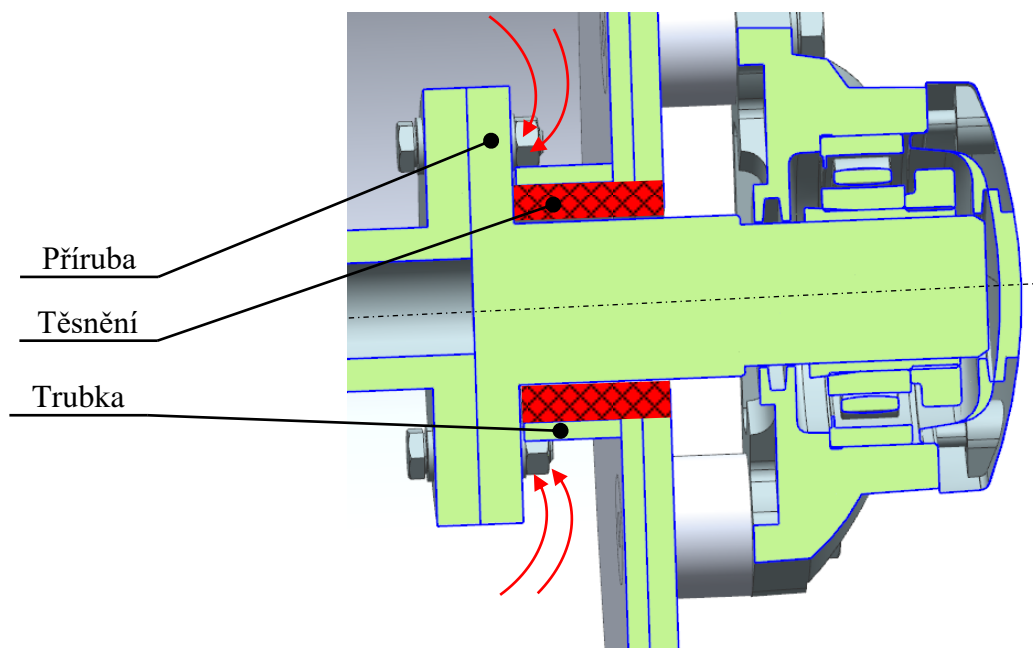
Obr. č. 46 Rošt lopaty



Obr. č. 47 Zajištění polohy roštu.

### 5.1.8 Těsnění

Těsnění má zabránit průniku betonu z lopaty ven. Je potřeba těsnit hřídel míchacího šneku v místě průchodu skrz stěnu bočnice. Na vnitřní straně bočnice je navařená trubka, která zvětšuje místo pro těsnění. Pro návrh těsnění jsem kontaktoval firmu SEALL s.r.o., této firmě jsem poslal předběžný návrh se zástavbovým prostorem, potřebné informace o těsněném mediu a rychlostech míchacího šneku. Beton se k těsnění dostává mezerou mezi přivařenou trubkou a přírubou hřídele, viz obr. č. 48, červené šipky naznačují přístup betonu k těsnění.



Obr. č. 48 Zástavbový prostor pro těsnění.

Firma následně dodala návrh na těsnění. Vzhledem k tomu, že je beton abrazivní medium a hřídel koná rotační pohyb, tak pro těsnění byla zvolena ucpávková šňůra s označením 8921-K od společnosti Garlock. Průřez ucpávkové šňůry je čtvercový. Rozměr průřezu je 9.5x9.5[mm] (3/8''). Ze šňůry jsou nařezány tři proužky, ty jsou následně svinuty do kroužků tak, aby bylo možné tyto kroužky umístit do trubky. Jednotlivé spoje ucpávkových kroužků by neměly být v řadě za sebou, ideálně spoje pootočít o 90[°]. Ucpávková šňůra je umístěna z vnitřní strany bočnice (lopaty). Šňůra je zobrazena na obr. č. 49. Pro uzavření celého těsnicího systému před nečistotami zvenčí je z vnější strany bočnice umístěn stírací kroužek. Materiál stíracího kroužku je z důvodu lepšího mazání zvolen z polyuretanu s molykou. Označení stíracího kroužku je WR17, jeho profil je zobrazen na obr. č. 50, jedná se o ostrý oboustranný břit. Oboustranný břit zajistí efektivní ochranu.

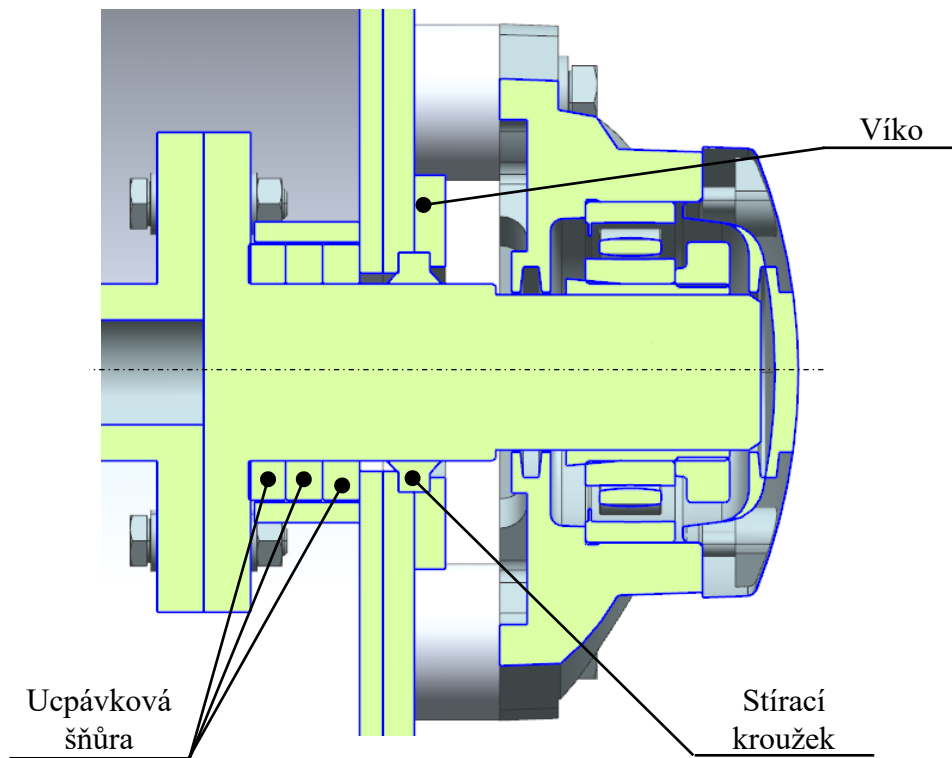


Obr. č. 49 Ucpávková šňůra. [17]

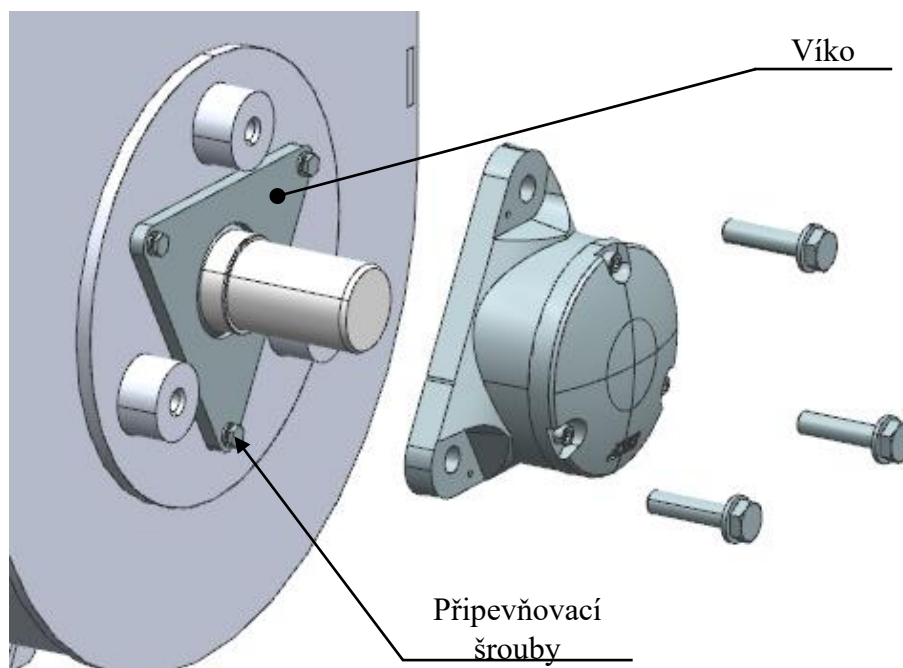


Obr. č. 50 Stírací kroužek WR17. [17]

Stírací kroužek je zajištěn víkem, víko je potřeba namontovat před ložiskovým domkem. Zatěsnění je zobrazeno na obr. č. 51. Montáž víka je zobrazena na obr. č. 52.



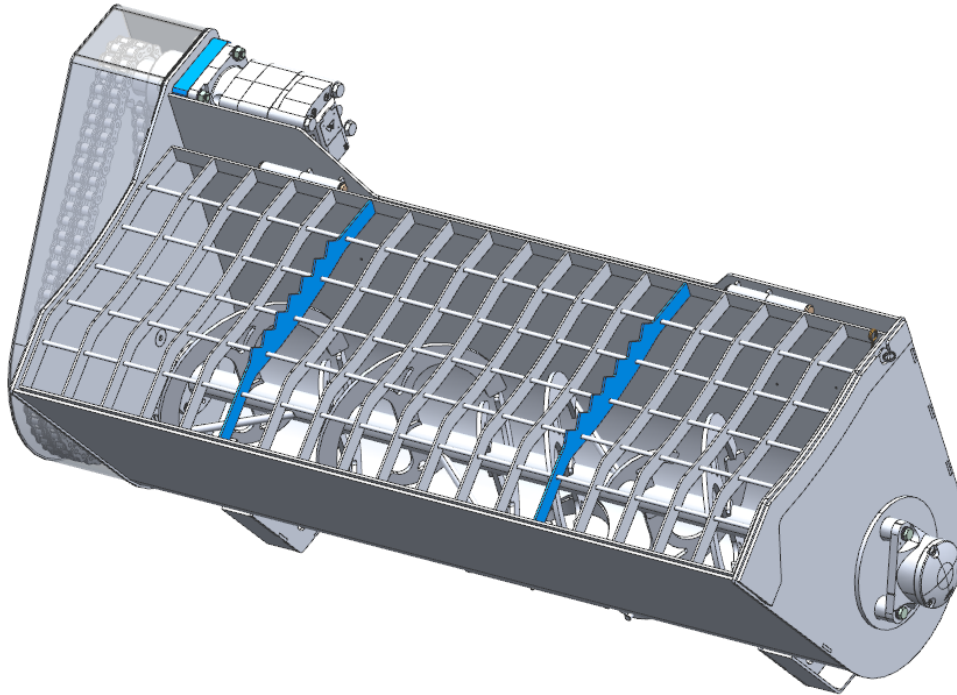
Obr. č. 51 Těsnění.



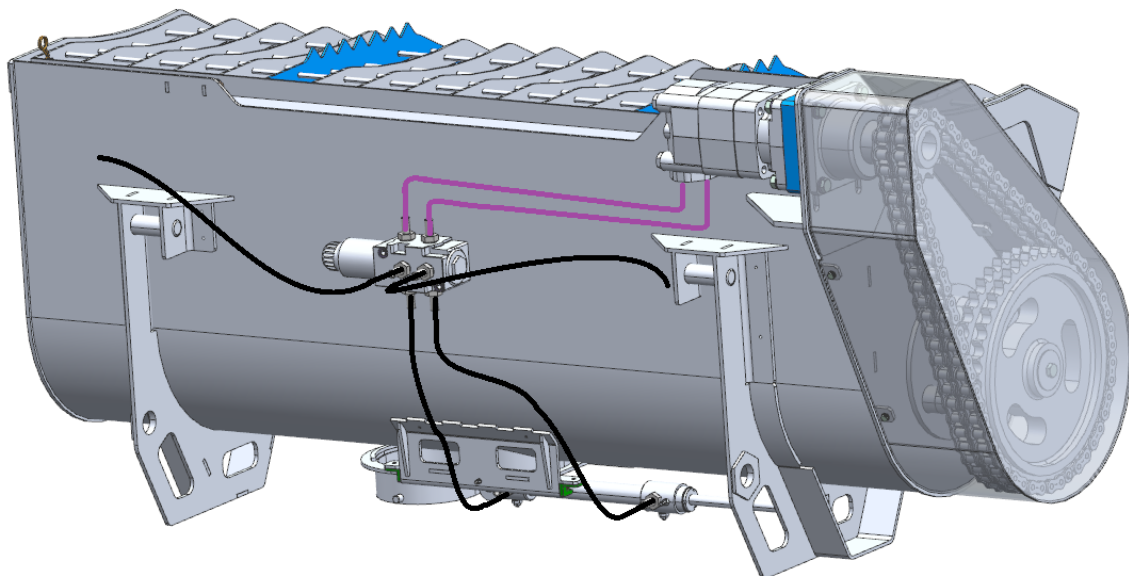
Obr. č. 52 Montáž víka na bočnici.

### 5.1.9 Výsledný návrh

Po vyřešení dílčích uzlů se dostávám k výsledku konstrukčního návrhu, ten je zobrazen na obr. č. 53 a 54. Pro finální návrh je vybrán řetězový převod, z důvodu levnější pořizovací ceny viz kapitola 8 (tab. č. 12). Hadice jsou na obrázku znázorněny černou barvou, trubkování je znázorněno fialovou.



Obr. č. 53 Přídavné zařízení na míchání betonu ke smykovému nakladači UNC 750.



Obr. č. 54 Přídavné zařízení na míchání betonu ke smykovému nakladači UNC 750.

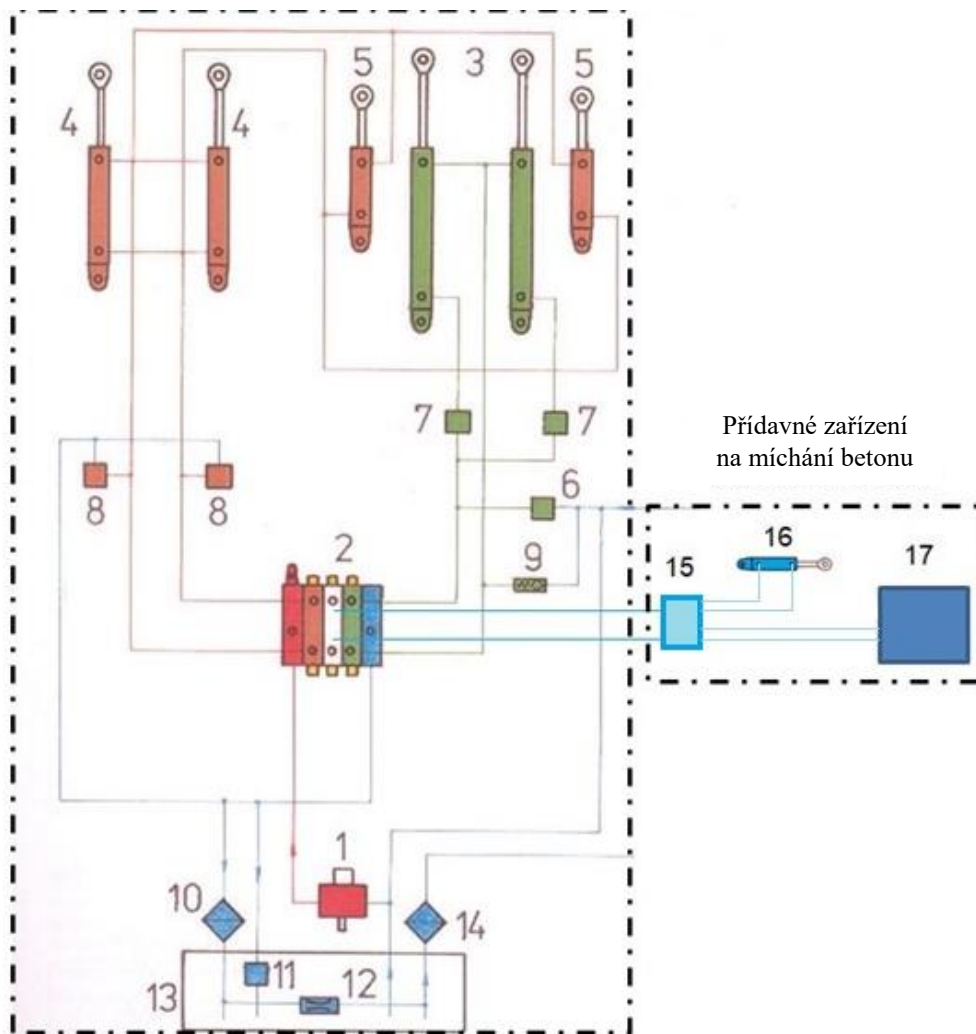
## 6 Vypracování technické dokumentace

Do technické dokumentace je zařazena výkresová dokumentace a hydraulické schéma zapojení. V diplomové práci je uvedena pouze část výrobní dokumentace a to výrobní sestava přídavného zařízení na míchání betonu a výrobní výkres lopaty. Oba dva výkresy jsou přiloženy v příloze.

### Hydraulické schéma zapojení

Do stávajícího schématu hydraulického obvodu pracovního zařízení nakladače UNC 750 bude připojeno hydraulické schéma zařízení pro míchání betonu, to obsahuje rotační hydromotor, lineární hydromotor a hydraulickou výhybku. Rotační a lineární motor je ovládán pomocí pedálů z nakladače, hydraulická výhybka určuje, který z motorů bude právě ovládán. Zjednodušené schéma je zobrazeno na obr. č. 55., detailní schéma je zobrazeno na obr. č. 56.

Schéma hydraulického obvodu pracovního zařízení nakladače UNC 750



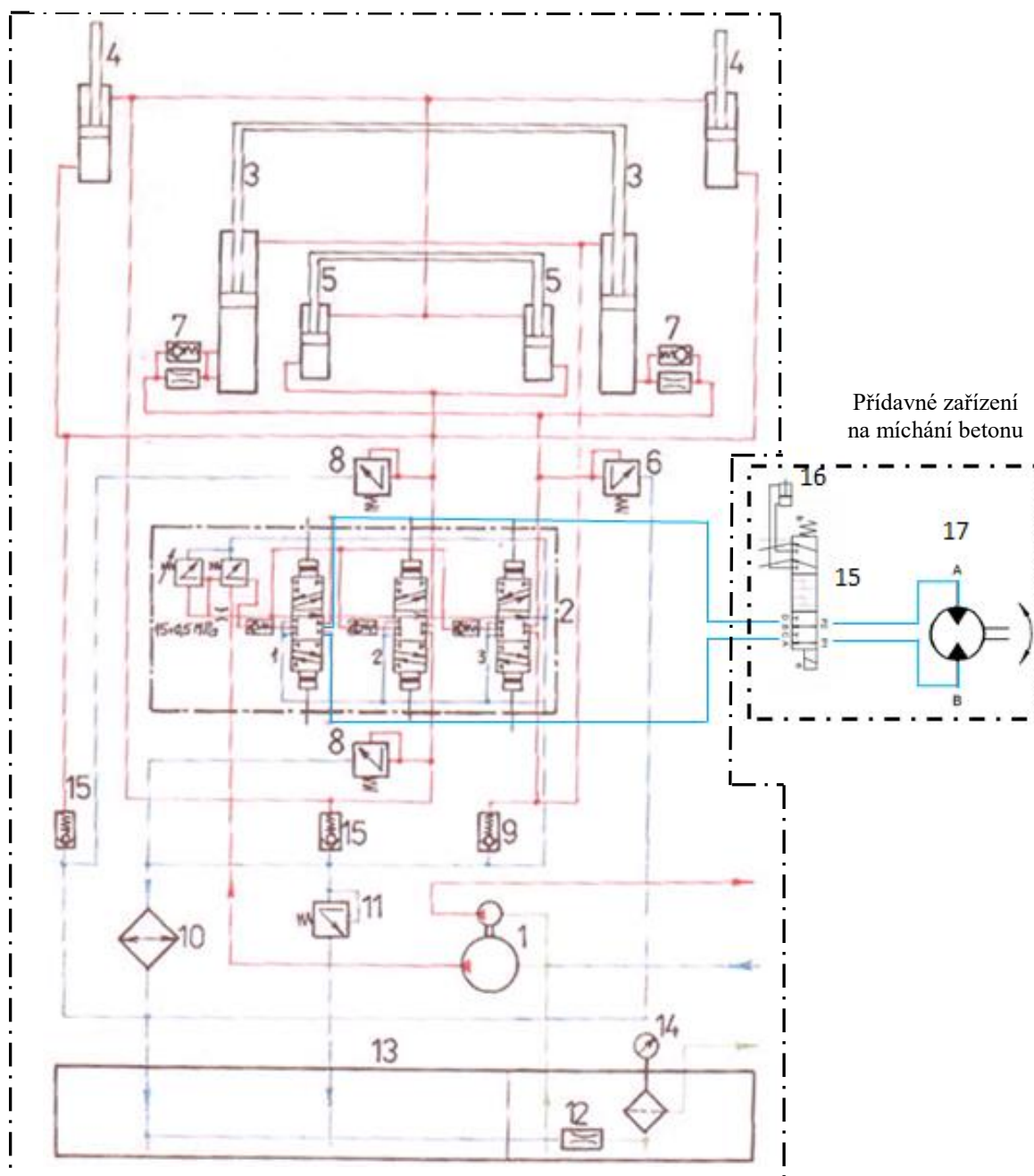
Obr. č. 55 Zjednodušené schéma zapojení. [18]



### Popis schématu:

1 - zubový hydrogenerátor A72XTM, 2 - třísekční rozvaděč RS16D3, 3 - přímočaré hydromotory výložníku, 4 - přímočaré hydromotory lopaty, 5 - vyrovnávací přímočaré hydromotory lopaty, 6 - sekundární pojistný ventil výložníku, 7 - ventily zdvihu, 8 - sekundární pojistný ventil lopaty, 9 - dosávací ventil, 10 - chladič oleje, 11 - pojistný ventil, 12 - zavzdušňovací clona, 13 - hydraulická nádrž, 14 - olejový filtr, 15 - Elektromagneticky ovládaný 6/2 cestný hydraulický ventil, 16 - lineární hydromotor, 17 - rotační hydromotor. [18]

Schéma hydraulického obvodu pracovního zařízení nakladače UNC 750



Obr. č. 56 Detailní schéma zapojení. [18]

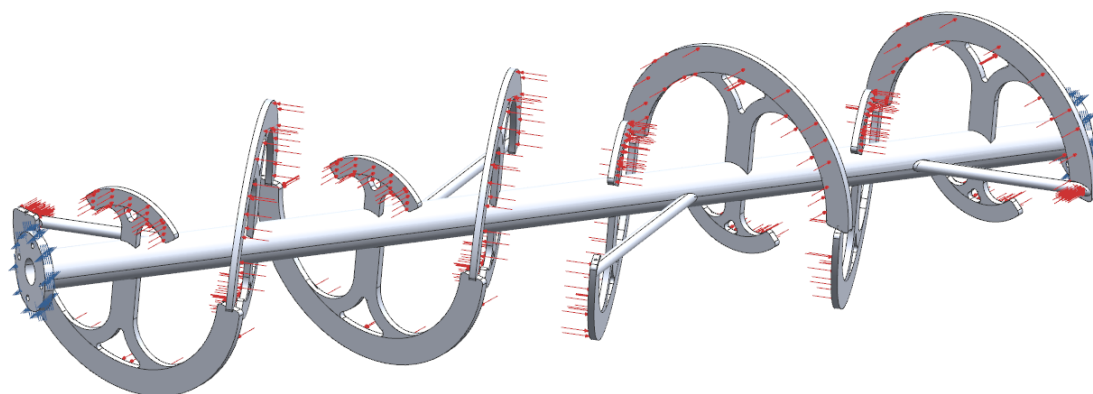
## 7 Pevnostní kontrola vybraných částí

Pevnostní kontrola bude provedena metodou konečných prvků (MKP), veškeré simulace jsou provedeny v softwaru Siemens NX. Jedná se o numerickou metodu, která slouží k simulaci průběhu deformace, napětí,...

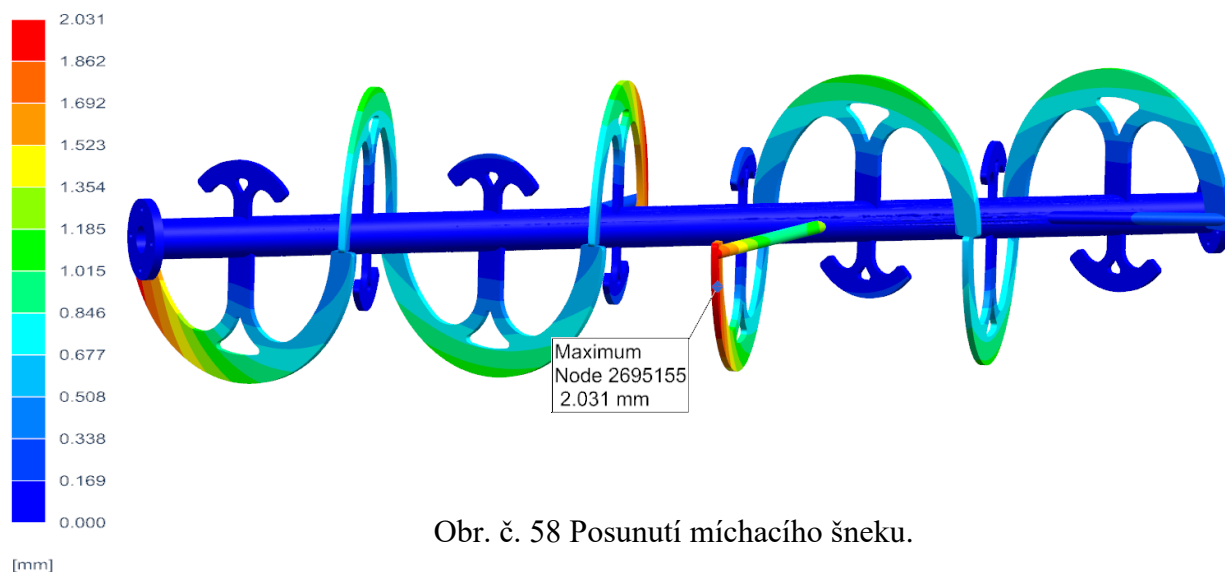
Kontrola bude provedena na míchacím šneku a lopatě. Obě součásti jsou zasaťovány sítí 3D Tetrahedral, velikost prvku je zvolena 2.5 [mm], z důvodu dosažení alespoň dvou prvků na minimální tloušťku součásti.

### Kontrola míchacího šneku

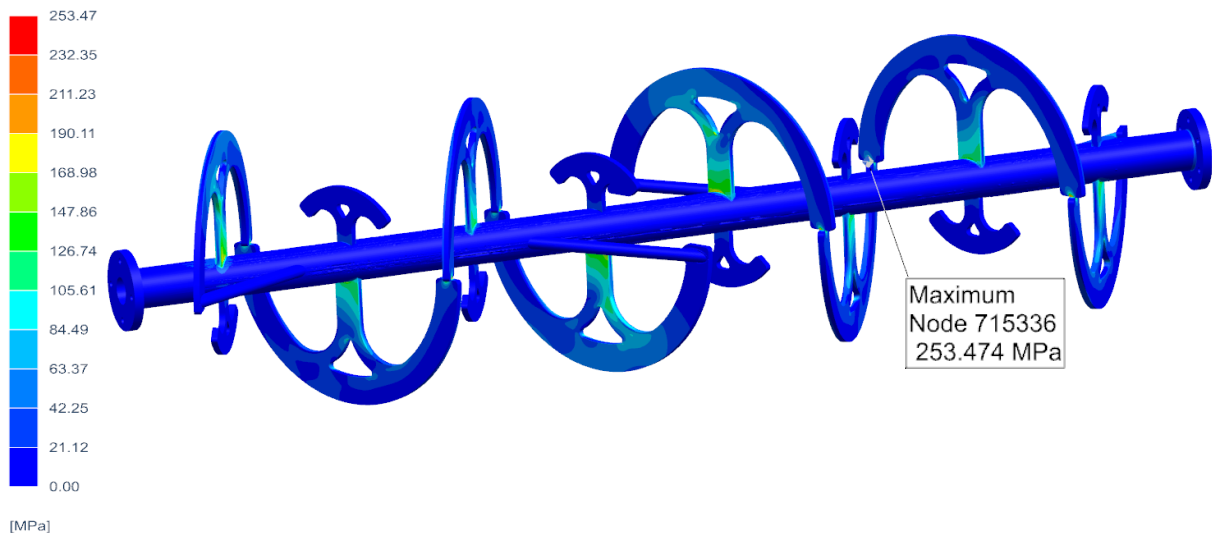
Na míchacím šneku je nejprve simulován odpor proti míchání. Tento odpor vychází z potřebného výkonu pro rozmíchávání směsi. Míchací šnek je pevně fixován za příruby a síla odporu je definována na lopatky proti směru otáčení. Velikost síly působící na velké lopatky je 6810 [N], velikost síly působící na malé lopatky je 1135 [N]. Zatížení na míchacím šneku je patrné z obr. č. 57.



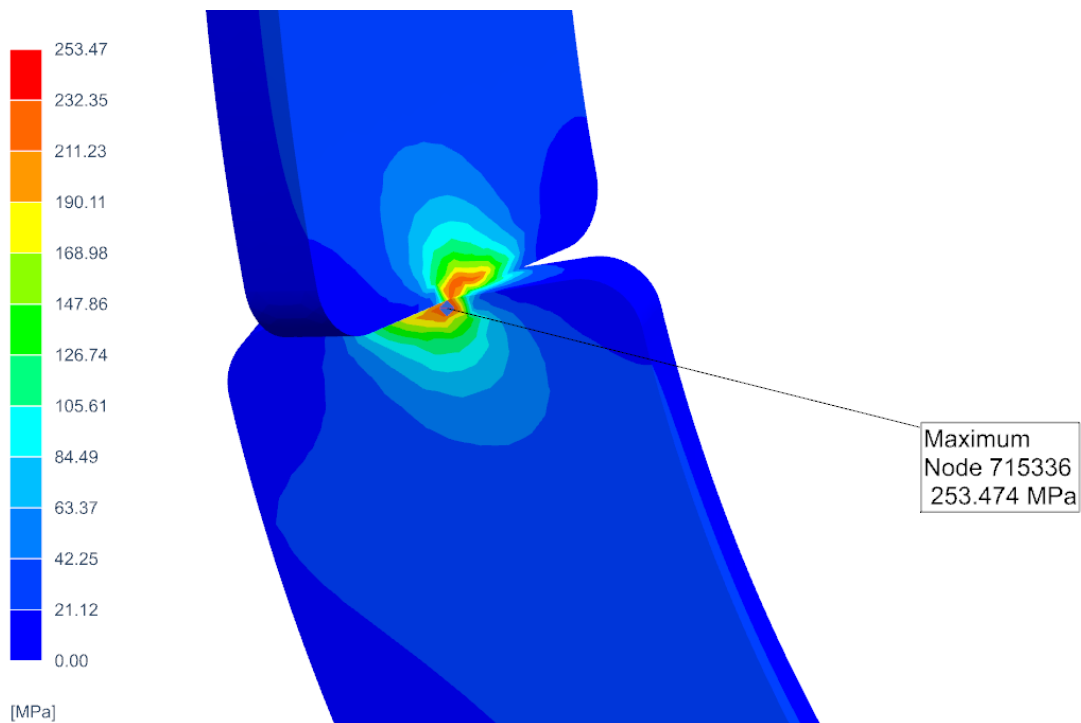
Obr. č. 57 Zatížení míchacího šneku.



Obr. č. 58 Posunutí míchacího šneku.



Obr. č. 59 Napětí na míchacím šneku.

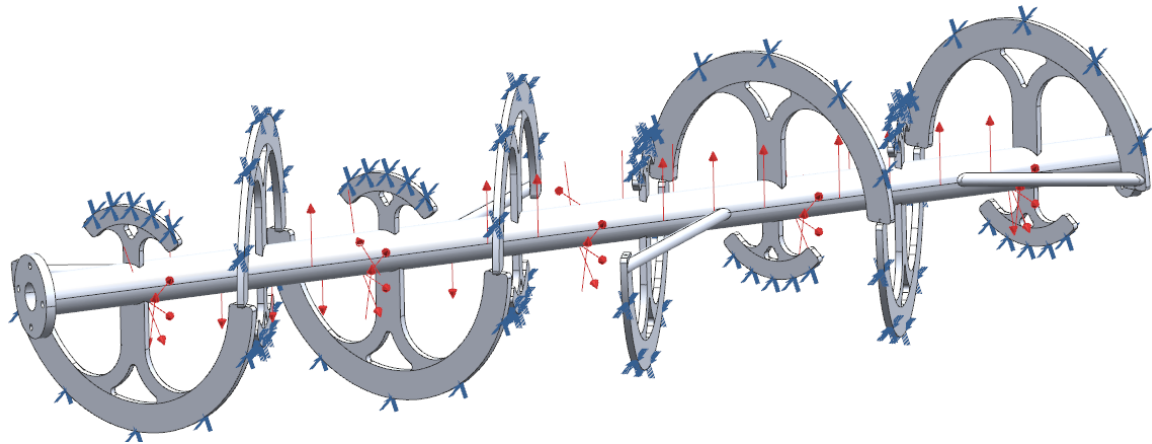


Obr. č. 60 Detail napětí na míchacím šneku.

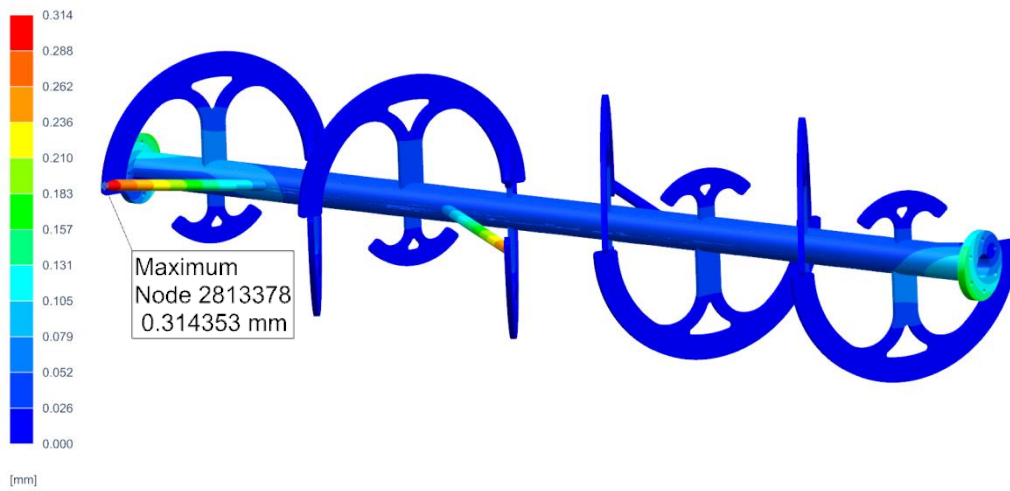
Největší posunutí je 2.031 [mm]. Posunutí vzniklo na volných koncích míchacího šneku, tyto volné konce jsou vyztuženy trubkou pouze z jedné strany. Vyztužení volných konců z jedné strany se jeví jako nedostatečné, proto při výrobě budou volné konce vyztužené z obou stran. Největší napětí 253.47 [MPa] vzniklo ve spoji jednotlivých segmentů, jelikož v těchto místech budou segmenty pečlivě svařeny, lze toto lokální napětí považovat za bezpečné.

Další simulace představuje náhlé zastavení (zaseknutí) míchacího šneku, k zastavení může dojít např. vniknutím nežádoucího předmětu mezi míchací šnek a plášť lopaty. V simulaci je zaseknutí definováno jako pevné fixnutí hrany míchacího šneku. Zatížení je zde definováno kroutícím momentem, ten je v tomto případě dán maximální hodnotou rotačního

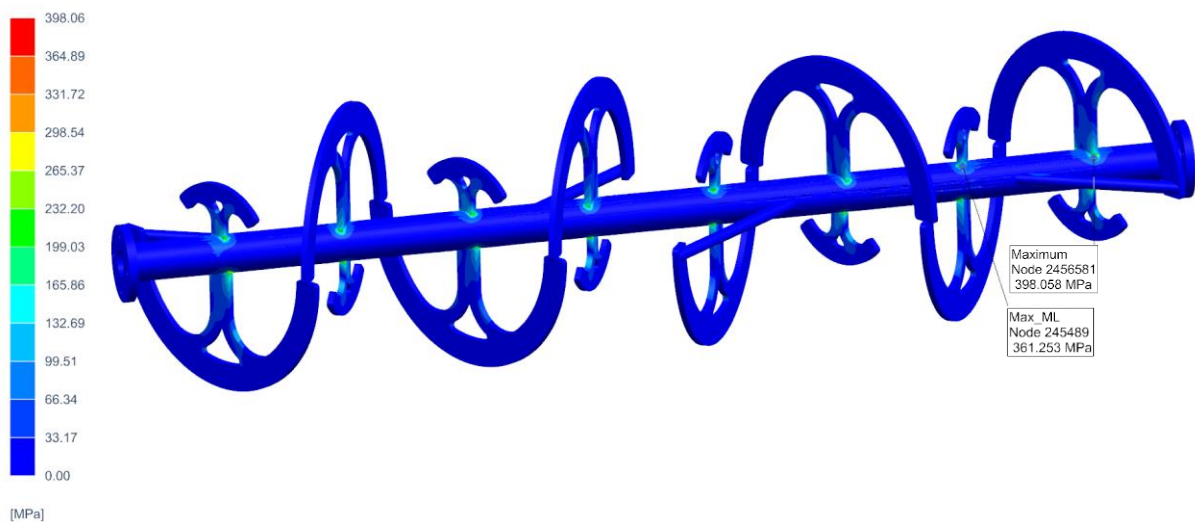
hydromotoru. Krouticí moment dosahuje hodnoty 4025[Nm] a je aplikován na hřídeli míchacího šneku. Způsob zatížení je zobrazen na obr. č. 61.



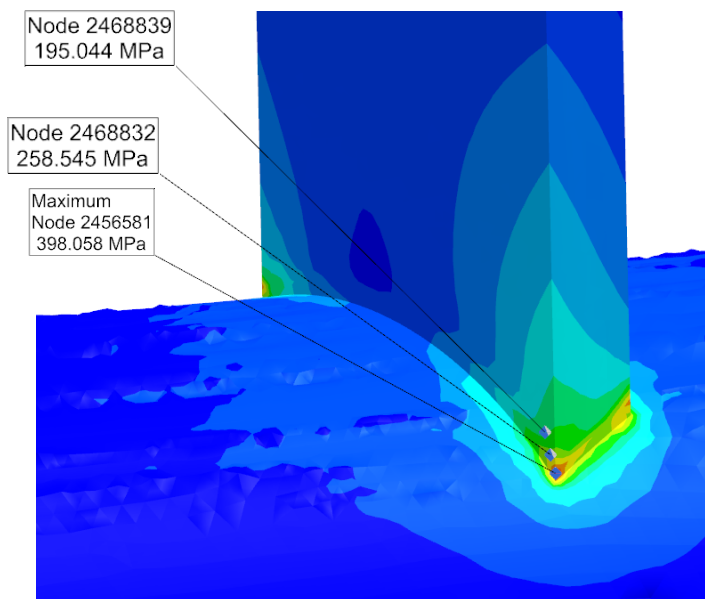
Obr. č. 61 Zatížení míchacího šneku.



Obr. č. 62 Posunutí míchacího šneku.



Obr. č. 63 Napětí na míchacím šneku.

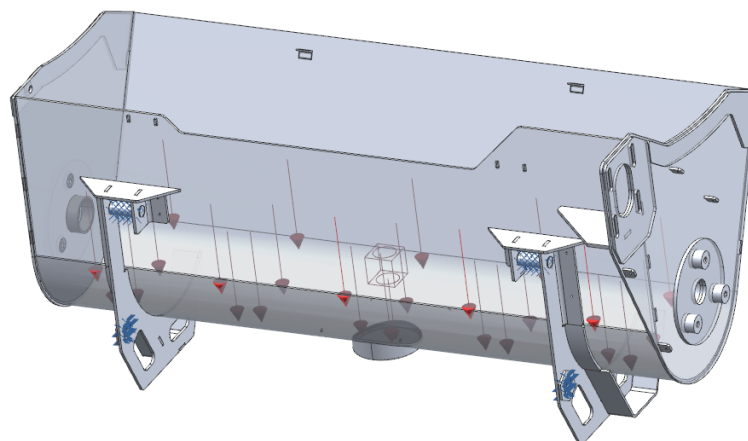


Obr. č. 64 Detail napětí na míchacím šneku.

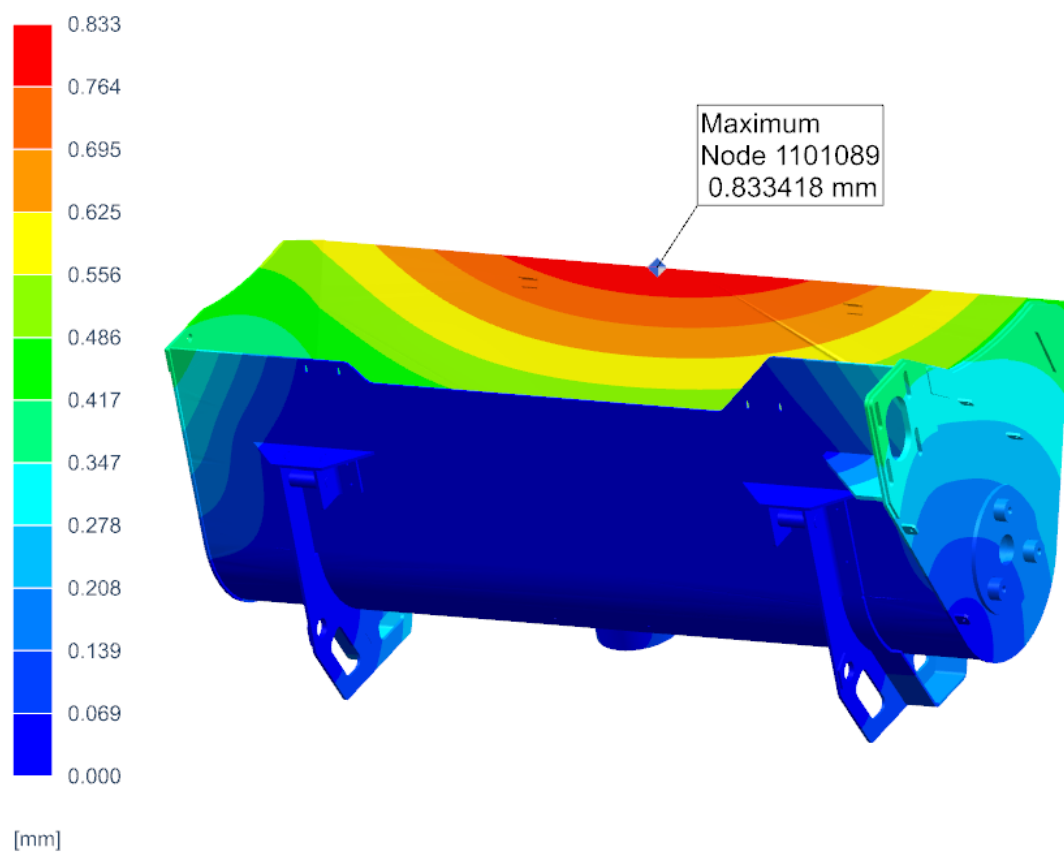
Vzhledem k nastavení simulace neodpovídá posunutí reálnému stavu. Důležitějším ukazatelem je zde průběh napětí na míchacím šneku. Maximální napětí 398.06 [MPa] je v bodě, kde se nachází 1D spoj mezi lopatkou a hřídelí. V jeho blízkém okolí je hodnota napětí daleko nižší, proto lze usoudit, že se jedná spíše o chybu simulace. V místě největšího napětí bude ještě svár, který je přidaným materiálem v nebezpečném místě. Jelikož použitým materiálem je ocel S355J2H(hřídel) a Hardox 400 (lopatky), lze považovat napětí v těchto místech za bezpečné.

## Kontrola lopaty

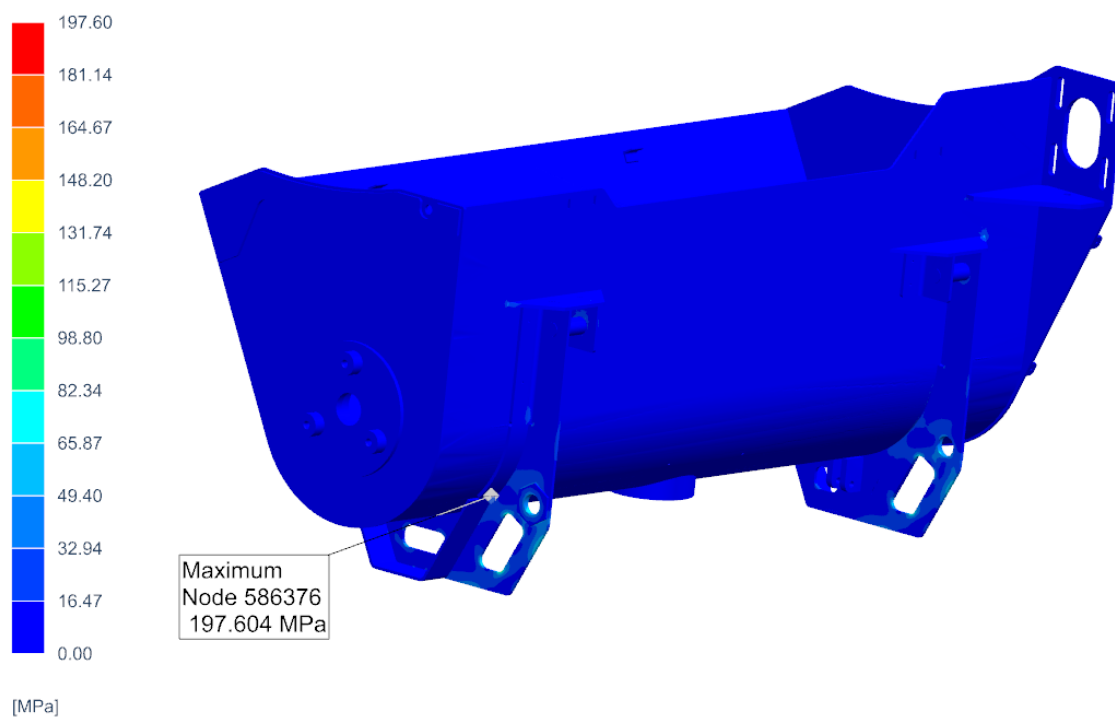
U lopaty jsou zkontrolovány úchyty zatížené vlastní hmotností lopaty a hmotností rozmíchávané směsi (betonu). V simulaci jsou úchyty lopaty pevně fixovány a zatížení od hmotnosti betonu působí na dno lopaty, viz obr. č. 65. Celkové zatížení činí 10000[N], 250[kg] vlastní hmotnost lopaty a 750 [kg] hmotnost betonu.



Obr. č. 65 Zatížení lopaty.



Obr. č. 66 Posunutí na lopatě.



Obr. č. 67 Napětí na lopatě.

Hodnota posunutí činí 0.833 [mm], jelikož se jedná o výrazně malou deformaci, lze toto posunutí vyhodnotit jako vyhovující. Vzniklé maximální napětí 197.604 [MPa] se objevuje pouze ve velmi malých oblastech, samotné úchyty vykazují napětí okolo 120 [MPa], tyto hodnoty lze považovat za bezpečné i pro ocel S235JRC+N.

## 8 Ekonomická analýza konstrukce

Ekonomická analýza pojednává o stanovení přibližné ceny přídavného zařízení. V ceně je zahrnut potřebný materiál pro výrobu dílčích součástí přídavného zařízení. Dále jsou zde zahrnuty ceny nakupovaných komponent. V ceně nejsou uvedeny náklady na výrobu a montáž, protože při případné realizaci přídavného zařízení by byla zajištěna vlastní výroba a montáž. Přibližné ceny materiálu (železa) jsou uvedeny v následující tabulce č. 11. Nakupované položky jsou uvedeny v tabulce č. 12.

Konstrukční celek	Komponenta	Počet [ks]	Cena [Kč]
Lopata	bočnice pravá	1	880
	bočnice levá	1	700
	plášť	1	3950
	úchyty	2	950
	nosná noha	2	250
	výztuha	10	825
	držák	6	220
	čep	2	100
	ostatní		400
			<b>8275</b>
Spodní výpust	vedení	2	600
	obložení	4	320
	výpust	1	750
	dorazy	3	150
			<b>1820</b>
Míchací šnek	trubka	1	800
	hřídel	2	400
	velká lopatka	8	1296
	malá lopatka	8	432
	výztuha	4	200

Konstrukční celek	Komponenta	Počet [ks]	Cena [Kč]
	příruby	2	80
			<b>3208</b>
Rošt	lamela	19	840
	tyč	5	240
	panty	2	80
			<b>1160</b>
Kryt		1	<b>750</b>
Převod		1	<b>3500</b>
Pálení + ohýbání		1	<b>6000</b>
Celkem			<b>24800</b>

Tab. č. 11 Ceny materiálu.

Nakupovaná komponenta	Počet [ks]	Cena [Kč]
Rotační hydromotor MT500	1	13122
Lineární hydromotor HEB Z160-25-16-165	1	1568
Ložisko CN2211V	3	8274
Ložiskový domek FNL510 A,B	2	6566
Stírací kroužek WR17	2	500
Stírací kroužek ČSN 029401	1	190
Ucpávková šňůra 8921-K 3/8'' - 1.2[m]	1	1180
Hydraulická výhybka 6/2, 90l/min,24V DC	1	3750
Řetěz 16B-2 VAMBERK - 2[m]	1	1606
<b>Řemen 8M HTD šířka 65 [mm], délka 1760 [mm]</b>	<b>2</b>	<b>3900</b>
Spojovací materiál		800
Celkem		<b>37556</b>

Tab. č. 12 Ceny nakupovaných komponent.

Celková cena přídatného zařízení na míchání betonu je 62 356 [Kč]. V celkové ceně není zahrnuta cena řemenu, jelikož nebyl použit, cena je v tabulce uvedena pouze pro porovnání. Firma Kovaco se zabývá sériovou výrobou mixovacích lopat pro různé nakladače a manipulátory. Mixovací lopatu podobnou navrženému přídatnému zařízení prodávají za 94 000 [Kč]. Při zahrnutí výrobních nákladů a při přesnější kalkulaci by se finální částky mohly shodovat.[19]



## 9 Závěr

V této práci bylo navrženo přídatné zařízení na míchání betonu ke smykovému nakladači UNC 750. Přídatné zařízení využívá ke svému pohonu hydraulický systém smykového nakladače, ten je na to připraven z výroby. Pohon přídatného zařízení je tak řízen pomocí pedálů přímo z kabiny nakladače. Zařízení je konstruováno jako lopata s míchacím šnekem. Tato konstrukce umožňuje velice snadné plnění a vyprazdňování dvěma způsoby. První způsob vyprazdňování je takový, že se směs vysype z lopaty vrchem, druhý způsob umožňuje vyprazdňování lopaty spodní výpustí. Spodní výpustí lze velice snadno zalévat beton do úzkých prostorů, velké využití nalezne hlavně při lití betonu do ztraceného bednění. Plnění přídatného zařízení je zajištěno nabíráním volně loženého plniva, které je tvořeno pískem a drobným kamenivem s různou frakcí, následně je do zařízení přidáno pojivo s vodou.

Pracovní objem přídatného zařízení činí  $0.3 \text{ [m}^3\text{]}$ , díky vhodně zvolené rychlosti míchání se předpokládá, že se tento objem stihne rozmíchat až sedmkrát za hodinu, z toho vyplývá, že lze za hodinu připravit přibližně  $2 \text{ [m}^3\text{]}$  čerstvého betonu.

Pohon přídatného zařízení na míchání betonu je realizován pomocí rotačního hydromotoru. Rotační hydromotor s navrženým řetězovým převodem pohání míchací šnek, který zajišťuje rozmíchávání směsi v lopatě. U míchacího šneku bylo navrženo uložení a zatěsnění. Míchací šnek je uložen v ložiskových domcích, ty jsou přišroubovány z vnější strany lopaty. Ložiskové domky jsou od lopaty odsazeny tak, aby i při poruše těsnění nedošlo k proniknutí betonu do ložiska. Hřídel míchacího šneku je těsněna z vnitřní i vnější strany lopaty, z vnitřní strany je použita ucpávková šňůra. Z vnější strany je použit stírací kroužek, ten zajistí celkové zatěsnění a ochranu před nečistotami.

Zařízení na míchání betonu společně s pohyblivostí nakladače tvoří velice mobilní míchačku, se kterou lze betonovat i v hůře dostupných místech staveniště. Proto přídatné zařízení na míchání betonu nalezne široké použití ve stavebnictví.

Jelikož vlastníme smykový nakladač UNC 750, rád bych provedl případnou realizaci přídatného zařízení na míchání betonu. Nelze vyloučit, že při realizaci nebude potřeba pozměnit nebo upravit konstrukční návrh, tak aby byl snadno realizován.

## Seznam obrázků

Obr. č. 1 Smykový nakladač UNC 750.	9
Obr. č. 2 Rozměrový náčrt smykového nakladače UNC 750.	10
Obr. č. 3 Doba mísení.	13
Obr. č. 4 Typický představitel spádových míchaček.	16
Obr. č. 5 Cyklicky pracující míchač s nuceným pohybem.	17
Obr. č. 6 Kontinuálně pracující míchač.	17
Obr. č. 7 Míchačka na přípravu malt.	18
Obr. č. 8 Planetární míchačka.	18
Obr. č. 9 Vibromíchač.	19
Obr. č. 10 Protiproudé rychlomíchače.	20
Obr. č. 11 Kalový míchač.	21
Obr. č. 12 Autodomíchávač.	22
Obr. č. 13 Nástavba automixu.	22
Obr. č. 14 Mixovací lopata. [14,16]	23
Obr. č. 15 Úchyty lopaty pro připojení k nakladači.	42
Obr. č. 16 Rychloupínač smykového nakladače UNC 750.	43
Obr. č. 17 Vývod pro přídatné zařízení.	43
Obr. č. 18 Stávající lopata nakladače UNC 750.	44
Obr. č. 19 Ruční míchač.	45
Obr. č. 20 Koncept varianty č. 1	45
Obr. č. 21 Koncept varianty č. 3.	45
Obr. č. 22 Stručný popis konceptu vybrané varianty (zadní pohled).	47
Obr. č. 23 Stručný popis konceptu vybrané varianty (přední pohled).	47
Obr. č. 24 Lopata pro zařízení na míchání betonu.	48
Obr. č. 25 Tvar bočnice se základními rozměry.	49
Obr. č. 26 Lopata pro zařízení na míchání betonu.	49
Obr. č. 27 Míchací šnek.	50
Obr. č. 28 Uložení hřídele v ložisku.	51
Obr. č. 29 Velká lopatka.	51
Obr. č. 30 Malá lopatka	51
Obr. č. 31 Schéma k výpočtu výkonu.	52
Obr. č. 32 Charakteristika zubového hydrogenerátoru A72XTM.	54
Obr. č. 33 Charakteristika hydromotoru MT500.	57
Obr. č. 34 Provedení svárů.	59
Obr. č. 35 Schéma převodu – pohled z boku.	60

Obr. č. 36 Lopata s otvorem pro výpust.	61
Obr. č. 37 Princip otevírání a uzavírání výpusti.	61
Obr. č. 38 Výpust včetně dorazů.	62
Obr. č. 39 Vedení výpusti.	62
Obr. č. 40 Ovládání výpusti.	63
Obr. č. 41 Uložení v ložiskovém domku FNL.	64
Obr. č. 42 Ložiskový domek FNL.	64
Obr. č. 43 Uložení ve vyráběném ložiskovém domku.	65
Obr. č. 44 Spojení hydromotoru s vyráběným domkem.	65
Obr. č. 45 Kryt pohonu.	66
Obr. č. 46 Rošt lopaty	67
Obr. č. 47 Zajištění polohy roštu.	67
Obr. č. 48 Zástavbový prostor pro těsnění.	68
Obr. č. 49 Ucpávková šňůra.	68
Obr. č. 50 Stírací kroužek WR17.	68
Obr. č. 51 Těsnění.	69
Obr. č. 52 Montáž víka na bočnici.	69
Obr. č. 53 Přídavné zařízení na míchání betonu ke smykovému nakladači UNC 750.	70
Obr. č. 54 Přídavné zařízení na míchání betonu ke smykovému nakladači UNC 750.	70
Obr. č. 55 Zjednodušené schéma zapojení.	71
Obr. č. 56 Detailní schéma zapojení.	72
Obr. č. 57 Zatížení míchacího šneku.	73
Obr. č. 58 Posunutí míchacího šneku.	73
Obr. č. 59 Napětí na míchacím šneku.	74
Obr. č. 60 Detail napětí na míchacím šneku.	74
Obr. č. 61 Zatížení míchacího šneku.	75
Obr. č. 62 Posunutí míchacího šneku.	75
Obr. č. 63 Napětí na míchacím šneku.	75
Obr. č. 64 Detail napětí na míchacím šneku.	76
Obr. č. 65 Zatížení lopaty.	76
Obr. č. 66 Posunutí na lopatě.	77
Obr. č. 67 Napětí na lopatě.	77

## Seznam tabulek

Tab. č. 1 Základní parametry.	10
Tab. č. 2 Rozdělení stavebního kamene dle tříd jakosti.	24
Tab. č. 3 Rozdělení používaných hornin ve stavebnictví.	24
Tab. č. 4 Hodnoty jakosti bílého vzdušného vápna.	28
Tab. č. 5 Hodnoty jakosti dolomitického vzdušného vápna.	28
Tab. č. 6 Druhy cementů včetně složení.	32
Tab. č. 7 Hodnoty měrných součinitelů odporu.	41
Tab. č. 8 Rozhodovací tabulka pro výběr optimálního řešení.	46
Tab. č. 9 Rozměry lopatek.	52
Tab. č. 10 Parametry hydromotoru MT500.	56
Tab. č. 11 Ceny materiálu.	79
Tab. č. 12 Ceny nakupovaných komponent.	79

## Použitá literatura

### Knižní publikace

- [1] ADÁMEK, Jiří. *Stavební materiály*. Praha: CERM, 1977, ISBN 978-80-2140-631-3.
- [2] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Bratislava: Jaga, 2007. ISBN 978-80-8076-057-1.
- [3] PACAS, Blahoslav. *Teorie stavebních strojů*. 2., nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986.
- [4] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2006. ISBN isbn80-7361-033-7.

### Internetové publikace

- [5] AUTOR NEUVEDEN. *Bagry.cz* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: [https://bagry.cz/clanky/veterani/historie\\_nesmrtelneho\\_smykem\\_rizeneho\\_nakladace\\_unc\\_060](https://bagry.cz/clanky/veterani/historie_nesmrtelneho_smykem_rizeneho_nakladace_unc_060)
- [6] AUTOR NEUVEDEN. *DEK a.s.* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: [https://www.dek.cz/produkty/detail/3290403006-spadova-michacka-bwa-150-400v-1-5kw?gclid=CjwKCAjw7J6EBhBDEiwA5UUM2hMG\\_yHCoc99fN5NrbNew4MUtx6tFZg\\_haAd-c20c1fdehO\\_TJR4NB0CgEEQAvD\\_BwE&tab\\_id=popis](https://www.dek.cz/produkty/detail/3290403006-spadova-michacka-bwa-150-400v-1-5kw?gclid=CjwKCAjw7J6EBhBDEiwA5UUM2hMG_yHCoc99fN5NrbNew4MUtx6tFZg_haAd-c20c1fdehO_TJR4NB0CgEEQAvD_BwE&tab_id=popis)
- [7] AUTOR NEUVEDEN. *Advanced Concrete Technologies* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <https://concretebiz.com/concrete-batch-plants/hpgm-planetary-countercurrent-mixer/>
- [8] AUTOR NEUVEDEN. *EBETONY* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.ebeton.cz/pojmy/automichac>
- [9] HRAZDIL, Jiří. *NORMY.biz* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <https://shop.normy.biz/detail/30811>
- [10] AUTOR NEUVEDEN. *Technor.cz* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: [http://www.technicke-normy-csn.cz/722430-csn-72-2430-5\\_4\\_30927.html](http://www.technicke-normy-csn.cz/722430-csn-72-2430-5_4_30927.html)
- [11] AUTOR NEUVEDEN. *Travelscoffee.ru* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <https://travelerscoffee.ru/tr/perec/samodelnaya-betonomeshalka-svoimi-rukami-chertezhi-kak-sdelat/>
- [12] AUTOR NEUVEDEN. *TZB-info* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu#t01>
- [13] AUTOR NEUVEDEN. *INDUSTRIALTECHNIC SC* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: [https://indtechnic.com/wpcontent/uploads/2016/11/indtechnic\\_hydraulic\\_gear\\_pumps.pdf](https://indtechnic.com/wpcontent/uploads/2016/11/indtechnic_hydraulic_gear_pumps.pdf)
- [14] AUTOR NEUVEDEN. *Projekty.fs.vsb.cz* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/hydraulicka-zarizeni-stroju.pdf>

- [15] AUTOR NEUVEDEN. *MS-Hydraulic* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: [https://ms-hydraulic.partcommunity.com/3d-cad-models/FileService/File/ms\\_hydraulic/orbital\\_hydraulic\\_motors/euro/disk\\_valve\\_medium\\_duty/mt/mt.pdf](https://ms-hydraulic.partcommunity.com/3d-cad-models/FileService/File/ms_hydraulic/orbital_hydraulic_motors/euro/disk_valve_medium_duty/mt/mt.pdf)
- [16] AUTOR NEUVEDEN. *SKF* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.skf.com/group>
- [17] AUTOR NEUVEDEN. *SEALL* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <http://www.seall.cz/cz/produkt/13/tesneni/>
- [18] AUTOR NEUVEDEN. *Príručka pre opravy* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <https://svpujcovna.cz/wpcontent/uploads/2015/07/UNC060p%C5%99%C3%ADru%C4%8Dka-pro-opravy.pdf>
- [19] AUTOR NEUVEDEN. *Golden Sheep* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: [https://mkt.goldensheep.cz/kovacostavebnistroje/?gclid=CjwKCAjwqIiFBhAHEiwANg9szovh3d69SRe-yfnulYjItJJomdoY9IuKCDhn0lyTiiWi9MMQ98svcxoC2X4QAvD\\_BwE](https://mkt.goldensheep.cz/kovacostavebnistroje/?gclid=CjwKCAjwqIiFBhAHEiwANg9szovh3d69SRe-yfnulYjItJJomdoY9IuKCDhn0lyTiiWi9MMQ98svcxoC2X4QAvD_BwE)
- [20] AUTOR NEUVEDEN. *KOVACO* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.kovacocompany.sk/produkt/mixovacia-lopata/>
- [21] AUTOR NEUVEDEN. *Slideserve Betony* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <https://www.slideserve.com/ludlow/betony>
- [22] AUTOR NEUVEDEN. *Kubala* [online]. [cit. 17.5.2021]. Dostupný na WWW: <http://sk.kuba.sk/tech.html>

# **Příloha č. I**

Návrh převodu

# Řemenový převod

ii  Informace o projektu

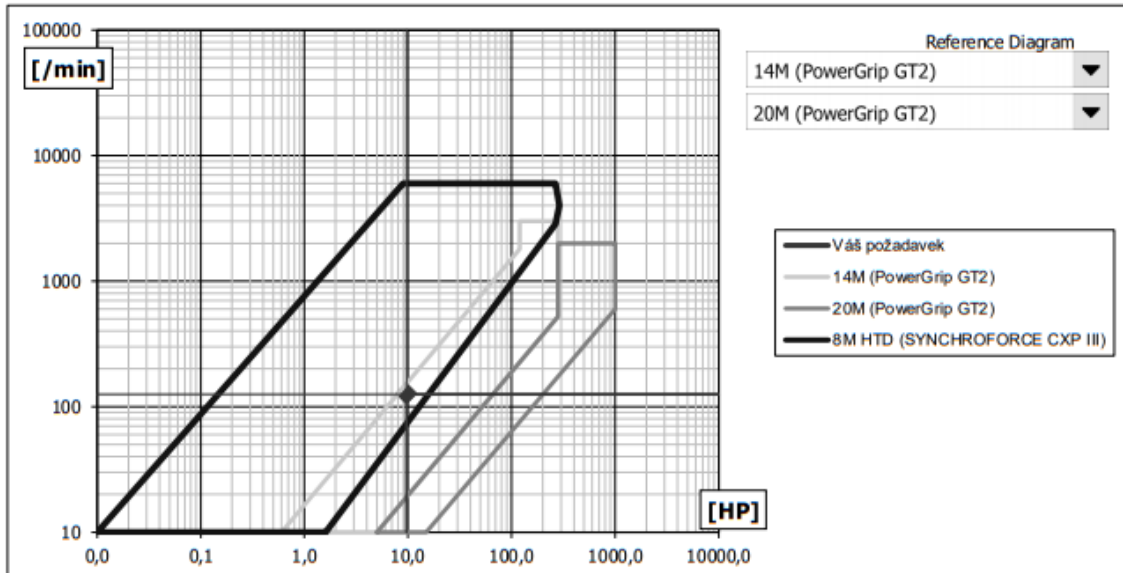
## ? Kapitola vstupních parametrů

### 1.0 Způsob zatížení, pracovní parametry

	SI Units (N, mm, kW...)		
1.1 Jednotky výpočtu			
1.2 Přenášený výkon	P	4,50   4,46	[kW]
1.3 Otáčky řemenice (požadované)	n	125   35	[/min]
1.4 Otáčky řemenice (skutečné)	n	125,0   35,1	[/min]
1.5 Převodový poměr požadovaný / skutečný	i	3,571   3,561	
1.6 Krouticí moment	Mk	343,80   1212,02	[Nm]
1.7 Typ hnacího stroje (zatížení)	B...S větší nerovnoměrností		
1.8 Typ poháněného stroje (zatížení)	C...S malou nerovnoměrností		
1.9 Denní zatížení převodu	B...Více než 8 - méně než 16 hodin		
1.10 Součinitel provozního zatížení	c2	1,6   1,6	<input checked="" type="checkbox"/>
1.11 Účinnost převodu	eta	99	[%]

### 2.0 Automatický návrh

2.1 Výběr typu řemene 8M HTD (SYNCHROFORCE CXP III)



2.2 Teoretická min / max. osová vzdálenost	c	141 - 1196	
2.3 Osová vzdálenost pro 'Automatický návrh'	c	480,00	[mm]
2.4 Automatický návrh - stiskněte tlačítko	<b>Automatický návrh</b>		
2.5 Třídít výsledky podle parametru:	Převodový poměr		

### 2.6 Tabulka řešení

2.7	ID	z1	z2	B	i	d1 [%]	A	dA	SF	m
2.8	01.	43	168	37,000	3,907	0,019	516,39	36,39	1,299	39,83

### 3.0 Návrh a výpočet

3.1 Vybraná šířka synchronního řemene	B	65 / 2,5591	[mm/in]
3.2 Počet zubů řemenice (průměr řemenice) - výběr	z	40 (101,86)	[mm]
3.3 Počet zubů řemenice	z	41   146	
3.4 Výpočtový průměr řemenice	Dp	104,406   371,786	[mm]
3.5 Doporučená osová vzdálenost / min-max	C'	381,0   262 - 952	[mm]
3.6 Osová vzdálenost požadovaná / skutečná	C	480,00   487,68	[mm]

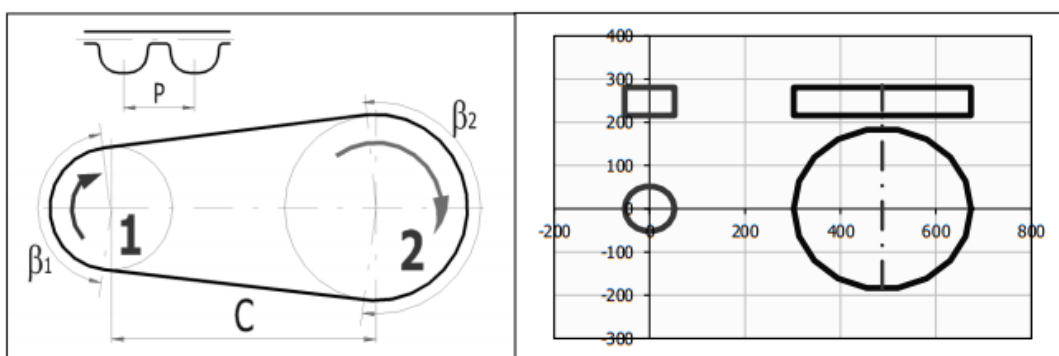


- 3.7 Počet zubů řemene (délka řemene) - výběr
- 3.8 Počet zubů řemene / navržený
- 3.9 Délka řemene / rozteč
- 3.10 Návrhový výkon
- 3.11 Výkon přenesený řemenem
- 3.12 Přibližná celková hmotnost
- 3.13 Součinitel využití řemene
- 3.14 **Nestandardní řešení**
- 3.15 Použít normalizované řemenice
- 3.16 Použít normalizované řemeny

z	60 (480)		[mm]
z	220	220	<input checked="" type="checkbox"/>
Lw/P	1760,00	8,000	[mm]
Pd	7,20		[kW]
P'	<b>5,01</b>		[kW]
m	<b>25,11</b>		[kg]
SF	<b>1,44</b>		

Ne	▼
Ano	▼



**?** Kapitola výsledků

**4.0 Výsledky, koeficienty**

**4.1 Koeficienty**

- 4.2 - Součinitel provozního zatížení
- 4.3 - Součinitel zrychlení
- 4.4 - Součinitel délky řemene
- 4.5 - Součinitel šířky řemene
- 4.6 - Součinitel počtu zubů v záběru
- 4.7 - Součinitel převodového poměru
- 4.8 - Úhel opásání řemenice

c2	1,60		
c3	0,00		
c5	1,10		
c6	3,60		
c1	1,00		
c7	0,00		
β	148,18	211,82	[°]

**4.9 Osová přestavitelnost**

- 4.10 - Pro napínání řemene
- 4.11 - Pro nasazení řemene

x	0,80	[mm]
y	1,80	[mm]

**4.12 Silové poměry, rychlost**

- 4.13 - Rychlost řemene / max. pro daný typ

v	0,68	60	[m/s]
---	------	----	-------

**4.14 Výpočet pracovních sil (obecně)**

- 4.15 - Síla v odlehčené větvi v % tahové síly
- 4.16 - Tahová síla
- 4.17 - Předpětí
- 4.18 - Síla v zatížené větvi řemenu
- 4.19 - Síla v odlehčené větvi řemenu
- 4.20 - Celková radiální síla na hřídel

	39,0	39,00	<input checked="" type="checkbox"/> [%]
Fu	6585		[N]
Fo	5861		[N]
F1	9154		[N]
F2	2568		[N]
Fr	11417		[N]

**4.21 Výpočet pracovních sil (Gates Rubber Company®)**

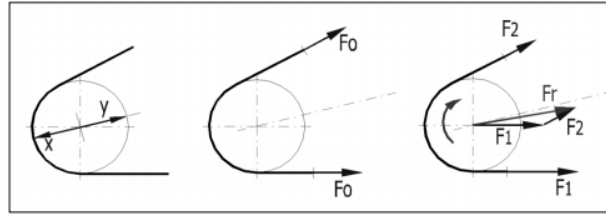
- 4.22 - Celková radiální síla na hřídel
- 4.23 - Předpětí

Fr	-	[N]
Fo	-	[N]

**4.24 Výpočet pracovních sil (firma ContiTech®)**

- 4.25 - Koeficient  
 4.26 - Celková radiální síla na hřídel  
 4.27 - Předpětí

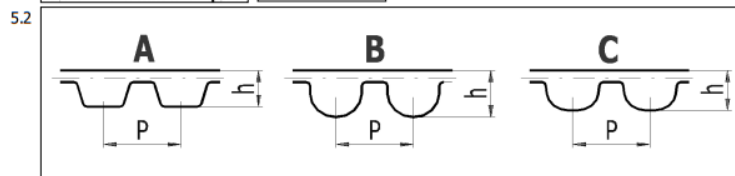
k1	1,25	1,25	<input checked="" type="checkbox"/>
Fr	12666		[N]
Fo	6585		[N]



**5.0 Základní rozměry řemenice a řemene**

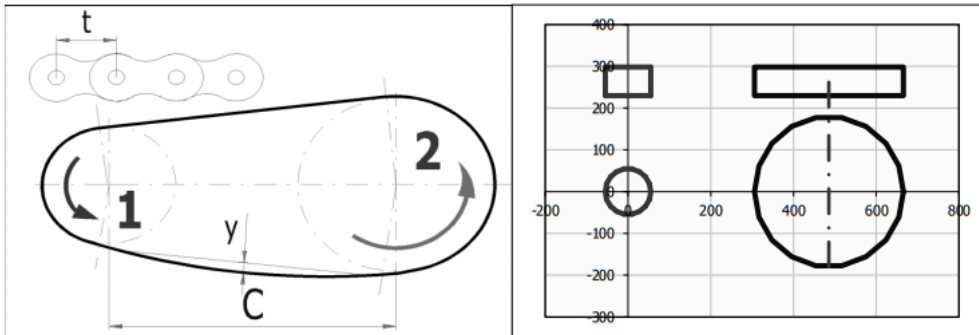
5.1

P	8,00		[mm]
h	5,600		[mm]
B	65,00		[mm]
B2	71,00		[mm]
Dp	104,41	371,79	[mm]
Do	103,01	370,39	[mm]



# Řetězový převod

i	Zkontrolujte řádek:3.10;3.13;3.14;3.15;3.16;	Řet.kolo1	Řet.kolo2										
ii	Informace o projektu												
?	Kapitola vstupních parametrů												
<b>1.0 Způsob zatížení, pracovní parametry</b>													
1.1	Jednotky výpočtu	SI Units (N, mm, kW...)											
1.2	Přenášený výkon	P	9,00	8,82 [kW]									
1.3	Otáčky řetězového kola (požadované)	n	125	35 [/min]									
1.4	Otáčky řetězového kola (skutečné)	n	125	34,88 [/min]									
1.5	Převodový poměr požadovaný / skutečný	i	3,571	3,583									
1.6	Krouticí moment	Mk	649,40	2280,48 [Nm]									
1.7	Typ hnacího stroje (zatížení)	B...S větší nerovnoměrností											
1.8	Typ poháněného stroje (zatížení)	B...S malou nerovnoměrností											
1.9	Způsob mazání	B...Dostatečné bez znečištění											
1.10	Počet článků řetězu	Sudý i lichý											
1.11	Počet zubů kol	Sudý i lichý											
<b>2.0 Automatický návrh</b>													
2.1	Typ řetězu												
2.2	D...Válečkové řetězy standardní (EU) / DIN 8187, ISO R-606, BS 228												
2.3	Osová vzdálenost pro 'Automatický návrh'	480,00	Zadaná	[mm]									
2.4	Rozsah počtu zubů menšího kola	12	19										
2.5	Automatický návrh - stiskněte tlačítko												
2.6	Třídít výsledky podle parametru	Osová vzdálenost											
2.7	<b>Tabulka řešení</b>												
2.8	Type	z1	z2	n2	i	A	Pp	v	SD	p	SP	Pp%	m
2.9	48B - 1	19	76	31,3	4,00	0,0	112,86	3,03	119,74	1,40	0,00	16	
<b>3.0 Návrh a výpočet</b>													
3.1	Výběr řetězu - Označení (rozteč)	16B - 2 (25,4)											
3.2	Rozteč řetězu / počet řad řetězu	t	25,400	2									
3.3	Počet zubů řetězového kola / doporučený	z	12	43 18 (min=12)									
3.4	Roztečný průměr	Dp	98,138	347,968 [mm]									
3.5	Požadovaná osová vzdálenost / doporučená	C	480,00	1016 [mm]									
3.6	Skutečná osová vzdálenost / min. - max.	C	485,48	312 - 4064 [mm]									
3.7	Počet článků řetězu	X	67	67									
3.8	Délka řetězu	L	1701,8 [mm]										
3.9	Rychlost řetězu / max.	v	0,64	< 5,78 [m/s]									
3.10	Návrhový výkon / tabulkový	Pp	19,45	< 6,27 [kW]									
3.11	Tahová síla / Odstředivá síla	Fu/Fc	13233,4	2,1 [N]									
3.12	Síla přetržení (tabulka) / Síla na řetěz	FB/Fr	88000	13235,6 [N]									
3.13	Statický koeficient bezpečnosti proti přetržení	SB	6,65	> 10,64									
3.14	Dynamický koeficient bezpečnosti proti přetržení	SD	5,11	> 12,62									
3.15	Tlak v kloubu řetězu vypočtený / dovolený	p	31,44	< 17,08 [MPa]									
3.16	Míra bezpečnosti kloubu řetězu	SP	0,54	> 1,00									
3.17	Celková hmotnost převodu / řetězu	m	33,77	8,85 [kg]									



?

**Kapitola výsledků**

**4.0 Výsledky, koeficienty**

**4.1 Součinitele pro korigování výkonu**

- 4.2 Součinitel počtu zubů
- 4.3 Součinitel převodového poměru
- 4.4 Součinitel rázu (Service factor)
- 4.5 Součinitel vzdálenosti os
- 4.6 Součinitel mazání
- 4.7 Součinitel teploty
- 4.8 Součinitel životnosti
- 4.9 Výpočet a nastavení koeficientů podle
- 4.10 Doporučený způsob mazání
- 4.11 Přípustný způsob mazání
- 4.12 Maximální prověšení řetězu
- 4.13 Minimální / Maximální rychlost kola 2
- 4.14 Součinitel nerovnoměrnosti

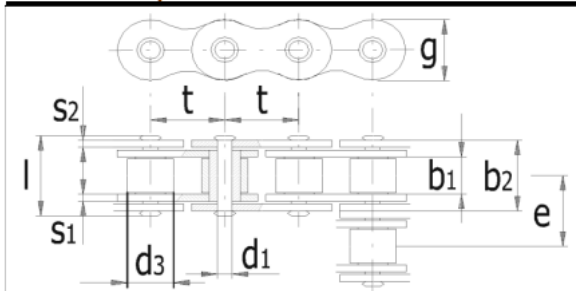
K1	1,00	1,58
K2	0,97	0,97
K3	1,30	1,30
K4	1,21	1,21
K5	1,50	1,50
K6	1,00	1,00
K7	1,00	1,00

ISO 10823

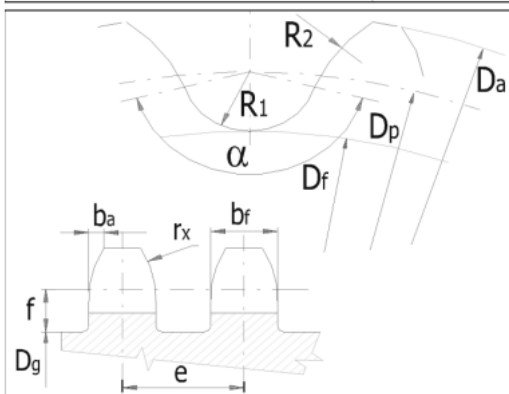
Mazání kapkami  
Tukové, Ruční mazání

y	9,71	[mm]
	0,62	0,64 [m/s]
ξ	3,73	[%]

**5.0 Rozměry**



d1	8,280	[mm]
d3	15,880	[mm]
b1	17,020	[mm]
b2	25,450	[mm]
t	25,400	[mm]
g	21,000	[mm]
l	68,000	[mm]
e	31,880	[mm]
s1	3,500	[mm]
s2	3,000	[mm]



Da	110,040	359,870	[mm]
Dp	98,138	347,968	[mm]
Df	81,920	331,750	[mm]
R1	8,110		[mm]
R2	33,920	171,760	[mm]
α	122,500	127,910	[°]

bf	15,829	[mm]	
ba	1,985	[mm]	
rx	12,420	[mm]	
f	17,780	[mm]	
Dg	62,578	312,408	[mm]

# **Příloha č. II**

Návrh ložisek

## Návrh ložisek pro míchací šnek

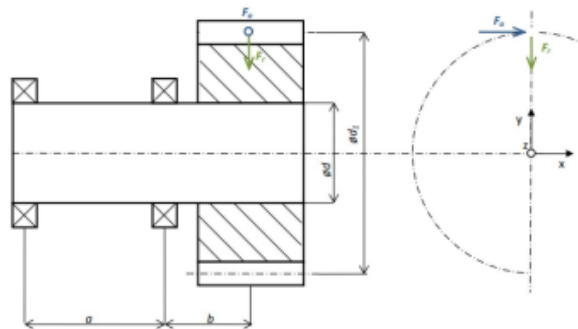
$$M_{k\_šnek} = 4025 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$D := 350 \text{ mm}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

$$a := 1540 \text{ mm}$$

$$b := 85 \text{ mm}$$



$$F_o := \frac{M_{k\_šnek}}{D} = 11500 \text{ N}$$

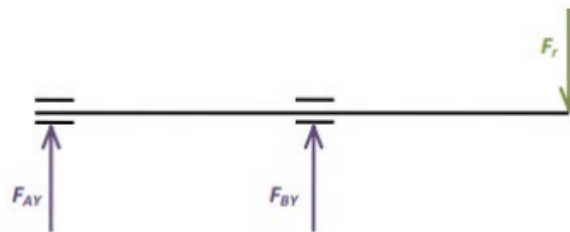
$$F_r := 11417 \text{ N}$$

$$\sum F_{iy}: F_{AY} + F_{BY} - F_r = 0$$

$$\sum M_{iA}: -F_{BY} \cdot a + F_r \cdot (a+b) = 0$$

$$F_{BY} := \frac{F_r \cdot (a+b)}{a} = 12047.159 \text{ N}$$

$$F_{AY} := F_{BY} - F_r = 630.159 \text{ N}$$

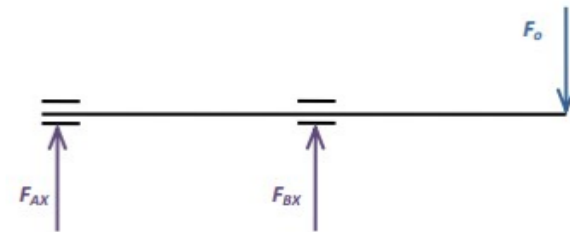


$$\sum F_{ix}: F_{AX} + F_{BX} - F_o = 0$$

$$\sum M_{iA}: -F_{BX} \cdot a + F_o \cdot (a+b) = 0$$

$$F_{BX} := \frac{F_o \cdot (a+b)}{a} = 12134.74 \text{ N}$$

$$F_{AX} := F_{BX} - F_o = 634.74 \text{ N}$$



$$F_A := \sqrt{F_{AX}^2 + F_{AY}^2} = 894.425 \text{ N}$$

$$F_B := \sqrt{F_{BX}^2 + F_{BY}^2} = 17099.297 \text{ N}$$

Požadovaná doba běhu  
1 rok » 365 dní  
8 hodin denně  
» 8\*365=2920 hodin

## Životnost

$$n_M = 35 \frac{1}{\text{min}}$$

$$C := 105 \text{ kN}$$

$$F_e := F_B = 17.099 \text{ kN}$$

Ložiskový domeček SKF FNL 510 B + C 2210 V + H 310 E

$$L_h := \frac{16666}{n_M} \cdot \left( \frac{C}{F_e} \right)^{\frac{10}{3}} = 3364.978 \text{ hr} \quad \gg \text{vyhovuje.}$$

## Ložisko u hydromotoru

$$M_{k\_MT500} = 1150 \text{ N}\cdot\text{m}$$

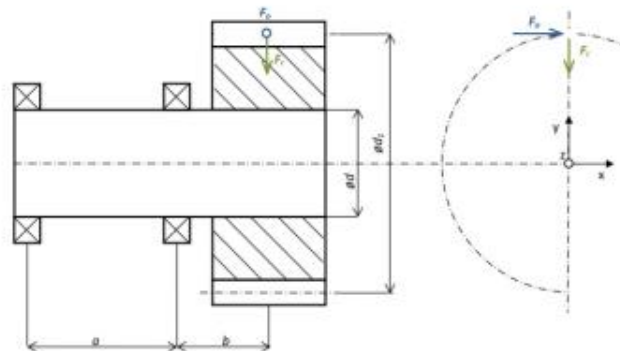
$$D := 100 \text{ mm}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

$$a := 150 \text{ mm}$$

$$b := 80 \text{ mm}$$

$$F_o := \frac{M_{k\_MT500}}{D} = 11500 \text{ N}$$

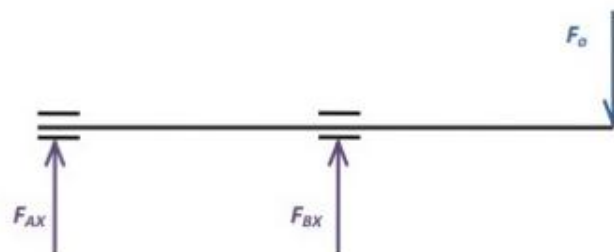


$$\sum F_{ix}: F_{AX} + F_{BX} - F_o = 0$$

$$\sum M_{iA}: -F_{BX} \cdot a + F_o \cdot (a+b) = 0$$

$$F_{BX} := \frac{F_o \cdot (a+b)}{a} = 17633.333 \text{ N}$$

$$F_{AX} := F_{BX} - F_o = 547.159 \text{ N}$$



Požadovaná doba běhu

1 rok » 365 dní

8 hodin denně

»  $8 \cdot 365 = 2920$  hodin

## Životnost

$$n_M = 35 \frac{1}{\text{min}}$$

$$C := 105 \text{ kN}$$

$$F_e := F_{BX} = 17.633 \text{ kN}$$

Ložisko SKF C2210V

$$L_h := \frac{16666}{n_M} \cdot \left( \frac{C}{F_e} \right)^{\frac{10}{3}} = 3037.118 \text{ hr}$$

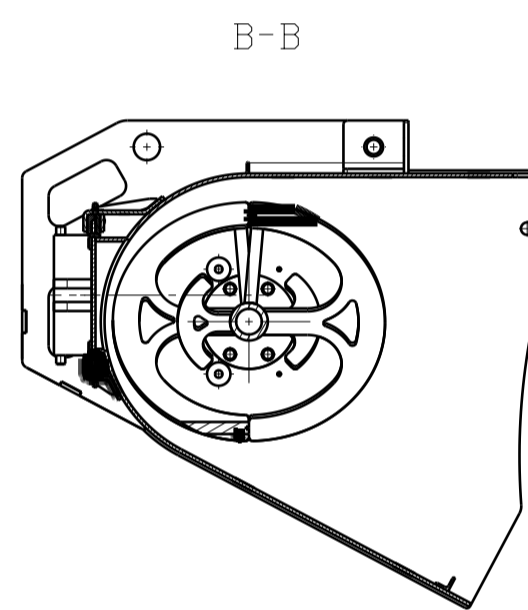
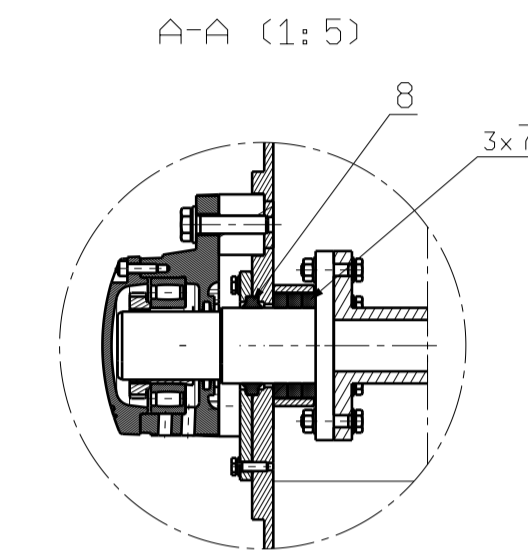
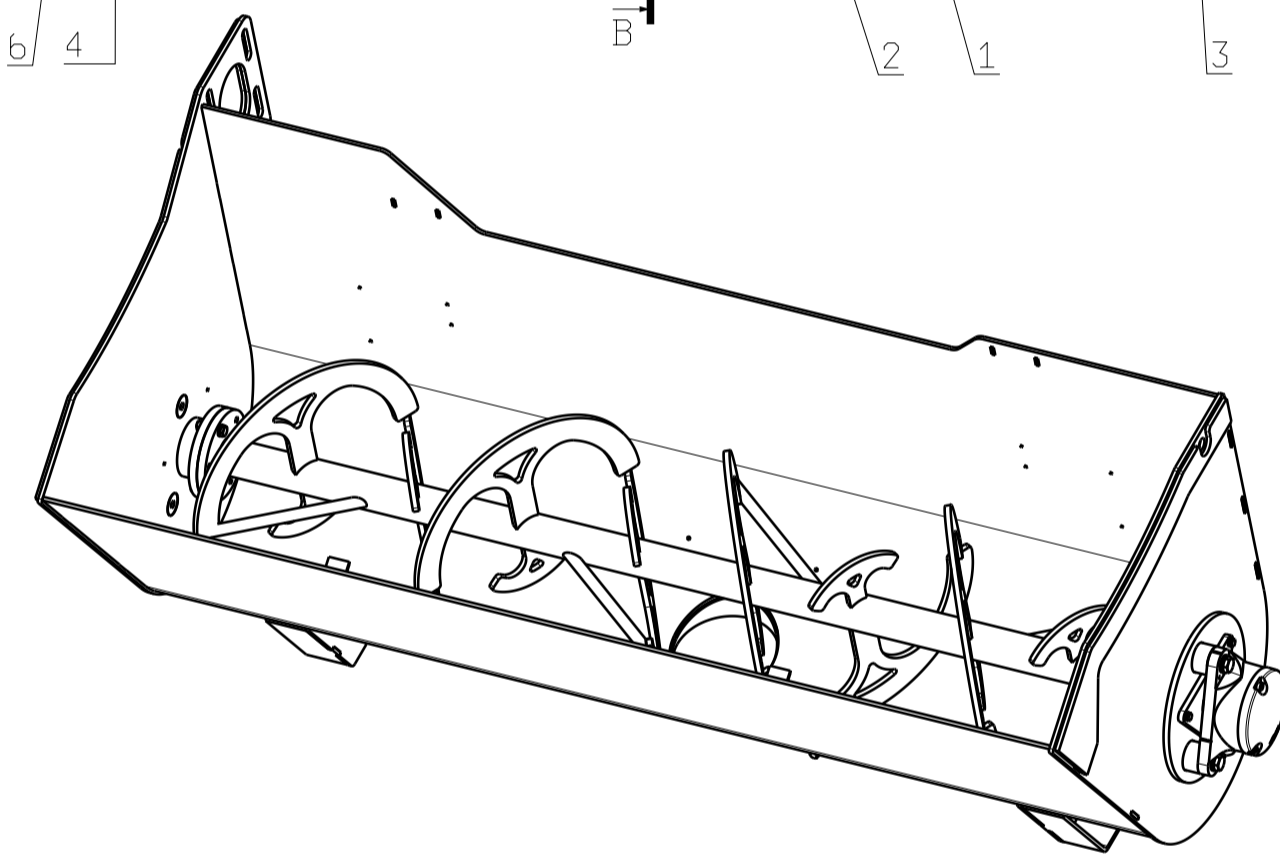
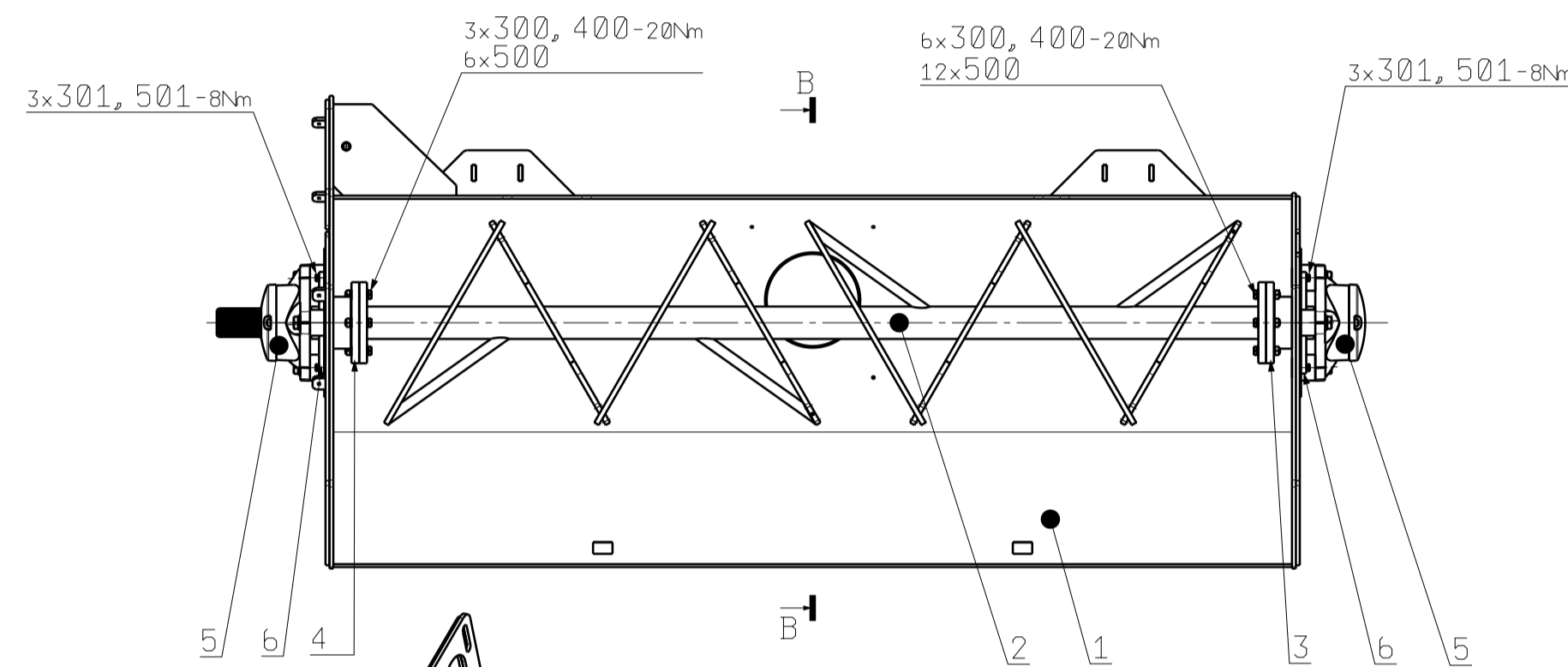
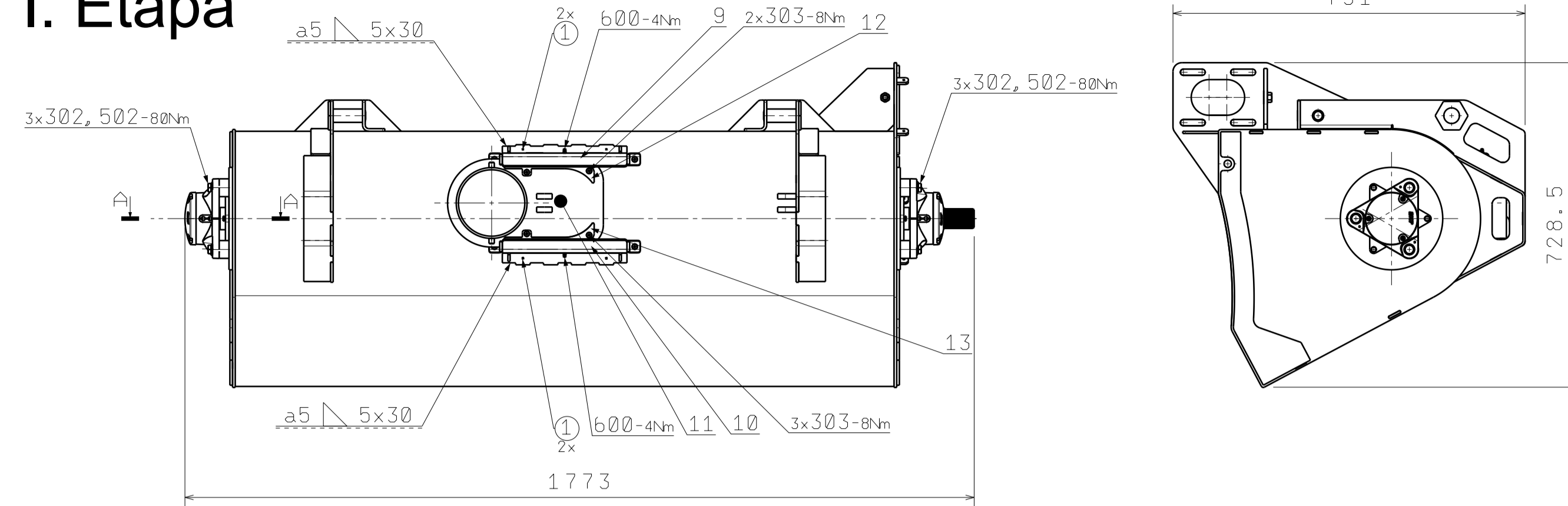
» vyhovuje.

# **Příloha č. III**

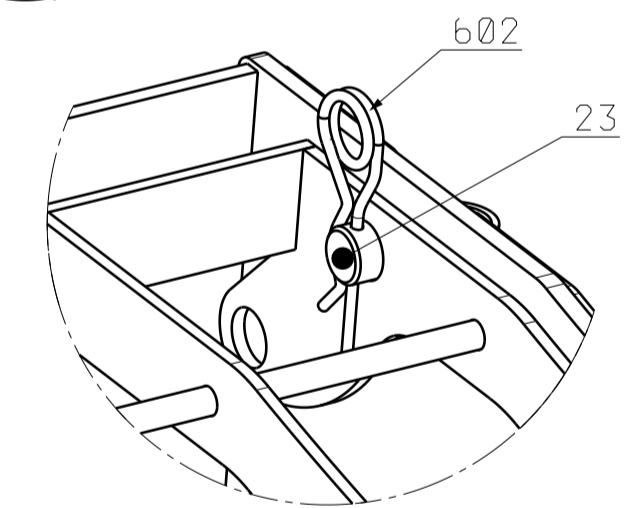
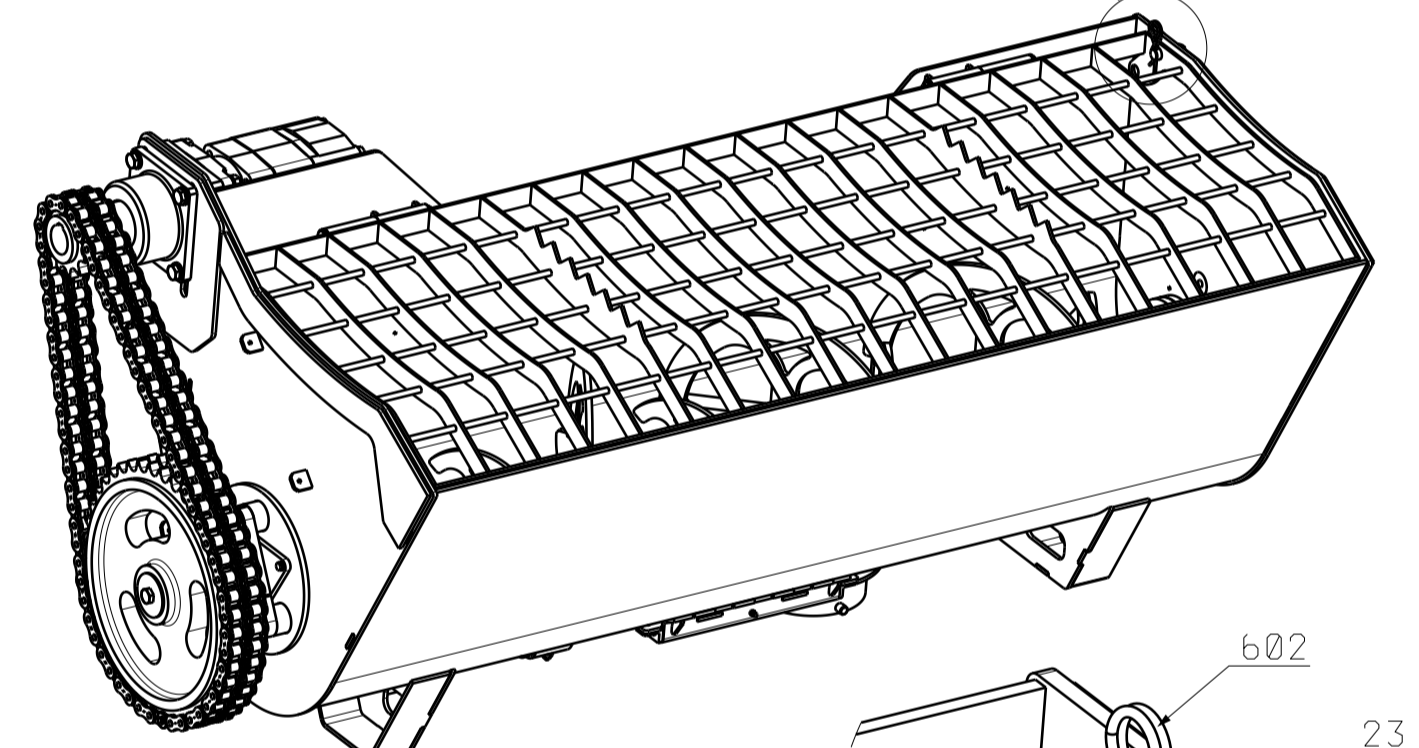
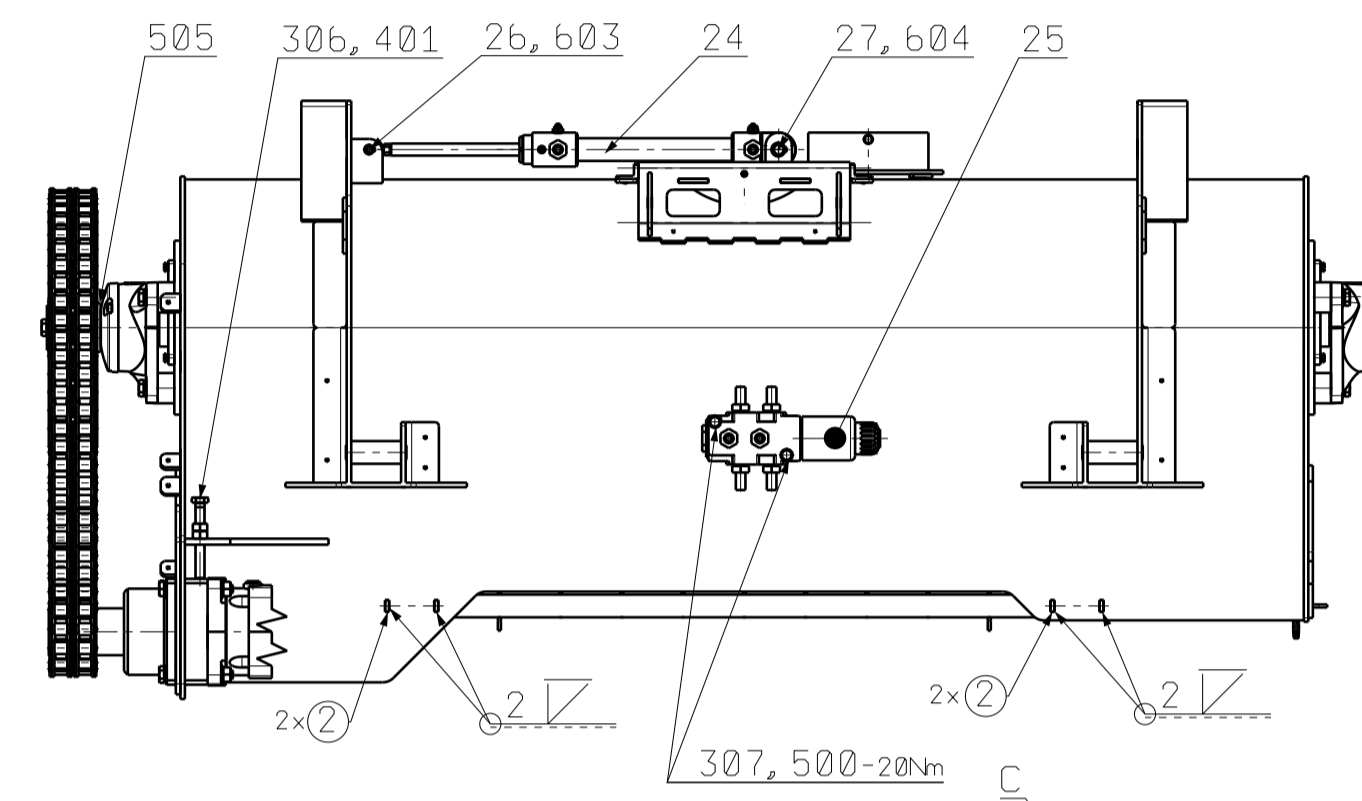
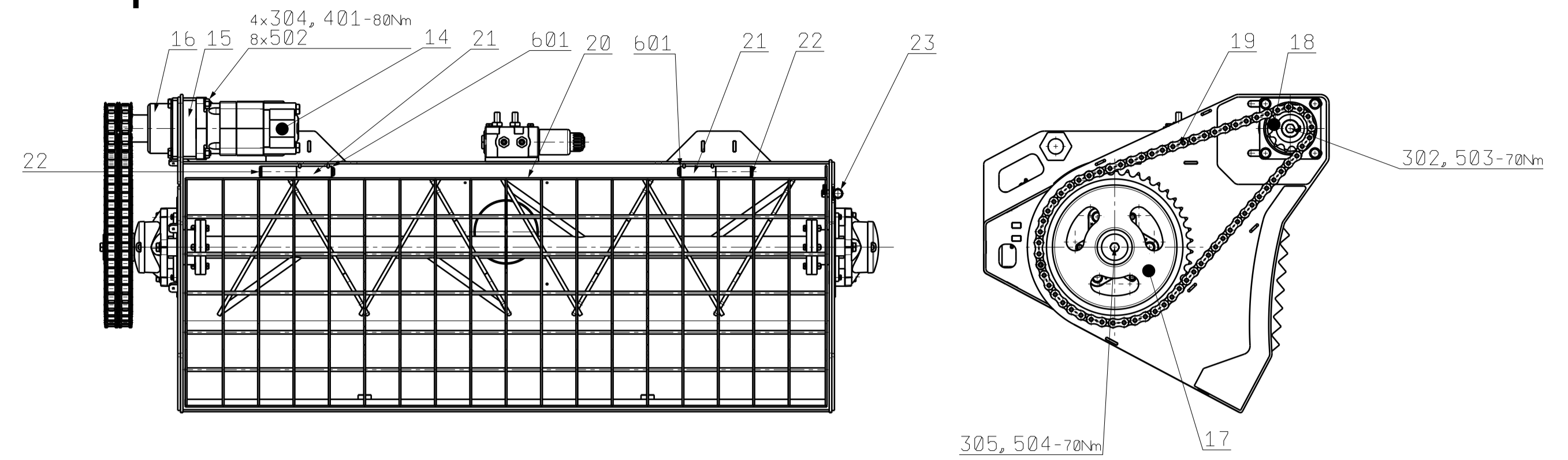
Výkres sestavy přídatného  
zařízení pro míchání betonu



# I. Etapa

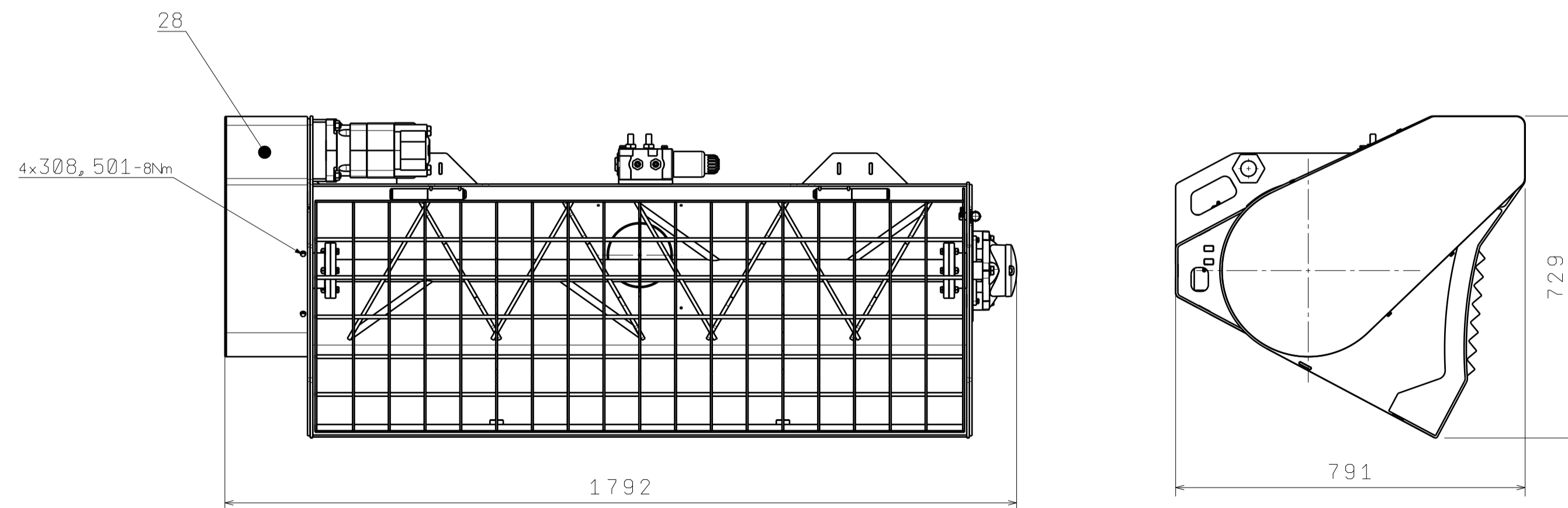


# II. Etapa



Detail C (1:2)

# III. Etapa



Montáž lopaty je rozdělena na tři etapy, podle toho je i uzpůsoben kusovník.

POZ. 21 nejprve sbodovat s POZ.1 přes montážní otvory ② následně vložit rošt a začepovat POZ.22, po zajištění čepů POZ.601 dozavazít.

POZ. 9,10 nejprve snýtovat s POZ.1 přes montážní otvory ① následně vložit POZ. 11, po vložení přivařit POZ. 9,10 po zavaření zkontrolovat pohyblivost POZ.11 do POZ.11 domontovat POZ. 12,13,600.

- ② - Montážní otvor
- ① - Montážní otvor

604	POJISTNÝ KROUŽEK - 15	ČSN 02 2930	1
603	POJISTNÝ KROUŽEK - 10	ČSN 02 2930	1
602	PRUŽNÁ ZÁVLAČKA - 3x60	DIN11024	1
601	POJISTNÝ KROUŽEK - 20	ČSN 02 2930	2
600	MAZNIČKA M6	ČSN 02 7421	2
505	VYPEZOVACÍ PODLOŽKA	V-0505	1
504	PODLOŽKA ŘETĚZ - VELKÉ KOLO	V-0504	1
503	PODLOŽKA ŘETĚZ - MALÉ KOLO	V-0503	1
502	PODLOŽKA PRO M12	DIN125	15
501	PODLOŽKA PRO M6	DIN125	14
500	PODLOŽKA PRO M8	DIN125	11
401	MATICE M12	DIN934	5
400	MATICE M8	DIN934	9
308	ŠROUB M6x10	DIN933	
307	ŠROUB M8x100	DIN933	2
306	STAVĚCÍ ŠROUB M12x100	DIN933	1
305	ŠROUB M12x20	DIN933	1
304	ŠROUB M12x90	DIN933	4
303	ŠROUB M6x8	DIN7991	4
302	ŠROUB M12x50	DIN933	7
301	ŠROUB M6x20	DIN933	6
300	ŠROUB M8x35	DIN609	9

30	TRUBKY - HYDRAULIKA - 2m	V-1130	
29	HADICE - 6m/21MPa	N-1006-1,2,3,4	
28	KRYT	V-1128	1
27	ČEP - VÁLEC	V-1127	1
26	ČEP - PÍSTNICE	V-1126	1
25	HYDRAULICKÁ VÝHYBKÁ - 6/2-90l/min	N-1005	1
24	LINEÁRNÍ HYDROMOTOR HEB Z160	N-1004	1
23	ZAJIŠŤOVACÍ ČEP	S-1023	1
22	ČEP	V-1122	2
21	PANT	S-1021	2
20	ROŠT	S-1020	1
19	ŘETĚZ - VAMBERG-16B-2 (67 ČLÁNKŮ)	N-1003	1
18	ŘETĚZOVÉ KOLO - MALÉ	V-1118	1
17	ŘETĚZOVÉ KOLO - VELKÉ	V-1117	1
16	LOŽ. DOMEK (LOŽISKO C2210V)	S-1016	1
15	ROZPĚRNÁ DESKA	V-1115	1
14	ROTAČNÍ HYDROMOTOR - MT500	N-1002	1

13	DORAZ SPODNÍ VÝPUSTI - ZRC POZ.12	V-1112 ZRC	1
12	DORAZ SPODNÍ VÝPUSTI	V-1112	1
11	SPODNÍ VÝPUST	S-1011	1
10	VEDENÍ SPODNÍ VÝPUSTI - II	S-1010	1
9	VEDENÍ SPODNÍ VÝPUSTI - I	S-1009	1
8	STÍRAČÍ KROUŽEK - WR17 - 50x65x8	N-1001	2
7	TĚSNIČÍ ŠNŮRA - 204mm	8921-K - 9.5X9.5(3/8")	6
6	VÍKO TĚSNĚNÍ	V-1106	2
5	LOŽ. DOMEK FNL510B-C2210V-H310	N-1000	2
4	HŘÍDEL - PRAVÁ STR.	V-1104	1
3	HŘÍDEL - LEVÁ STR.	V-1103	1
2	MÍCHACÍ ŠNEK	S-1002	1
1	LOPATA	S-1001	1

Poz.	Název - Rozměr	Výkres - Norma	Množ.
DESIGNED BY:	Kepl Jakub		I -
DATE:	14.5.2021		H -
CHECKED BY:			G -
DATE:			F -
SIZE:	A1		E -
SCALE:	1:10		D -
SCALE:	250		C -
SCALE:	S-1000		B -
SCALE:	1/1		A -

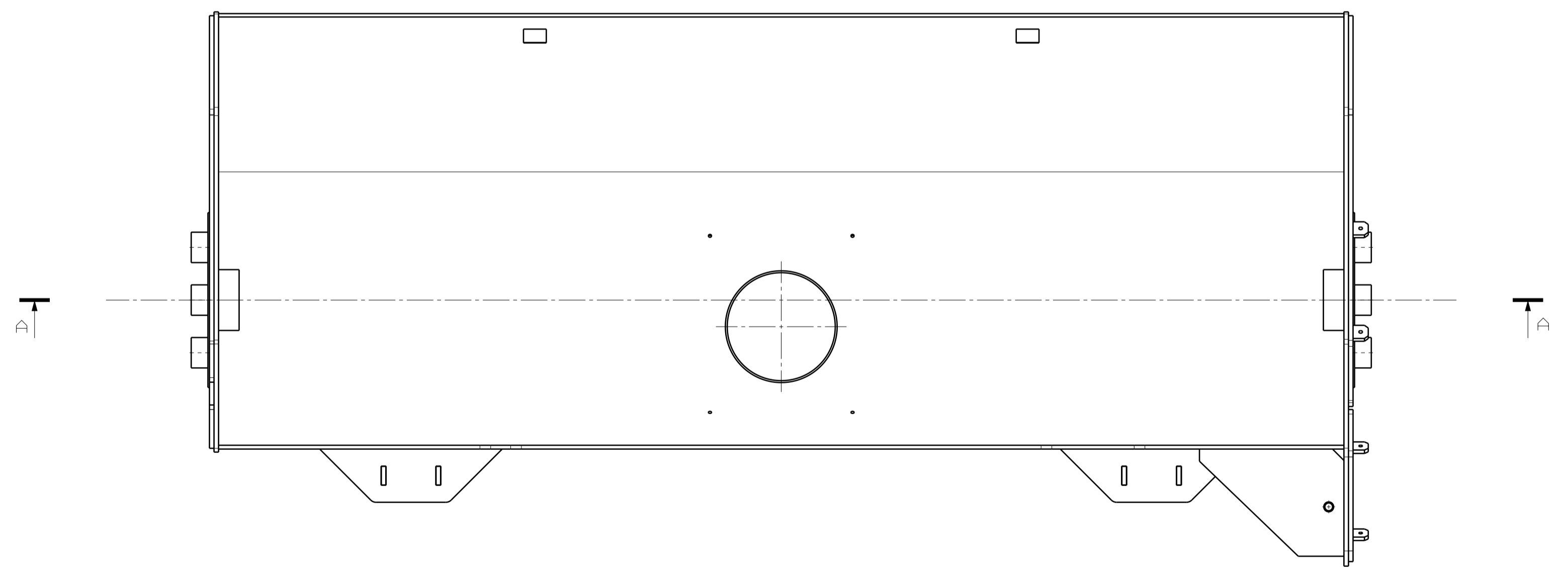
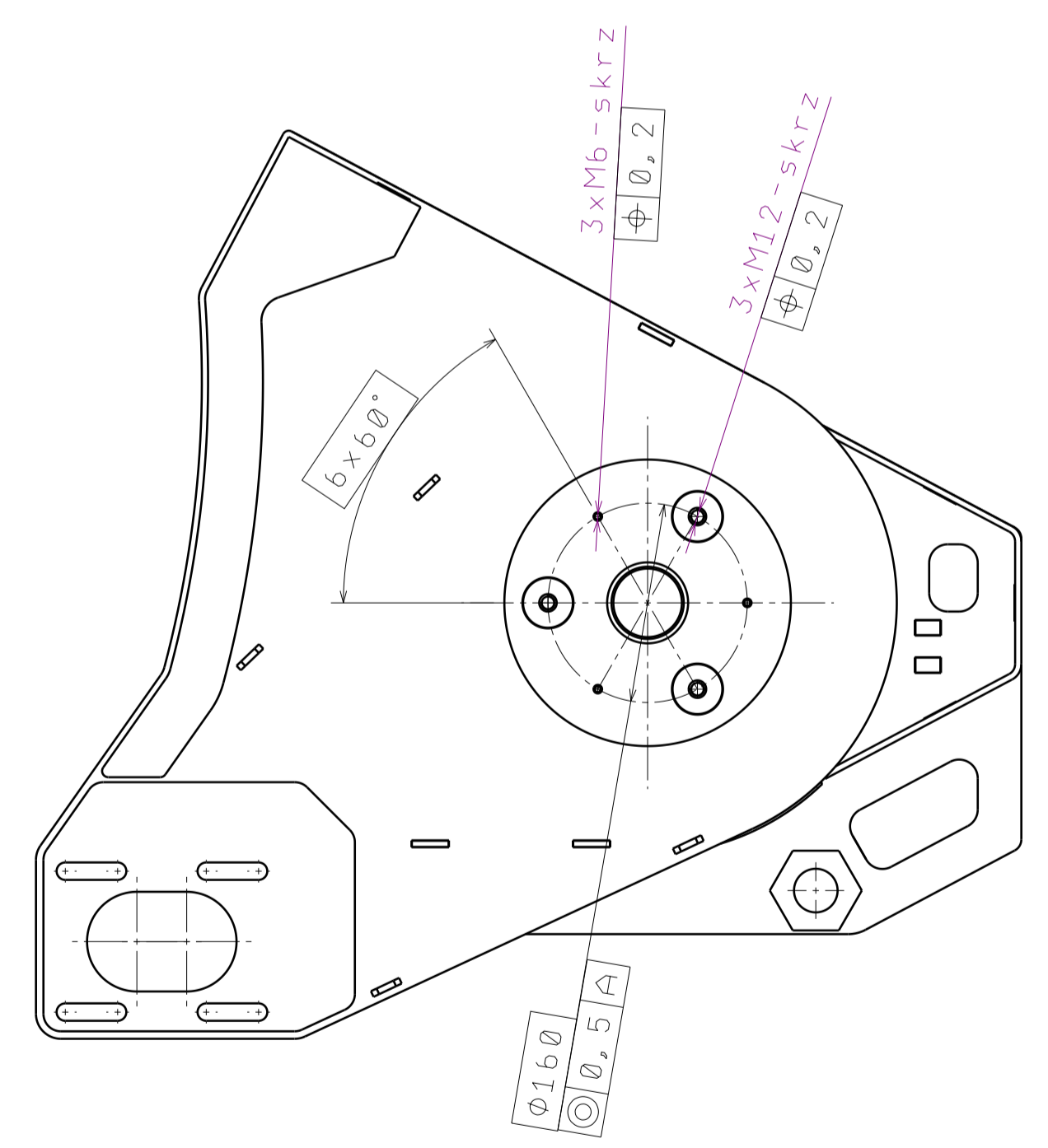
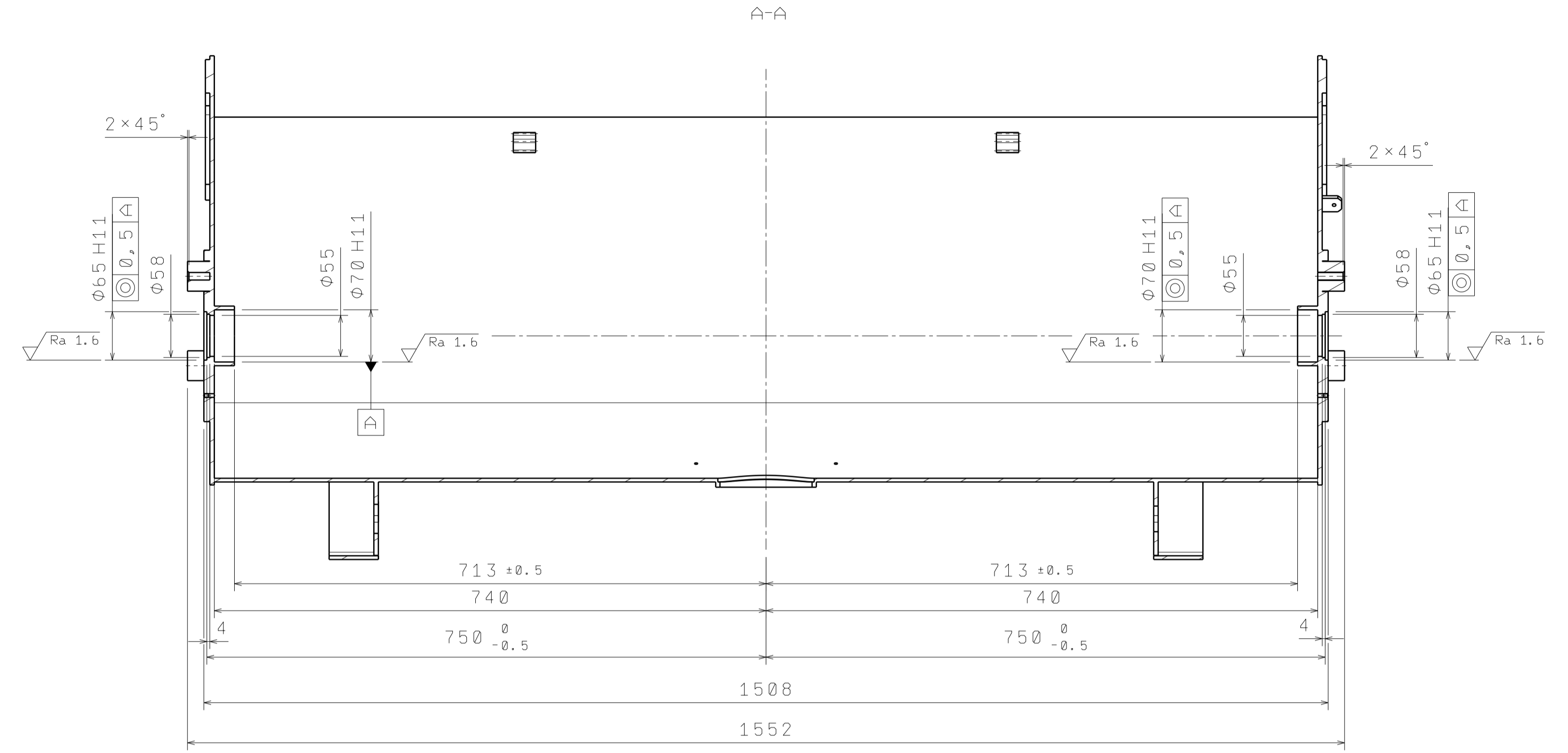
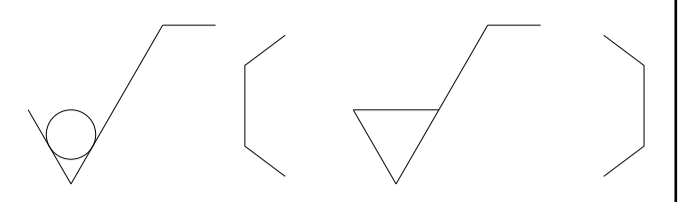
Přídavné zařízení na míchání betonu k nakladači UNC

ZČU v Plzni

# **Příloha č. IV**

Výkres lopaty





Závity v levé bočnici řežat stejně jako u pravé bočnice  
 Netolerované obráběné rozměry a tolerance podle uvedených tabulek, ostatní podle ČSN ISO 2768-1, tř. přesnosti střední a ČSN ISO 2768-2, tř. přesnosti H.

Rozměr	do 6	do 30	do 120	do 400	do 1000	nad 1000
Tolerance	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5

Rozměr	do 100	do 300	do 1000	nad 1000
Kolmost	±0,2	±0,3	±0,4	±0,5

DESIGNED BY: Kepl Jakub		<h1>LOPATA</h1>		I	-
DATE: 13.5.2021				H	-
CHECKED BY:		ZČU v Plzni		G	-
DATE:				F	-
SIZE: A1		S-1000		E	-
SCALE: 1:5				C	-
DESIGN: 130		S-1000		D	-
ISSUED: 2/2				B	-
<small>This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.</small>				A	-