

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**Strojnícka fakulta**

**NÁVRH RÝHOVAČA AKO PRÍDAVNÉ  
ZARIADENIE PRE NAKLADAČE LOCUST 1203**

**Diplomová práca**

**Bc. Jozef Čajka**

**Bratislava**

**Jún 2009**

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**Strojnícka fakulta**

**Ústav dopravnej techniky a konštruovania**

**NÁVRH RÝHOVAČA AKO PRÍDAVNÉ  
ZARIADENIE PRE NAKLADAČE LOCUST 1203**

**Diplomová práca**

**Študijný odbor:** 5.2.3 Dopravné stroje a zariadenia  
**Študijný program:** Stroje a zariadenia pre stavebníctvo,  
úpravníctvo a poľnohospodárstvo

**Vedúci diplomovej práce:**  
Doc. Ing. Ladislav Gulán, PhD.

**Diplomant:**  
Bc. Jozef Čajka

**Konzultant diplomovej práce:**  
Ing. Boris Štubňa, PhD.

**Bratislava, jún 2009**

**Čestné prehlásenie**

Svojim podpisom prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval samostatne za odbornej pomoci vedúceho diplomovej práce a s použitím uvedenej literatúry.

Bratislava, 10. jún 2009

.....

Bc. Jozef Čajka

Dovoľujem si touto cestou vyjadriť poďakovanie vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Ladislavovi Gulanovi, PhD. za odborné vedenie a pomoc pri riešení diplomovej práce.

Zároveň ďakujem konzultantovi Ing. Borisovi Štubňovi, PhD. a ďalším pracovníkom katedry za cenné pripomienky a rady pri spracovaní danej problematiky.

Bratislava, 10. jún 2009

Bc. Jozef Čajka

**Názov práce:** Návrh ryhovača ako prídavné zariadenie pre nakladače  
LOCUST 1203

**Kľúčové slová:** ryhovač, ryha, šmykom riadený nakladač, prídavné zariadenie,  
reťaz

**Abstrakt:**

Cieľom diplomovej práce bolo navrhnuť prídavné zariadenie – ryhovač pre šmykom riadený nakladač LOCUST 1203. V úvodnej časti je uvedený prehľad súčasného stavu v oblasti prídavných zariadení – ryhovačov a prehľad ich výrobcov. Druhá časť je venovaná návrhu konštrukcie ryhovača, voľbe jednotlivých prvkov, popisu komponentov ryhovača a hlavné výpočty jednotlivých prvkov. V nasledujúcej časti je uvedená pevnostná kontrola hlavného rámu s využitím metódy konečných prvkov. V záverečnej časti je popísaná kontrola stability nakladača s prídavným zariadením.

**Title:** Design trencher as additional device to skid steer loader  
LOCUST 1203

**Keywords:** trencher, groove, skid steer loader, additional device, chain

**Abstract:**

Aim of this graduation theses was to design additional device – trencher to skid steer loader LOCUST 1203. In the introductory part is overview of the additional devices – trenchers and their producers. The second part shows the construction design of the trencher selection of individual components, description of the trencher and main calculations of individual components. In the next part is includes strenght control of main frame by finite element method. Closing part of the work includes checkout of stability a skid steer loader with additional device.

## OBSAH

ZOZNAM PRÍLOH .....	8
PREHĽAD POUŽITÝCH VELIČÍN A SYMBOLOV .....	9
ÚVOD .....	14
<b>1 PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU .....</b>	<b>16</b>
1.1 Použitie a rozdelenie .....	16
1.1.1 Korčiekové ryhovače .....	18
1.1.2 Kolesové ryhovače .....	19
1.1.3 Reľazové ryhovače .....	21
1.1.4 Frézové ryhovače .....	25
1.1.5 Špeciálne ryhovače .....	28
1.1.6 Ryhovače ako prídavné zariadenia .....	30
1.2 Výrobcovia ryhovačov .....	34
1.3 Nosič ryhovača .....	35
1.3.1 Prídavné zariadenia k LOCUST 1203 .....	36
1.3.2 Technická špecifikácia nakladača LOCUST 1203 .....	40
<b>2 KONŠTRUKČNÝ NÁVRH .....</b>	<b>42</b>
2.1 Pracovná reľaz .....	43
2.1.1 Sily v reľazi .....	46
2.2 Pracovný odpor nástroja .....	49
2.3 Reľazové kolesá .....	51
2.3.1 Návrh reľazových kolies .....	52
2.4 Výpočet hriadeľov .....	57
2.5 Výpočet ložísk .....	63
2.6 Základný nosný rám .....	66
2.7 Napínacie zariadenie .....	68
2.8 Závitokový dopravník .....	70

2.9	Pomocná radlička .....	72
2.10	Pohon pracovného zariadenia .....	73
2.11	Celkový spotrebovaný výkon .....	75
2.12	Výkonnosť ryhovača .....	76
2.13	Pripojenie ryhovača .....	77
2.14	Spôsob práce s ryhovačom .....	78
3	PEVNOSTNÁ KONTROLA .....	79
3.1	Pevnostná kontrola základného rámu .....	79
4	KONTROLA STABILITY STROJA .....	83
	ZÁVER .....	85
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....	86
	PRÍLOHY .....	90
	Príloha 1. ....	90
	Príloha 2. ....	94

## **ZOZNAM PRÍLOH**

### **Výkresová dokumentácia:**

<b>A0 – DP – 2009 – 1</b>	<b>Zostava nakladača s prídavným zariadením</b>
<b>3xA1 – DP – 2009 – 2</b>	<b>Zostava prídavného zariadenia</b>
<b>A1 – DP – 2009 – 3</b>	<b>Zvarová zostava rámu</b>

**Príloha 1. – Mechanika zemín**

**Príloha 2. – Prehľad ryhovačov**

**Príloha 3. – Prezentačné CD**

**Príloha 4. – Prospekt**



## PREHĽAD POUŽITÝCH VELIČÍN A SYMBOLOV

$B$	(mm)	.....	šírka ryhy
$D$	(mm)	.....	priemer hrideľov
$D_{a\ 1,2,3}$	(mm)	.....	priemer hlavovej kružnice
$D_{f\ 1,2,3}$	(mm)	.....	priemer pätnjej kružnice
$D_{g\ 1,2,3}$	(mm)	.....	najväčší priemer venca
$D_{Záv}$	( $m^3 \cdot hod^{-1}$ )	.....	priemer závitovky
$D_{1,2,3}$	(mm)	.....	priemer rozstupovej kružnice reľazových kolies
$F$	(N)	.....	obvodová sila hnacieho kola
$F_{c\ prac}$	(N)	.....	celková pracovná sila ryhovača
$F_{k2}$	(N)	.....	odpory na napínacom kolese
$F_{k3}$	(N)	.....	odpory na podpernom kolese
$F_n$	(N)	.....	napínacia sila
$F_{poh}$	(N)	.....	valivý odpor nakladača
$F_m$	(N)	.....	normálová zložka rypnej sily
$F_{rt}$	(N)	.....	tangenciálna zložka rypnej sily
$F_z$	(N)	.....	sila poterbná k zdvíhaniu materiálu
$F_{záv}$	(N)	.....	obvodová sila závitovky
$G$	(N)	.....	tiaž nakladača
$G_{nap}$	(N)	.....	tiažová sila napínacej kladky s prislúšenstvom
$G_{rel'}$	(N)	.....	tiažová sila reľaze na 1 m

$G_s$	(N)	.....	ťaž nakladača
$H$	(mm)	.....	hĺbka ryhy
$H_1$	(mm)	....	vertikálna vzdialenosť medzi hnacou a napínacou kladkou
$H_2$	(mm)	.....	vertikálna vzdialenosť medzi napínacím a pod. kolesom
$K_1$	(MPa)	.....	koeficient triedy ťaženej zeminy
$Mk_{RHM}$	(Nm)	.....	maximálny krútiaci moment hydromotora
$Mk_{min}$	(Nm)	.....	minimálny krútiaci moment hydromotora
$M_k$	(Nm)	.....	klopné momenty
$M_s$	(Nm)	.....	stabilizujúce momenty
$P$	(W)	.....	celkový spotrebovaný výkon
$P_{RHM}$	(W)	.....	výkon rotačného hydromotora
$P_{prac}$	(W)	.....	výkon pracovného zariadenia
$P_{poh}$	(W)	.....	výkon potrebný na pohyb nakladača
$P_{Záv}$	(W)	.....	výkon závitkového dopravníka
$R_e$	(MPa)	.....	medza klzu materiálu
$R_m$	(MPa)	.....	medza pevnosti materiálu
$R_p$	(N)	.....	reakcia tiaže na prednú nápravu nakladača
$R_{pv}$	(N)	.....	odpor podperného vedenia
$R_{pz}$	(N)	.....	odpor rezanej zeminy proti premiestňovaniu
$R_r$	(N)	.....	odpor rezania zeminy
$R_t$	(N)	.....	trečí odpor medzi nožom a zeminou
$R_z$	(N)	.....	reakcia tiaže na zadnú nápravu nakladača

$S$	$(\text{mm}^2)$	..... prierez triesky
$V_{\text{Dop}}$	$(\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1})$	..... dopravované množstvo zeminy
$V_{\text{max}}$	$(\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1})$	..... maximálne dopravované množstvo
$V_{\text{RHM}}$	$(\text{cm}^3)$	..... geometrický objem hydromotora
$V_{\text{Záv}}$	$(\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1})$	..... dopr. množstvo ľavého/pravého záv. dopravníka
$Q$	$(\text{N})$	..... tiaž prídavného zariadenia
$Q_{\text{RHM}}$	$(\text{l} \cdot \text{min}^{-1})$	..... prietok rotačného hydromotora
$Z_v$	$(\text{s}^{-1})$	..... počet výsyrov
$a_t$	$(\text{mm})$	..... vzdialenosť ťažiska ryhovača od klopnej hrany
$b_t$	$(\text{mm})$	..... vzdialenosť osi zadnej nápravy od klopnej hrany
$b$	$(\text{mm})$	..... dĺžka dvojice článkov
$b_a$	$(\text{mm})$	..... koeficient zaoblenia zuba
$b_{f1}$	$(\text{mm})$	..... šírka zuba reťazového kolesa
$b_1$	$(\text{mm})$	..... vnútorná šírka reťaze
$b_2$	$(\text{mm})$	..... vonkajšia šírka reťaze
$c$	$(\text{mm})$	..... veľkosť posuvu
$c_{\text{záv}}$	$( )$	..... súčiniteľ zošikmenia závitovky
$d_1$	$(\text{mm})$	..... priemer púzdra reťaze
$d_2$	$(\text{mm})$	..... priemer diery púzdra
$f$	$(\text{mm})$	..... odchýlka polomeru rozstupovej kružnice a venca
$g$	$(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	..... gravitačné zrýchlenie
$h$	$(\text{mm})$	..... hrúbka odoberanej zeminy

$i$	( )	..... počet dvojíc článkov v reľazi
$k$	( )	..... súčiniteľ bezpečnosti
$k_s$	( )	..... miera bezpečnosti pri nakladačoch
$l_r$	(mm)	..... dĺžka článku
$l_v$	(m)	..... dĺžka závitkového dopravníka
$l'$	(mm)	..... dĺžka reťaze v zábere
$m$	(kg)	..... hmotnosť nakladača s pracovným zariadením
$m_n$	(kg)	..... hmotnosť nakladača
$m_{nap}$	(kg)	..... hmotnosť napínacej kladky s príslušenstvom
$m_r$	(kg)	..... hmotnosť ryhovača
$m_{rel'}$	(kg)	..... hmotnosť 1m reťaze
$m_{RHM}$	(kg)	..... hmotnosť hydromotora
$n$	(mm)	..... vzdialenosť ťažiska nakladača od klopnej hrany
$n_{RHM}$	(min <sup>-1</sup> )	..... maximálne otáčky hydromotora
$n_{1,2,3}$	(s <sup>-1</sup> )	..... otáčky reťazových kolies
$p_{RHM}$	(MPa)	..... pracovný tlak rotačného hydromotora
$r_i$	(mm)	..... polomer dna zubovej medzery
$r_{e 1,2,3}$	(mm)	..... polomer bokov zubov
$r_x$	(mm)	..... polomer zaoblenia zuba
$s$	(m)	..... stúpanie závitovky
$t$	(mm)	..... rozstup reťaze
$v_k$	(m . s <sup>-1</sup> )	..... rýchlosť reťaze

$v_p$	$(m \cdot s^{-1})$	..... rýchlosť pojazdu pri práci
$v_{sk}$	$(m^3 \cdot hod^{-1})$	..... skutočná výkonnosť ryhovača
$v_t$	$(m^3 \cdot hod^{-1})$	..... teoretická výkonnosť ryhovača
$z_{1,2,3}$	( )	..... počet zubov reľazových kolies
$\alpha$	( ° )	..... uhol medzi pracovným orgánom a horizontálnou rovinou
$\alpha_{1,2,3}$	( ° )	..... uhol otvorenia
$\rho$	$(kg/m^3)$	..... merná hmotnosť zeminy
$\sigma_{Dov}$	(MPa)	..... dovolené napätie
$\tau$	( )	..... súčiniteľ využitia času
$\psi$	( )	..... súčiniteľ plnenia

## ÚVOD

V súčasnej dobe plnej IT technológií zohráva prenos informácií a energie na väčšie vzdialenosti veľmi dôležitú úlohu. Na tento účel sa často používajú inžinierske siete, ktoré sú zabudované v zemnom telese. Na uloženie týchto sietí treba výkonné zariadenia, ktoré umožnia ich uloženie v dostatočnej hĺbke pod povrchom s požadovanou výkonnosťou, spoľahlivosťou a bezpečnosťou.

V strojárstve je veľmi dôležitou úlohou riešiť mechanizáciu týchto činností. Znamená to konštruovať také stroje, ktoré nahradia fyzickú prácu človeka a vytvoria možnosť riešiť predtým ťažko realizovateľné úlohy.

Výstavba inžinierskych sietí a podzemných vedení si vyžaduje riešiť problém vytvárania pozdĺžnych rýh na ukladanie káblov a potrubí. V súčasnej dobe sa na vytváranie pozdĺžnych rýh používajú podkopové zariadenia. Podkopové zariadenie je najčastejšie súčasťou rýpadla alebo rýpadlo – nakladača. Tieto stroje sú použiteľné na malé vzdialenosti. Pri väčších vzdialenostiach sú veľmi neefektívne, kvôli nekontinuitate odoberania materiálu a časovej náročnosti premiestňovaniu celého stroja.

Na vytváranie pozdĺžnych rýh vznikli stroje s kontinuálnym pracovným cyklom – ryhovače. Tieto stroje sú jednoúčelové, tzn. že majú vysokú nadobúdaciu hodnotu a sú použiteľné iba na jeden účel.

Súčasný trend v stavebníctve si vyžaduje univerzálnosť pracovných strojov. Z tohto dôvodu sa začali vyvíjať stroje univerzálne, ktoré sú schopné pokryť čo najširšiu škálu používaných technológií v stavebníctve, poľnohospodárstve a v oblasti komunálnych služieb.

Univerzálne stroje majú možnosť rýchlej výmeny prídavných pracovných zariadení, ktoré sú upevnené pomocou rýchlohupinacieho zariadenia.

Výrobcovia týchto univerzálnych strojov sa snažia rozšíriť svoj sortiment prídavných zariadení a tým zvýšiť využiteľnosť základného stroja. Medzi univerzálne stroje môžeme zaradiť nakladače riadené preklzom kolies. Tieto stroje umožňujú vykonávať prácu v stiesnených podmienkach a k dispozícii majú niekoľko prídavných zariadení.



# 1 PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU

## 1.1 Použitie a rozdelenie

Ryhovače sú zariadenia na vytváranie pozdĺžnych a relatívne úzkych rýh pre ukladanie káblov, potrubí, rôznych druhov drenáží v zeminách ľahko a stredne ťažko rozpojiteľných v zmysle normy STN 73 3050. Vyhĺbené ryhy majú najčastejšie v priečnom vertikálnom priereze pravidelný obdĺžnikový tvar s konštantnou šírkou základne, ktorá je závislá na šírke záberu pracovného nástroja. Bočné steny sú buď zvislé alebo zvierajú s vodorovnou rovinou uhol menší ako  $90^\circ$  v prípade, že ryhovač je vybavený bočnými zrezávačmi.

Pracovným nástrojom sú reľaze, frézy alebo korčeky upevnené buď na nekonečnej reľazi alebo obvode kolesa. Ryhovače sa uvádzajú tiež ako reľazové, kolesové prípadne rotorové rýpadlá, ktoré pracujú na princípe podobnému trieskovému obrábaniu konštrukčných materiálov a to frézovaniu.

Ryhovače alebo motorové rýpadlá majú aktívne sa pohybujúci rezný brit korčeka alebo noža, odrezávajúci triesku zeminy, ktorá je vynášaná na povrch terénu. Pri ryhovačoch, ktorých pracovným nástrojom je nôž, prípadne kombinácia noža a vynášacej škrabky, je zemina odsunovaná od okraja ryhy v úrovni terénu. Pri korčekových ryhovačoch je zemina vynášaná nad úroveň terénu a korček sa vyprázdňuje v najvyššom bode otáčania.



Obr. 1.1.1: Reľazový ryhovač



Hlavným technologickým údajom, ktorý určuje veľkosť stroja, je maximálna hĺbka drážky (m) násobená šírkou vyhlúbenej drážky (m alebo cm). Hĺbka sa pohybuje od 500 mm až po 10 000 mm a šírka v rozmedzí od 70 mm do 4000 mm.

Ryhovače môžeme rozdeliť na dve základné skupiny:

- jednoúčelové stroje (samohybné stroje)
- prídavné zariadenia k nakladačom, rýpadlo – nakladačom, poľnohospodárskym traktorom

Podľa druhu pracovného nástroja rozdeľujeme ryhovače na:

- korčekové
- kolesové s korčekmi
- frézové
- reťazové

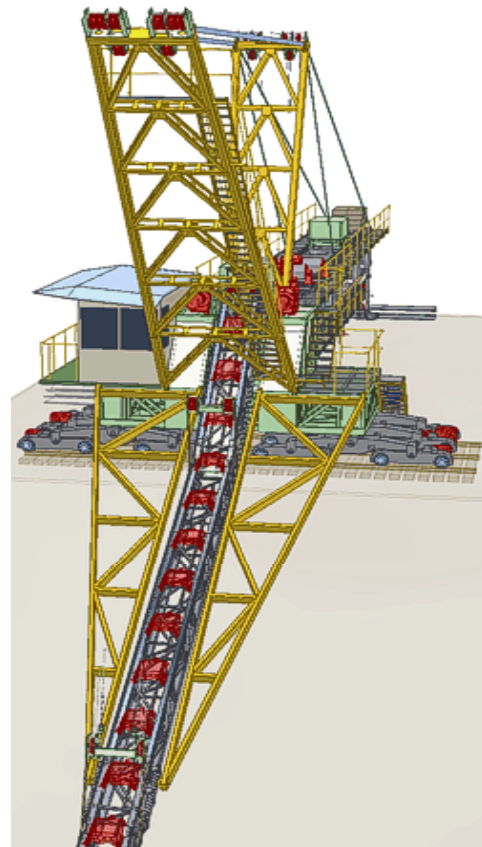


Obr. 1.1.2: Ryhovač od firmy Digga

### 1.1.1 Korčekové ryhovače

Po výložníku sa pohybuje nekonečná reťaz, na ktorej sa na jednom konci nachádza hnacie turasové koleso a na druhom konci výložníka je vodiaca a napínacia kladka. Na článkoch reťaze sú umiestnené korčeky. Pri hnacom turase je preklzovacia spojka, ktorá pri náraze korčeka na neprekonateľnú prekážku zastaví reťaz. Hlavný spaľovací motor poháňa hydrogenerátory pre ovládanie výložníka s korčekmi a u mechanických prevodov sa moment prenáša do prevodovky. Prevodovka zabezpečuje pomalý pracovný pohyb stroja a rýchlejší pohyb pri preprave. Pohyb korčekovej reťaze a pohyb dopravného pásu je synchronizovaný s pracovným pohybom stroja. Pokiaľ ide o celý hydrostatický pohon stroja, všetky uvedené pohyby zabezpečujú hydromotory.

Pásový dopravník na hornom ráme stroja presúva vysypaný materiál z korčiek na okraj vyhlúbenej ryhy. Ak sa má šírka ryhy zväčšiť, použije sa rozširovač, ktorý sa upevňuje na korčekovú reťaz a to vždy na korček, alebo sa vymení výložník s väčším počtom reťazí. Stroje tohto typu sú väčšinou na pásových podvozkoch s malým merným tlakom na pôdu. Pracujú do hĺbky 2 až 5 metrov a šírky ryhy 60 až 120 cm.

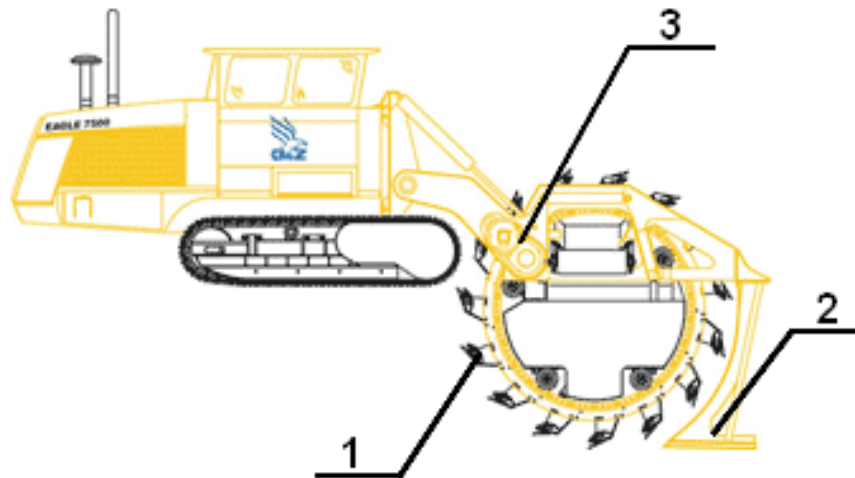


Obr. 1.1.3: Model ryhovača na koľajnicovom podvozku

### 1.1.2 Kolesové ryhovače

Kolesové ryhovače bývajú na pásovom podvozku traktorového typu, ku ktorému je kĺbovo upevnené pracovné zariadenie. Hlavným pracovným nástrojom je oceľové koleso, ktoré má po obvode symetricky upevnené korččky alebo nože.

Koleso, ktoré je stredovo uložené na hnacom hriadeli by pri požadovanej hĺbke ryhy 1500 mm muselo mať priemer vonkajšej kružnice dotýkajúcej sa rezných britov korčiekov väčšiu než 3000 mm. Pri tomto spôsobe uloženia a pri väčšej požadovanej hĺbke by rozmery kolesa rástli do neúnosných veľkostí. Kolesá sú preto najčastejšie konštruované ako medzikružie, upevnené minimálne na troch



Obr. 1.1.4: Kolesový ryhovač:

1 – koleso s korčkami, 2 – čistič dna, 3 - vodiaca kladka

vodiacich rozperných kladkách. Krútiaci moment sa na ne prenáša ozubeným pastorkom zaoberajúcim do ozubeného venca na vnútornom obvode medzikružia. Toto usporiadanie umožňuje zahĺbiť koleso s korčkami alebo frézovacími nožmi

tak, že stred osi otáčania kolesa je pod úrovňou povrchu terénu.

Na ráme stroja je priečne umiestnený dopravníkový pás, ktorý prepravuje vysypanú zeminu z korčeka mimo stroj na jednu alebo druhú stranu. Všetky funkčné pohyby stroja zabezpečuje hydrostatika.



*Obr. 1.1.5: Kolesový ryhovač*

Samostatné koleso s korčekom vytvorí kolmú rýhu. Pokiaľ potrebujeme rýhu lichobežníkového tvaru, primontuje sa na rám vertikálna rotačná fréza poháňaná hydromotorom, ktorá vyfrézuje šikmú stenu v požadovanom sklone. Pre presný tvar rýhy je za korčekom upevnená profilová radlica, ktorá dá ryhe konečný tvar. Kolesové ryhovače sú schopné vytvoriť hornú šírku kanálu 4 až 8 m.

### 1.1.3 Reľazové ryhovače

Reľazové ryhovače sa využívajú hlavne na úzke ryhy pre kladenie káblov, drenáží a potrubí. Hlavným pracovným nástrojom je nekonečná reľaz, na ktorej článkoch sú priskrutkované rezné nože. V závislosti od druhu a veľkosti stroja môžu robiť ryhy široké 6 – 75 cm do hĺbky 0,6 – 4 m.

Podľa podvozku na ktorom sa ryhovač nachádza, rozdeľujeme ryhovače na:

- 1) ručne vedené ryhovače
- 2) ryhovače na kolesových podvozkoch
- 3) ryhovače na pásových podvozkoch



*Obr. 1.1.6: Reľaz s výmennými platničkami*

#### 1) Ručne vedené ryhovače

Sú samohybné stroje s mechanickým alebo hydrostatickým pohonom. Rôzne veľkosti strojov vytvárajú rýhy od šírky 6 cm do 40 cm, hĺbky od 0,6 m do 1,5 m. Reľazou vyhrnutá zemina je jednostrannou alebo obojstrannou závitovkou odsúvaná mimo rýhu. Podľa druhu hĺbeného materiálu je možné voliť pracovnú rýchlosť a prítlak reľaze do záberu. Medzi popredných výrobcov týchto strojov patrí firma Ditch – Witch z USA a firma CASE z USA.



*Obr. 1.1.7: Ručný ryhovač Ditch - Witch 1030*

## 2) Ryhovače na kolesových podvozkoch

Ich pohon je väčšinou hydrostatický s plynulo meniteľnými pohybovými rýchlosťami. Môžu vytvárať ryhy o šírkach 15 – 60 cm a do hĺbky 0,6 – 2,5 m. V prednej časti stroja je dózerová radlica na zahŕňanie rýh alebo rýpadlové zariadenie s podkopovou lopatou. Tieto stroje sa tiež často kombinujú



*Obr. 1.1.8: Ryhovač na kolesovom podvozku*

s vibračným vertikálnym nožom pre hĺbkové ukladanie káblov do zeme. Pracovné zariadenie je obvykle vysúvateľné, takže je možné vytvárať ryhy i v blízkosti steny alebo inej prekážky.

### 3) Ryhovače na pásových podvozkoch

Ryhovače na pásových podvozkoch môžeme ďalej rozdeliť podľa účelu a použitia na univerzálne súpravy a jednouúčelové ryhovače pre hĺbkové ukladanie káblov alebo potrubí.

#### a) Univerzálne súpravy

Základný pásový traktorový stroj obsahuje viac pracovných zariadení ako napríklad:

- reťazový ryhovač pre šírky 10 – 40 cm a hĺbky do 2 m
- dózerovú radlicu
- rýpadlové zariadenie s podkopovou lopatou pre hĺbky do 2,5 m používané v prípade, keď je obtiažne ťažiť hĺbkový materiál reťazovým nástrojom alebo keď je potrebné spojiť dve ryhy, ktoré sú na seba kolmé.



*Obr. 1.1.9: Univerzálna súprava od firmy VERMEER*

Motorové výkony týchto strojov sú okolo 15 – 30 kW. Tieto pásové univerzálne súpravy vyrábajú hlavne firmy Dawis a CASE z USA.

**b) Jednouúčelové pre hĺbkové ukladanie káblov alebo potrubia**

Na dlhom pásovom podvozku s malými mernými tlakmi na pôdu je kyvne uložená pracovná časť, ktorá v horizontálnom smere (v smere pásov) sa môže vychýliť o 10° a výložník vo vertikálnom smere o 11°.



*Obr. 1.1.10: Pásový ryhovač pri vkladaní kábla do zeme*

Tieto výkyvy eliminujú

nerovnosť terénu. Stroj je prispôsobený na ukladanie rúrok všetkých druhov a ukladanie podzemných káblov, navinutých na bubne v ľavej časti stroja alebo pripravených na kraji rýhy, ktoré si potom stroj sám odoberá.



*Obr. 1.1.11: Pásový ryhovač od firmy MASTENBROEK*



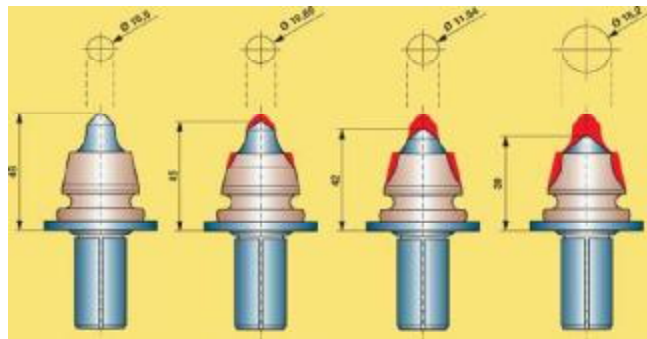
### 1.1.4 Frézové ryhovače

Pre obzvlášť tvrdé horniny, kde korčekové ani reľazové ryhovače nemôžu pracovať sa volia iné pracovné nástroje, tzv. hroty, ktoré sú vyrobené z najtvrdších karbidových zliatin kovov. Tieto hroty sú schopné frézovať ryhu i v kamennom podklade. Hroty sú umiestnené na kolese alebo nekonečnej reľazi.



Obr. 1.1.12: Reľaz s výmennými nožmi

Frézovací nôž sa skladá z drieku, na ktorom je osadený hrot z tvrdého kovu. Upevnenie noža v držiaku je zaistené. Uhol noža je nastavený tak, aby pri zábere došlo k pootočeniu noža v držiaku a tým sa zaistilo



Obr. 1.1.13: Ukážka opotrebenia hrotov BOTEK

rovnomerne opotrebenie hrotu noža a tak sa zvýšila jeho životnosť. Pri nadmernom opotrebení nožov alebo ich jednostranným obrúsením dochádza k obrúseniu držiaku noža.



Obr. 1.1.14: Tvary a typy nožov od firmy BOTEK

**a) Ryhovače s kolesovou frézou**

Pracovným nástrojom tohto stroja je veľké koleso ktoré má na obode pripevnené vymeniteľné hroty. Traktorové ťahače týchto strojov od firmy Ditch – Witch majú motory o výkonoch 26 – 75 kW a pracovnou šírkou fréz 6 – 38 cm. Frézujú do hĺbiek 0,5 – 0,8 m, ale i väčších. Pohon týchto strojov je hydrostatický, ktorý umožňuje plynulé zmeny rýchlostí s ohľadom na záber a zaťaženie stroja.



*Obr. 1.1.15: Ryhovač TESMEC TRS - 1000 pri rezaní asfaltového behúňa*

Výhodou kolesových ryhovačov je vysoká pevnosť a možnosť vytvárania rýh rôzneho profilu. Nevýhodou je, že hĺbka ryhy musí byť menšia ako polomer kolesa (pracovného orgánu). Taktiež tieto stroje môžu byť vybavené podávačom

káblov a zasýpacím zariadením. Pásové podvozky môžu byť nastaviteľné v pozdĺžnom ale aj priečnom smere.



*Obr. 1.1.16: Kolesový ryhovač od firmy VERMEER T555RW Rockwheel*

**b) Ryhovače s reľazovou frérou**

Tieto ryhovače sú zväčša na pásových podvozkoch. Pracovný nástroj je nekonečná reľaz na ktorej sú upevnené hroty. Na výložníku môže byť jedna, dve alebo viac reľazí. V závislosti na počte a šírke reľaze môžu hĺbiť ryhy široké od 10 cm do 2,5 m a hĺbiek od 0,5 do 10 m. Tie najväčšie majú aj 200 ton a výkon motora 1118 kW. Vyťažený materiál je pomocou pásového dopravníka priamo vynášaný na korbu nákladného automobilu. Rýchlosť týchto strojov je 0 – 1,4 km/ h. Rýchlosť reľazovej frézy je 0 – 5 m/s.



*Obr. 1.1.17: Ryhovač firmy VERMEER - T1155 Commander 3*

Tieto ryhovače sa používajú vo veľmi ťažkých podmienkach (IV. trieda zemín podľa STN 73 3050 (viď. Príloha 1), t.j. v kamenistých pôdach, zamrznutých pôdach, v asfalte, ale aj v povrchových betónoch.



*Obr. 1.1.18: Aligátorova reľaz*

### 1.1.5 Špeciálne ryhovače

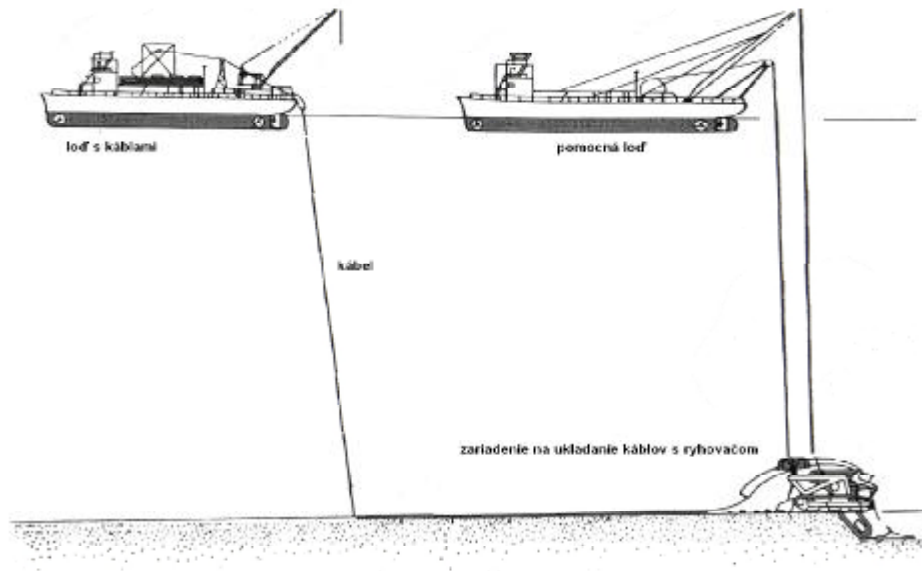
Do skupiny špeciálnych ryhovačov môžeme zaradiť ryhovače, ktoré pracujú v extrémnych podmienkach (extrémne vysoká teplota, extrémne nízka teplota, pod hladinou, atď.) alebo ryhovače, ktoré majú extrémne veľkú veľkosť.



*Obr. 1.1.19: Kolesový ryhovač (korčekový) extrémnych rozmerov*

Tento ryhovač má výšku 95 metrov a dĺžku 215 metrov (pre porovnanie skoro 2,5 dĺžky futbalového štadiónu). Hmotnosť 45 500 ton. Maximálna rýchlosť pri ryhovaní je 10 metrov za minútu a dokáže premiestniť 76 000 m<sup>3</sup> uhlia, skál alebo zeminy za deň.

Podmorské ryhovače sú schopné hĺbiť ryhy a ukladať káble a potrubia na morskom dne až do hĺbky 80 m pod hladinou.



**Obr. 1.1.20: Práca podmorského ryhovača od firmy MASTENBROEK**



**Obr. 1.1.21: Podmorský ryhovač Perry system**

Z dôvodu lepšej prehľadnosti a možnosti porovnania sú hlavné technické parametre vyrábaných ryhovačov uvedené v prílohe 1.

### 1.1.6 Ryhovače ako prídavné zariadenia

Ako prídavné zariadenie sa ryhovač pripája k univerzálnym strojom a to hlavne k nakladačom, rýpadlám alebo poľnohospodárskym traktorom. V závislosti od typu a veľkosti nosiča je určený výkon ryhovača.

Pri nakladačoch a rýpadlách je rozhodujúca nosnosť a tlak hydraulického systému. Prídavné zariadenie sa pripája k nosiču pomocou rýchlopínacieho zariadenia. Ryhovače môžu byť u nakladačov a rýpadiel presadené na obe strany od pozdĺžnej osi nakladača a sú schopné ryhovať vertikálne alebo horizontálne do kolmej steny. Ryhovače určené k nakladačom a rýpadlám majú poväčšine pracovný nástroj reľaz.

U traktorov je dôležité trojbodové uchytenie a otáčky výstupného hriadeľa.



*Obr. 1.1.22: Prídavné zariadenie ryhovač na šmykom riadenom nakladači firmy Caterpillar*



**Obr. 1.1.23: Ryhovač AFT MH 100**



**Obr. 1.1.24: Prídavné zariadenie ryhovač od firmy DIGGA**



**Obr. 1.1.25: Prídavné zariadenie ryhovač k minirýpadlu**



**Obr. 1.1.26: Ryhovač AFT 100**

## Odhŕňanie zeminu od ryhy

Rozpojená zemina je vynášaná pohybujúcimi sa nožmi a je ukladaná na jednu alebo obe strany. Na odhŕňanie sa používa krátka radlica, závitkový dopravník alebo pásový dopravník. Krátka radlica je na obidvoch stranách ryhovača. Je vyhovujúca len na málo výkonnostných strojoch.



*Obr. 1.1.27: Jednostranný závitkový dopravník*

Závitkový dopravník môže byť umiestený na jednej alebo obidvoch stranách. Dopravník je uchytený na hriadeli hnacieho kolesa, alebo je uchytený na spodnej časti výložníka a je poháňaný samostatným a súčasne podporným reľazovým kolesom. Tieto dopravníky sú určené pre stredné výkonnostné kategórie. Pásové dopravníky s prídavnými radlicami pre dočisťovanie ryhy sú určené pre vysoko výkonnostné stroje.





*Obr. 1.1.28: Pásový dopravník*

K zabezpečeniu čistého dna ryhy slúži pomocná radlica. Táto radlica pred sebou hrnie zem, ktorá prepadla cez nože a zostala na dne. Po nahromadení väčšieho množstva zeminy pred radlicou, je zemina opäť vynášaná nožmi a dno ryhy zostáva čisté. Šírka radlice musí zodpovedať šírke ryhy.



*Obr. 1.1.29: Pomocná radlica na čistenie dna ryhy*

## 1.2 Výrobcovia ryhovačov

V súčasnej dobe je vo svete veľa výrobcov, ktorí sa zaoberajú výrobou ryhovačov a ryhovačov ako prídavných zariadení. Spomedzi svetových výrobcov možno spomenúť firmy ako:

- CASE / USA /
- DITCH - WITCH / USA /
- VERMEER / USA /
- JOHN DEERE / USA /
- TRENCOR, Inc / USA /
- ASTEC UNDERGROUND / USA /
- BOBCAT / USA /
- BARTH GmbH & CO. KG / Nemecko /
- TESMEC / Taliansko /
- MASTENBROEK / Anglicko /
- STEENBERGEN HOLLANDRAIN / Holandsko /

Týto výrobcovia majú vo svojej ponuke širokú škálu ryhovačov od malých ryhovačov až po veľké, ťažké a výkonné stroje.

### 1.3 Nosič ryhovača

Ako nosič ryhovača bude použitý univerzálny nakladač LOCUST 1203, ktorý vyrába WAY INDUSTRY a.s., Krupina. Univerzálny nakladač LOCUST 1203 je kolesový dvojnápravový pracovný stroj s pevným rámom, vybavený vpredu vymeniteľným pracovným zariadením. Univerzálny nakladač používa pre zmenu, alebo ovládanie pojazdu rozdiel rýchlostí na kolesách a smer otáčania kolies na opačných stranách stroja. S použitím širokého sortimentu prídavných zariadení je využiteľný vo všetkých oblastiach hospodárstva. Pracovné zariadenie sa upevňuje pomocou rýchlopínacieho zariadenia na výložník nakladača. Pri samotnej práci ryhovania bude potrebné použiť tzv. plazivú rýchlosť.



Obr. 1.3.1: Univerzálny nakladač LOCUST 1203

### 1.3.1 Prídavné zariadenia k LOCUST 1203



*Obr. 1.3.2: Zubová lopata*

Zubová lopata - je určená na ťaženie, naberanie, premiestňovanie hornín o objemovej hmotnosti do  $1800 \text{ kg.m}^{-3}$ , ako napr. drvený kameň a štrk, bauxit, mokrá škvára ako i na odpratávanie materiálu pri demoláciách.

Lopata na ľahké hmoty - je určená na nakladanie a premiestňovanie materiálov s objemovou hmotnosťou do  $680 \pm 50 \text{ kg.m}^{-3}$  (sneh, suchá struska, uhlie, brikety, obilie, rašelina, suchý drobný bauxit, drvený vápenec a pod.).



*Obr. 1.3.3: Lopata na ľahké hmoty*



*Obr. 1.3.4: Kombinovaná lopata*

Kombinovaná lopata - je určená na ťaženie, naberanie, premiestňovanie hornín 1. až 3. triedy, podľa STN 733050 o objemovej hmotnosti do  $1700 \text{ kg.m}^{-3}$  a k odpratávaniu materiálu pri demoláciách. Čel'usť i radlicu lopaty je možné využiť pre hnutie materiálu, zrovnávanie terénu a uchopenie jednotlivých bremien.

Paletizačné vidly - sú určené na manipuláciu s paletizovanými materiálmi, na ich dopravu na kratšie vzdialenosti po rovných a pevných vozovkách, na stavebných skládkach a v skladoch. Zvlášť výhodné je použitie nakladača s paletizačnými vidlami v obmedzených priestoroch.



*Obr. 1.3.5: Paletizačné vidly*



*Obr. 1.3.6: Výkyvná radlica*

Výkyvná radlica - je určená je k zhŕňaniu a rozprestieraniu rôznych materiálov a návažok. Ďalej sa môže používať na čistenie priestranstiev od zemín, snehu a rôznych kusových materiálov malých rozmerov.

Podkopové zariadenie - je určené na kopanie rýh a jám v zeminách do triedy 3. vrátane, podľa STN 73 3050, v celom rozsahu otáčania výložníka v otočnom závесе, t.j. najmä tesne pri budovách, ohradách a podobne.



*Obr. 1.3.7: Podkopové zariadenie*



*Obr. 1.3.8: Vidly s pridržiavačom*

Vidly s pridržiavačom - rozširujú univerzálnosť nakladača pre použitie v poľnohospodárstve. Vidly sú určené na nakladanie voľných materiálov a na práce s voľne uloženým senom, slamou, silážou a pre nakladanie rôznych voľných materiálov do hmotnosti 1200 kg.

Vidly na guľatinu - sú určené na manipuláciu v lesných skladoch, pílach, nakladanie výrezov, premiestnenie odrezkov, konárov a pod.



*Obr. 1.3.9: Vidly na guľatinu*



*Obr. 1.3.10: Vŕtacie zariadenie*

Vŕtacie zariadenie - je určené na vŕtanie jám pre koly, ploty, kríky a pod. priemeru 200, 300 a 400 mm do hornín 1. a 2. triedy podľa STN 733050, bez výskytu kameňa nad 5 cm.

Hydraulické kladivo - zariadenie určené pre demolačné a rozrušovacie práce, ako príslušenstvo mobilnej, alebo stacionárnej techniky. Možno ich použiť na rozrušovanie kameňa, betónu, muriva, asfaltu, výmurovky a iných pevných materiálov.



*Obr. 1.3.11: Hydraulické kladivo*



*Obr. 1.3.12: Fréza na sneh*

Fréza na sneh - slúži pre upratovanie verejných komunikácií od napadaného aj iným spôsobom nahromadeného snehu.

Fréza na asfalt - SIMEX-PL500, PL500S je určená pre vykonávanie opráv a údržbu ciest a chodníkov. Je priamo poháňaná piestovým hydromotorom, ktorý zaisťuje maximálny výkon frézovania. Priečny pohyb frézy je zabezpečený hydraulicky. S frézou je možné dodávať aj vodnú nádrž s kropiacim zariadením.



Obr. 1.3.13: Fréza na asfalt



Obr. 1.3.14: Zametacie zariadenie

Zametacie zariadenie s lopatou - je určené na zametanie komunikácií, nádvorí, parkovísk a rôznych priestranstiev od smetí, na zametanie neuchytených sutín pri stavbe a údržbe ciest a následné naloženie na odvozný prostriedok.

Grejder – zariadenie je určené k rozhrňovaniu zemín a hornín tried 1. - 3.. Svoje uplatnenie nájde všade tam, kde pre nedostatok miesta alebo z ekonomických dôvodov nie je vhodné nasadiť veľký grejder. Je ideálny k urovňaniu plôch parkovísk, budovaniu chodníkov, menších komunikácií a pod.



Obr. 1.3.15: Grejder



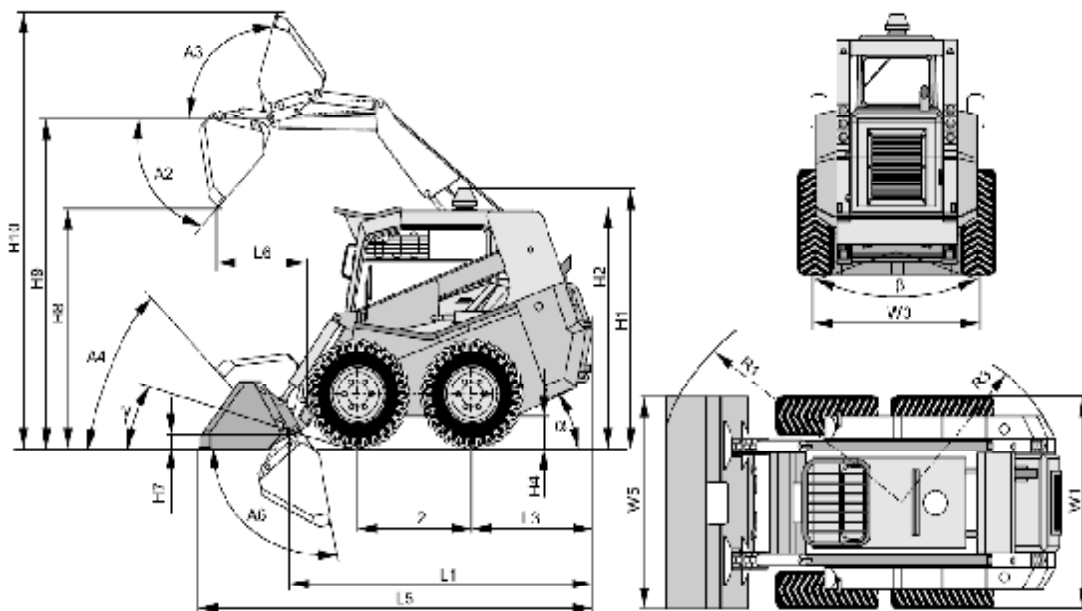
Obr. 1.3.16: Oceľové pásy

Oceľové pásy – používajú sa pri nespevnených povrchoch a vozovkách kde hrozí poškodenie alebo prepichnutie pneumatiky.

### 1.3.2 Technická špecifikácia nakladača LOCUST 1203

<b>HMOTNOSŤ</b>	
Prevádzková hmotnosť	4000 kg
Celková hmotnosť	5200 kg
<b>PRACOVNÉ PARAMETRE</b>	
Nominálna hmotnosť	1200 kg
Bod preťaženia	2400 kg
Maximálna rýchlosť	9/18 km/h
Navýšený objem lopaty	0,66 m <sup>3</sup>
Trhacia sila	30 kN
Ťažná sila	44 kN
Zdvíhacia sila	39 kN
<b>MOTOR</b>	
Typ motora	YANMAR 4TNV 98 TURBO
Menovitý výkon/otáčky	63kW/2500 min <sup>-1</sup>
Druh pohonu	hydrostatický
Regulačný hydrogenerátor pojazdu	BOSCH - REXROTH
Konštantný hydromotor pojazdu	BOSCH - REXROTH
Hydraulika pojazdu – pracovný tlak	35 MPa
Druh ovládania	hydraulické
Pracovný tlak ovládania	2,5 MPa
hydrogenerátor pracovného zariadenia	Regulačný – LS/LUVD
Rozvádzač pracovného zariadenia	S uzavretým stredom
Pracovný tlak	16,5 MPa
Prietok pracovnej hydrauliky	112 l/min
Spotreba nafty na 1 hodinu práce	5 l
Elektrická inštalácia	12 V
<b>PNEUMATIKY</b>	
Pneumatiky štandardné	12,5 x 18
<b>HLUČNOSŤ</b>	
Výsledná hlučnosť akustického výkonu	101 dB



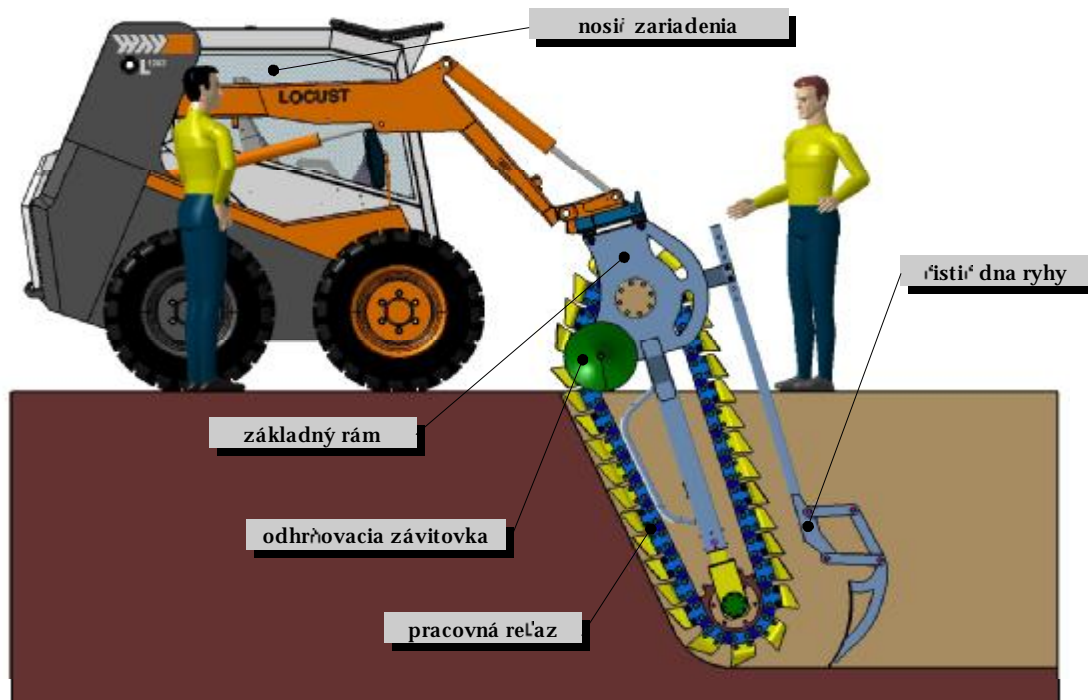


Ozn.	Technické údaje nakladača	Jednotka	Hodnota
A2	Vysýpací uhol	°	46
A3	Max. spätné zaklopenie lopaty pri úplnom zdvihu	°	115
$\gamma$	Predný nájazdový uhol	°	16
A4	Max. uhol zaklopenia lopaty v pojazdovej rovine	°	43
A6	Uhol rozrývania	°	100
H1	Max. celková výška nakladača s majákom	mm	2205
H2	Výška stroja s kabinou	mm	2180
H4	Svetlá výška	mm	290
H7	Prepravná poloha	mm	230
H8	Max. vysýpacia výška	mm	2570
H9	Výška závesného rápu	mm	3325
H10	Celková prevádzková výška	mm	4340
L1	Max. dĺžka nakladača	mm	2920
L2	Rázvor podvozka	mm	1260
L3	Zadný previs	mm	950
L5	Celková maximálna dĺžka nakladača	mm	3745
L6	Dosah	mm	760
R1	Polomer zatáčania predný	mm	2340
R3	Polomer zatáčania zadný	mm	1750
W1	Šírka nakladača s pneumatikami 12,5 -18	mm	1960
W3	Rozchod kolies	mm	1640
W5	Šírka lopaty	mm	2100
$\varphi$	Zadný nájazdový uhol	°	24
$\beta$	Priečny prechodový uhol	°	140

## 2 KONŠTRUKČNÝ NÁVRH

Cieľom diplomovej práce je navrhnuť ryhovač ako prídavné zariadenie ku šmykom riadenému nakladaču Locust 1203 od firmy Way Industry.

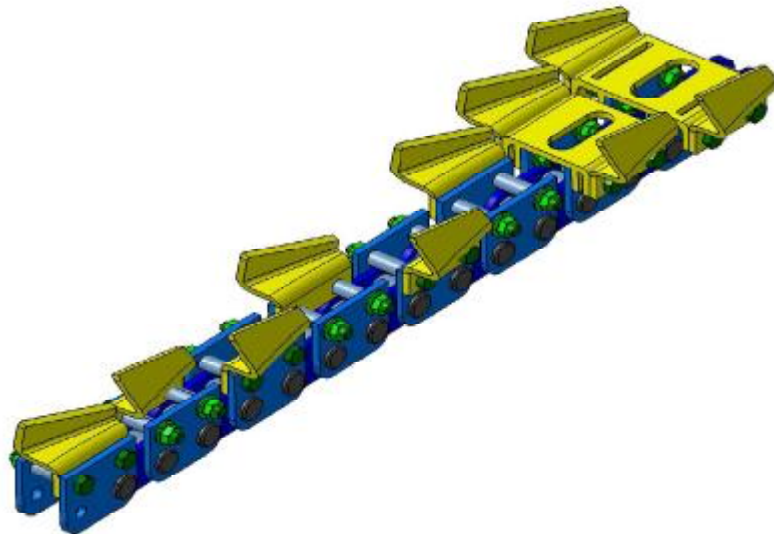
Hlavným pracovným orgánom ryhovača je reťaz so zubami. Reťaz je nesená tromi reťazovými kolesami. Na dočísťovanie a kalibrovanie ryhy slúži čistič dna. Na odhrňovanie vyčáždenej zeminu slúži ľavo - pravý závitkový dopravník. Pohon reťazového kolesa zabezpečuje rotačný hydromotor. Ryhovač má vytvárať ryhu hlbokú 1600 mm pri vyklonení ryhovača od vodorovnej roviny o 65° a ryha má byť 300 mm široká. Požadovanú šírku ryhy nám zabezpečí reťaz od americkej firmy American Chain. Hlavné časti prídavného zariadenia ryhovača sú znázornené na obr. 2.1. Podrobné konštrukčné riešenie a jeho časti sú znázornené na výkresovej dokumentácii.



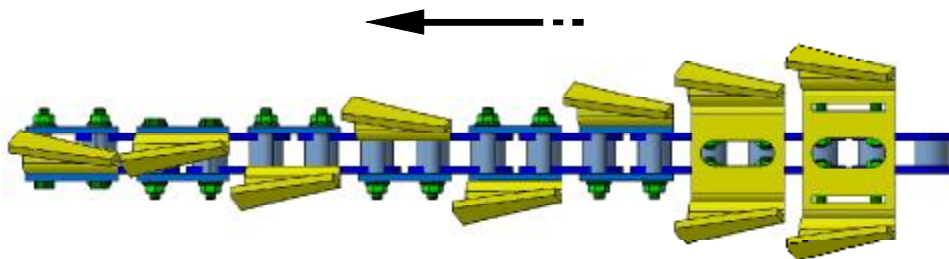
Obr. 2.1: Ryhovač ako prídavné zariadenie k LOCUST 1203

## 2.1 Pracovná reťaz

Hlavným pracovným orgánom je reťaz so zubami. Použili sme reťaz od americkej firmy American Chain, model AU2002CT1032. Jedná sa o článkovú valčekovú reťaz na ktorej sú upevnené zuby. Tieto zuby sa dajú v prípade opotrebovania jednoducho vymeniť alebo pri ryhovaní v zeminách vyšších tried (STN 73 3050) vymeniť za pracovné hroty. Najväčšia šírka reťaze je  $B = 300$  mm.



Obr. 2.1.1: Model pracovnej reťaze

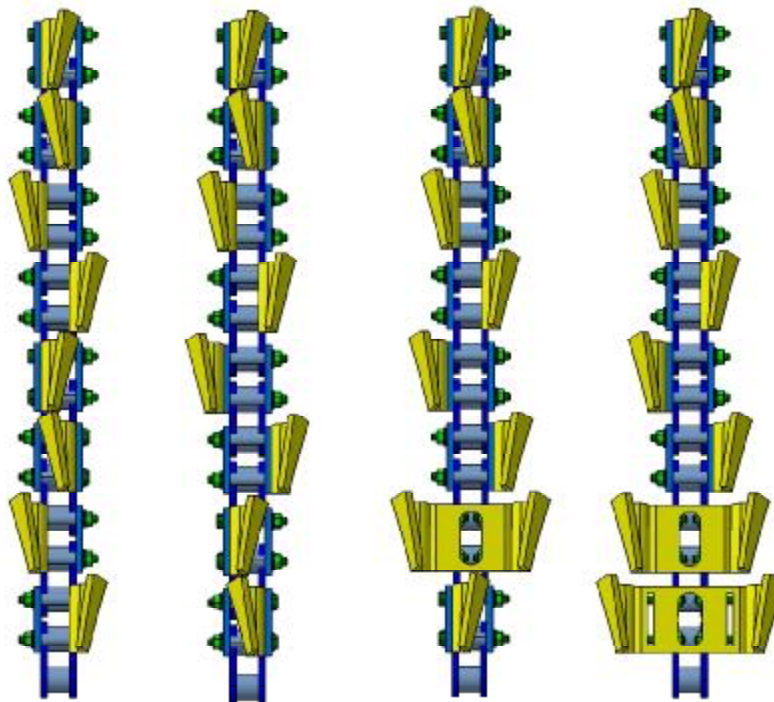


Obr. 2.1.2: Model reťaze - usporiadanie zubov a smer pohybu

Použité sú dva typy zubov (ľavé, pravé) a dva typy vymedzovacích platní. Usporiadanie je znázornené na obr. 2.1.1 a obr. 2.1.2.

**Základné rozmery reťaze:**

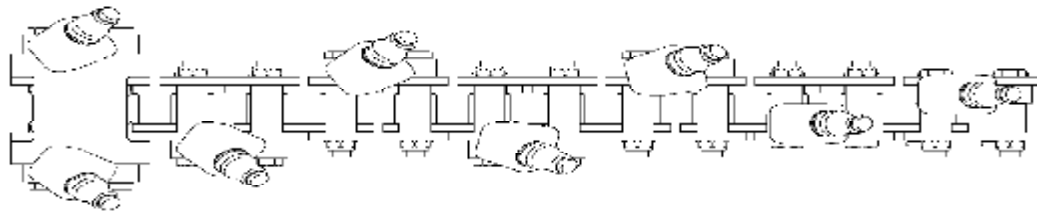
- priemer púzdra reťaze:  $d_1 = 45 \text{ mm}$
- priemer diery púzdra:  $d_2 = 20 \text{ mm}$
- vnútorná šírka reťaze:  $b_1 = 35 \text{ mm}$
- vonkajšia šírka reťaze:  $b_2 = 55 \text{ mm}$
- rozstup reťaze:  $t = 75 \text{ mm}$
- dĺžka článku:  $l_c = 125 \text{ mm}$



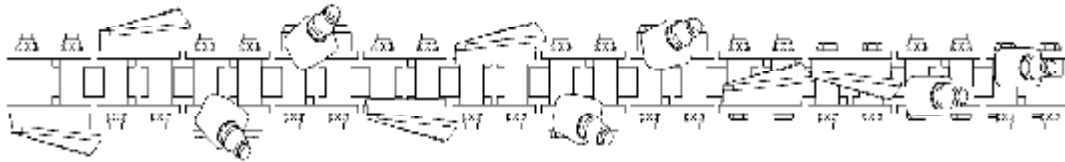
*Obr. 2.1.3: Možnosti usporiadania zubov pre rôzne šírky ryhy*

Správnym usporiadaním zubov môžeme jednoducho zmeniť šírku ryhy (150, 200, 250, 300 mm). Ukážky usporiadania sú na obr. 2.1.3.

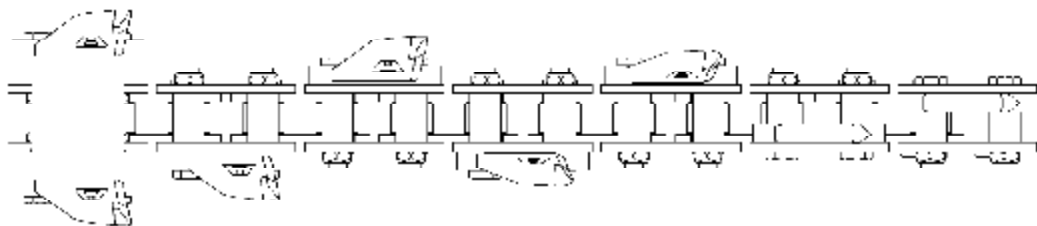
Výmenou rezných hrotov môžeme jednoducho zmeniť rezný nástroj pri zachovaní pôvodnej reľaze. Po výmene rezných nožov za rezné hroty alebo za tzv. žraločí zuby môžeme ryhovať v horninách IV. – V. triedy.



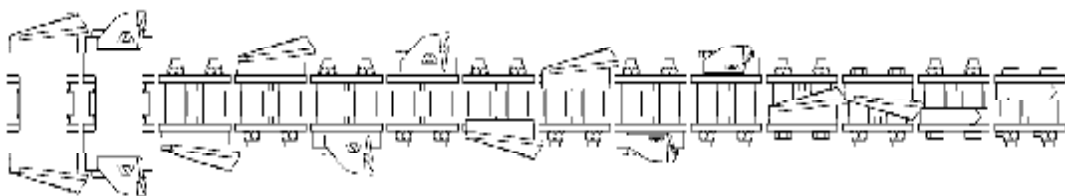
**Obr. 2.1.4: Usporiadanie s hrotmi tz. aligátorova reľaz**



**Obr. 2.1.5: Usporiadanie s hrotmi a reznými nožmi**



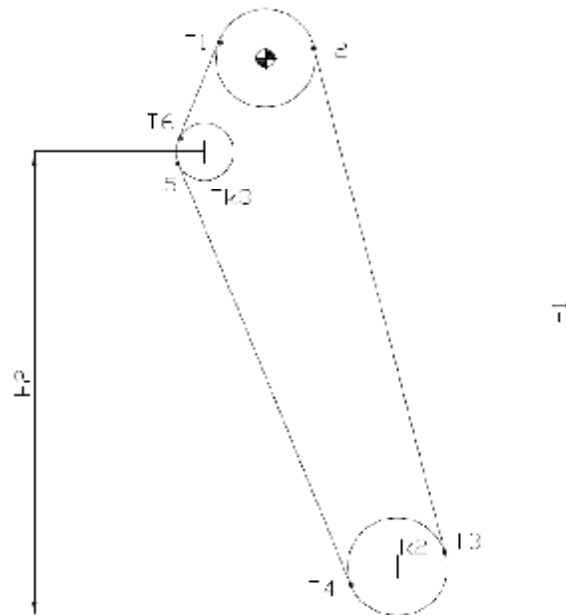
**Obr. 2.1.6: Usporiadanie s tz. žraločími zubami**



**Obr. 2.1.7: Usporiadanie s reznými nožmi a žraločími zubami**

### 2.1.1 Sily v reľazi

Sily v reľazi boli určené podľa normy STN 26 3102 a STN 26 2002.



Obr. 2.1.8: Sily v reľazi

- bod  $T_1$ :

$$T_1 = F + H_1 \cdot G_{rel'} + \frac{G_{nap}}{2} = 6951,25 + 2,1016 \cdot 511,22 + \frac{420,30}{2} = 8235,77 \text{ N} \quad [2.1.1]$$

Obvodová sila hnacieho kolesa:

$$F = \frac{2 \cdot Mk_{min}}{D_{1,2}} = \frac{2 \cdot 1334,64}{0,384} = 6951,25 \text{ N} \quad [2.1.2]$$

Tiažová sila reľaze na 1m ( $m_{rel'} = 52,11 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ):

$$G_{rel'} = m_{rel'} \cdot g = 52,11 \cdot 9,81 = 511,22 \text{ N} \quad [2.1.3]$$

Tiažová sila napínacieho kolesa s príslušenstvom ( $m_{nap} = 42,845 \text{ kg}$ ):

$$G_{nap} = m_{nap} \cdot g = 42,845 \cdot 9,81 = 420,30 \text{ N} \quad [2.1.4]$$

Vertikálna vzdialenosť medzi napínacím a hnacím kolesom  $H1 = 2,1016 \text{ m}$

- bod T<sub>2</sub>:

$$T_2 = T_1 - F = 8235,77 - 6951,25 = 1284,52 \text{ N} \quad [2.1.5]$$

Napínacia sila:

$$F_n = 2 \cdot (k \cdot T_2 - H1 \cdot G_{rel}) = 2 \cdot (1,1 \cdot 1284,52 - 2,1016 \cdot 511,22) = 677,18 \text{ N} \quad [2.1.6]$$

Súčiniteľ bezpečnosti  $k = 1,1$

Prítlačná sila pružiny:

$$F'_n = F_n - G_{nap} = 677,18 - 420,30 = 256,88 \text{ N} \quad [2.1.7]$$

- bod T<sub>3</sub>:

$$T_3 = T_2 - R_{pv} = 1284,52 - 65,69 = 1218,83 \text{ N} \quad [2.1.8]$$

Odpor podperného vedenia:

$$R_{pv} = G_{rel} \cdot \mu_2 \cdot H1 \cdot \frac{1}{\text{tg } \varphi} = 511,22 \cdot 0,2 \cdot 2,1016 \cdot \frac{1}{\text{tg } 73^\circ} = 65,69 \text{ N} \quad [2.1.9]$$

Súčiniteľ trenia vodiacej lišty  $\mu_2 = 0,2$

Uhol medzi horizontálnou rovinou a osou reťaze na hornej vetve  $\varphi = 73^\circ$

- bod T<sub>4</sub>:

$$T_4 = T_3 - F_{k2} = 1218,83 - 37,03 = 1181,8 \text{ N} \quad [2.1.10]$$

Odpory na napínacom kolese:

$$F_{k2} = F_n \cdot \left( \frac{d_{z1}}{D_{1,2}} \cdot f_{z1} + \frac{d_1}{D_{1,2}} \cdot \mu_r \right) = 677,18 \cdot \left( \frac{0,050}{0,384} \cdot 0,15 + \frac{0,045}{0,384} \cdot 0,3 \right) = 37,03 \text{ N} \quad [2.1.11]$$

Súčiniteľ trenia v ložiskách  $f_{z1} = 0,15$

Súčiniteľ trenia v púzdrach reľaze  $\mu_r = 0,3$

$d_{z1}$  - priemer hriadeľa  $d_{z1} = 0,050 \text{ m}$

- bod T<sub>5</sub>:

$$T_5 = F_{cprac} + G_{ret} \cdot H2 - T4 = 6943,29 + 511,22 \cdot 1,609 - 1181,8 = 6584,04 \text{ N} \quad [2.1.12]$$

Vertikálna vzdialenosť medzi napínacím a podperným kolesom  $H2 = 1,609 \text{ m}$

- bod T<sub>6</sub>:

$$T_6 = T_5 + F_{k3} + F_{zdv} = 6584,04 + 56,66 + 550,245 = 7190,949 \text{ N} \quad [2.1.13]$$

Odpory na podpernom kolese:

$$F_{k3} = F_n \cdot \left( \frac{d_{z3}}{D_3} \cdot f_{z3} + \frac{d_1}{D_3} \cdot \mu_r \right) = 677,18 \cdot \left( \frac{0,045}{0,242} \cdot 0,15 + \frac{0,045}{0,242} \cdot 0,3 \right) = 56,66 \text{ N} \quad [2.1.14]$$

$d_{z3}$  - predbežne sa volí priemer hriadeľa  $d_{z3} = 0,045 \text{ m}$



## 2.2 Pracovný odpor nástroja

Je celkový pracovný odpor (celkového ryhovania), ktorý sa skladá z viacerých odporov. Hlavná rypná sila sa skladá z dvoch zložiek, z tangenciálnej a normálovej zložky.

### Výpočet tangenciálnej zložky rypnej sily

Tangenciálna zložka rypnej sily sa skladá z:

$$F_{rt} = R_r + R_t + R_{pz} \quad [2.2.1]$$

$R_r$  – odpor rezania zeminy

$R_t$  – trecí odpor medzi nožom a zeminou

$R_{pz}$  – odpor rezanej zeminy proti premiestňovaniu

Všetky tri zložky sily sú úmerné ploche prierezu triesky  $S$  a preto je ich možné redukovať na vzťah podľa metódy N.G. Dombrovského:

$$F_{rt} = i \cdot K_1 \cdot S = 12 \cdot 0,21 \cdot 2718 = 6849,36 \text{ N} \quad [2.2.2]$$

Prierez triesky:

$$S = B \cdot h = 0,3 \cdot 0,00906 = 0,002718 \text{ m}^2 = 2718 \text{ mm}^2 \quad [2.2.3]$$

Hrúbka odoberanej zeminy:

$$h = c \cdot \sin \alpha = 0,010 \cdot \sin 65^\circ = 0,00906 \text{ m} = 9,06 \text{ mm} \quad [2.2.4]$$

Veľkosť posuvu:

$$c = \frac{v_p}{Z_v} = \frac{0,060}{6} = 0,010 \text{ m} = 10 \text{ mm} \quad [2.2.5]$$

Počet výsypaní:

$$Z_v = \frac{v_k}{b} = \frac{0,9}{0,15} = 6 \text{ s}^{-1} \quad [2.2.6]$$

Dĺžka dvojice článkov reťaze:

$$b = 2 \cdot t = 2 \cdot 0,075 = 0,15 \text{ m} = 150 \text{ mm} \quad [2.2.7]$$

Koeficient podľa triedy ťaženej zeminy (STN 73 3050):

I. trieda	$K_1 = 0,06 - 0,12$	[MPa]
II. trieda	$K_1 = 0,10 - 0,18$	[MPa]
III. trieda	$K_1 = 0,16 - 0,26$	[MPa]
IV. trieda	$K_1 = 0,26 - 0,40$	[Mpa]

### Výpočet normálovej zložky rypnej sily

Normálove sily sú dôležité z hľadiska dimenzovania pracovného ústrojenstva.

$$F_m = 0,3 \cdot F_{rt} = 0,3 \cdot 6849,36 = 2054,808 \text{ N}$$

### Sila potrebná k zdvíhaniu materiálu

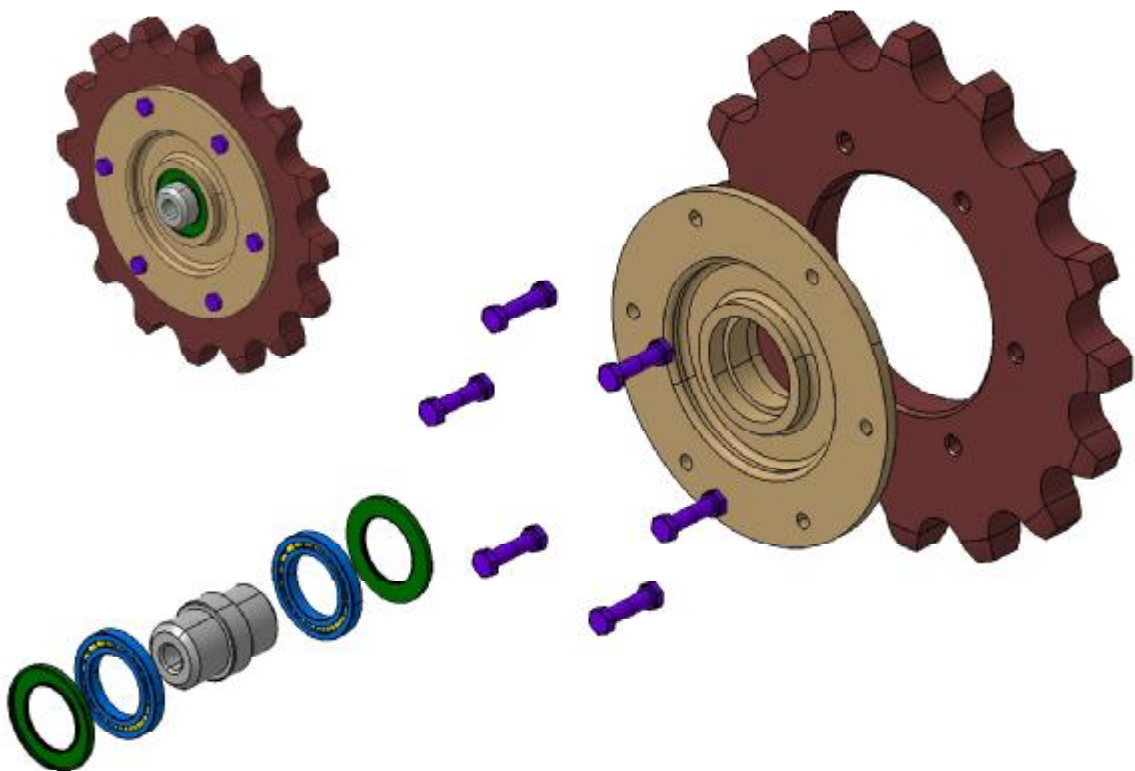
$$F_z = i \cdot S \cdot \rho \cdot H = 12 \cdot 0,002718 \cdot 1800 \cdot 1,6 = 93,934 \text{ N} \quad [2.2.8]$$

### Celková pracovná sila ryhovača

$$F_{c \text{ prac}} = F_{rt} + F_z = 6849,36 + 93,934 = 6943,29 \text{ N} \quad [2.2.9]$$

## 2.3 Reťazové kolesá

Reťazové kolesá sú zložené z reťazového venca a náboja, ktoré sú navzájom zoskrutkované skrutkami. Tento spôsob je zvolený z dôvodu ľahšej výmeny reťazového venca a samotnej ceny pri výrobe. Reťazové vence sú z ocele 14 220, ktorých zuby sú povrchovo kalené. V zariadení sa nachádza hnacie reťazové koleso, hnané (napínacie) reťazové koleso a podperné reťazové koleso, ktoré poháňa odhrňovaciu závitovku. Veniec hnacieho a napínacieho kolesa je rovnaký.



Obr. 2.3.1: Napínacie reťazové koleso

### 2.3.1 Návrh reťazových kolies

Reťazové kolesá sú navrhnuté podľa STN 01 4811, s ohľadom na odlišnosť reťaze. Základné parametre sú:

- rozstup reťaze  $t = 75 \text{ mm}$
- počet zubov hnacieho a napínacieho kolesa  $z_{1,2} = 16$
- počet zubov podperného kolesa  $z_3 = 10$

#### Hnacie a napínacie reťazové koleso:

Priemer rozstupovej kružnice:

$$D_{1,2} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_{1,2}}} = \frac{75}{\sin \frac{180^\circ}{16}} = 384,43 \text{ mm} \quad [2.3.1]$$

Polomer dna zubovej medzery:

$$r_i = 0,505 \cdot d_1 = 0,505 \cdot 45 = 22,275 \text{ mm} \quad [2.3.2]$$

Priemer pätnjej kružnice:

$$D_{f1,2} = D_{1,2} - 2 \cdot r_i = 384,43 - 2 \cdot 22,275 = 338,98 \text{ mm} \quad [2.3.3]$$

Polomer bokov zubov:

$$r_{e1,2} = 0,12 \cdot d_1 \cdot (z_{1,2} + 2) = 0,12 \cdot 45 \cdot (16 + 2) = 97,2 \text{ mm} \quad [2.3.4]$$

Uhol otvorenia:

$$\alpha_{1,2} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z_{1,2}} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{16} = 134^\circ 22' 30'' \quad [2.3.5]$$

**Priemer hlavovej kružnice:**

$$D_{a1,2} = D_{1,2} + 0,5 \cdot d_1 = 384,43 + 0,5 \cdot 45 = 406,93 \text{ mm} \quad [2.3.6]$$

**Najväčší priemer venca (príruby):**

$$D_{g1,2} = D_{1,2} - 2 \cdot f = 384,43 - 2 \cdot 52,5 = 279,43 \text{ mm} \quad [2.3.7]$$

**Odchýlka polomeru rozstupovej kružnice a venca:**

$$f = 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 75 = 52,5 \text{ mm} \quad [2.3.8]$$

**Polomer zaoblenia zuba:**

$$r_x = 1,5 \cdot d_1 = 1,5 \cdot 45 = 67,5 \text{ mm} \quad [2.3.9]$$

**Koeficient zaoblenia zuba:**

$$b_a = 0,1 \cdot d_1 = 0,1 \cdot 45 = 4,5 \text{ mm} \quad [2.3.10]$$

**Šírka zuba reťazového kolesa:**

$$b_{f1} = 0,93 \cdot b_1 = 0,93 \cdot 35 = 32,55 \text{ mm} \quad [2.3.11]$$

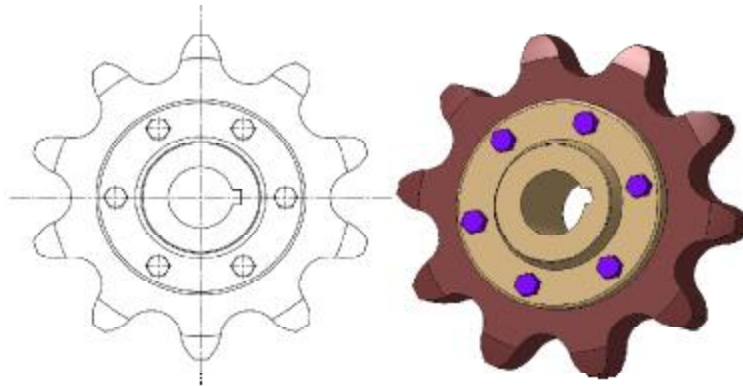
**Podperné reťazové koleso:**

**Priemer rozstupovej kružnice:**

$$D_3 = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_3}} = \frac{75}{\sin \frac{180^\circ}{10}} = 242,70 \text{ mm} \quad [2.3.12]$$

**Polomer dna zubovej medzery:**

$$r_i = 0,505 \cdot d_1 = 0,505 \cdot 45 = 22,275 \text{ mm} \quad [2.3.13]$$



Obr. 2.3.2: Podperné reťazové koleso

Priemer pätnjej kružnice:

$$D_{f3} = D_3 - 2 \cdot r_i = 242,70 - 2 \cdot 22,725 = 197,25 \text{ mm} \quad [2.3.14]$$

Polomer bokov zubov:

$$r_{e3} = 0,12 \cdot d_1 \cdot (z_3 + 2) = 0,12 \cdot 45 \cdot (10 + 2) = 64,8 \text{ mm} \quad [2.3.15]$$

Uhol otvorenia:

$$\alpha_{1,2} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z_3} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{10} = 131^\circ \quad [2.3.16]$$

Priemer hlavovej kružnice:

$$D_{a3} = D_3 + 0,5 \cdot d_1 = 242,70 + 0,5 \cdot 45 = 265,2 \text{ mm} \quad [2.3.17]$$

Najväčší priemer venca (prírubby):

$$D_{g1,2} = D_{1,2} - 2 \cdot f = 384,43 - 2 \cdot 52,5 = 279,43 \text{ mm} \quad [2.3.18]$$

Odchýlka polomeru rozstupovej kružnice a venca:

$$f = 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 75 = 52,5 \text{ mm} \quad [2.3.19]$$

Polomer zaoblenia zuba:

$$r_x = 1,5 \cdot d_1 = 1,5 \cdot 45 = 67,5 \text{ mm} \quad [2.3.20]$$

Koeficient zaoblenia zuba:

$$b_a = 0,1 \cdot d_1 = 0,1 \cdot 45 = 4,5 \text{ mm} \quad [2.3.21]$$

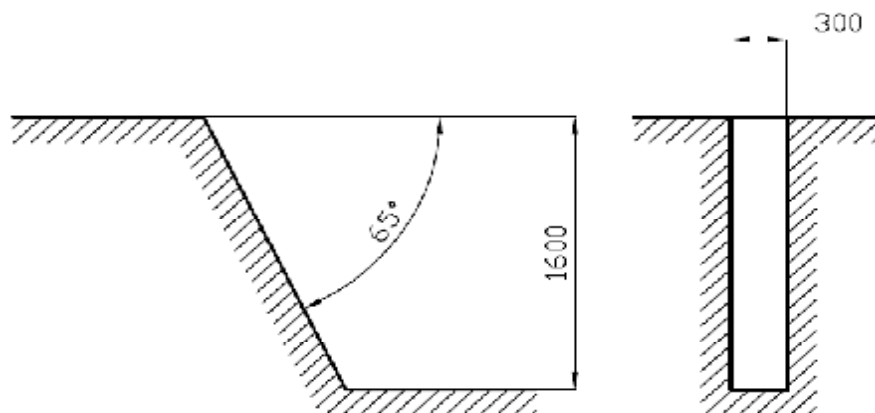
Šírka zuba reťazového kola:

$$b_{f1} = 0,93 \cdot b_1 = 0,93 \cdot 35 = 32,55 \text{ mm} \quad [2.3.22]$$

### Rýchlosť reťaze a otáčky reťazových kolies

Dĺžka reťaze v zábere

$$l' = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1600}{\sin 65^\circ} = 1765,4 \text{ mm} \quad [2.3.23]$$



Obr. 2.3.3: Hlavné rozmery ryhy

Počet dvojíc článkov v zábere:

$$i = \frac{l'}{2 \cdot t} = \frac{1765,4}{2 \cdot 75} = 11,769 \approx 12 \text{ článkov} \quad [2.3.24]$$

Rýchlosť reľaze  $v_k$  býva v rozmedzí od 0,7 až 1,2  $m \cdot s^{-1}$ , pričom rýchlosť reľaze je závislá od triedy zeminy (0,7 – 0,8  $m \cdot s^{-1}$  pre ťažké zeminy a 1,0 – 1,2 pre ľahké zeminy). Podľa normy STN 01 4811, ktorá doporučuje rýchlosti reľaze a doporučení výrobcu sme zvolili:

– rýchlosť reľaze:  $v_k = 0,9 m \cdot s^{-1}$

Rýchlosť pojazdu stroja je zvolená na základe podobnosti ryhovačov rovnakého alebo podobného hĺbkového dosahu, šírky ryhy a výkonnosti stroja. Pracovná rýchlosť  $v_p$  je veľmi nízka a preto sa jej hovorí plazivá rýchlosť.

– rýchlosť pojazdu:  $v_p = 0,060 m \cdot s^{-1}$

Po zvolení rýchlosti reľaze, môžeme vypočítať otáčky hnacieho, napínacieho a podperného kolesa.

Otáčky hnacieho a napínacieho kolesa:

$$n_{1,2} = \frac{v_k}{z_{1,2} \cdot t} = \frac{0,9}{16 \cdot 0,075} = 0,75 s^{-1} = 45 min^{-1} \quad [2.3.25]$$

Otáčky podperného kolesa:

$$n_3 = \frac{v_k}{z_3 \cdot t} = \frac{0,9}{10 \cdot 0,075} = 1,2 s^{-1} = 72 min^{-1} \quad [2.3.26]$$



## 2.4 Výpočet hriadeľov

Hriadele sú vyrobené z ocele 12 050. Mechanické vlastnosti používanej ocele sú:

- dovolené napätie pri ťahu a tlaku  $\sigma_{dt} = 180 \text{ MPa}$
- dovolené napätie pri ohybe  $\sigma_o = 230 \text{ MPa}$
- dovolené napätie pri krútení  $\tau_k = 140 \text{ MPa}$

### 1.Hriadeľ hnacieho kolesa:

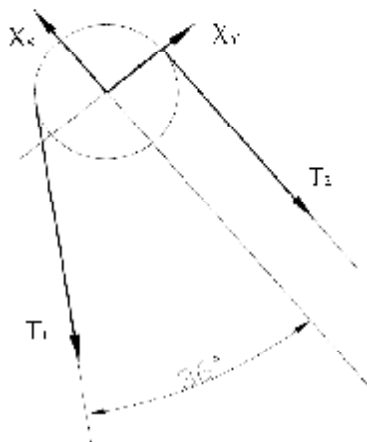
- krútiaci moment hydromotora  $M_{kRHM} = 1934 \text{ Nm}$
- zaťažujúca sila od reľazového kolesa  $X = 9305,63 \text{ N}$
- vzdialenosť medzi ložiskami  $l_1 = 164 \text{ mm}$

Výpočet sily vo votknutí:

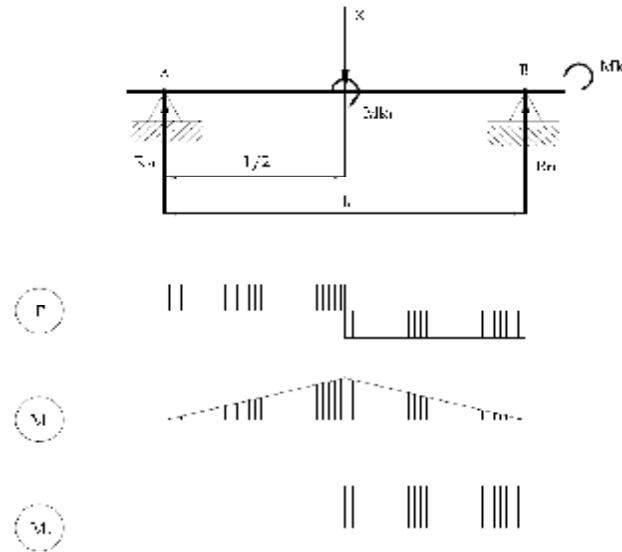
$$X_x = T_1 \cdot \cos 36^\circ + T_2 = 8235,77 \cdot \cos 36^\circ + 1284,52 = 7947,39 \text{ N} \quad [2.4.1]$$

$$X_y = T_1 \cdot \sin 36^\circ = 8235,77 \cdot \sin 36^\circ = 4840,86 \text{ N} \quad [2.4.2]$$

$$X = \sqrt{X_x^2 + X_y^2} = \sqrt{7947,39^2 + 4840,86^2} = 9305,63 \text{ N} \quad [2.4.3]$$



Obr. 2.4.1: Rozloženie síl vo votknutí hnacieho kolesa



Obr. 2.4.2: Zaťažujúce sily a momenty na hriadeľi

Výpočet reakcií:

$$\sum F_y = 0: F_{A1} - X + F_{B1} = 0 \Rightarrow F_{A1} = X - F_{B1} = 9305,63 - 4652,815 = 4652,815 \quad [2.4.4]$$

$$\sum M_{OA} = 0: -\frac{X \cdot l_1}{2} + F_{B1} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow F_{B1} = \frac{X}{2} = \frac{9305,63}{2} = 4652,815 \text{ Nm} \quad [2.4.5]$$

$$\sum M_{OB} = 0: -F_{A1} \cdot l_1 + \frac{X \cdot l_1}{2} = 0 \quad [2.4.6]$$

Maximálny ohybový moment:

$$M_{Omax} = F_{A1} \cdot \frac{l_1}{2} = 4652,815 \cdot \frac{0,164}{2} = 381,53 \text{ Nm} \quad [2.4.7]$$

Návrh priemeru hnacieho hriadeľa:

$$M_{Ored} = \sqrt{M_{Omax}^2 + \frac{3}{4} \cdot Mk_{RHM}^2} = \sqrt{381,53^2 + \frac{3}{4} \cdot 1934^2} = 1717,79 \text{ Nm} \quad [2.4.8]$$

$$D_{hl} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{Ored}}{\sigma_o}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 1717,79}{230}} = 42,11 \text{ mm} - \text{volený } 50 \text{ mm} \quad [2.4.9]$$

## 2.Hriadel' napínacieho kolesa

- zaťažujúca sila od reľazového kolesa  $Z = 2395,48 \text{ N}$

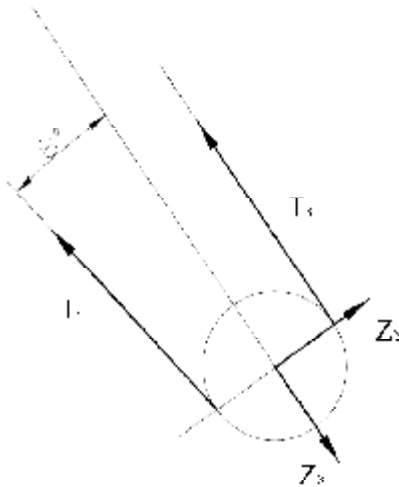
- vzdialenosť medzi ložiskami  $l_2 = 40 \text{ mm}$

Výpočet sily vo votknutí:

$$Z_x = T_4 \cdot \cos 8^\circ + T_3 = 1181,8 \cdot \cos 8^\circ + 1218,83 = 2389,12 \text{ N} \quad [2.4.10]$$

$$Z_y = T_4 \cdot \sin 8^\circ = 1181,8 \cdot \sin 8^\circ = 164,47 \text{ N} \quad [2.4.11]$$

$$Z = \sqrt{Z_x^2 + Z_y^2} = \sqrt{2389,12^2 + 164,47^2} = 2395,48 \text{ N} \quad [2.4.12]$$



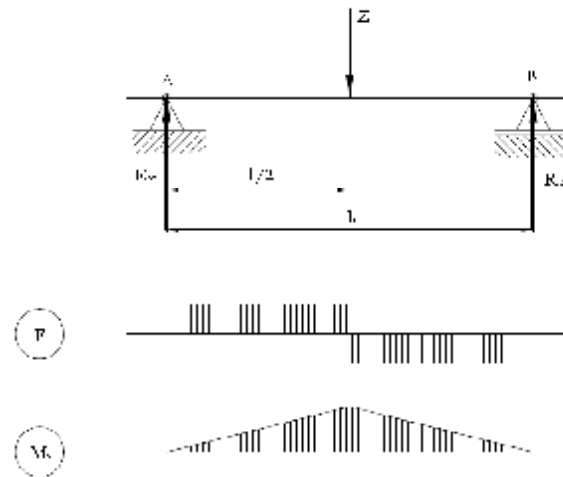
Obr. 2.4.3: Rozloženie síl vo votknutí napínacieho kolesa

Výpočet reakcií:

$$\sum F_y = 0: F_{A2} - Z + F_{B2} = 0 \Rightarrow F_{A2} = Z - F_{B2} = 2395,48 - 1197,74 = 1197,74 \quad [2.4.13]$$

$$\sum M_{OA} = 0: -\frac{Z \cdot l_2}{2} + F_{B2} \cdot l_2 = 0 \Rightarrow F_{B2} = \frac{Z}{2} = \frac{2395,48}{2} = 1197,74 \text{ Nm} \quad [2.4.14]$$

$$\sum M_{OB} = 0: -F_{A2} \cdot l_2 + \frac{Z \cdot l_2}{2} = 0 \quad [2.4.15]$$



Obr. 2.4.4: Sily a momenty na hriadeľi

Maximálny ohybový moment:

$$M_{Omax} = F_{A2} \cdot \frac{l_2}{2} = 1197,74 \cdot \frac{0,040}{2} = 23,95 \text{ Nm} \quad [2.4.16]$$

Návrh priemeru napínacieho hriadeľa:

$$D_{h2} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{Ored}}{\epsilon F_0}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 23,95}{230}} = 10,13 \text{ mm} - \text{volený } 50 \text{ mm} \quad [2.4.17]$$

### 3.Hriadeľ podperného kolesa

- zaťažujúca sila od reľazového kolesa  $Y = 2395,48 \text{ N}$

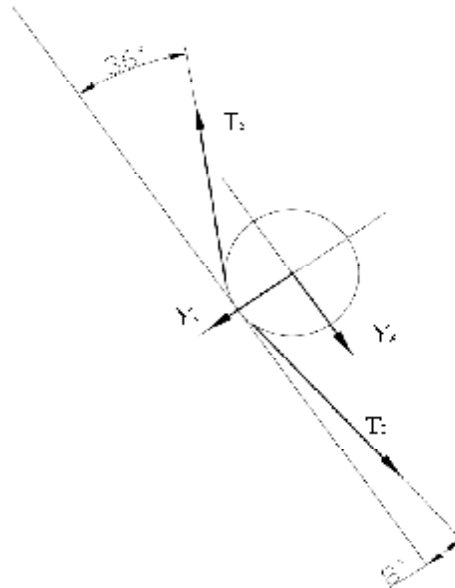
- vzdialenosť medzi ložiskami  $l_3 = 330 \text{ mm}$

Výpočet sily vo votknutí:

$$Y_y = T_6 \cdot \sin 36^\circ + T_5 \cdot \sin 8^\circ = 7190,94 \cdot \sin 36^\circ + 6584,04 \cdot \sin 8^\circ = -702,36 \text{ N} \quad [2.4.18]$$

$$Y_y = T_4 \cdot \sin 8^\circ = 1181,8 \cdot \sin 8^\circ = 164,47 \text{ N} \quad [2.4.19]$$

$$Y = \sqrt{Y_x^2 + Y_y^2} = \sqrt{-702,36^2 + 2395,48^2} = 2290,19 \text{ N} \quad [2.4.20]$$



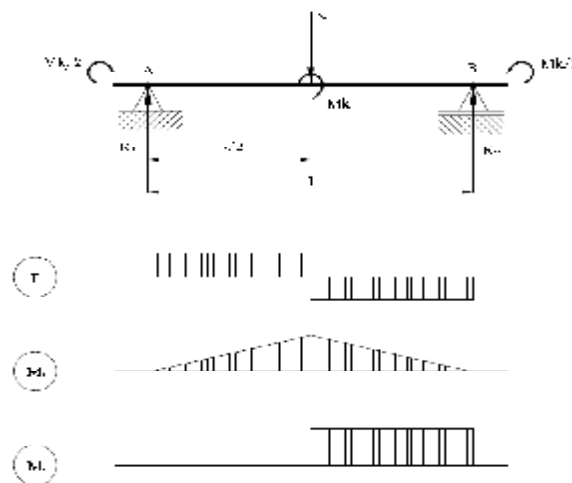
Obr. 2.4.5: Rozloženie síl vo votknutí podperného kolesa

Výpočet reakcií:

$$\sum F_y = 0: F_{A3} - Y + F_{B3} = 0 \Rightarrow F_{A3} = Y - F_{B3} = 2290,19 - 1145,95 = 1145,95 \text{ N} \quad [2.4.21]$$

$$\sum M_{OA} = 0: -\frac{Y \cdot l_3}{2} + F_{B3} \cdot l_3 = 0 \Rightarrow F_{B3} = \frac{Y}{2} = \frac{2290,19}{2} = 1145,95 \text{ Nm} \quad [2.4.22]$$

$$\sum M_{OB} = 0: -F_{A3} \cdot l_3 + \frac{Y \cdot l_3}{2} = 0 \quad [2.4.23]$$



Obr. 2.4.6: Zaťažujúce sily a momenty na hriadeľi

**Maximálny ohybový moment:**

$$M_{Omax} = F_{A3} \cdot \frac{l_3}{2} = 1145,95 \cdot \frac{0,33}{2} = 189,08 \text{ Nm} \quad [2.4.24]$$

**Krútiaci moment závitkového dopravníka:**

$$Mk_{dop} = F_{Záv} \cdot \frac{D_{Záv}}{2} = 550,245 \cdot \frac{0,4}{2} = 110,04 \text{ Nm} \quad [2.4.25]$$

**Návrh priemeru podperného hriadeľa:**

$$M_{Ored} = \sqrt{M_{Omax}^2 + \frac{3}{4} \cdot Mk_{dop}} = \sqrt{189,08^2 + \frac{3}{4} \cdot 110,04^2} = 211,73 \text{ Nm} \quad [2.4.26]$$

$$D_{h3} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{Ored}}{\sigma_o}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 211,73}{230}} = 20,95 \text{ mm} - \text{volený } 45 \text{ mm} \quad [2.4.27]$$

**Priemer hriadeľa pod závitkovkou:**

$$D_{h3zav} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot Mk_{dop}}{\tau_k}} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 110,04}{140}} = 15,78 \text{ mm} - \text{volený } 30 \text{ mm} \quad [2.4.28]$$

## 2.5 Výpočet ložísk

Uloženie ložísk je symetrické a preto je postačujúce vypočítať a skontrolovať ložiská na jednej strane.

### 1. Ložiská na hriadeľi hnacieho kolesa

Zaťaženie ložiska:

–reakcia v ložisku	$F_{A1} = 4652,815 \text{ N}$
–otáčky hnacieho kolesa	$n_{1,2} = 45 \text{ min}^{-1}$
–požadovaná životnosť	$L_{h10} = 8000 \text{ hod}$
–súčiniteľ predpätia u reť. prevodov	$f_p = 2$

Skutočná pôsobiaca sila:

$$F_s = F_{A1} \cdot f_p = 4652,815 \cdot 2 = 9305,63 \text{ N} \quad [2.5.1]$$

Dynamická únosnosť ložiska:

$$C = F_s \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n_{1,2} \cdot L_{h10}}{10^6}} = 9305,63 \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 45 \cdot 8000}{10^6}} = 25915,74 \quad [2.5.2]$$

Navrhnuté ložisko: SKF 6310 – RS

–dynamická únosnosť	$C = 47\,500$
–vonkajší priemer	110 mm
–vnútorný priemer	50 mm
–šírka	27 mm

## 2. Ložiská na hriadeli napínacieho kolesa

### Zaťaženie ložiska:

–reakcia v ložisku	$F_{A2} = 1197,74 \text{ N}$
–otáčky hnacieho kolesa	$n_{1,2} = 45 \text{ min}^{-1}$
–požadovaná životnosť	$L_{h10} = 8000 \text{ hod}$
–súčiniteľ predpätia u reť. prevodov	$f_p = 2$

### Skutočná pôsobiaca sila:

$$F_s = F_{A2} \cdot f_p = 1197,74 \cdot 2 = 2395,48 \text{ N} \quad [2.5.3]$$

### Dynamická únosnosť ložiska:

$$C = F_s \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n_{1,2} \cdot L_{h10}}{10^6}} = 2395,48 \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 45 \cdot 8000}{10^6}} = 6671,29 \quad [2.5.4]$$

### Navrhnuté ložisko: SKF 16 010

–dynamická únosnosť	$C = 12\,500$
–vonkajší priemer	80 mm
–vnútorný priemer	50 mm
–šírka	10 mm



### 3.Ložiská na hriadeli podperného kolesa

#### Zaťaženie ložiska:

–reakcia v ložisku	$F_{A3} = 1145,95 \text{ N}$
–otáčky hnacieho kolesa	$n_3 = 72 \text{ min}^{-1}$
–požadovaná životnosť	$L_{h10} = 8000 \text{ hod}$
–súčiniteľ predpätia u reť. prevodov	$f_p = 2$

#### Skutočná pôsobiaca sila:

$$F_s = F_{A3} \cdot f_p = 1145,95 \cdot 2 = 2291,9 \text{ N} \quad [2.5.5]$$

#### Dynamická únosnosť ložiska:

$$C = F_s \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n_3 \cdot L_{h10}}{10^6}} = 2291,9 \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 72 \cdot 8000}{10^6}} = 7465,40 \quad [2.5.6]$$

#### Navrhnuté ložisko: SKF 62209 – 2RS

–dynamická únosnosť	$C = 25\,500$
–vonkajší priemer	8 mm
–vnútorný priemer	45 mm
–šírka	23 mm

## 2.6 Základný nosný rám

Hlavný nosný rám sa skladá z dvoch hlavných častí. Časť pomocou ktorej sa celé prídavné zariadenie upína k nakladaču sa nazýva rýchlopínacie zariadenie. Z druhej strany rýchlopínacieho zariadenia sú dve vedenia, po ktorých je možné ryhovač posúvať v priečnom smere. K rýchlopínaciemu zariadeniu sa pomocou štyroch upeňovacích skrutiek pripája základný rám.

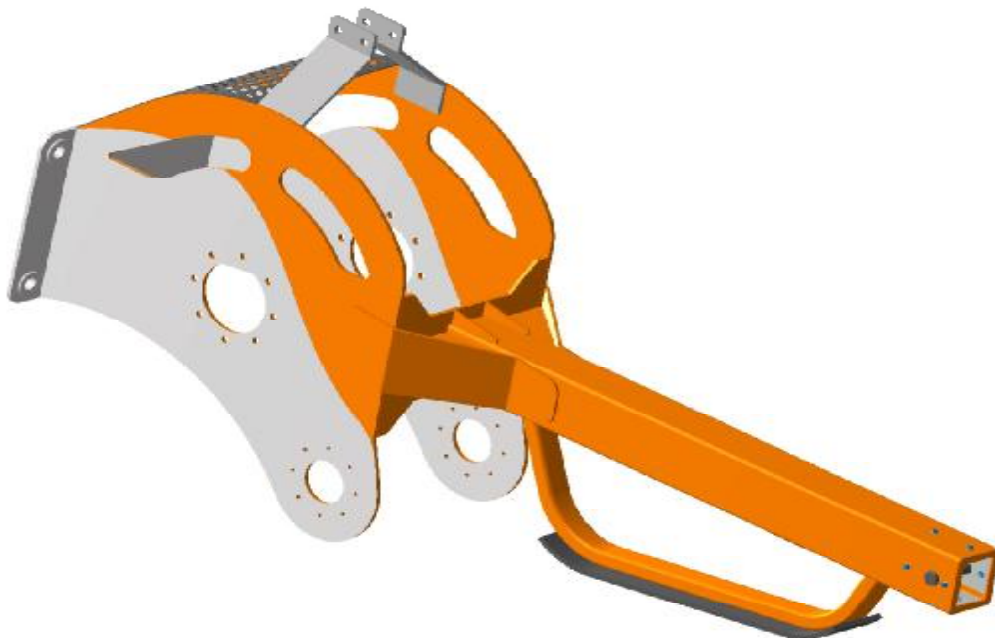
Hlavný rám je tvorený ako zvarenec z niekoľkých plechov hrúbky 8 mm a 6 mm a z uzavretého obdĺžnikového profilu s prierezom  $120 \times 100$  mm, dĺžky profilu 1150 mm a hrúbky steny 6 mm podľa STN 42 5720. Nosný rám je z materiálu WELDOX 460 . Na hlavnom ráme je upevnené hnacie a podperné reťazové koleso, rotačný hydromotor a čistič dna ryhy.



Obr. 2.6.1: Hlavný nosný rám



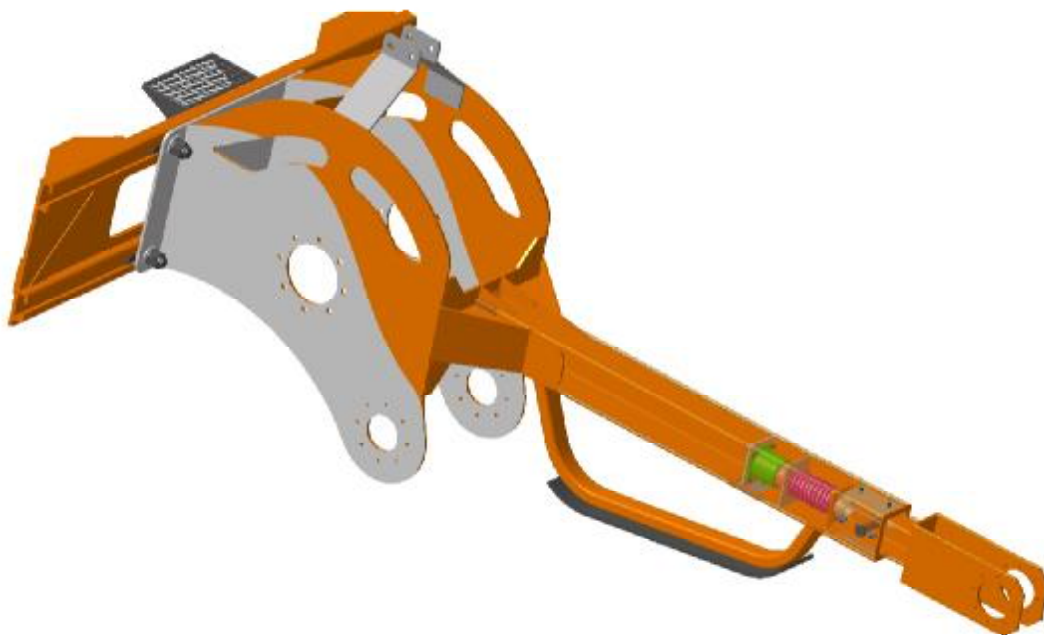
*Obr. 2.6.2: Rýchlopínací rám*



*Obr. 2.6.3: Základný rám*

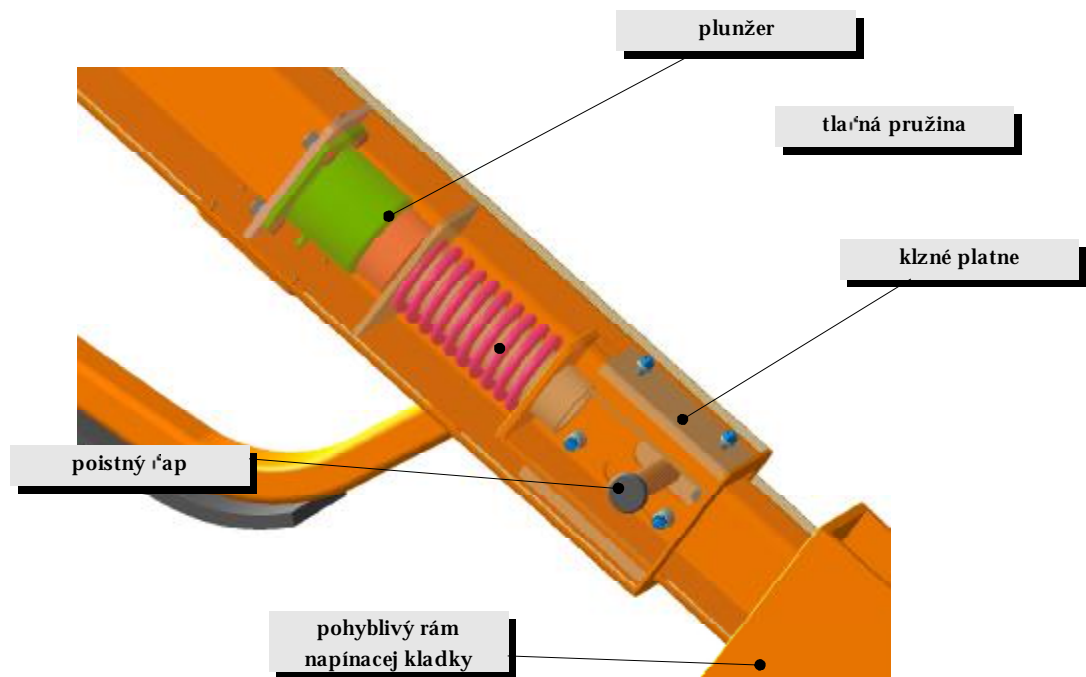
## 2.7 Napínacie zariadenie

Napínanie reľaze je dôležité pre správnu funkciu ryhovača. Zabezpečuje stále predpätie v reľazi aj pri jej čiastočnom vyťahaní. Princíp napínania je hydraulický a to natlakovaním pracovného priamočiareho hydromotora – plunžra mazivom. Plunžrové hydromotory sú špeciálnym prípadom jednočinných priamočiarych hydromotorov. Slúžia na premenu tlakovej energie na energiu mechanickú, ktorá sa prejaví pôsobením axiálnej sily na piest. Plunžrové hydromotory sú veľmi málo používané a preto ich firmy vyrábajú podľa konkrétnych požiadaviek zákazníka. V našom prípade sme použili plunžer od firmy RMR Slovensko s.r.o. Vratný pohyb reľaze zabezpečuje tlačná pružina, ktorá je vedená pomocou vedenia. Napínacie zariadenie je znázornené na Obr. 2.7.2.



Obr. 2.7.1: Napínacie zariadenie

Pohyblivý rám napínacieho kolesa sa pohybuje v hlavnom ráme, ktorý má na svojej vnútornej strane priskrutkované klzné platne. Klzné platne je možné pri nadmernom opotrebovaní vymeniť. Minimálnu a maximálnu polohu pohyblivého rámu určuje oválne vyfrézovaná drážka, v ktorej je vložený poistný čap. Tento poistný čap je poistený proti vypadnutiu poistnou závlačkou.



Obr. 2.7.2: Mechanizmus napínania reťaze

## 2.8 Závítokový dopravník

Na odhŕňame vyčáždenej zeminy do strán slúži ľavo – pravý závítokový dopravník. Závítokový dopravník musí prepraviť – odhrnúť zeminu vynášanú reľazou z ryhy. Závítokky sú privarené k dutému hriadeľu a pomocou zverného spoja je tento dutý hriadeľ pripojený k hriadeľu podperného reľazového kolesa.



Obr. 2.8.1: Ľavo - pravý závítokový dopravník

Dopravované množstvo zeminy na povrch:

$$V_{Dop} = i \cdot S \cdot v_k \cdot 3600 = 12 \cdot 0,002718 \cdot 0,9 \cdot 3600 = 105,675 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \quad [2.8.1]$$

Celkové dopravované množstvo môžeme rozdeliť na polovicu, pretože máme závítokový dopravník umiestnení na oboch stranách pracovného orgánu.

$$V_{Záv} = \frac{V_{Dop}}{2} = \frac{105,675}{2} = 52,83 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \quad [2.8.2]$$

**Priemer závitovky:**

$$D_{Záv} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot V_{Záv}}{60 \cdot s \cdot \pi \cdot \Psi \cdot n_3 \cdot c_{Záv}}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 52,83}{60 \cdot 0,35 \cdot \pi \cdot 0,5 \cdot 72 \cdot 1}} = 0,298 \approx 0,4 \text{ m} \quad [2.8.3]$$

**Výkon závitovkového dopravníka:**

$$P_{Záv} = \frac{V_{Dop} \cdot \rho \cdot g}{3600} \cdot l_v \cdot \omega = \frac{105,675 \cdot 1800 \cdot 9,81}{3600} \cdot 0,800 \cdot 2 = 829,33 \text{ W} = 0,829 \text{ kW} \quad [2.8.4]$$

**Kontrola dopravovaného množstva:**

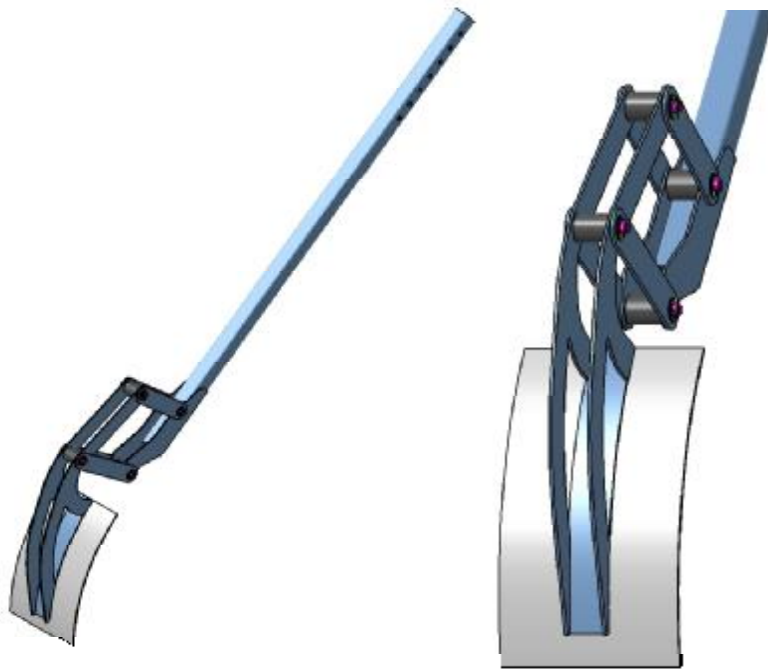
$$V_{max} = \frac{60 \cdot \pi \cdot D_{Záv}^2}{4} \cdot \Psi \cdot s \cdot n_3 \cdot c_{Záv} = \frac{60 \cdot \pi \cdot 0,4^2}{4} \cdot 0,5 \cdot 0,35 \cdot 72 \cdot 1 = 94,95 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \quad [2.8.5]$$

**Obvodová sila závitovky:**

$$F_{Záv} = \frac{60 \cdot P_{Záv}}{\pi \cdot n_3 \cdot D_{Záv}} = 60 \cdot \frac{829,33}{\pi \cdot 72 \cdot 0,4} = 550,245 \text{ N} \quad [2.8.6]$$

## 2.9 Pomocná radlička

Na dočisťovanie a kalibrovanie vytváratej ryhy slúži čistič, ktorý je v tvare radličky. Táto pomocná radlička je ťahaná za ryhovacím zariadením. Radlička je na nosnej tyči štvorcového profilu upevnená pomocou pantografu a tým je zabezpečené nepoškodenie pomocnej radličky (napr. od skál) a zároveň presné kalibrovanie ryhy.



*Obr. 2.9.1: Pomocná radlička – čistič dna ryhy*



## 2.10 Pohon pracovného zariadenia

Pracovné zariadenie bude poháňať rotačný hydromotor, ktorý bude upevnený na rám ryhovača a bude priamo poháňať hnacie reťazové koleso.

Požadované parametre hydromotora:

–otáčky hnacieho kolesa  $n_1 = 0,75 \text{ s}^{-1} = 45 \text{ min}^{-1}$

–minimálny krútiaci moment hydromotora

$$Mk_{\min} = \frac{F_{c \text{ prac}} \cdot D_{1,2}}{2} = \frac{6943,29 \cdot 0,38443}{2} = 1334,64 \text{ Nm} \quad [2.10.1]$$

–pracovný tlak  $p_{RHM} = 16,5 \text{ MPa} = 165 \text{ bar}$

–maximálny prietok pracovnej hydrauliky  $Q_{RHM} = 112 \text{ l/min}$

Pre tieto parametre je navrhnutý axiálny piestový hydromotor od firmy Bosch Rexroth Corporation, model A2F600/60W-B3.



Obr. 2.10.1: Rotačný hydromotor A2F600/60W-B3

- geometrický objem hydromotora	$V_{RHM} = 600 \text{ cm}^3$
- maximálny krútiaci moment hydromotora	$Mk_{RHM} = 1934 \text{ Nm}$
- maximálne otáčky hydromotora	$n_{RHM} = 900 \text{ min}^{-1}$
- účinnosť hydromotora	$\eta_{RHM} = 0,9$
- hmotnosť hydromotora	$m_{RHM} = 80 \text{ kg}$
- pracovný tlak hydromotora	$p_{RHM} = 16,5 \text{ MPa}$
- prietok hydromotora	$Q_{RHM} = 112 \text{ l/min}$

**Kontrola výpočtom:**

**Prietok hydromotora:**

$$Q_{RHM} = \frac{V_{RHM} \cdot n_1}{1000 \cdot \eta_{RHM}} = \frac{600 \cdot 45}{1000 \cdot 0,9} = 30 \text{ l/min} \quad [2.10.2]$$

**Krútiaci moment hydromotora:**

$$Mk_{RHM} = \frac{V_{RHM} \cdot p_{RHM} \cdot \eta_{RHM}}{20 \cdot \pi} = \frac{600 \cdot 165 \cdot 0,9}{20 \cdot \pi} = 1418 \text{ Nm} \quad [2.10.3]$$

**–tlak dosádzame v baroch**

**Výkon hydromotora:**

$$P_{RHM} = \frac{Q_{RHM} \cdot p_{RHM} \cdot \eta_{RHM}}{600} = \frac{30 \cdot 165 \cdot 0,9}{600} = 7,425 \text{ kW} \quad [2.10.4]$$

## 2.11 Celkový spotrebovaný výkon

Celkový spotrebovaný výkon nakladača s prídavným zariadením:

$$P = P_{prac} + P_{poh} = 7,425 + 1,19 = 8,615 \text{ kW} \quad [2.11.1]$$

Výkon pracovného zariadenia:

$$P_{prac} = P_{RHM} = 7,425 \text{ kW} \quad [2.11.2]$$

Výkon potrebný na pohyb nakladača:

$$P_{poh} = F_{poh} \cdot v_p = 31858,53 \cdot 0,060 = 1,19 \text{ kW} \quad [2.11.3]$$

Valivý odpor nakladača:

$$F_{poh} = \frac{F_{Rn}}{\sin 65^\circ} + G \cdot (f_v + \operatorname{tg} \alpha_v) \quad [2.11.4]$$

$$F_{poh} = \frac{2054,808}{\sin 65^\circ} + 45861,75 \cdot (0,2 + \operatorname{tg} 24^\circ) = 31858,53 \text{ N}$$

Tiaž nakladača:

$$G = m \cdot g = 4675 \cdot 9,81 = 45861,75 \text{ N} \quad [2.11.5]$$

–súčiniteľ valivého odporu  $f_v = 0,2$

–maximálny uhol stúpania  $\alpha_v = 24^\circ$

–hmotnosť nakladača s prídavným zariadením  $m = 4675 \text{ kg}$

## 2.12 Výkonnosť ryhovača

Teoretická výkonnosť ryhovača:

$$v_t = 3600 \cdot v_p \cdot b \cdot H = 3600 \cdot 0,060 \cdot 0,3 \cdot 1,6 = 103,68 \frac{m^3}{hod} \quad [2.12.1]$$

Skutočná výkonnosť ryhovača:

$$v_{sk} = v_t \cdot K_I \cdot \tau = 103,68 \cdot 0,12 \cdot 0,9 = 54,120 \frac{m^3}{hod} \quad [2.12.2]$$

Súčiniteľ využitia času  $\tau = 0,9$

Zo skutočnej výkonnosti možno vypočítať dĺžku ryhy, ktorú je schopný šmykom riadený nakladač s prídavným zariadením ryhovačom urobiť za hodinu práce pri ideálnych podmienkach.

$$dĺžka\ ryhy = \frac{v_{sk}}{B \cdot H} = \frac{54,120}{0,3 \cdot 1,6} = 112,75\ m \quad [2.12.3]$$

## 2.13 Pripojenie ryhovača

Ryhovacie zariadenie sa upína k nakladaču LOCUST 1203 pomocou rýchchloupínacieho zariadenia.

### Postup upínania:

1. Pred upnutím prídavného zariadenia je potrebné očistiť upínacie plochy na ryhovači a rýchchloupínači.
2. Ryhovač musí byť umiestnený tak, aby upínacie plochy boli otočné k rýchchloupínaču.
3. Odklopením pák na rýchchloupínači sa uvoľnia poistné čapy rýchchloupínača.
4. Manipuláciou s nakladačom, výložníkom a rýchchloupínačom je potrebné zachytiť čapy na ryhovači do lôžok, ktoré sú na rýchchloupínači.
5. Priklopením rýchchloupínača nastavíme ryhovač do takej polohy, aby bolo možné sklopiť páky na rýchchloupínači do pôvodnej polohy.
6. Pripojíme tlakové hadice ku koncovkám na nakladači.

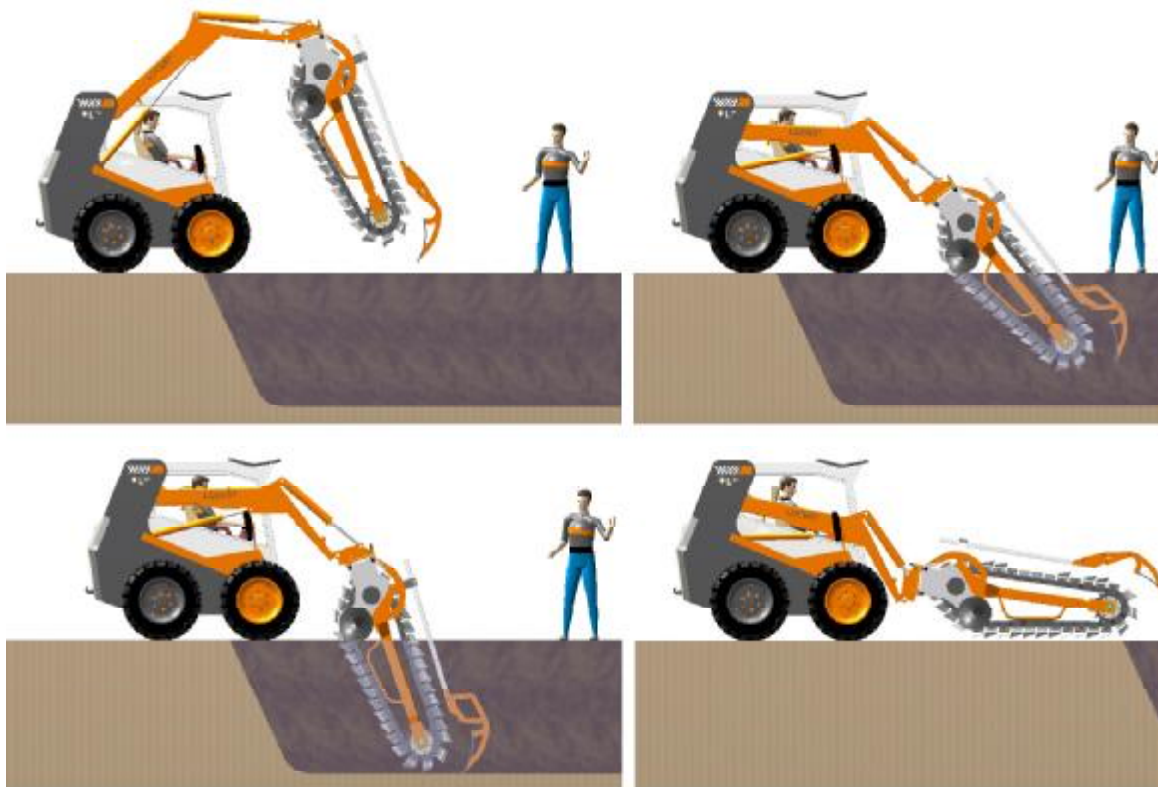
Postup demontáže je opačný ako pri montáži zariadenia. Pri ukladaní na zem je možné vložiť pod nosný rám alebo odhrňovacie závitovky drevený hranol.

## 2.14 Spôsob práce s ryhovačom

Nakladač s ryhovačom zdvihnutým do prepravnej polohy (obr. 2.14.1) sa presunie k miestu práce. Skontroluje sa upnutie ryhovača k rýchlopínaču a vizuálne sa skontrolujú pracovné časti. Spustením tlakového oleja do pracovnej časti sa zapne pohyb reľaze.

Postupným naklápaním rýchlopínača a spúšťaním výložníka sa nastaví presná hĺbka ryhy. Je potrebné, aby závitovkový dopravník bol vždy umiestnení 5 – 30 mm nad úrovňou terénu. Ak je hĺbka vyhovujúca začne sa pohyb nakladača v smere ryhovania (nakladač sa pohybuje spätným chodom).

Ryhovač s reznými zubmi je možné v zeminách do 3. triedy rozpojiteľnosti. Pri vyšších triedach je potrebné použiť rezné hroty alebo ich kombinácie.



Obr. 2.14.1: Ukážka práce s prídavným zariadením - ryhovačom

### 3 PEVNOSTNÁ KONTROLA

#### 3.1 Pevnostná kontrola základného rámu

Model základného rámu bol vyhotovený v programe CATIA V5R16, kde bola následne vykonaná kontrola pomocou metódy konečných prvkov (MKP). Model rámu bol vytoverný so skutočnými rozmermi a priradenými materialovými vlastnosťami. Rám je upevnený v mieste, kde je upínacie zariadenie. Zaťažovacie sily sú umiestnené na konci rámu v mieste, kde je upevnený napínací mechanizmus. Sily majú veľkosť 20000N.

**Použitý materiál: WELDOX 460**

–medza klzu:  $R_e = 500 \text{ MPa}$

–medza pevnosti:  $R_m = 570 - 720 \text{ MPa}$

–súčiniteľ bezpečnosti:  $k = 1,6$

–dovolené napätie:  $\sigma_{Dov} = 312,5 \text{ MPa}$

$$\sigma_{Dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{500}{1,6} = 312,5 \text{ MPa} \quad [3.1.1]$$

**Parametre simulácie:**

–typ simulácie : **statická**

–typ elementov: **lineárny tetrahedron 10**

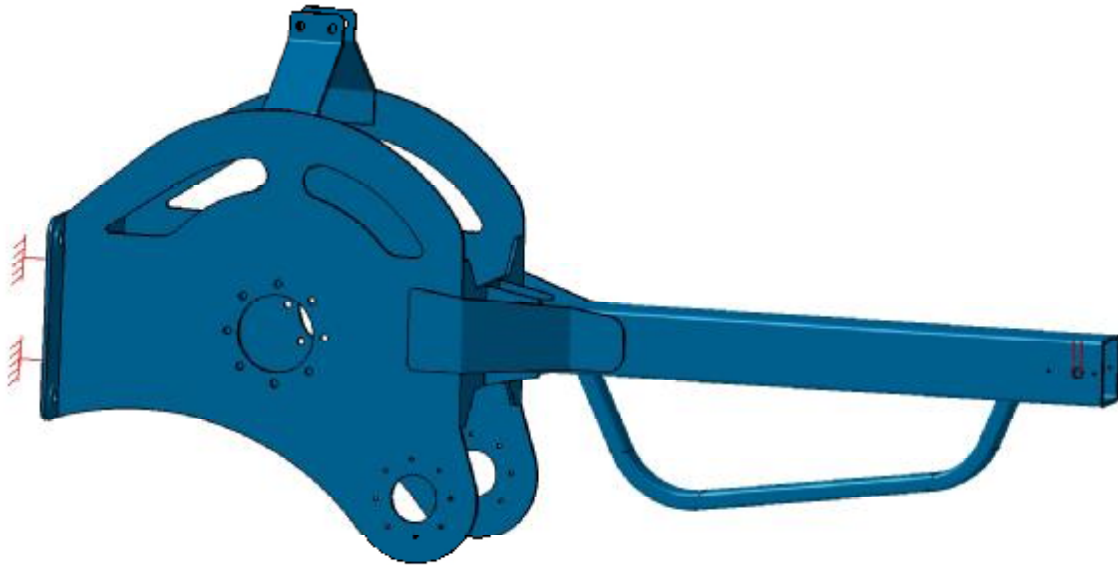
**Materiálové vlastnosti:**

–Youngov modul:  **$2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$**

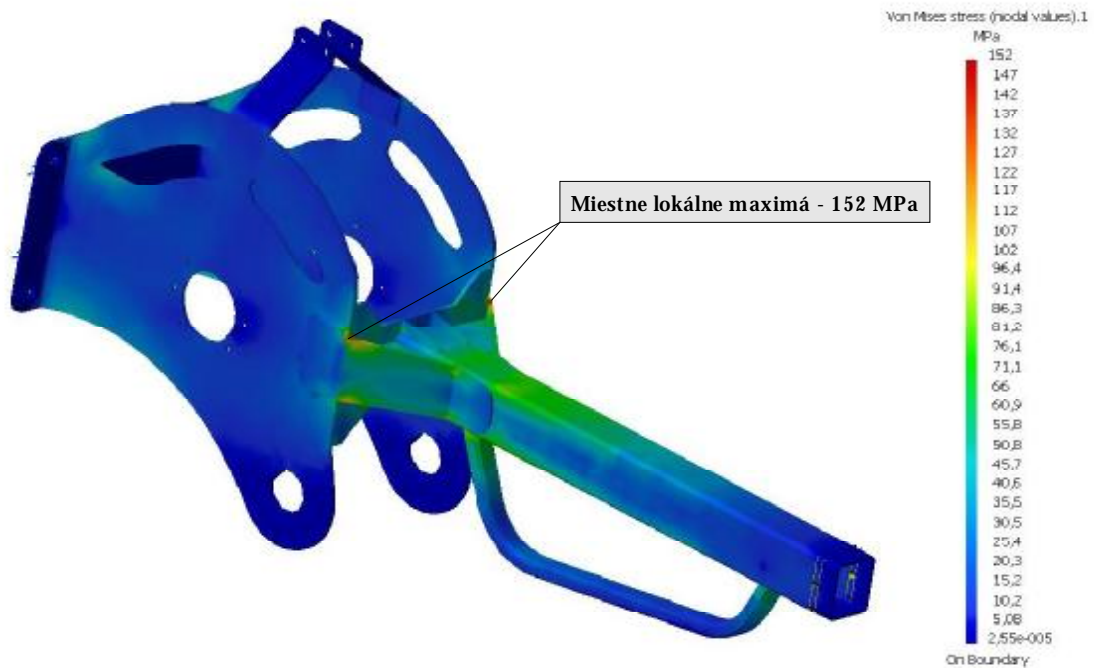
–Poissonovo číslo: **0,266**

–merná hustota:  **$7860 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$**

–súč. tepelnej rozťažnosti:  **$1,17 \cdot 10^{-5} \text{ Kdeg}$**

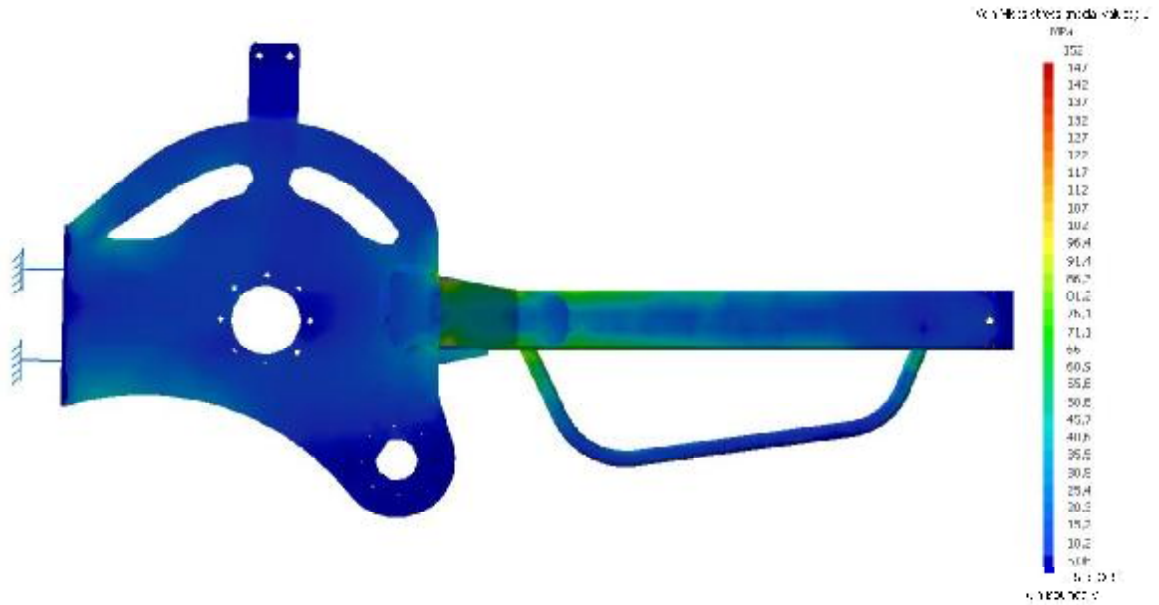


Obr. 3.1.1: Model rámu so zaťažujúcimi silami

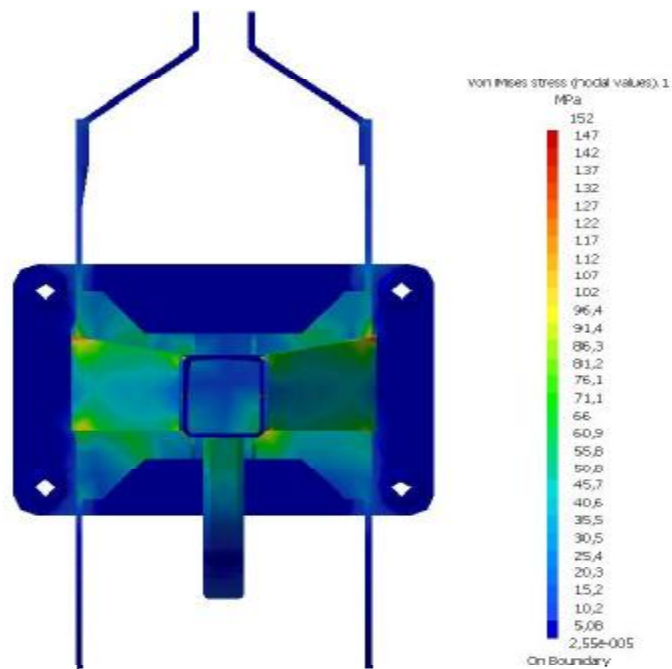


Obr. 3.1.2: Priebeh napätí pri zaťažení maximálnymi silami

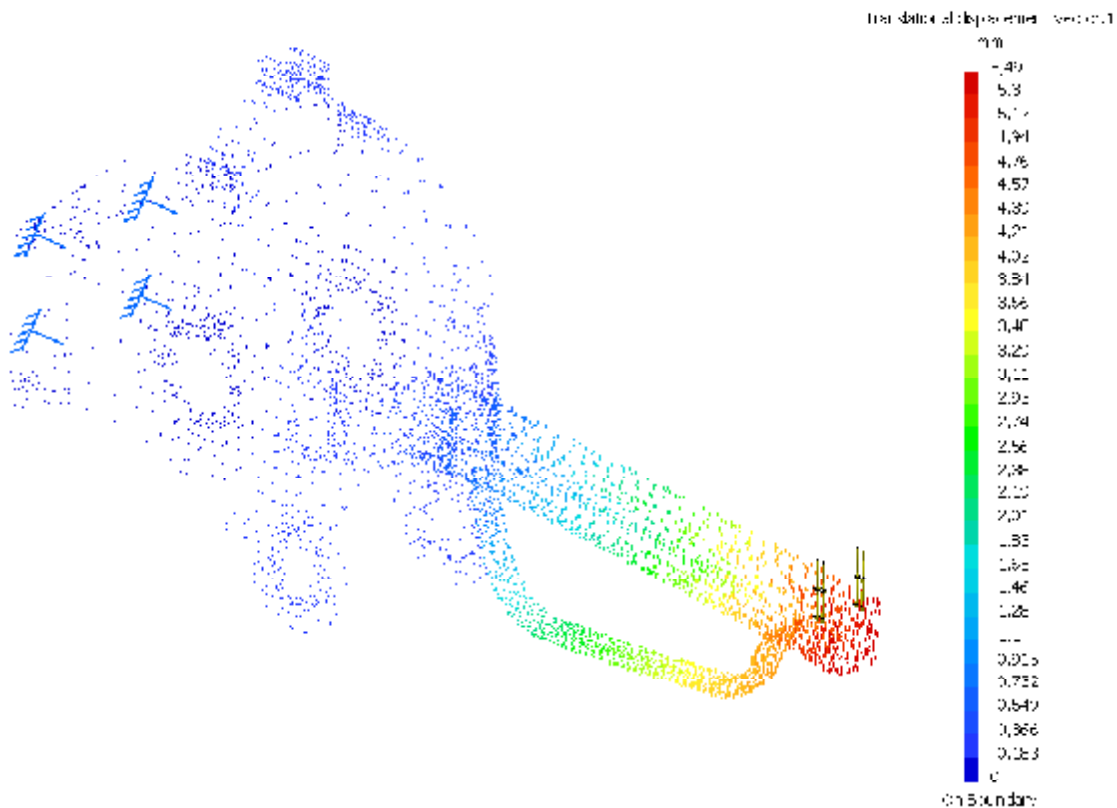




Obr. 3.1.3: Priebeh napätí pri zaťažení maximálnymi silami v ráme – pohľad z boku



Obr. 3.1.4: Priebeh napätí pri zaťažení maximálnymi silami v ráme - pohľad spredu



Obr. 3.1.5: Priebeh deformácií (posunutí) pri maximálnom zaťažení

Z pevnostnej analýzy pomocou metódy konečných prvkov vyplýva, že základný rám pevnostne vyhovuje. Maximálne napätie veľkosti 152 MPa, ktoré sa na ráme vyskytlo bolo len ako lokálne maximum. Vo zvyšnej časti rámu napätie nepresiahlo hodnotu 95 MPa.

Rám je zvarový z ocele WELDOX 460 u ktorej je dovolené napätie 312,5 Mpa, čo je viac ako dvojnásobok dosiahnutej hodnoty pri MKP analýze. Ocele WELDOX sú konštrukčné vysokopevné polotovary s vysokou medzou klzu.

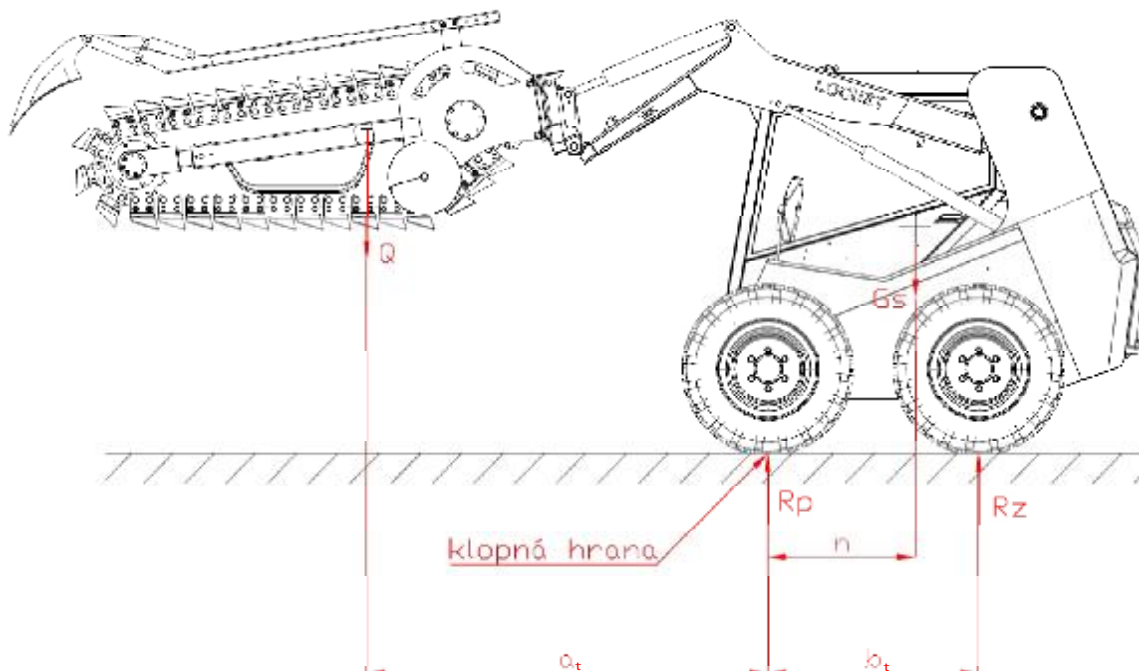
## 4 KONTROLA STABILITY STROJA

K preklopeniu stroja by došlo vtedy, keby moment klopných síl  $M_k$  bol väčší než moment stabilizujúcich síl  $M_s$ . Preklápacie zaťaženie je dané stavom, keď najmenej jedno zo zadných kolies sa nedotýka zeme. Keď teda nemá dôjsť k preklopeniu stroja, musí byť splnená podmienka:

$$\sum M_s > \sum M_k \quad [4.1]$$

Stabilizujúce momenty musia byť väčšie alebo rovné klopným momentom. Pomer stabilizujúcich momentov ku klopným momentom označujeme pojmom súčiniteľ stability  $s$ .

$$s = \frac{\sum M_s}{\sum M_k} \quad [4.2]$$



Obr. 4.1: Schéma základných parametrov pre určenie stability v najnepriaznivejšej polohe

- vzdialenosť ťažiska ryhovača od klopnej hrany  $a_t = 2108 \text{ mm}$
- vzdialenosť osi zadnej nápravy od klopnej hrany  $b_t = 1260 \text{ mm}$
- vzdialenosť ťažiska nakladača od klopnej hrany  $n = 803 \text{ mm}$
- miera bezpečnosti pri nakladačoch  $k_s = 2$

Tiaž nakladača:

$$G_s = m_n \cdot g = 4000 \cdot 9,81 = 39240 \text{ N} \quad [4.3]$$

Tiaž prídavného zariadenia:

$$Q = m_r \cdot g = 675 \cdot 9,81 = 6621,75 \text{ N} \quad [4.4]$$

Stabilizujúce momenty:

$$M_s = G_s \cdot n = 39240 \cdot 0,80 = 31392 \text{ Nm} \quad [4.5]$$

Klopné momenty:

$$M_k = Q \cdot a_t = 6621,75 \cdot 2,1 = 13905,6 \text{ Nm} \quad [4.6]$$

Miera bezpečnosti pri pozdĺžnej stabilite:

$$s = \frac{M_s}{M_k} = \frac{31392 \text{ Nm}}{13905,6 \text{ Nm}} = 2,25 \geq 2 \quad [4.7]$$

$$s \geq k_s \\ 2,25 \geq 2$$

Z uvedeného vyplýva, že nakladač s ryhovačom je stabilný. Kontrola bola vykonaná v najnepriaznivejšej polohe, t.j. v polohe kedy je ťažisko ryhovača najďalej od klopnej hrany nakladača. Stroj môže pracovať v pozdĺžnom smere bez možnosti obmedzenia stability. V priečnom smere nie je potrebné kontrolovať stabilitu vzhľadom na to, že ryhovač je súmerný s pozdĺžnou osou nakladača.

## ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo navrhnuť koncepciu a konštrukčné riešenie ryhovača ako prídavného zariadenia k šmykom riadenému nakladaču LOCUST 1203 od firmy WAY INDUSTRY, a.s.

Výhodou ryhovačov je energetická a časová úspora. Ryhovač je kontinuálne pracujúci stroj na vytváranie pozdĺžnej ryhy. Ryhovač ako prídavné zariadenie je v dnešnej dobe ideálne riešenie pre firmy, ktoré sa zaoberajú stavbou kanalizácií, káblových sietí a odvodňovacích kanálov. Je možné ho jednoducho pripojiť k ryhovaču pomocou rýchloúpínacieho zariadenia.

Navrhnutím prídavného zariadenia sa rozšírila ponuka prídavných pracovných zariadení ponúkaných k nakladaču LOCUST 1203.

V časti konštrukčného návrhu bol kladený veľký dôraz na jednoduchosť konštrukcie, použitie normalizovaných súčiastok a ľahkú údržbu. Pri navrhovaní boli použité materiály dostupné od výrobcov vo forme katalógov, firemných prospektov, internetových stránok a platných STN noriem. Celá konštrukcia bola vymodelovaná v 3D prostredí systému CATIA, kde bolo možné simulovať pohyby (príloha 3.) a zmontovateľnosť ryhovača.

Ďalším alternatívnym riešením by bolo navrhnuť otáčanie prídavného zariadenia okolo jeho pozdĺžnej osi na vytváranie rýh vo zvislých stenách a šikmých svahoch.

Jozef ČAJKA

V Bratislave 10. Jún 2009

.....

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] VÁVRA, Pavel a kolektív: Strojnicke tabuľky pre SPŠ strojnicke. Bratislava: Vyd. ALFA. 1. vyd. 1988. 063-396-88 TVZ
- [2] DEJL, Zdeněk: Konstrukce strojů a zařízení I. Ostrava: Vyd. MONTANEX a.s. 1. vyd. 2000. ISBN 80-7225-018-3
- [3] WALTHER, Eduard a kolektív: Technické vzorce. Bratislava: Vyd. ALFA. 2. vyd. 1987. 063-137-87 TVZ
- [4] Hlavný katalóg SKF, 3000 Tj. 78.3
- [5] MURÁŇ, Miroslav: Časti strojov – Konštrukčné cvičenie z časti strojov. Bratislava: Vyd. Editačné stredisko SVŠT. 1. vyd. 1981
- [6] KRÁL, Štefan a kolektív: Časti a mechanizmy strojov: I diel. Bratislava: Vyd. STU, Vazovova 5. 1. vyd. 1998. ISBN 80-2271079-2
- [7] ROVENSKÝ, Ladislav: Teória stavebných strojov, SVŠT, Bratislava 1981
- [8] ŠIŠOLÁK, Ernest: Časti strojov – Spoje. Bratislava: Vyd. Editačné stredisko SVŠT. 1. vyd. 1956
- [9] KRÁL, Štefan a kolektív: Časti a mechanizmy strojov: II.diel. Bratislava: Vyd. STU, Vazovova 5. 1. vyd. 2002. ISBN 80-227-1723-1
- [10] DRAŽAN František a NEMČEK Miroslav: Zemné stroje, SITK 1984
- [11] FOLDES Tibor, Diplomová práca

**Firemná literatúra a prospekty:**

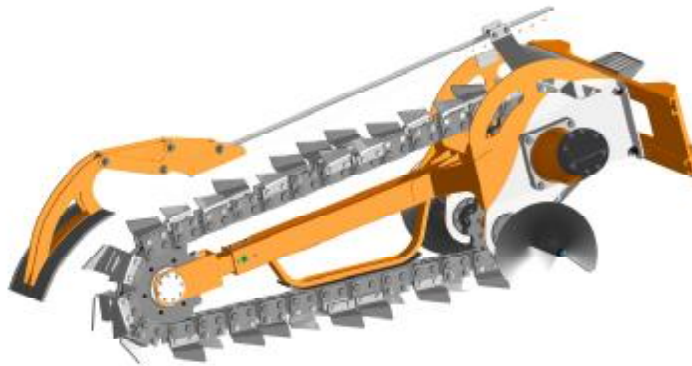
- AFT Trenchers Limites
- American Chain
- Berco
- Betek
- CASE
- Grabenmeister
- Mannesmann Rexroth
- Tescmec
- Trencor
- Vermeer
- WAY INDUSTRY, a.s.

**Použité normy:**

- 1.STN 01 4809 – reľaze, pevnostná konrola, reľaze a reľazové prevody
- 2.STN 01 4811 – reľaze, reľazové prevody, kolesá, púzdra, výpočty
- 3.STN 26 2806 – Výpočet závitovkových dopravníkov
- 4.STN 26 3102 – Pásové dopravníky, zásady výpočtu
- 5.STN 27 8222 – Nakladače riadené preklzom kolies. Tech. požiadavky

**Použitý softwér:**

- 1.Dassault Systemes CATIA V5 R16
- 2.Autodesk AutoCAD 2008
- 3.OpenOffice.org 3.0.0
- 4.Adobe Photoshop CS 8.0







## PRÍLOHY

### Príloha 1.

#### Mechanika zemín

Z hľadiska stanovenia vzájomného pôsobenia pracovného nástroja, prípadne aj podvozku stroja na zeminu, je hlavnou otázkou určenie jej charakteristiky. Pre riešenie tejto problematiky je vhodné použiť STN 73 3050, ktorá rozdeľuje horniny podľa ich charakteristických vlastností a obtiažnosti rozpojovania do siedmych tried. Zeminy sú materiálom nehomogénnym a anizotropným.

#### Stručný prehľad hornín:

1. trieda – sypké horniny, dajú sa naberať lopatou, nakladačom

- a) ľahko rozpojiteľné, mäkkej konzistencie, súdržné
- b) nesúdržné, kypré, prípadne so zrnami štrku do 50 mm
- c) stavebný odpad a iný materiál podobného charakteru

Patria sem napríklad ornica, hlina, prachovitá hlina, piesčitá hlina, hlinitý piesok, piesok, piesčitý štrk a drobný štrk.

2. trieda – rypné horniny rozpojiteľné rýľom, nakladačom

- a) ľahko rozpojiteľné, súdržné, tuhej konzistencie
- b) nesúdržné, stredne uľahnuté
- c) stavebný odpad, a iný materiál podobného charakteru

Patria sem napr. ornica, hlina, prachovitá hlina, piesčitá hlina, hlinitý piesok, piesčitý štrk a priemerný štrk so zrnami do 50 mm.

**3. trieda – kopné horniny rozpojiteľné čakanom, rýpadlom**

- a) stredne rozpojiteľné, súdržné, pevnej konzistencie
- b) nesúdržné, uľahnuté
- c) nesúdržné, zaradené do 2. A 3. Triedy so súdržným pojivom mäkkej a tuhej konzistencie
- d) skalné a poloskalné, rozpojené alebo zvetrané
- e) stavebný odpad a iný materiál podobného charakteru

Patria sem napr. hlina, prachovitá hlina, ílovitá piesčitá hlina, piesčitý íl, íl, hrubý piesčitý štrk, štrk so zrnami do 100 mm.

**4. trieda – drobné pevné horniny rozpojiteľné klinom, rýpadlom**

- a) ťažko rozpojiteľné, súdržné, pevnej a tvrdej konzistencie
- b) nesúdržné, prípadne s balvanmi do objemu  $0,1 \text{ m}^3$
- c) nesúdržné, zaradené do 2. a 3. triedy so súdržným pojivom pevnej a tvrdej konzistencie
- d) poloskalné stredne spevnené, navetrané poloskalné
- e) skalné rozrušené, zvetrané so silne oslabenou väzbou
- f) tekuté a kašovité konzistencie
- g) stavebný odpad a iný materiál podobného charakteru

Patria sem napr. íl, piesčitý íl, ílovitá hlina, piesčitá hlina, prachovitá hlina, hrubý štrk so zrnami do 100 mm bez obmedzenia, s väčšími kameňmi obmedzene, drobné a stredný štrk s ílovitým alebo hlinitým pojivom, bahenná naplavenina, tekutý piesok.

5. trieda – ľahko trhatelné pevné horniny rozpojiteľné rozrývačom, ťažkým rýpadlom (nad 40 t), trhavinami

- a) nesúdržné, s balvanmi do objemu  $0,1 \text{ m}^3$
- b) nesúdržné, zaradené do 4. triedy so súdržným pojivom pevnej a tvrdej konzistencie
- c) poloskalné spevnené, v dobrom stave vo vrstvách s mocnosťou do 150 mm
- d) skalné vyvreniny, premenené a usadené, porušené, nezvetrané, rozpukané s plochami vrstiev vzdialenými menej než 150 mm
- e) navážka podobného charakteru
- f) zmrznuté zeminy

Patria sem napr. hrubý štrk s kameňmi do 250 mm bez obmedzenia, s väčšími kameňmi obmedzene, stredný a hrubý štrk s ílovitým alebo hlinitým pojivom, bridlice, travertín, pieskovec, opuka, navetraná žula, rula, andezit, vápenec, kremeň.

6. trieda – pevné horniny ťažko trhatelné ťažkým rozrývačom, trhavinami

- a) nesúdržné s balvanmi s objemom väčším než  $0,1 \text{ m}^3$
- b) skalné vyvreniny v dobrom stave vo vrstvách s mocnosťou do 1 m, vzdialenosť ostatných puklín je menšia ako 250 mm
- c) skalné usadené, zdravé s vrstvami s mocnosťou do 1 m

Patria sem napr. žula, rula, andezit, čadič, kremenitá bridlica.

**7. trieda – pevné horniny veľmi ťažko trhatelné, rozpojiteľné trhavinami**

- a) veľmi ťažko rozpojiteľné, skalné masívy v dobrom stave
- b) pevné, zdravé, masívne alebo s nepravidelnou odlišnosťou guľovitou, stĺpcovitou a pod. S jednotlivými zaklinenými hranami, s plochami deliteľnosti viac ako 250 mm

Patria sem napr. kremeň, rohovec, kremenitá žula, rula, čadič, bulžník, andezit, granulit.

## Príloha 2.

Výrobca	Označenie	Typ	Typ pracovného orgánu	Výkon / Požadovaný výkon [kW]	Šírka [m]
AFT Trenchers Limited	MH 25	prídavné zariadenie rýpadla	reťazové	22	100
AFT Trenchers Limited	MH 50	prídavné zariadenie kompaktného nakladača	reťazové	22	100
AFT Trenchers Limited	MH 100	prídavné zariadenie rýpadla	reťazové	60	100
AFT Trenchers Limited	S 30	prídavné zariadenie kompaktného nakladača	reťazové	22 - 33	100
AFT Trenchers Limited	45	prídavné zariadenie na poľnohospodársky traktor	reťazové / kotúčové	15 - 34	120
AFT Trenchers Limited	65	prídavné zariadenie na poľnohospodársky traktor	reťazové	30 - 60	120
AFT Trenchers Limited	100	prídavné zariadenie na poľnohospodársky traktor	reťazové	45 - 90	120
CASE Corporation	60	samohybný, kráčajúcou obsluhou	reťazové	9,7	100

<b>CASE Corporation</b>	<b>TF 300</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>13,7</b>	
<b>CASE Corporation</b>	<b>Maxi - Sneaker</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>25</b>	
<b>CASE Corporation</b>	<b>460</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>25</b>	
<b>CASE Corporation</b>	<b>560</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>34,3</b>	
<b>CASE Corporation</b>	<b>660</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>45</b>	<b>152</b>
<b>CASE Corporation</b>	<b>860 Turbo</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>59</b>	<b>178</b>
<b>GRABENMEISNTER</b>	<b>K 120 N - 60</b>	<b>prídavné zariadenie na poľnohospodársky traktor</b>	<b>reťazové</b>	<b>60</b>	<b>180</b>
<b>GRABENMEISNTER</b>	<b>K 150 N - 80</b>	<b>nesené nákladným automobilom</b>	<b>reťazové</b>		<b>200</b>
<b>GRABENMEISNTER</b>	<b>GMA 160 F</b>	<b>prídavné zariadenie na poľnohospodársky traktor</b>	<b>reťazové</b>	<b>55 - 96</b>	<b>150</b>
<b>GRABENMEISNTER</b>	<b>GM 1 Allrad</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>		<b>70</b>
<b>MASTENBROEK Ltd</b>	<b>10.12.09</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>		<b>170</b>

MASTENBROEK Ltd	10 / 12 D	samohybný, pásový podvozok	reťazové	86	120
MASTENBROEK Ltd	14 / 14	samohybný, pásový podvozok	reťazové		230
MASTENBROEK Ltd	15 / 15	samohybný, pásový podvozok	reťazové	130	120
MASTENBROEK Ltd	20 / 15	samohybný, pásový podvozok	reťazové	177	120
MASTENBROEK Ltd	20 / 18	samohybný, pásový podvozok	reťazové		370
MASTENBROEK Ltd	25 / 20 Plow	samohybný, pásový podvozok	vibračný vertikálny nôž	246	90
MASTENBROEK Ltd	30 / 20	samohybný, pásový podvozok	reťazové	246	120
MASTENBROEK Ltd	30 / 25	samohybný, pásový podvozok	reťazové		670
MASTENBROEK Ltd	30 / 40	samohybný, pásový podvozok	reťazové		;
MASTENBROEK Ltd	35 / 20 Plow	samohybný, pásový podvozok	vibračný vertikálny nôž	317	120
MASTENBROEK Ltd	35 / 30	samohybný, pásový podvozok	reťazové	317	250

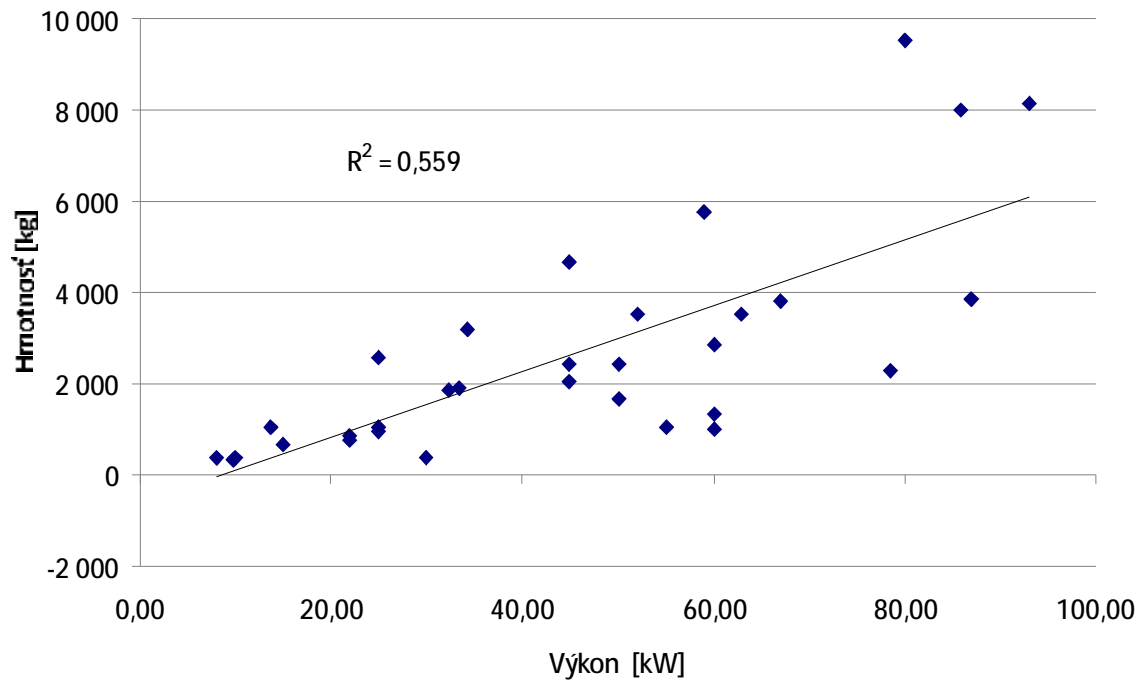


MASTENBROEK Ltd	45 / 40	samoHybný, pásový podvozok	reťazové	392	320
MASTENBROEK Ltd	50 / 20 Plow	samoHybný, pásový podvozok	vibračný vertikálny nôž		12
MASTENBROEK Ltd	50 / 35	samoHybný, pásový podvozok	reťazové	392	320
MASTENBROEK Ltd	50 / 60	samoHybný, pásový podvozok	reťazové	336	;
MASTENBROEK Ltd	60 / 80	samoHybný, pásový podvozok	reťazové	522	;
MASTENBROEK Ltd	70 / 45	samoHybný, pásový podvozok	reťazové		800
TESMEC	TRS - 300	samoHybný, pásový podvozok	kotúčové	80	63
TESMEC	TRS - 700	samoHybný, pásový podvozok	reťazové	138	203
TESMEC	TRS - 950 SL	samoHybný, pásový podvozok	reťazové	194	280
TESMEC	TRS - 950 SLO	samoHybný, pásový podvozok	reťazové	172	250
TESMEC	TRS - 950 SLO D.G.	samoHybný, pásový podvozok	reťazové	194	250
TESMEC	TRS - 1075	samoHybný, pásový podvozok	reťazové / kotúčové	223	125
TESMEC	TRS - 1085	samoHybný, pásový podvozok	reťazové	242	450

<b>TESMEC</b>	<b>TRS – 1100</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové / kotúčové</b>	<b>261</b>	<b>152</b>
<b>TESMEC</b>	<b>TRS – 1175 D</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové / kotúčové</b>	<b>300</b>	<b>150</b>
<b>TESMEC</b>	<b>TRS – 1275</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>300</b>	<b>410</b>
<b>TESMEC</b>	<b>TRS – 1300</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>377</b>	<b>410</b>
<b>TESMEC</b>	<b>TRS – 1675</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>560</b>	<b>710</b>
<b>TRENCOR</b>	<b>660 C -SS</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>194</b>	<b>250</b>
<b>TRENCOR</b>	<b>860 S – SS</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>261</b>	<b>250</b>
<b>TRENCOR</b>	<b>665 HD</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>138</b>	<b>250</b>
<b>TRENCOR</b>	<b>760 HD</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>157</b>	<b>250</b>
<b>TRENCOR</b>	<b>765 HD</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>186</b>	<b>300</b>
<b>TRENCOR</b>	<b>960 HD</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>242</b>	<b>300</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>V 1150</b>	<b>samohybný s kráčajúcou obsluhou</b>	<b>reťazové</b>	<b>8</b>	<b>89</b>

<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>V 1350</b>	<b>samohybný s kráčajúcou obsluhou</b>	<b>reťazové</b>	<b>10</b>	<b>89</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>V 2050</b>	<b>samohybný s kráčajúcou obsluhou</b>	<b>reťazové</b>	<b>15</b>	<b>89</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>V 5750</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>45</b>	<b>130</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>V 5850</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>45</b>	<b>150</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>V 6500</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>50</b>	<b>150</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>V 8100</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>60</b>	<b>150</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>V 8550A</b>	<b>samohybný, kolesový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>67</b>	<b>150</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>T 550 DT</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>138</b>	<b>150</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>T 655</b>	<b>samohybný, pásový podvozok</b>	<b>reťazové</b>	<b>149</b>	<b>267</b>

<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>T 658</b>	<b>samohybný s kráčajúcou obsluhou</b>	<b>reťazové</b>	<b>138</b>	<b>250</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>T 755</b>	<b>samohybný s kráčajúcou obsluhou</b>	<b>reťazové</b>	<b>186</b>	<b>360</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>T 758</b>	<b>samohybný s kráčajúcou obsluhou</b>	<b>reťazové</b>	<b>186</b>	<b>267</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>T 855</b>	<b>samohybný s pásovým podvozkom</b>	<b>kotúčové</b>	<b>250</b>	<b>150</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>T 955</b>	<b>samohybný s pásovým podvozkom</b>	<b>reťazové</b>	<b>298</b>	<b>410</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>T 1055</b>	<b>samohybný s pásovým podvozkom</b>	<b>reťazové</b>	<b>298</b>	<b>710</b>
<b>VERMEER Manufacturing Company</b>	<b>T 1255</b>	<b>samohybný s pásovým podvozkom</b>	<b>reťazové</b>	<b>447</b>	<b>760</b>



**Graf poměru hmotnosti a výkonu samohybných ryhovačů**