



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## ZAHRADNÍ DRTIČ - SPOLEHLIVOST

GARDEN SCHREDDER - RELIABILITY

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Ferencz

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2019

## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	<b>Jan Ferencz</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Zahradní drtič – spolehlivost

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Konstrukční návrh drtiče zahradního odpadu dle výsledků rešerší.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Vypracovat rešeršní rozbor typů těchto drtičů a štěpkovačů včetně výrobců, případně cen i použití. Upřednostnit hledisko spolehlivosti funkce.

Na základě rešerše navrhnout a zdůvodnit vlastní konstrukci.

Nakreslit sestavný výkres drtiče, důležité detailní výkresy.

Dle dostupných informací vyhodnotit drcené materiály.

#### **Seznam doporučené literatury:**

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

KOVÁČ, Milan a Vladimír K LAPITA. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080701741.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

V této bakalářské práci je vypracován rešeršní rozbor drtičů a štěpkovačů zahradního odpadu, včetně výrobců a cen a dle dostupných informací jsou vyhodnoceny drcené materiály. Součástí této bakalářské práce je také návrh zahradního drtiče, včetně základních výpočtů, výkresové dokumentace a 3D modelu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Zahradní drtič, štěpkovač, spolehlivost, konstrukce drtiče, 3D model, výkresová dokumentace

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis includes large research of garden shredders and wood chippers of garden waste including manufacturers and prices and there are evaluated crushed materials according to available information. A part of this bachelor thesis is also a construction of the own shredder, with basic calculations, drawing documentation and a 3D model.

## **KEYWORDS**

Garden shredder, wood chipper, reliability, shredder construction, 3D model, drawing documentation

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FERENCZ, Jan. *Zahradní drtič - spolehlivost*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116887>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jiří Malášek.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 17. května 2019

.....

Jan Ferencz

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za cenné rady, konzultace a pomoc při vypracovávání mé bakalářské práce.

## OBSAH

Úvod .....	11
1 Drtič nebo štěpkovač .....	12
1.1 Drtič .....	12
1.2 Štěpkovač.....	13
2 Hlavní části zahradního drtiče .....	14
2.1 Vstupní část.....	14
2.2 Sekací mechanismus .....	14
2.3 Pohonná jednotka.....	14
2.4 Výstupní část.....	14
2.5 Příslušenství .....	15
3 Rozdělení drtičů a štěpkovačů.....	16
3.1 Podle pohonu sekacího mechanismu .....	16
3.1.1 Poháněné elektromotorem .....	16
3.1.2 Poháněné spalovacím motorem .....	16
3.1.3 Poháněné výstupní hřídelí traktoru.....	17
3.2 Podle velikosti.....	18
3.2.1 Zahradní.....	18
3.2.2 Malé.....	18
3.2.3 Střední.....	19
3.2.4 Velké.....	20
3.3 Podle typu drtičího či štěpkovacího mechanismu.....	20
3.3.1 Drtiče s nožovou hlavou .....	20
3.3.2 Drtiče se zubovou hlavou .....	21
3.3.3 Drtiče se šnekovým mechanismem .....	22
3.3.4 Drtiče s protiběžnými hřídeli.....	22
3.3.5 Drtiče s bubnovým mechanismem .....	23
3.4 Podle způsobu dopravy .....	23
3.4.1 Nepohyblivé .....	23
3.4.2 Přívěsné .....	24
3.4.3 Nesené .....	24
4 Přehled drtičů a štěpkovačů dostupných na trhu .....	25
4.1 HECHT MOTORS s.r.o.....	25
4.1.1 Hecht 6284 XL .....	25
4.1.2 Hecht 6642.....	26
4.2 ROBERT BOSCH GMBH .....	27



4.2.1	Bosch AXT Rapid 2000 .....	27
4.3	BYSTRONĚ – INTEGRACE s.r.o .....	28
4.3.1	Murěna s elektromotorem 11 kW .....	28
4.3.2	PIRANA 14HP .....	29
4.4	Laski s.r.o.....	29
4.4.1	LS 150 DW Track .....	30
4.4.2	LS 160 T .....	31
4.5	Negri Garden Equipment s.r.o .....	31
4.5.1	Negri bio R95BHHP65.....	32
4.5.2	Negri bio R225T .....	33
5	Vyhodnocení drcených materiělů .....	34
5.1	Fyzikělní vlastnosti děva .....	34
5.2	Mechanickě vlastnosti děva.....	34
5.3	Vady děva .....	34
6	Vlastně konstrukce zahradněho drtiěe .....	35
6.1	Vstupně parametry pěi něvrhu konstrukce zahradněho drtiěe.....	35
6.2	Spolehlivost .....	35
6.3	Volba pohonu sekacěho mechanismu.....	36
6.4	Vypoěet řezněch podměnek a pěevodověho poměru mezi elektromotorem a sekacěm mechanismem .....	37
6.4.1	Stěiřzně sěla potěebně pro ustěiřeně větve.....	37
6.4.2	Energie potěebně na pěeseknutě materiělu za otěěku .....	37
6.4.3	Āas jedně otěěky sekacěho mechanismu.....	37
6.4.4	Otěěky hnaně hěidele .....	38
6.4.5	Pěevodově poměr mezi elektromotorem a sekacěm mechanismem .....	38
6.4.6	Skuteěně otěěky hnaně hěidele .....	38
6.5	Vypoěet kroutěcěho momentu a minimělněho pěuměru hnaně hěidele .....	39
6.5.1	Kroutěcě moment pěeněšeně hěidelě .....	39
6.5.2	Radiělně sěla pěsoběcě na hěidel .....	40
6.5.3	Obvodově rychlost řemene .....	40
6.5.4	Vypoěet obvodově sěly .....	41
6.5.5	Pracovně pěedpětě řemene .....	41
6.5.6	Vypoěet reakěněch sil pěsoběcěch v lořiskěch v rovině xz.....	42
6.5.7	Redukovaně moment.....	44
6.5.8	Minimělně pěuměr hěidele.....	44
6.6	Volba lořisek .....	45
6.6.1	Velikost axiělně sěly.....	45

6.6.2	Základní rozměry ložisek .....	46
6.6.3	Trvanlivost ložisek .....	47
6.7	Volba řemenového převodu .....	49
6.7.1	Výpočtový průměr hnané řemenice .....	49
6.7.2	Výpočtová délka klínového řemene .....	49
6.7.3	Volba klínového řemene .....	50
6.7.4	Skutečná osová vzdálenost .....	50
6.7.5	Úhel opásání hnané řemenice .....	50
6.7.6	Výkon přenášený jedním řemenem v podmínkách provozu .....	50
6.7.7	Počet řemenů v převodu .....	51
6.8	Volba těsného pera .....	52
6.8.1	Obvodová síla na povrchu hřídele .....	52
6.8.2	Dovolený tlak na bocích drážek v náboji .....	52
6.8.3	Minimální délka těsného pera .....	52
6.9	Spojení hřídele s nábojem .....	53
6.10	Napínání klínového řemene .....	54
6.11	Bezpečnost stroje .....	55
6.12	Odvod materiálu ze stroje .....	55
7	3D model zahradního drtiče .....	56
	Použité informační zdroje .....	58
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	62
	Seznam příloh .....	65

## ÚVOD

Při každoroční údržbě zahrady, ať už z prořezávání stromů nebo křovin, vzniká velké množství zahradního odpadu ve formě větví a listí. Tento odpad můžeme dále zpracovat v zahradních drtičích. Takto zpracované zbytky se nazývají štěpky. Štěpkou se rozumí kousky dřevní hmoty, odřezky a kousky větví. Mohou být různě velké, od několika milimetrů, v tomto případě se jedná o drť, až po několikacentimetrové špalíčky. Podle velikosti můžeme štěpku dále použít, ať už jako topivo, složku na kompost, mulčovací kůru nebo při zakládání záhonů jako jednu z více vrstev přírodního materiálu. V mé bakalářské práci se budu zabývat konstrukčním návrhem zahradního drtiče a také rešeršním rozbořem těchto drtičů.

# 1 DRTIČ NEBO ŠTĚPKOVAČ

Štěpku můžeme vyrobit pomocí drtiče či štěpkovače. Podle dalšího využití štěrky je třeba se rozhodnout, zda-li zvolit drtič, nebo štěpkovač. Každý ze strojů pracuje na jiném principu a výsledkem je štěrka, která se liší svou velikostí i dalším použitím [3].



Obr. 1 Výsledná štěrka po drcení [3]



Obr. 2 Výsledná štěrka po štěpkování

## 1.1 DRTIČ

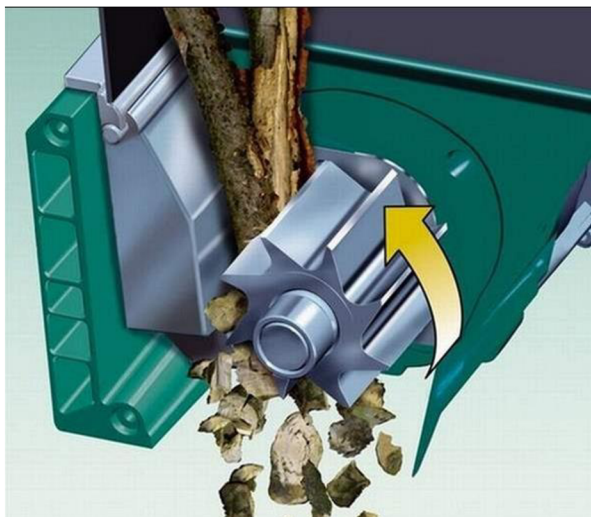
Drtič má ve svých útrokách rotující nože, které pracují ve vysokých otáčkách. Tyto nože jsou ve většině případů vyměnitelné. Kvůli vysoké pracovní rychlosti vznikají vibrace a také hluk. Drtič je schopný zpracovat větve až do průměru 5 cm. Větve se musí do drtiče mírně zatlačovat, proto je vhodné při práci používat ochranné pomůcky. Některé modely disponují funkcí automatického vtahování suroviny [4].



Obr. 3 Diskový sekací mechanismus s vyměnitelnými noži [3]

## 1.2 ŠTĚPKOVAČ

U štěpkovače pracuje frézovací válec, který na jedné straně přitlačí větve ke kovové desce a tím je štípe na menší kousky. Frézovací válec si sám vtahuje větve do pracovního prostoru a pracuje v nízkých otáčkách. Oproti klasickému nožovému drtiči je tišší a méně vibruje. Má ovšem problémy s houževnatou kůrou některých dřevin. Při používání štěpkovače je tedy vhodné nechat drcený materiál důkladně proschnout [4].



Obr. 4 Princip činnosti štěpkovače [3]

## 2 HLAVNÍ ČÁSTI ZAHRADNÍHO DRTIČE

### 2.1 VSTUPNÍ ČÁST

Využívá se k podávání větví do sekacího mechanismu, je konstruována tak, aby podávání větví bylo snadné a bezpečné.



Obr. 5 Vstupní část drtiče Shark [5]



Obr. 6 Vyměnitelné sekací nože [6]

### 2.2 SEKACÍ MECHANISMUS

Místo, kde dochází ke zpracování dřevního materiálu (štěpky).

### 2.3 POHONNÁ JEDNOTKA

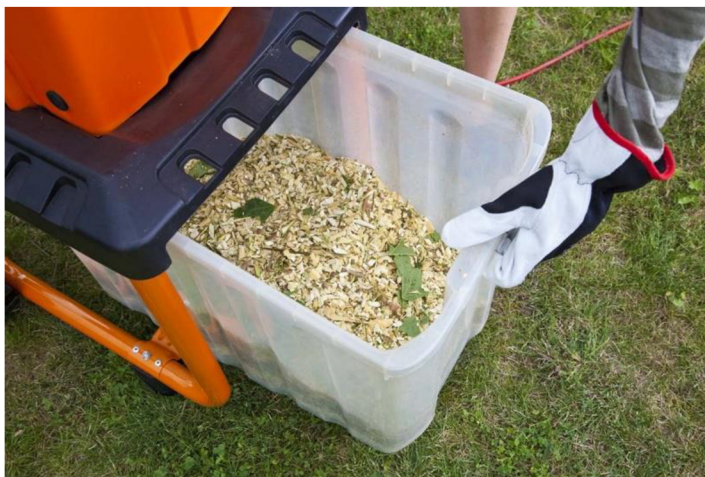
Slouží k pohonu sekacího mechanismu, je realizována pomocí elektromotoru, spalovacího motoru, nebo může být napojena přímo na výstupní hřídel jiného stroje, např. traktoru.

### 2.4 VÝSTUPNÍ ČÁST

Používá se k odvodu již zpracované štěpky ven ze stroje.

## 2.5 PŘÍSLUŠENSTVÍ

Mezi příslušenství zahradního drtiče patří např. sběrný koš, který není vždy součástí stroje, nebo kolečka, jež umožňují lepší manipulaci stroje po zahradě.



*Obr. 7 Sběrací koš zahradního drtiče [3]*

### 3 ROZDĚLENÍ DRTIČŮ A ŠTĚPKOVAČŮ

Zahradní drtiče můžeme rozdělit do několika kategorií podle různých kritérií.

#### 3.1 PODLE POHONU SEKACÍHO MECHANISMU

##### 3.1.1 POHÁNĚNÉ ELEKTROMOTOREM

Stroje poháněné elektrickou energií mají elektromotor připevněný ke svému rámu. Tento pohon se používá především u malých a středních zahradních drtičů, jelikož stroj musí mít ve svém dosahu zdroj elektrické energie.



*Obr. 8 Drtič ZIPPER ZI-GHAS2800 poháněný elektromotorem [7]*

##### 3.1.2 POHÁNĚNÉ SPALOVACÍM MOTOREM

Osazením stroje spalovacím motorem zvýšíme rapidně jeho hmotnost. Z tohoto důvodu jsou tyto drtiče osazeny vlastním podvozkem. Tyto stroje disponují vyšším výkonem než stroje poháněné elektromotorem. Výhodou je, že tyto drtiče lze používat i v místech, kde připojení k elektrické síti není možné.



### 3.1.3 POHÁNĚNÉ VÝSTUPNÍ HŘÍDELÍ TRAKTORU



*Obr. 9 Drtič Agama FYS-13 poháněný spalovacím motorem [8]*

Výstupní hřídel traktoru přenáší výkon na drtič za pomoci kardanového hřídele. Stroj s tímto pohonem má nižší hmotnost, jelikož nemusí být osazen vlastním pohonem sekacího mechanismu. Používá se na místech, kde je třeba vyšších výkonů (například při těžbě dřeva v lese). Nevýhodou těchto strojů je, že traktor, který drtič vede, musí splňovat výkonové požadavky.



*Obr. 10 Drtič GTM GTS 1300 PTO [9]*

## 3.2 PODLE VELIKOSTI

Podle velikosti samotného stroje a množství odpadu, který lze zpracovat, rozdělujeme zahradní drtiče do těchto kategorií.

### 3.2.1 ZAHRADNÍ

Většinou se jedná o drtiče používající se na zahradě. Jsou schopny zpracovat menší množství odpadu. Převážná většina těchto drtičů má zajištěn pohon za pomoci elektromotoru. Disponují plastovou nádobou pro lepší sběr odpadu. Díky jejich nízké hmotnosti je manipulace s nimi velice snadná. Jejich výkon se pohybuje kolem 3 kW.



*Obr. 11 Zahradní drtič RYOBI  
RSH2845 T [10]*

### 3.2.2 MALÉ

Využívají se ke zpracování většího množství odpadu, jejich konstrukce je robustnější, tudíž mají i větší hmotnost, jsou proto zpravidla osazeny vlastním podvozkem. Lze jimi drtit větve do průměru až 160 mm. Drcené větve jsou samy natahovány do násypky a výhozový tunel snadno usměrňuje vývod štěrky ven ze stroje. Jejich výkon je až 30 kW.



*Obr. 12 Drtič GTM Professional GTS 600 E [11]*

### 3.2.3 STŘEDNÍ

Jedná se o stroje velkých hmotností, které se využívají ke zpracování většího množství dřevní hmoty. Ve většině případů se jedná o přívěsy, které jsou nesené traktorem a drtící mechanismus je poháněn jeho výstupní hřídelí. Průměr drceného materiálu může být až 400 mm a výkon kolem 160 kW.



*Obr. 13 Štěpkovač Bandit model 255 XP [12]*

### 3.2.4 VELKÉ

Jedná se o stroje velkých rozměrů a hmotností. Jsou postaveny na přívěsovém podvozku a taženy vysoce výkonnými traktory. Využívají se pro velkovýrobu štěpky z biomasy. Stroje tohoto typu jsou schopny drtit materiál až o průměru 600 mm. Jejich výkon může dosahovat až 450 kW.



*Obr. 14 Bubnový štěpkovač KESLA C1060T [13]*

## 3.3 PODLE TYPU DRTÍČÍHO ČI ŠTĚPKOVACÍHO MECHANISMU

Drtící či štěpkovací mechanismus je jednou z nejdůležitějších součástí každého zahradního drtiče. Volba mechanismu je ovlivněna velikostí (průměrem) drceného materiálu a jeho tvrdostí. Typ mechanismu zásadně ovlivňuje výslednou velikost štěpky, hlučnost a vibrace stroje.

### 3.3.1 DRTIČE S NOŽOVOU HLAVOU

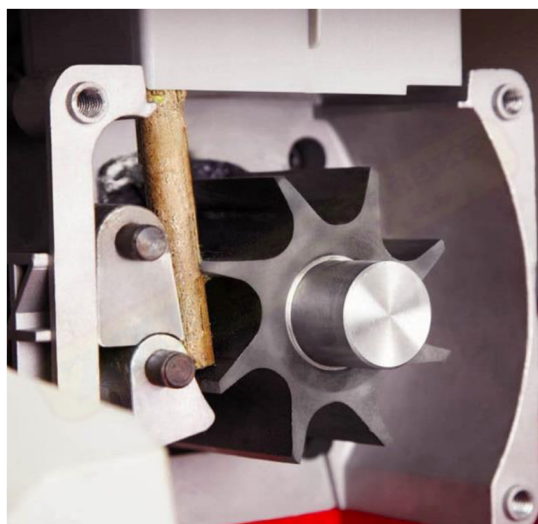
Drtiče s nožovou hlavou pracují na principu talíře kruhového tvaru, který je osazený jedním nebo více ocelovými noži. Tato hlava se otáčí vysokou rychlostí kolem své osy a postupně odsekává malé části větví. Drtiče s nožovou hlavou dokáží zpracovat větve až do průměru 4 cm. Drcený materiál není třeba sušit, protože tento typ drtiče si poradí i s čerstvými větvemi.



*Obr. 15 Nožová hlava BXRFF s roztečí nožů 45° [14]*

### 3.3.2 DRTIČE SE ZUBOVOU HLAVOU

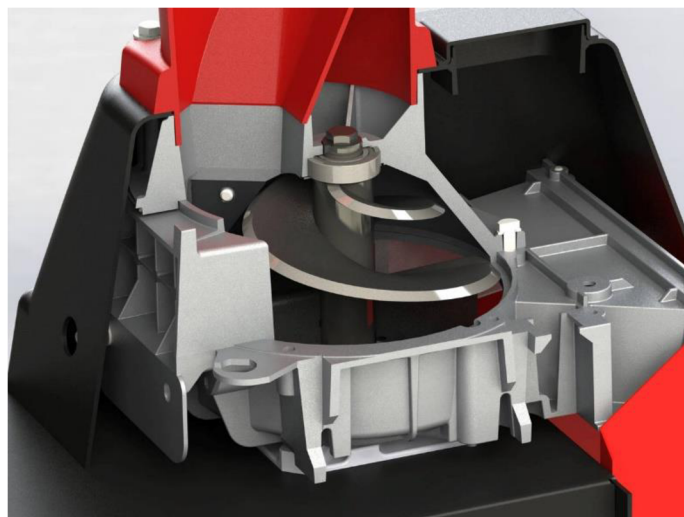
Drtiče se zubovou hlavou jsou v našem prostředí označovány jako štěpkovače. Drcení materiálu funguje na principu ozubené frézy, která se pomalu otáčí a materiál je vtahován do mezery mezi frézou a přítlačnou deskou a tím dochází k drcení materiálu. Výhodou tohoto typu mechanismu je tichý provoz a vysoká spolehlivost. Před drcením je vhodné daný materiál vysušit, protože pomalu se otáčející zubová hlava si neporadí s čerstvou kůrou větví.



*Obr. 16 Princip funkce drtiče se zubovou hlavou [15]*

### 3.3.3 DRTIČE SE ŠNEKOVÝM MECHANISMEM

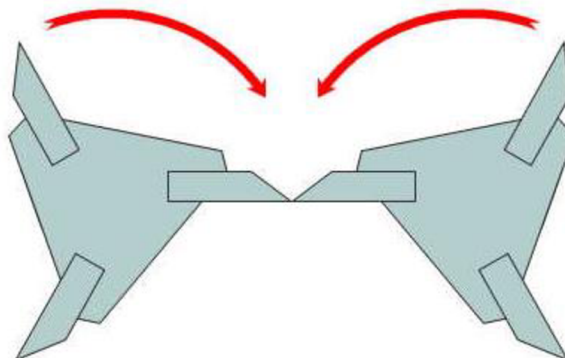
Podstatou funkce tohoto drtiče je otáčející se šneková spirála kuželovitěho tvaru s jednou či dvěma šroubovicemi. Drcený materiál je postupně šnekem vtahován do útrob stroje a v největším průměru šneku dochází k oddělování štěrky. Tento typ drtiče je vhodný pro drcení tvrdého zahradního odpadu. Výhodou je vysoká efektivita stroje a tichý chod [18].



Obr. 17 Mechanismus drtiče se šnekovým mechanismem [16]

### 3.3.4 DRTIČE S PROTIBĚŽNÝMI HŘÍDELI

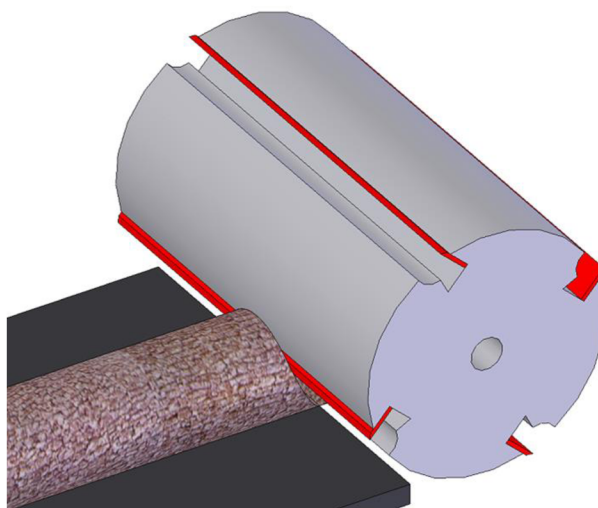
V případě tohoto drtiče zajišťují funkci dvě rotující hřídele osazené noži, mající různý smysl otáčení. Drcený materiál je vkládán mezi rotující nože a v místě styku nožů dojde k oddělení materiálu. Smysl otáčení hřídelí zajišťuje postupné vtahování materiálu do útrob drtiče. Tento typ mechanismu je vhodný pro hrubé drcení zahradního odpadu.



Obr. 18 Princip funkce drtiče s protiběžnými hřídeli [17]

### 3.3.5 DRTIČE S BUBNOVÝM MECHANISMEM

Tento typ drtiče pracuje na principu rotujícího bubnu, který je po obvodu osazen jedním, nebo více noži za účelem snížení rázů. Drcený materiál je přiváděn k rotujícímu bubnu pomocí podávacího zařízení. V místě styku materiálu a nože bubnu dojde k jeho odseknutí.



*Obr. 19 Princip bubnového mechanismu se čtyřmi noži [19]*

## 3.4 PODLE ZPŮSOBU DOPRAVY

Způsob a složitost dopravy je jedním z dalších kritérií rozdělení drtičů.

### 3.4.1 NEPOHYBLIVÉ

Tento typ drtičů nedisponuje vlastní pohonnou jednotkou ani mechanismem pojezdu. Na místo zpracování dřevní hmoty se musí zpravidla dopravit, nebo musí být dřevní hmota dopravena k nim.



*Obr. 20 Drtič zahradního odpadu VARI KAJMAN-55 [20]*

### 3.4.2 PŘÍVĚSNÉ

Tyto stroje zpravidla disponují vlastní pohonnou jednotkou, která je realizována pomocí spalovacího motoru. Díky možnosti připojení přívěsu za osobní automobil nebo traktor lze tyto stroje převážet i na delší vzdálenosti.



Obr. 21 Štěpkovač Lumag RAMBO-HC15 [21]

### 3.4.3 NESENÉ

Nesené stroje nemají vlastní pohonnou jednotku. Pohon těchto strojů je realizován pomocí výstupní hřídele traktoru přes kardanový hřídel.



Obr. 22 Štěpkovač URBAN TR70 s jednoduchým pytlovačem [22]



## 4 PŘEHLED DRTIČŮ A ŠTĚPKOVAČŮ DOSTUPNÝCH NA TRHU

Na trhu najdeme značné zastoupení firem nabízející drtiče či štěpkovače různých druhů. Od malých zahradních drtičů po rozměrnější, nesené nebo přívěsné drtiče. Při výběru stroje rozhoduje několik faktorů. Například jeho výkon, tzn. průměr větví, které chceme drtit nebo štěpkovat, velikost stroje podle oblasti jeho využití a v neposlední řadě také cena.

### 4.1 HECHT MOTORS S.R.O

Hecht MOTORS s.r.o je česká firma specializující se na zahradní techniku. Byla založena v roce 1994 a k dnešnímu dni je největším dodavatelem zahradní techniky v České a Slovenské republice s ročním prodejem přesahujícím 130 000 kusů [23].

#### 4.1.1 HECHT 6284 XL

Drtič větví Hecht 6284 XL je výkonným zahradním drtičem. Větve jsou drceny pomocí nožové drtičí hlavy, která dokáže zpracovat větve až do průměru 45 mm. Celý tento systém je poháněn elektromotorem o výkonu 2800 W a nadrcený odpad padá rovnou do sběrného koše. Drtič má kompaktní rozměry a je vybaven pojezdovými koly pro usnadnění manipulace [24].



Obr. 23 Zahradní drtič HECHT 6284 XL [24]



Obr. 14 Systém drcení zahradního drtiče HECHT 6284 XL [24]

Tab. 1 Technické parametry drtiče HECHT 6284 XL [24]

Typ pohonu	Elektrický motor
System drcení	Nožová hlava
Výkon	2800 W
Max. průměr větví	45 mm
Hmotnost	25 kg
Cena	3990 Kč

#### 4.1.2 HECHT 6642

Motorový drtič Hecht 6642 je postaven na kvalitním podvozku s pojezdovými koly a je vybaven tažným zařízením, avšak není schválen pro provoz na veřejných pozemních komunikacích. Osazený spalovací motor s výkonem 11,2 kW pohání otočný buben s dvojicí vyjímatelných nožů (kap. 3.3.5), který si poradí s větvemi do průměru 100 mm. Tento typ drtiče je vybaven elektrickým startérem, nechybí však ani startování táhlem v případě vybitého akumulátoru [25].



Obr. 25 Motorový drtič HECHT 6642 [25]

Tab. 2 Technické parametry drtiče HECHT 6642 [25]

Typ pohonu	Spalovací motor
System drcení	Bubnový mechanismus
Výkon	11,2 kW
Max. průměr větví	100 mm
Hmotnost	155 kg
Cena	39 990 Kč

## 4.2 ROBERT BOSCH GMBH

Robert Bosch GmbH je německá firma specializující se na výrobu elektrického nářadí, domácích spotřebičů, zahradní techniky a náhradních dílů pro automobilový průmysl. Byla založena v roce 1886 Robertem Boschem se sídlem v německém Stuttgartu. Počet zaměstnaných lidí k roku 2015 čítal 375 000 v 50 zemích světa [25].

### 4.2.1 BOSCH AXT RAPID 2000

Zahradní drtič Bosch AXT Rapid 2000 využívá sekací mechanismus s ostrým nožovým drcením, který zvládá drtit větve do průměru 35 mm. Tento drtič je snadno přemístitelný díky jeho kompaktním rozměrům a nízké hmotnosti. Součástí balení je pěchovač, který umožňuje snadno a bezpečně pěchovat materiál do útrob stroje [26].



Obr. 26 Zahradní drtič AXT Rapid 2000 [26]

Tab. 3 Technické parametry drtiče Bosch AXT Rapid 2000 [26]

Typ pohonu	Elektrický motor
Systém drcení	Nožová hlava
Výkon	2000 W
Max. průměr větví	35 mm
Hmotnost	11,5 kg
Cena	6050 Kč

### 4.3 BYSTRONĚ – INTEGRACE S.R.O

BYSTRONĚ – INTEGRACE s.r.o je česká firma založena v roce 1990 Vilémem Bystroněm. Tato společnost se zabývá výrobou techniky pro zemědělský a lesní průmysl. Její široký sortiment zahrnuje několik druhů štěpkovačů a drtičů, ale také radlice, půdní vrtáky, frézy na pařezy atd [27].

#### 4.3.1 MURÉNA S ELEKTROMOTOREM 11 kW

Drtiče muréna je určen k drcení větví a dřevního odpadu. Setrvačnický stroje se třemi našroubovanými noži umožňuje drtit materiál o průměru až 100 mm. Podávání materiálu je zajištěno dvěma podávacími válci. Tento typ drtiče disponuje funkcí regulace velikosti štěpky a lze drtit větve suché i mokré. Přítomnost tažného oka usnadňuje manipulaci a přemísťování stroje [28].



Obr. 27 Drtič Muréna s elektromotorem 11 kW [28]

Tab. 4 Technické parametry drtiče Muréna [28]

Typ pohonu	Elektrický motor
Systém drcení	Nožová hlava
Výkon	11 kW
Max. průměr větví	100 mm
Hmotnost	550 kg
Cena	150 550 Kč

### 4.3.2 PIRANA 14HP

Štěpkovač PIRANA používá k drcení větví a dřevního odpadu dvouchodý řezací šnek, který je poháněn výkonným spalovacím motorem. Drcený materiál může být rozvětvený, suchý i mokrý. Výslednou štěpkou lze topit v krbu, jelikož po důkladném proschnutí má vysokou výhřevnost. Tento stroj nedisponuje terénní úpravou, proto je vhodný pouze pro manuální přepravu po rovném povrchu. Násypka vybavena bezpečnostní brzdou zajišťuje vysokou bezpečnost stroje [29].



Obr. 28 Štěpkovač PIRANA 14 HP [29]

Tab. 5 Technické parametry štěpkovače PIRANA [29]

Typ pohonu	Spalovací motor
Systém drcení	Dvouchodý šnek
Výkon	10,5 kW
Max. průměr větví	70 mm
Hmotnost	270 kg
Cena	49 990 Kč

## 4.4 LASKI S.R.O

Společnost Laski vznikla v roce 1992 a zabývá se výrobou komunální techniky a prodejem motorů značky Kohler a Lombardini. Hlavní odbyt firmy tvoří drtiče, štěpkovače a drážkovače. Stroje jsou vyráběny v České republice a vyváží se do více než čtyřiceti zemí Evropy, dále např. do USA, Ruska, Indie a Austrálie. U drtičů a štěpkovačů si může zákazník vybrat z několika druhů. V nabídce nalezneme stroje stacionární, samohybné nebo nesené, poháněné elektromotorem či spalovacím motorem [30].

#### 4.4.1 LS 150 DW TRACK

Tento štěpkovač na pásovém podvozku je ideální volbou k výrobě štěpky z větví, kmenů a keřů nebo k likvidaci prken či kůlů. Tento stroj je poháněn vysoce výkonným naftovým motorem, jenž zaručuje přepravní rychlost 4 km/h. Spotřeba se pohybuje okolo 5 l/h za hodinu, což při objemu nádrže 37,5 litru zaručuje několikahodinovou práci bez nutnosti doplňování paliva [31].



Obr. 29 Štěpkovač LS 150 DW Track [31]

Tab. 6 Technické parametry štěpkovače LS 150 DW Track [31]

Typ pohonu	Spalovací motor
System drcení	Frézovací hlava
Výkon	29,5 kW
Max. průměr větví	150 mm
Hmotnost	1535 kg
Cena	Na vyžádání

#### 4.4.2 LS 160 T

LS 160 T je kompaktní nesený štěpkovač, který lze připojit za traktor pomocí tříbodového závěsu. Nutná rychlost výstupního hřídele je 540 ot./min. Tento stroj je vybaven dvojicí hydraulických vkládacích válců proti přetížení výstupního hřídele. Maximální průměr drceného materiálu je 160 mm [32].



Obr. 30 Štěpkovač LS 160 T [32]

Tab. 7 Technické parametry štěpkovače LS 160 T [32]

Typ pohonu	Výstupní hřídel traktoru
System drcení	Frézovací hlava
Výkon pohonné jednotky	22 - 40 kW
Max. průměr větví	160 mm
Hmotnost	568 kg
Cena	Na vyžádání

#### 4.5 NEGRI GARDEN EQUIPMENT S.R.O

Negri Garden Equipment s.r.o je italská společnost založena v roce 1991 zabývající se výrobou zahradní a komunální techniky. Její široký sortiment nabízí drtiče, štěpkovače, štípače, peletkovače, vysavače a provzdušňovače. Společnost nabízí možnost vybrat si z velkého množství rozměrů a pohonů. Pohon těchto drtičů může být realizován elektromotorem, spalovacím motorem nebo výstupní hřídelí traktoru. Z konstrukčního hlediska se jedná o stroje stacionární, přívěsné a nesené [33].

#### 4.5.1 NEGRI BIO R95BHHP65

Tento typ drtiče spadá do modelové řady R95, která umožňuje rozsáhlou konfiguraci konkrétního typu drtiče dle přání zákazníka. Zákazník má možnost si vybrat ze šesti benzínových, dvou elektrických a jednoho traktorového motoru. Drtiče tohoto typu jsou vhodné k drcení zahradního odpadu např. větví, listí či keřů do průměru 70 mm. Tyto stroje jsou dodávány s homologovanými silničními podvozky [34].



Obr. 31 Drtič Negri bio R95BHHP65 [34]

Tab. 8 Technické parametry drtiče Negri bio R95BHHP65 [34]

Typ pohonu	Elektrický motor
System drcení	1 nůž, 8 kladívek, 4 lopatky
Výkon pohonné jednotky	5 kW
Max. průměr větví	70 mm
Hmotnost	90 kg
Cena	60 120 Kč



#### 4.5.2 NEGRI BIO R225T

Drtič tohoto typu spadá do modelové řady R225, která nabízí až patnáct různých variant tohoto typu stroje. Zákazník má možnost si vybrat z dvanácti benzínových, jednoho elektrického a dvou traktorových motorů. Tento konkrétní model je vybaven třibodovým závěsem. Maximální průměr drceného materiálu je do 90 mm. Důležitým bezpečnostním prvkem tohoto drtiče je pákový systém, který okamžitě zastaví stroj v případě, že se do podávacího zařízení dostane nežádoucí předmět [35].



Obr. 32 Drtič Negri bio R225T s třibodovým závěsem [35]

Tab. 9 Technické parametry drtiče Negri bio R225T [35]

Typ pohonu	Výstupní hřídel traktoru
Systém drcení	2 nože, 8 kladívek
Výkon pohonné jednotky	9,6 kW
Max. průměr větví	90 mm
Hmotnost	225 kg
Cena	164 708 Kč

## 5 VYHODNOCENÍ DRCENÝCH MATERIÁLŮ

Dřevo je snadno dostupný, obnovitelný a nejstarší přírodní materiál, jež lidstvo využívá po celou dobu své existence. Dřevo může být využito pro stavbu obydlí, k výrobě nástrojů, nábytku či jako obnovitelný zdroj energie, jako jeden z druhů biomasy. Při zpracovávání dřeva nevzniká téměř žádný odpad, jelikož všechny vedlejší produkty se dále využívají např. k výrobě tepla, nebo k výrobě papíru. Tato kapitola je zpracována dle literatury [42].

### 5.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA

Fyzikální vlastnosti dřeva jsou ty, které lze zkoumat bez narušení dřeva jako celku a bez narušení jeho chemického složení. Mezi fyzikální vlastnosti dřeva patří:

- Barva dřeva
- Lesk dřeva
- Vlhkost dřeva
- Hustota dřeva
- Tepelné a zvukové vlastnosti dřeva

### 5.2 MECHANICKÉ VLASTNOSTI DŘEVA

Různé druhy dřev mají různé mechanické vlastnosti, tyto vlastnosti jsou závislé na podmínkách, ve kterých strom roste. Mechanická odolnost dřeva je schopnost odporovat působení mechanických sil. Mezi mechanické vlastnosti dřeva patří:

- Pevnost a pružnost dřeva
- Tvrdost dřeva
- Houževnatost dřeva
- Plasticita dřeva

### 5.3 VADY DŘEVA

Dřevo má také své vady, které vznikají jak při růstu stromu, tak i při jejich těžbě. Ty lze definovat jako odchylky ve stavbě dřeva. Mezi tyto vady patří:

- Suky
- Trhliny
- Zapaření dřeva
- Vady stavby kmene

## 6 VLASTNÍ KONSTRUKCE ZAHRADNÍHO DRTIČE

### 6.1 VSTUPNÍ PARAMETRY PŘI NÁVRHU KONSTRUKCE ZAHRADNÍHO DRTIČE

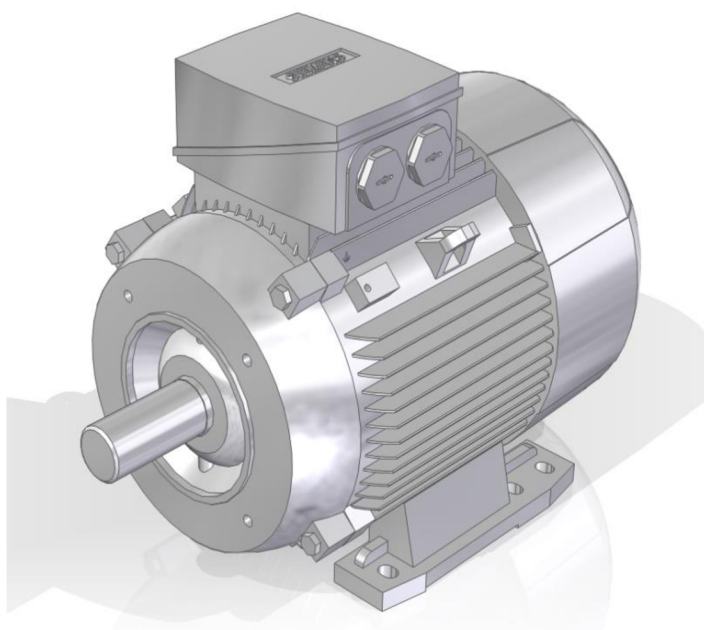
Na základě rešerše byl pro vlastní návrh vybrán drtič zahradního typu (kap. 3.2.1). Tento typ drtiče, jak již z názvu vyplývá, bude pracovat převážně na zahradě při každoroční údržbě zahrady, tudíž lze předpokládat, že bude drtit zejména větve měkčích dřevin. Mezi tyto dřeviny patří jabloně, třešně, atd. Z rešerše vyplývá, že drtiče tohoto typu jsou schopny drtit větve o průměru 35–45 mm. Pro naše výpočty tedy uvažujeme maximální průměr drcených větví 40 milimetrů.

### 6.2 SPOLEHLIVOST

Při navrhování vlastní konstrukce zahradního drtiče bylo přihlíženo především k výsledné spolehlivosti celého ústrojí. Spolehlivost stroje určuje zejména kvalita zpracování a použité materiály, ale v neposlední řadě také lidský faktor. Kvalitní a pravidelnou údržbou můžeme rapidně zvýšit celkovou spolehlivost stroje. V případě mého návrhu bylo postupováno tak, že všechny důležité části drtiče, jež mají vliv na jeho spolehlivost, byly do značné míry naddimenzovány. Například na základě výpočtu bylo zjištěno, že minimální otáčky potřebné pro přeseknutí větve o průměru 40 mm jsou 375 ot/min, z čehož plyne, že minimální převodový poměr mezi hnací a hnanou řemenicí je 1,905. S ohledem na vyšší spolehlivost drtiče byl zvolen převodový poměr 1,8, tudíž se zvýšily otáčky hnané hřídele na téměř 400 ot/min. Vyšší otáčky znamenají větší kinetickou energii sekacího disku, tudíž by si drtič měl v případě potřeby poradit i s větvemi o větším průměru než 40 mm. Také těsné pero bylo značně naddimenzováno, aby nedošlo k jeho otlačení. Tato skutečnost by totiž znamenala nutnost celý stroj rozebrat a měnit důležité komponenty. V neposlední řadě byla naddimenzována také ložiska tak, aby přežila celou životnost drtiče.

### 6.3 VOLBA POHONU SEKACÍHO MECHANISMU

Z rešeršního rozboru vyplývá, že sekací mechanismy drtičů zahradního typu bývají ve většině případů poháněny elektromotorem. Tyto drtiče dosahují výkonů od 2 do 3 kW. Pro vlastní konstrukci byl tudíž zvolen elektromotor značky Siemens s typovým označením 1LE1002-1CD02. Z důvodu spojení hřídele s nábojem, nikoliv perem, ale pomocí svěrného pouzdra, musela být výstupní hřídel elektromotoru hladká, bez drážky pro těsné pero. Společnost Siemens nabízí širokou možnost individuálního provedení jejich elektromotorů, tudíž modifikace tohoto typu by měla být bezproblémová. CAD model tohoto elektromotoru byl stažen přímo z oficiálních stránek Siemensu [43].



Obr. 33 Elektromotor Siemens 1LE1002-1CD02

Tab. 10 Technické parametry Siemens 1LE1002-1CD02 [44]

Výkon	2,2 kW
Otáčky	715 min <sup>-1</sup>
Provedení	Patkopřirubový, IMB35
Napětí	400/230V, 50Hz
Hmotnost	37 kg

## 6.4 VÝPOČET ŘEZNÝCH PODMÍNEK A PŘEVODOVÉHO POMĚRU MEZI ELEKTROMOTOREM A SEKACÍM MECHANISMEM

Výpočet řezných podmínek a převodového poměru proveden podle předlohy.

### 6.4.1 STŘIŽNÁ SÍLA POTŘEBNÁ PRO USTRÍŽENÍ VĚTVY

$$F_S = \tau_s \cdot \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} [N] \quad (1)$$

$$F_S = 3,5 \cdot \frac{\pi \cdot 40^2}{4}$$

$$F_S = 4398,23 N$$

$\tau_s$  – Mez pevnosti dřeva ve smyku [MPa], zvoleno  $\tau_s = 3,5$  MPa

$\pi$  – Ludolfovo číslo [-]

$d_v$  – Maximální průměr drcených větví [mm], dle kapitoly (kap. 6.1).

### 6.4.2 ENERGIE POTŘEBNÁ NA PŘESEKNUTÍ MATERIÁLU ZA OTÁČKU

Jelikož sekací mechanismus je osazen dvěma noži, je tudíž celková energie potřebná na přeseknutí materiálu vynásobena dvěma.

$$E_S = 2 \cdot F_S \cdot d_v [J] \quad (2)$$

$$E_S = 2 \cdot 4398,23 \cdot 0,04$$

$$E_S = 351,86 J$$

$F_S$  – Střížná síla potřebná pro ustřížení větve [N], rovnice (1).

$d_v$  – Maximální průměr drcených větví [m], dle kapitoly (kap. 6.1).

### 6.4.3 ČAS JEDNÉ OTÁČKY SEKACÍHO MECHANISMU

$$T = \frac{E_S}{P} [s] \quad (3)$$

$$T = \frac{351,86}{2200}$$

$$T = 0,16 \text{ s} = 0,00267 \text{ min}$$

$E_s$  – Energie potřebná na přeseknutí materiálu za otáčku [J], rovnice (2).

$P$  – Výkon elektromotoru [W], dle tabulky (Tab. 10).

#### 6.4.4 OTÁČKY HANÉ HŘÍDELE

$$n = \frac{1}{T} [\text{min}^{-1}] \quad (4)$$

$$n = \frac{1}{0,00267}$$

$$n = 375,15 \text{ min}^{-1}$$

$T$  – Čas jedné otáčky sekacího mechanismu [min], dle rovnice (3).

#### 6.4.5 PŘEVODOVÝ POMĚR MEZI ELEKTROMOTOREM A SEKACÍM MECHANISMEM

$$i_{1,2} = \frac{n_e}{n} [-] \quad (5)$$

$$i_{1,2} = \frac{715}{375,15}$$

$$i_{1,2} = 1,905$$

Z důvodu bezpečnosti voleno  $i_{1,2} = 1,8$

$n_e$  – Jmenovité otáčky elektromotoru [ $\text{min}^{-1}$ ], dle tabulky (Tab. 10).

$n$  – Otáčky hnané hřídele [ $\text{min}^{-1}$ ], dle rovnice (4).

#### 6.4.6 SKUTEČNÉ OTÁČKY HANÉ HŘÍDELE

$$n_{skut} = \frac{n_e}{i_{1,2}} [\text{min}^{-1}] \quad (6)$$

$$n_{skut} = \frac{715}{1,8}$$

$$n_{skut} = 397,2 \text{ min}^{-1}$$

$n_e$  – Jmenovité otáčky elektromotoru [ $\text{min}^{-1}$ ], dle tabulky (Tab. 10).

$i_{1,2}$  – Převodový poměr mezi elektromotorem a sekacím mechanismem [-], rovnice (5).

## 6.5 VÝPOČET KROUTÍCÍHO MOMENTU A MINIMÁLNÍHO PRŮMĚRU HANÉ HŘÍDELE

### 6.5.1 KROUTÍCÍ MOMENT PŘENÁŠENÝ HŘÍDELÍ

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n_{skut}}{60}} \text{ [Nm]} \quad (7)$$

$$M_k = \frac{2200}{2 \cdot \pi \cdot \frac{397,2}{60}}$$

$$M_k = 52,89 \text{ Nm}$$

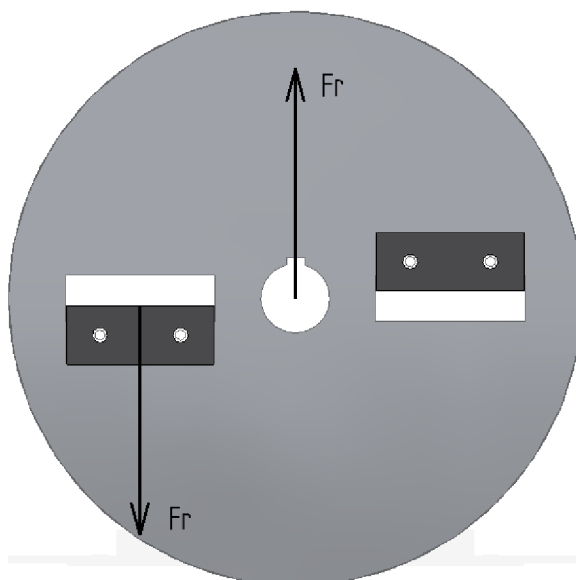
$P$  – Výkon elektromotoru [W], dle tabulky (Tab. 10).

$\pi$  – Ludolfovo číslo [-]

$n_{skut}$  – Skutečné otáčky hnané hřídele [ $\text{min}^{-1}$ ], dle rovnice (6).

### 6.5.2 RADIÁLNÍ SÍLA PŮSOBÍCÍ NA HŘÍDEL

Při nárazu drceného materiálu na nůž sekacího mechanismu vzniká v tomto místě radiální síla (viz. obr. 34). Tato síla je rovna síle potřebné pro ustřížení větve a přímo namáhá hřídel ohybem.



Obr. 34 Radiální zatížení hřídele

$$F_r = F_s = 4398,23 \text{ N} \quad (8)$$

$F_s$  – Střížná síla potřebná pro ustřížení větve [N], dle rovnice (1).

### 6.5.3 OBVODOVÁ RYCHLOST ŘEMENE

$$v = \frac{d_{p1} \cdot n_e}{19100} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (9)$$

$$v = \frac{125 \cdot 715}{19100}$$

$$v = 4,679 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$n_e$  – Jmenovité otáčky elektromotoru [ $\text{min}^{-1}$ ], dle tabulky (Tab. 10).

$d_{p1}$  – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 6.6).



**6.5.4 VÝPOČET OBVODOVÉ SÍLY**

$$F_o = \frac{102 \cdot P \cdot 9,81}{v} [N] \quad (10)$$

$$F_o = \frac{102 \cdot 2,2 \cdot 9,81}{4,679}$$

$$F_o = 470,48 N$$

$P$  – Výkon elektromotoru [kW], dle tabulky (Tab. 10).

$v$  – Obvodová rychlost řemene [ $m \cdot s^{-1}$ ], dle rovnice (9).

**6.5.5 PRACOVNÍ PŘEDPĚTÍ ŘEMENE**

$$F_N = 2 \cdot F_o [N] \quad (11)$$

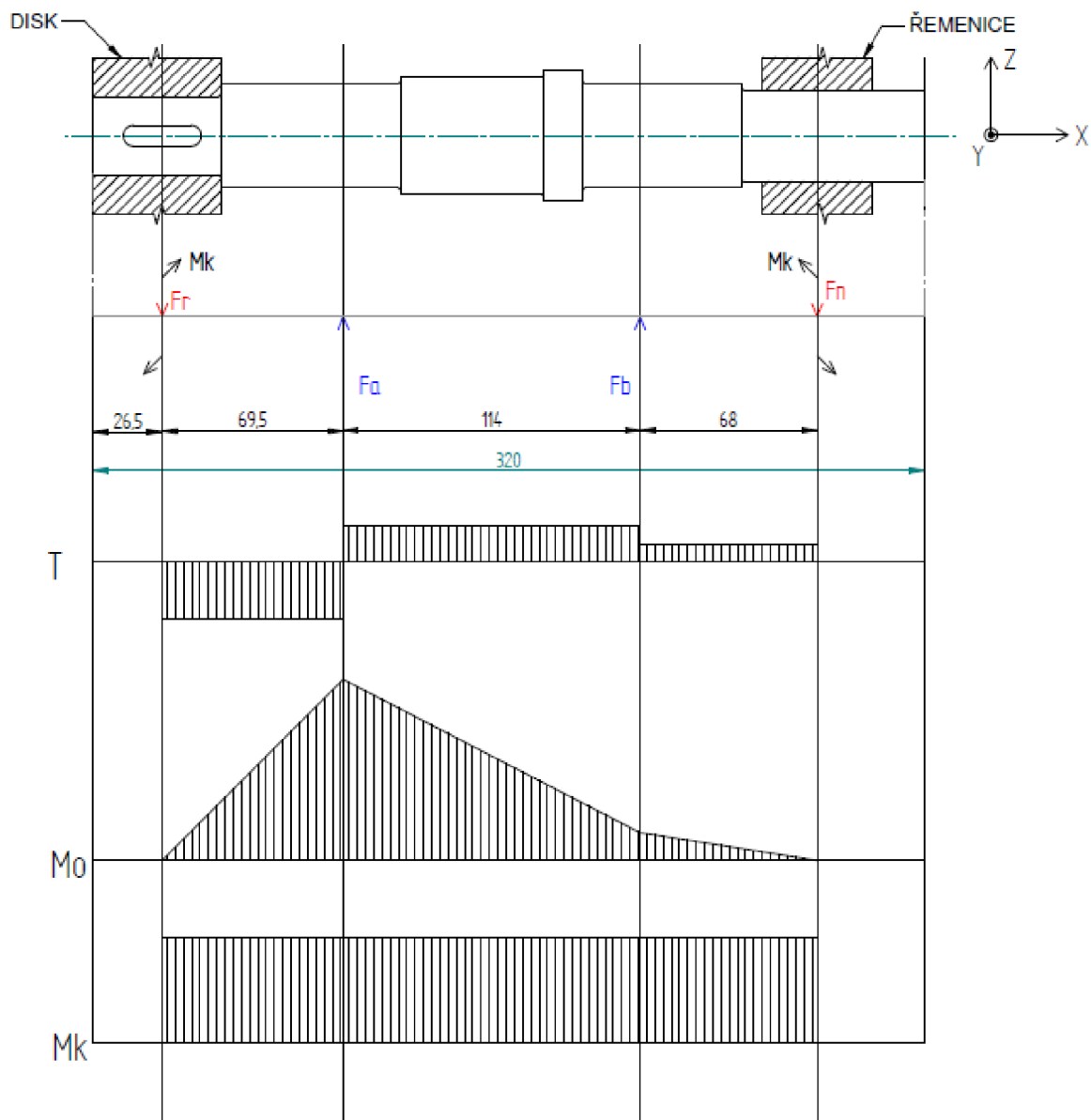
$$F_N = 2 \cdot 470,48$$

$$F_N = 940,96 N$$

$F_o$  – Obvodová síla [N], dle rovnice (10).

### 6.5.6 VÝPOČET REAKČNÍCH SIL PŮSOBÍCÍCH V LOŽISKÁCH V ROVINĚ XZ

Zatížení hřídele sekacího mechanismu v rovině XZ zobrazuje obrázek (obr. 35), modře jsou vyznačeny reakční síly působící v ložiskách a červeně jsou vyznačeny síly působící na disk sekacího mechanismu a na řemenici.



Obr. 35 Průběh VVÚ na hřídeli v rovině XZ

#### Podmínky

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_A + F_B - F_r - F_r' = 0 \text{ [N]}$$

$$\Sigma M_{0B} = 0 \Rightarrow F_A \cdot 114 - F_r \cdot 183,5 + F_{r'} \cdot 68 = 0 \text{ [Nm]}$$

**Reakční síla v ložisku A:**

$$F_A = \frac{F_r \cdot 183,5 - F_N \cdot 68}{114} \quad [N] \quad (12)$$

$$F_A = \frac{4398,23 \cdot 183,5}{114}$$

$$F_A = 6518,33 \text{ N}$$

**Reakční síla v ložisku B:**

$$F_B = F_r - F_A + F_N \quad [N] \quad (13)$$

$$F_B = 4396,23 - 6518,33 + 940,96 = -1181,14 \text{ N}$$

$\Sigma F_y$  – Suma všech sil ve směru Y [N]

$\Sigma M_{0B}$  – Suma všech momentů kolem osy X k bodu B [Nm]

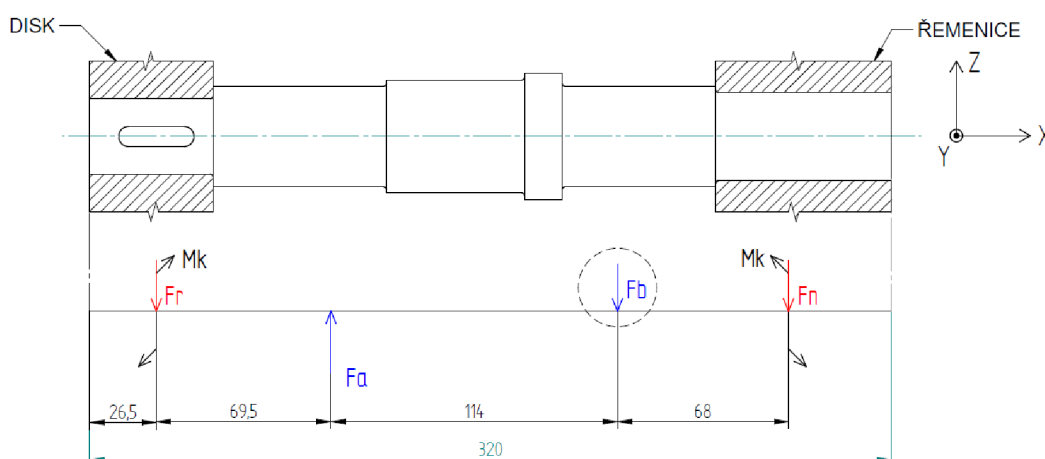
$F_A$  – Reakční síla v ložisku A [N]

$F_B$  – Reakční síla v ložisku B [N]

$F_r$  – Radiální síla [N], dle rovnice (8).

$F_N$  – Síla vyvozena pracovním předpětím řemene [N], dle rovnice (11).

Reakční síla v ložisku B nám vyšla se záporným znaménkem. Tato skutečnost poukazuje na to, že orientace síly  $F_B$  je pouze v opačném smyslu kladného směru. V obrázku (Obr. 36) je provedena grafická korekce orientace reakční síly  $F_B$ .



Obr. 36 Korekce orientace reakční síly  $F_b$

Maximální ohybový moment se nachází v místě působení reakční síly  $F_a$ , viz obrázek (obr. 33). Velikost tohoto ohybového momentu je popsána následujícím vztahem.

$$M_{oMAX} = F_r \cdot 69,5 = 305\,538 \text{ Nmm}$$

### 6.5.7 REDUKOVANÝ MOMENT

$$M_{red} = \sqrt{M_{oMAX}^2 + 0,75 \cdot M_k^2} \quad [Nmm] \quad (15)$$

$$M_{red} = \sqrt{305538^2 + 0,75 \cdot 52890^2}$$

$$M_{red} = 308\,952 \text{ Nmm}$$

$M_{oMAX}$  – Maximální ohybový moment [Nmm], dle rovnice (14).

$M_k$  – Kroucí moment přenášený hřídelí [Nmm], dle rovnice (7).

### 6.5.8 MINIMÁLNÍ PRŮMĚR HŘÍDELE

Hnaná hřídel přenáší kroucí moment z elektromotoru na disk sekacího mechanismu pomocí řemenového převodu. Hřídel je uložen ve dvou valivých ložiscích YAT 208. Tato problematika je detailněji popsána v kapitole (kap. 6.5). Materiál hřídele byl zvolen 11 600. Dovolené napětí  $\sigma_{DO}$  v ohybu pro střídavý cyklus je 85-115 MPa. Zvoleno  $\sigma_{DO} = 115 \text{ MPa}$ .

$$\sigma_{DO} = \frac{M_{red}}{W_0} \Rightarrow W_0 = \frac{M_{red}}{\sigma_{DO}} \quad (16)$$

$$\frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{M_{red}}{\sigma_{DO}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_{red}}{\sigma_D \cdot \pi}} \quad [mm]$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 308952}{115 \cdot \pi}}$$

$$d = 30,13 \text{ mm} \Rightarrow 30 \text{ mm}$$

$\sigma_{D0}$  – Dovolené napětí v ohybu [MPa], dle kapitoly (kap. 6.4.5).

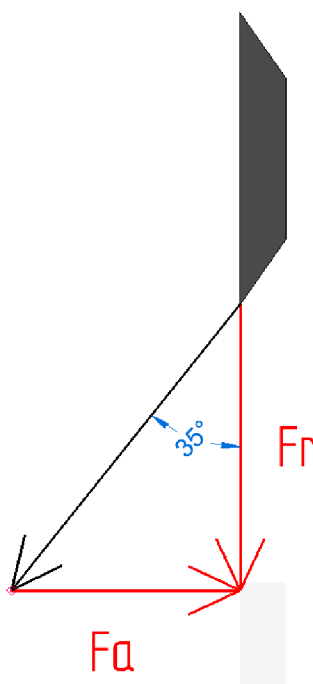
$M_{red}$  – Redukovaný moment [Nmm], dle rovnice (15).

$w_0$  – Modul průřezu v ohybu [mm<sup>3</sup>], [1]

$\pi$  – Ludolfovo číslo [-]

## 6.6 VOLBA LOŽISEK

Ložiska hnané hřídele, jsou namáhány radiálními silami  $F_A$  a  $F_B$  v radiálním směru. Nicméně kvůli úhlu sklonu ostří sekacího nože (viz. Obr. 37), v tomto noži vzniká také axiální síla  $F_a$ , kterou je nutno zachytávat pomocí ložiska. Jelikož axiální síla působící na ložisko je relativně malá, pro tento účel byla zvolena kuličková ložiska SKF YAT 208, která dle katalogu SKF mohou přenášet radiální i axiální zatížení v obou směrech a jsou téměř bezúdržbová. Příruba ložiska je na rámu stroje přišroubována pomocí dvou šroubů a axiální posuv hřídele je zajištěn pomocí dvou stavěcích šroubů.



Obr. 37 Rozložení sil na noži sekacího mechanismu

### 6.6.1 VELIKOST AXIÁLNÍ SÍLY

$$\tan 35^\circ = \frac{F_a}{F_r} \Rightarrow F_a = F_r \cdot \tan 35^\circ \quad [N] \quad (17)$$

$$F_a = 4398,23 \cdot \tan 35^\circ$$

$$F_a = 3079,7 \text{ N}$$

$F_r$  – Radiální zatížení hřídele [N], rovnice (8)

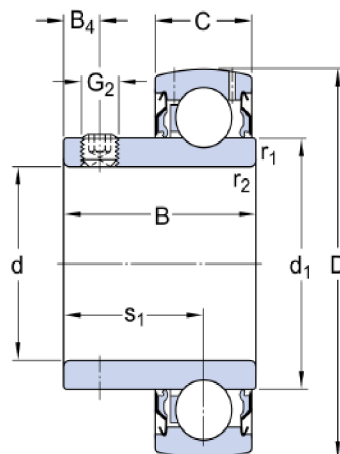
tan – Goniometrická funkce [°]



Obr. 38 Ložisko SKF YAT 208 [36]

### 6.6.2 ZÁKLADNÍ ROZMĚRY LOŽISEK

Na následujícím obrázku (Obr. 39) lze vidět základní rozměry ložiska SKF YAT 208, které jsou podrobněji popsány v tabulce (Tab.11). Jedná se o kuličkové ložisko s těsněním. Vnitřní kroužek tohoto ložiska je na jedné straně rozšířen a osazen dvěma stavěcími šrouby, které umožňují snadnou a rychlou montáž na hřídel a zajišťují hřídel proti axiálnímu posuvu. Na obrázku (Obr. 40) lze vidět základní rozměry ložiskového domku. Jedná se o ložiskový domek SKF FYTB 508 M oválného tvaru. Jeho základní délkové rozměry jsou popsány v tabulce (Tab. 12).

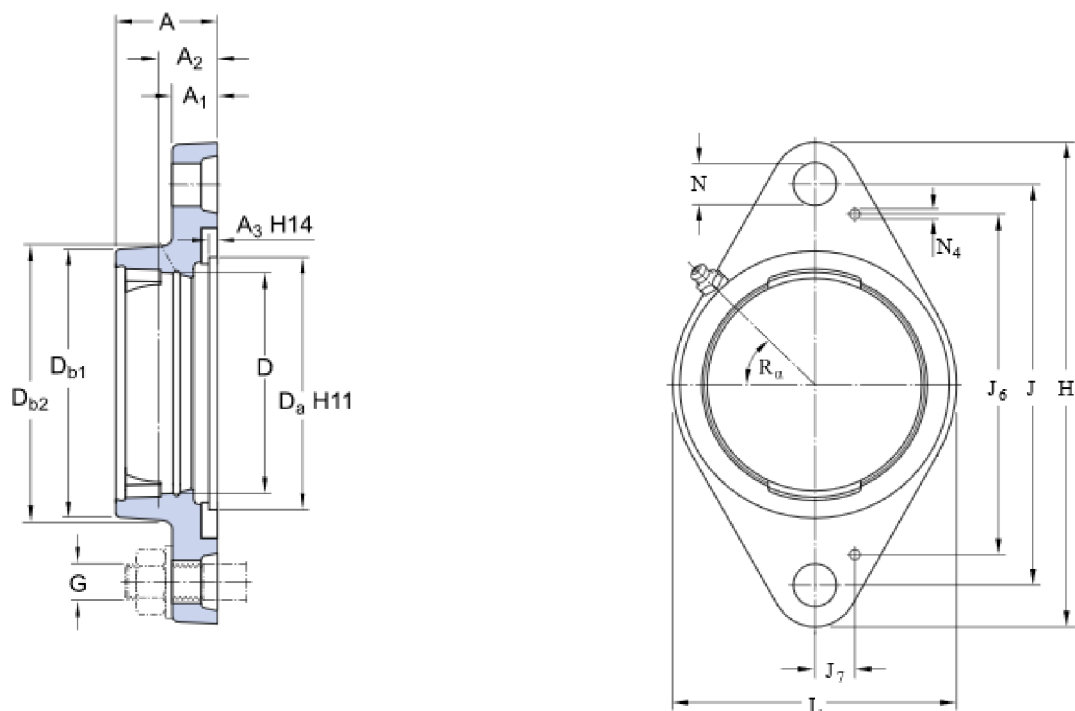


Obr. 39 Ložisko SFK YAT 208 [37]

Tab. 11 Základní rozměry Ložiska SKF YAT 208 [37]

d	D	B	C	d <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	r <sub>1,2</sub>	s <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>
40	80	36	21	51,8	7	1	25,3	6

Obr. 40 Ložiskový domek SKF FYTB 508 M [38]

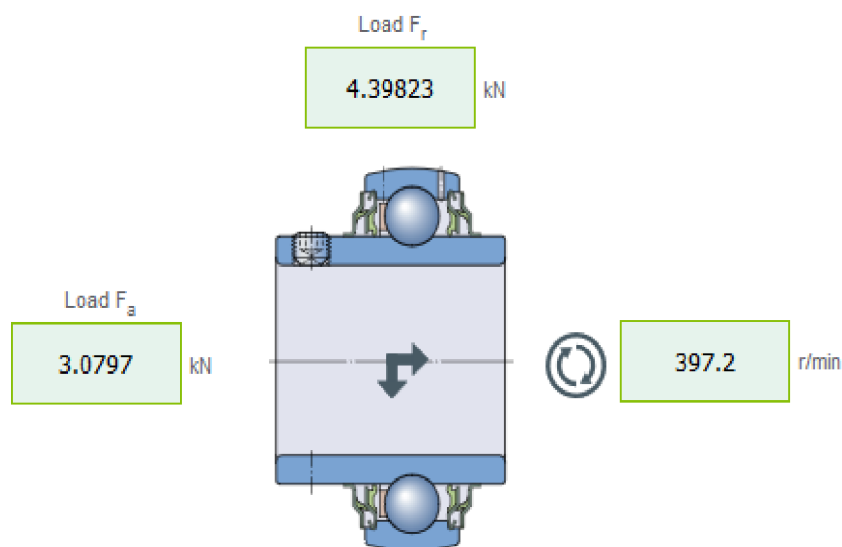


Tab. 12 Základní rozměry Ložiskového domku SKF FYTB 508 M [38]

A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	D	D <sub>a</sub>	D <sub>b1</sub>	D <sub>b2</sub>	N	N <sub>4</sub>	J	J <sub>6</sub>	J <sub>7</sub>	H	L
38,5	14	24	3,2	80	88,9	98	102	14	2	143,5	115,5	16	171,5	102

### 6.6.3 TRVANLIVOST LOŽISEK

Výpočet trvanlivosti ložisek byl proveden pomocí SKF Bearing Calculator [36]. Na obrázku (Obr. 41) vidíme vstupní hodnoty pro výpočet ložisek. Uvažujeme, že drtič bude používán pouze v období od jara do podzimu a ve slunečných dnech, tudíž vstupní hodnota venkovní teploty byla zvolena 25 °C.



Obr. 41 Vstupní parametry výpočtu ložisek [37]

$F_a$  – Axiální zatížení hřídele [kN], rovnice (17).

$F_r$  – Radiální zatížení hřídele [kN], rovnice (8).

$r/\text{min} = n_{skut}$  – Skutečné otáčky hnané hřídele [ $\text{min}^{-1}$ ], rovnice (6).

V následujícím obrázku (Obr. 42) jsou zobrazeny výsledky našeho výpočtu trvanlivosti ložisek. Z těchto výsledků je patrné, že základní trvanlivost ložiska je 6370 hodin. Když vezmeme v potaz, že drtič nebude pracovat nepřetržitě, nýbrž pouze několikrát do roka při údržbě zahrady, je tato trvanlivost více než dostačující a ložiska by měla přežít celou životnost stroje.

Contamination factor ( $\eta_c$ )	0.83	
Life modification factor (aSKF)	9.32	
Basic rating life (L10h)	6370.0	<i>h</i>
SKF rating life (L10mh)	59300.0	<i>h</i>

Obr. 42 Trvanlivost ložisek [37]



## 6.7 VOLBA ŘEMENOVÉHO PŘEVODU

Pro přenos výkonu a redukci otáček elektromotoru na otáčky hnané hřídele byl zvolen řemenový převod s převodovým poměrem  $i_{1,2} = 1,8$ . Jedná se o převod do pomala. Řemenové převody mají mnoho výhod, například se vyznačují tichým chodem, tlumí rázy a lze je použít pro velké osové vzdálenosti. Další výhodou je jejich snadná montáž a nízká cena. Nicméně mají i své nevýhody, např. citlivost na okolní prostředí, vysoké teploty a nutnost napínání řemenu [39]. Výpočtový průměr hnací řemenice byl zvolen  $d_{p1} = 125 \text{ mm}$ .

### 6.7.1 VÝPOČTOVÝ PRŮMĚR HANÉ ŘEMENICE

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot i_{1,2} \text{ [mm]} \quad (18)$$

$$d_{p2} = 125 \cdot 1,8$$

$$d_{p2} = 225 \text{ mm}$$

$d_{p1}$  – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 6.6).

$i_{1,2}$  – převodový poměr mezi elektromotorem a sekacím mechanismem [-], rovnice (5).

### 6.7.2 VÝPOČTOVÁ DÉLKA KLÍNOVÉHO ŘEMENE

$$L_p = 2 \cdot a_n + 1,57 \cdot (d_{p1} + d_{p2}) + \frac{(d_{p1} - d_{p2})^2}{4 \cdot a_n} \text{ [mm]} \quad (19)$$

$$L_p = 2 \cdot 350 + 1,57 \cdot (125 + 225) + \frac{(125 - 225)^2}{4 \cdot 350}$$

$$L_p = 1256,64 \text{ mm}$$

$d_{p1}$  – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 6.6).

$d_{p2}$  – Výpočtový průměr hnané řemenice [mm], rovnice (18).

$a_n$  – Návrhová osová vzdálenost [mm], dle literatury [1] zvoleno  $a_n = 350 \text{ mm}$

### 6.7.3 VOLBA KLÍNOVÉHO ŘEMENE

Dle literatury [1] se výpočtová délka  $L_p$  zaokrouhlí na nejbližší vyšší normalizovanou délku klínového řemene a následně se stanoví skutečná osová vzdálenost. Byl zvolen klínový řemen Hi-Power A50 s profilem řemene A/13 o délce  $L_N = 1275$  mm [40].

### 6.7.4 SKUTEČNÁ OSOVÁ VZDÁLENOST

$$a = 0,25 \cdot \left[ \left( L_N - \pi \cdot \frac{d_{p1} + d_{p2}}{2} \right) + \sqrt{\left( L_N - \pi \cdot \frac{d_{p1} + d_{p2}}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left( \frac{d_{p1} - d_{p2}}{2} \right)^2} \right] \quad [mm] \quad (20)$$

$$a = 0,25 \cdot \left[ \left( 1275 - \pi \cdot \frac{125 + 225}{2} \right) + \sqrt{\left( 1275 - \pi \cdot \frac{125 + 225}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left( \frac{125 - 225}{2} \right)^2} \right]$$

$$a = 359,13 \text{ mm}$$

$L_N$  – Normalizovaná délka klínového řemene [mm], dle kapitoly (kap. 6.6.3).

$d_{p1}$  – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 6.6).

$d_{p2}$  – Výpočtový průměr hnané řemenice [mm], rovnice (18).

$\pi$  – Ludolfovo číslo [-]

### 6.7.5 ÚHEL OPÁSÁNÍ HANÉ ŘEMENICE

$$\beta = 180 - 2 \cdot \left( \arcsin \frac{d_{p2} - d_{p1}}{2 \cdot a} \right) \quad [^\circ] \quad (21)$$

$$\beta = 180 - 2 \cdot \left( \arcsin \frac{225 - 125}{2 \cdot 359,13} \right)$$

$$\beta = 164^\circ$$

$d_{p1}$  – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 6.6).

$d_{p2}$  – Výpočtový průměr hnané řemenice [mm], rovnice (18).

$a$  – Skutečná osová vzdálenost [mm], rovnice (20).

### 6.7.6 VÝKON PŘENÁŠENÝ JEDNÍM ŘEMENEM V PODMÍNKÁCH PROVOZU

$$N_p = N_o \frac{c_\alpha \cdot c_L}{c_p} \quad [kW] \quad (22)$$

$$N_p = 1,1 \cdot \frac{0,96 \cdot 0,93}{1,2}$$

$$N_p = 0,82 \text{ kW}$$

$N_0$  – Jmenovitý výkon převodu s jedním řemenem [kW], dle literatury [1],

zvoleno  $N_0 = 1,1$

$c_\alpha$  – Součinitel úhlu opásání řemenem [-], dle literatury [1], zvoleno  $c_\alpha = 0,96$

$c_L$  – Součinitel vlivu délky řemene [-], dle literatury [1], zvoleno  $c_L = 0,93$

$c_p$  – Součinitel dynamičnosti zatížení a pracovního režimu [-], dle literatury [1], zvoleno  $c_p = 1,2$

### 6.7.7 POČET ŘEMENŮ V PŘEVODU

$$K = \frac{N_H}{N_p \cdot c_k} \quad [-] \quad (23)$$

$$K = \frac{2,2}{0,82 \cdot 0,95}$$

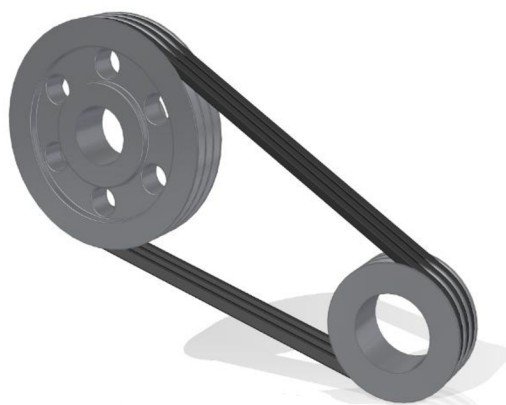
$$K = 2,824$$

$N_H$  – Výkon přenášený hnací hřídelí [kW], dle tabulky (Tab. 10).

$N_p$  – Výkon přenášený jedním řemenem v podmínkách provozu [kW], rovnice (22)

$c_k$  – Součinitel počtu řemenů v převodu [-], dle literatury [1], zvoleno  $c_k = 0,95$

Z výpočtu vyplývá, že nutný počet řemenů v převodu je  $K = 2,824$ . Z tohoto důvodu byly zvoleny třířadé řemenice.



Obr. 43 Řemenový převod

## 6.8 VOLBA TĚSNÉHO PERA

### 6.8.1 OBVODOVÁ SÍLA NA POVRCHU HŘÍDELE

$$F = \frac{2 \cdot M_k}{d_p} [N] \quad (24)$$

$$F = \frac{2 \cdot 52890}{35}$$

$$F = 3022,285 \text{ N}$$

$M_k$  – Kroutící moment přenášený hřídelí [Nmm], rovnice (7).

$d_p$  – Průměr hřídele v místě těsného pera [mm]

### 6.8.2 DOVOLENÝ TLAK NA BOCÍCH DRÁŽEK V NÁBOJI

$$p_{dov} = 0,7 \cdot p_o [MPa] \quad (25)$$

$$p_{dov} = 0,7 \cdot 150$$

$$p_{dov} = 105 \text{ MPa}$$

$p_o$  – Základní hodnota tlaku pro náboj [MPa], dle literatury [1], zvoleno  $p_o = 150 \text{ MPa}$

### 6.8.3 MINIMÁLNÍ DÉLKA TĚSNÉHO PERA

$$p_{dov} = \frac{F}{t_1 \cdot (l - b)} \Rightarrow \quad (26)$$

$$l = \frac{F}{t_1 \cdot p_{dov}} + b [mm]$$

$$l = \frac{3022,285}{3,3 \cdot 105} + 10$$

$$l = 18,72 \text{ mm}$$

$F$  – Obvodová síla na povrchu hřídele [N], rovnice (24)

$t_1$  – Hloubka drážky v náboji [mm], dle literatury [1],  $t_1 = 3,3 \text{ mm}$

$b$  – Šířka drážky pro pero [mm], dle literatury [1],  $b = 10 \text{ mm}$

$p_{dov}$  – Dovolovaný tlak na bocích drážek v náboji [MPa], rovnice (25)

Na základě výpočtu jsme zjistili, že minimální délka pera je  $l = 18,72 \text{ mm}$ . Dle literatury [1], bylo zvoleno pero 12e7 x 8 x 30 ČSN 02 2562.

## 6.9 SPOJENÍ HŘÍDELE S NÁBOJEM

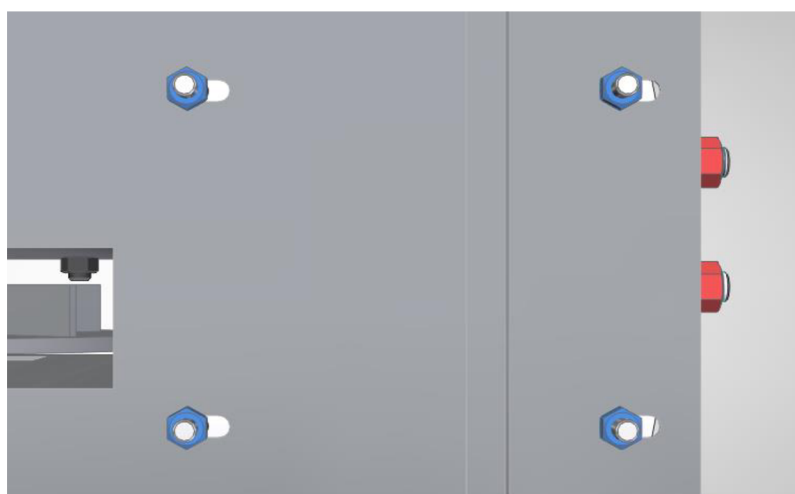
Spojení hřídele s nábojem slouží k přenosu kroutícího momentu z hřídele na náboj (ozubené kolo, řemenové kolo, apod.), ale také k přenosu radiálních a axiálních sil a v neposlední řadě také ohybových momentů. Hřídel může být spojena s nábojem několika způsoby, např. nalisováním náboje na hřídel, těsným perem, příčným kolíkem, drážkováním, apod. Při řešení mé vlastní konstrukce zahradního drtiče byla pro spojení hřídele s nábojem použita svěrná upínací pouzdra typu BK 11 od firmy Haberkorn [41]. Svěrná pouzdra se vyznačují vysokou odolností proti trvalému a střídavému zatížení, jednoduchou radiální a axiální fixací náboje, jsou schopny přenášet vysoké kroutící momenty a zajišťují snadnou montáž a demontáž.



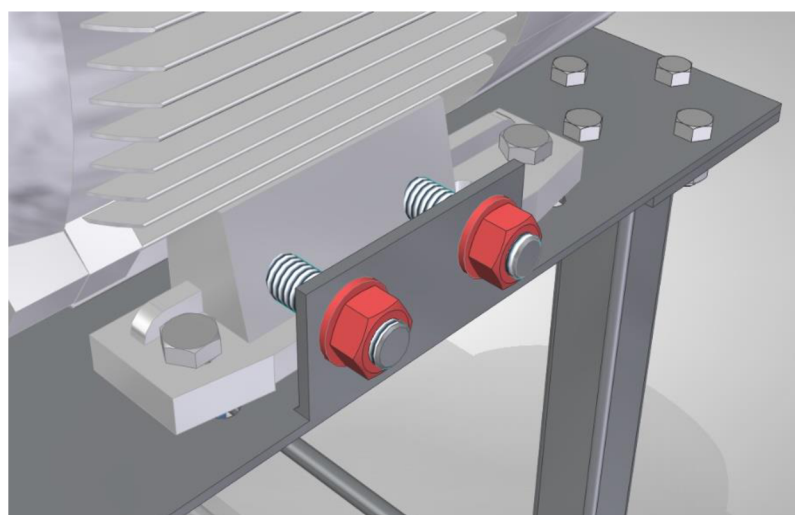
*Obr. 44 Svěrné upínací pouzdro BK 11 [41]*

## 6.10 NAPÍNÁNÍ KLÍNOVÉHO ŘEMENE

Během provozu musí být klínový řemen neustále napnut, jelikož nenapnutý řemen má tendenci prokluzovat, a tudíž není zajištěn správný chod stroje. Elektromotor je přišroubován k pracovnímu stolu v podélných drážkách, které umožňují posuv motoru. V patkách elektromotoru jsou pomocí chemické kotvy upevněny dvě závitové tyče, které jsou zajištěny maticí. Požadovaného pracovního předpětí klínového řemenu je dosaženo tak, že jsou povoleny matice, které jsou na obrázku (Obr. 45) znázorněny modrou barvou, a následně jsou utaženy matice, které jsou na obrázku (Obr. 46) znázorněny červenou barvou. Tímto se vyvodí požadované předpětí klínového řemene.



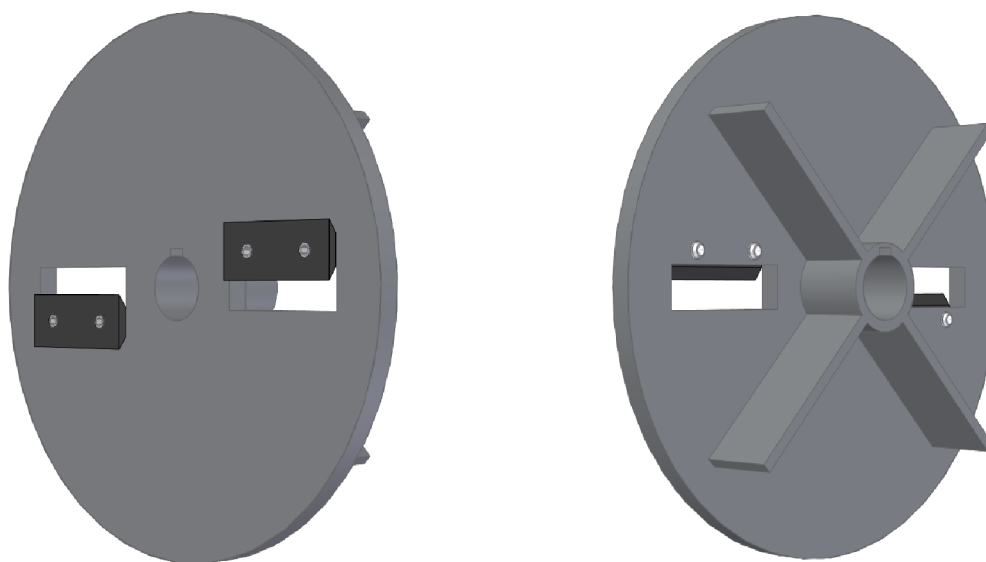
*Obr. 45 Upevnění elektromotoru v podélných drážkách*



*Obr. 46 Mechanismus napínání klínového řemene*

## 6.11 BEZPEČNOST STROJE

Konstrukce stroje je navržena tak, aby se obsluha neporanila během manipulace či práce s drtičem. Vstupní sekce je dostatečně dlouhá, aby nedošlo ke kontaktu rukou obsluhy s rotujícími částmi stroje. Ochrana elektromotoru je zajištěna pouze sekacím mechanismem, který je schopen svou kinetickou energií pohlcovat většinu rázů, vznikajících při sekání větví. Nicméně při návrhu drtiče bylo celé ústrojí naddimenzováno tak, aby si drtič poradil v případě potřeby i s větvemi s větším průměrem, než bylo uvažováno ve výpočtech, tudíž by nemělo dojít k zaseknutí větve a následnému přetížení elektromotoru.



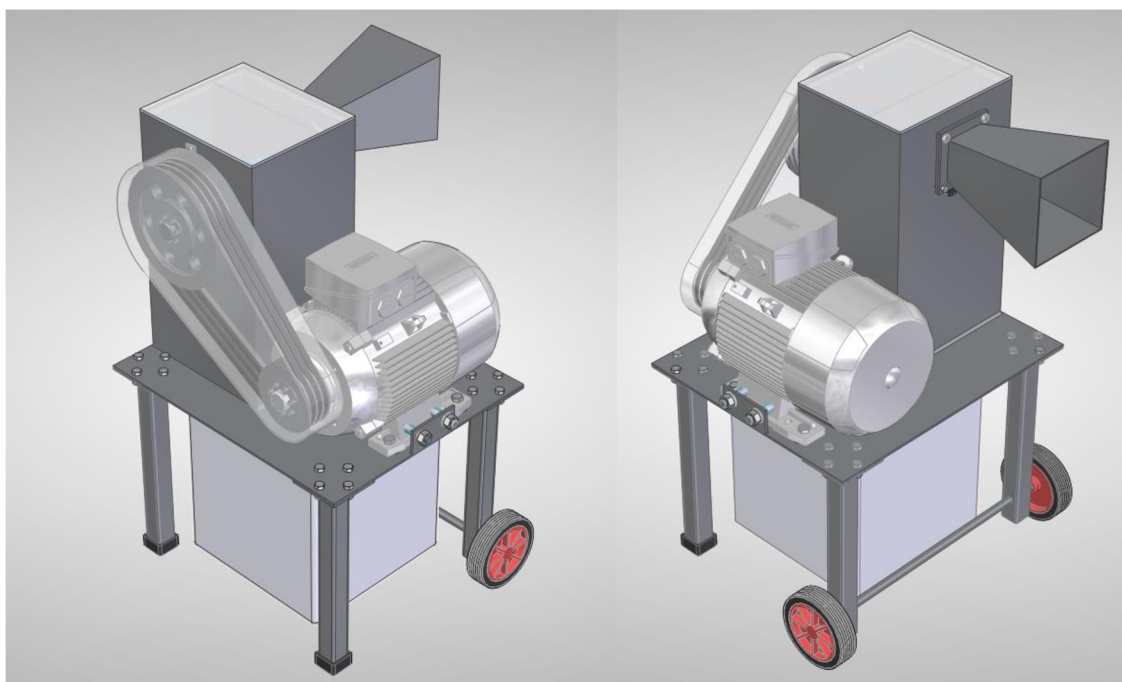
*Obr. 47 Diskový sekací mechanismus*

## 6.12 ODVOD MATERIÁLU ZE STROJE

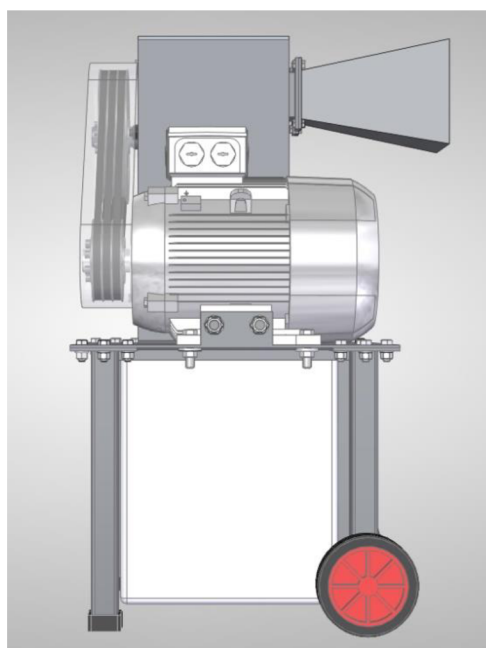
Odvod nadrcených větví je realizován pomocí čtyř lopatek (obr. 47), které jsou navařeny na sekacím disku. Jakmile dojde k useknutí větve, dřev je nabrána lopatkou a následně pomocí odstředivých a gravitačních sil vymrštěna do plastové nádoby umístěné pod drtičem.

## 7 3D MODEL ZAHRADNÍHO DRTIČE

3D model zahradního drtiče byl vytvořen v CAD programu Solid Edge ST10, který obsahuje knihovnu normalizovaných součástí. Model elektromotoru byl stažen z oficiálních stránek Siemensu (kap. 6.3).



*Obr. 48 3D model zahradního drtiče*



*Obr. 49 3D model zahradního drtiče –  
pohled z boku*



## ZÁVĚR

V této bakalářské práci je vypracován rozsáhlý rešeršní rozbor drtičů a štěpkovačů, které se používají ke zpracování větví, jež vznikají při každoroční údržbě zahrady. Na základě rešerše byly zvoleny vstupní parametry pro návrh vlastní konstrukce zahradního drtiče.

Základní pevnostní výpočty byly provedeny s ohledem na výslednou spolehlivost celého stroje a důležité komponenty byly značně naddimenzovány. Pro pohon sekacího mechanismu byl zvolen řemenový převod.

Konstrukce drtiče je navržena tak, aby byla co nejjednodušší, při zachování kompaktních rozměrů stroje. Zahradní drtič je osazen pojezdovými kolečky pro snadnější manipulaci, mechanickým napínáním klínového řemene a plastovou nádobou pro snadné zachytávání již zpracované dřevní hmoty.

Součástí bakalářské práce je 3D model zahradního drtiče, dále náležitá výkresová dokumentace, která obsahuje výkres sestavy, kusovník, výkres hnané hřídele a výkresy řemenic.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742
- [2] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290
- [3] Drtič, anebo štěpkovač? Jsou mezi nimi drtivé rozdíly, In: *Idnes* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: [https://hobby.idnes.cz/drtic-a-stepkovac-vyber-0v9-/hobby-zahrada.aspx?c=A121005\\_170907\\_hobby-zahrada\\_bma](https://hobby.idnes.cz/drtic-a-stepkovac-vyber-0v9-/hobby-zahrada.aspx?c=A121005_170907_hobby-zahrada_bma)
- [4] Štěpkovač a drtič větví: Jaké jsou rozdíly a k čemu je použit?, In: *Dřevostavitel* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/stepkovac-a-drtic-vetvi>
- [5] Vares drtiče větví, drtiče ovoce, lisy na ovoce, In: *Vares* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: [http://www.vares.cz/vares-mnichovice-as/vares-novinky-doporucujeme/drtice-vetvi-ovoce-lisy/?gclid=CjwKCAiAodTfBRBEEiwAa1hauks25S4VVm2DdUMf0Fr\\_GV5UNmIbqbMgAdMGRM6oHzaXdS93E3CqhoCbK0QAvD\\_BwE](http://www.vares.cz/vares-mnichovice-as/vares-novinky-doporucujeme/drtice-vetvi-ovoce-lisy/?gclid=CjwKCAiAodTfBRBEEiwAa1hauks25S4VVm2DdUMf0Fr_GV5UNmIbqbMgAdMGRM6oHzaXdS93E3CqhoCbK0QAvD_BwE)
- [6] Wood Chipper Blades, Industrial, In: *Indiamart* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/wood-chipper-blades-19928095833.html>
- [7] ZIPPER ZI-GHAS2800, In: *Heureka* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://zahradni-drtice.heureka.cz/zipper-zi-ghas2800/>
- [8] Benzinový drtič AGAMA FYS 13, In: *Kobras* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.kobras.cz/katalog/p/benzinove-drtice/agama-fys-13-drti-v-tv/>
- [9] GTM GTS 1300 PTO. In: *Heureka* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://zahradni-drtice.heureka.cz/gtm-gts-1300-pto/#>
- [10] Ryobi RSH 2845 T: Zahradní drtič s elektrickým motorem, In: *Garland* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.garland.cz/e-obchod/rsh-2845-t-zahradni-drtic-s-elektrickym-motorem>
- [11] GTM GTS 600 E. In: *Heureka* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [https://zahradni-drtice.heureka.cz/gtm-gts-600-e/?cs=ceskazahrada-cz&gclid=CjwKCAjw8e7mBRBsEiwAPVxxiH4o0UYhmRwICSK\\_xytYk5SN062OPbqEPjR9GRjmdQhtAEENelie4RoC8HIQAvD\\_BwE#](https://zahradni-drtice.heureka.cz/gtm-gts-600-e/?cs=ceskazahrada-cz&gclid=CjwKCAjw8e7mBRBsEiwAPVxxiH4o0UYhmRwICSK_xytYk5SN062OPbqEPjR9GRjmdQhtAEENelie4RoC8HIQAvD_BwE#)
- [12] Štěpkovač Bandit Model 255 XP, In: *Profi stroje* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: [https://www.profi stroje.cz/stepkovac-bandit-model-255-xp\\_1809.html](https://www.profi stroje.cz/stepkovac-bandit-model-255-xp_1809.html)
- [13] C1060T, In: *Agama-as* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.agama-as.cz/c1060t>

- [14] BXRF models with 45° Cutting Angle Chipper, In: *Fred machinery* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.fredmachinery.com/BXRF-models-with-45-Cutting-Angle-Chipper-pd982863.html>
- [11] Benzinový drtič AGAMA FYS 13, In: *Kobras* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.kobras.cz/katalog/p/benzinove-drtice/agama-fys-13-drti-v-tv/>
- [12] ZIPPER ZI-GHAS2800, In: *Heureka* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://zahradni-drtice.heureka.cz/zipper-zi-ghas2800/>
- [13] Jaké jsou výhody zubové a nožové hlavy v drtiči?, In: *Hecht* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://cz.hecht.cz/info/jake-jsou-vyhody-zubove-a-nozove-hlavy-v-drtici>
- [14] BXRF models with 45° Cutting Angle Chipper, In: *Fred machinery* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.fredmachinery.com/BXRF-models-with-45-Cutting-Angle-Chipper-pd982863.html>
- [15] Drtič větví AL-KO Easy Crush LH 2800, In: *ZZNHP* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.zznhp.cz/e-shop/5094-drtic-vetvi-al-ko-easy-crush-lh-2800-valcovy-system-112853>
- [16] Vari – RAPIDO PLUS, In: *Zahradnitechika-brandys* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.zahradnitechika-brandys.cz/produkt/vari-stepkovac-rapido-plus/>
- [17] DH 10 S - Drtič dřevní hmoty, In: *Rojek* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.rojek.cz/rojek.asp?jazyk=cz&Vyrobek=1660000&go=Vyrobek>
- [18] Jak vybrat zahradní drtič?, In: *Heureka* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://zahradni-drtice.heureka.cz/poradna/jak-vybrat-zahradni-drtic/>
- [19] Wood Harvesting Equipment, In: *Woodenergy* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.woodenergy.ie/woodharvestingequipment/>
- [20] Drtič zahradního odpadu VARI Kajman-55, In: *Garteko* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.garteko.cz/drtic-zahradniho-odpadu-vari-kajman-55/>
- [21] Štěpkovač Lumag RAMBO-HC15. In: *LUMAG* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.lumag.cz/stepkovac-lumag-rambo-hc15>
- [22] URBAN TR70 Simple s jednoduchým pytlovačem, In: *Štěpkovače Urban* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.stepkovac.com/urban-tr70-simple-s-jednoduchym-pytlovacem-83189.html>
- [23] Historie značky HECHT. In: *Hecht* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://cz.hecht.cz/info/o-spolecnosti>
- [24] HECHT 6284 XL - elektrický drtič větví, In: *Hecht* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://cz.hecht.cz/hecht-6284-xl-elektricky-drtic-vetvi>

- [25] HECHT 6642 - motorový drtič, In: *Hecht* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://cz.hecht.cz/hecht-6642-motorovy-drtic>
- [25] The story of our success, In: *Bosch* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.bosch.com/our-company/our-history/>
- [26] Drtič Bosch AXT Rapid 2000, In: *Eshop Bosch* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.eshop-bosch.cz/zahradni-drtice-bosch/drtic-bosch-axt-rapid-2000>
- [27] Historie. In: *Bystroň* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/o-nas/>
- [28] Muréna s elektromotorem 11KW, In: *Bystroň* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/produkty/kategorie/55/drtice/115/s-elektromotorem/vyrobek/41/murena-s-elektromotorem-11kw/>
- [29] PIRANA 14HP. In: *Bystroň* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/produkty/kategorie/1/stepkovace/46/se-spalovacim-motorem/vyrobek/13/pirana-14hp/>
- [30] Profil firmy LASKI, s.r.o. In: *LASKI* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/o-nas>
- [31] LS 150 DW Track: Štěpkovač na pásech, In: *Laski* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/ls-150-dw-track>
- [32] LS 160 T: Výkonný štěpkovač za traktor (540 ot/min), In: *Laski* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/ls-160-t>
- [33] About us.Negri - Garden equipment [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [http://www.negri-bio.com/index.php?page=about\\_us](http://www.negri-bio.com/index.php?page=about_us)
- [34] Negri bio R95BHHP65, In: *Elva Profi* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: [http://www.elvaprofi.cz/negri-bio/zahradni-technika/drtice/negri-bio\\_r95bhhp65-honda-standardni-podvozek.html](http://www.elvaprofi.cz/negri-bio/zahradni-technika/drtice/negri-bio_r95bhhp65-honda-standardni-podvozek.html)
- [35] Negri bio R225T, In: *Elva Profi* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: [http://www.elvaprofi.cz/negri-bio/zahradni-technika/drtice/traktorove-pto/negri-bio\\_r225t-ptotribodovy-zaves.html#prettyPhoto](http://www.elvaprofi.cz/negri-bio/zahradni-technika/drtice/traktorove-pto/negri-bio_r225t-ptotribodovy-zaves.html#prettyPhoto)
- [36] SKF YAT 208 Ložisko. In: *Mateza* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [https://www.mateza.cz/e-shop/lozisko-skf-yat-208?gclid=CjwKCAjw8e7mBRBsEiwAPVxxiCZk2GXX89u5afD9DwqRUUbylDrD4mT3fk2DceKTA\\_wLzbTHU0misBoCLMkQAvD\\_BwE](https://www.mateza.cz/e-shop/lozisko-skf-yat-208?gclid=CjwKCAjw8e7mBRBsEiwAPVxxiCZk2GXX89u5afD9DwqRUUbylDrD4mT3fk2DceKTA_wLzbTHU0misBoCLMkQAvD_BwE)
- [37] Insert bearings. In: *SKF* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.skf.com/uk/products/bearings-units-housings/ball-bearings/insert-bearings/insert-bearings/index.html?designation=YAT%20208>

- [38] Oval flanged housings for Y-bearings. In: *SKF* [online]. [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://www.skf.com/uk/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/oval-flanged-housings-for-y-brg/index.html?designation=FYTB%20508%20M>
- [39] Výhody řemenových převodů. In: *Průmysl: Magazín o průmyslu* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://prumysl.inform.cz/doprava/vyhody-remenovych-prevodu/>
- [40] Klínový řemen Hi-Power profil A/13. In: *HABERKORN* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/klinovy-remen-hi-power-profil-a-13-klinovy-remen-hi-power-profil-a-13-1-5.html>
- [41] Svěrné upínací pouzdro BK 11. In: *Haberkorn* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/sverne-upinaci-pouzdro-bk-11.html>
- [42] GANDELOVÁ, Libuše a Petr HORÁČEK. *Nauka o dřevě*. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-7157-577-1.
- [43] Drives Technology Configurator. *Siemens* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/spice/portal/portal?SESSIONID=h0al50g2fsfs5ylqozawjz3b>
- [44] Elektromotor SIEMENS 2,2kW. *Elektromotory moravec s.r.o* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.net/siemens/1la7-750-otacek/1le1001-6-4-1.html>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$a$	[mm]	Skutečná osová vzdálenost
$a_n$	[mm]	Návrhová osová vzdálenost
$A$	[mm]	Šířka ložiskového domku
$A_1$	[mm]	Délkový rozměr ložiskového domku
$A_2$	[mm]	Délkový rozměr ložiskového domku
$A_3$	[mm]	Délkový rozměr ložiskového domku
$b$	[mm]	Šířka drážky pro pero
$B$	[mm]	Šířka vnitřního kroužku ložiska
$B_4$	[mm]	Délkový rozměr ložiska
$c_k$	[-]	Součinitel počtu řemenů v převodu
$c_L$	[-]	Součinitel vlivu délky řemene
$c_p$	[-]	Součinitel dynamičnosti zatížení a pracovního režimu
$c_\alpha$	[-]	Součinitel úhlu opásání řemenem
$C$	[mm]	Šířka ložiska
$d$	[mm]	Vnitřní průměr ložiska
$d_p$	[mm]	Průměr hřídele v místě těsného pera
$d_{p1}$	[mm]	Výpočtový průměr hnací řemenice
$d_{p2}$	[mm]	Výpočtový průměr hnané řemenice
$d_v$	[mm]	Maximální průměr drcených větví
$d_1$	[mm]	Vnější průměr vnitřního kroužku ložiska
$D$	[mm]	Vnější průměr ložiska, vnitřní průměr ložiskového domku
$D_a$	[mm]	Délkový rozměr ložiskového domku
$D_{b1}$	[mm]	Délkový rozměr ložiskového domku
$D_{b2}$	[mm]	Délkový rozměr ložiskového domku
$E_s$	[J]	Energie potřebná na přeseknutí materiálu za otáčku
$F$	[N]	Obvodová síla na povrchu hřídele
$F_a$	[N]	Axiální síla působící na hřídel
$F_r$	[N]	Radiální síla působící na hřídel
$F_A$	[N]	Reakční síla v ložisku A
$F_B$	[N]	Reakční síla v ložisku B

$F_S$	[N]	Střížná síla potřebná pro ustřížení větve
$G_2$	[mm]	Průměr stavěcího šroubu
$H$	[mm]	Délka ložiskového domku
$i_{1,2}$	[-]	Převodový poměr mezi elektromotorem a sekacím mechanismem
$J$	[mm]	Rozteč připojovacích otvorů
$J_6$	[mm]	Rozteč malých otvorů
$J_7$	[mm]	Rozteč připojovacího otvoru a pojistného kolíku
$K$	[-]	Počet řemenů v převodu
$l$	[mm]	Minimální délka těsného pera
$L$	[mm]	Šířka ložiskového domku
$L_N$	[mm]	Normalizovaná délka klínového řemene
$L_P$	[mm]	Výpočtová délka klínového řemene
$M_k$	[Nm]	Krouticí moment přenášený hřídelí
$M_{oMAX}$	[Nmm]	Maximální ohybový moment
$M_{red}$	[Nmm]	Redukovaný moment
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky hnané hřídele
$n_e$	[min <sup>-1</sup> ]	Jmenovité otáčky elektromotoru
$n_{skut}$	[min <sup>-1</sup> ]	Skutečné otáčky hnané hřídele
$N$	[mm]	Průměr připojovacího otvoru
$N_H$	[kW]	Výkon přenášený hnací hřídelí
$N_o$	[kW]	Jmenovitý výkon převodu s jedním řemenem
$N_P$	[kW]	Výkon přenášený jedním řemenem v podmínkách provozu
$N_4$	[mm]	Průměr pojistného kolíku ložiskového domku
$p_o$	[MPa]	Základní hodnota tlaku pro náboj
$p_{dov}$	[MPa]	Dovolený tlak na bocích drážek v náboji
$P$	[W]	Výkon elektromotoru
$r_{1,2}$	[mm]	Zaoblení hran vnitřního kroužku
$s_1$	[mm]	Délkový rozměr ložiska
$t_1$	[mm]	Hloubka drážky v náboji
$T$	[s]	Čas jedné otáčky sekacího mechanismu
$v$	[m · s <sup>-1</sup> ]	Obvodová rychlost řemene
$W_O$	[mm <sup>3</sup> ]	Modul průřezu v ohybu
$\beta$	[°]	Úhel opásání hnané řemenice

---

$\pi$	[-]	Ludolfovo číslo
$\sigma_{DO}$	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu
$\tau_s$	[MPa]	Mez pevnosti dřeva ve smyku



## SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRES SESTAVY	ZAHRADNÍ DRTIČ	3PSSZ/3-00
SEZNAM POLOŽEK	ZAHRADNÍ DRTIČ	3PSSZ/3-00
SEZNAM POLOŽEK	ZAHRADNÍ DRTIČ	3PSSZ/3-00
SEZNAM POLOŽEK	ZAHRADNÍ DRTIČ	3PSSZ/3-00
VÝKRES SOUČÁSTI	HNANÁ HŘÍDEL	3PSSZ/3-00/01
VÝKRES SOUČÁSTI	HNANÁ ŘEMENICE	3PSSZ/3-00/02
VÝKRES SOUČÁSTI	HNACÍ ŘEMENICE	3PSSZ/3-00/03