



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 - EFEKTIVITA

GARDEN SCHREDDER - EFFICIENCY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Stuchlý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Martin Stuchlý**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.**
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 – efektivita

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 efektivity 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: VUTUM, 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 24. 10. 2018



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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá rešeršním rozbořem několika typů drtičů dřevního odpadu včetně výrobců a cen. Dále jsou zde dle dostupných informací vyhodnoceny drcené materiály. Poté je v práci proveden vlastní konstrukční návrh zahradního drtiče se základními konstrukčními výpočty. Práce také obsahuje 3D model navrženého zahradního drtiče a jeho výkresovou dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

zahradní drtič, dřevní odpad, konstrukce drtiče, elektromotor, 3D model, rešerše

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the analysis of the varying types of wood waste disposers, including their producers and prices. Furthermore, this thesis provides an evaluation of processed materials in regards to the available information. A self-designed constructive model of a garden disposer is then provided, featuring its primary design calculations. Additionally, a 3D model of the self-designed garden disposer and its mechanical drawings are attached to this drawing documentation.

KEYWORDS

garden shredder, wood waste, shredder design, electric motor, 3D model, recherche

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STUHLÝ, Martin. Zahradní drtič - efektivita. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116885>. 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 24. května 2019

.....

Martin Stuchlý

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph. D. za čas, který mi věnoval, odborné vedení, trpělivost, ochotu a poskytování cenných rad při tvorbě bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během celého studia.

OBSAH

Úvod	11
1 Princip drcení.....	12
1.1 Rozlišení drtiče a štěpkovače.....	12
2 Rozdělení drtičů.....	13
2.1 Rozdělení dle typu drtícího mechanismu.....	13
2.1.1 Drtiče s nožovou hlavou	13
2.1.2 Drtiče se zubovou hlavou	13
2.1.3 Drtiče se speciálním válcem	14
2.1.4 Šnekové drtiče	15
2.1.5 Drtiče s protiběžnými hřídeli.....	15
2.2 Rozdělení dle způsobu pohonu	16
2.2.1 Drtiče s elektrickým motorem	16
2.2.2 Drtiče se spalovacím motorem	16
2.2.3 Pohon traktorem	17
2.3 Rozdělení dle způsobu dopravy	17
2.3.1 Stacionární	17
2.3.2 Nesený	18
2.3.3 Přívěsný	18
2.3.4 S vlastními koly.....	19
3 Přehled drtičů dostupných na trhu	20
3.1 Bosch	20
3.1.1 Bosch AXT 25 TC.....	20
3.1.2 Bosch AXT Rapid 2000	21
3.2 BYSTROŇ – INTEGRACE s.r.o.	22
3.2.1 Muréna diesel 32HP	22
3.3 ROJEK.....	23
3.3.1 Drtič DH 10 SP.....	23
3.4 WEIBANG.....	24
3.4.1 WEIBANG WB SH 8013 H.....	24
3.5 Negri	25
3.5.1 Negri bio R280TN.....	25
3.6 UNTHA	26
3.6.1 LR520	26
4 Vyhodnocení drcených materiálů.....	27
4.1 Vady dřeva.....	27

4.2	Fyzikální vlastnosti dřeva	27
4.3	Důsledky změn vlhkosti dřeva.....	27
5	Konstrukční návrh vlastního zahradního drtiče.....	28
5.1	Specifikace zpracovávaného dřeva	28
5.2	Volba pohonu drtícího mechanismu	28
5.3	Volba drtícího mechanismu	29
5.4	Výpočet převodového poměru mezi elektromotorem a drtícím mechanismem	29
5.4.1	Zvolené parametry	29
5.4.2	Plocha průřezu materiálu	30
5.4.3	Síla potřebná pro přeseknutí větve	30
5.4.4	Práce drtícího mechanismu.....	30
5.4.5	Čas potřebný na jednu otáčku drtícího mechanismu	30
5.4.6	Otáčky drtícího mechanismu	31
5.4.7	Převodový poměr mezi elektromotorem a drtícím mechanismem.....	31
5.5	Návrh řemenového převodu.....	31
5.5.1	Průměr velké řemenice	31
5.5.2	Vlastnosti řemene	32
5.6	Návrh hřídele	33
5.6.1	Krouťící moment přenášený hřídelí	33
5.6.2	Rozložení sil na noži	33
5.6.3	Radiální síla vzhledem k ose hřídele	34
5.6.4	Axiální síla vzhledem k ose hřídele.....	34
5.6.5	Minimální průměr hřídele.....	35
5.6.6	Výpočet reakčních sil v ložiskách – rovina XZ.....	35
5.6.7	Výpočet reakčních sil v ložiskách – Rovina XY.....	37
5.7	Volba těsného pera.....	39
5.7.1	Obvodová síla na povrchu hřídele.....	39
5.7.2	Dovolený tlak na bocích drážek v náboji	39
5.7.3	Minimální délka pera.....	39
5.8	Volba ložisek	40
5.9	Zajištění řemenic proti vysunutí	42
5.10	Odvod drceného materiálu ze stroje.....	42
5.11	Přemístitelnost stroje.....	43
5.12	Efektivita stroje	44
6	Výsledný 3D model zahradního drtiče	45
	Závěr.....	46

Seznam použitých zkratek a symbolů	52
Seznam příloh	55

ÚVOD

Při jarní i podzimní údržbě zahrady a ošetřování zeleně dochází ke vzniku zahradního odpadu. Dřevěný odpad se vyskytuje nejen na zahradách, ale i v parcích a kolem silničních komunikací při komplexní údržbě veřejné zeleně. Právě proto jsou drtiče větví ideálním řešením pro odstranění objemného zeleného odpadu, který lze dále uplatnit ke kompostování, mulčování nebo jako topné palivo. Drtiče větví slouží k drcení větví stromů a křovin na malé kousky, které se nazývají drť nebo štěpka. Jsou vyráběny ve velké diverzitě a liší se dle místa užívání. Velké zastoupení a využití mají v lesním průmyslu, kde dochází ke spoustě biologicky rozložitelnému dřevnímu odpadu. Ceny drtičů se liší podle použití drtícího systému, výkonu a značky stroje.

1 PRINCIP DRCENÍ

Drtiče se často používají v dřevozpracujícím průmyslu a lesnictví k redukování dřeva na štěpky a drť, jako součást recyklace dřeva nebo jako součást výrobního procesu. Další využití nacházejí v zemědělském průmyslu při údržbě pozemků. [1]

1.1 ROZLIŠENÍ DRTIČE A ŠTĚPKOVAČE

Drtiče drtí a rozmělnují dřevo pomocí ocelových nožů na velmi jemnou drť. Ta je ideální jako mulčovací kůra, která chrání půdu před vysoušením i promočením a prorůstáním plevelu. Drť lze také využít jako složku kompostu a v některých případech také jako palivo. Výhodou drtičů je nižší cena, naopak nevýhodou je vysoká hlučnost. [2]



Obr. 1 Výsledek po použití drtiče [18]

Štěpkovače štípou větve na malé kousky pomocí řezných kotoučů. Štěpky se nejvíce používají jako topné palivo do kamen nebo kotlů. Díky tomu, že štěpkovač pracuje v pomalejších otáčkách, je mnohem tišší než drtič. Jeho nevýhodou je finančně náročnější proces výroby. [3]



Obr. 2 Výsledek po použití štěpkovače [18]

2 ROZDĚLENÍ DRTIČŮ

Na trhu se drtiče prodávají v různých konstrukčních provedeních. Od drtičů, které jsou určeny pro domácí použití až po větší průmyslové modely. Drtiče se liší především podle způsobu drcení zahradního odpadu a pohonu. Rozdělují se dle typu drtícího mechanismu, způsobu pohonu a dle způsobu dopravy.

2.1 ROZDĚLENÍ DLE TYPU DRTÍCIHO MECHANISMU

Zahradní drtiče se liší způsobem drcení, který se využívá k drcení dřevin. Výběr drtícího mechanismu může mít vliv na velikost štěpky a na hlučnost stroje. Každý drtící mechanismus má své výhody i nevýhody. [4]

2.1.1 DRTIČE S NOŽOVOU HLAVOU

Tento způsob funguje na principu rychle rotujícího disku, který má jeden nebo dva a více ocelových nožů. Nože pomocí vysoké rychlosti pak drtí větve na malé kousky (drť). Nože jsou vyrobeny z nejkvalitnějších ocelí, ale i takto kvalitní nože se časem otupí a je potřeba je vyměnit. Výhodou tohoto provedení je, že si snadněji poradí i s čerstvě posekanými větvemi. [4]



Obr. 3 Způsob drcení nožovou hlavou [4]

2.1.2 DRTIČE SE ZUBOVOU HLAVOU

Zubový drtič má pomalu otáčející se ozubené kolo, které přiléhá k přítlačné desce. Větve jsou vtahovány mezi zuby ozubeného kola a desku, kde dochází k jejich lámání a drcení. Drť je zde větší jak u systému s nožovou hlavou. Stroj je relativně tichý a nevznikají takové vibrace, protože pracuje v menších otáčkách než drtiče s nožovou hlavou. Nevýhodou je, že tento systém může mít problém s houževnatou kůrou čerstvých větví. Větve projdou přes drtič a jsou i tak nadále spojeny kůrou. Proto je vhodné před drcením nechat drcený materiál proschnout. Výhodou je, že se ostří nemusí brousit jako u nožových drtičů. [4]



Obr. 4 Způsob drcení se zubovou hlavou [4]

2.1.3 DRTIČE SE SPECIÁLNÍM VÁLCEM

Tento typ drtiče využívá stejný princip jako drtič se zubovou hlavou (rotující fréza). Je vybaven dutým válcem kónického tvaru a po jeho obvodu jsou situovány nožové pláty. Válec se točí mezi dvěma nárazovými deskami a větve jsou vtahovány do stroje automaticky. Pořezaný materiál vypadává skrze dutý válec přímo do sběrného koše. Díky typu mechanismu, který je zde využit nám nehrozí ucpání stroje a pracuje v maximální míře bez zablokování. Jeho nevýhodou je vysoká cena. [5]



Obr. 5 Systém "Turbine-Cut" [19]

2.1.4 ŠNEKOVÉ DRTIČE

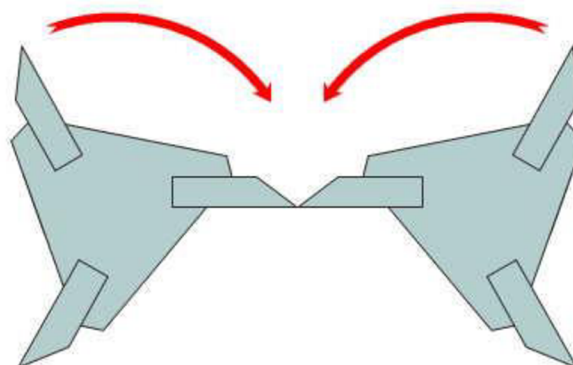
Zahradní drtiče vybaveny šnekovým mechanismem jsou velmi efektivní a produkují lepší kompostovatelnou látku, protože zahradní odpad nejen rozřeže, ale i rozmělní. Jsou vhodné pro drcení tvrdého zahradního materiálu. Naopak pro drcení měkkého zeleného odpadu (např. listy) není příliš vhodný. Za nevýhodu je považováno možné ucpávání drtiče, proto je většina šnekových drtičů vybavena zpětným chodem. Výhodou drtiče je, že materiál je vtahován do stroje automaticky a chod je relativně tichý. [6]



Obr. 6 Šnekový drtící mechanismus [18]

2.1.5 DRTIČE S PROTIBĚŽNÝMI HŘÍDELI

Stoje vybavené tímto drtícím mechanismem jsou určeny pro hrubé drcení dřevního odpadu. Tento mechanismus je založen na principu rovnoměrného otáčení dvou nožových hřídelí v opačném smyslu otáčení (proti sobě). V přímém úhlu 180° se čepele nožů k sobě přibližují na vzdálenost 0,1 mm a dojde tím k přeseknutí materiálu. Souběh nožových hřídelí nám zajišťují dvě ozubená kola. [7]



Obr. 7 Řez nožovými hřídelemi [21]

2.2 ROZDĚLENÍ DLE ZPŮSOBU POHONU

Pohon drtičů nám zajišťuje chod drtícího mechanismu a volíme ho podle velikosti průměru větví, které chceme drtit.

2.2.1 DRTIČE S ELEKTRICKÝM MOTOREM

Elektrické drtiče větví jsou méně výkonné a elektromotor se využívá převážně u stacionárních drtičů. Snadněji se udržují a dokáží rozdrtit zahradní odpad do průměru 5,2 cm. Takto poháněné stroje mají však nevýhodu v podobě přívodní šnůry. [8]



Obr. 8 Elektrický drtič větví ELEM BV2440 [23]



Obr. 9 Elektrický drtič GTS 600 E GTM [22]

2.2.2 DRTIČE SE SPALOVACÍM MOTOREM

Tyto stroje mají většinou masivnější konstrukci a jsou mnohem výkonnější, zvládnou zpracovat větve až do průměru 8 cm. Výhodou drtičů se spalovacím motorem je, že se dají využít kdekoli a nemusíme se vázat na zdroj elektrické energie. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena a vyšší hmotnost oproti drtičům s elektromotorem. [8]



Obr. 10 Benzinový drtič Patriot GBK-70 [24]



Obr. 11 Motorový drtič větví HECHT 6173 [25]

2.2.3 POHON TRAKTOREM

Pohon traktorem aplikuje jednoduché zařízení jako je kardanová hřídel, která nám pomáhá spojit traktor s drtičem větví. Kardan se využívá k přenosu výkonu z traktoru na drtič a tím je poháněn drtící mechanismus. Drtiče jsou zavěšeny na třibodovém závěsu traktoru. Výhodou drtičů je samotný vysoký výkon, který je využit převážně v lesním průmyslu k rozdrčení větví větších průměrů. [9]



*Obr. 12 Drtič dřeva s pohonem na hřídel
GTM GTS 1300 PTO [26]*

2.3 ROZDĚLENÍ DLE ZPŮSOBU DOPRAVY

Nedílnou součástí drtiče je také schopnost přepravovat drtič z jednoho místa na druhé, proto se dělí podle tohoto kritéria.

2.3.1 STACIONÁRNÍ

Stacionární drtiče nejsou vybaveny jednotkou vlastní dopravy, tudíž většina takových drtičů má závěsné oko pro přemísťování stroje. Díky své nepohyblivosti jsou stroje převážně vybaveny elektromotorem.



*Obr. 12 Drtič Muréna s elektromotorem
DR/ELE/01[27]*

2.3.2 NESENÝ

Nesené drtiče se přepravují převážně pomocí traktorů. Nemají vlastní pohon a jsou připevněny za traktor pomocí tříbodového závěsu. Pohon drtičů větví je poháněn pomocí kloubové hřídele. [28]



Obr. 13 Nesený univerzální drtič NUD [28]

2.3.3 PŘIVĚSNÝ

Přívěsné drtiče mají vlastní pohonnou jednotku. Připojují se za osobní automobil prostřednictvím tažné koule nebo za traktor. Dají se lehce přepravovat a díky tomu je jejich využití velice vhodné v obcích a okolí.



Obr. 13 Zahradní drtič Laksi LS 150 /27 CB [29]

2.3.4 S VLASTNÍMI KOLY

Drtiče vybaveny vlastními koly jsou využívány převážně na zahradách kolem rodinných domů, kde využívají své vlastní kola k snadnému přemístění a manipulaci na krátké vzdálenosti. Stroje jsou většinou vybaveny elektromotory nebo spalovacími motory, které slouží k pohánění drtícího mechanismu.



*Obr. 14 Zahradní drtič Fieldmann
FZD 4020-E [36]*

3 PŘEHLED DRTIČŮ DOSTUPNÝCH NA TRHU

Na trhu se drtiče větví vyskytují ve velkém množství od různých výrobců. Při výběru drtícího stroje musíme brát v potaz, kde a jak často se stroj bude využívat. Případně zákazník může stroj vybírat podle požadované velikosti štěpky, a to podle výkonu a typu drtícího mechanismu.

3.1 BOSCH

Bosch je německá firma, která vznikla v roce 1886 ve městě Stuttgart. V České republice se nachází několik dceřiných společností. Tato firma se zabývá průmyslovou technikou, elektrickým nářadím, domácími spotřebiči, až po vybavení pro automobilový průmysl. [10]

Společnost Bosch vyrábí univerzální zahradní drtiče, které jsou určeny k drcení větví malých i velkých průměrů. Firma klade důraz na bezpečnost stroje, a proto jsou zahradní drtiče opatřeny inteligentním bezpečnostním prvkem, který nám umožní zapnout stroj jen tehdy, když je nasazená sběrná nádoba. [11]

3.1.1 BOSCH AXT 25 TC

Zahradní drtič AXT 25 TC je vybaven drtícím systémem se speciálním válcem („Turbine-Cut“) viz obrázek Obr. 5 v kapitole 2.1.3. Tento systém nám zaručuje rychlé drcení měkkého i tvrdého materiálu a také současně zaručuje automatické vtahování materiálu dovnitř drtiče. Model AXT 25 TC je elektrický a díky svému výkonu 2500 W dokáže za hodinu rozdrtit až 230 kg. Maximální větve, které můžeme do drtiče vložit, jsou do průměru 45 mm. Drtič má také zpětný chod a je vybaven sběrným košem. Mezi výhody patří jeho skladnost (možnost oddělení trychtýře) a tichý chod. [12]



Obr. 15 Drtič AXT 25 TC [12]

Tab. 1 Technické parametry drtiče AXT 25 TC [13]

Systém drcení	válcový
Druh pohonu	elektrický
Výkon	2 500 W
Hmotnost	30,5 kg
Max. průměr větvi	45 mm
Sběrací koš	ano
Cena	11 599 Kč

3.1.2 BOSCH AXT RAPID 2000

Stroj pracuje na způsobu drcení pomocí nožové hlavy. Nože jsou ze speciální velmi ostré kalené oceli (laserem řezané) s dlouhou životností. Drtičí nože jsou schopny nadrtit větve do průměru 35 mm. Drtič větvi je vybaven vysokootáčkovým motorem Bosch Powerdrive s kroutícím momentem 12 Nm a jeho průchodnost materiálu je 80 kg/h. Má velice rozměrný trychtýř a jednoduché vtahování materiálu. Dále obsahuje praktický pěchovač, díky kterému dochází ke stejnoměrnému dodávání materiálu a rychlému drcení. Jako výhodu můžeme považovat jeho nízkou hmotnost a můžeme drtič jednoduše přepravovat z jednoho místa na druhé. [14]

Tab. 2 Technické parametry drtiče AXT Rapid 2000 [14]

Systém drcení	nože
Druh pohonu	elektrický
Výkon	2 000 W
Hmotnost	11,5 kg
Max. průměr větvi	35 mm
Sběrací koš	ne
Cena	4 990 Kč



Obr. 16 Drtič AXT Rapid 2000 [14]

3.2 BYSTRŮŇ – INTEGRACE s.r.o.

Společnost BYSTRŮŇ – INTEGRACE s.r.o. je česká firma založená v roce 1990, která vyrábí stroje pro lesní a zemědělský průmysl. Firma vyrábí drtiče větví ve všech možných variantách jejich pohonů (pohon traktorem, se spalovacím motorem, s elektromotorem). [15]

3.2.1 MURÉNA DIESEL 32HP

Drtič větví, který využívá drticí mechanismus s nožovou hlavou (3 nože). Má automatické vtahování materiálu, které obstarávají dva válce. Stoj má hydraulický okruh a vlastní diesel motor Lombardini 32 HP. Velikost štěpky můžeme nastavit pomocí zvolené rychlosti podávajícího zařízení. Drtič je posazený na přívěsném vozíku, který lze připevnit za traktor či automobil. Drcený materiál je veden ven přes nastavitelný komín do vybraného prostoru. [16]

Tab. 3 Technické parametry drtiče Muréna diesel 32HP [16]

Systém drcení	nože
Druh pohonu	dieselový
Výkon	23 862 W
Hmotnost	620 kg
Max. průměr větví	100 mm
Sběrací koš	ne
Cena	250 000 Kč



Obr. 17 Drtič Muréna diesel 32HP [16]

3.3 ROJEK

Česká firma ROJEK byla založena panem Josefem Rojkem v roce 1921. Firma vyrábí dřevoobráběcí stroje, teplovodní kotle a drtiče větví. [17]

3.3.1 DRTIČ DH 10 SP

Jedná se o drtič, který se řadí mezi drtiče s drtícím mechanismem s protiběžnými hřídelemi. Stroj je vhodný k hrubému drcení větví do průměru 80 mm. Využívá se především k odstranění dřevního odpadu z truhlářské výroby, pil a také v lesnictví. Stroj je vybaven benzínovým motorem HONDA GX 160 o výkonu 3,6 kW. Drtič má ochranu proti přetížení nebo zaseknutí, a to díky talířovým pružinám na reakčním šroubu. [30]

Tab. 4 Technické parametry drtiče DH 10 SP [30]

Systém drcení	nože
Druh pohonu	benzínový
Výkon	3 600 W
Hmotnost	250 kg
Max. průměr větví	80 mm
Sběrací koš	ne
Cena	94 259 Kč



Obr. 18 Drtič DH SP [30]

3.4 WEIBANG

Weibang Garden Machine je společnost, která byla založena v roce 1997 v Číně, je jedním z největších výrobců zahradní techniky v Číně a má zastoupení po celém světě. Firma se specializuje na výrobu profesionálních zahradních strojů, které zahrnují sekačky na trávu, štěpkovače, drtiče dřeva, štípačky na dřevo a další. [31]

3.4.1 WEIBANG WB SH 8013 H

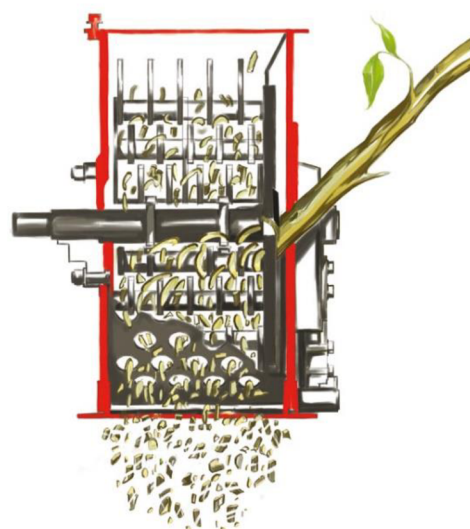
Profesionální drtič větví s velmi kvalitně provedeným drticím mechanismem. K drcení dřevního materiálu využívá 2 ostré sekací nože z kalené oceli a 30 kladívkových nožů. Díky masivnímu drticímu mechanismu dokáže drtič rozmělnit větve do průměru 75 mm na drobnou drť. Tento drtič je vybaven benzínovým motorem Honda GX 390 a je určen jak pro domácí účely, tak i pro profesionální využití. [32]

Tab. 5 Technické parametry drtiče WEIBANG WB SH 8013 H [32]

Systém drcení	nože
Druh pohonu	benzínový
Výkon	9 560 W
Hmotnost	198 kg
Max. průměr větví	75 mm
Sběrací koš	ne
Cena	69 890 Kč



Obr. 19 Drtič WEIBANG WB SH 8013 H [32]



Obr. 20 Drticí mechanismus drtiče WEIBANG WB SH 8013 H [32]

3.5 NEGRI

Italská společnost Negri Garden Equipment s.r.o. vznikla v roce 1991 a je mezinárodně známá v odvětví zahradní techniky. Firma se zabývá především stroji, které slouží ke zpracování dřevní hmoty např.: štěpkovače, drtiče, štípače a další. Dále nabízí možnost vybrat si u většiny strojů typ pohonu (elektrický, benzínový, naftový, traktorem). [33]

3.5.1 NEGRI BIO R280TN

Drtič využívá kvalitní drtící systém 2 sekacích nožů a 24 kladívkových nožů a je poháněn traktorovým pohonem PTO. Stroj vlastní hydraulické podávací válce, které nám umožňují upravovat rychlost podávání. Výhodou drtiče je násypka s pásovým dopravníkem, který jednoduše dopravuje materiál dovnitř drtiče. Stroj má bezpečnostní systém NOSTRESS, který chrání stroj před blokadou a systém SHC, který chrání stroj před přetížením. [33]

Tab. 6 Technické parametry drtiče Negri bio R280TN [33]

Systém drcení	nože
Druh pohonu	traktor PTO
Výkon	26 000 W
Hmotnost	630 kg
Max. průměr větví	150 mm
Sběrací koš	ne
Cena	505 151 Kč



Obr. 21 Drtič Negri bio R280TN [33]

3.6 UNTHA

UNTHA shredding technology je rakouská firma, která se zabývá výrobou drtičů pro zpracování dřeva, komunálních odpadů, papíru, fólií a podobně. Firma klade velký důraz na bezpečnost a kvalitu drticích strojů. [34]

3.6.1 LR520

Drtič LR520 je doporučen pro menší truhlárny, kde se zpracovává dřevo do 3 m³ za týden. Tento stroj je velice spolehlivý, kompaktní a velmi energeticky účinný. K drcení materiálu využívá hřidel osazenou vyměnitelnými noži, která snadno rozřeže zbytkové dřevo a vyžaduje výkon 11kW. Stroj je vybaven mechanismem, který detekuje cizí předměty a automaticky drtič vypne. Zařízení se také automaticky vypne, pokud běží naprázdno po dobu 3 minut, což šetří energii a provozní náklady. [35]

Tab. 7 Technické parametry drtiče LR520 [35]

Systém drcení	hřidel s noži
Druh pohonu	elektrický
Výkon	11 000 W
Hmotnost	850 kg
Max. průměr větví	25 mm
Sběrací koš	ne
Cena	305 899 Kč



Obr. 22 Drtič LR520 [35]

4 VYHODNOCENÍ DRCENÝCH MATERIÁLŮ

Dřevo je jedním z nejstarších druhů surovin a obnovitelných zdrojů energie. Používá se pro stavbu konstrukcí, nábytků, podlah, palet a dalšího vybavení. [38]

Dřevní odpad vzniká jak při výrobě dřevěných výrobků, tak i při zpracování bioodpadu z veřejné zeleně (větve stromů a keřů). Vzniklý odpad se drtí pomocí drtičů a štěpkovačů. Existuje několik řešení, jak tento odpad dále využívat:

- použití dřevního odpadu jako alternativní zdroj paliva pro vytápění
- kompostování drceného odpadu a bioodpadu (např. firma EKOSO Trhový Štěpánov)
- užití štěrky a kůry v zahradnictví (dekorační úpravy). [37]

4.1 VADY DŘEVA

Dřevo má kromě výhod také nedostatky a vady. Ty se vytváří při růstu stromu, těžbě a zpracování dřeva. Mezi vady jsou řazeny:

- suky
- zapaření dřeva
- vady způsobené houbami a hmyzem
- poškození ptactvem
- hořlavost
- vlhkost. [39]

4.2 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA

Tyto vlastnosti jsou zkoumány bez poškození celistvosti dřeva.

- vlhkost a hustota dřeva
- lesk a vůně dřeva
- barva dřeva
- tepelné, zvukové a elektrické vlastnosti dřeva. [46]

4.3 DŮSLEDKY ZMĚN VLHKOSTI DŘEVA

Z pohledu zpracování dřeva hrají důležitou a největší roli změny rozměru a objemu dřeva. K těmto změnám patří:

- **Sesychání dřeva:** - je proces, kde se zmenšují rozměry, plocha nebo objem dřeva v důsledku ztráty vázané vody.
- **Bobtnání dřeva:** - je schopnost dřeva, kde se zvětšují rozměry, plocha nebo objem dřeva; dřevo přijímá vodu a vlhne (opačný děj sesychání).
- **Borcení dřeva:** - děj, který nastává při sušení dřeva; dochází zde ke změně tvaru.
- **Praskání dřeva:** - děj nastává při nerovnoměrném vysycháním dřeva; vzniká povrchová deformace. [46]

5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH VLASTNÍHO ZAHRADNÍHO DRTIČE

5.1 SPECIFIKACE ZPRACOVÁVANÉHO DŘEVA

Zahradní drtič je určen převážně pro práci na zahradě kolem rodinných domů, kde se nejvíce vyskytují stromy s měkčím dřevem, jako jsou třešně, meruňky, švestky, jabloně, hrušky atd. Tyto stromy jsou většinou stříhány při jarní a podzimní údržbě zeleně. Na základě těchto informací je zvolen maximální průměr větví 45 mm a smyková mez pevnosti napříč vláken, která se vyskytuje v rozmezí od 3 MPa do 8 MPa (horní hodnota je uváděna pro tvrdší dřevo) dle literatury [46].

5.2 VOLBA POHONU DRTIČÍHO MECHANISMU

V námi zadané problematice se jedná o zahradní drtič a na základě řešení této problematiky je drtičí mechanismus u většiny zahradních drtičů poháněn elektromotorem. Z hlediska efektivity drtiče byl zvolen elektromotor SIEMENS 1LE1002-1CD22, který je zcela dostačující i z hlediska výkonu motoru. Veškeré parametry motoru jsou zapsány v tabulce (Tab. 8).

Tab. 8 Parametry elektromotoru SIEMENS 1LE1002-1CD22 [40]

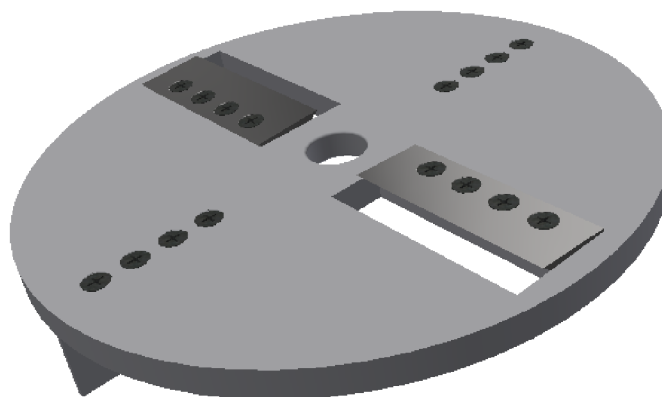
Velikost (osová výška)	132 mm
Výkon	3 000 W
Hmotnost	44 kg
Otáčky	715 min ⁻¹
Napětí	400/230 V, 50 Hz
Provedení	Patkový, IMB3



Obr. 23 Elektromotor SIEMENS 1LE1002-1CD22 [41]

5.3 VOLBA DRTÍČÍHO MECHANISMU

Jako drtící mechanismus je vybrán diskový mechanismus, který je z hlediska konstrukce jednoduchý a zaručuje efektivitu drcení. Disk je osazen dvěma vyměnitelnými noži a lopatkami. Lopatky jsou přimontovány pomocí šroubů, které slouží k odvodu zpracované dřevní hmoty pryč ze stroje.



Obr. 24 Disk drtícího mechanismu

5.4 VÝPOČET PŘEVODOVÉHO POMĚRU MEZI ELEKTROMOTOREM A DRTÍČÍM MECHANISMEM

5.4.1 ZVOLENÉ PARAMETRY

Parametry motoru:

$$P = 3000 \text{ W}$$

$$n_{motor} = 715 \text{ min}^{-1}$$

Parametry zpracovávaného dřeva:

$$d_{mat} = 45 \text{ mm}$$

$$\tau_s = 4 \text{ MPa}$$

Kde: τ_s – Mez pevnosti ve smyku napříč vláken [MPa], dle literatury [46]

P – Výkon motoru [W], dle kapitoly (5.2)

n_{motor} – Otáčky motoru [min^{-1}]

d_{mat} – Maximální průměr vkládané větve [mm]

5.4.2 PLOCHA PRŮŘEZU MATERIÁLU

$$S = \frac{\pi \cdot d_{mat}^2}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (1)$$

$$S = \frac{\pi \cdot 45_{mat}^2}{4}$$

$$S = 1590,43 \text{ mm}^2$$

Kde: π - Ludolfovo číslo [-]

5.4.3 SÍLA POTŘENÁ PRO PŘESEKNUTÍ VĚTVE

$$F = \tau_s \cdot S \text{ [N]} \quad (2)$$

$$F = 4 \cdot 1590,43$$

$$F = 6362 \text{ N}$$

Kde: S - Plocha průřezu materiálu [mm^2], dle rovnice (1)

5.4.4 PRÁCE DRTÍČÍHO MECHANISMU

Práce drtícího mechanismu je energie potřebná k přeseknutí větve za jednu otáčku. Drtící mechanismus je osazen dvěma noži, proto je práce vynásobena dvěma.

$$E_s = 2 \cdot F \cdot \frac{d_{mat}}{1000} \text{ [J]} \quad (3)$$

$$E_s = 2 \cdot 6362 \cdot \frac{45}{1000}$$

$$E_s = 572,6 \text{ J}$$

Kde: F - Síla pro přeseknutí větve [N], dle rovnice (2)

5.4.5 ČAS POTŘEBNÝ NA JEDNU OTÁČKU DRTÍČÍHO MECHANISMU

$$t = \frac{E_s}{P} \text{ [s]} \quad (4)$$

$$t = \frac{572,6}{3000}$$

$$t = 0,191 \text{ s} = 0,00318 \text{ min}$$

Kde: E_s - Práce drtícího mechanismu [J], dle rovnice (3)

5.4.6 OTÁČKY DRTÍCIHO MECHANISMU

$$n = \frac{1}{t} [\text{min}^{-1}] \quad (5)$$

$$n = \frac{1}{0,00318}$$

$$n = 314,465 \text{ min}^{-1}$$

Kde: t - čas [min], dle rovnice (4)

5.4.7 PŘEVODOVÝ POMĚR MEZI ELEKTROMOTOREM A DRTÍCÍM MECHANISMEM

$$i = \frac{n_{\text{motor}}}{n} [-] \quad (6)$$

$$i = \frac{715}{314,465}$$

$$i = 2,274$$

Kde: n - Otáčky drtícího mechanismu [min^{-1}], dle rovnice (5)

n_{motor} - Výstupní otáčky hřídele elektromotoru [min^{-1}]

5.5 NÁVRH ŘEMENOVÉHO PŘEVODU

Pro přenos rotačního pohybu a točivého momentu z hřídele elektromotoru na hřídel drtícího mechanismu byl zvolen řemenový převod. Výhodou řemenového převodu je nízká cena výroby, jednoduchost a snadná údržba.

Podle výkonu elektromotoru $P = 3 \text{ kW}$ a výstupním otáčkám hřídele elektromotoru $n_{\text{motor}} = 715 \text{ min}^{-1}$ byl zvolen dle literatury [47] úzký klínový řemen typu SPZ. Následně byl vybrán průměr malé řemenice $d_{r1} = 112 \text{ mm}$.

5.5.1 PRŮMĚR VELKÉ ŘEMENICE

$$d_{r2} = i \cdot d_{r1} [\text{mm}] \quad (7)$$

$$d_{r2} = 2,274 \cdot 112$$

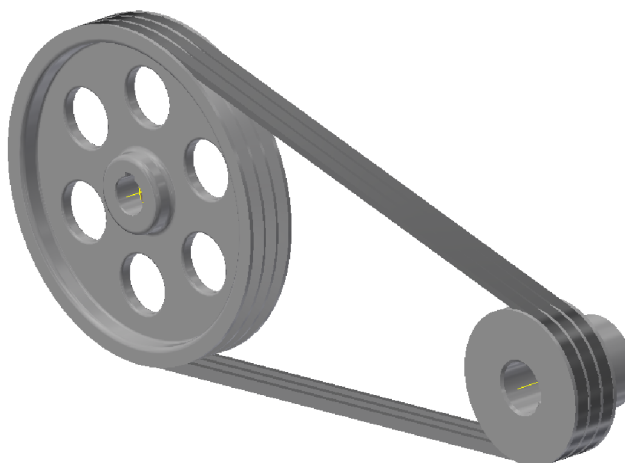
$$d_{r2} = 254,69 \text{ mm} \rightarrow \text{dle literatury [47], byl zvolen průměr velké řemenice } d_{r2} = 250 \text{ mm}$$

Kde: d_{r1} - Průměr malé řemenice [mm]

i - Převodový poměr [-], dle rovnice (6)

5.5.2 VLASTNOSTI ŘEMENE

Veškeré vlastnosti řemene jsou vypočítány v programu Autodesk Inventor Professional 2019 a následně zapsány do tab. 9.



Obr. 25 Řemenový převod

Tab. 9 Vlastnosti úzkého klínového řemene DIN 7753

Počet řemenů	z	3,000 [-]
Vzdálenost os řemenic	x	409,9 mm
Úhel klínu	α	40,00°
Šířka řemene	b_b	9,700 mm
Výška	h	8,000 mm
Výpočtová šířka	b_w	8,500 mm
Výpočtová délka	L_d	1400,000 mm
Minimální doporučený výpočtový průměr řemenice	D_{wmin}	63,000 mm
Maximální rychlost řemenu	v_{max}	40,000 m/s
Rychlost řemenu	v	4,193 m/s
Ohybová frekvence	f_b	5,990 Hz
Obvodová síla	F_p	715,482 N
Pracovní předpětí řemene	F_N	1431 N
Úhel opsání malé šroubovice	β_1	160,62°
Součinitel úhlu opásání	c_1	0,953 [-]
Součinitel provozního zatížení	c_2	1,100 [-]
Výsledný provozní součinitel	c_{PR}	1,480 [-]
Součinitel délky	c_3	0,960 [-]
Součinitel počtu řemenů	c_4	0,950 [-]
Součinitel počtu řemenic	c_5	1,000 [-]

5.6 NÁVRH HŘÍDELE

Na hřídeli je přivařen disk drtícího mechanismu, proto byl zvolen materiál hřídele ČSN 12020. Tato konstrukční ocel má zaručenou tavnou svařitelnost a používá se pro šrouby, čepy, vačkové hřídele, ozubená a řetězová kola. U výpočtů se vychází z toho, že hřídel je namáhána střídavým ohybem a míjivým krutem.

5.6.1 KROUTÍCÍ MOMENT PŘENÁŠENÝ HŘÍDELÍ

$$M_k = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} \text{ [N} \cdot \text{m]} \quad (8)$$

$$M_k = \frac{3000 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 314,465}$$

$$M_k = 91,1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

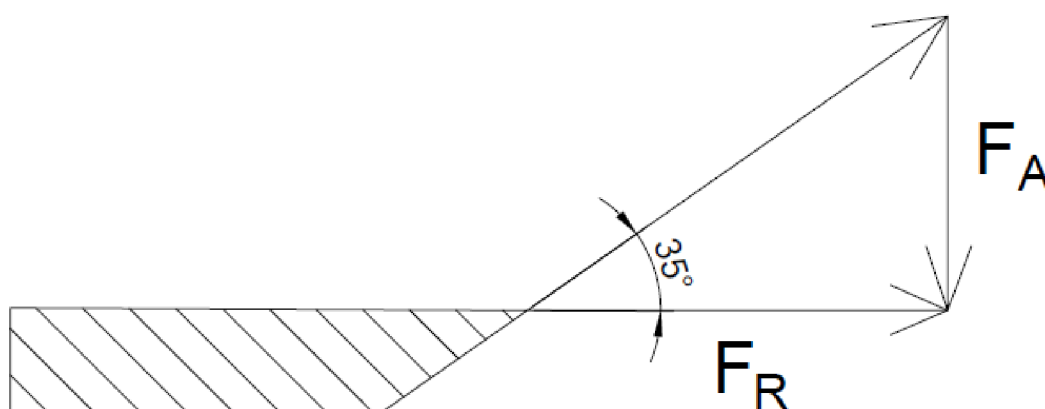
Kde: P – Jmenovitý výkon elektromotoru [W], dle tabulky (Tab. 8)

π – Ludolfovo číslo [-]

n – Otáčky drtícího mechanismu [min^{-1}], dle rovnice (5)

5.6.2 ROZLOŽENÍ SIL NA NOŽI

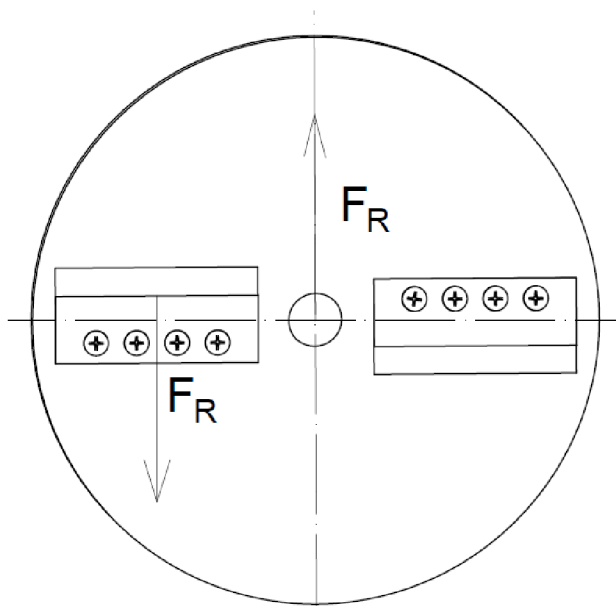
Střížná síla se rozděluje podle úhlu břitu nože na radiální a axiální složku síly.



Obr. 26 Rozklad sil na noži

5.6.3 RADIÁLNÍ SÍLA VZHLEDEM K OSE HŘÍDELE

Při vkládání větvi do drtícího mechanismu vzniká na noži radiální síla. Tato síla je považována za ohybovou sílu, která namáhá hřídel na ohyb.



Obr. 27 Radiální zatížení hřídele

$$F_R = \cos \beta \cdot F \text{ [N]} \quad (9)$$

$$F_R = \cos 35^\circ \cdot 6362$$

$$F_R = 5211,2 \text{ N}$$

Kde: F – Síla potřebná pro přeseknutí větve [N], dle rovnice (2)

β - Úhel břitu sekacího nože [°]

5.6.4 AXIÁLNÍ SÍLA VZHLEDEM K OSE HŘÍDELE

$$F_A = \sin \beta \cdot F \text{ [N]} \quad (10)$$

$$F_A = \sin 35^\circ \cdot 6362$$

$$F_A = 3648,9 \text{ N}$$

Kde: F – Síla potřebná pro přeseknutí větve [N], dle rovnice (2)

β - Úhel břitu sekacího nože [°]

5.6.5 MINIMÁLNÍ PRŮMĚR HŘÍDELE

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2 \cdot \tau_{dov}}} \text{ [mm]} \quad (11)$$

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{91,1}{0,2 \cdot 55 \cdot 10^6}}$$

$d_{\min} = 20,23 \text{ mm} \rightarrow$ dle literatury [47], byl zvolen průměr válcového konce hřídele

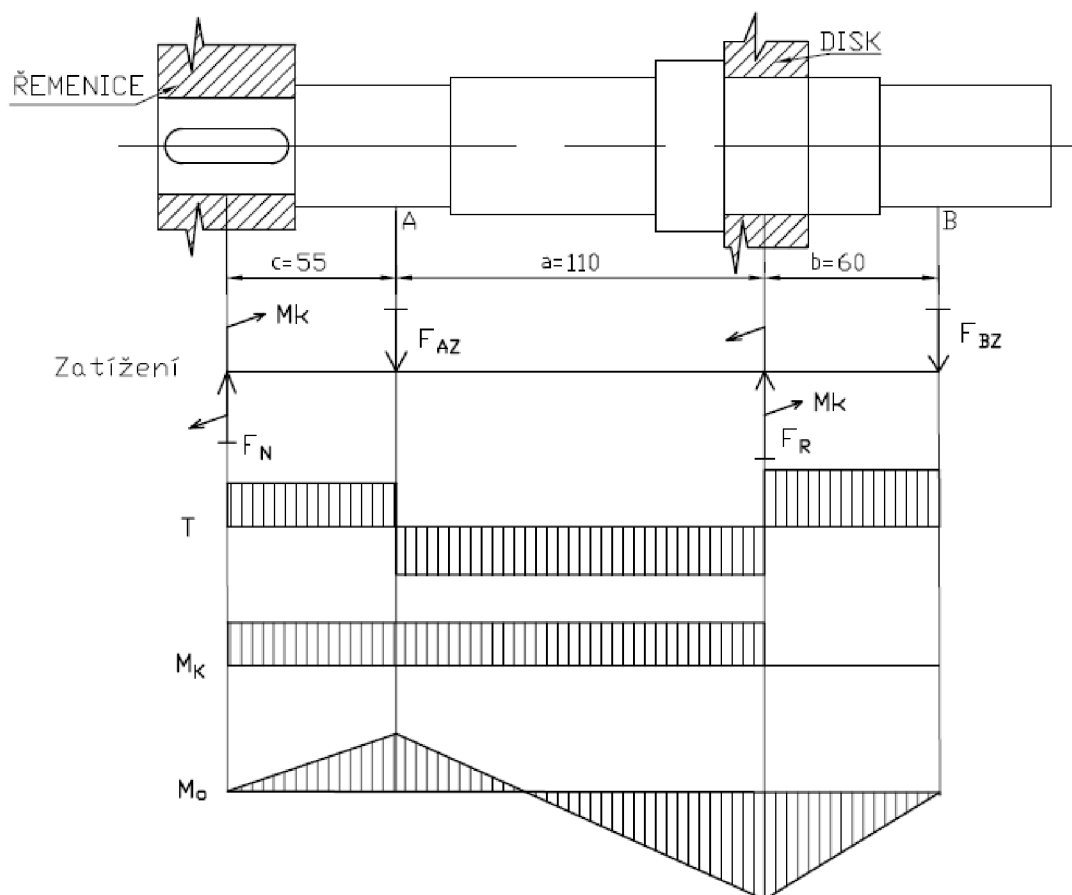
$d = 28 \text{ mm}$

Kde: M_k - Krouticí moment přenášený hřídelí [N·m], dle rovnice (8)

τ_{dov} - Dovolené napětí v krutu $\tau_{dov} = 55 \text{ MPa}$, dle literatury [47]

d - Zvolený průměr válcového konce hřídele [mm]

5.6.6 VÝPOČET REAKČNÍCH SIL V LOŽISKÁCH – ROVINA XZ



Obr. 28 Průběh VVÚ na hřídeli drtičeho mechanismu – rovina XZ

Podmínky:

$$\sum F_Z = 0 \qquad F_N - F_{AZ} + F_R - F_{BZ} = 0$$

$$\sum M_O = 0 \text{ k ložisku A} \qquad -F_N \cdot c + F_R \cdot a - F_{BZ} \cdot (b + a) = 0$$

Radiální síla v ložisku B:

$$F_{BZ} = \frac{F_R \cdot a - F_N \cdot c}{(b + a)} \text{ [N]} \qquad (12)$$

$$F_{BZ} = \frac{5211 \cdot 110 - 1431 \cdot 55}{(60 + 110)}$$

$$F_{BZ} = 2909 \text{ N}$$

Kde: F_N – Pracovní předpětí řemene [N], dle tabulky (Tab. 9)

F_R – Radiální síla vzhledem k ose hřídele [N], dle rovnice (9)

b – Vzdálenost od osy disku po ložisko B [mm], dle obrázku (Obr. 28)

c – Vzdálenost od osy řemenice k ložisku A [mm], dle obrázku (Obr. 28)

a – Vzdálenost od osy disku po ložisko A [mm], dle obrázku (Obr. 28)

Radiální síla v ložisku A:

$$F_{AZ} = F_N + F_R - F_{BZ} \text{ [N]} \qquad (13)$$

$$F_{AZ} = 1431 + 5211 - 2909$$

$$F_{AZ} = 3733 \text{ N}$$

Kde: F_{BZ} – Radiální síla v ložisku B [N], dle rovnice (12)

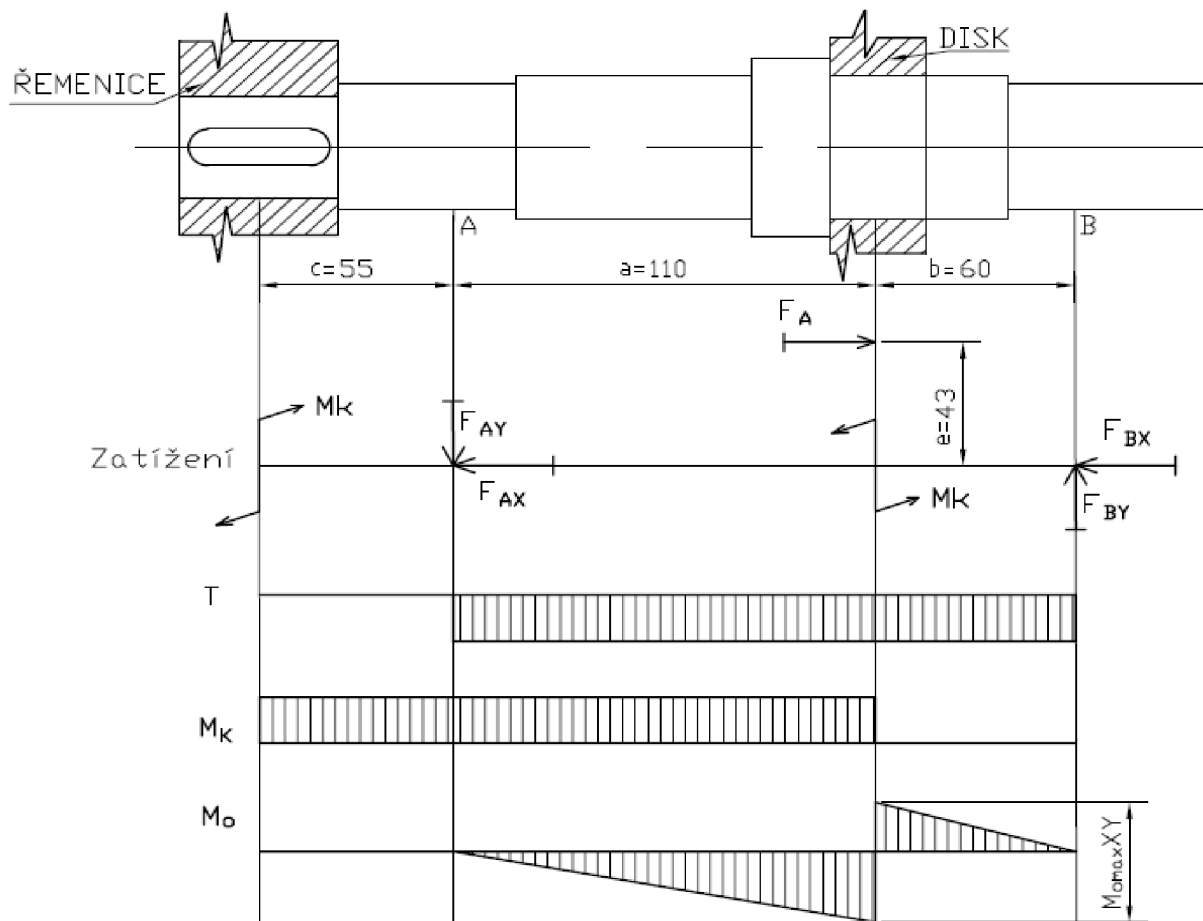
Maximální ohybový moment:

$$M_{\text{omax XZ}} = F_{BZ} \cdot b \text{ [N} \cdot \text{m]} \qquad (14)$$

$$M_{\text{omax XZ}} = 2909 \cdot 0,06$$

$$M_{\text{omax XZ}} = 174,54 \text{ N} \cdot \text{m}$$

5.6.7 VÝPOČET REAKČNÍCH SIL V LOŽISKÁCH – ROVINA XY



Obr. 29 Průběh VVÚ na hřídeli drtícího mechanismu – rovina XY

Podmínky:

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_{AX} + F_A - F_{BX} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{AY} - F_{BY} = 0$$

$$\sum M_o = 0 \text{ k ložisku A}$$

$$-F_A \cdot e + F_{BZ} \cdot (b + a) = 0$$

Radiální síly v ložiskách A a B

$$F_{AY} = F_{BY} = \frac{F_A \cdot e}{(b+a)} \text{ [N]} \quad (15)$$

$$F_{AY} = F_{BY} = \frac{3649 \cdot 43}{(110+60)}$$

$$F_{AY} = F_{BY} = 923 \text{ N}$$

Kde: F_A – Axiální síla vzhledem k ose hřídele [N], dle rovnice (10)

e – Vzdálenost od osy hřídele po otvor pro vkládání větví [mm], dle obrázku (Obr.29)

Axiální síly v ložisku B:

$$F_{BX} = \frac{F_A}{2} \text{ [N]} \quad (16)$$

$$F_{BX} = \frac{3649}{2}$$

$$F_{BX} = 1824,5 \text{ N}$$

Axiální síla v ložisku A:

$$F_{AX} = \frac{F_A}{2} \text{ [N]} \quad (17)$$

$$F_{AX} = \frac{3649}{2}$$

$$F_{AX} = 1824,5 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{\text{omax } XY} = F_A \cdot e \text{ [N} \cdot \text{m]} \quad (18)$$

$$M_{\text{omax } XY} = 3649 \cdot 0,043$$

$$M_{\text{omax } XY} = 156,9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

5.7 VOLBA TĚSNÉHO PERA

Přenos kroutícího momentu mezi velkou řemenicí a hřídelí drtícího mechanismu nám zajišťuje pero těsné. Veškeré výpočty pro volbu pera jsou vypočítány podle literatury [47].

5.7.1 OBVODOVÁ SÍLA NA POVRCHU HŘÍDELE

$$F_{pero} = \frac{2 \cdot M_k}{d} \text{ [N]} \quad (19)$$

$$F_{pero} = \frac{2 \cdot 91,1}{0,028}$$

$$F_{pero} = 6507 \text{ N}$$

Kde: M_k - Kroutící moment přenášený hřídelí [N · m], dle rovnice (8)

d - Průměr válcového konce hřídele [m], dle rovnice (11)

5.7.2 DOVOLENÝ TLAK NA BOCÍCH DRÁŽEK V NÁBOJI

$$p_D = 0,6 \cdot p_0 \text{ [MPa]} \quad (20)$$

$$p_D = 0,6 \cdot 150$$

$$p_D = 90 \text{ MPa}$$

Kde: p_0 - Základní hodnota tlaku pro náboj [MPa], dle literatury [48], zvoleno $p_0 = 150 \text{ MPa}$

5.7.3 MINIMÁLNÍ DÉLKA PERA

$$l = \frac{F_{pero}}{p_D \cdot t_1} + b_p \text{ [mm]} \quad (21)$$

$$l = \frac{6507}{90 \cdot 2,9} + 8$$

$l = 32,93 \text{ mm} \rightarrow$ dle literatury [48], byla zvolena délka pera $l = 36 \text{ mm}$

Kde: F_{pero} - Obvodová síla na povrchu hřídele [N], dle rovnice (19)

p_D - Dovoleno tlak na bocích drážek v náboji [MPa], dle rovnice (20)

t_1 - Hloubka drážky pro pero v náboji [mm], dle literatury [48], zvoleno $t_1 = 2,9$ mm

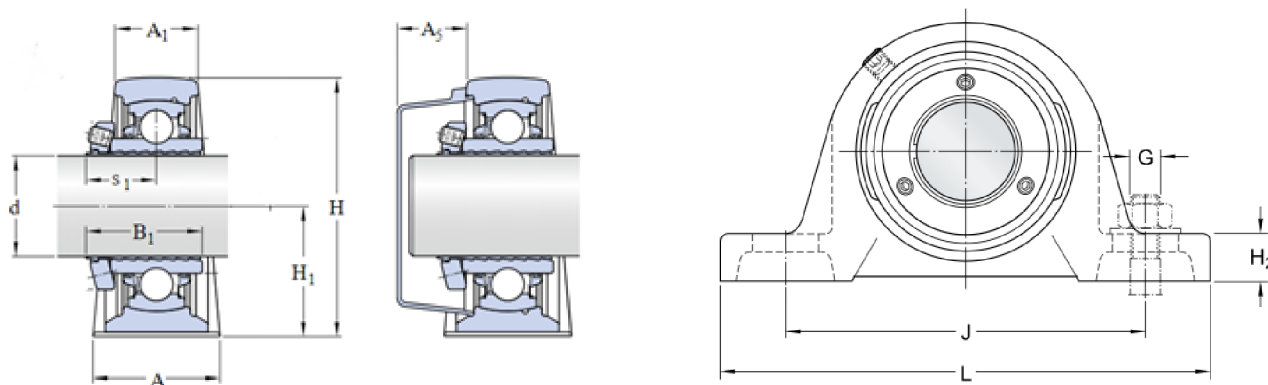
b_p - Šířka drážky pro pero [mm], dle literatury [48], zvoleno $b_p = 8$ mm

5.8 VOLBA LOŽISEK

Hřídel drtícího mechanismu je uložena pomocí dvou ložiskových jednotek Y, které byly vybrány z internetového katalogu SKF. Podle zatížení hřídele musí ložiska zachycovat radiální a axiální síly. Obsahem ložiskových jednotek Y jsou kuličková ložiska YSPAG 207, která dokážou zachycovat vzniklé radiální i axiální síly. Ložiskové jednotky jsou jednoduše přimontovány ke konstrukci pomocí dvou šroubů a posuv hřídele v axiálním směru nám zajišťují stavěcí šrouby.

Tab. 10 Rozměry ložiskové jednotky SY 35 LDW [mm] [42]

d	A	A ₁	A ₅	H	H ₁	H ₂	J	L	G	s ₁
35	45	27	24,5	93	47,6	19	126	160	12	24,5



Obr. 30 Stojatá ložisková jednotka SY 35 LDW [42]

Pro výpočet trvanlivosti ložiska bylo vybráno ložisko A, jelikož toto ložisko je více zatěžováno.

Celková radiální síla působící na ložisko A:

$$F_{RA} = \sqrt{F_{AZ}^2 + F_{AY}^2} \text{ [N]} \quad (22)$$

$$F_{RA} = \sqrt{3733^2 + 923^2}$$

$$F_{RA} = 3845,4 \text{ N}$$

Kde: F_{AZ} – Radiální síla v ložisku A – Rovina XZ [N], dle rovnice (13)

F_{AY} – Radiální síla v ložisku A – Rovina XY [N], dle rovnice (15)

Celková axiální síla působící na ložisko A:

$$F_{AA} = F_{AX} \text{ [N]} \quad (23)$$

$$F_{AA} = 1825 \text{ N}$$

Kde: F_{AX} – Axiální síla v ložisku A – Rovina XY [N], dle rovnice (17).

Základní trvanlivost ložiska A:

$$L_{10hod} = \left(\frac{C}{F_{RA}} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \text{ [h]} \quad (24)$$

$$L_{10hod} = \left(\frac{25500}{3845,4} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 314,465}$$

$$L_{10hod} = 15455 \text{ h}$$

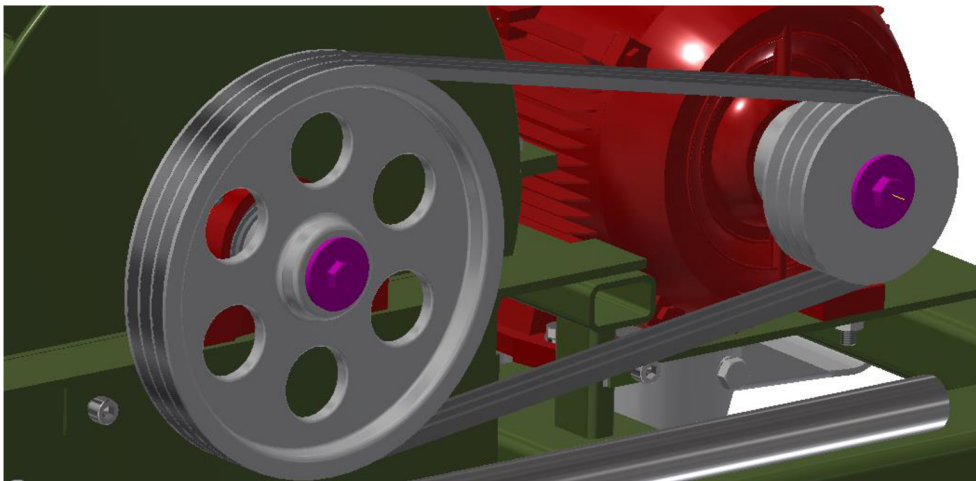
Kde: F_{RA} - Celková radiální síla působící na ložisko A [N], dle rovnice (22)

n - Otáčky drtícího mechanismu [min^{-1}], dle rovnice (5)

C - Základní dynamická únosnost ložiska YSPAG 207 [N], $C = 25500 \text{ N}$

5.9 ZAJIŠTĚNÍ ŘEMENIC PROTI VYSUNUTÍ

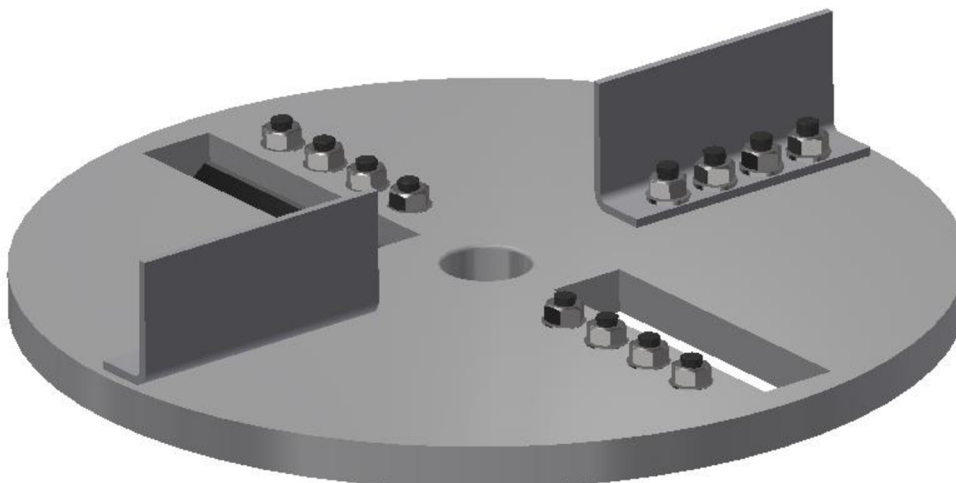
Velká řemenice na hřídeli drtícího mechanismu a malá řemenice na hřídeli elektromotoru jsou zajištěny proti vysunutí pomocí šroubů s podložkami. Toto zajištění můžeme vidět na obrázku (Obr. 31), kde jsou matice i šrouby vyznačeny fialovou barvou.



Obr. 31 Zajištění řemenic proti vysunutí

5.10 ODVOD DRCENÉHO MATERIÁLU ZE STROJE

Odvod drceného materiálu přes výstupní sekci je zajištěn prostřednictvím dvou lopatek, které jsou přimontovány pomocí šroubů a matic k disku drtícího mechanismu. Díky vysoké rychlosti drtícího mechanismu je drť vymrštěna přes vyprazdňovací ústrojí ven ze stroje, kde jsou předem připravena zahradní kolečka či jiná nádoba na drť.



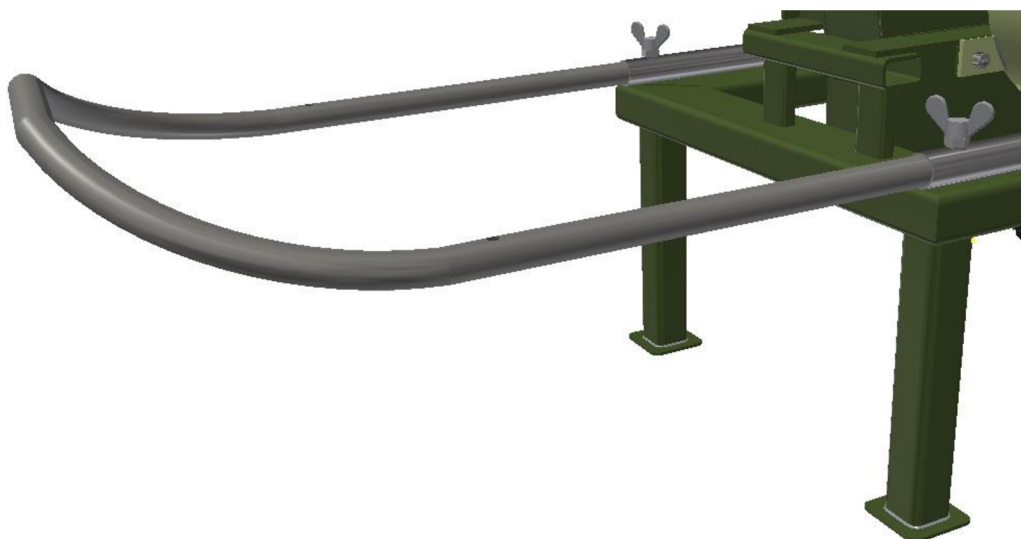
Obr. 32 Lopatky na drtícím mechanismu

5.11 PŘEMÍSTITELNOST STROJE

K přepravě zahradního drtiče z místa na místo se využívají dvě přední kola a vysouvací madlo. Madlo se vysouvá ve dvou kovových trubkách přivařených k rámu stroje a je přišroubováno k trubce pomocí křídlových šroubů. Manipulace se zahradním drtičem pracuje na jednoduchém principu páky a kola.



Obr. 33 Přední kolečka přišroubovaná k rámu stroje



Obr. 34 Vysouvací madlo zahradního drtiče

5.12 EFEKTIVITA STROJE

Na určení efektivnosti výrobního zařízení, jak kvalitně a efektivně pracuje, se používá ukazatel Celkové efektivnosti zařízení (OEE - Overall Equipment Effectiveness). Při jeho výpočtu se berou v úvahu tři základní ukazatelé:

- Dostupnost a využití
- Výkon zařízení
- Kvalita výroby [45]

Hlavním úkolem stroje je minimalizovat celkové náklady a maximalizovat užitek neboli za co nejkratší čas podrtit co nejvíce dřevního odpadu. Posláním strojírenského výrobku je především jeho ekonomický efekt, ne technická dokonalost, ta je pouze prostředkem k funkci. Efektivitu drcení stroje nám zajišťuje vhodná volba drtícího mechanismu, a jako drtící mechanismus byl zvolen disk s noži, který zároveň zastává funkci setrvačnicku.

6 VÝSLEDNÝ 3D MODEL ZAHRADNÍHO DRTIČE

Výsledný model vlastního zahradního drtiče vidíme na obrázcích níže (*Obr. 34, Obr. 35*). Model byl vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2019. CAD modely pneumatických koleček, elektromotoru a ložiskových stojatých jednotek Y byly staženy z internetových katalogů TRACEPARTS [44], SIEMENS [43] a SKF [42].



Obr. 34 3D model zahradního drtiče



Obr. 35 3D model zahradního drtiče – Pohled z boku

ZÁVĚR

Výsledkem této bakalářské práce je návrh vlastní konstrukce zahradního drtiče větví, který má za úkol zpracovávat větve po jarní či podzimní údržbě zahrady okolo rodinného domu. V úvodu se práce zabývá principem drcení a celkovým přehledem dostupných drtičů dřevního odpadu na trhu. Na základě rozsáhlé rešerše byly zvoleny parametry drtiče a následně navržena a vytvořena vlastní konstrukce zahradního drtiče z hlediska efektivity drcení.

Při tvorbě vlastní konstrukční řešení byly provedeny základní konstrukční výpočty, jako je například výpočet převodového poměru mezi elektromotorem a drticím mechanismem. Přenos kroutícího momentu je realizován prostřednictvím řemenic a klínových řemenů. Další komponenty drtiče byly zvoleny ke snadné manipulaci se strojem, automatickému odvodu zpracovávaného materiálu pryč z drtiče a jednoduché montáži. Dále byla brána v potaz efektivita drcení, proto byl zvolen dostatečně silný elektromotor a vybrán diskový drticí mechanismus. Obsahem práce je vytvořený 3D model navrženého zahradního drtiče s výkresovou dokumentací.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] How Wood Chippers Work. *Thomasnet.com* [online]. [cit. 2018-10-31]. Dostupné z: <https://www.thomasnet.com/articles/machinery-tools-supplies/How-Wood-Chippers-Work>
- [2] Drtiče a štěpkovače: k čemu se používají a jak se liší?. *Mountfield.cz* [online]. [cit. 2018-10-31]. Dostupné z: <https://www.mountfield.cz/poradna/drtice-a-stepkovace-k-cemu-se-pouzivaji-a-jak-se>
- [3] JAKÝ JE ROZDÍL MEZI DRTIČEM A ŠTĚPKOVAČEM. *Dumazahrada.cz* [online]. [cit. 2018-10-31]. Dostupné z: <http://www.dumazahrada.cz/zahrada/technika/24994-jaky-je-rozdil-mezi-drticem-a-stepkovacem/>
- [4] HECHT - Jaké jsou výhody zubové a nožové hlavy v drtiči?. *HECHT - specialista na zahradu - HECHT.cz e-shop* [online]. Copyright © Hecht.cz 2018 [cit. 05.11.2018]. Dostupné z: <https://cz.hecht.cz/info/jake-jsou-vyhody-zubove-a-nozove-hlavy-v-drtici>
- [5] dTest: Jak vybrat zahradní drtič-Nezávislé testy, víc než jen recenze. *dTest: Nezávislé testy, víc než jen recenze* [online]. Copyright © dTest, o.p.s., Všechna práva vyhrazena. [cit. 05.11.2018]. Dostupné z: <https://www.dtest.cz/clanek-1769/jak-vybrat-zahradni-drtic>
- [6] A Guide to Electric Garden Shredders and Chippers | Gardenlines. *Buy Quality Petrol Lawnmowers, Garden Shredders, Hedge Trimmers, Lawn Strimmers, Petrol Chainsaws | Gardenlines* [online]. Dostupné z: <https://www.gardenlines.co.uk/articles/shredders-chippers/guide-electric-garden-shredders-and-chippers>
- [7] Drtič dřevní hmoty DH 10 TP - bez kardanové hřídele | Šimek proficentrum - vše pro truhláře. *Šimek proficentrum - vše pro truhláře* [online]. Copyright © ŠIMEK proficentrum s.r.o., Česká republika, EU, Tel. [cit. 09.11.2018]. Dostupné z: <https://www.simek.eu/drtic-drevni-hmoty-dh-10-tp-bez-kardanove-hridele/>
- [8] Zahradní odpad uklidíte do drtiče – Novinky.cz. *Novinky.cz – nejčtenější zprávy na českém internetu* [online]. Copyright © 2003 [cit. 12.11.2018]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/bydleni/zahrada/179822-zahradni-odpad-uklidte-do-drtice.html>
- [9] NUD – Nesený Univerzální Drtič (STS Prachatice, a.s.). *Celosvětový firemní rejstřík - Mezinárodní databáze firem - Kompas* [online]. Copyright © [cit. 13.11.2018]. Dostupné z: <https://cz.kompass.com/p/nud-neseny-univerzalni-drtic/7ae57865-d75a-474b-924a-1ea5c23ad46d/>
- [10] Naše společnost | Bosch Česká republika. *Domovská stránka | Bosch Česká republika* [online]. Copyright © Robert Bosch odbytová s.r.o. 2018, všechna práva vyhrazena [cit. 19.11.2018]. Dostupné z: <https://www.bosch.cz/nase-spolecnost/bosch-v-ceske-republice/>
- [11] Drtiče větví a odpadu, kompostovače - Nářadí dle druhu - BOSCH NÁŘADÍ CZ. *Bosch nářadí - BOSCH NÁŘADÍ CZ* [online]. Copyright © Elavi.cz [cit. 19.11.2018]. Dostupné z: <http://www.bosch-naradi-cz.cz/naradi-dle-druhu/drtice-vetvi-a-odpadu-kompostovace/c2862/>

- [12] Drtič větví Bosch AXT 25 TC - BOSCH NÁŘADÍ CZ. *Bosch nářadí - BOSCH NÁŘADÍ CZ* [online]. Copyright © Elavi.cz [cit. 19.11.2018]. Dostupné z: <http://www.bosch-naradi-cz.cz/drtic-vetvi-bosch-axt-25-tc/d4089/>
- [13] Specifikace Bosch AXT 25 TC - Heureka.cz. *Zahradní drtiče - Heureka.cz* [online]. Copyright © 2007 [cit. 19.11.2018]. Dostupné z: <https://zahradni-drtice.heureka.cz/bosch-axt-25-tc/specifikace/#section>
- [14] Bosch AXT Rapid 2000 Drtič větví 0600853500 - BOSCH NÁŘADÍ CZ. *Bosch nářadí - BOSCH NÁŘADÍ CZ* [online]. Copyright © Elavi.cz [cit. 19.11.2018]. Dostupné z: <http://www.bosch-naradi-cz.cz/bosch-axt-rapid-2000-drtic-vetvi-0600853500/d5606/>
- [15] O nás. *Nabídka produktů Bystron - Integrace s.r.o.* [online]. Copyright © 2017 [cit. 19.11.2018]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/o-nas/>
- [16] Drtiče MURENA DIESEL 32HP Bystron - Integrace s.r.o.. *Nabídka produktů Bystron - Integrace s.r.o.* [online]. Copyright © 2017 [cit. 19.11.2018]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/produkty/kategorie/55/drtice/112/se-spalovacim-motorem/vyrobek/40/murena-diesel-32hp/>
- [17] O firmě. *Rojek.cz* [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: http://www.rojek.cz/rojek.asp?jazyk=cz&d=rojek_drevoobrabeci_stroje_o_firme&go=OFirme
- [18] Bosch AXT 2000 HP vs. AXT 2500 HP. *Zahrada.cz* [online]. [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <https://www.zahrada.cz/forum/naradi-a-pomucky/bosch-axt-2000-hp-vs-axt-2500-hp-88766/>
- [19] AXT 25 TC | Drtiče | Zahrada | Bosch. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © Robert Bosch GmbH [cit. 05.11.2018]. Dostupné z: <https://www.bosch-garden.com/cz/cs/zahradnick%C3%A9n%C3%A1%C5%99ad%C3%AD/zahradn%C3%A4n%C3%A1%C5%99ad%C3%AD/axt-25-tc-3165140465366-199967.jsp>
- [20] Drtiče a štěpkovače: K čemu se používají a jak se liší? | Mountfield. *Mountfield - specialista č.1 pro vaši zahradu | Mountfield* [online]. Copyright © 2001 [cit. 05.11.2018]. Dostupné z: <https://www.mountfield.cz/poradna/drtice-a-stepkovace-k-cemu-se-pouzivaji-a-jak-se>
- [21] DH 10 S - Drtič dřevní hmoty. *Rojek.cz* [online]. [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: <http://www.rojek.cz/rojek.asp?jazyk=cz&Vyrobek=1660000&go=Vyrobek>
- [22] 400 Bad Request. *ELVA PROFI - prodej a půjčovna nářadí České Budějovice* [online]. Dostupné z: http://www.elvaprofi.cz/zahradni-technika/drtice/gtm_gts-600-e.html#prettyPhoto
- [23] ELEM BV2440 elektrický drtič větví 2400W (BV2440) | ZAHRADA \ DRTIČE VĚTVÍ | Otobram.cz - pohony vrat a bran | automatické domů | Ovládejte svůj domov. *Otobram.cz - pohony vrat a bran | automatické domů | Ovládejte svůj domov* [online]. Dostupné z: <https://otobram.cz/product-cze-9739-ELEM-BV2440-elektricky-drtic-vetvi-2400W-BV2440.html>

- [24] Benzinový drtič Patriot GBK-70 | Mountfield. *Mountfield - specialista č.1 pro vaši zahradu* | Mountfield [online]. Copyright © 2001 [cit. 13.11.2018]. Dostupné z: https://www.mountfield.cz/benzinovy-drtic-patriot-gbk-70-1zho1045?gclid=CjwKCAiAiarfBRASEiAw1tYv2Ev4XGXgeRXfn-NhORC5zksaI97tvqA-4hoR2Av8ENOzxAMhRrX2hoCNkMQAvD_BwE
- [25] Hecht 6173 od 9 990 Kč - Heureka.cz. *Zahradní drtiče - Heureka.cz* [online]. Copyright © 2007 [cit. 13.11.2018]. Dostupné z: https://zahradni-drtice.heureka.cz/hecht-6173/?cs=jarabak-cz&gclid=CjwKCAiAiarfBRASEiAw1tYv8rhLz1fFUZr8F6Py_Vkibt2aoDT7Gj6iqKja6fq8b7AjB6ekFi4GBoCp9EQAvD_BwE
- [26] GTS 1300 PTO - drtič dřeva s pohonem na hřídel – Garland s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.garland.cz/e-obchod/gts-1300-pto-drtic-dreva-s-pohonem-na-hridel>
- [27] Drtiče MURÉNA S ELEKTROMOTOREM 11KW Bystroň - Integrace s.r.o.. *Nabídka produktů Bystroň - Integrace s.r.o.* [online]. Copyright © 2017 [cit. 14.11.2018]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/produkty/kategorie/55/drtice/115/s-elektromotorem/vyrobek/41/murena-s-elektromotorem-11kw/>
- [28] Nesený univerzální drtič NUD. [online]. Copyright © 2017 [cit. 14.11.2018]. Dostupné z: <http://www.stsprachatice.cz/cz/10-lesni-technika/procesory-a-hlavice/284-neseny-univerzalni-drtic-nud>
- [29] Laski LS 150/27 CB zahradní drtič - Nejlepší Ceny.cz. *Nejlepší Ceny.cz - Porovnání cen Nejlevnější Levné Mobilny Mobilní telefony Notebooky Digitální fotoaparáty Bílé zboží MP3 přehrávače DVD* [online]. Copyright © 2018 Nejlepší Ceny.cz [cit. 14.11.2018]. Dostupné z: <https://www.nejlepsceny.cz/zahradni-drtice/laski-ls-150-27-cb.html>
- [30] DH 10 SP - Drtič dřevní hmoty. *Rojek.cz* [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <http://www.rojek.cz/rojek.asp?jazyk=cz&Vyrobek=1662000&go=Vyrobek>
- [31] Weibang | Garden Europe. [online]. Copyright © Copyright bohero bvba. [cit. 23.11.2018]. Dostupné z: <https://www.gardeneurope.com/en/manufacturers/1273/weibang>
- [32] 301 Moved Permanently. *301 Moved Permanently* [online]. [cit. 23.11.2018]. Dostupné z: <http://www.domacitechnika.cz/produkt/weibang-wb-sh-8013-h>
- [33] *ELVA PROFI - prodej a půjčovna nářadí České Budějovice* [online]. Dostupné z: http://www.elvaprofi.cz/nagri-bio/zahradni-technika/drtice/traktorove-pto/nagri-bio_r280tn-ptozemedelsky-podvozek.html#prettyPhoto
- [34] Drtiče dřevního odpadu - Produkty - Odsávací, lakovací a filtrační technika - ACword, spol. s r.o. [online]. Dostupné z: http://www.acword.cz/portal/odsavaci-lakovaci-a-filtracni-technika/produkty/drtice-drevniho-odpadu/?setlng=cz&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_term=drti%C4%8D%20d%C5%99eva&utm_content=!acq!v3!20808393033_kwd-5614444032_314176214134_g_c_&utm_campaign=38620321+%7C+STRK+%7C+6407+%7C+G1+%7C+Vyhled%C3%A1vac%C3%AD+s%C3%AD%C5%A5&gclid=CjwKCAiA007fBRASEiAw1tYv2Ev4XGXgeRXfn-NhORC5zksaI97tvqA-4hoR2Av8ENOzxAMhRrX2hoCNkMQAvD_BwE

- [35] Compact stationary shredder for wood waste | LR520 .301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2018 by UNTHA shredding technology GmbH [cit. 26.11.2018]. Dostupné z: https://www.untha.com/en/shredders/industrial-shredders/lr520_p26
- [36] Vyberáme štěpkovač a drtič větví - Recenze 10 nejlepších (2019). *Equiplo.cz | Rádce a inspirátor pro váš nákup* [online]. Copyright © [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <https://www.equiplo.cz/stepkovace-drtice-vetvi/>
- [37] MARTÍNEK, Vladimír: Zpracování a využití biologických a dřevních odpadů. *Biom.cz* [online]. 2004-10-20 [cit. 2019-02-21]. Dostupné z WWW: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zpracovani-a-vyuziti-biologickych-a-drevnich-odpadu> ISSN: 1801-2655.
- [38] Zajímavosti ze světa dřeva: Využití dřevařského odpadu. *Drevostavebniportal-popularizace.msdk.cz* [online]. [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <http://drevostavebniportal-popularizace.msdk.cz/zajimavosti-ze-sveta-dreva/vyuziti-drevarskeho-odpadu/>
- [39] Dřevo | Moravskoslezský dřevařský klastr. Moravskoslezský dřevařský klastr - MSDK [online]. Copyright © 2010 Moravskoslezský dřevařský klastr [cit. 21.02.2019]. Dostupné z: <http://www.msdk.cz/projekty/op-vk-oblast-podpory-1-1-zvysovani-kvality-ve-vzdelavani/o-projektu/zajimavosti-ze-sveta-dreva/drevo/>
- [40] Elektromotor SIEMENS 1LE1002-1CD22 3kW,715ot | Elektromotory .net. Elektromotory SIEMENS | Elektromotory .net [online]. Dostupné z: <http://www.elektromotory.net/siemens/1la7-750-otacek/1le1001-6-1-1-1-2-1.html>
- [41] Elektromotory SIEMENS rady 1LE1002, 1LE1001, 1LE1003 | Elektropohony.com. Elektromotory, Frekvenční měniče, Elektroprevodovky SIEMENS, Lučenec | Elektropohony.com - poháňáme Vaše stroje [online]. Dostupné z: <https://www.elektropohony.com/c/elektromotory/elektromotory-siemens-1le10?cProdPage=24>
- [42] Stojaté ložiskové jednotky Y - SY 35 LDW. [online]. Copyright © Autorská práva [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-plummer-block-units/Y-bearing-plummer-block-units/index.html?designation=SY%2035%20LDW&unit=metricUnit>
- [43] CAD CREATOR - Selection and engineering tools - Siemens. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Siemens AG 1996 [cit. 23.04.2019]. Dostupné z: <https://w3.siemens.com/mcms/mc-solutions/en/engineering-software/cad-creator/pages/cad-creator.aspx#Motors>
- [44] TraceParts Classification - TraceParts. Redirecting to <https://www.traceparts.com/en> [online]. Copyright © copyright TraceParts S.A.S. 1990 [cit. 23.04.2019]. Dostupné z: <https://www.traceparts.com/cs/search>
- [45] OEE a odvozené ukazatele TEEP, PEE, OAE, OPE, OFE, OTE a CTE. Úvod [online]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oee>

- [46] GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. *NAUKA O DŘEVĚ. Dotisk třetího nezměněného. v Brně: Mendelova univerzita, 2012. ISBN 978-80-7375-312-2.*
- [47] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra. ISBN 978-80-7361-051-7.*
- [48] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard Gordon BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.*

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[mm]	Vzdálenost od osy disku po ložisko A
A	[mm]	Délkový rozměr ložiskové jednotky Y
A_1	[mm]	Délkový rozměr ložiskové jednotky Y
A_5	[mm]	Délkový rozměr ložiskové jednotky Y
b	[mm]	Vzdálenost od osy disku po ložisko B
b_b	[mm]	Šířka řemene
b_p	[mm]	Šířka drážky pro pero
b_w	[mm]	Výpočtová šířka
c	[mm]	Vzdálenost od osy řemenice k ložisku A
C	[N]	Základní dynamická únosnost ložiska
c_1	[-]	Součinitel úhlu opásání
c_2	[-]	Součinitel provozního zatížení
c_3	[-]	Součinitel délky
c_4	[-]	Součinitel počtu řemenů
c_5	[-]	Součinitel počtu řemenic
c_{PR}	[-]	Výsledný provozní součinitel
d	[mm]	Zvolený průměr válcového konce hřídele
d_{mat}	[mm]	Maximální průměr vkládané větve
d_{min}	[mm]	Minimální průměr hřídele
$d_{\tilde{r}1}$	[mm]	Průměr malé řemenice
$d_{\tilde{r}2}$	[mm]	Průměr velké řemenice
D_{wmin}	[mm]	Minimální doporučený výpočtový průměr řemenice
e	[mm]	Vzdálenost od osy hřídele po otvor pro vkládání větvi
E_S	[J]	Práce drtícího mechanismu
F	[N]	Síla pro přeseknutí větve
F_A	[N]	Axiální síla vzhledem k ose hřídele
F_{AA}	[N]	Celková axiální síla působící na ložisko A
F_{AX}	[N]	Axiální síly v ložisku A
F_{AY}	[N]	Radiální síla v ložisku A
F_{AZ}	[N]	Radiální síla v ložisku A
f_b	[Hz]	Ohybová frekvence
F_{BX}	[N]	Axiální síly v ložisku B

F_{BY}	[N]	Radiální síla v ložisku B
F_{BZ}	[N]	Radiální síla v ložisku B
F_N	[N]	Pracovní předpětí řemene
F_p	[N]	Obvodová síla
F_{pero}	[N]	Obvodová síla na povrchu hřídele
F_R	[N]	Radiální síla vzhledem k ose hřídele
F_{RA}	[N]	Celková radiální síla působící na ložisko A
G	[mm]	Doporučený průměr pro přípojovací šrouby ložiskové jednotky
h	[mm]	Výška
H	[mm]	Výškový rozměr ložiskové jednotky Y
H_1	[mm]	Výškový rozměr ložiskové jednotky Y
H_2	[mm]	Výškový rozměr ložiskové jednotky Y
i	[-]	Převodový poměr
J	[mm]	Rozteč stavěcích šroubů na ložiskové jednotce Y
l	[mm]	Délka pera
L	[mm]	Šířka ložiskové jednotky Y
L_{10hod}	[h]	Základní trvanlivost ložiska A
L_d	[mm]	Výpočtová délka
M_k	[Nm]	Kroutící moment přenášený hřídelí drtícího mechanismu
M_{omaxXY}	[Nm]	Maximální ohybový moment v rovině XY
M_{omaxXZ}	[Nm]	Maximální ohybový moment v rovině XZ
n	[min ⁻¹]	Otáčky drtícího mechanismu
n_{motor}	[min ⁻¹]	Otáčky motoru
P	[W]	Výkon motoru
p_D	[MPa]	Dovolený tlak na bocích drážek v náboji
p_o	[MPa]	Základní hodnota tlaku pro náboj
PTO	[-]	Vývodový hřídel traktoru (Power take-off)
S	[mm ²]	Plocha průřezu materiálu
s_l	[mm]	Délkový rozměr ložiskové jednotky Y
t	[min]	čas
t_l	[mm]	Hloubka drážky pro pero v náboji
v	[m/s]	Rychlost řemenu
v_{max}	[m/s]	Maximální rychlost řemenu

x	[mm]	Vzdálenost os řemenic
z	[-]	Počet řemenů
α	[°]	Úhel klínu
β_l	[°]	Úhel opsání malé šroubovice
β	[°]	Úhel břitu sekacího nože
π	[-]	Ludolfovo číslo
τ_{dov}	[MPa]	Dovolené napětí v krutu
τ_S	[MPa]	Mez pevnosti ve smyku napříč vláken

SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Výkres sestavy	ZAHRADNÍ DRTIČ	3pSSZ/2-1.00
Výkres svařence	DRTÍČÍ MECH.	3pSSZ/2-1.01
Výkres součásti	VELKÁ ŘEMENICE	3pSSZ/2-1.04
Seznam položek	ZAHRADNÍ DRTIČ	3pSSZ/2-K (3 listy)