



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 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: Jan Ferencz
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.
Akademický rok: 2019/20

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:

Vypracování rešeršního rozboru typů těchto drtičů a štěpkovačů včetně výrobců, případně cen i použití. Upřednostnění hlediska spolehlivosti funkce.

Na základě rešerše navržení a zdůvodnění vlastní konstrukce.

Nakreslení sestavného výkresu drtiče, důležitých detailních výkresů.

Vyhodnocení drcených materiálů dle dostupných informací.

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 KLAPITA. 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 2019/20

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, jejich cen a použití. Dále práce obsahuje vyhodnocení drcených materiálů dle dostupných informací. Součástí této práce je vlastní návrh konstrukce zahradní drtiče, základní pevnostní výpočty, 3D model a příslušná výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zahradní drtič, štěpkovač, spolehlivost, drcené materiály, výkresová dokumentace, 3D model

ABSTRACT

This bachelor thesis includes research which analyse garden shredders and wood chippers, including manufacturers, their prices, and uses. Furthermore, the work contains an evaluation of crushed materials according to available information. Part of this work is the design of the garden shredder, basic strength calculations, 3D model, and relevant drawing documentation.

KEYWORDS

Garden shredder, wood chipper, reliability, crushed materials, drawing documentation, 3D model

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FERENCZ, Jan. *Zahradní drtič - spolehlivost*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/121682>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 79 s. 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. června 2020

.....

Jan Ferencz

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph. D. za odborné vedení, poskytování cenných rad, trpělivost, ochotu a za čas, který mi věnoval. Závěrem bych chtěl poděkovat své rodině, která mi byla oporou během mého studia.

OBSAH

Úvod	12
1 Štěpka	13
2 Drtiče a štěpkovače.....	14
2.1 Drtič	14
2.2 Štěpkovač.....	14
3 Hlavní části drtičů a štěpkovačů.....	16
4 Rozdělení drtičů a štěpkovačů	17
4.1 Podle typu drtícího či štěpkovacího mechanismu.....	17
4.1.1 Diskový sekací mechanismus.....	17
4.1.2 Frézovací mechanismus.....	18
4.1.3 Bubnový mechanismus.....	18
4.1.4 Mechanismus s protiběžnými hřídeli.....	19
4.1.5 Šnekový mechanismus	20
4.1.6 Mechanismus turbine-cut	20
4.2 Podle pohonu drtícího mechanismu.....	21
4.2.1 Pohon elektromotorem	21
4.2.2 Pohon spalovacím motorem	21
4.2.3 Pohon výstupní hřídelí traktoru.....	22
4.3 Podle typu nosné konstrukce	23
4.3.1 Stacionární stroje	23
4.3.2 Stroje s vlastními koly	23
4.3.3 Přívěsné stroje	24
4.3.4 Traktorové stroje.....	25
4.3.5 Samohybné stroje	25
4.4 Podle typu podávacího zařízení	26

4.4.1	Bez podávacího zařízení	26
4.4.2	Samočinné podávací zařízení	26
4.4.3	Poháněné podávací zařízení.....	26
4.5	Podle typu vyprazdňování	27
4.5.1	Gravitační vyprazdňování	27
4.5.2	Ventilační vyprazdňování.....	27
4.5.3	Vyprazdňování pomocí dopravníku	28
5	Přehled drtičů a štěpkovačů dostupných na trhu	29
5.1	Tuzemští výrobci	29
5.1.1	Laski	29
5.1.2	Bystroň – integrace s. r. o.	31
5.1.3	Rojek.....	33
5.1.4	Urban Kovo	34
5.2	Zahraniční výrobci	36
5.2.1	Negri	36
5.2.2	Timberwolf	38
5.2.3	Jensen	40
6	Vyhodnocení drcených materiálů.....	42
6.1	Využití dřeva.....	42
6.2	Vlastnosti dřeva	42
6.2.1	Fyzikální vlastnosti dřeva.....	42
6.2.2	Chemické vlastnosti dřeva.....	42
6.2.3	Mechanické vlastnosti dřeva	43
6.3	Vlastnosti ovlivňující zpracovatelnost dřeva	43
6.3.1	Tvrdost dřeva.....	43
6.3.2	Štípatelnost dřeva	43
6.4	Vady dřeva	44

7	Návrh konstrukce drtiče.....	45
7.1	Spolehlivost	45
7.2	Volba pohonu drtící mechanismu	46
7.3	Volba drtícího mechanismu	47
7.4	Výpočet převodového poměru mezi elektromotorem a drtícím mechanismem	47
7.4.1	Střížná síla potřebná pro useknutí větve.....	47
7.4.2	Energie potřebná na přeseknutí materiálu za otáčku	48
7.4.3	Čas jedné otáčky sekacího mechanismu.....	48
7.4.4	Otáčky hnané hřídele	48
7.4.5	Převodový poměr mezi elektromotorem a sekacím mechanismem	49
7.4.6	Skutečné otáčky hnané hřídele	49
7.5	Volba řemenového převodu.....	49
7.5.1	Výpočtový průměr hnané řemenice.....	50
7.5.2	Výpočtová délka klínového řemene	50
7.5.3	Volba klínového řemene.....	50
7.5.4	Skutečná osová vzdálenost	50
7.5.5	Úhel opásání hnané řemenice	51
7.5.6	Výkon přenášený jedním řemenem v podmínkách provozu	51
7.5.7	Počet řemenů v převodu	52
7.5.8	Obvodová rychlost řemene.....	52
7.5.9	Výpočet obvodové síly	52
7.5.10	Pracovní předpětí řemene	53
7.6	Návrh hřídele drtícího mechanismu.....	53
7.6.1	Kroučící moment přenášený hřídelí	54
7.6.2	Výpočet reakčních sil v ložiskách v rovině XZ.....	55
7.6.3	Redukovaný moment.....	57
7.6.4	Minimální průměr hřídele.....	57

7.6.5	Kontrola bezpečnosti hřídele	58
7.7	Volba ložisek	61
7.7.1	Velikost axiální síly	62
7.7.2	Trvanlivost ložisek	62
7.8	Zajištění řemenic proti vysunutí	63
7.9	Napínání řemene	64
7.10	Odnímatelná horní skříň	65
7.11	Zajištění stroje proti posunutí	65
7.12	Optimalizace konstrukce	66
7.13	3D model drtiče	66
	Závěr	68
	Seznam použitých zkratk a symbolů	77
	Seznam příloh	79

ÚVOD

Při každoroční údržbě zahrady vzniká velké množství zahradního odpadu, a to ve formě trávy, zeleninové natě, listí či větví. O tento zahradní odpad se lze postarat několika způsoby. Posečenou trávu spolu s drobnými větvemi a listím lze přidat jako složku na kompost, nicméně větve větších rozměrů musíme prvotně zpracovat v zahradních drtičích či štěpkovačích. Tyto stroje slouží ke zpracování dřevní hmoty. Takto zpracovaná dřevní hmota se nazývá štěpka.

Má bakalářská práce se bude zabývat rešeršním rozbohem zahradních drtičů, štěpkovačů a jejich použitím. Dále bude obsahovat vlastní návrh konstrukce zahradního drtiče, včetně sestavného výkresu a dalších důležitých detailních výkresů. V neposlední řadě bude práce obsahovat také vyhodnocení drcených materiálů

1 ŠTĚPKA

Štěpkou se rozumí výsledný produkt drcení či štěpkování. Jedná se o kousky nebo odřezky dřevní hmoty. Jejich velikost je různá. Může se pohybovat v rozmezí několika milimetrů po několik centimetrů. Velikost štěpky udává možnost jejího dalšího využití. Jemnější štěpku lze použít jako složku na kompost, mulčovací kůru či podklad pro zakládání záhonů. Větší štěpka se nejčastěji využívá jako topivo. Tato štěpka však má relativně vysokou vlhkost, proto je vhodné ji před použitím jako topného paliva vysušit [3].



Obr. 1 Štěpka [4]

2 DRTIČE A ŠTĚPKOVAČE

Dřevní hmotu můžeme zpracovat pomocí drtiče nebo štěpkovače. Tyto stroje se od sebe liší principem funkce a konstrukcí. Hlavním kritériem při jejich výběru je velikost a následné použití výsledné dřevní štěpky [5].

2.1 DRTIČ

Drtiče používají k rozdrčení dřevní hmoty vyměnitelné rotující nože, které pracují ve vysokých otáčkách. Z tohoto důvodu se jedná o vibrující a poměrně hlučné stroje. Jsou vhodné zejména pro větve menších průměrů. Výsledným produktem drcení je jemnější štěpka, jež nemá přesně definovanou velikost. Tato štěpka může být využita jako produkt ke kompostování či jako mulčovací kůra [5].



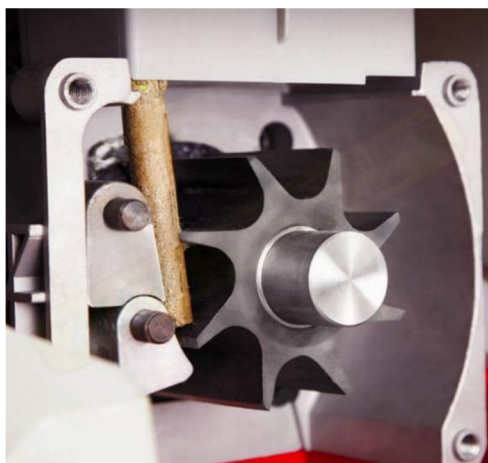
Obr. 2 Sekací mechanismus s rotujícím noží [5]



Obr. 3 Výsledný produkt drcení [5]

2.2 ŠTĚPKOVAČ

Štěpkovače pracují na principu rotující frézovací hlavy, jež se otáčí pomalou rychlostí a štípe dřevní hmotu na kusy větších rozměrů. Nižší otáčky zaručují menší vibrace a hlučnost stroje. Nevýhodou těchto strojů je neschopnost dokonale zpracovat dřeviny s houževnatou kůrou. Z tohoto důvodu se doporučuje nechat drcený materiál důkladně proschnout. Procesem štěpkování získáváme štěpku větší velikosti. Ta se využívá jako topivo [6].



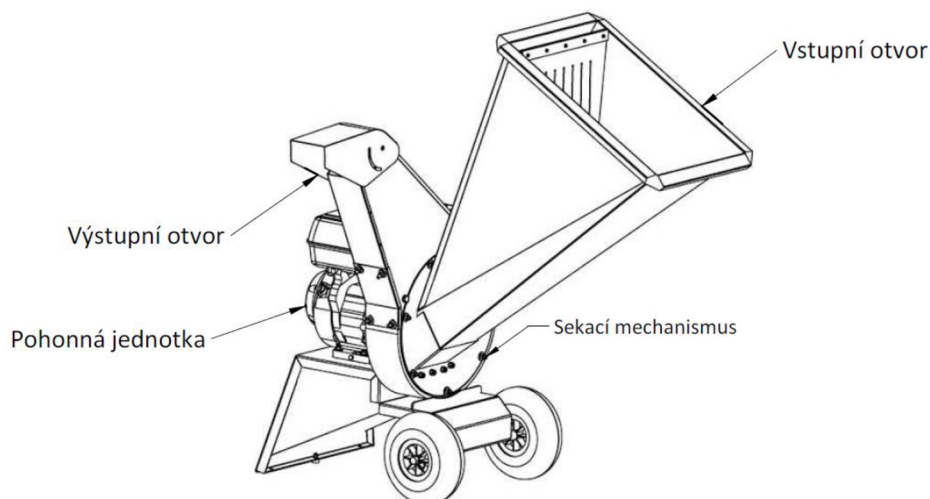
Obr. 4 Rotující frézovací hlava [7]



Obr. 5 Výsledný produkt štěpkování [5]

3 HLAVNÍ ČÁSTI DRTIČŮ A ŠTĚPKOVAČŮ

Na obrázku (Obr. 6), jsou znázorněny hlavní části drtiče nebo štěpkovače. Provedení těchto částí se může u jednotlivých strojů lišit, avšak jejich funkce zůstává neměnná.



Obr. 6 Hlavní části stroje [8]

Pohonná jednotka

Využívá se k pohonu sekacího mechanismu. Ten může být realizován například elektromotorem nebo spalovacím motorem. Existují však i stroje jež nedisponují vlastní pohonnou jednotkou. Ta může být zajištěna jiným strojem, kupříkladu výstupní hřídelí traktoru.

Vstupní otvor

Slouží k vkládání větví do sekacího mechanismu. Jeho konstrukce je navržena s ohledem na bezpečnost práce a snadné použití.

Sekací mechanismus

V tomto místě jsou zpracovány větve na tzv. dřevní štěpku. Rozlišujeme několik druhů sekacích mechanismů. Touto problematikou se dále zabývám v kapitole 4.1.

Výstupní otvor

Používá se k odvodu štěpky ven ze stroje. Jeho konstrukce je navržena tak, aby bylo možné již zpracovanou dřevní hmotu dopravit na určité místo. Je nutná jeho pravidelná údržba, aby nedošlo k jeho ucpání a zničení stroje vlivem zpětných nárazů materiálu.

4 ROZDĚLENÍ DRTIČŮ A ŠTĚPKOVAČŮ

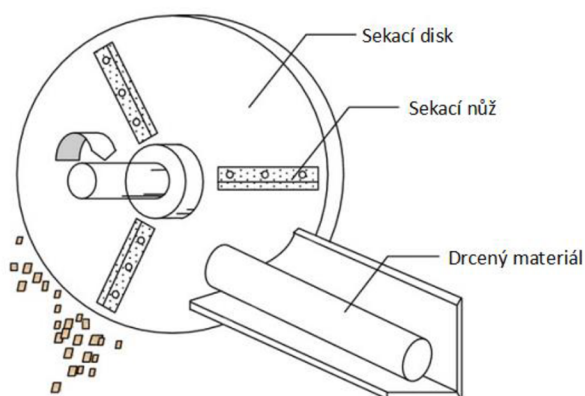
Drtiče a štěpkovače dělíme do jednotlivých kategorií dle následujících kritérií.

4.1 PODLE TYPU DRTIČÍHO ČI ŠTĚPKOVACÍHO MECHANISMU

Jednou z podstatných částí stroje je drtičí či štěpkovací mechanismus. Rozlišujeme nepřeberné množství druhů. Zvolený typ mechanismu ovlivňuje tvar a velikost štěpky, míru vibrací a hlučnost stroje.

4.1.1 DISKOVÝ SEKACÍ MECHANISMUS

Mechanismus tohoto typu pracuje na principu rotujícího disku, jenž plní úlohu setrvačníku. Tento disk může být osazen jedním nebo více sekacími noži, které postupně odsekávají malé části větví. Druhá strana disku může být vybavena „vyhazovacími“ lopatkami, které zajišťují odvod dřevní štěpky do výstupní otvoru. Se stroji s tímto typem mechanismu se pojí vyšší hlučnost, vibrace a nižší výkon. Jejich konstrukce je relativně jednoduchá, což zaručuje vyšší spolehlivost [9].



Obr. 7 Princip funkce diskového sekacího mechanismu [10]



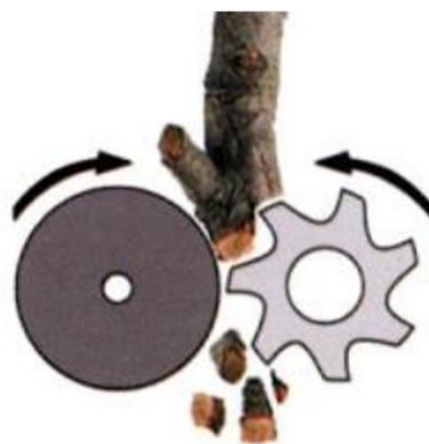
Obr. 8 Lopatky diskového sekacího mechanismu [11]

4.1.2 FRÉZOVACÍ MECHANISMUS

Funkce frézovacího mechanismu je založena na principu frézy. Ta se pomalu otáčí a zároveň vtahuje materiál do mezery mezi ní a přitlačnou deskou, nebo opěrným válečkem, kde dochází k oddělení materiálu. Hlavními výhodami tohoto mechanismu je tichý chod, vysoký výkon a spolehlivost. Stroje tohoto typu jsou vybaveny zpětným chodem pro případ, že by došlo k zaseknutí větve mezi frézou a deskou. Je vhodné nechat drcený materiál proschnout, jelikož fréza si hůře poradí s čerstvou kůrou větví. Velikost zubové mezery frézy určuje velikost štěpky [6],[9].



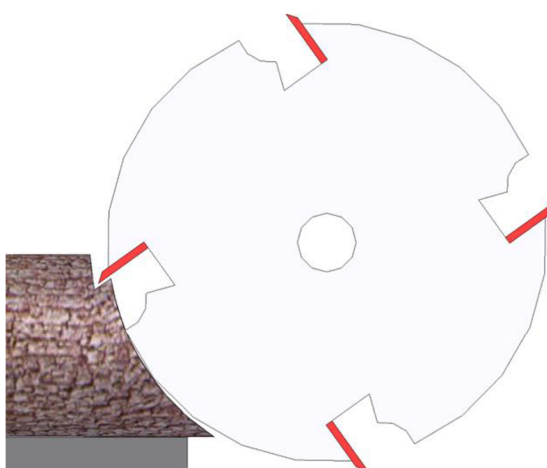
Obr. 9 Princip funkce frézovacího mechanismu s přitlačnou deskou [5]



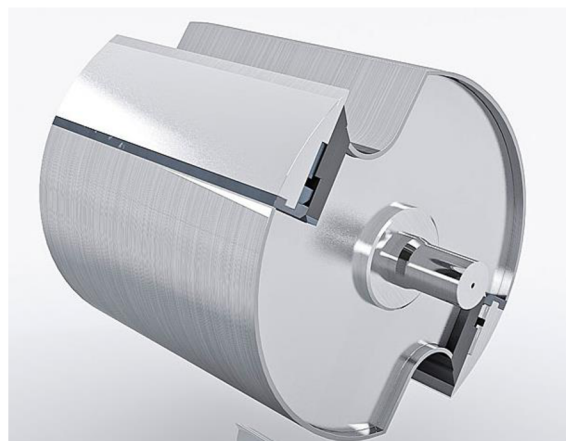
Obr. 10 Obr. 9 Princip funkce frézovacího mechanismu s opěrným válečkem [12]

4.1.3 BUBNOVÝ MECHANISMUS

U tohoto typu mechanismu jsou nože uloženy na ocelovém bubnu. Tyto nože jsou uloženy rovnoběžně s osou rotace na plášti bubnu, díky čemuž není ovlivněna velikost průměru bubnu. Plášť může být osazen jedním nožem po celé délce bubnu, nebo několika noži za účelem snížení rázů. Ocelový buben není osazen vyhazovacími lopatkami, a z tohoto důvodu je vhodné přidat externí ventilátor, který vyfukuje štěpku ven z pracovního prostoru, nebo nechat štěpky volně vypadávat [13].



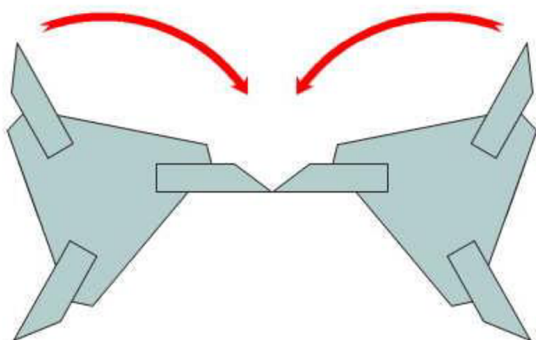
Obr. 11 Princip funkce bubnového mechanismu [13]



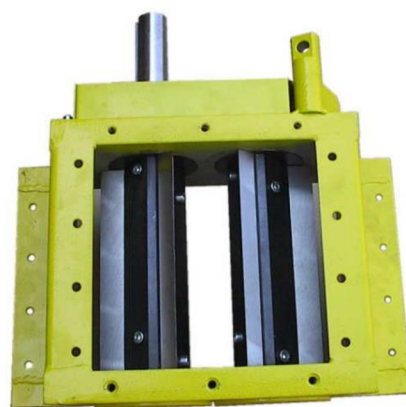
Obr. 12 Ocelový buben se dvěma noži [14]

4.1.4 MECHANISMUS S PROTIBĚŽNÝMI HŘÍDELI

U mechanismu tohoto typu je funkce stroje zajištěna pomocí dvou rotujících hřídelí, které jsou osazeny stejným počtem nožů. Drcený materiál je automaticky vtahován do pracovního prostoru, čehož je zajištěno rozdílným směrem otáčení hřídelů. K uštípnutí materiálu dojde v místě styku nožů. Výsledná velikost štěrky je dána počtem nožů a jejich roztečí [15].



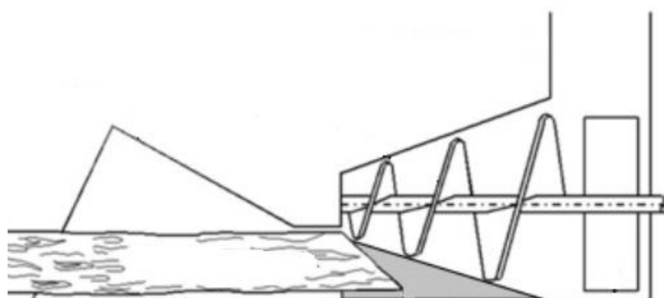
Obr. 13 Princip funkce mechanismu s protiběžnými hřídeli [15]



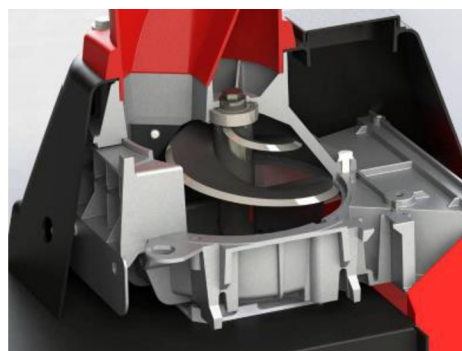
Obr. 14 Mechanismus s protiběžnými hřídeli [15]

4.1.5 ŠNEKOVÝ MECHANISMUS

V případě tohoto mechanismu hlavní funkci zajišťuje otáčející se šnek kónického tvaru. Díky tvaru šneku je drcený materiál postupně vtahován do pracovního prostoru stroje a v místě největšího průměru šneku dochází k jeho oddělení a vzniku štěrky. Šnek může být vybaven lopatkami, podobně jako u diskového sekacího mechanismu (kap. 4.1.1.), pro snadný odvod již nadrceného materiálu. Předností strojů s tímto mechanismem je vysoká odolnost, spolehlivost a efektivita práce. Nevýhodou může být vyšší pořizovací cena.



Obr. 15 Princip funkce šnekového mechanismu [16]



Obr. 16 Šnekový mechanismus [17]

4.1.6 MECHANISMUS TURBINE-CUT

Pracuje na podobném principu jako frézovací mechanismus. Skládá se z duté turbíny kuželovitého tvaru, jež je osazena několika břity a přítlačnou deskou. Drcený materiál je automaticky vtažen do prostoru mezi deskou a turbínou, tudíž není zapotřebí podávacího zařízení. Stroje s tímto typem mechanismu disponují vysokým drticím výkonem a spolehlivostí, jelikož mezery mezi břity turbíny zajišťují bezproblémový odvod štěrky a zamezují ucpání stroje [18].



Obr. 17 Princip funkce mechanismu

Turbine-cut [19]



Obr. 18 Mechanismus Turbine-cut [20]

4.2 PODLE POHONU DRTÍCIHO MECHANISMU

Výběr pohonu sekacího mechanismu hraje důležitou roli při volbě drtiče či štěpkovače. Hlavním kritériem při výběru je lokalita, ve které bude stroj využíván. V případě blízkého dosahu elektrické sítě je na místě zvolit stroj, jenž bude poháněn elektromotorem. Naopak při využití stroje v náročnějším terénu bez možnosti elektrické přípojky je vhodnější zvolit pohon spalovacím motorem, popř. výstupní hřídelí traktoru [21].

4.2.1 POHON ELEKTROMOTOREM

Stroje s tímto typem pohonu mají elektromotor připevněn ke svému rámu. Velké zastoupení tohoto pohonu nalezneme u strojů stacionárních a dále také u zahradních drtičů či štěpkovačů menších rozměrů s vlastními koly. Mezi hlavní přednosti pohonu elektromotorem řadíme tichý chod a relativně nízkou energetickou náročnost. Nevýhodou je nutnost dosahu zdroje elektrické energie [22].



Obr. 19 Drtič Muréna s elektromotorem [23]



Obr. 20 Elektrický drtič Negri bio R95EHP4 [24]

4.2.2 POHON SPALOVACÍM MOTOREM

Rovněž i v tomto případě je spalovací motor (zážehový/vznětový) připevněn na rám stroje. Použitím tohoto typu pohonu zvyšujeme jeho celkovou hmotnost. S tím souvisí nutnost vybavit drtič či štěpkovač koly, nebo vlastním podvozkem. Spalovacích motorů využívají rovněž stroje samohybné. Hlavní výhodou pohonu spalovacím motorem je možnost jeho využití mimo dosah elektrické energie [25].



Obr. 21 Benzinový štěpkovač LS 95
ES [26]



Obr. 22 Naftový samohybný drtič Negri bio
R240DKHP20CN [27]

4.2.3 POHON VÝSTUPNÍ HŘÍDELÍ TRAKTORU

O pohon drtícího ústrojí se stará výstupní hřídel traktoru, která přenáší krouticí moment prostřednictvím kardanového hřídele na drtič či štěpkovač. Absence vlastní pohonné jednotky stroje zaručuje jeho nižší hmotnost. Takto poháněné stroje mohou být zároveň traktorem i nesený, tudíž je lze dopravit i na hůře dostupná místa. Podmínkou je, že traktor musí splňovat určité výkonové požadavky. Nevýhodou je vysoká energetická náročnost [28].



Obr. 23 Štěpkovač nesen traktorem [29]



Obr. 24 Štěpkovač LS 200 T
(750 ÷ 1000 ot/min) [29]

4.3 PODLE TYPU NOSNÉ KONSTRUKCE

Při výběru drtiče či štěpkovače hraje důležitou roli jeho mobilita. Ta se liší podle toho, kde a za jakým účelem bude stroj primárně využíván.

4.3.1 STACIONÁRNÍ STROJE

Tyto stroje nejsou vybaveny vlastním podvozkem, tudíž je nutno je na požadované místo dopravit, nebo drcený materiál dopravit k nim, například pomocí dopravníků. Dopravníky mohou sloužit také k odvodu štěpky ze stroje. Jejich pohon je zpravidla zajištěn za pomoci elektromotoru. Většinou se jedná o stroje větších rozměrů [30].



Obr. 19 Drtič PTH 250 poháněný elektromotorem [31]



Obr. 20 Stacionární stroj PTL 400x1000 [32]

4.3.2 STROJE S VLASTNÍMI KOLY

Stroje tohoto typu jsou vybaveny koly, které umožňují jejich snadnou manipulaci, především na krátkou vzdálenost. Jedná se většinou o drtiče menších rozměrů, jež se využívají zejména na zahradách při každoroční údržbě. Pohon drtícího mechanismu je realizován za pomoci elektromotoru či spalovacího motoru [33].



Obr. 21 Zahradní drtič STIHL GHE 105 poháněný elektromotorem [34]



Obr. 22 Zahradní drtič STIHL GH 370 S poháněný spalovacím motorem [35]

4.3.3 PŘÍVĚSNÉ STROJE

Tento typ strojů disponuje přívěsem s vlastním brzděným či nebrzděným podvozkem, jenž může být nesen traktorem nebo tažen osobním či nákladním automobilem za pomoci tažného zařízení. Z tohoto důvodu je možno tyto stroje převážet i na delší vzdálenosti. Tyto stroje jsou většinou osazeny spalovacím motorem, který pohání mechanismus drtícího ústrojí [36].



Obr. 23 Štěpkovač LS 150/27 C [37]



Obr. 24 Štěpkovač LS 160 PB [38]

4.3.4 TRAKTOROVÉ STROJE

Traktorové stroje nejsou vybaveny vlastním pohonem drtícího ústrojí. Tento pohon je zajištěn výstupní hřídelí traktoru s třibodovým závěsem. Ten se dělí podle výkonu motoru traktoru do několika kategorií. Pro pohon různých typů štěpkovačů je potřeba různých otáček výstupní hřídele traktoru [39].



Obr. 25 Štěpkovač LS 160 T (1000 ot/min) [40]



Obr. 26 Štěpkovač LS 95 T (540 ot/min) [41]

4.3.5 SAMOBYBNÉ STROJE

Samohybné stroje jsou velmi flexibilní díky jejich schopnosti práce v náročnějším terénu. Jsou vybaveny vlastním kolovým nebo pásovým podvozkem. O pohon drtícího ústrojí se stará spalovací motor. Některé stroje tohoto typu disponují dálkovým ovládním pro snazší manipulaci [42].



Obr. 27 Benzinový pásový štěpkovač LS 160 P
Track [43]



Obr. 28 Dieselový pásový štěpkovač LS 160
DW Track s dálkovým ovládním [44]

4.4 PODLE TYPU PODÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Drtiče a štěpkovače můžeme dále dělit do skupin podle toho, jakým typem podávacího zařízení disponují.

4.4.1 BEZ PODÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Nezákladnější drtiče a štěpkovače nejsou vybaveny žádným typem podávacího zařízení. Obvykle se jedná o levnější stroje menších rozměrů s bubnovým či diskovým sekacím mechanismem, které nedokážou materiál samovolně vtahovat. Vkládání větví do násypky je tedy zajištěno lidskou rukou člověka. Kolmo k zemi umístěná násypka zajišťuje obsluhu snadnější vkládání materiálu. U tohoto typu strojů je nutno dbát zvýšené opatrnosti, jelikož při vkládání větví se ruka dostává do blízkosti rotujících částí stroje [45].

4.4.2 SAMOČINNÉ PODÁVACÍ ZAŘÍZENÍ

Se samočinným podávacím zařízením se setkáváme u strojů s frézovacím a šnekovým mechanismem, mechanismem s protiběžnými hřídeli a u systému turbine-cut. Jejich konstrukce je totiž navržena tak, aby docházelo k automatickému vtahování materiálu. Není tudíž nutno materiál silou zatlačovat do pracovního prostoru stroje. Funkce zpětného chodu může napomoci v případě zaseknutí materiálu [45].

4.4.3 POHÁNĚNÉ PODÁVACÍ ZAŘÍZENÍ

S tímto typem podávacího zařízení se můžeme setkat u složitějších průmyslových strojů. Přisun materiálu je realizován pomocí dvou podávacích válců nebo kombinací podávacího válce a pásu. Tyto válce a pásy jsou často poháněny mechanickým převodem od rotoru stroje, nebo za pomoci hydromotorů. Povrch podávacího zařízení je vyveden tak, aby nedocházelo k prokluzu materiálu [45].



Obr. 29 Podávací zařízení v kombinaci pásu a válce [46]

4.5 PODLE TYPU VYPRAZDŇOVÁNÍ

Dalším kritériem dělení drtičů a štěpkovačů je způsob odvodu štěrky ven ze stroje.

4.5.1 GRAVITAČNÍ VYPRAZDŇOVÁNÍ

S tímto typem vyprazdňování se můžeme nejčastěji setkat u zahradních drtičů a štěpkovačů s menším hodinovým výkonem. Nadrcená štěrka samovolně padá vlivem gravitace směrem k zemi. Pod místo odvodu materiálu lze umístit nádobu či pytel. Velké využití zde mají rašlové pytle, které urychlují vysychání štěrky a její následné použití.



Obr. 30 Gravitační vyprazdňování [47]



Obr. 31 Rašlové pytle pro uskladnění štěrky [48]

4.5.2 VENTILAČNÍ VYPRAZDŇOVÁNÍ

Drtiče a štěpkovače, jejichž konstrukce je opatřena výfukovým komínem, využívají ventilačního vyprazdňování. Sekací mechanismus je osazen lopatkami, které nadrcenou štěrku zachytí a pomocí odstředivé síly ji vymrští do výfukového komínu. Ústí komínu je často osazeno klapkou, jež umožňuje snadno nastavit odvod štěrky na požadované místo.



Obr. 32 Drtič s výfukovým komínem [49]



Obr. 33 Diskový sekací mechanismus s lopatkami [50]

4.5.3 VYPRAZDŇOVÁNÍ POMOCÍ DOPRAVNÍKU

V případě tohoto typu vyprazdňování nadrcená štěrka padá na určitý druh dopravníku. Ten štěrku dopraví na předem určené místo, např. korbu nákladního vozidla.



Obr. 34 Odvod materiálu za pomoci dopravníku [51]

5 PŘEHLED DRTIČŮ A ŠTĚPKOVAČŮ DOSTUPNÝCH NA TRHU

Na trhu existuje nepřehledné množství výrobců, kteří se zabývají výrobou drtičů a štěpkovačů. V jejich nabídce lze nalézt jak stroje menších rozměrů a nižšího výkonu, které mají uplatnění zejména na zahradách, tak i stroje profesionálního charakteru, jež se využívají v průmyslových odvětvích, např. v lesnictví, truhlářství apod. Výběr takového stroje je ovlivněn několika faktory. Kritériem může být například výkon, velikost požadované štěrky, oblast využití a také cena.

5.1 TUZEMŠTÍ VÝROBCI

Tato kapitola obsahuje krátký výčet výrobců, kteří se zabývají výrobou drtičů a štěpkovačů v České republice.

5.1.1 LASKI

Firma Laski, s.r.o působí na českém trhu již od roku 1992. Mezi její hlavní činnosti patří prodej motorů a výroba profesionální komunální techniky. V její nabídce lze nalézt drtiče, štěpkovače, drážkovače, vysavače listí a frézy na pařezy. Výroba těchto strojů probíhá v České republice, nicméně 90 % výrobků se vyváží do zahraničí. Kromě Evropy firma exportuje své výrobky např. do USA, Ruska, Indie. V případě drtičů a štěpkovačů má zákazník širokou možnost volby. Může vybírat z nabídky strojů zahradních, přívěsných, samohybných a traktorových [52].

LASKI LS 65/CH

Jedná se o zahradní štěpkovač s jednoduchou konstrukcí a vysokým výkonem. Sekací mechanismus je vybaven dvojicí řezacích nožů a protiostrím. Díky možnosti odklopení násypky je výměna či kontrola nožů velice jednoduchá. O pohon stroje se stará spalovací motor, jenž je spojen se sekacím mechanismem za pomoci klínového řemene. Vyvážená konstrukce stroje je doplněna o kola, která zajišťují snadnou manipulaci [53].

Tab. 1 Technické parametry štěpkovače Laski LS 65/CH [53]

Provedení	Stroj s vlastními koly
Typ pohonu	Benzínový spalovací motor
Výkon	7,1 kW
Typ drtícího mechanismu	Sekací disk se dvěma noži
Max. průměr materiálu	51 mm
Hodinová výkonnost	0,9÷1,6 m ³ /h
Hmotnost	95 kg
Cena	Na vyžádání



Obr. 35 Štěpkovač Laski LS 65/CH [53]

LASKI LS 160 DWBS

Tento štěpkovač se vyznačuje vysokým výkonem a schopností drtit materiál do průměru až 160 mm. Kromě likvidace větví si tento stroj dále poradí i s kmeny, keři, kůrou a jehličím. Štěpkovač je vybaven točnou násypkou, která umožňuje přizpůsobit směr vkladu materiálu dle potřeby uživatele. Celý stroj je umístěn na brzděném podvozku, jež je možno připojit k vozidlu za pomoci oka či tažné koule [54].

Tab. 2 Technické parametry štěpkovače Laski LS 160 DWBS [54]

Provedení	Přívěsný
Typ pohonu	Diesellový spalovací motor
Výkon	18,8 kW
Typ drtícího mechanismu	Sekací disk se dvěma noži
Max. průměr materiálu	160 mm
Hodinová výkonnost	12÷16 m ³ /h
Hmotnost	920 kg
Cena	Na vyžádání



Obr. 36 Štěpkovač Laski LS 160 DWBS [54]

5.1.2 BYSTROŇ – INTEGRACE S. R. O.

Vznik firmy Bystroně – integrace s. r. o. se datuje k roku 1990, kdy byla založena Ing. Vilémem Bystroněm. Zaměřuje se na výrobu strojů, které mají využití v zemědělském a lesním průmyslu. Jednoduchost a robustnost zpracování strojů je jedním z klíčových faktorů při jejich konstrukci, za účelem zvýšení jejich spolehlivosti. Jejich nabídka zahrnuje kromě drtičů a štěpkovačů také frézy na pařezy, lanové navijáky a další. Prodej jejich strojů je soustředěn převážně v České republice, avšak své výrobky exportují také do Německa, Rakouska, Polska, Slovinska atd. [55]

MURÉNA

Drtič Muréna je traktorový drtič vhodný k drcení dřevního odpadu, větví a odkorů. O toto drcení se stará trojice sekacích nožů, které jsou našroubovány na setrvačnický stroje. Stroj je vybaven poháněným podávacím zařízením s regulovatelným posuvem. Díky tomu lze ovlivnit velikost výsledné štěrky. Toto podávací zařízení je realizováno pomocí dvou podávacích válců, které jsou napojeny na hydraulický okruh traktoru. Požadovaný výkon traktoru pro pohon tohoto stroje je minimálně 20 kW [56].

Tab. 3 Technické parametry drtiče Muréna [56]

Provedení	Traktorový
Typ pohonu	Výstupní hřídel traktoru
Výkon (traktoru)	Min. 20 kW
Typ drtícího mechanismu	Sekací disk se třemi noži
Max. průměr materiálu	100 mm
Hodinová výkonnost	5 m ³ /h
Hmotnost	415 kg
Cena	140 000 Kč bez DPH



Obr. 37 Drtič Muréna [56]

PIRANA 14 HP

Tento typ štěpkovače využívá k drcení materiálu dvouchodý řezací šnek, který má schopnost samovolně vtahovat drcený materiál do pracovního prostoru stroje. O pohon se stará výkonný spalovací motor a kroutící moment je přenášen pomocí řemenového převodu. Tento štěpkovač si poradí s větvemi, ať už suchými, mokřými či rozvětvenými, ale také s deskami a trámy. Konstrukce stroje neumožňuje práci v terénu, je tedy určen k použití na zpevněném povrchu [57].

Tab. 4 Technické parametry štěpkovače Pirana 14 HP [57]

Provedení	S vlastními koly
Typ pohonu	Benzínový spalovací motor
Výkon	10,4 kW
Typ drtícího mechanismu	Dvouchodý šnek
Max. průměr materiálu	70 mm
Hodinová výkonnost	2 m ³ /h
Hmotnost	270 kg
Cena	49 990 Kč bez DPH



Obr. 38 Štěpkovač Pirana 14 HP [57]

5.1.3 ROJEK

Strojírenská firma Rojek byla založena v roce 1921 Josefem Rojkem. Kvalita jejich dřevoobráběcích strojů jí zaručila úspěch i během světové hospodářské krize a v období válečném. Firma prosperovala do roku 1948. K jejímu obnovení došlo opět až v roce 1991 vnukem Josefa Rojka. Přestože se společnost budovala téměř od nuly, v současnosti se jedná o významného výrobce profesionálních dřevoobráběcích strojů, drtičů dřevní hmoty a teplovodních kotlů. Produkty firmy Rojek lze v dnešní době pořídit ve více než 65 státech světa [58].

DH 10 EP

Drtič DH 10 EP slouží k profesionálnímu zpracování dřevní hmoty o průměru až 80 mm. O drcení materiálu se stará systém s protiběžnými hřídelemi. Výsledkem je dlouhá štěpka. Její rozměry se pohybují v rozmezí 5–12 cm a je tedy vhodná jako topivo. O ochranu stroje se starají talířové pružiny, které v případě zaseknutí nožů či přetížení stroje propruží a uvolní řemeny. Drtič je vybaven pytlovacím zařízením a násypkou, která zvyšuje bezpečnost obsluhy stroje [59].

Tab. 5 Technické parametry drtiče DH 10 EP [59]

Provedení	S vlastními koly
Typ pohonu	Elektromotor
Výkon	2,2 kW
Typ drtičího mechanismu	Protiběžné hřídele
Max. průměr materiálu	80 mm
Hodinová výkonnost	1,5 m ³ /h
Hmotnost	250 kg
Cena	Na vyžádání



Obr. 39 Drtič Rojek DH 10 EP [59]

5.1.4 URBAN KOVO

Počátky výroby sahají do roku 2009, kdy se skupina živnostníků rozhodla začít produkovat štěpkovací stroje. Následně, o dva roky později, byla založena Firma Urban Kovo s. r. o., která k dnešnímu dni vyrobila již více než 1 300 štěpkovačů. Všechny komponenty potřebné k sestavení strojů si firma vyrábí sama. Dále zodpovídá za veškerý servis a 50 % svých strojů vyváží na evropský trh i mimo něj [60].

URBAN SM70

O pohon štěpkovače URBAN SM70 se stará spalovací motor o výkonu 7,5 kW. Štěpkování je zajištěno za pomoci dvou protiběžných hřídelí s noži. Nože jsou vyrobeny z kvalitní nástrojové oceli a na jedno nabroušení zvládnou vyrobít až 500 m³ štěpky (5 000 rašlových pytlů). Životnost nožů závisí na množství nečistot, které se do stroje dostanou. Štěpkovač je vybaven pásovým dopravníkem o délce 2,1 m s nastavitelným sklonem [61].

Tab. 6 Technické parametry štěpkovače DH 10 EP [61]

Provedení	S vlastními koly
Typ pohonu	Benzínový spalovací motor
Výkon	7,5 kW
Typ drtícího mechanismu	Protiběžné hřídele
Max. průměr materiálu	80 mm
Hodinová výkonnost	4 m ³ /h
Hmotnost	413 kg
Cena	94 500 Kč bez DPH



Obr. 40 Štěpkovač URBAN SM 70 [61]

URBAN EM110

Jedná se o stacionární štěpkovač s bytelným rámem. Pohon stroje zajišťuje elektromotor o výkonu 18,5 kW, ten je přenášen na štěpkovací mechanismus za pomoci klínových řemenů. Stroj je vybaven dvojitým pytlovačem a díky klapce lze jednoduše přepínat plnění jednotlivých pytlů. Násypka s vypínacím bezpečnostním rámem umožňuje v nutném případě okamžitě zastavit motor a její horizontální orientace ulehčuje vkládání drceného materiálu [62].

Tab. 7 Technické parametry štěpkovače URBAN EM110 [62]

Provedení	Stacionární
Typ pohonu	Elektromotor
Výkon	18,5 kW
Typ drtícího mechanismu	Protiběžné hřídele
Max. průměr materiálu	120 mm
Hodinová výkonnost	20 m ³ /h
Hmotnost	927 kg
Cena	212 000 Kč bez DPH



Obr. 41 Štěpkovač URBAN EM110 [62]

5.2 ZAHRANIČNÍ VÝROBCI

Tato kapitola se zabývá krátkým výčtem zahraničních výrobců drtičů a štěpkovačů.

5.2.1 NEGRI

Firma Negri byla založena v roce 1991 v severní Itálii. Společnost si téměř okamžitě zajistila významnou pozici jak na domácím, tak mezinárodním trhu. V její nabídce lze nalézt např. provzdušňovače, vysavače na listí, drtiče a štěpkovače. Díky její obchodní politice, která věnuje mimořádnou pozornost cenám i kvalitě, je společnost Negri známá téměř po celém světě. Distribuci strojů této značky pro český trh zajišťuje společnost Elva Profí s. r. o. [63].

NEGRI BIO R95BHHP65

Tento stroj spadá do modelové řady drtičů R95. Tyto drtiče se vyrábějí v několika různých variantách a zákazník má možnost výběru i u typu pohonné jednotky. V případě tohoto konkrétního drtiče se o pohon stará spalovací motor a jeho převod je zajištěn klínovými řemeny. Robustní konstrukce se vyznačuje vysokou odolností vůči mechanickému poškození i při maximálním pracovním nasazení stroje a tím je zajištěna vysoká spolehlivost a dlouhá životnost s minimálními náklady na servis [64].

Tab. 8 Technické parametry drtiče Negri bio R95BHHP65 [64]

Provedení	S vlastními koly
Typ pohonu	Benzínový spalovací motor
Výkon	5 kW
Typ drtícího mechanismu	Sekací disk s jedním nožem
Max. průměr materiálu	70 mm
Hodinová výkonnost	3-4 m ³ /h
Hmotnost	90 kg
Cena	49 500 Kč bez DPH



Obr. 42 Drtič Negri bio R95BHHP65 [64]

NEGRI BIO C14TN

Negri bio C14TN spadá do modelové řady C14 a výrobce nabízí čtyři různé varianty tohoto stroje. Jedná se o profesionální traktorový štěpkovač, který je připojen na traktor pomocí třibodového závěsu a minimální požadovaný výkon traktoru je 22 kW. Stroj je vybaven dvojicí podávacích válců a systémem NOSTRESS, který automaticky reguluje otáčky podávacích válců tak, aby nedocházelo k blokování štěpkovacího mechanismu [65].

Tab. 9 Technické parametry drtiče Negri bio R95BHHP65 [65]

Provedení	Traktorový
Typ pohonu	Výstupní hřídel traktoru
Výkon (traktoru)	Min. 22 kW
Typ drtícího mechanismu	Sekací disk se dvěma noži
Max. průměr materiálu	160 mm
Hodinová výkonnost	2200 kg/h
Hmotnost	480 kg
Cena	287 500 Kč bez DPH



Obr. 43 Traktorový štěpkovač Negri bio C14TN [65]

5.2.2 TIMBERWOLF

Společnost Timberwolf se soustřeďuje na výrobu profesionálních drtičů a štěpkovačů již od roku 1984. K dnešnímu dni tato firma vyrobila již více než 14 000 strojů. Díky tomu se stala největším prodejcem komerčních drtičů a štěpkovačů ve Velké Británii a její prodej celosvětově roste. V jejich nabídce lze nalézt jak stroje menších rozměrů, tak i robustní samohybné stroje na pásovém podvozku [66].

TIMBERWOLF TW 280PHB

Štěpkovač Timberwolf TW 280PHB je konstruován tak, aby zvládl ty nejtěžší práce s minimem údržby. Pohon stroje zajišťuje spalovací motor o výkonu 42,5 kW a drtící ústrojí si poradí s materiálem o průměru až 210 mm. Štěpkovač disponuje výjimečně širokým vstupním otvorem, který usnadňuje vkládání neforemných a rozměrných větví. Dále je vybaven dvěma přítlačnými válci, které automaticky řídí přísun materiálu a v případě zaseknutí materiálu mají možnost zpětného chodu [67].

Tab. 10 Technické parametry štěpkovače Timberwolf TW 280PHB [67]

Provedení	Přívěsný
Typ pohonu	Benzínový spalovací motor
Výkon	42,5 kW
Typ drtícího mechanismu	Sekací disk se dvěma noži
Max. průměr materiálu	210 mm
Hodinová výkonnost	6500 kg/h
Hmotnost	1193 kg
Cena	Na vyžádání



Obr. 44 Štěpkovač Timberwolf TW 280PHB [67]

TIMBERWOLF TW 230VTR

Jedná se o samohybný štěpkovač s pásovým podvozkem. Tento podvozek nabízí variabilní nastavení rozchodu pásů pro snazší průjezd terénem a dále je vybaven dvěma pojzdovými rychlostmi 2,5 a 5 km/h. Pohon pásů a štěpkovacího mechanismu obstarává přeplňovaný čtyřválcový naftový motor. Štěpkovač je opatřen otočným výfukovým komínem s rozsahem 270 stupňů a výklopnou plošinou pro řidiče [68].

Tab. 11 Technické parametry štěpkovače Timberwolf TW 230VTR [68]

Provedení	Samohybný
Typ pohonu	Dieselový spalovací motor
Výkon	26 kW
Typ drtícího mechanismu	Sekací disk se dvěma noži
Max. průměr materiálu	160 mm
Hodinová výkonnost	5000 kg/h
Hmotnost	1280 kg
Cena	Na vyžádání



Obr. 45 Štěpkovač TW 230VTR [68]

5.2.3 JENSEN

V roce 1884 byla na severu Německa poblíž města Flensburg založena firma Jensen. Zpočátku Jensen konstruoval zemědělské stroje a stroje pro údržbu veřejných prostranství. První vyrobený štěpkovač se po pár letech stal zásadním produktem společnosti. S tradicí více než 130 let je firma Jensen lídrem na německých trzích. Nicméně export tvoří ve společnosti důležité oddělení a firma kromě evropských zemí vyvážá i do Ruska, Japonska a na Nový Zéland [69].

JENSEN A 530 XL

Štěpkovač Jensen A 530 XL se nabízí v několika variantách. Od provedení na přívěsu, či pásovém podvozku, až po provedení poháněné výstupní hřídelí traktoru nebo spalovacím motorem. Stroj je vybaven dvojicí hydraulicky poháněných podávacích válců s funkcí zpětného chodu. Otočný výfukový komín o rozsahu 360 stupňů usnadňuje práci v náročném terénu. V neposlední řadě štěpkovač nabízí možnost nastavení velikosti výsledné štěrky, a to v rozmezí od 5–20 mm [70].

Tab. 12 Technické parametry přívěsného štěpkovače Jensen A 530 XL [70]

Provedení	Přívěsný
Typ pohonu	Diesellový spalovací motor
Výkon	27,2 kW
Typ drtícího mechanismu	Sekací disk se dvěma noži
Max. průměr materiálu	150 mm
Hodinová výkonnost	15 m ³ /h
Hmotnost	800 kg
Cena	Na vyžádání



Obr. 46 Přivěsný štěpkovač Jensen A 530 XL [70]

JENSEN JT 600 DI

Jedná se o profesionální bubnový štěpkovač, který si poradí s dřevní hmotou o průměru až 400 mm. Pohon stroje zajišťuje vysoce výkonný dieslovým motor o výkonu 110 kW, nicméně zákazník může zvolit i variantu s pohonem pomocí výstupní hřídele traktoru. Tento štěpkovač je k dostání ve dvou variantách, a to buď s ručním, nebo strojním podáváním mechanickou rukou [71].

Tab. 13 Technické parametry přivěsného štěpkovače Jensen JT 600 DI s mechanickou rukou [71]

Provedení	Přivěsný
Typ pohonu	Dieslový spalovací motor
Výkon	110 kW
Typ drtícího mechanismu	Bubnový (šest nožů)
Max. průměr materiálu	400 mm
Hodinová výkonnost	Neuvádí se
Hmotnost (vč. mechanické ruky)	9000 kg
Cena	Na vyžádání



Obr. 47 Přivěsný štěpkovač Jensen JT 600 DI s mechanickou rukou [72]

6 VYHODNOCENÍ DRCENÝCH MATERIÁLŮ

Dřevo představuje jeden z nejstarších a neoblíbenějších materiálů rostlinného původu. Pro svůj naturální vzhled, příznivé fyzikální vlastnosti, širokou využitelnost a snadnou obnovitelnost je člověkem v hojné míře využíván [2].

6.1 VYUŽITÍ DŘEVA

Dřevo lze považovat za materiál s vysokou mírou využitelnosti. Je využíván v mnoha různých průmyslových odvětvích, a to zejména díky svému přírodnímu charakteru a řadě dobrých vlastností. Hojně se používá například ve stavebnictví, při výrobě nábytku, hraček či v hudebním průmyslu. Největší potenciál pro průmyslovou výrobu má dřevo z kmene stromů. Méně se naopak zužitkovává dřevo z větví [2].

6.2 VLASTNOSTI DŘEVA

Každý strom je charakteristický strukturou a vlastnostmi, které jsou pro jeho druh specifické. Jejich různorodost se váže na prostředí, ve kterém se strom vyskytuje a v němž dochází k jeho růstu. Základní vlastnosti dřeva jsou popsány v následujících kapitolách.

6.2.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA

Jedná se o soubor vlastností, jež popisují dřevo na základě jeho vnějších a vnitřních charakteristik. Vnější vlastnosti dřeva udávají jeho vzhled, řadíme mezi ně barvu, strukturu, lesk atd. Základní vnitřní vlastností dřeva je jeho hustota. Nicméně do této kategorie řadíme i reakce dřeva na různé fyzikální jevy např. vlhkost, sesychání a bobtnání, tepelné a akustické vlastnosti dřeva atp [2].

6.2.2 CHEMICKÉ VLASTNOSTI DŘEVA

Chemické vlastnosti dřeva se zabírají zejména složením dřeva z chemického pohledu, jeho hořlavostí a možnostmi energetického využití. Přestože se dřevo skládá z velkého množství látek, tak mezi tři hlavní látky, které mají v jeho struktuře největší zastoupení řadíme celulózu, lignin a hemicelulózu. Jedná se o polymery přírodního typu a jejich tvorba je velice složitý proces řízený specifickými katalyzátory – enzymy [2].

6.2.3 MECHANICKÉ VLASTNOSTI DŘEVA

Mechanické vlastnosti dřeva popisují jeho odolnost vůči účinkům vnějších sil. Tyto vlastnosti dělíme do několika skupin: základní, odvozené a technologické. Mezi základní vlastnosti spadá pružnost a pevnost, houževnatost a plastičnost dřeva. Odvozené vlastnosti jsou například tvrdost, odolnost proti trvalé deformaci a odolnost proti tečení. Štípatelnost, ohýbatelnost a opotřebovatelnost jsou typickým příkladem technologických vlastností dřeva [2].

6.3 VLASTNOSTI OVLIVŇUJÍCÍ ZPRACOVATELNOST DŘEVA

Mezi zásadní vlastnosti, které ovlivňují zpracovatelnost dřeva řadíme tvrdost, vlhkost a odolnost dřeva proti štípání.

6.3.1 TVRDOST DŘEVA

Tvrdost dřeva lze charakterizovat jako jeho odolnost vůči vnikání cizího tělesa do jeho skladby. Tvrdost dřeva se odvíjí od jeho druhu, struktury a hustoty. Vlhkost dřeva má zásadní podíl při určování jeho tvrdosti. Rozdělení tvrdosti dřeva při 12% vlhkosti nalezneme v tabulce viz Tab. 14 [2].

Tab. 14 Tvrdost dřeva při 12% vlhkosti [2]

Tvrdost dřeva	Druh dřeva
Měkká dřeva (< 40 MPa)	smrk, jedle, borovice, lípa, vrba
Středně tvrdá dřeva (41-80 MPa)	dub, buk, jasan, modřín, ořech
Tvrdá dřeva (81-100 MPa)	akát, habr
Velmi tvrdá dřeva (101-150 MPa)	šeřík, zimostřez
Super tvrdá dřeva (> 150 MPa)	eben, guajak

6.3.2 ŠTÍPATELNOST DŘEVA

Štípatelnost dřeva je jeho odolnost vůči štípání. To znamená odpor, který dřevo klade při jeho rozdělování na dvě části. Z hlediska napjatosti se jedná o složitý jev a probíhá za působení tlaku a ohybu současně. Odolnost vůči štípání se udává pouze ve směru vláken. Tato odolnost je obecně vyšší u listnatých dřevin než u dřevin jehličnatých. Z tabulky 15 je patrné, že odolnost dřeva proti štípání se s rostoucí vlhkostí snižuje. Obecně lze říci, že pokud se vlhkost zvýší o 1 %, odolnost vůči štípání se sníží o 2 %. Z tohoto důvodu je pro nože drtičů či štěpkovačů šetrnější zpracovávat čerstvější větve [2].

Tab. 15 Odolnost dřevin proti štípání (MPa) [2]

Druh dřeva	V radiální rovině při vlhkosti		V tangenciální rovině při vlhkosti	
	12 %	> 30 %	12 %	> 30 %
Modřín	0,26	0,16	0,26	0,16
Borovice	0,22	0,14	0,22	0,14
Smrk	0,18	0,11	0,18	0,11
Akát	0,40	0,25	0,53	0,32
Jasan	0,43	0,27	0,45	0,27
Dub	0,32	0,20	0,44	0,27
Buk	0,33	0,20	0,50	0,30
Habr	0,41	0,25	0,55	0,34
Topol	0,19	0,12	0,25	0,16

6.4 VADY DŘEVA

Vadou dřeva rozumíme porušení jeho vzhledu a porušení jeho vnitřní struktury. Tyto vady se nepříznivě odrážejí na jeho konečném využití a snižují celkovou kvalitu dřeva a jeho mechanické a fyzikální vlastnosti. Vady dřeva mohou vzniknout během růstu stromu (mohou být dědičné), a také během jeho těžby, uskladnění či manipulace. Mezi vady dřeva patří: suky, trhliny, sbíhavost a křivost kmene, nádory, točitost, zárost apod. [2].

7 NÁVRH KONSTRUKCE DRTIČE

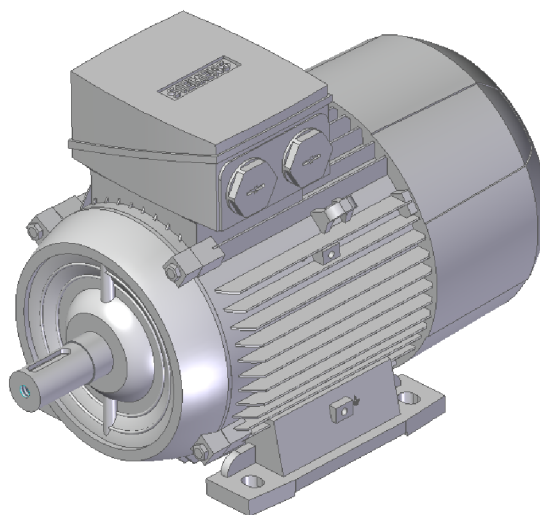
Na základě vypracované rešerše jsem se rozhodl pro drtič, který bude zpracovávat větve a klestí při každoroční údržbě zahrady. Lze tudíž předpokládat, že stroj bude drtit zejména větve měkčích dřevin. Maximální průměr drceného materiálu tedy uvažujeme 40 mm a mez pevnosti dřeva ve smyku $\tau_s = 3,5$ MPa. Pro pohon drtiče byl zvolen elektromotor a pro přenos výkonu a kroutícího momentu převod klínovými řemeny. Využití výsledné štěpky uvažuji jako složku do kompostu a mulčovací kůru. Na základě využití výsledné štěpky, a také pro celkovou jednoduchost stroje, jsem zvolil diskový sekací mechanismus se dvěma noži. Z důvodu sezonního využití je stroj vybaven koly pro snadnou manipulaci. Při návrhu konstrukce drtiče bylo dbáno na jeho jednoduchost a snadnou údržbu. Důležité funkční celky stroje jsou dimenzovány tak, aby spolehlivost stroje byla co nejvyšší.

7.1 SPOLEHLIVOST

Spolehlivost je schopnost stroje vykonávat určitý druh práce, ve stanovené kvalitě a množství po určitou dobu bez jakýchkoliv závad, poruch či havárií. Celková spolehlivost stroje je tvořena řadou činitelů, které ji ovlivňují. Mezi tyto činitele patří životnost, bezporuchovost, udržovatelnost aj. Nejvýznamnějším činitelem je bezpochyby životnost. Životnost představuje schopnost stroje plnit potřebný úkol za určitých podmínek do dosažení mezního stavu (ukončení užitečného života) při stanovené údržbě. Jelikož nelze eliminovat vliv okolního prostředí na stroj, je tudíž vystaven všem formám energie (mechanické, chemické, tepelné a elektromagnetické). Tyto vlivy způsobují nevratné změny. Z tohoto vyplývá, že bez řádné údržby nelze dosáhnout požadované spolehlivosti stroje. Bezporuchovost je schopnost stroje plnit danou funkci za určitých podmínek v daném časovém intervalu. Obecně lze říct, že nový stroj je schopný plnit požadovanou funkci. Udržovatelnost je vlastnost výrobku zjišťovat a předcházet příčinám vzniku jeho poruch. Všeobecně platí, že čím je konstrukce stroje jednodušší a bytelnější, tím je dosaženo vyšší spolehlivosti stroje při jeho kvalitní a pravidelné údržbě.

7.2 VOLBA POHONU DRTÍČÍ MECHANISMU

Jak již bylo zmíněno, pro pohon drtícího mechanismu byl zvolen elektromotor. Konkrétně se jedná o čtyřpólový elektromotor značky Siemens s typovým označením 1LE10021AB52 v patkovém provedení IMB3. Konkrétní parametry elektromotoru jsou uvedeny v tabulce (Tab. 16) [73].



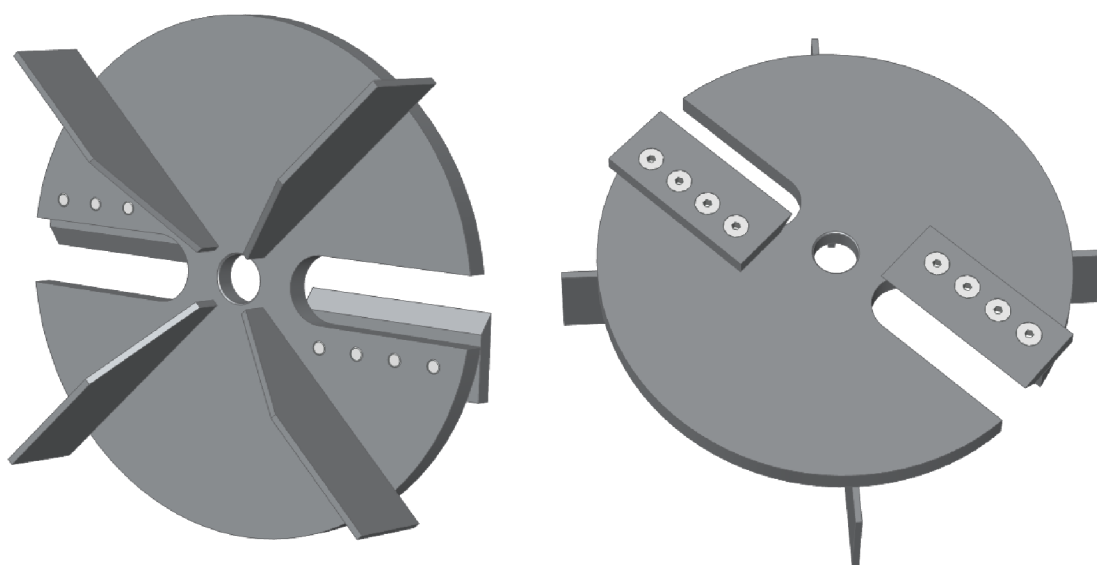
Obr. 48 Elektromotor Siemens 1LE10021AB52

Tab. 16 Technické parametry elektromotoru Siemens 1LE10021AB52 [73]

Výkon	3 kW
Otáčky	1425 min ⁻¹
Provedení	Patkový IMB3
Napětí	230/400V, 50Hz
Hmotnost	22 kg
Velikost (osová výška)	100 L

7.3 VOLBA DRTÍČÍHO MECHANISMU

Byl zvolen diskový sekací mechanismus o průměru 370 mm se dvěma noži. Disk plní funkci plného setrvačnicku. Takový disk při roztočení disponuje velkou kinetickou energií, díky které lze přeseknout i větve většího průměru, než je uvažováno při výpočtech. Tento typ mechanismu si poradí i s nesterjnorodými větvemi, případně s větvemi obsahujícími vady (např. suky, točitost, zárost). Na disk jsou navařeny čtyři vyhazovací lopatky, které zajišťují odvod štěpky ven ze stroje. Nadrcená štěpka je lopatkou zachycena a následně vymrštěna do výfukového komína.



Obr. 49 Disk sekacího mechanismu se dvěma noži

7.4 VÝPOČET PŘEVODOVÉHO POMĚRU MEZI ELEKTROMOTOREM A DRTÍČÍM MECHANISMEM

Výpočty provedeny dle předlohy [74].

7.4.1 STRIŽNÁ SÍLA POTŘEBNÁ PRO USEKNUTÍ VĚTVE

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

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

$$F_S = 4398,23 \text{ N}$$

τ_s – Mez pevnosti dřeva ve smyku [MPa], zvoleno $\tau_s = 3,5$ MPa, dle literatury [2, str.151]

π – Ludolfovo číslo [-]

d_v – Maximální průměr drcených větví [mm], dle kapitoly (kap. 7).

7.4.2 ENERGIE POTŘEBNÁ NA PŘESEKNUTÍ MATERIÁLU ZA OTÁČKU

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

$$E_s = 2 \cdot F_s \cdot d_v \text{ [J]} \quad (2)$$

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

$$E_s = 351,86 \text{ J}$$

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

d_v – Maximální průměr drcených větví [m], dle kapitoly (kap. 7).

7.4.3 ČAS JEDNÉ OTÁČKY SEKACÍHO MECHANISMU

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

$$T = \frac{351,86}{3000}$$

$$T = 0,1172 \text{ s} = 0,001953 \text{ min}$$

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

P – Výkon elektromotoru [W], dle tabulky (Tab. 16).

7.4.4 OTÁČKY HANÉ HŘÍDELE

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

$$n = \frac{1}{0,001953}$$

$$n = 512,03 \text{ min}^{-1}$$

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

7.4.5 PŘEVODOVÝ POMĚR MEZI ELEKTROMOTOREM A SEKACÍM MECHANISMEM

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

$$i_{1,2} = \frac{1425}{512,03}$$

$$i_{1,2} = 2,783$$

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

n_e – Jmenovité otáčky elektromotoru [min^{-1}], dle tabulky (Tab. 16).

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

7.4.6 SKUTEČNÉ OTÁČKY HANÉ HŘÍDELE

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

$$n_{skut} = \frac{1425}{2}$$

$$n_{skut} = 712,5 \text{ min}^{-1}$$

n_e – Jmenovité otáčky elektromotoru [min^{-1}], dle tabulky (Tab. 16).

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

7.5 VOLBA ŘEMENOVÉHO PŘEVODU

Pro přenos výkonu a kroutícího momentu byl zvolen řemenový převod s převodovým poměrem $i_{1,2} = 2$. Jedná se o převod do pomalu. Řemenové převody se vyznačují tichým chodem, tlumí rázy a mohou být použity pro dlouhé osové vzdálenosti. Nicméně jsou citlivé na okolní prostřední, špatně snášejí vysoké teploty a je nutno je napínat. Výpočtový průměr hnací řemenice zvolen $d_{p1} = 125 \text{ mm}$. Výpočty provedeny dle předlohy [1, str. 533-544].

7.5.1 VÝPOČTOVÝ PRŮMĚR HANÉ ŘEMENICE

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot i_{1,2} \text{ [mm]} \quad [1, \text{str. 544}] \quad (7)$$

$$d_{p2} = 125 \cdot 2$$

$$d_{p2} = 250 \text{ mm}$$

d_{p1} – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 7.5).

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

7.5.2 VÝPOČTOVÁ DÉLKA KLÍNOVÉHO ŘEMENE

$$L_p = 2 \cdot a_n + 1,57 \cdot (d_{p1} + d_{p2}) + \frac{(d_{p1} - d_{p2})^2}{4 \cdot a_n} \text{ [mm]} \quad [1, \text{str. 544}] \quad (8)$$

$$L_p = 2 \cdot 450 + 1,57 \cdot (125 + 250) + \frac{(125 - 250)^2}{4 \cdot 450}$$

$$L_p = 1497,19 \text{ mm}$$

d_{p1} – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 7.5).

d_{p2} – Výpočtový průměr hnané řemenice [mm], rovnice (7).

a_n – Návrhová osová vzdálenost [mm], dle literatury [1] zvoleno $a_n = 450 \text{ mm}$

7.5.3 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 B59 s profilem řemene B/17 o délce $L_N = 1500 \text{ mm}$ [75].

7.5.4 SKUTEČNÁ OSOVÁ VZDÁLENOST

$$a = 0,25 \cdot \left[\left(L_N - \pi \cdot \frac{d_{p1} + d_{p2}}{2} \right) + \sqrt{\left(L_N - \pi \cdot \frac{d_{p1} + d_{p2}}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left(\frac{d_{p1} - d_{p2}}{2} \right)^2} \right] \text{ [mm]} \quad [1, \text{str. 533}] \quad (9)$$

$$a = 0,25 \cdot \left[\left(1500 - \pi \cdot \frac{125 + 250}{2} \right) + \sqrt{\left(1500 - \pi \cdot \frac{125 + 250}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left(\frac{125 - 250}{2} \right)^2} \right]$$

$$a = 451,146 \text{ mm}$$

L_N – Normalizovaná délka klínového řemene [mm], dle kapitoly (kap. 7.5.3).

d_{p1} – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 7.5).

d_{p2} – Výpočtový průměr hnané řemenice [mm], rovnice (7).

π – Ludolfovo číslo [-]

7.5.5 ÚHEL OPÁSÁNÍ HANÉ ŘEMENICE

$$\beta = 180 - 2 \cdot \left(\arcsin \frac{d_{p2} - d_{p1}}{2 \cdot a} \right) [^\circ] \quad [1, \text{str. 533}] \quad (10)$$

$$\beta = 180 - 2 \cdot \left(\arcsin \frac{250 - 125}{2 \cdot 451,146} \right)$$

$$\beta = 164,07^\circ$$

d_{p1} – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 7.5).

d_{p2} – Výpočtový průměr hnané řemenice [mm], rovnice (7).

a – Skutečná osová vzdálenost [mm], rovnice (9).

7.5.6 VÝKON PŘENÁŠENÝ JEDNÍM ŘEMENEM V PODMÍNKÁCH PROVOZU

$$N_p = N_o \frac{c_\alpha \cdot c_L}{c_p} [kW] \quad [1, \text{str. 538}] \quad (11)$$

$$N_p = 2,5 \cdot \frac{0,9622 \cdot 0,915}{1,3}$$

$$N_p = 1,693 \text{ kW}$$

N_o – Jmenovitý výkon převodu s jedním řemenem [kW], dle literatury [1, str. 539],

zvoleno $N_o = 2,5$

c_α – Součinitel úhlu opásání řemenem [-], dle literatury [1, str. 540], zvoleno pomocí lineární interpolace $c_\alpha = 0,9622$

c_L – Součinitel vlivu délky řemene [-], dle literatury [1, str. 540], zvoleno pomocí lineární interpolace $c_L = 0,915$

c_p – Součinitel dynamičnosti zatížení a pracovního režimu [-], dle literatury [1, str. 541], zvoleno $c_p = 1,3$

7.5.7 POČET ŘEMENŮ V PŘEVODU

$$K = \frac{N_H}{N_p \cdot c_k} \quad [-] \quad [1, \text{str. 542}] \quad (12)$$

$$K = \frac{3}{1,693 \cdot 0,95}$$

$$K = 1,865$$

N_H – Výkon přenášený hnací hřídelí [kW], dle tabulky (Tab. 16).

N_p – Výkon přenášený jedním řemenem v podmínkách provozu [kW], rovnice (11)

c_k – Součinitel počtu řemenů v převodu [-], dle literatury [1, str. 542], zvoleno $c_k = 0,95$

Z výpočtu je patrné, že minimální počet řemenů převodu je $K = 1,865$. Na základě toho výpočtu byly zvoleny dva řemeny.

7.5.8 OBVODOVÁ RYCHLOST ŘEMENE

$$v = \frac{d_{p1} \cdot n_e}{19100} \quad [m \cdot s^{-1}] \quad [1, \text{str. 538}] \quad (13)$$

$$v = \frac{125 \cdot 1425}{19100}$$

$$v = 9,325 \quad m \cdot s^{-1}$$

n_e – Jmenovité otáčky elektromotoru [min^{-1}], dle tabulky (Tab. 16).

d_{p1} – Výpočtový průměr hnací řemenice [mm], dle kapitoly (kap. 7).

7.5.9 VÝPOČET OBVODOVÉ SÍLY

$$F_o = \frac{102 \cdot P \cdot 9,81}{v} \quad [N] \quad [1, \text{str. 544}] \quad (14)$$

$$F_o = \frac{102 \cdot 3 \cdot 9,81}{9,325}$$

$$F_o = 321,91 \quad N$$

P – Výkon elektromotoru [kW], dle tabulky (Tab. 16).

v – Obvodová rychlost řemene [$m \cdot s^{-1}$], dle rovnice (14).

7.5.10 PRACOVNÍ PŘEDPĚTÍ ŘEMENE

$$F_N = 2 \cdot F_o \text{ [N]}$$

[1, str. 544] (15)

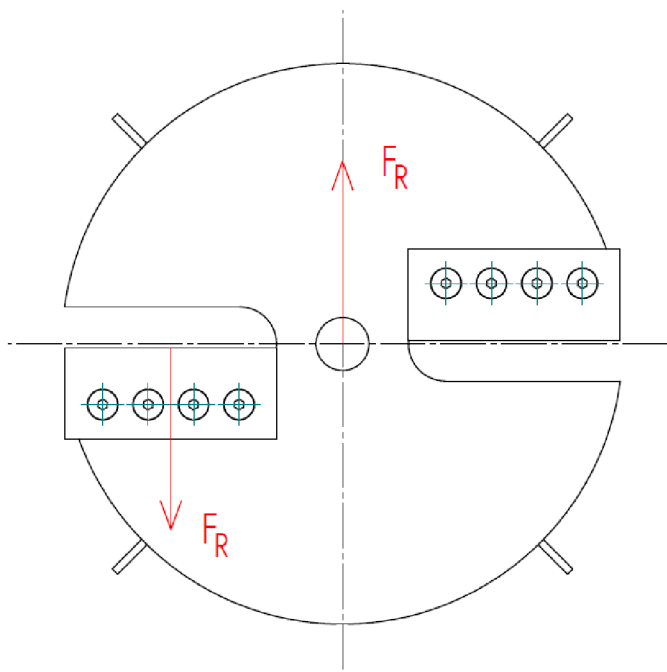
$$F_N = 2 \cdot 321,91$$

$$F_N = 643,83$$

F_o – Obvodová síla [N], dle rovnice (15).

7.6 NÁVRH HŘÍDELE DRTÍČÍHO MECHANISMU

Při výpočtech uvažujeme, že na hřídel kromě krutu působí také ohybová síla. Tato síla je rovna síle potřebné pro useknutí větve, jelikož netvoří na noži silovou dvojici [74].



Obr. 50 Ohybové zatížení působící na hřídel

$$F_R = F_S \quad (16)$$

$$F_R = 4398,23 \text{ N}$$

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

7.6.1 KROUTÍCÍ MOMENT PŘENÁŠENÝ HŘÍDELÍ

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n_{skut}}{60}} \text{ [Nm]} \quad (17)$$

$$M_k = \frac{3000}{2 \cdot \pi \cdot \frac{712,5}{60}}$$

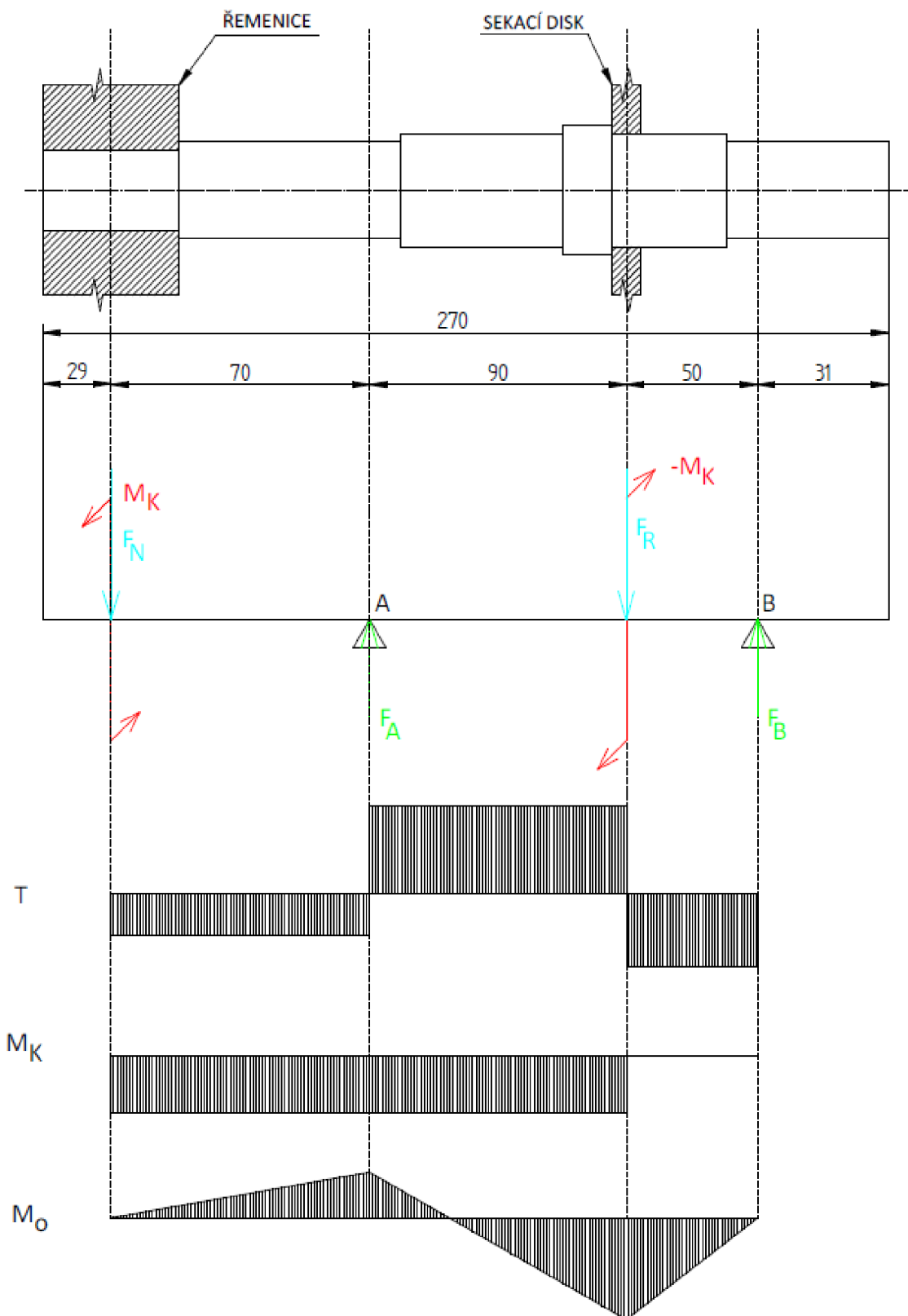
$$M_k = 40,208 \text{ Nm}$$

P – Výkon elektromotoru [W], dle tabulky (Tab. 16).

π – Ludolfovo číslo [-]

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

7.6.2 VÝPOČET REAKČNÍCH SIL V LOŽISKÁCH V ROVINĚ XZ



Obr. 51 Průběh výsledných vnitřních účinků na hřídeli v rovině XZ

Podmínky

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

$$\Sigma M_{0A} = 0 \Rightarrow F_N \cdot 70 - F_R \cdot 90 + F_B \cdot 140 = 0 \text{ [Nm]}$$

Reakční síla v ložisku A:

$$F_B = \frac{F_R \cdot 90 - F_N \cdot 70}{140} \text{ [N]} \quad (18)$$

$$F_B = \frac{4398,23 \cdot 90 - 643,83 \cdot 70}{140}$$

$$F_B = 2505,51 \text{ N}$$

Reakční síla v ložisku B:

$$F_A = F_R - F_B + F_N \text{ [N]} \quad (19)$$

$$F_A = 4398,23 - 2505,51 + 643,83 = 2536,55 \text{ N}$$

ΣF_y – Suma všech sil ve směru Y [N]

ΣM_{0A} – Suma všech momentů kolem osy X k bodu A [Nm]

F_A – Reakční síla v ložisku A [N]

F_B – Reakční síla v ložisku B [N]

F_R – Radiální síla [N], dle rovnice (16).

F_N – Síla vyvozena pracovním předpětím řemene [N], dle rovnice (15).

Maximální ohybový moment se nachází v místě působení reakční síly F_R , viz obrázek (obr. 51). Velikost tohoto ohybového momentu je popsána následujícím vztahem.

$$M_{oMAX} = F_B \cdot 50 \text{ [Nmm]} \quad (20)$$

$$M_{oMAX} = 2505,51 \cdot 50 = 125\,275,5 \text{ Nmm}$$

7.6.3 REDUKOVANÝ MOMENT

$$M_{red} = \sqrt{M_{0MAX}^2 + 0,75 \cdot M_k^2} \quad [Nmm] \quad (21)$$

$$M_{red} = \sqrt{125275,5^2 + 0,75 \cdot 40208^2}$$

$$M_{red} = 130024,85 \text{ Nmm}$$

7.6.4 MINIMÁLNÍ PRŮMĚR HŘÍDELE

Materiál hřídele byl zvolen 11 523. Dovolené napětí σ_{D0} v ohybu pro mĭjivý cyklus je 100–150 MPa a dovolené napětí τ_{D0} v krutu pro statický cyklus je 85–125 MPa. Zvoleno $\sigma_{D0} = 100 \text{ MPa}$ a $\tau_{D0} = 85 \text{ MPa}$ [1, str. 54,55].

$$\sigma_{D0} = \frac{M_{red}}{w_0} \Rightarrow w_0 = \frac{M_{red}}{\sigma_D} \quad (22)$$

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

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

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 130024,85}{100 \cdot \pi}}$$

$$d = 23,65 \text{ mm} \Rightarrow \text{zvoleno } 30 \text{ mm} - \text{minimální průměr hřídele}$$

σ_{D0} – Dovolené napětí v ohybu [MPa], dle kapitoly (kap. 7.6.4).

M_{red} – Redukovaný moment [Nmm], dle rovnice (21).

w_0 – Modul průřezu v ohybu [mm³],

π – Ludolfovo číslo [-]

7.6.5 KONTROLA BEZPEČNOSTI HŘÍDELE

Bod A.

$$\tau_{kA} = \frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot D_A^3} \text{ [MPa]} \quad (23)$$

$$\tau_{kA} = \frac{16 \cdot 40208}{\pi \cdot 30^3}$$

$$\tau_{kA} = 7,584 \text{ MPa}$$

$$k_A = \frac{\tau_{DO}}{\tau_{kA}} \text{ [-]} \quad (24)$$

$$k_A = \frac{85}{7,584}$$

$$k_A = 11,2$$

τ_{kA} – Napětí v krutu [MPa]

τ_{DO} – Dovolené napětí v krutu [MPa], dle kapitoly (kap. 7.6.4).

M_k – Kroutící moment přenášený hřídelí [Nmm], dle rovnice (17)

π – Ludolfovo číslo [-]

D_A – Průměr hřídele v bodě A. [mm]

k_A – koeficient bezpečnosti [-]

Bod B.

$$\tau_{kB} = \frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot D_B^3} \text{ [MPa]} \quad (25)$$

$$\tau_{kB} = \frac{16 \cdot 40208}{\pi \cdot 35^3}$$

$$\tau_{kB} = 4,776 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cB} = \frac{32 \cdot M_{oB}}{\pi \cdot D_B^3} \text{ [MPa]} \quad (26)$$

$$\sigma_{cB} = \frac{32 \cdot 45068,1}{\pi \cdot 35^3}$$

$$\sigma_{cB} = 10,7 \text{ MPa}$$

$$k_B = \frac{\sigma_{DO}}{\sqrt{3 \cdot \tau_{kB}^2 + \sigma_{cB}^2}} \quad (27)$$

$$k_B = \frac{100}{\sqrt{3 \cdot 4,776^2 + 10,7^2}}$$

$$k_B = 7,39$$

τ_{kB} – Napětí v krutu [MPa]

M_k – Kroutící moment přenášený hřídelí [Nmm], dle rovnice (17)

π – Ludolfovo číslo [-]

D_B – Průměr hřídele v bodě B. [mm]

σ_{cB} – Napětí v ohybu [MPa]

M_{oB} – Ohybový moment působící na hřídel v bodě B [Nmm]

σ_{DO} – Dovolené napětí v ohybu [MPa], dle kapitoly (kap. 7.6.4).

k_B – koeficient bezpečnosti [-]

Bod C.

$$\tau_{kC} = \frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot D_C^3} \text{ [MPa]} \quad (28)$$

$$\tau_{kC} = \frac{16 \cdot 40208}{\pi \cdot 40^3}$$

$$\tau_{kC} = 3,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cC} = \frac{32 \cdot M_{oC}}{\pi \cdot D_C^3} \text{ [MPa]} \quad (29)$$

$$\sigma_{cC} = \frac{32 \cdot 125275,5}{\pi \cdot 40^3}$$

$$\sigma_{cC} = 19,94 \text{ MPa}$$

$$k_C = \frac{\sigma_{Do}}{\sqrt{3 \cdot \tau_{kC}^2 + \sigma_{cC}^2}} \quad (30)$$

$$k_C = \frac{100}{\sqrt{3 \cdot 3,2^2 + 19,94^2}}$$

$$k_C = 4,83$$

τ_{kC} – Napětí v krutu [MPa]

M_k – Kroutící moment přenášený hřídelí [Nmm], dle rovnice (17)

π – Ludolfovo číslo [-]

D_C – Průměr hřídele v bodě C [mm]

σ_{cC} – Napětí v ohybu [MPa]

M_{oC} – Ohybový moment působící na hřídel v bodě C [Nmm]

σ_{Do} – Dovolené napětí v ohybu [MPa], dle kapitoly (kap. 7.6.4).

k_C – koeficient bezpečnosti [-]

7.7 VOLBA LOŽISEK

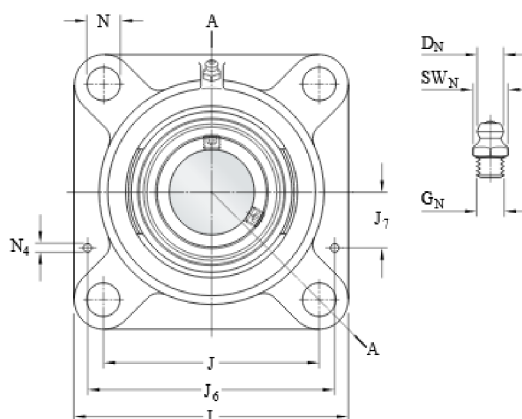
Hřídel sekacího mechanismu je uložena v ložiskách. Ložiska musí být schopna přenášet radiální i axiální síly. Z online katalogu SKF byla zvolena čtvercová ložisková jednotka FY 35 TF. Součástí této jednotky je ložisko YAT 207. Tyto ložiskové komplety se vyznačují jednoduchou montáží na rám stroje, které je zajištěno pomocí čtyř šroubů. Také montáž na hřídel je velice snadná a axiální posuv hřídele je zajištěn stavěcími šrouby.



Obr. 52 Ložisko SKF YAT 207 [76]



Obr. 53 Ložiskový domek FY 35 TF [77]



Obr. 54 Základní rozměry ložiskového domku FY 35 TF [77]

Tab. 17 Základní rozměry ložiskového domku FY 35 TF (mm) [77]

N	N ₄	J	J ₆	L	J ₇	D _N	SW _N
14	4	92	106	118	29	6,5	7

7.7.1 VELIKOST AXIÁLNÍ SÍLY

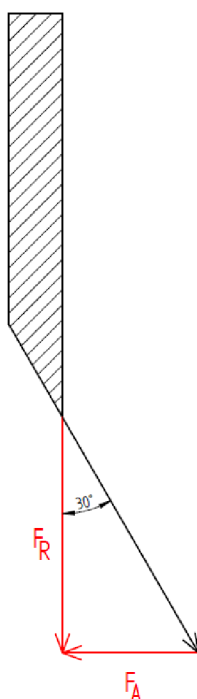
$$\tan 30^\circ = \frac{F_A}{F_R} \Rightarrow F_A = F_R \cdot \tan 30^\circ [N] \quad (31)$$

$$F_A = 4398,23 \cdot \tan 30^\circ$$

$$F_A = 2539,32 \text{ N}$$

F_R – Radiální zatížení hřídele [N], rovnice (16)

\tan – Goniometrická funkce [°]



Obr. 55 Rozložení sil na noži

7.7.2 TRVANLIVOST LOŽISEK

$$L_{10hod} = \left(\frac{C}{F_R}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} [h] \quad [1, str. 506] \quad (32)$$

$$L_{10hod} = \left(\frac{25500}{4398,23}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 712,5}$$

$$L_{10hod} = 4558,8 \text{ h}$$

L_{10hod} – Trvanlivost ložiska [h]

C – Základní dynamická únosnost ložiska YAT 207 [N], [78]

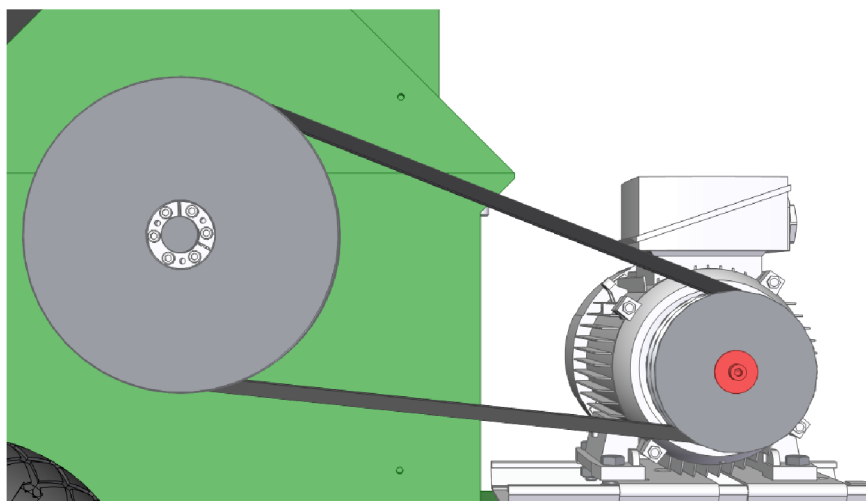
n – Otáčky hnané hřídele [min^{-1}], rovnice (6)

F_R – Radiální zatížení hřídele [N], rovnice (16)

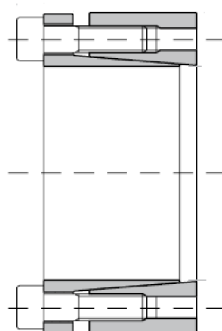
Z výpočtu je patrné, že základní trvanlivost ložiska je 4558,8 hodin. Když vezmeme v potaz, že stroj bude pracovat pouze několikrát do roka je tato trvanlivost dostačující.

7.8 ZAJIŠTĚNÍ ŘEMENIC PROTI VYSUNUTÍ

Jak řemenice na hřídeli sekacího mechanismu, tak na hřídeli elektromotoru jsou zajištěny proti vysunutí. Toto zajištění je na hřídeli elektromotoru provedeno pomocí šroubu a podložky, jež jsou na obrázku (Obr. 55) znázorněny červenou barvou. Přenos kroutícího momentu mezi řemenicí a hřídelí je realizován pomocí klínového pouzdra TLK 130 [81]. Toto pouzdro také zajišťuje řemenici proti axiálnímu posuvu.



Obr. 55 Zajištění řemenic proti vysunutí



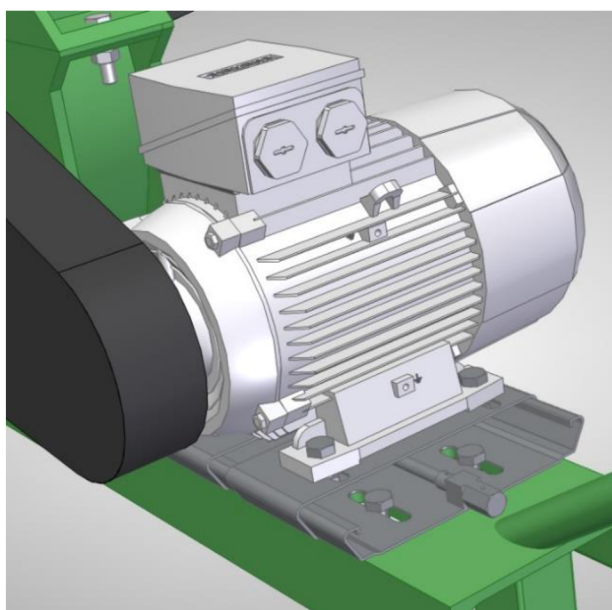
Obr. 56 Svěrné klínové pouzdro TLK 130 [81]

7.9 NAPÍNÁNÍ ŘEMENE

Napínání klínového řemene je zajištěno pomocí jednoduché motorové základny. Tuto základnu nabízí k prodeji firma SIT [82]. Po odeslání dotazu na produkt mě kontaktovali prodejci z firmy Haberkorn s. r. o. [83], kteří zastupují firmu SIT v České republice. Cena této základny je cca 3 000 Kč. Elektromotor je pevně uložen na posuvné platformě základny a celá základna je přišroubována k rámu stroje. Po ustavení elektromotoru a nasazení řemenů se požadované pracovní předpětí vyvodí dotažením matice.



Obr. 57 Motorová základna TC 112 junior [79]



Obr. 58 CAD model motorové základny TC 112 (junior)

7.10 ODNÍMATELNÁ HORNÍ SKŘÍŇ

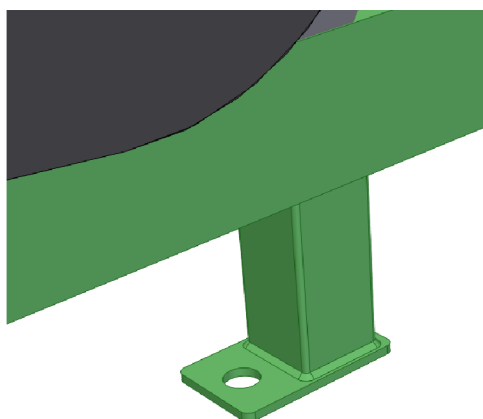
Pro případ zaseknutí drceného materiálu, ucpání pracovního prostoru nebo při výměně nožů, drtič disponuje možností odejmout celou horní skříň pro snadný přístup k pracovnímu prostoru. Horní skříň je zajištěna dvojicí šroubů a je vybavena výfukovým komínem s nastavitelným sklopným kšiltlem. Díky kšiltu lze snadno nastavit směr a vzdálenost dopadající štěpky.



Obr. 59 Odnímatelná horní skříň drtiče

7.11 ZAJIŠTĚNÍ STROJE PROTI POSUNUTÍ

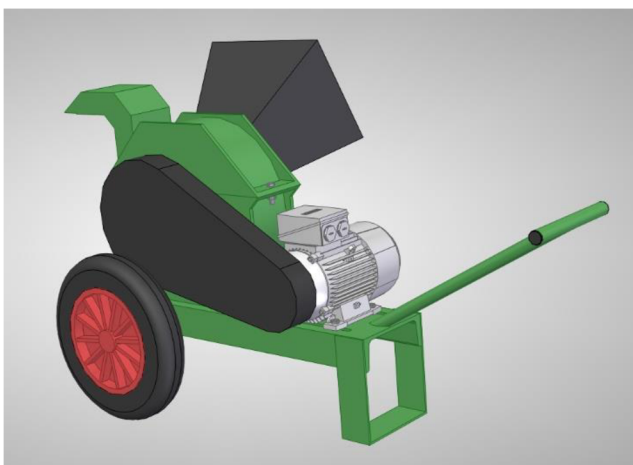
Opěrnou nohu lze zajistit pomocí kolíku tak, aby nedocházelo díky vibracím k posunu stroje.



Obr. 60 Opěrná noha s otvorem pro kolík

7.12 OPTIMALIZACE KONSTRUKCE

Na obrázku (Obr. 61) lze vidět prvotní návrh podoby stroje. Toto řešení však nebylo optimální z důvodu nevhodně umístěného výfukového komínu, příliš širokého pracovního prostoru stroje, nedostatečného napínání klínového řemene a nevhodné opěrné nohy stroje. Po následných konzultacích tedy bylo rozhodnuto o přepracování celého modelu stroje. Pracovní prostor byl zúžen tak, aby se eliminovalo případné zaseknutí materiálu. Výfukový komín byl přesunut na vhodnější místo a byl dovybaven sklopným kšiltem pro snadnější odvod štěrky. Opěrná noha byla přepracována tak, aby během práce nedocházelo k posunu stroje a napínání bylo vyřešeno pomocí motorové základny. Provedené změny lze vidět na obrázku (Obr. 62).



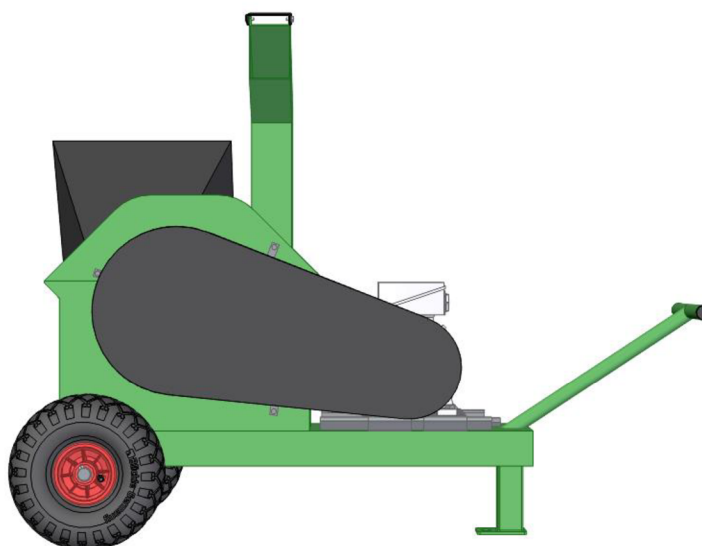
Obr. 61 Původní podoba stroje



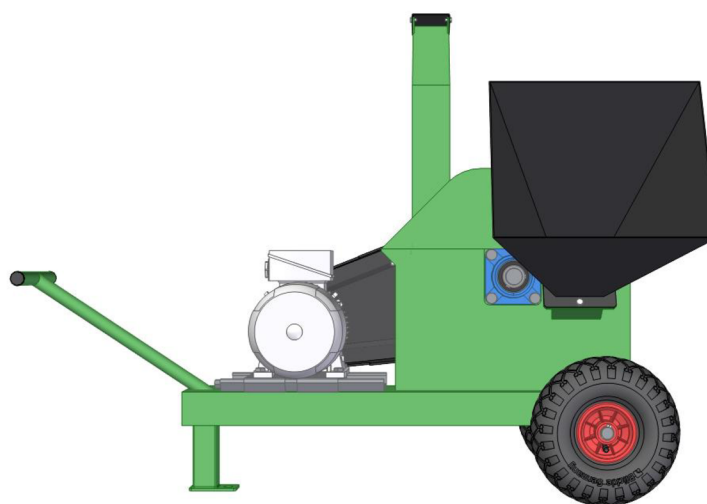
Obr. 62 Optimalizovaná podoba stroje

7.13 3D MODEL DRTIČE

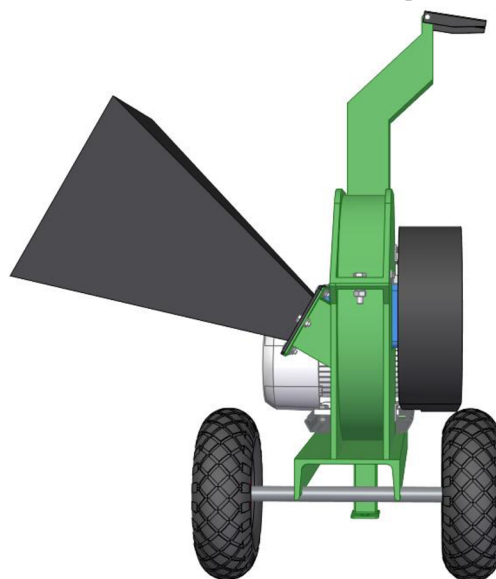
Model drtiče byl vytvořen v programu Siemens Solid Edge ST 10. Veškeré hotové modely (elektromotor, ložiskové jednotky, motorová základna, kola) byly staženy z internetového katalogu Traceparts [80]. Konečná podoba drtiče je znázorněna na obrázcích (Obr. 63, Obr. 64, Obr. 65).



Obr. 63 3D model drtiče – pohled I



Obr. 64 3D model drtiče – pohled II



Obr. 65 3D model drtiče – pohled III

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat rešeršní rozbor drtičů a štěpkovačů zahradního odpadu, včetně jejich cen, použití a výrobců. Dále dle dostupných informací vyhodnotit drcené materiály a na základě rešerše navrhnout vlastní konstrukci zahradního drtiče.

Rešeršní rozbor se zabývá rozdělením drtičů a štěpkovačů dle několika kategorií. Například podle typu drtičího mechanismu, typu nosné konstrukce, způsobu vyprazdňování apod. Na základě této rešerše byly zvoleny vstupní parametry vlastní konstrukce zahradního drtiče.

Konstrukční návrh drtiče obsahuje základní pevnostní výpočty s ohledem na spolehlivost stroje. Pohon sekacího mechanismu je realizován pomocí řemenic a klínových řemenů. Při konstrukci drtiče bylo dbáno na jeho jednoduchost a spolehlivost. Drtič je vybaven dvojicí pojezdových kol, jež značně usnadňují jeho manipulaci. Součástí stroje je také motorová základna, která umožňuje snadné předeptnutí klínových řemenů.

Součástí bakalářské práce je 3D model zahradního drtiče a příslušná výkresová dokumentace, která obsahuje výkres sekacího mechanismu, řemenice a sestavy včetně kusovníků.

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] GANDELOVÁ, Libuše a Petr HORÁČEK. Nauka o dřevě. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-7157-577-1.
- [3] Využití dřevní štěpky na zahradě. *Bydlení s Filipem: Chytrá řešení po celý rok* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.bydlimesfilipem.cz/cs/zahrada/vyuziti-drevni-stepky-na-zahrade?fbclid=IwAR2Xgzf1M4wtkPaaG6jXKd5_YLTsvgOovuh0AAacn73SMzWXEoQya_d7zZpU
- [4] Smoking Woods, Planks, and Accessories. In: *Weber* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.weber.com/HK/en/accessories/cooking/smoking-woods--planks--and-accessories/17138.html>
- [5] Drtič, anebo štěpkovač? Jsou mezi nimi drtivé rozdíly, In: *Idnes* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://hobby.idnes.cz/drtic-a-stepkovac-vyber-0v9-/hobby-zahrada.aspx?c=A121005_170907_hobby-zahrada_bma
- [6] Štěpkovač a drtič větví: Jaké jsou rozdíly a k čemu je použit?, In: *Dřevostavitel* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/stepkovac-a-drtic-vetvi>
- [7] Drtič větví AL-KO Easy Crush LH 2800, In: *ZZNHP* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.zznhp.cz/e-shop/5094-drtic-vetvi-al-ko-easy-crush-lh-2800-valcovy-system-112853>
- [8] BIO 90. In: *Caravaggi: Machine industrial* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <http://www.caravaggi.com/bio-90-2/?lang=en>
- [9] Jak vybrat zahradní drtič a štěpkovač větví. In: *CoVybrat.cz* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.covybrat.cz/nejlepsi-zahradni-drtic-a-stepkovac-vetvi/?fbclid=IwAR1RR_9sDeVU5JM0HMS3dbqVaqGyQevgF8W2TUUWwXp9PBMXTal_sgBUbX14#rozdeleni-podle-typu-sekaciho-mechanismu
- [10] Illustration of a disk chipper. In: *ResearchGate* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-a-disk-chipper-after-4_fig2_225186875

- [11] WC68 6" PTO WOOD CHIPPER. In: *Woodland mills* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://woodlandmills.eu/product/wc68-6-pto-wood-chipper/>
- [12] Scheppach Lonos 2 garden shredder review. Sharing Experience [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <http://churchillphotographer.blogspot.cz/2008/02/scheppach-lonos-2-garden-shredder.html>
- [13] Wood Harvesting Equipment. In: *Woodenergy.ie* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <http://www.woodenergy.ie/woodharvestingequipment/>
- [14] Re-chipper HNZ. In: *Hombak: Maschinen-und Anlagenbau* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.hombak.com/Re-chipper.html>
- [15] Drtič větví ROJEK DH 10 EP. In: *Agromep s.r.o* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.agromepshop.eu/agromep/eshop/6-1-Drstice-vetvi/-4-/5/244-Drtic-vetvi-ROJEK-DH-10-EP>
- [16] Wood chipping with conical helical blades. In: *ScienceDirect* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953414000300>
- [17] Vari – RAPIDO PLUS, In: *Zahradnitechnika-brandys* [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.zahradnitechnika-brandys.cz/produkt/vari-stepkovac-rapido-plus/>
- [18] AXT 25 TC. In: *BOSCH* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.bosch-diy.com/gb/en/p/axt-25-tc-0600803300-v100021337?fbclid=IwAR2Izf42G4EXXylbP9IgKa-NKrU39Jn- CBd6lfgQeczTQM47GmeCsU62fo>
- [19] BOSCH AXT 25 TC zahradní turbínový drtič větví. In: *Nako.cz* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.nako.cz/4059-bosch-axt-25-tc-zahradni-turbinovy-drtic-vetvi-0600803000.html#!prettyPhoto>
- [20] Baum- und Strauchschnitt schnell zerkleinert. In: *Heimwerker-test.de* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: https://www.heimwerker-test.de/test/vergleichstest/fazit_12649
- [21] Types of Wood Chippers: Making Yard Cleanup Easy. *Backyard boss* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.backyardboss.net/types-of-wood-chippers/>

- [22] The Best Electric Wood Chipper for You. *Backyard boss* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.backyardboss.net/best-electric-wood-chipper-reviews/>
- [23] Muréna s elektromotorem 11kW. In: *Bystron: Bystron - integrace s.r.o.* [online]. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www.bystron.cz/produkty/kategorie/55/drtice/115/s-elektromotorem/vyrobek/41/murena-s-elektromotorem-11kw/>
- [24] Negri bio R95EHP4 (elektrický, standardní podvozek). In: *Negri: Garden equipment* [online]. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: http://www.negri-bio.cz/drtice/elektricke/negri-bio_r95ehp4-elektricky-standardni-podvozek.html#prettyPhoto
- [25] How to choose between a electric chipper shredder or a petrol engine wood chipper? *Lizhong Industry Co.* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.lizhongindustry.com/How-to-choose-between-a-electric-chipper-shredder-or-a-petrol-engine-wood-chipper/>
- [26] LS 95 ES: Zahradní štěpkovač s pojezdem. In: *Laski* [online]. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/lS-95-es>
- [27] Negri bio R240DKHP20CN (Kubota, pásový podvozek). In: *Negri: Garden equipment* [online]. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: http://www.negri-bio.cz/drtice/naftove/negri-bio_r240dkhp20cn-kubota-pasovy-podvozek.html#prettyPhoto
- [28] Best PTO Wood Chippers: Powerful Landscape Solutions. *Backyard boss* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.backyardboss.net/best-pto-wood-chippers-reviews/>
- [29] LS 200 T (750 ÷ 1000 ot/min): Štěpkovač za traktor na točně se závěsem pro přívěs 8t. In: *Laski* [online]. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/lS-200-t-zaves-8t>
- [30] Stationary Chippers. *LiPPEL* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.lippel.com.br/stationary-chippers/?lng=en>
- [31] PTH 250 ENERGY. In: *PEZZOLATO* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.pezzolato.it/en/machine/pth-250-energy-electric-motor/>
- [32] Stationary Chippers: Stationary Chipper PTL 400x1000. In: *LiPPEL* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.lippel.com.br/stationary-chippers/?lng=en>

- [33] Drtiče zahradního odpadu: Zužitkování odpadu snadno a bez námahy. *STIHL* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.stihl.cz/Produkty-STIHL/095309/Drti%C4%8De-zahradn%C3%ADho-odpadu.aspx>
- [34] GHE 105: Kompaktní elektrický drtič zahradního odpadu. In: *STIHL* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.stihl.cz/Produkty-STIHL/Drti%C4%8De-zahradn%C3%ADho-odpadu/Elektrick%C3%A9-drti%C4%8De-zahradn%C3%ADho-odpadu/288950-95308/GHE-105.aspx>
- [35] GH 370 S: Silný pomocník s benzinovým motorem. In: *STIHL* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.stihl.cz/Produkty-STIHL/Drti%C4%8De-zahradn%C3%ADho-odpadu/Benzinov%C3%A9-drti%C4%8De-zahradn%C3%ADho-odpadu/292277-95313/s.aspx>
- [36] Štěpkovače: Přívěsné štěpkovače. *AUTOSAS: komunální a manipulační technika* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.autosas.cz/cs/stepkovace>
- [37] LS 150/27 C: Štěpkovač na benzín. In: *LASKI* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/lS-150-27-c>
- [38] LS 160 PB: Výkonný štěpkovač na benzín a s brzděným podvozkem. In: *LASKI* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/lS-160-pb>
- [39] Štěpkovače: Traktorové štěpkovače. *AUTOSAS: komunální a manipulační technika* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.autosas.cz/cs/stepkovace>
- [40] LS 160 T (1000 ot/min): Výkonný štěpkovač za traktor (1000 ot/min). In: *LASKI* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/lS-160-t-1000>
- [41] LS 95 T (540 ot/min): Zahradní štěpkovač za malotraktor. In: *LASKI* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/lS-95-t>
- [42] Štěpkovače: Samohybné štěpkovače. *AUTOSAS: komunální a manipulační technika* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.autosas.cz/cs/stepkovace>
- [43] LS 160 P Track: Výkonný štěpkovač na benzín s pásovým podvozkem. In: *LASKI* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/lS-160-p-track>

- [44] LS 160 DW Track: Výkonný štěpkovač na pásech s dálkovým ovládním. In: *LASKI* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/ls-160-dw-track>
- [45] What's the best wood chipper hopper?: Types of wood chipper and chipper shredder hoppers. *Chippers direct*. [online]. [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.chippersdirect.com/stories/1813-Types-of-Wood-Chipper-and-Chipper-Shredder-Hoppers.html>
- [46] Vysokokapacitní bubnový štěpkovač JENSEN TJ. In: *Agrocar* [online]. [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <http://www.agrocar.cz/lesni-hospodarstvi/drtice-a-stepkovace-dreva/stepkovace-pro-komunalni-a-lesni-hospodarstvi/vysokokapacitni-bubnovy-stepkovac-jensen-tj/>
- [47] URBAN SM70 s jednoduchým pytlovačem na rašlové pytle. In: *Urban kovo s.r.o* [online]. [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.stepkovac.com/urban-sm70-s-jednoduchym-pytlovacem-na-raslove-pytle-83143.html>
- [48] Rašlový pytel 57x104 cm - balení 50 ks. In: *Urban kovo s.r.o* [online]. [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.stepkovac.com/raslovy-pytel-57x104-cm-baleni-50-ks-83104.html>
- [49] Timberwolf joins Made in Britain initiative. In: *Forestry Journal essential ARB* [online]. [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.forestryjournal.co.uk/news/18075873.timberwolf-joins-made-britain-initiative/>
- [50] WC46 4" PTO WOOD CHIPPER. In: *Woodland mills* [online]. [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://woodlandmills.com/product/wc46-4-pto-wood-chipper/>
- [51] URBAN KOVO – předvede štěpkovače a „špalíkovače“ v akci. In: *Katalog BVV* [online]. [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.ibvv.cz/cs/dc-page/page/view?slug=2020-SilReg-urban-kovo-predvede-stepkovace-a-spalikovace%22-v-akci>
- [52] Profil firmy LASKI, s.r.o. *Laski* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/o-nas>
- [53] LS 65/CH: Lehký zahradní štěpkovač. In: *Laski* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/ls-65ch>

- [54] LS 160 DWBS: Výkonný štěpkovač na naftu a s brzděným podvozkem se stavitelnou ojí. In: *Laski* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/ls-160-dwbs>
- [55] O nás. *Bystron – integrace s.r.o.* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.bystron.cz/o-nas/>
- [56] MURÉNA. In: *Bystron - integrace s.r.o.* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.bystron.cz/produkty/kategorie/55/drtice/109/za-traktor/vyrobek/38/murena/>
- [57] PIRANA 14HP. *Bystron - integrace s.r.o.* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.bystron.cz/produkty/kategorie/1/stepkovace/46/se-spalovacim-motorem/vyrobek/13/pirana-14hp/>
- [58] O firmě. *Rojek: Tradice a kvalita od roku 1921* [online]. [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: http://www.rojek.cz/rojek.asp?jazyk=cz&d=rojek_drevoobrabeci_stroje_o_firme&go=OFirme
- [59] DH 10 EP - Drtič dřevní hmoty. In: *Rojek: Tradice a kvalita od roku 1921* [online]. [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: http://www.rojek.cz/rojek.asp?jazyk=cz&d=drtic_drevni_hmoty_dh_10_ep&go=Vyrobek&Vyrobek=1662001
- [60] O nás. In: *Urban Kovo s.r.o.* [online]. [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.stepkovac.com/o-nas/>
- [61] URBAN SM70 s dopravníkem 2,1 m. In: *Urban Kovo s.r.o.* [online]. [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.stepkovac.com/urban-sm70-s-dopravnikem-2-1-m-83145.html#technical>
- [62] URBAN EM110 s dvojitým pytlovačem. In: *Urban Kovo s.r.o.* [online]. [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.stepkovac.com/urban-em110-s-dvojitym-pytlovacem-83161.html#technical>
- [63] Negri, from the heart of the Po Valley. *Negri: Garden equipment* [online]. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: https://www.negri-bio.com/index.php?page=about_us

- [64] Negri bio R95BHHP65 (Honda, standardní podvozek). In: *Negri: Garden equipment* [online]. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: https://www.negri-bio.cz/drtice/negri-bio_r95bhhp65-honda-standardni-podvozek.html#prettyPhoto
- [65] Negri bio C14TN (PTO, třibodový závěs). In: *Negri: Garden equipment* [online]. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: https://www.negri-bio.cz/stepkovace/traktorove-pto/negri-bio_c14tn-pto-tribodovy-zaves.html#prettyPhoto
- [66] About Timberwolf. *Timberwolf* [online]. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://timberwolf-uk.com/about/>
- [67] TW 280PHB Chipper. In: *Timberwolf* [online]. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://timberwolf-uk.com/prod/tw-280phb-chipper/>
- [68] TW 230VTR Chipper. In: *Timberwolf* [online]. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://timberwolf-uk.com/prod/tw-230vtr-chipper/>
- [69] About us. In: *Jensen* [online]. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <http://www.jensen-service.de/eng/about-us.php>
- [70] Jensen A 530 XL. In: *Jensen* [online]. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <http://www.jensen-service.de/eng/a-530-xl.php>
- [71] Drum chippers Jensen. In: *Jensen* [online]. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <http://www.jensen-service.de/eng/drum-chippers.php>
- [72] JENSEN JT 600 DI - 400 mm. In: *AB: agrotechnika-brudz* [online]. [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://www.agrotechnika-brudz.pl/index.php/47-rebaki-z-wlasnym-mototem/2277-jensen-jt-600-di-400-mm>
- [73] Elektromotor SIEMENS 3kW,1425ot, 1LE10021AB52. In: *Elektromotory Moravec s.r.o.* [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.net/siemens/11a7-1500-otacek/1le1001-4-2-2.html>
- [74] LABSKÝ, Jiří. Konstrukční návrh drtiče větví. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Tomáš Novotný.

- [75] Klínový řemen B59, 17x1500 Li, 17x1543 Lp. In: *Kardanka* [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.kardanka.cz/klinovy-remen-b59-17x1500-li-17x1543-lp-23054.html#propertiesTab>
- [76] SKF YAT 207 Ložisko. In: *Mateza* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.mateza.cz/e-shop/lozisko-skf-yat-207>
- [77] FY 35 TF: Square flanged ball bearing units. In: *SKF* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/single-row-angular-contact-ball-bearings/productid-FY%2035%20TF>
- [78] YAT 207: Square flanged ball bearing units. In: *SKF* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/single-row-angular-contact-ball-bearings/productid-YAT%20207>
- [79] Motor bases. In: *SIT: Drive solutions* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://sitspa.com/drive-regulation/motor-bases/>
- [80] *Traceparts: Product content everywhere* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.traceparts.com/en>
- [81] Svěrná pouzdra TLK 130. In: *T.E.A. Technik s.r.o.: Lineární vedení a pohony* [online]. [cit. 2020-06-20]. Dostupné z: <https://www.teatechnik.cz/tlk-130/>
- [82] Company. *SIT: Drive solutions* [online]. [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.backyardboss.net/best-pto-wood-chippers-reviews/>
- [83] O nás - Jednoduše Haberkorn. *HABERKORN: Drive solutions* [online]. [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.backyardboss.net/best-pto-wood-chippers-reviews/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[mm]	Skutečná osová vzdálenost
a_n	[mm]	Návrhová osová vzdálenost
C	[N]	Základní dynamická účinnost ložiska
c_k	[-]	Součinitel počtu řemenů v převodu
c_L	[-]	Součinitel vlivu délky řemene
c_p	[-]	Součinitel dynamičnosti zatížení a pracovního režimu
c_α	[-]	Součinitel úhlu opásání řemenem
d_{p1}	[mm]	Výpočtový průměr hnací řemenice
d_{p2}	[mm]	Výpočtový průměr hnané řemenice
d_v	[mm]	Maximální průměr drcených větví
D_A	[mm]	Průměr hřídele v bodě A
D_B	[mm]	Průměr hřídele v bodě B
D_C	[mm]	Průměr hřídele v bodě C
D_N	[mm]	Rozměr hlavy šroubu
E_S	[J]	Energie potřebná na přeseknutí materiálu za otáčku
F_A	[N]	Axiální síla působící na hřídel
F_o	[N]	Obvodová síla
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_N	[N]	Pracovní předpětí řemene
F_S	[N]	Střížná síla potřebná pro ustřížení větve
$i_{1,2}$	[-]	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_A	[-]	Koeficient bezpečnosti v bodě A
k_B	[-]	Koeficient bezpečnosti v bodě B
k_C	[-]	Koeficient bezpečnosti v bodě C
K	[-]	Počet řemenů v převodu
L	[mm]	Šířka ložiskového domku
L_{10hod}	[h]	Trvanlivost ložiska

L_N	[mm]	Normalizovaná délka klínového řemene
L_P	[mm]	Výpočtová délka klínového řemene
M_k	[Nm]	Krouticí moment přenášený hřídelí
M_{oB}	[Nmm]	Ohybový moment působící na hřídel v bodě B
M_{oC}	[Nmm]	Ohybový moment působící na hřídel v bodě C
M_{oMAX}	[Nmm]	Maximální ohybový moment
M_{red}	[Nmm]	Redukovaný moment
n	[min ⁻¹]	Otáčky hnané hřídele
n_e	[min ⁻¹]	Jmenovité otáčky elektromotoru
n_{skut}	[min ⁻¹]	Skutečné otáčky hnané hřídele
N	[mm]	Průměr přípojovacího 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	[W]	Výkon elektromotoru
SW_N	[mm]	Rozměr šroubu
T	[s]	Čas jedné otáčky sekacího mechanismu
v	[m · s ⁻¹]	Obvodová rychlost řemene
W_o	[mm ³]	Modul průřezu v ohybu
β	[°]	Úhel opásání hnané řemenice
π	[-]	Ludolfovo číslo
σ_{cB}	[MPa]	Napětí v ohybu v bodě B
σ_{cC}	[MPa]	Napětí v ohybu v bodě C
σ_{DO}	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu
τ_{kA}	[MPa]	Napětí v krutu v bodě A
τ_{kB}	[MPa]	Napětí v krutu v bodě B
τ_{kC}	[MPa]	Napětí v krutu v bodě C
τ_s	[MPa]	Mez pevnosti dřeva ve smyku

SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRES SESTAVY	ZAHRADNÍ DRTIČ	ZADR – 0.0
SEZNAM POLOŽEK	ZAHRADNÍ DRTIČ	ZADR – 0.0/1.K
SEZNAM POLOŽEK	ZAHRADNÍ DRTIČ	ZADR – 0.0/2.K
SEZNAM POLOŽEK	ZAHRADNÍ DRTIČ	ZADR – 0.0/3.K
VÝKRES SOUČÁSTI	HNANÁ ŘEMENICE	ZADR – 0.12
VÝKRES SVARKU	DRTÍCÍ MECHANISMUS	ZADR – 0.1