



Středoškolská technika 2015

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na
ČVUT**

Vřetenová sekačka trávy

Patrik Axmann

Střední průmyslová škola strojnická Olomouc

Tř. 17. Listopadu 49 , Olomouc

STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ, OLOMOUČ,
TŘ. 17. LISTOPADU 49

Vřetenová sekačka trávy

Jméno a příjmení, třída: Patrik Axmann 4.B

Vedoucí maturitní práce: Ing. Jiří Šimáček

Olomouc 2015

Prohlašuji, že jsem práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu.

Datum:

Podpis

Děkuji Ing. Jiřímu Šimáčkovi a Michalu Marešovi, za pomoc a užitečné rady při vypracování práce. Dále pak Ing. Petře Najdekrové za pomoc při zpracování textové části práce.

Anotace

V mé práci jsem se zabýval konstrukcí vřetenové sekačky a vytvořením jejího detailního 3D modelu v programu Autodesk Inventor 2015. V textové části jsem se zabýval rozdělením druhů sekaček. Zaměřil jsem se na vřetenové sekačky a jejich výhody, dále popisuji konstrukci sekačky. Ve výpočtové části jsem řešil kontrolu řetězových kol a ozubených kol v převodovce. Poté jsem vytvořil výkresovou dokumentaci k vybraným součástem a naprogramoval CNC program pro obrábění tělesa domku a výstupní hřídele z převodovky v programu SurfCAM. Zhotovil jsem popis základních součástí na sekačce (homokinetický kloub, pohonný válec, zubová spojka, jednostupňová reverzní převodovka), které mohou sloužit jako učební pomůcka.

Klíčová slova: sekačka, pohonný válec, převodovka, vřeteno, kloub, převody

Resume

In this work I was engaged in design cylinder mower and the creation of detailed 3D model in Autodesk Inventor 2015. The text part I dealt with the distribution of species mowers. I focused on greens mowers and their benefits, as well as a description of the structure of the mower. In the calculation, I solved the control and sprockets and gears in the transmission. Then I created drawings for the selected components and programmed CNC machining program for cottage housing and output shaft of the gearbox in the program SurfCam. I made the description of the basic components of the mower (CV joints, drive roller, gear coupling, single stage reverse gear) that can serve as a teaching aid.

Key words: lawn, drive, cylinder, gearbox, spindle, joints, gears

Obsah

Obsah	3
1 Úvod.....	5
2 Sekačka na trávu.....	6
2.1 Historie.....	6
2.2 Rozdělení sekaček.....	8
3 Hlavní pracovní části stroje.....	11
3.1 Motor trabant P 60	12
3.2 Homokinetický kloub	16
3.3 Jednostupňová reverzní převodovka.....	18
3.4 První řetězový převod	20
3.5 Druhý řetězový převod	24
3.6 Hnací válec stroje.....	27
3.7 Zubová spojka a spínací mechanismus vřetena	30
3.8 Třetí řetězový převod.....	32
3.9 Vřeteno.....	34
4 Ostatní důležité části stroje	35
4.1 Ložiskový domek.....	35
4.2 Napínací šroub	36
4.3 Sběrný koš.....	37
4.4 Rám stroje	38
5 Sestava 3D modelu sekačky	41
6 Aktuální stav sekačky.....	45
7 Závěr.....	46
8 Seznam použitých zdrojů	47
9 Seznam obrázků	49

1 Úvod

Pro tuto práci jsem si vybral zadání Sekačka trávy. Přesněji se jedná o konstrukci vřetenové sekačky, která se používá hlavně na sečení fotbalových trávníků a velkých travnatých ploch. Pro dané téma jsem se rozhodl z důvodu téměř každodenní možnosti vidět práci sekačky při udržování travnaté plochy fotbalového hřiště v Hlubočkách. Sekačka mě zaujala po stránce technické a myslím si, že pro údržbu rozsáhlé travnaté plochy je využití této pomůcky nejlepší volbou. Tento stroj byl postaven za pomoci mého otce Zbyňka Axmanna, který vykonává funkci správce fotbalového hřiště v Hlubočkách.

V této práci jsem se zabýval právě konstrukcí stroje, vytvořením 3D modelu, výkresové dokumentace a vytvořením CNC programu na obrobení některých vybraných součástí. Cílem mé práce tedy bylo ověřit, zda jsem schopen tyto dílčí úkoly splnit.

Hlavní pracovní části sekačky jsou pohonná jednotka, tj. motor, dále velmi specifický pohonný válec s diferenciálem, jednostupňová reverzní převodovka, homokinetický kloub, který spojuje výstupní hřídel z motoru se vstupní hřídelí do převodovky, spínací mechanismus vřetena a zubová spojka, řetězové převody a vřeteno na sekání.

Jako jeden z hlavních bodů mé práce, bylo vytvořit detailní 3D model sestavy sekačky v programu Autodesk Inventor 2015 a v tomto programu vytvořit i výkresovou dokumentaci vybraných součástí.

2 Sekačka na trávu

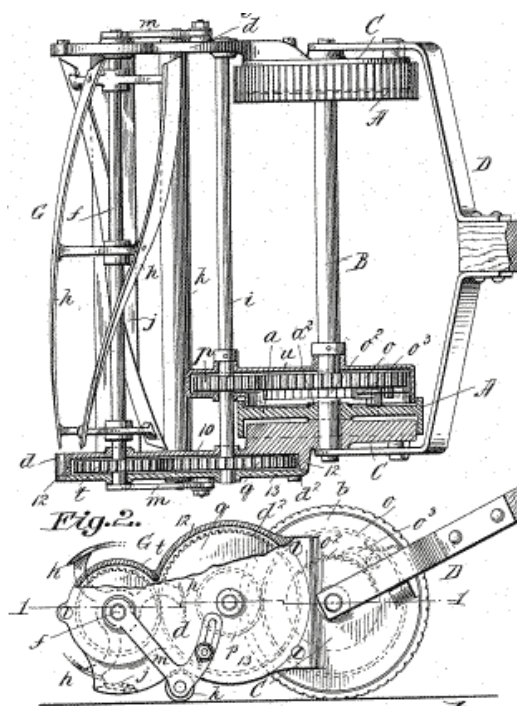
je specializované zemědělské či zahradnické zařízení, které pomocí jednoho nebo více pracovních nástrojů (obvykle se jedná o nože) zarovnáva travnatý nebo obilní (ale i jiný různorodý rostlinný) povrch do jednotné výšky a také sklízí travu nebo obilí. Moderní sekačky bývají poháněny motorem a liší se zejména výkonem, konstrukcí a způsobem ovládání. Starší sekačky bývaly poháněny buďto manuální silou, nebo silou zvířete či pomocí traktoru. Lištové sekačky jsou také integrální součástí jiných větších zemědělských strojů (resp. soustrojí) používaných při sklizni obilí, jako je obilní kombajn či samovazný stroj. Mohutnější, dražší a výkonnější sekačky, které se používají na větší plochy (tzv. traktúrky), operátor pohodlněji ovládá obvykle s možností posedu v kabině. (3)

2.1 Historie

První sekačku na trávu sestrojil Angličan Edwin Budding v roce 1827. Sekačka byla primárně určena na sekání trávy na sportovních plochách a velkých zahradách jako lepší alternativa klasické kose. Vynález dostal britský patent v srpnu 1830. Tyto stroje napomohly přípravě sportovních oválů v moderním stylu, travnatých kurtů atd., což zpětně vedlo ke kodifikaci moderních pravidel pro mnoho sportů, včetně fotbalových pravidel, tenisu na trávníku a podobně. (4)

Edvin Beard Budding (1795 - 1846) a jeho vynález žacího stroje

Edwin Beard Budding byl anglický inženýr a vynálezce prvního žacího stroje na světě. Narodil se v městečku Stroud, Gloucestershire v Anglii. Inspiraci pro zkonstruování žacího stroje údajně získal při pozorování strojů v místní textilní továrně. Stroje pracovaly na principu rotujících nožů usazených na pevné desce a hladce zastříhávaly pás s utkanou látkou. Princip tehdejšího stroje můžeme dodnes vidět na vřetenových sekačkách. Proti pevnému spodnímu noži se pohybují rotující nože upevněné na vodorovně uloženém válci a při kontaktu pasivní a aktivní části dochází ke stříhání trávy. Tento systém stříhání „nežvýká“ travu (jako ovce), nepřetrhává (jako kose) a nevytváří otřepené konečky (jako rotační sekačky). (4)



Obrázek 1: Výkres první sekačky (4)

Vřetenová sekačka

S vynálezem vřetenové sekačky bylo možné sekačku s žacím vřetenem pohodlně tlačit před sebou. Na rozdíl od dřívějšího používání srpů, kos či nůžek se ušetřilo množství času. Hlavní předností žacího stroje je rovnoměrnost posekaného trávniku. Prvotní stroje byly vyráběny z litiny a jejich hlavním znakem byl velký zadní válec a žací vřeteno v přední části stroje. Litinová ozubená kola přenášela výkon zadního válce k přednímu žacímu vřetenu. Celkově jsou tyto stroje nápadně podobné moderním sekačkám. (5)



Obrázek 2: Gardena 380 EC vřetenová sekačka (6)

2.2 Rozdělení sekaček

Podle účelu

- **Travní sekačky** - určeny na zkracování trávníku na zahradách, sportovních plochách a hřištích.
- **Obilní sekačky** - určeno pro zemědělství (sklízecí mlátička, žací mlátička nebo obilní kombajn).
- **Křovinořezy** - slouží k vyžínání a sekání vysoké trávy případně neudržovaných a hustých porostů s příměsí křovin ocelovými noži nebo strunou.

Podle principu funkce pracovního nástroje

- **Rotační** - břit stroje se otáčí - sklizený materiál je zde řezán.
- **Strunové** - struna, která se dostatečně rychle otáčí je držena venku z rotačního kotouče velmi strnule pomocí odstředivé síly.
- **Nožové** - hlavní pracovní médium je rotující nůž kolem osy.
- **Řetězové** - motor pohání řetězku, ozubené kolečko, které pak pohání řetěz, tvořený články, na kterých jsou umístěné zuby.
- **Bubnové** - 3 nebo 4 speciální nože, které jsou uloženy v zesíleném pouzdru. Velkou devizou je otočná konstrukce. Jakmile nůž narazí na pevnou překážku, protočí se, aniž by došlo k jeho poškození.
- **Vřetenové** - sekací pohyb vykonává vřetenem rotující kolem své osy. Trávu stříhá o lištu pod vřetenem.
- **Lištové** - břity vykonávají kmitavý pohyb sem a tam - materiál je zde stříhán vícečetnými nůžkami na dvou protiběžných lištách.
- **Samovazný stroj** (samovaz)
- **Obilní kombajn** (sklízecí mlátička) - sekačka s vlastním pohonem

Podle způsobu pohonu

- vlastním motorem- stroj má vlastní pohonnou jednotku
- spalovacím motorem (nejčastěji zážehovým)
- elektromotorem
- sekačka poháněná cizím pohonem
- manuální lidskou silou
- silou zvířete (kůň, skot)
- silou poháněcího stroje (obvykle spalovacím motor vznětovým)
- traktorem (jako přídatné nářadí traktoru, od vývodové hřídele)

Podle způsobu obsluhy

- nesené (někdy zvané křovinořezy či vyžínače)
- ruční na vzduchovém polštáři
- tlačená či s pojezdem (obsluha sekačku vede)
- pojezdová resp. rider (obsluha na sekačce sedí)
- malotraktor, traktor (sekačka je nástrojem víceúčelového samohodného stroje)

Rozdíl mezi rotační sekačkou a vřetenovou

Rozdíl je výrazný, stejně jako mezi nožem a nůžkami. Představte si, jakou sílu a rychlost byste museli vyvinout, abyste nožem přesekli volně visící provázek. Představte si, jak snadné to je nůžkami. Stejně velký je rozdíl i v čistotě řezu mezi rotačními a vřetenovými sekačkami. Tráva stříhaná vřetenovou sekačkou je zdravější, hustší, zelenější a po posekání nežloutne! (7)

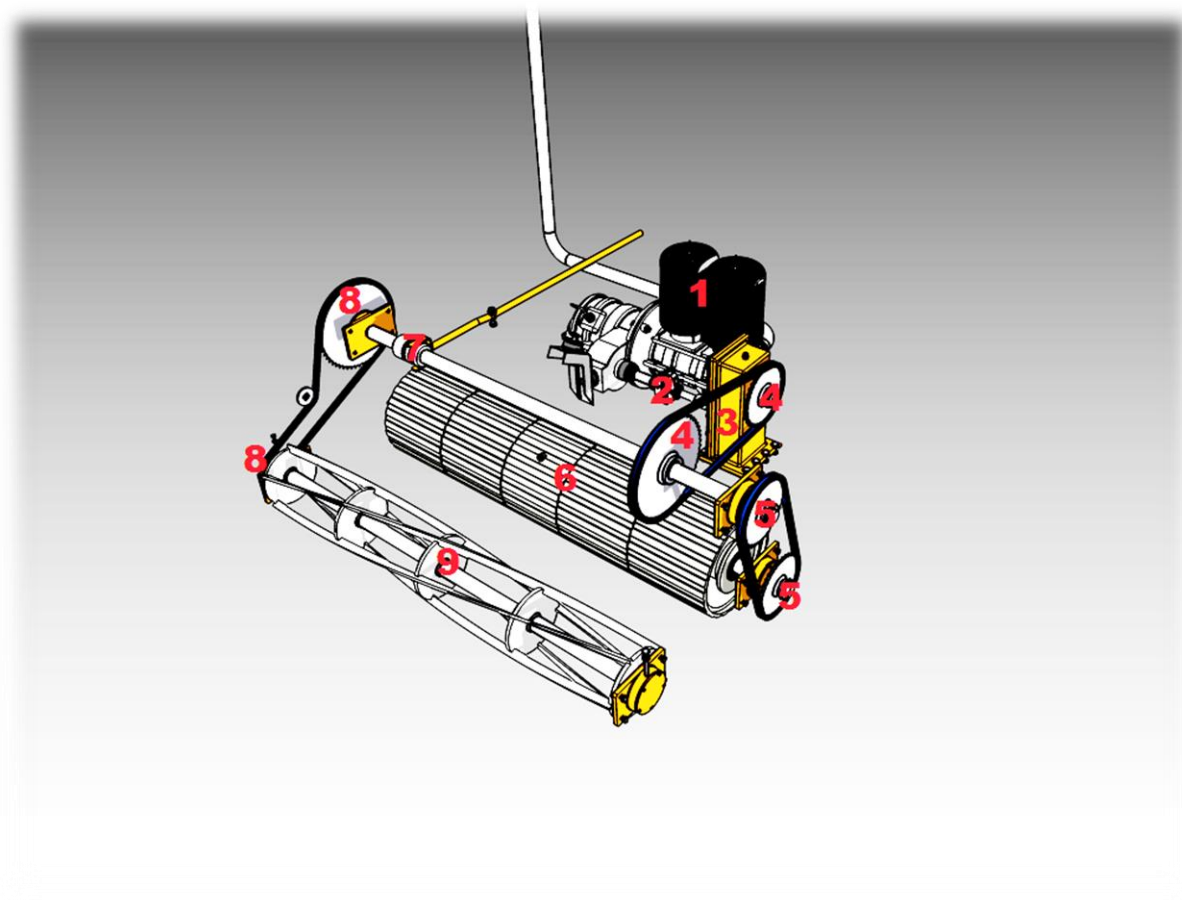


Obrázek 3: Princip stejný jako u vřetenového sečení (8)

Stroj se zdá těžký, je manipulace se strojem obtížná?

Naopak! Zkuste otočit na místě sekačkou vybavenou standardními čtyřmi kolečky a pak s vřetenovou sekačkou se stejným záběrem pohybující se na válcích. V prvním případě to půjde ztěžka a pravděpodobně si vyrýpnete kus travního drnu. V druhém případě otočíte snadno a travní povrch zůstane nedotčen. Jak to? Válce jsou hladké a u širších strojů jsou zadní válce i dělené. Kdyby byly vřetenové stroje lehké, nedokázaly by stříhat trávu tak precizně a nízko. Jízda po válcích také umožňuje přiválcovat uvolněné travní drny. A „vedlejší“ produktem jízdy po válcích jsou již zmíněné pruhy na trávníku. (7)

3 Hlavní pracovní části stroje



Obrázek 4: Soustava pracovních prvků

1. motor trabant P 60
2. homokinetický kloub
3. jednostupňová reverzní převodovka
4. první řetězový převod
5. druhý řetězový převod
6. hnací válec stroje
7. zubová spojka a spínací mechanismus vřetena
8. třetí řetězový převod
9. sekací vřeteno

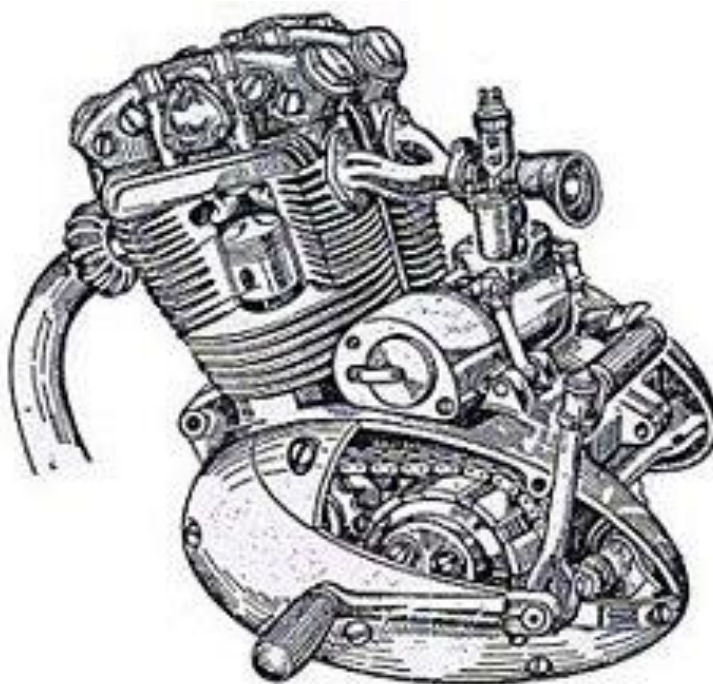
3.1 Motor trabant P 60

Volba motoru

Na výběr byly dva typy motorů:

Motor jawa 350

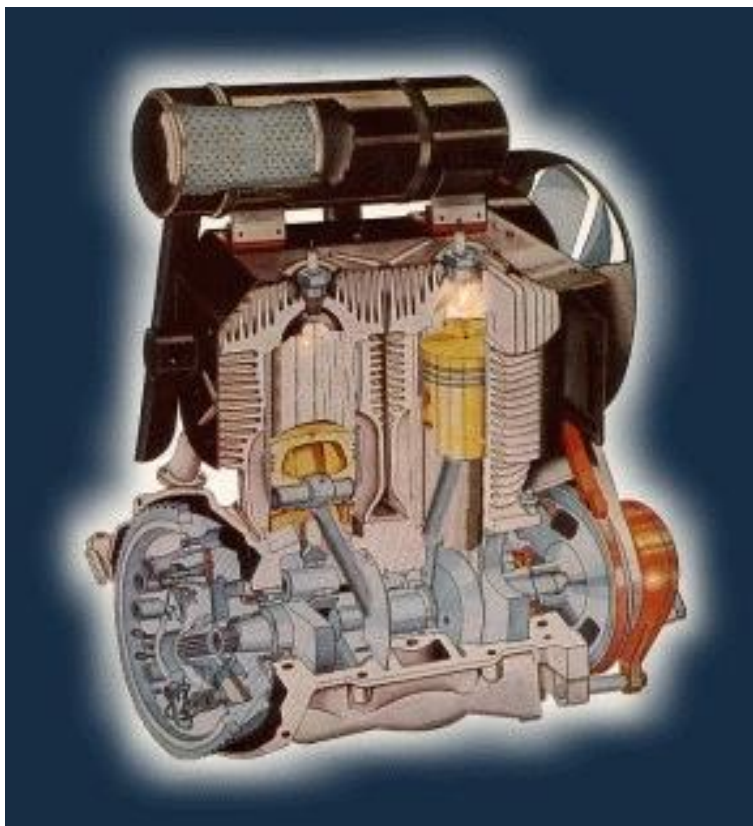
Motory jawa 350 měly tendenci se často přehřívat. Důvodem byla velká hmotnost celkového stroje, kterou motor musel utáhnout. Na to, zvláště po úpravách sekacího koše a rámu, motor JAWA nestačil, protože značně vzrostla jeho hmotnost. Uvést ji tedy do pohybu potřebovalo změnu pohonné jednotky.



Obrázek 5: Motor jawa 350 (5)

Motor trabant P60

Motor trabant byl zvolen jako vyhovující, protože 594,5 cm³ bylo dostačujících. Motor se nepřehřívá a dokáže bez problému běžet i po dlouhou dobu provozu. Chlazení je zajištěno vzduchem. Samozřejmě byla volba, asi z největší části, ovlivněna dostupností motoru a cenou.



Obrázek 6: Motor trabant P60 (9)

Motor

Dvoudobý zážehový dvouválec

objem motoru typ P60 :	594,5 cm ³
poměr míšení palivo/olej:	1 díl M2T a 33,3 dílu benzínu o min. okt. číslu 80
výkon motoru P60:	16,9 kW (23 k) při 3800 až 4000 ot./min.
točivý moment P60:	0,51 Nm (5,2 kpm) při 2700 až 2800 ot./min.
vrtání:	72 mm
zdvih:	73 mm
kompresní poměr:	7,6:1
rozvod:	vratné vyplachování
výfuk, přepouštění:	časování symetrické, ovládaný písty
plnění:	časování nesymetrické, ploché šoupátko
chlazení:	vzduchové nucené s axiálním ventilátorem
hmotnost motoru:	56 kg

Elektrická instalace:

napětí:	6 V
dynamo:	200 W
akumulátor:	6V 84 Ah

Převodovka: čtyřrychlostní, se synchronizovanými dopřednými rychlostními stupni Kola s čelním ozubením. Soukolí I. a IV. rychlostního stupně ve stálém záběru. IV. rychlostní stupeň vybaven volnoběžkou.

Převodové poměry:	4,08 - 2,32 - 1,51 - 1,03 - Z3,83
Stálý převod:	4,33 (10)



Obrázek 7: Logo Trabantu (11)

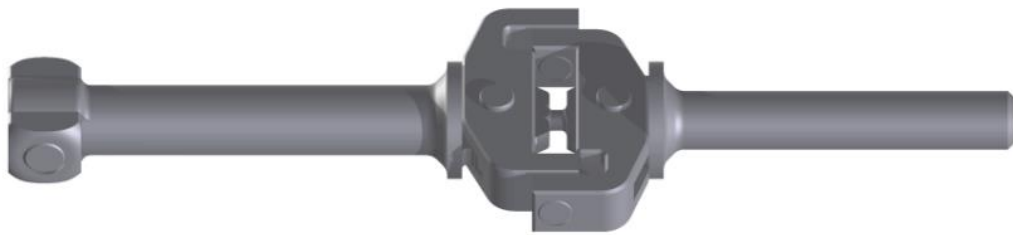
Trabant je jedna ze značek vyráběných v minulosti automobilkou Sachsenring v saském městě Zwickau. V předválečném období patřila továrna automobilce Horch, která se zabývala výrobou luxusních vozidel. Model 601 s dvoutaktním motorem a karosérií z duroplastu se stal jedním ze symbolů NDR (Východního Německa).

Od roku 1955 se ve Zwickau vyráběly luxusní automobily s označením P240 Sachsenring. Tyto vozy byly určeny zejména pro prominentní představitele NDR a byly vytvořeny i otevřené modely pro vojenské přehlídky. Výraznějšího rozšíření tyto vozy ovšem nezaznamenaly a v duchu uplatňované politiky byla dána přednost vývoji skutečně lidového vozidla.

Předchůdce Trabantu s označením P70 byl rovněž postaven na základech automobilu DKW F8. Poprvé u něj byla použita karoserie z Duroplastu, která se v budoucnosti stala typickou známkou Trabantů. 7. listopadu 1957, v den 40. výročí Velké říjnové socialistické revoluce, sjelo z pásu prvních 50 kusů prototypu Trabant 500 (P50); ke konci roku 1959 byla ukončena výroba modelu P70.

V roce 1962 byla představena verze P60, která se od svého předchůdce odlišovala jen minimálně. Teprve v roce 1964 byla karoserie Trabantu významně přepracována a výsledkem se stal Trabant 601 (P601). Ve stejné podobě, jen s malými změnami, byl Trabant 601 vyráběn až do července roku 1990. (11)

3.2 Homokinetický kloub



Obrázek 8: Homokinetické spojení hřídelí

Homokinetický kloub (také stejnoběžný nebo sférický) je druh kloubu, který umožňuje přenos otáček mezi hřídeli v různém úhlu a při zachování konstantní úhlové rychlosti. Nejčastěji se používají na hnací přední nápravě, ale často se používají také u automobilů se zadním náhonem a nezávislým zavěšením.

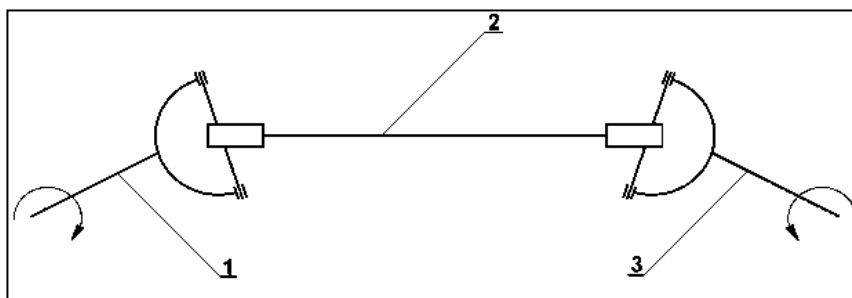
Tyto klouby zabezpečují velký výklon os spojovaných hřídelí (až **45°**) při natáčení kol do rejdu a rovnoměrnost otáčení vstupní a výstupní hřídele.

Pro zajištění stejných úhlů výklonu obou hřídelí musí střed stejnoběžného kloubu ležet na ose rejdového čepu nápravy.

Podle konstrukčního provedení se stejnoběžné klouby dělí na:

- **dvojitě křížové**
- **kamenové**
- **kuličkové**

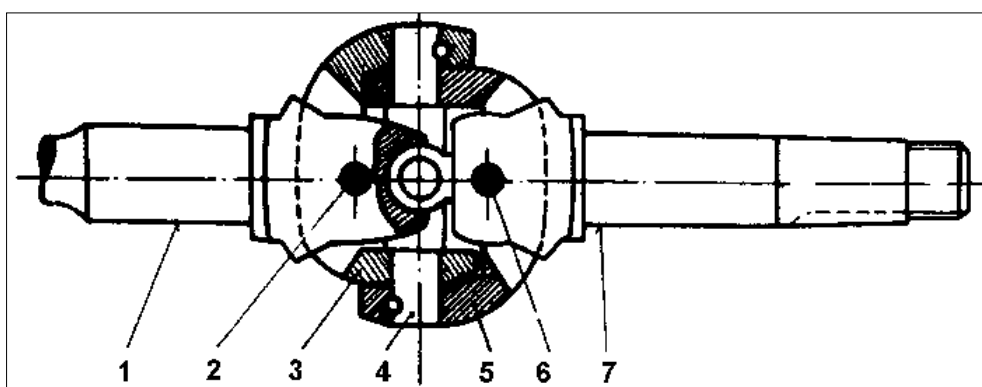
dvojité křížové - Je to vlastně kloubová hřídel se dvěma křížovými klouby, kde oba klouby jsou konstrukčně spojené do jednoho celku, takže střední část hřídele 2 odpadá.



Obrázek 9: Dvojitý stejnoběžný kloub (12)

Zjednodušením střední části splynuly dva rovnoběžné čepy obou křížových čepů a vznikl stejnoběžný dvojitý křížový kloub zkrácený.

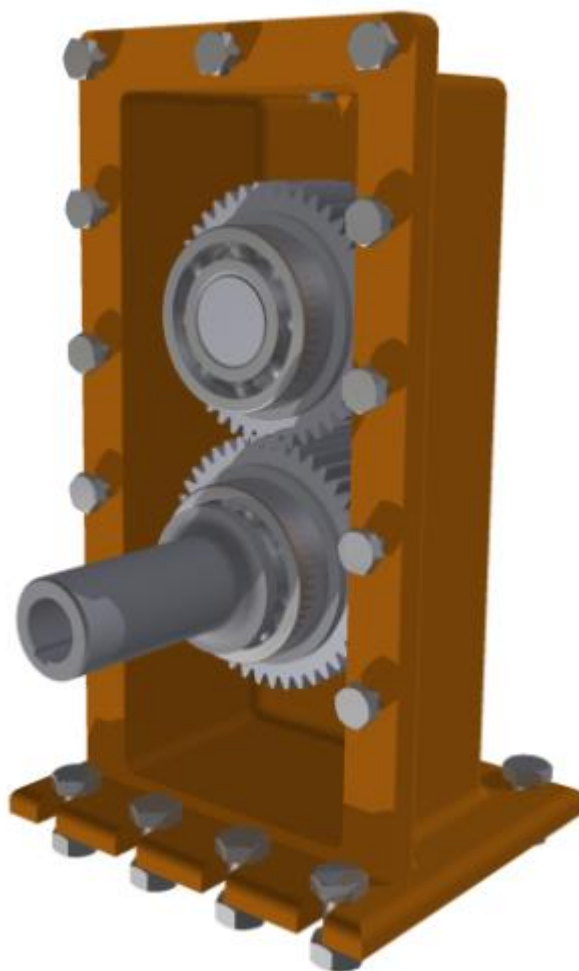
- Rozšířené konce spojovaných hřídelí (1) a (7) jsou zploštěné a zasunuty do výřezů unašečů (3) a (5), navzájem spojených svislým čepem (4).
- Ve střední části zploštění hřídelí jsou otvory pro vodorovné čepy (2) a (6), kterými jsou unašeče otočně připojeny k hřídelím.
- Obě hřídele jsou středěny kulovým čepem, který současně zajišťuje, že osa čepu (4) v každé poloze pólí úhel os obou spojovaných hřídelí, a tím je zabezpečena jejich stejnoběžnost. (12)



Obrázek 10: Dvojitý křížový kloub zkrácený (12)

V tomto případě je homokinetický kloub použit z toho důvodu, že jednostupňová reverzní převodovka má možnost posunutí kvůli napnutí řetězového převodu. Tím pádem dojde k vyosení výstupní hřídele motoru a vstupní hřídele do převodovky. Tento problém řeší právě tento homokinetický kloub, který spojuje obě hřídele.

3.3 Jednostupňová reverzní převodovka



Obrázek 11: Jednostupňová reverzní převodovka

Převodovky jsou strojní zařízení, která přenášejí krouticí moment a současně zvyšují či snižují otáčky výstupního hřídele. U jednostupňové převodovky se doporučuje převodový poměr $i \leq 8$. Převodovka se skládá ze soukolí, která jsou uložena v utěsněné skříně. Skříně jsou převážně odlitky z litiny nebo z hliníkových slitin. V případě malého počtu vyráběných kusů je možno použít skříně svařované. Hřídele jsou uloženy většinou ve valivých ložiscích, při velkých a rázových zatíženích se používají ložiska kluzná. Skříň převodovky bývá obvykle dělená ve výši os hřídelů a skládá se ze spodní části a víka. Spodní část slouží jako olejová vana (je obvykle vybavena olejoznakem) a je většinou uzpůsobena pro přichycení převodovky k základu. (13)

Jelikož na výstupní hřídeli této převodovky je umístěn řetězový převod, je uchycení skříně převodovky řešeno tak, aby bylo možno řetěz na tomto převodu napínat podle potřeby. Je tedy možno s ní „hýbat“. Problém s vyosením hřídelí pak řeší výše zmíněný homokinetický kloub.

Návrh ozubených kol:

Hodnoty ze kterých jsem vycházel:

Výkon motoru: 19,6 kW

Převodový poměr: 1

Osová vzdálenost: 86 mm

Otáčky: 980 rpm

Návrh

Společné

Scénář návrhu: Vzdálenost os

Úhel profilu: 20,0000 deg

Úhel sklonu: 0,0000 deg

Požadovaný převodový poměr: 1,0000 ul

Scénář jednotkového posunutí: Vlastní

Modul: 2,000 mm

Vzdálenost os: 86,000 mm

Celková jednotková korekce: 0,0000 ul

Náhled...

Kolo 1

Komponenta: Válcová plocha

Počet zubů: 43 ul

Počáteční rovina

Šířka ozubení: 35,000 mm

Jednotkové posunutí: 0,0000 ul

Kolo 2

Komponenta: Válcová plocha

Počet zubů: 43 ul

Počáteční rovina

Šířka ozubení: 35,000 mm

Jednotkové posunutí: 0,0000 ul

19:25:16 Návrh: Počty zubů jsou soudělné – dochází k relativně častému záběru stejných zubů

19:25:16 Výpočet: Výpočet skončil úspěšně!

Obrázek 12: Návrh ozubení

Pevnostní výpočet ozubených kol

Metoda pevnostního výpočtu: CSN 01 4686:1988

Zatížení

	Kolo 1	Kolo 2
Výkon	19,6000 kW	9,800 kW
Otáčky	980,00 rpm	980,00 rpm
Krouticí moment	190,986 N m	95,493 N m
Účinnost	η 0,50 ul	

Materiálové hodnoty

	Kolo 1	Kolo 2
Mez únavy v ohybu	σ_{Flim} 740,0 MPa	740,0 MPa
Mez únavy v dotyku	σ_{Hlim} 1330,0 MPa	1330,0 MPa
Modul pružnosti	E 206000 MPa	206000 MPa
Poissonova konstanta	μ 0,300 ul	0,300 ul
Tepelné zpracování	4 ul	4 ul

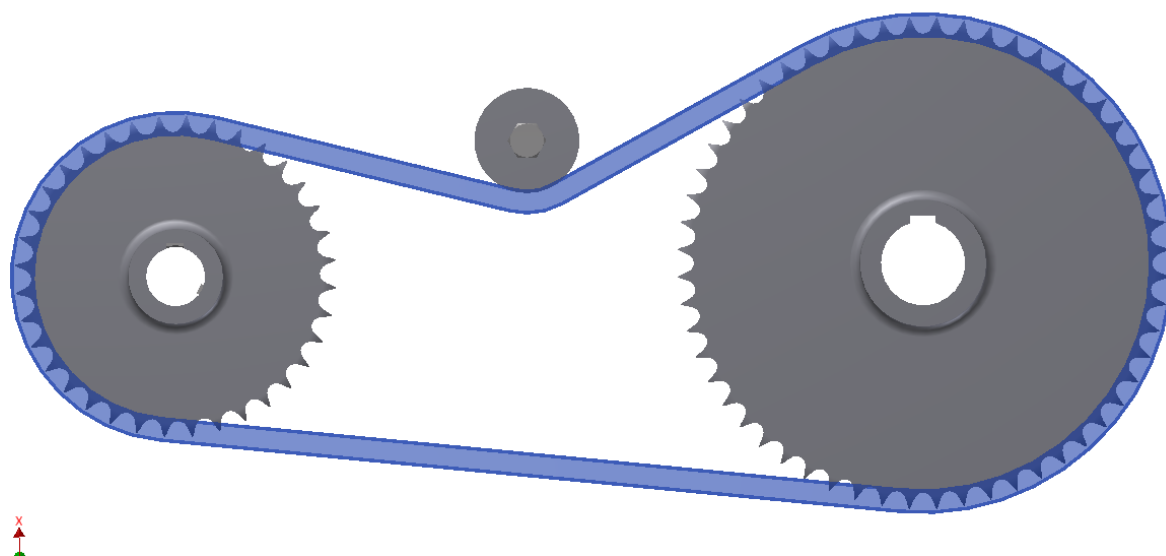
Požadovaná životnost: L_h 10000 hr

Výsledky

F_t	4441,533 N
F_r	1616,586 N
F_a	0,000 N
F_n	4726,581 N
v	4,413 mps
n_{E1}	9080,763 rpm
Kolo 1	
S_H	1,270 ul
S_F	3,037 ul
S_{Hst}	2,578 ul
S_{Fst}	5,840 ul
Kolo 2	
S_H	1,270 ul
S_F	3,037 ul
S_{Hst}	2,578 ul
S_{Fst}	5,840 ul

Obrázek 13: Pevnostní výpočty

3.4 První řetězový převod



Obrázek 14: Řetězový převod 1

U všech převodů krouticího momentu jsem volil řetězový převod. Na rozdíl od řemenových převodů nedochází k prokluzu tažného elementu, tj. řetězu. Při konstrukci řetězového převodu a volbě řetězu je nutné přihlídnout k zásadám, uvedeným níže:

Řetěz, hřídele a ložiska převodu dostatečně dimenzovat. Je nutné dosáhnout sousostí kol a zabránit kmitání řetězů. Vyřešit při konstrukci převodu účinný mazací systém, pokud možno takový, který nevyžaduje stálou péči obsluhy (řetěz v olejové lázni, nebo mazání olejovou mlhou). Řetězová kola umístit co nejblíže k ložiskům hřídelí. Tím dojde ke zmenšení tlaku v ložiskách a sníží se na minimum kmitání řetězových kol zaviněné nepřesnostmi ve výrobě. Nejmenší počet zubů u malého řetězového kola má být 17 zubů. Při menších počtech zubů se podstatně zvyšuje ohyb řetězu a nepříznivě se projevuje vliv řetězového kola na životnost a hlučnost řetězu. U velkého řetězového kola nepřekročit při běžných převodech 120 zubů. Pokud je použito u převodu napínacího kola, je nutné použít takové, které má lichý počet zubů. Nejlépe se osvědčila napínací řetězová kola se 13 zuby. Je nutné přesně dodržovat rozměry řetězových kol, zejména správné tvary zubů s minimálními výrobními úchyly. Tažnou větev řetězu je vhodné při konstrukci volit vždy nahoře, aby se zlepšila kinematika řetězu. Úměrně s velikostí obvodové rychlosti řetězu volit rozteč použitého řetězu. Pro vysoké obvodové rychlosti je vhodný víceřadý řetěz s malou roztečí. K dosažení rovnoměrného opotřebení řetězu, pokud to konstrukce dovoluje, používat malé řetězové kolo s lichým počtem zubů. (14)

Kontrolní výpočet řetězového převodu

Výkon: $P = 16,9 \text{ kW}$

Otáčky: $n = 980 \text{ ot./min.}$

Střední průměr řetězového kola 1: $d_1 = 146 \text{ mm}$

Počet zubů řetězového kola 1: $z_1 = 36$

Počet zubů řetězového kola 2: $z_2 = 56$

Řetěz typ: 08-B-1-104 ČSN 02 3311

Řetěz	Plocha kloubu $A \text{ [mm}^2\text{]}$			Hmotnost $m^* \text{ [kg.m}^{-1}\text{]}$			Zatížení při přetržení $F_{rm} \text{ [kN]}$					
	1řadý	2řadý	3řadý	1řadý	2řadý	3řadý	1řadý		2řadý		3řadý	
							ČSN	ISO	ČSN	ISO	ČSN	ISO
05 B	10	—	—	0,18	—	—	4,4	4,4	—	—	—	—
06 B	28	56	85	0,41	0,78	1,18	8,9	8,9	16,9	16,9	24,9	24,9
081	22	—	—	0,40	—	—	8,0	—	—	—	—	—
086	40	—	—	0,56	—	—	17,8	—	—	—	—	—
08 B	50	100	151	0,75	1,35	2,00	17,8	17,8	31,1	31,1	44,5	44,5

Obrázek 15: Tabulka hodnot řetězů (14)

Zatížení při přetržení $F_{rm} = 17,8 \text{ KN}$

Výpočet převodového poměru „i“ :

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{56}{36} = 1,6$$

Výpočet obvodové rychlosti „v“ :

$$v = \frac{z_1 \cdot p \cdot n}{60000} = \frac{36 \cdot 12,7 \cdot 980}{60000} = 7,4 \text{ m/s}$$

Kde: p ... rozteč článků řetězu

Výpočet krouticího momentu M_k :

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60}} = \frac{16900}{2 \cdot \pi \cdot \frac{980}{60}} = 164 \text{ Nm}$$

Výpočet obvodové síly od krouticího momentu F_o :

$$F_o = \frac{Mk}{\frac{d_1}{2}} = \frac{164 \cdot 1000}{\frac{146}{2}} = 2246 N$$

Obvodová síla způsobená odstředivou silou $F_{o,c}$:

$$F_{o,c} = m' \cdot v^2 = 0,75 \cdot 7,4^2 = 41 N$$

kde m' je hmotnost 1 m řetězu = 0,75 kg

v je obvodová rychlost

Sílu od vlastní hmotnosti řetězu nemusíme brát v potaz, protože hmotnost řetězu je zde velmi malá a je zde umístěna volná kladka.

Výpočet síly v řetězu F_t :

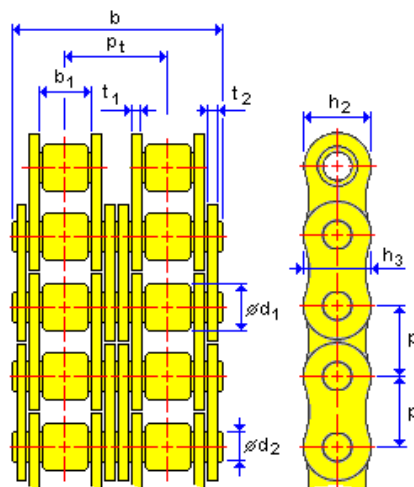
Síla v řetězu je dána silou od krouticího momentu, silou od odstředivého působení a hmotností řetězu:

$$F_t = F_o + F_{o,c} = 2246 + 41 = 2287 N \Rightarrow F_t < F_{rm}$$

Řetěz vyhovuje, jelikož síla v řetězu F_t je menší než síla při přetržení řetězu F_{rm} !

Vlastnosti řetězu:

Řetěz : ČSN 023311:1972 - válečkové řetězy (US)		
Označení velikosti řetězu	08B-1-104	
Rozteč	p	12,700 mm
Počet článků řetězu	X	104,000 ul
Počet řad	k	1,000 ul
Minimální vnitřní šířka	b_1	7,750 mm
Max. průměr válečku nebo pouzdra	d_1	8,510 mm
Maximální průměr čepu	d_2	4,450 mm
Max. výška vnitřního článku	h_2	11,810 mm
Max. výška vnějšího nebo středového článku	h_3	10,920 mm
Maximální délka čepu řetězu	b	17,000 mm
Maximální tloušťka vnitřního článku	t_1	1,500 mm
Maximální tloušťka vnějšího nebo středového článku	t_2	1,500 mm
Nosná plocha řetězu	A	50,000 mm ²
Pevnost při přetržení	F_u	17800,000 N
Měrná hmotnost řetězu	m	0,700 kg/m
Součinitel provedení řetězu	φ	1,000 ul



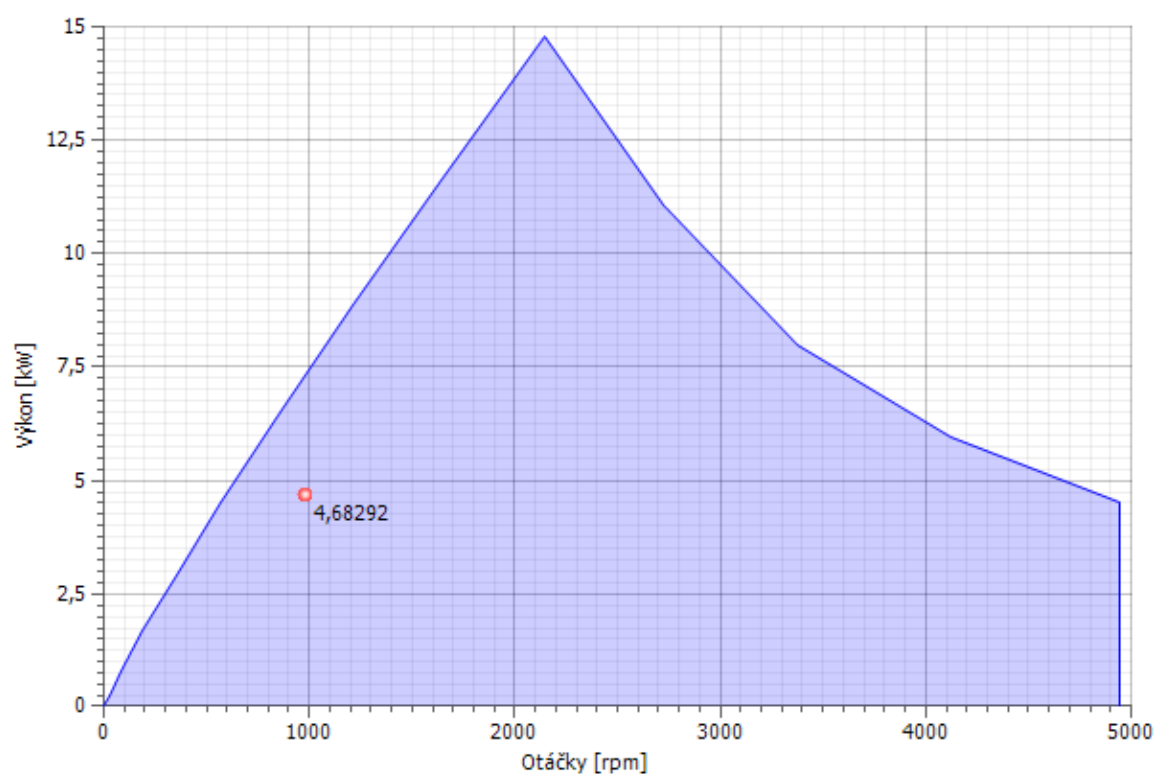
Obrázek 16: Tabulka vlastností řetězu a zakótovaný obrázek

Pracovní podmínky:

Výkon	P	16,900 kW
Krouticí moment	T	164,677 N m
Otáčky	n	980,000 rpm
Účinnost	η	0,010 ul
Požadovaná životnost	L_h	300,000 hr
Maximální prodloužení řetězu	$\Delta L_{\max}$	0,030 ul
Aplikace	Bezrázový provoz	

Obrázek 17: Tabulka pracovních podmínek

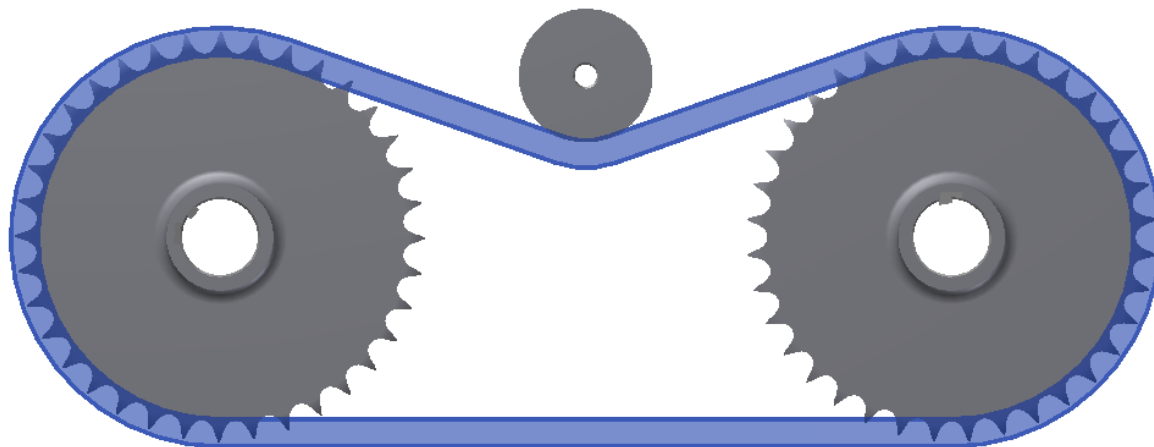
Diagram výkonu řetězu:



Obrázek 18: Diagramový výkon

3.5 Druhý řetězový převod

Jak jsem již výše zmínil, u všech převodů krouticího momentu jsem volil řetězový převod. Při návrhu a kontrole jsem postupoval stejným způsobem jako v bodu 3.4. Přikládám tudíž už jen tabulku vlastností řetězu, pracovních podmínek, výsledků výpočtu, obrázek a diagram výkonu.



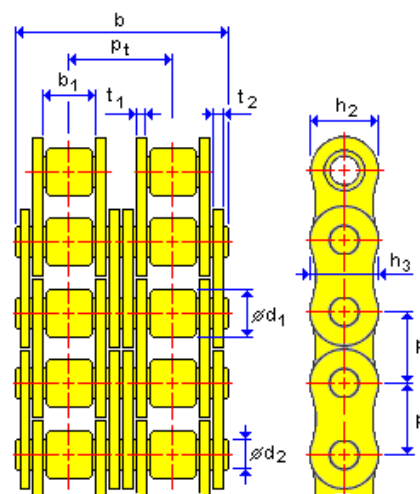
Obrázek 19: Řetězový převod 2

Ze vztahu $v = \frac{z_1 \cdot p \cdot n}{60000}$ jsem si vypočítal otáčky vstupující do tohoto převodu.

$n = 624,3 \text{ ot./min.}$

Vlastnosti řetězu:

Řetěz : ČSN 023311:1972 - válečkové řetězy (US)		
Označení velikosti řetězu		08B-1-80
Rozteč	p	12,700 mm
Počet článků řetězu	X	80,000 ul
Počet řad	k	1,000 ul
Minimální vnitřní šířka	b ₁	7,750 mm
Max. průměr válečku nebo pouzdra	d ₁	8,510 mm
Maximální průměr čepu	d ₂	4,450 mm
Max. výška vnitřního článku	h ₂	11,810 mm
Max. výška vnějšího nebo středového článku	h ₃	10,920 mm
Maximální délka čepu řetězu	b	17,000 mm
Maximální tloušťka vnitřního článku	t ₁	1,500 mm
Maximální tloušťka vnějšího nebo středového článku	t ₂	1,500 mm
Nosná plocha řetězu	A	50,000 mm ²
Pevnost při přetržení	F _u	17800,000 N
Měrná hmotnost řetězu	m	0,700 kg/m
Součinitel provedení řetězu	φ	1,000 ul



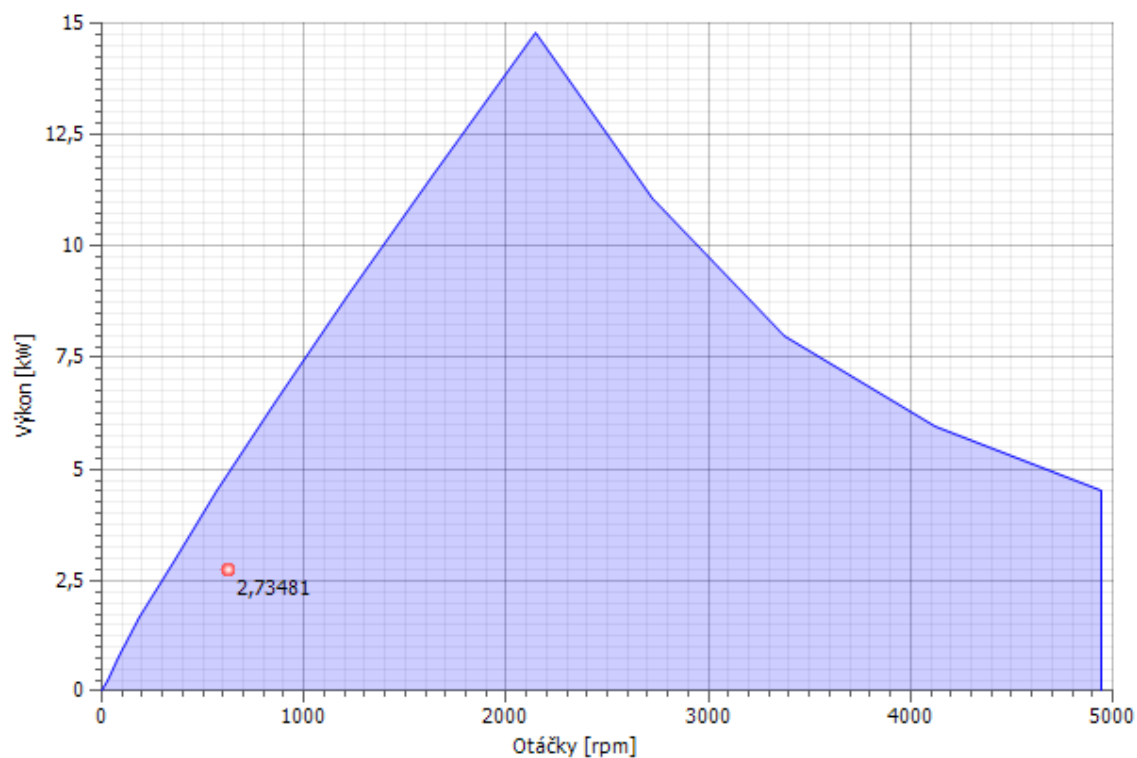
Obrázek 20: Tabulka a zakótovaný obrázek řetězu 2

Pracovní podmínky:

Výkon	P	16,900 kW
Krouticí moment	T	258,627 N m
Otáčky	n	624,000 rpm
Účinnost	η	0,010 ul
Požadovaná životnost	L _h	300,000 hr
Maximální prodloužení řetězu	$\Delta L_{\max}$	0,040 ul
Aplikace	Bezrázový provoz	

Obrázek 21: Tabulka pracovních podmínek

Diagram výkonu řetězu:



Obrázek 22: Diagramový výkon řetězu 2

Tabulka výsledků:

Rychlost řetězu	v	7,630 mps
Obvodová síla	F_p	2215,034 N
Odstředivá síla	F_C	40,748 N
Maximální zatížení ve větvi řetězu	F_{Tmax}	2255,782 N
Statický součinitel bezpečnosti	$S_S > S_{Smin}$	7,891 ul > 7,000 ul
Dynamický součinitel bezpečnosti	$S_D > S_{Dmin}$	7,891 ul > 5,000 ul
Tlak v kloubu řetězu	$p_B < p_0 * \lambda$	45,116 MPa
Dovolený tlak v kloubu řetězu	p_0	17,496 MPa
Součinitel tření	λ	3,099 ul
Diagramový výkon	$P_D < P_R$	5,454 kW
Jmenovitý výkon řetězu	P_R	7,449 kW
Životnost řetězu pro zadané prodloužení	$t_h > L_h$	2883 hr
Životnost článků řetězu	$t_{hL} > L_h$	324 hr
Životnost válečku a pouzdra	$t_{hr} > L_h$	23221 hr

Obrázek 23: Tabulka výsledků

3.6 Hnací válec stroje



Obrázek 24: Pohonný válec

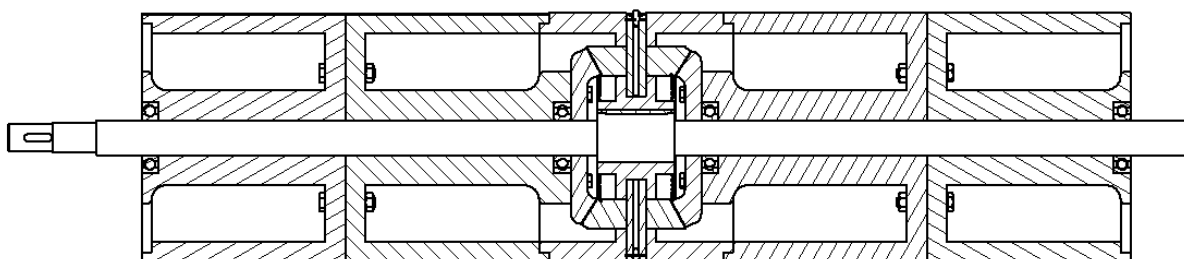
Dostáváme se k asi nejzajímavější části stroje, a tou je pohonný válec. Válec je rozdělen do tří segmentů, v prostředním segmentu je umístěn diferenciál, který otáčí zbylými dvěma segmenty válce, podle směru rotace stroje. Manipulace se strojem je tím pádem velmi snadná, neničí travní porost a zároveň slouží tento válec k udusání zemin. Segmenty samotné jsou tvořeny železnými, dutými válci z litiny. Krajiní segmenty se skládají ze dvou těchto dutých válců, které jsou k sobě spojeny šesti šrouby M10 dlouhými 50 milimetrů. Prostřední segment pak tvoří jeden tento válec, samozřejmě konstrukčně uzpůsobený trochu jinak, pro uložení diferenciálu. Hřídel je tvořena jedním celistvým kusem, není dělená, jak je u diferenciálů zvykem. Segmenty jsou proto na hřídeli uloženy na kuličkových radiálních ložiskách, které zajišťují otáčení nezávisle na otáčení hřídele. Samostatně poháněn od motoru je tedy jen prostřední segment, který za pomoci diferenciálu, roztáčí podle potřeby krajiní segmenty.

Základní informace o diferenciálech

Jedná se o speciální druh planetové převodovky používaný k rozdělení otáček na dvě výstupní hřídele, v tomto případě válce. Pokud jedeme s vozidlem rovně, obě kola se točí rovnoměrně. Pokud ale začneme zatáčet, každé kolo se začne otáčet jinou obvodovou rychlostí. Kolo na menším poloměru zatáčky ujede menší vzdálenost, a proto se otáčí pomaleji. Z tohoto důvodu používáme diferenciál, který zajistí požadované rozdělení výkonu z motoru na obě kola. Alespoň jeden diferenciál je dnes používán u všech automobilů. U některých vozidel se používají i 3 diferenciály, například pro pohon všech kol (4x4). Použití diferenciálu ale přináší i své nevýhody. Mezi hlavní patří velké ztráty způsobené použitím ozubeného převodu. Další je nemožnost rozjetí se, pokud se jedno kolo nachází například na ledu a druhé na asfaltu.

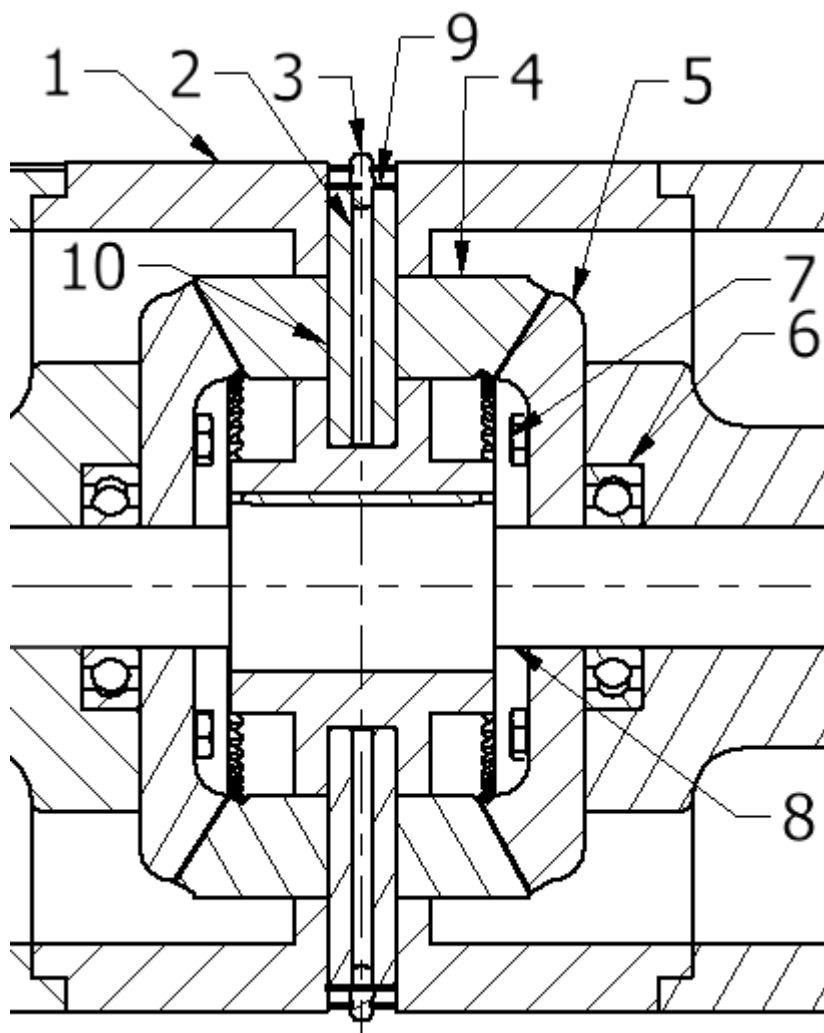
Na povrch s větším odporem (asfalt) se nedostane žádný výkon motoru, protože všechno se přeneso na kolo umístěné na ledu. Tento problém odstraňujeme použitím uzávěrek diferenciálu. Uzávěrka uzamkne funkci diferenciálu a rozdělí výkon rovnoměrně na obě kola (50/50).

Řez pohonným válcem



Obrázek 25: Řez pohonným válcem

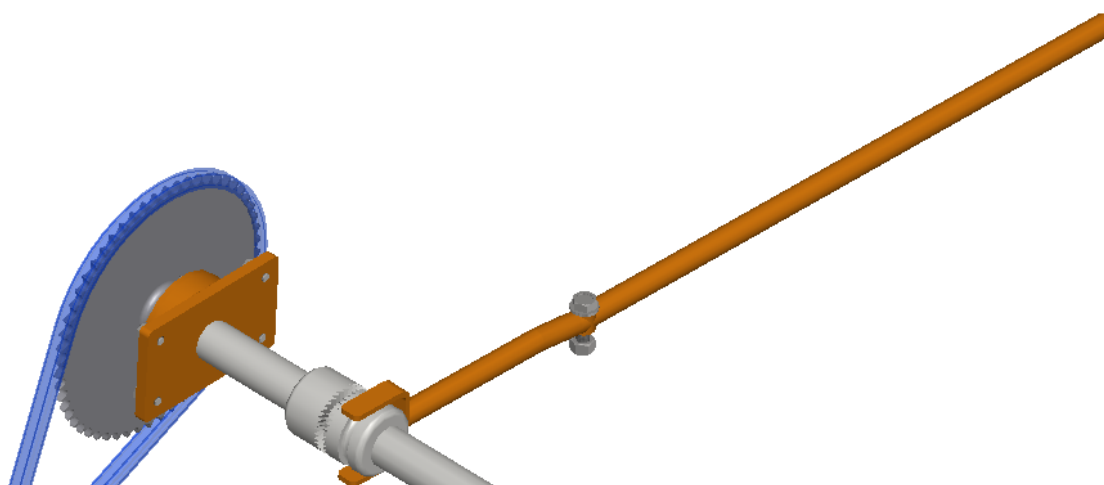
Řez a řešení uložení diferenciálu:



Obrázek 26: Uložení diferenciálu (řez)

1. střední válec pro uložení diferenciálu, 2. mazací kanál, 3. maznice DIN 71412 A M6, 4. satelitní kolo, 5. planetové kolo; 6. ložisko; 7. šrouby držící krajní segmenty na planetových kolech; 8. hnací hřídel; 9. vnitřní pojistný kroužek; 10. čep, který zajišťuje polohu satelitních kol

3.7 Zubová spojka a spínací mechanismus vřetena

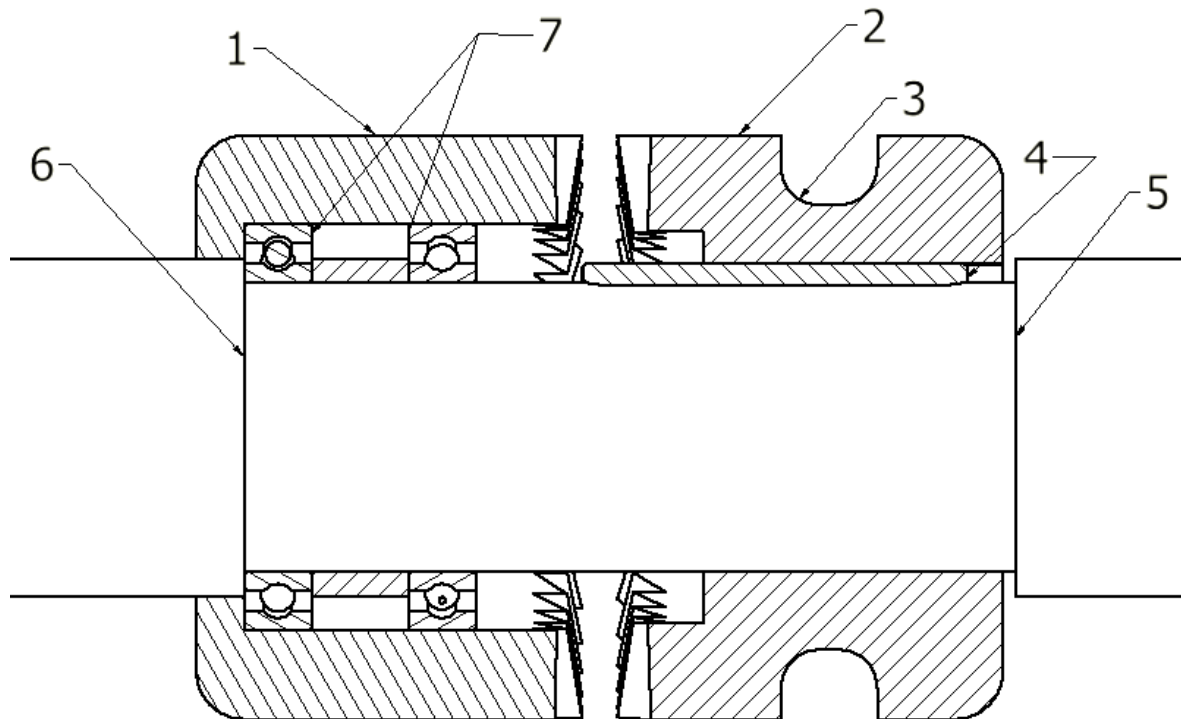


Obrázek 27: Spínací mechanismus vřetena

Jako spojení hnací a hnané hřídele jsem volil zubovou spojku, která se mi jeví jako nejjednodušší a nejlevnější řešení. Zubová spojka je spojka s tvarovým stykem. Na čele kotoučů má různé tvarované zuby, používá se pro malá i velká zatížení. Spojku lze sepnout za klidu nebo při synchronních otáčkách hnací a hnané části. Lze vypnout za klidu i za pohybu.

Protože není žádoucí, aby sekací vřeteno bylo v pohonu neustále, je tato situace řešena zubovou spojkou. Pokud nechceme, aby bylo poháněno vřeteno, například při přejezdech, páka zůstává v pravé poloze. Zubová spojka není v zákusu a otáčí se pouze hřídel. Páka je chycena na šroubu M12 o délce 45 mm, na kterém se otáčí. Pokud požadujeme zapnout pohon sekacího vřetena, dáme páku do levé polohy. Tím se přitlačí obě poloviny zubové spojky k sobě a dostanou se do zákusu. Touto situací se začne pohánět poslední řetězový převod, který přenáší krouticí moment na vřeteno a vřeteno se začne otáčet.

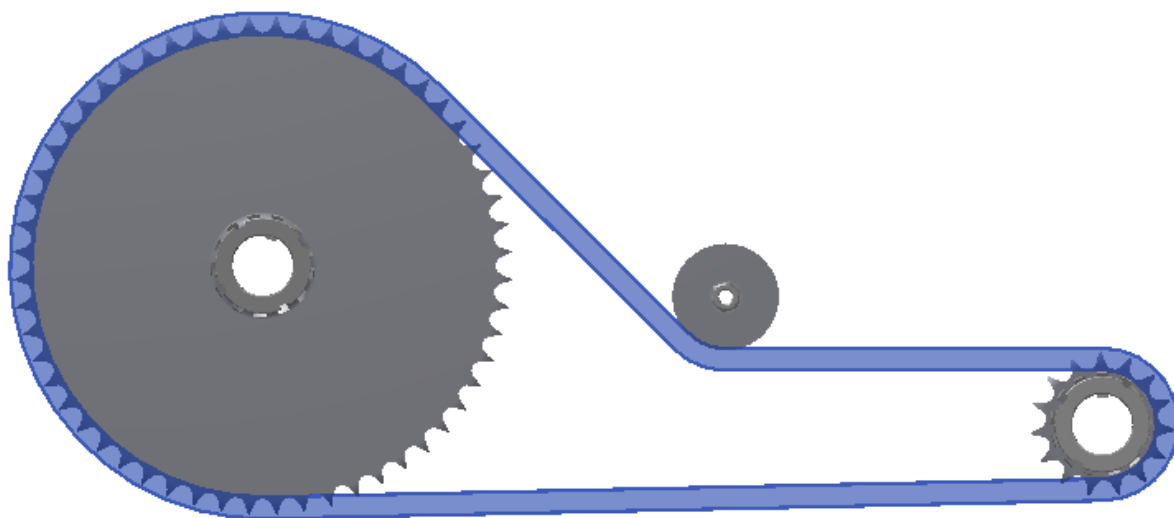
Řez zubovou spojkou a popis její sestavy:



Obrázek 28: Řez zubovou spojkou

- 1. pevná polovina zubové spojky**
- 2. posuvná polovina zubové spojky**
- 3. drážka pro zákus páky**
- 4. pero**
- 5. hnací hřídel**
- 6. hnaná hřídel**
- 7. ložiska**

3.8 Třetí řetězový převod



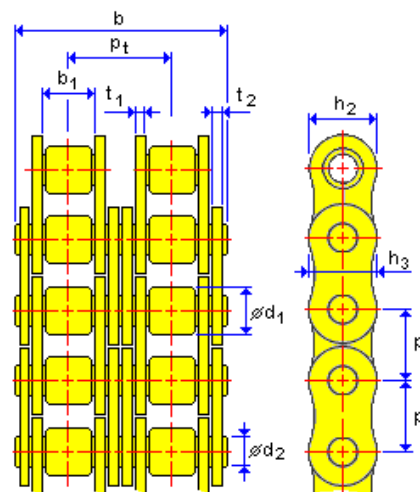
Obrázek 29: Řetězový převod 3

Tento řetězový převod otáčí vřetenem na sekání. Je v poměru $i=3,7$. Je tomu tak proto, aby zajistil vřetenu dostatečně potřebné otáčky k sekání travního porostu, jelikož se vřeteno musí otáčet rychle, aby kvalitně sekalo.

Při návrhu a kontrole jsem postupoval stejným způsobem jako v bodu 3.4. Přikládám tudíž už jen tabulku vlastností řetězu, pracovních podmínek a obrázek.

Tabulka vlastností řetězu:

Řetěz : ČSN 023311:1972 - válečkové řetězy (US)		
Označení velikosti řetězu	08B-1-102	
Rozteč	p	12,700 mm
Počet článků řetězu	X	102,000 ul
Počet řad	k	1,000 ul
Minimální vnitřní šířka	b ₁	7,750 mm
Max. průměr válečku nebo pouzdra	d ₁	8,510 mm
Maximální průměr čepu	d ₂	4,450 mm
Max. výška vnitřního článku	h ₂	11,810 mm
Max. výška vnějšího nebo středového článku	h ₃	10,920 mm
Maximální délka čepu řetězu	b	17,000 mm
Maximální tloušťka vnitřního článku	t ₁	1,500 mm
Maximální tloušťka vnějšího nebo středového článku	t ₂	1,500 mm
Nosná plocha řetězu	A	50,000 mm ²
Pevnost při přetržení	F _u	17800,000 N
Měrná hmotnost řetězu	m	0,700 kg/m
Součinitel provedení řetězu	φ	1,000 ul



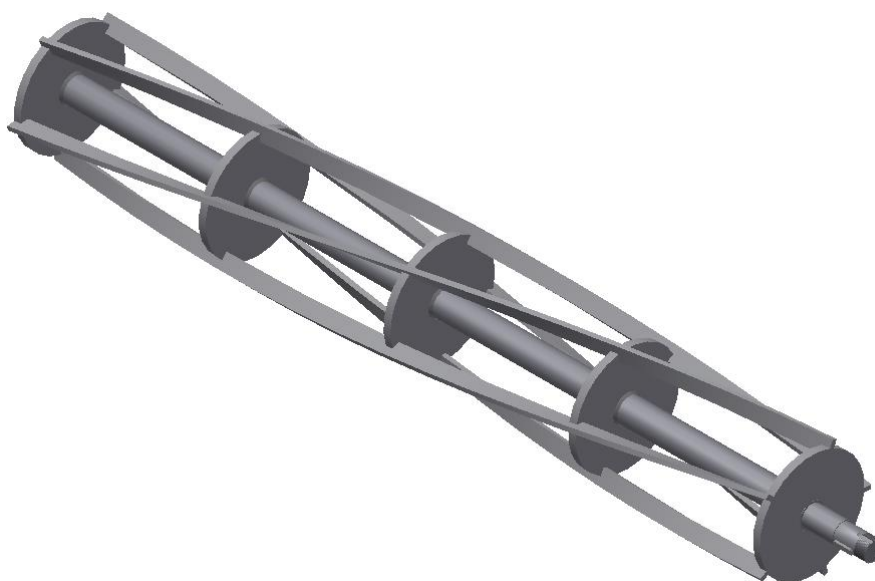
Obrázek 30: Tabulka a zakótovaný obrázek řetězu3

Pracovní podmínky:

Výkon	P	16,900 kW
Krouticí moment	T	258,627 N m
Otáčky	n	624,000 rpm
Účinnost	η	0,010 ul
Požadovaná životnost	L _h	300,000 hr
Maximální prodloužení řetězu	$\Delta L_{\max}$	0,030 ul
Aplikace	Bezrázový provoz	
Prostředí	Znečištěné	
Mazání	Olejová lázeň, odstříkovacím kotoučem	

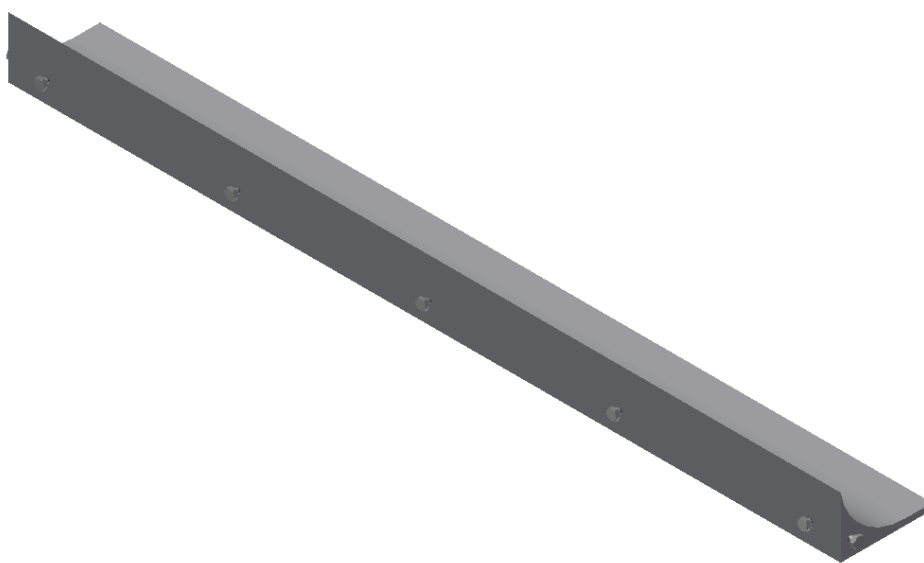
Obrázek 31: Tabulka pracovních podmínek

3.9 Vřeteno



Obrázek 32: Vřeteno

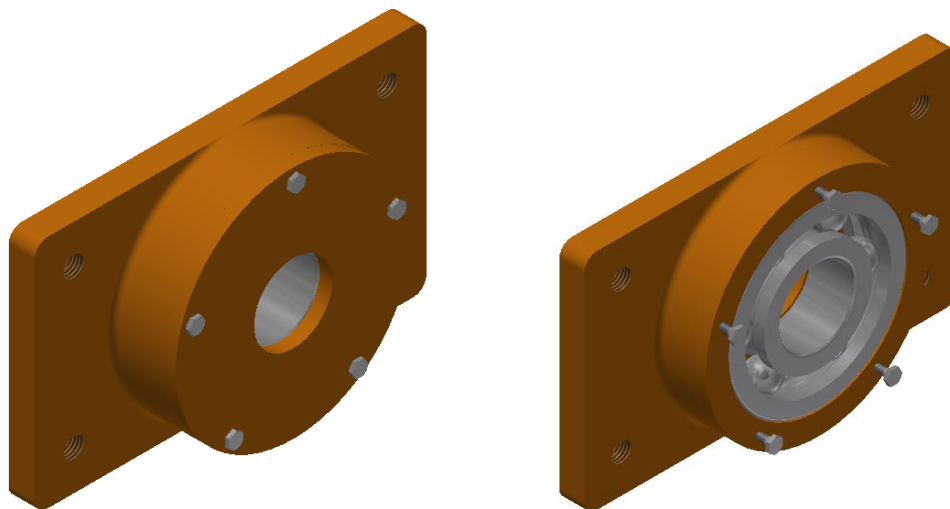
Vřeteno je u tohoto stroje poslední poháněnou součástí. Slouží ke stříhání travního porostu. Konce hřídelí jsou uloženy v domcích, které jsou přichyceny šrouby na rámu stroje. Tyto domky jsou posuvné. Je tomu tak proto, aby bylo možné vřeteno posunout směrem dolů, a tím jej přitisknout k noži. Posouvání zajišťují šrouby, které jsou uchyceny na pevno na rámu stroje a závitem v domku. Při utahování a povolování těchto šroubů lze domky nastavit do polohy o něco níž nebo výš. Vřeteno je také samo ostřicí. Přitlácením ke spodnímu noži se břity samy brousí. Vřeteno by samo o sobě nefungovalo, musí o něco trávu stříhat. K tomu slouží **spodní nůž**.



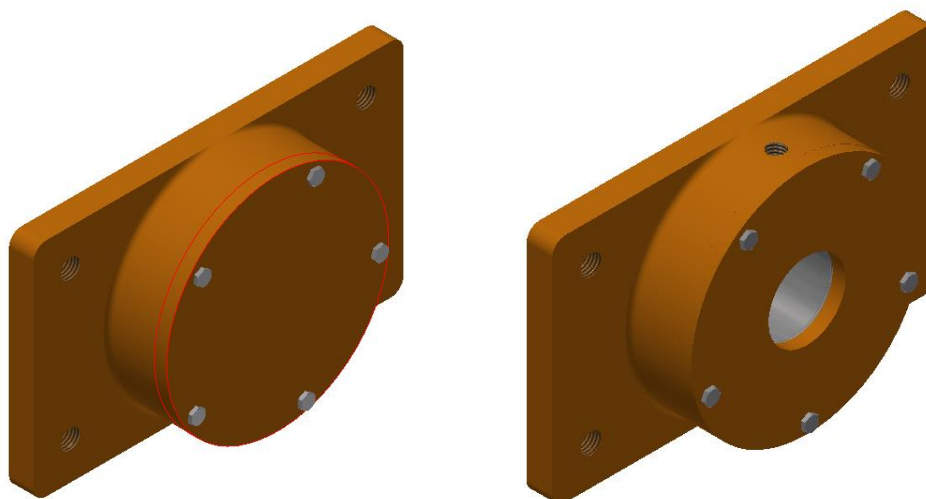
Obrázek 33: Spodní nůž

4 Ostatní důležité části stroje

4.1 Ložiskový domek



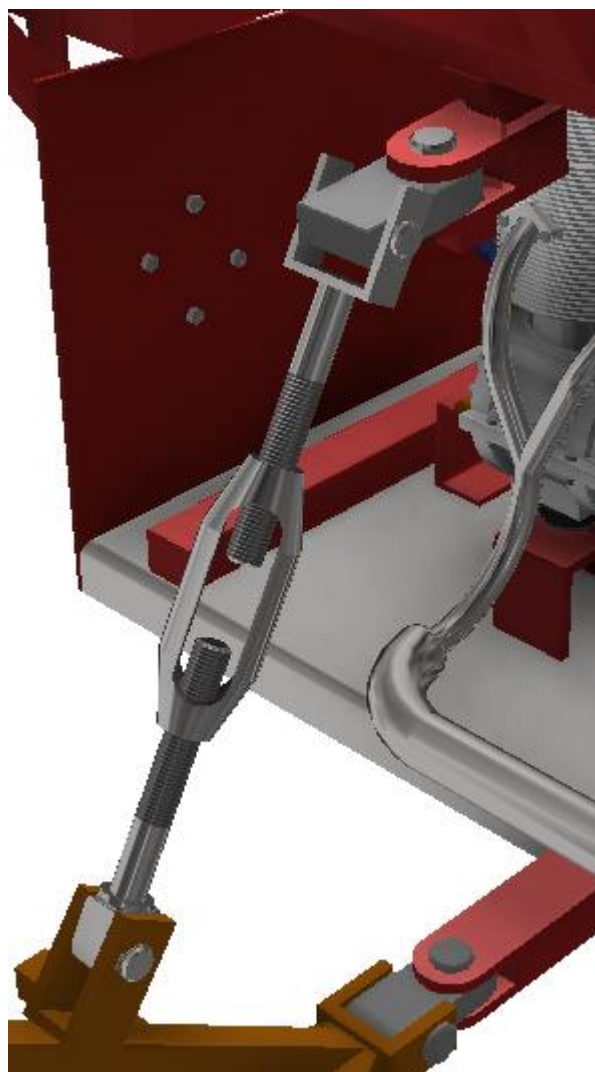
Obrázek 34: Prostý průchozí domek/ bez víka



Obrázek 35: Neprůchozí domek/ průchozí domek na hřídel vřetena

Tyto domky slouží k uchycení všech hřídelí na rámu. Skládají se z víka, které je přichyceno pěti šrouby M3 o délce 10 milimetrů k vlastnímu tělesu domku, kuličkového ložiska 6306 a vlastního tělesa domku. Na vlastním tělese domku jsou čtyři otvory se závitem k uchycení celého domku na rám. K tomuhle tělesu jsem vygeneroval i CNC kód na výrobu těchto těles, v programu surfCAM. Těchto domků je použito více druhů. Liší se víkem, které je buď průchozí, nebo ložisko jen zakrývá a průchozí není. Dále jsou použity dva domky, co mají na tělese domku díru se závitem, která slouží k polohování domku díky šroubům ukotveným na rámu. Takovéto domky pak drží vřeteno.

4.2 Napínací šroub

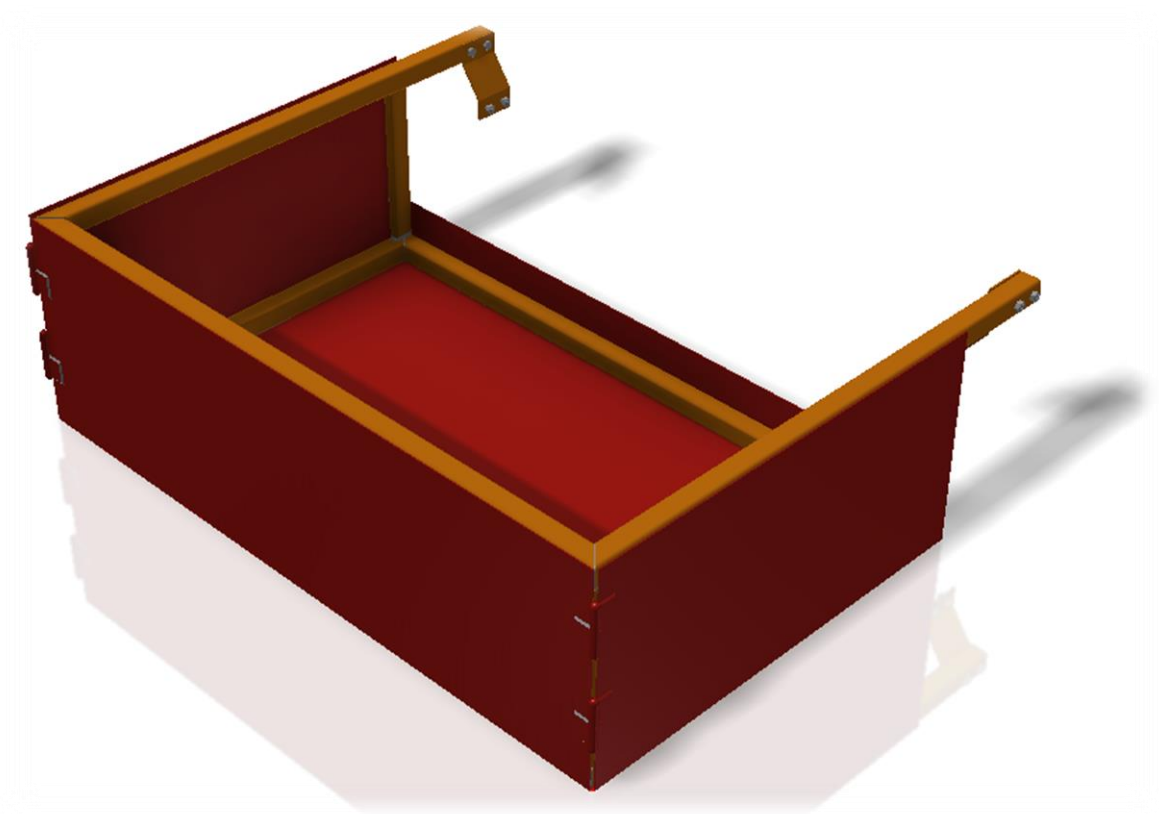


Obrázek 36: Napínací šroub

Napínací šrouby obecně slouží ke stahování nebo napínání protijdoucích konců lan nebo tyčí. Skládají se ze dvou závitových tyčí jdoucích proti sobě v jedné ose. Jedna tyč má závit pravotočivý a druhá levotočivý a speciální matice opět se závity na jedné straně pravotočivým a na druhé levotočivým. Otáčíme-li touto maticí, obě závitové tyče se stahují proti sobě.

Tento napínací šroub u stroje slouží k nastavení výšky pokosu travního porostu. Jeden konec je chycen k rámu sedačky a druhý k řídkám, tedy k celému stroji. Otáčením maticí se přitáhnou tyto dvě části k sobě a vřeteno se trochu zvedne od země. Děje se to díky tomu, že stroj má čárový styk se zemí kvůli pohonnému válci.

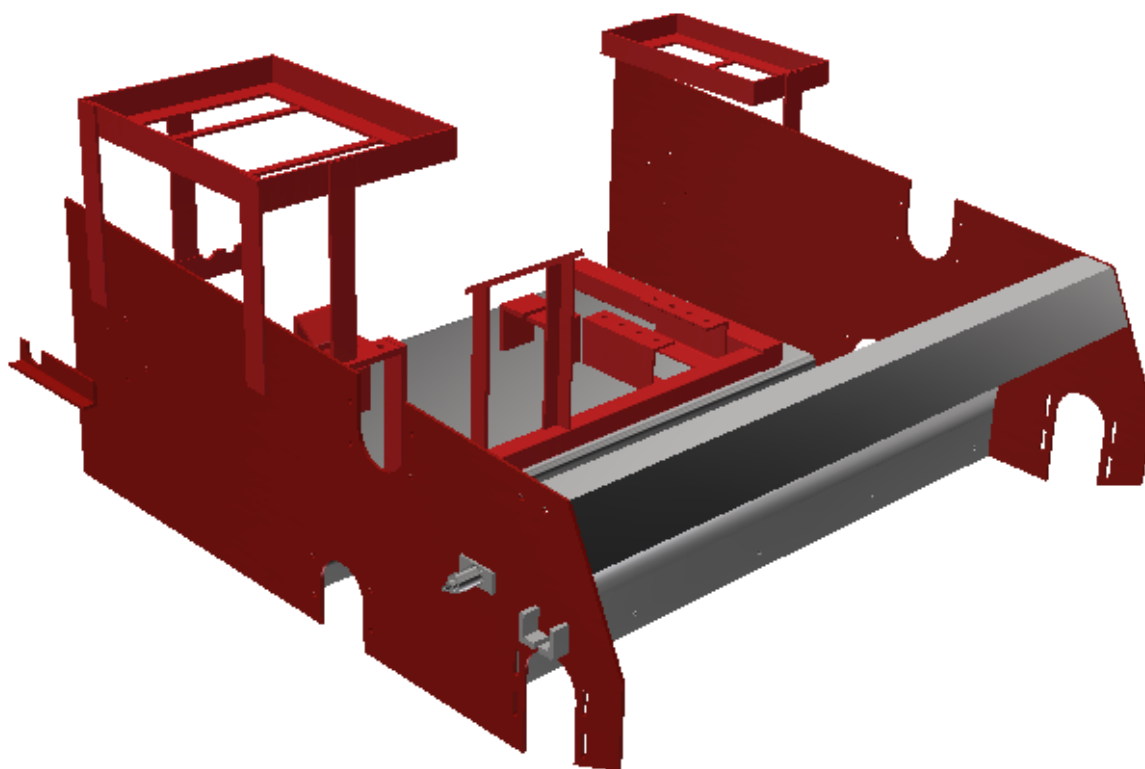
4.3 Sběrný koš



Obrázek 37: Sběrný koš

Sběrný koš slouží ke sbírání posekaného travního porostu. Jeho teoretický objem činí $0,41 \text{ m}^3$. Je svařen z několika plechů a čtvercových trubek $40 \times 40 \times 5$ milimetrů. K rámu stroje je přichycen šrouby M10 o délce 20 milimetrů.

4.4 Rám stroje



Obrázek 38: Rám stroje

Rám stroje je důležitá část. Jsou na něm uchyceny veškeré výše zmíněné součásti a sestavy. Je svařen z ocelových pásů, tyčí, trubek, plechů a některých speciálně tvářených plechů. Pochází z původního typu sekačky.

další části sekačky:



Obrázek 39: Posed



Obrázek 40: Benzínová nádrž

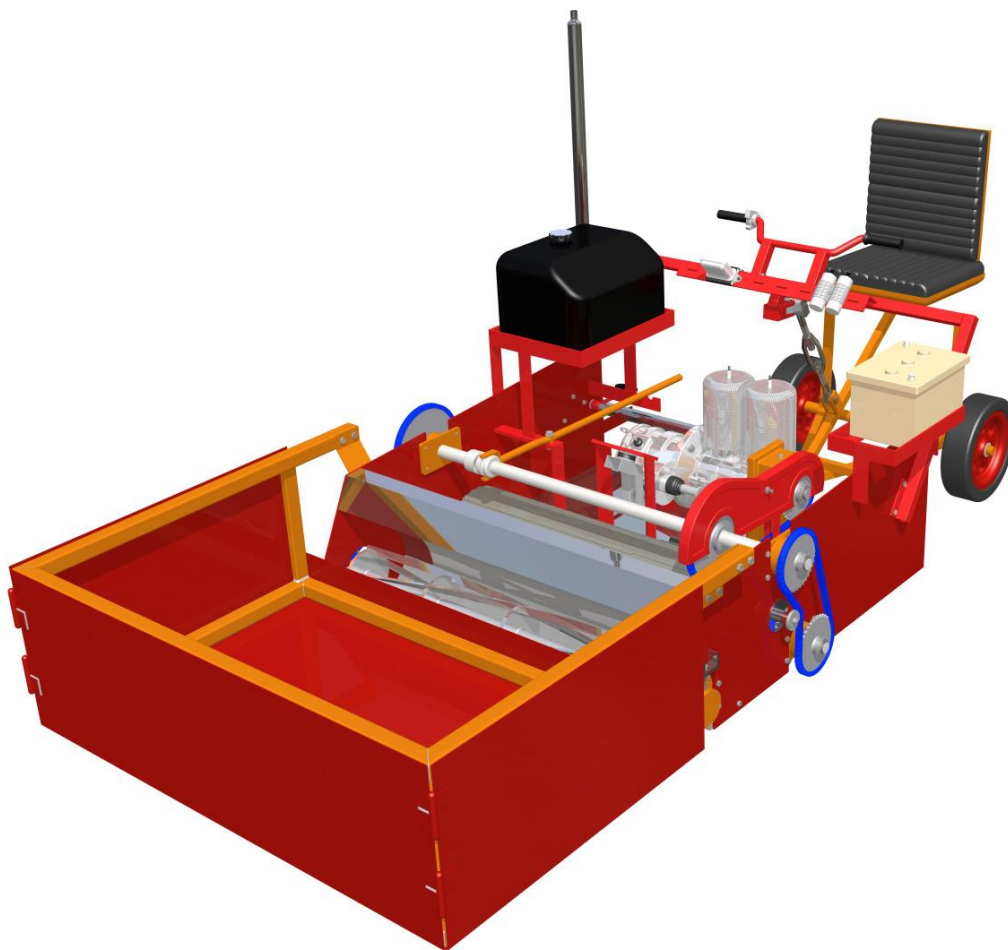


Obrázek 41: Akumulátorová baterie

5 Sestava 3D modelu sekačky

Jako jeden z hlavních bodů mé práce bylo vytvořit 3D model sestavy sekačky v programu Autodesk Inventor 2015. Model jsem zhotovil kompletní, rozkreslený do všech detailů včetně homokinetického kloubu, jednostupňové reverzní převodovky, řetězových převodů, spojky, vřetena atd. Jediný celek bez detailního rozkreslení byl blok motoru, z důvodu velké složitosti a malé podstaty na konstrukci sekačky. Byl vymodelován pouze zvenčí, což je pro tuto práci plně dostačující.

Na následujících rendrech z programu Autodesk Inventor 2015 můžete vidět moji kompletní sestavu této sekačky.



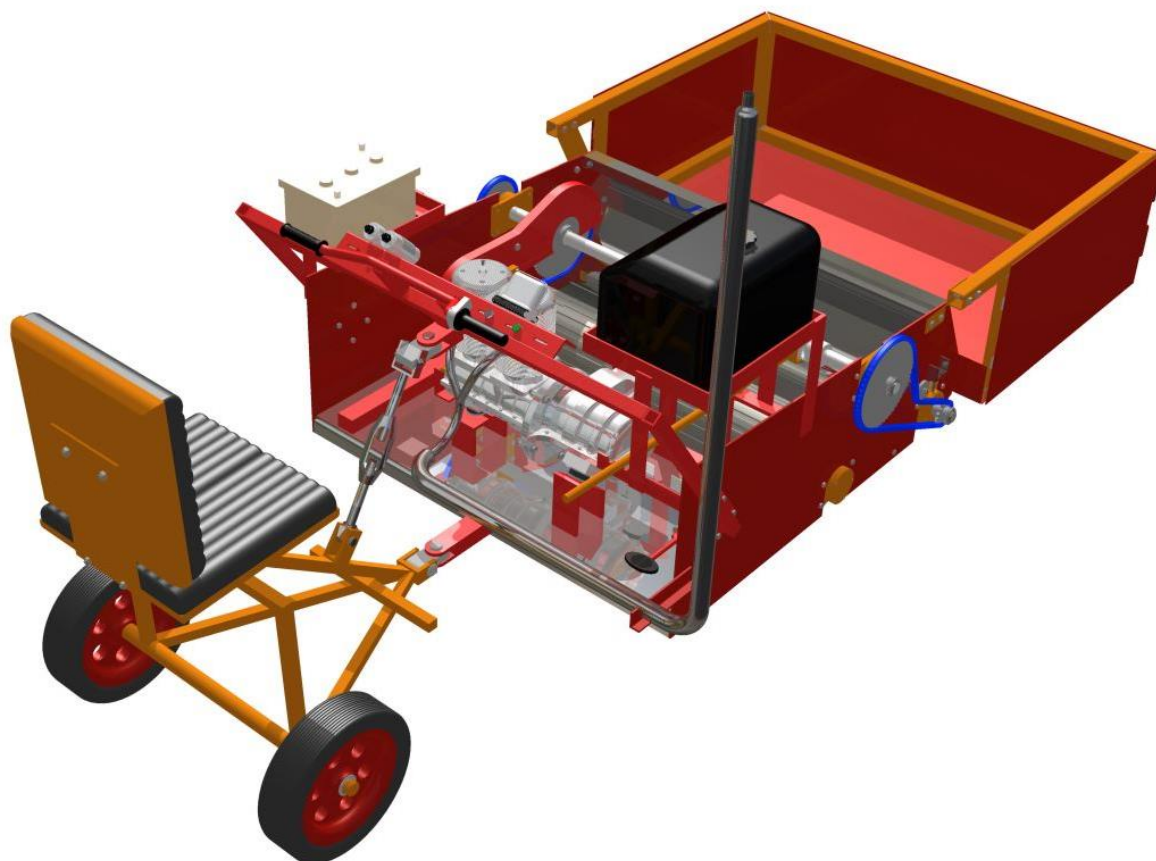
Obrázek 42: 3D model pohled 1



Obrázek 43: Pohled zepředu



Obrázek 44: Zadní pohled



Obrázek 45: Zadní pohled 2

6 Aktuální stav sekačky

Momentálně je tato sekačka umístěna na fotbalovém hřišti v Hlubočkách, kde spolehlivě slouží k obhospodařování travnaté plochy a napomáhá správci hřiště při práci.

Přikládám zde aktuální fotografie.



Obrázek 46: Aktuální fotografie stroje



Obrázek 47: Aktuální fotografie stroje 2

7 Závěr

Mým cílem v této práci bylo vyřešení konstrukce vřetenové sekačky. Při návrhu konstrukce jsem se snažil o co nejjednodušší řešení a nejnižší výrobní náklady s ohledem na funkčnost vozidla. Vytvořil jsem kompletní 3D model sestavy této vřetenové sekačky v programu Autodesk Inventor 2015.

Při řešení jsem se zabýval zejména správnou volbou vhodného typu převodů u převodů krouticího momentu, jak už u převodovky, tak i u řetězových převodů. Vybíral jsem z možností použití řemenového převodu, řetězového převodu ozubených kol a lanového převodu. Po zvážení všech výhod a nevýhod jsem zvolil variantu řetězového převodu, z důvodu nízké ceny a zároveň dobré účinnosti. Po návrhu jsem provedl pevnostní výpočty některých namáhaných součástí, například ozubených kol převodovky nebo řetězových kol. Z těchto výpočtů jsem dospěl ke konečným rozměrům součástí. Zhotovil jsem 3D model všech součástí a vytvořil výkresovou dokumentaci k vybraným součástem. Dále jsem v programu SurfCAM naprogramoval CNC program pro výrobu tělesa domku a výstupní hřídele z jednostupňové reverzní převodovky. Dále jsem vytvořil popis vybraných součástí a vysvětlil jsem jejich princip, mezi tyto součásti patří homokinetický kloub, pohonný válec s diferenciálem zubová spojka atd. Tato sekačka byla podle těchto podkladů sestavena a nyní aktuálně slouží na fotbalovém hřišti v Hlubočkách. Tento popis může sloužit jako učební pomůcka.

8 Seznam použitých zdrojů

1. **Preusch, Eberhard.** *Jezdíme trabantem.* Berlín : Naše vojsko, 1966. 28-006-69. 05/110.
2. **Kmet', Martin.** *TRABANT 601.* Bratislava : Alfa, vydavatelství technické a ekonomické literatury, 1979. 67-222-79.
3. Sekačka na trávu. *wikipedie.* [Online] [Citace: 14. leden 2015.] https://cs.wikipedia.org/wiki/Seka%C4%8Dka_na_tr%C3%A1vu.
4. vutbr.cz. *vut brno-DESIGN AUTOMATICKÉ SEKAČKY NA TRÁVU.* [Online] [Citace: 6. prosinec 2014.] https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16634.
5. Vyvoj jawy - motor. *maximum.blog.cz.* [Online] [Citace: 25. únor 2015.] http://nd01.jxs.cz/086/287/fcbf6cce64_22694739_o2.jpg.
6. Sekani-travy. *www.covenant.cz.* [Online] [Citace: 15. březen 2015.] <http://www.covenant.cz/sluzby/pece-o-dreviny/sekani-travy/>.
7. 12 otázek na sekačky. *www.atco.vretenovesekacky.cz.* [Online] [Citace: 13. listopad 2014.] <http://www.atco.vretenovesekacky.cz/43r-12-otazek-na-sekacky.html?page=9&back=press>.
8. Sekání trávy. *http://www.covenant.cz/.* [Online] [Citace: 22. prosinec 2014.] <http://www.covenant.cz/sluzby/pece-o-dreviny/sekani-travy/>.
9. Motor trabant. *http://www.ifauo.xf.cz/.* [Online] [Citace: 17. leden 2015.] <http://www.ifauo.xf.cz/Motor.gif>.
10. Technické údaje motor. *www.veteran.plivnik.cz.* [Online] [Citace: 5. únor 2015.] <http://www.veteran.plivnik.cz/trabant/techtrabi.htm>.
11. Trabant. *cs.wikipedia.org.* [Online] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Trabant>.
12. Homokinetický kloub. *http://cs.wikipedia.org/.* [Online] [Citace: 5. duben 2015.] http://cs.wikipedia.org/wiki/Homokinetick%C3%BD_kloub.
13. **Střední průmyslová škola strojnická, Olomouc, tř. 17. listopadu 49.** *Převodovky.* [pdf] Olomouc : Střední průmyslová škola strojnická, Olomouc, tř. 17. listopadu 49, 2004.

14. Volba valeckového reťezu a príklad výpočtu. <http://zbozi.arkov.cz>. [Online]
[Citace: 10. duben 2015.]
http://zbozi.arkov.cz/dl/323/Volba_valeckoveho_retezu_a_priklad_vypoctu.pdf.html.

15. **LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel.** *Strojnické Tabulky*. Úvaly : Albra-pedagogické nakladatelství, 2008. str. 914. ISBN 978-80-7361-051-7.

16. Gardena 380 EC vřetenová sekačka. www.rucni-naradi.cz. [Online] [Citace: 21. leden 2015.] http://www.rucni-naradi.cz/img_product/img370x270/GARDENA-4028-20.jpg.

17. atco.vretenoveseckacky.cz. *Proč vřetenové sekačky*. [Online] [Citace: 14. březen 2015.] <http://atco.vretenoveseckacky.cz/20s-sekacka-sekacky.html>.

18. **Bodlák, Miroslav.** *stejnoběžné klouby*. [prezentace] Hradec králové : Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Vocelova 1338, 2012.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Výkres první sekačky (4)	7
Obrázek 2: Gardena 380 EC vřetenová sekačka (6)	7
Obrázek 3: Princip stejný jako u vřetenového sečení (8)	10
Obrázek 4: Soustava pracovních prvků	11
Obrázek 5: Motor Jawa 350 (5)	12
Obrázek 6: Motor Trabant P60 (9).....	13
Obrázek 7: Logo Trabantu (11)	15
Obrázek 8: Homokinetické spojení hřídelí	16
Obrázek 9: Dvojitý stejnoběžný kloub (12).....	17
Obrázek 10: Dvojitý křížový kloub zkrácený (12)	17
Obrázek 11: Jednostupňová reverzní převodovka	18
Obrázek 12: Návrh ozubení	19
Obrázek 13: Pevnostní výpočty	19
Obrázek 14: Řetězový převod 1	20
Obrázek 15: Tabulka hodnot řetězů (14)	21
Obrázek 16: Tabulka vlastností řetězu a zakótovaný obrázek.....	22
Obrázek 17: Tabulka pracovních podmínek	23
Obrázek 18: Diagramový výkon.....	23
Obrázek 19: Řetězový převod 2.....	24
Obrázek 20: Tabulka a zakótovaný obrázek řetězu 2	25
Obrázek 21: Tabulka pracovních podmínek	25
Obrázek 22: Diagramový výkon řetězu 2	26
Obrázek 23: Tabulka výsledků	26
Obrázek 24: Pohonný válec	27
Obrázek 25: Řez pohonným válcem.....	28
Obrázek 26: Uložení diferenciálu (řez)	29
Obrázek 27: Spínací mechanismus vřetena	30
Obrázek 28: Řez zubovou spojkou	31
Obrázek 29: Řetězový převod 3.....	32
Obrázek 30: Tabulka a zakótovaný obrázek řetězu3	33
Obrázek 31: Tabulka pracovních podmínek	33
Obrázek 32: Vřeteno	34
Obrázek 33: Spodní nůž.....	34

Obrázek 34: Prostý průchozí domek/ bez víka	35
Obrázek 35: Neprůchozí domek/ průchozí domek na hřídél vřetena	35
Obrázek 36: Napínací šroub	36
Obrázek 37: Sběrný koš.....	37
Obrázek 38: Rám stroje	38
Obrázek 39: Posed	39
Obrázek 40: Benzínová nádrž.....	40
Obrázek 41: Akumulátorová baterie.....	40
Obrázek 42: 3D model pohled 1	41
Obrázek 43: Pohled zepředu	42
Obrázek 44: Zadní pohled	43
Obrázek 45: Zadní pohled 2	44
Obrázek 46: Aktuální fotografie stroje	45
Obrázek 47: Aktuální fotografie stroje 2	45

(Necitované obrázky jsou z vlastní tvorby)