



MASINAEHITUSE INSTITUUT  
Tootmistehnika õppetool

MES70LT

**Margus Vapper**

## **Mehaanilise vaarikavarte lõikuri projekteerimine**

Autor taotleb  
tehnikateaduse magistri  
akadeemilist kraadi

Tallinn

2015

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....”.....20.....a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....20.....a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....20..... a.

..... allkiri

## MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2015 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Margus Vapper, 111846

Õppekava: Tootearendus ja tootmistehnika

Spetsialiseerumine: Mehhanotehnika

Juhendaja: Professor, Martin Eerme

### MAGISTRITÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Mehaanilise vaarikavarte lõikuri projekteerimine

(inglise keeles) Design of mechanical raspberry root cutter

### Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Taustatingimuste väljaselgitamine ning analüüs	28.04.2015
2	Konkurentsiring ja patendiring	06.05.2015
3	Projekteerimine ja tugevusarvutused	27.05.2015
4	Joonised ja vormistamine	31.05.2015
5	Kokkuvõte	31.05.2015

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:** Mehaanilise vaarikavarte lõikuri projekteerimine, sõlmede ja konstruktsiooni sobivaimate lahenduste väljatöötamine. Hinna ja lahenduste toimimise tasakaalu suhte leidmine.

### Täiendavad märkused ja nõuded:

**Töö keel:** eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada dekanaati hiljemalt 12.05.15 Töö esitamise tähtaeg: 01.06.2015

**Üliõpilane** Margus Vapper /allkiri/ ..... kuupäev.....

**Juhendaja** Martin Eerme /allkiri/ ..... kuupäev.....

# SISUKORD

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE .....	3
SISUKORD.....	4
EESSÕNA.....	6
1 SISSEJUHATUS .....	7
2 VAARIKATEST JA NENDE KASVATAMISEST ÜLDISELT .....	7
2.1 Vaarikakasvatusest Eestis .....	8
3 VAARIKAVARTE LÕIKAMINE ISTANDUSTES .....	9
3.1 Vaarikavarte lõikamise eripärad.....	9
3.2 Variantid lõikamiseks.....	10
4 ETTEANTUD TINGIMUSED .....	14
5 HINDAMINE JA PARIMA VARIANDI VÄLJASELGITAMINE .....	16
5.1 Võimalikud erinevate sõlmede lahendusvariandid .....	16
5.1.1 Seadme asukoht masinal.....	16
5.1.2 Töökõrguse reguleerimine .....	17
5.1.3 Lõikemehhanism .....	18
5.1.4 Lõikepea käitamine.....	20
5.1.5 Lõikemehhanismi toetuspostidest möödajuhtimine. ....	20
5.2 Variantide hindamine .....	20
5.2.1 Seadme asukoht masinal.....	20
5.2.2 Töökõrguse reguleerimine .....	20
5.2.3 Lõikemehhanism .....	22
5.2.4 Lõikemehhanismi käitamine ja toetuspostidest möödajuhtimine.....	23
5.3 Hindamise kokkuvõte.....	23
6 PATENDIUURING .....	25
7 KONKURENTSIUURING.....	28

7.1 Eesti tootjate pakutavad lahendused .....	28
7.2 Välismaised tootjad .....	29
7.3 Seadmete võrdlemine .....	31
8 PROJEKTEERIMINE .....	33
8.1 Lõiketera disain ja materjali valik .....	33
8.2 Pööratav lõikeõlg ja alusraam .....	34
8.2.1 Pööratava lõikemehhanismi kinnitus raamile .....	34
8.2.2 Pööratav lõikemehhanism .....	38
8.2.2 Alusraam ja kinnitus traktorile .....	43
8.3 Hüdro süsteem ja selle komponendid .....	44
8.3.1 Hüdro mootori valik .....	44
8.3.2 Hüdro silindri valik .....	46
8.3.3 Hüdro jagaja valik .....	49
8.3.4 Muud komponendid .....	50
8.4 Taandurmehhanism .....	51
8.5 Omahinna arvutus .....	58
9 KOKKUVÕTE .....	59
10 SUMMARY .....	60
KASUTATUD KIRJANDUS .....	62
LISAD .....	65

## EESSÖNA

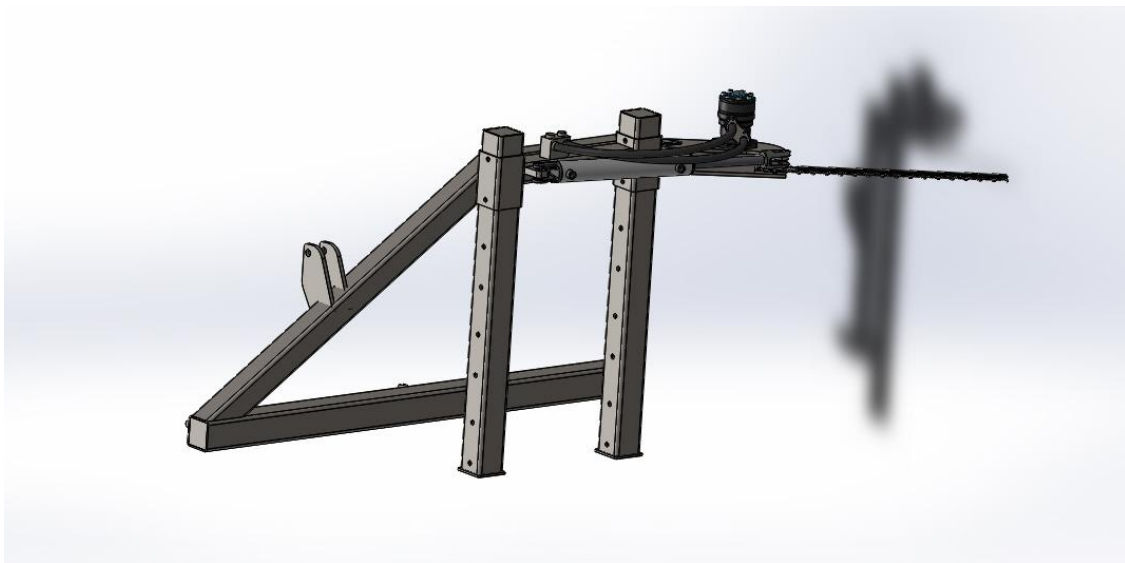
Töö teemaks on mehaanilise vaarikavarte lõikuri projekteerimine. Lõputöö teema tekkis soovist mehhaniseerida marjaistanduses tehtavaid mahukaid käsitsi tehtavaid kevadtöid. Käsitsi tehtavad tööd võtavad ära palju väärtuslikku aega. Kui viia koormus üle inimeselt masinale võidame ajas ja ka rahas. Üks selline masin teeb hinnanguliselt ära töö, millega praegu on hõivatud kuni 8 inimest. Ja ta teeb selle ära oluliselt kiiremini. Tingimused, algandmed ja eesmärgid on seatud täpselt selle töö iseloomust lähtudes. Arvestatud on, et seda seadet saab kasutada ka teistsugustes marjaistandustes. Näiteks viinamarjaistanduses. Töö koosneb kahest osast, esimeses käsitletakse tööst lähtuvaid tingimusi, võimalusi ja vajadusi ja selgitatakse välja parimad lahendused. Teises osas tegeletakse projekteerimisega.

Masina projekteerimisel lähtuti lahendustest, mis on lihtsasti toimivad, vastupidavad ja samas prooviti leida kõige parem hinna ja kvaliteedi suhe. Oluline on, et masina hind ei muutuks väikesele põllumajandusettevõttele liialt kalliks.

# 1 SISSEJUHATUS

Lõputöö teemaks on väiketraktori haakes käitav mehaaniline seade, mis on vajalik vaarikakasvatustes uute sortide kasutuselevõtmisega kaasnenud töödemahtu vähendamiseks. Projekteeritav seade puudub lähiriikide põllumajandustehnika tootjate valikust. Teema on aktuaalne ja omab praktilist lahendit. Eesti marjakasvatuse efektiivsemat majandamist ja taimede kasvupinna suurendamist takistavad vabade töökäte puudus maapiirkondades. Vähene mehhaniseerituse tase väikepõllumajanduses on pärssimas meie konkurentsivõimet lähiregioonis. Antud magistr töö raames on eesmärk projekteerida lõikeseade liikurmasinale, millega viiakse koormus inimeselt üle masinale. Luuakse seade, mis aitab marjakasvatajatel tööjõukulusid kokku hoida ja selle arvelt vabanevaid ressursse mujal rakendada.

Lõikuri konstrueerimisel kasutati ära erinevate seadmete lahendusi, täiustades neid ja pannes nad koos tööle.



Sele 1-1 projekteeritav seade kõrgeimas lõikeasendis.

## 2 VAARIKATEST JA NENDE KASVATAMISEST ÜLDISELT

### 2.1 Vaarikakasvatusest Eestis

Vaarikas on traditsiooniline mari. Vaarika vilju kasutatakse laialdaselt nii värskena kui töödeldult. Lisaks viljadele saab vaarika vartest ja lehtedest valmistada tervistavat teed. Skandinaavias on vaarikas väga hinnatud ja laialdaselt piimatööstuse toorainena kasutusel. Eestis kasvatatakse vaarikat umbes 300 ha [1] Sellest enamus on kasvamas erakätes, ehk kodusaedades. Võrreldes maasikakasvatusega on vaarika kasvupind väike ja potentsiaali kasvupinna suurendamiseks on. Vaarikate viimase 5 aasta kasvupind Eesti Statistikaameti andmeil on toodud alljärgnevas tabelis.

**Tabel 1-1 Vaarikate kasvupind Eestis**

<b>Aasta</b>	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Kasvupind (ha)</b>	266	245	238	289	292

Eesti vaarikakasvatuses on viimastel aastatel toimunud suuremaid muudatused ja kasvatama on hakatud järjest enim uusi taasviljuvaid (remontant) sorte. See tähendab, et vanad vaarikavarred lõigatakse kas hilissügisel või varakevadel maha. Vilju hakkavad andma uued, samal aastal kasvanud varred. See tagab suurema saagikuse ja vähendab ilmastiku mõju – eriti talvist. Vanemate sortide nagu näiteks Novokitaivska ja Ottawa probleemiks on talvised miinustemperatuurid ning suvel lendlevad vaarikamardikad. Talvised külmad, eriti ilma lumeta, mõjutavad vaarikavarsi ja tekitavad neile külmakahjustusi, mille käigus vars on kas vigane või üldse ära kuivanud. Esimesel juhul ei pruugi esmasel vaatlusel kahjustusi märgata ja see võib välja lüüa alles hiljem. Teisel juhul tuleb kuivanud vars eemaldada. Mõlemal juhul kannatab taim ja väheneb saagikus. Uute sortidega, nagu näiteks “Polka” neid probleeme ei ole. Esiteks lõigatakse kõik varred maha, millega likvideeritakse külmakahjustused ja teiseks õitseb see sort sel ajal, kui vaarikamardikas enam ei lendle ja sellega ei teki nn. ussitamist. Marjad on kahjurivabad. Miinuseks võib lugeda seda, et marjade valmimine langeb augusti ja septembri peale, mis tähendab, et sügisene ilmastik ja niisked ilmad võivad mõjutada marjasaaki.

Üldine suund on, et vaarikaistandus on rajatud peenardele. Peenar on 10-20 cm kõrge ja kaetud peenrakilega. Kile on selleks, et kergendada istanduse hooldustööd ja takistada



umbrohu kasvamist vaarikapõõsastesse. Kile alt läheb läbi imbkastmistoru. Imbkastmissüsteemi kaudu on väga mugav taimedele ka toitained anda, tehes selleks lahuse enne pumpa. Pumba kojas segatakse see korralikult läbi. Peenrale on rajatud toestused, mis takistavad taimedel laiali vajumist. Eriti vajalikud on need sügisel, kui varred on saagikad ja rasked. Lisaks kaitsevad toestused tuulekahjustuste eest.



Sele 2-1 Vaarikaistandus Tartumaal (foto autori arhiiv)

## **3 VAARIKAVARTE LÕIKAMINE I STANDUSTES**

### **3.1 Vaarikavarte lõikamise eripärad**

Vaarikakasvatuses taasviljuvate sortidega on kasvatusmeetodid muutunud. Pärast saagikoristust või enne kevadist taimede uut kasvuperioodi tuleb kõik vanad puitunud varred maapinnast umbes 100 mm kõrguselt maha lõigata. See on olenevalt istanduse suuruselt küllaltki aja- ja inimressursimahukas töö. Üks taim kasvatab vegetatsiooniperioodil keskmiselt 6-8 taimevart. Varred tuleb pärast lõikamist kokku korjata ja tavaliselt põletades ära hävitada, kuna võivad hakata levitama varrepõletikke ja muid haigusi. Samuti on tarvis jälgida, et neid lõikamise käigus ei tükeldata, kuna tükikesed jäävad peenarde kõrvale rohu sisse vedelema ja hakkavad tervetele taimedele haigusetehtajaid levitama. Selleks peab olema tehtud üks puhas lõige. Varre lõikekiirus peab olema parasjagu nii suur, et alles jäävat varreosa mingil juhul ei rebita, sest see kahjustab juurestikku, mis omakorda viib taime hukule.



Sele 3-1 Kevadine vaarikavarte lõikus istanduses (foto autori arhiivist)

### 3.2 Variandid lõikamiseks

Enamasti tehakse lõikamistööd istandustes ära käsitsi. Lõikamiseks kasutatakse oksa- või hekikääre (sele 3-2). Lõiketangidega saab kõige kvaliteetsema tulemuse. Igal taim lõigatakse individuaalselt ja tulemus jääb kvaliteetne. Maha ei jää üleliigset tekkivat puru. Käsitsi tehtav töö on aja- ja ressursikulukas ning ettevõtjale kallis. Tööde ajaks tuleb palgata rohkem inimesi. Sundasendi tõttu väsivad lõikaja jalad, selg ja eriti tangidega küllaltki tugevaid oksid lõikavad käed.

Plussid:

- Lõiketangid on soodsad soetada
- sobib hästi koduaeda
- igale taimele lähenetakse individuaalselt, ehk tulemus on kvaliteetne
- lihtne ja kergesti õpitav
- pole tarvis eriseadmeid
- puhas lõige ja taimejuuri ei rebita.

Miinused:

- ajamahukas, kõigist lõikamisviisidest konkurentsitult kõige aeganõudvam
- ettevõtjale lõppkokkuvõttes kulukas
- töötajal väsib selg ja käed.



Sele 3-2 Vaarikavarte oksatangidega lõikamine (foto autori arhiivist )

Teine võimalus lõikamiseks on bensiinimootoriga hekilõikur (sele 3-3), mis oluliselt kiirendab lõikeprotsessi, aga sundasendi tõttu väsitab kiiresti lõikuriga töötaja selja. Ajakulu võrdlus ühe 50 m pikkuse vao lõikamisel on keskestlābi 6 korda väiksem (60 min versus 10min) hekilõikuri kasuks. Lõiketulemus on puhas ja hea. Masina juhtimine on täpne ja lõigata saab küljele ära vajunud oksti. Lisaks saab hekilõikurit kasutada mõlemas suunas, sest selle terad lõikavad võrdselt mõlemalt poolt.

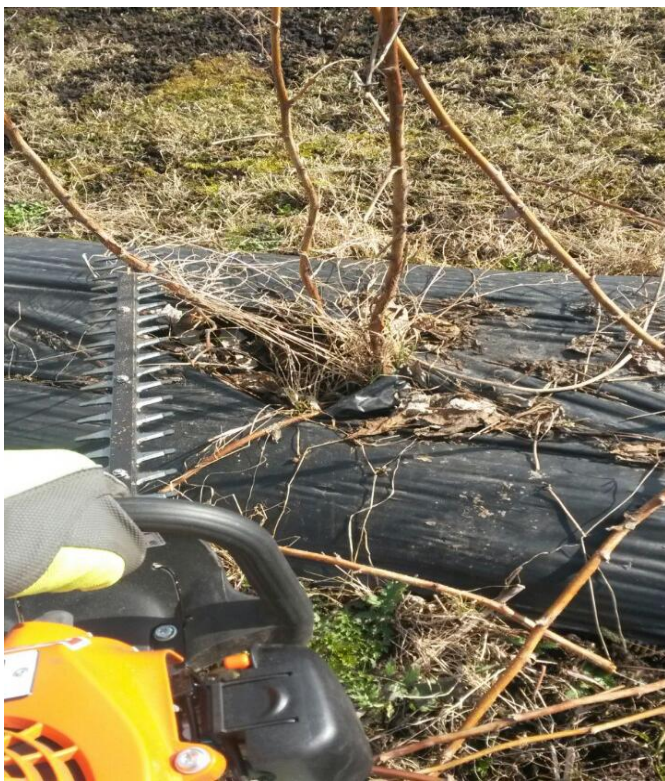
Plussid:

- kiirem kui käsitsi lõikus
- masin on suhteliselt kerge
- vaja vähem töölist
- lõiketulemus hea
- masina juhtimine on täpne
- lõigata saab mõlemas suunas, terad mõlemasuunalised.



### Miinused:

- lisakulu kallima lõikuri näol
- lisakulu kütus
- lõikaja selg väsib väga ruttu



**Sele 3-3** Varte lõikamine mehaanilise hekilõikuriga (foto autori arhiivist)

Kolmas võimalus on kasutada bensiinimootoriga võsalõikurit (sele 3-4). Võsalõikuri eeliseks on, et sellega töötajal ei väsi selg sundasendi tõttu. Miinuseks tekitab ka palju okste jupikesi, mis jäävad vedelema ning mille üleskorjamine on ajakulukas lisatöö. Samuti on oht kergesti vagu katvasse kilesse lõigata. Probleem on selles, et keha ligidal rihmade küljes rippuv võsalõikur ei ole väga täpselt juhitud. Ta takerdub lõigatud ja lõikamata okstesse ning seejärel hakkab sellega töötaja kehast end inertsiga eemale tirima. Tekitab asjatuid liigutusi lõikajale masina täpsel paigalhoidmisel. Lõiked ei tule ühesuguse kõrgusega vaid on ebakorrapärased ja maha jääb palju üleliigset puru.

### Plussid:

- kiirem kui hekilõikur
- püstine tööasend- töötaja väsib vähem

### Miinused:

- lõikur on kallim
- kütusekulu on suurem
- oht lõigata peenart katvasse kilesse
- lõiketulemus ei ole nii hea, kui on hekilõikuril
- maha jääb küllalt palju varte jupikesi
- takerdub liialt lõigatud ja lõikamata okstesse, ning sunnib tegema lisaliigutusi, et uuesti vabaneda



**Sele 3-4 Husqvarna võsalõikur [2]**

Võttes kokku kõikide nende lõikamisvõimaluste parimad omadused tuleb konstrueerida mehaaniline lõikur. Seade peab olema masina rippes, et viia inimeselt koormus üle masinale ja suurendada lõikekiirust.

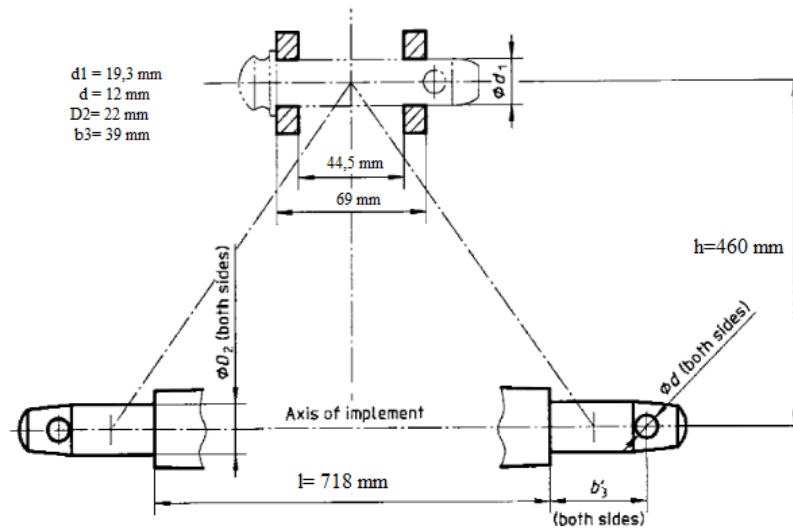
## 4 ETTEANTUD TINGIMUSED

Lõikamistöõde takistuseks on taimede toetus, mida ei lammutata sügisel ära vaid on statsionaarne. Toetuspostid ei lase lõikuriga otse mööda taimevagu liikuda vaid neist tuleb mööda põigata. Nad asetsevad maksimaalselt iga 5 m tagant ja mõlemal pool vagu paaris. Neid ühendavad nende vahele pingule tõmmatud nõõrid või kus on vajalik ka põiklatid. See muudab mistahes mehaanilise lõikamise aeglasemaks ja suurendab tööoperatsioonide hulka.

### Nõuded:

1. Töötingimused vastavalt välismõjudele sügisel ja kevadel. Välistemperatuuridel 0..35 °C;
2. Peab suutma lõigata puhtalt vaarikavarred läbimõõduga kuni 30 mm;
3. Lõikekõrgus vao pealt 100- 150 mm. Seadme lõikekõrgust peaks saama suuremas ulatuses reguleerida, et seda rakendada ka viinamarja istandustes ja miks mitte ka madalamate hekkide pügamisel;
4. Lõikelaius sõltub taimevao laiusest, maksimaalselt 600 mm;
5. Lõikuri lõikepead peab saama pöörata kuni 90 kraadi ulatuses, et põigata mööda toetuspostidest;
6. Lõikeseade- lõikepea peab tagama puhta lõikega max 30 mm puitunud vaarikavarre eemaldamise;
7. Seade peab olema käitav põllumasina koosseisus (väike traktor), selle külge ühendatuna rippes või ees või taga;
8. Lõikeseadeldist ja sõlmi käitab hüdraulika, traktori jõuväljavõte või elektrimootorid;
9. Taandurmehhanism, et vältida lõiketerade purunemist takistusse kinnijäämisel;
10. Oluline on konstrueerida seade mitte liialt raskeks, et säilitada mobiilsus ja väiketraktori kasutamisevõimalus;
11. Töökiirus kuni 3 km tunnis;
12. Seadet ja sõidukit peab saama käigus hoida 1 operaator.

Traktori andmed: Mark: ISEKI TG5470 [3], mass 1585 kg, 4 silindriline vesijahutusega diiselmootor võimsusega 46 HP, jõuväljavõtu võll 2- astmeline 540/1000 rpm, hüdroüsteemi tootlikkus 43,8 l/min, tööõhk 160 bar. Rippsüsteem Category 1[4], tõstejõud 1580 kg. Traktori liikumiskiirus edaspidi 0,36- 29,06 km/h, tagurpidikäigul 0,33-24,46 km/h.



Sele 4-1 Traktori rippsüsteem[5]

## 5 HINDAMINE JA PARIMA VARIANDI VÄLJASELGITAMINE

### 5.1 Võimalikud erinevate sõlmede lahendusvariandid

#### 5.1.1 Seadme asukoht masinal

Seade asub kas liikurmasina ees või taga. Ees asuva seadmega on vaateväli lõiketöö teostamiseks parem, samas kaalujaotus kannatab. Ees asuv seade vähendab manööverdamise võimekust ja pehmel pinnasel sissevajumist. Ees asuv seade varjab sõidusuuna vaadet.

Plussid:

- parem vaateväli

Miinused:

- kaalujaotus
- tagasilla haarduvus kehvem
- varjab vaadet ette ja ohtu millelegi otsa sõita
- kaob võimalus jõu väljavõtuvõlli kasutada
- lõikuri lõikepea läheb juhi vaateväljast kaugemale ja oht toetusposti lõigata.

Taga asuv seade on lähemal jõu väljavõttele ja taga asetsev raskus annab parema haarduvuse vedavatele tagaratastele. Tagumistel ratastel on laiem rehviturvis ja erisurve pinnasele väiksem, seega kinnijäämise oht on oluliselt väiksem.

Plussid:

- saab vajadusel käitada jõuvõtu võllilt
- taga asetsev raskus suurendab pinnase haarduvust
- parem kaalujaotus
- operaatoril hea ülevaade lõikeorganist

Miinused:

- juht peab palju pead pöörama



## 5.1.2 Töökõrguse reguleerimine

Siin tuleb arvesse võtta, et reguleerida peab saama kolme kõrgust:

1. Seadet masina küljes, et vajadusel sooritada ülesõite ebatasasel maastikul, teel haakes liikumisel jne. Enamasti võimaldab seda traktori rippseade.
2. Seadme keskosa koos pöördmehhanismidega, et reguleerida seade lõikekõrgusele.
3. Lõikepea töökõrguse täppisreguleerimine.

Kõiki neid kõrgusi saab käsitsi (nt lõhikuga) või hüdraulilise kesksüsteemiga reguleerida. Käsitsi reguleerimise kasuks räägib seadme lihtsus ja odavus+ kergem kogukaal. Miinusteks ajakulu, võimalike abikäte (rakiste ) vajalikkus, tehnoloogiline mahajäämus (nn. eilse päeva ideed), võimaliku konkurentsivõime kahandamine. Kehvemad võimalused turvasüsteemide kasutusele võtuks.

Plussid:

- lihtne
- odavam
- kergem kaal

Miinuseks:

- ajakulu
- võimalike abikäte vajalikkus
- tehnoloogiline mahajäämus
- vähem võimalusi turva ja kontrollisüsteemide rakendamiseks

Hüdraulilist süsteemi on lihtne opereerida, autonoomsus, täpne reguleerimine, vajadusel erinevaid parameetreid jälgiva kesksüsteemi kasutuselevõtu ja süsteemi integreerimise võimaluse ( maapinna kõrguse jälgime, takistuste jälgimine, automaatne lõikepea seiskumine, automaatne lõikepea pööramine jne) konkurentsi võimelisus välisurgudel, lõikekiiruse sujuv muutmine. Miinuseks süsteemi keerukus, kõrgem hind, kallimad käitluskulud, lisa seadmete, voolikute, jagaja ja hüdraulilise vedeliku paagi vajadus. Lisaks suurem kaal

Plussid:

- kiire
- täpne
- autonoomne
- võimalik integreerida erinevaid ohutus ja abiseadmeid
- lõikekiiruse sujuv muutmine
- lisaseadmete võimalus

Miinused:

- keerukam
- kallim
- lisaseadmete vajadus
- raskem

### 5.1.3 Lõikemehhanism

Et tagada võimalikult puhas lõige ja hoiduda rebimisest (kahjustab taimede juurestikku)

Võimalikud variandid:

1. Pöörlev hammastega lõikepea (-d) (Rebib liialt lõikamisel ja suure joonkiirusega liikuv ketas paiskab väiksemad oksad eemale, mis vähendab efektiivsust ja suurendab lisatööde vajalikkust)



Sele 5-1 Hammastega lõikeketas[6]

2. pöörlev lõikepea, millel on küljes tsentrifugaaljõul välja nihkuvad lõiketerad.



**Sele 5-2 Tsentrifugaaljõul väljapöörduvate lõiketeradega lõikepea[7]**

3. vastastikku liikuvad lõiketerad. Oksad suunatakse lihtsalt lõiketerade vahele ja tekib puhas lõige. Tugevad takistused võivad lõiketerad purustada (kivid)



**Sele 5-3 Vastastikku liikuvad lõiketerad[8]**

4. kõrvuti asetsevad ja vastakuti pöörlevad väljaulatuvate lõiketeradega lõikekettad.



**Sele 5-4 Kõrvuti asetsevad väljaulatuvate teradega lõikepead[9]**

### **5.1.4 Lõikepea käitamine**

1. traktori jõuväljavõttest- liialt keeruline- nõuaks kardaanide ja liigendite rägastikku
2. elektrimootor – vajab lisa toiteallikat (aku või bensiinigeneraator)
3. hüdraulika käitab lõikeajamit – vajab lisaseadmeid, ent kui integreerida kogu masin hüdraulikale, siis lihtne ka see sõlm ühildada. Tugevaks pooltargumendiks on traktori hüdrosüsteemi olemasolu.
4. aku variant- lõikeseade akutoitel

### **5.1.5 Lõikemehhanismi toetuspostidest möödajuhtimine.**

1. servomootor
2. hüdrosilinder
3. kangimehhanism, ehk käsitsi

## **5.2 Variantide hindamine**

### **5.2.1 Seadme asukoht masinal**

Seadme asukoha masinal valisin plusside ja miinuste osakaalu arvestades alapunktis 5.1.1 kirjeldatud omadustest.

Lõikur asetatuna taha rippesse, ületab positiivsete omaduste poolest ette asetatud seadet. Eelkõige saab määravaks hea ülevaade lõikepea tööst.

### **5.2.2 Töökõrguse reguleerimine**

Et valida parim variant kõigi kolme sõlme jaoks eraldi tuleb omadused koondada tabelisse

1. Eelmises punktis sai valitud lõikeseadme asukohaks traktori taha rippesse, seega kõrgust traktori küljes reguleeritakse traktori rippseadmega.

2. Lõikeseadme keskosa, ehk nii öelda selgroog, mis ühendab raami ja lõikemehhanismi, reguleerimiseks parima variandi väljaselgitamiseks kanname kõik omadused tabelisse ja koondame nad kaalutud keskmise tulemuse alla.

**Tabel 5-1 Lõikeseadme keskosa reguleerimine**

Nr	Parameeter	Kaal	Käsitsi		Hüdraulika	
			Hinne	K Hinne	Hinne	K Hinne
1	Hind	5	5	25	2	10
2	Lihtsus	5	5	25	2	10
3	Reguleerimise sagedus	3	1	3	5	15
4	Ekspluatatsioonikulud	5	4	20	3	15
5	Lisaseadmete vajadus	3	5	15	2	6
6	Abitööjõu vajadus	4	1	4	5	20
	<b>Kokku</b>			<b>92</b>		<b>76</b>

Keskosa reguleerimine on selle harva vajaduse tõttu kõige mõistlikum projekteerida käsitsi reguleeritavaks

### 3. Lõikepea töökõrguse täppisreguleerimine

Kõrguse reguleerimisel tuleb lähtuda samadest parameetritest, nagu eelmises punktis, ent hinnete kaalud on radikaalselt erinevad. Lõikepea kõrguse reguleerimine on väga oluline ja selle kasutamise vajadus on tihe. Oluline on, et see oleks hästi kiire ja seda saaks teha masina töötamise ajal. Parameetrite hindamine on maatrikstabelis 5.2 Hindamisskaala on 1-5

**Tabel 5-2 Lõikepea töökõrguse täppisreguleerimine**

Nr	Parameeter	Kaal	Käsitsi		Hüdraulika	
			Hinne	K Hinne	Hinne	K Hinne
1	Hind	2	5	10	2	4
2	Lihtsus	2	5	10	3	6
3	Reguleerimise sagedus	5	1	5	5	25
4	Ekspluatatsioonikulud	4	4	16	3	12
5	Lisaseadmete vajadus	2	5	10	3	6
6	Abitööjõu vajadus	2	1	2	5	10
	<b>Kokku</b>			<b>53</b>		<b>63</b>

Lõpptulemusena valime lõikepea kõrguse täppisreguleerimise hüdraulikaga traktori rippüsteemist.

### 5.2.3 Lõikemehhanism

Lõikemehhanismi valik on selle masina juures kõige tähtsam.

Parimate variantide valimisel juhindun järgnevatest parameetritest ja tingimustest.

Valimiseks kasutan kaalutud hindamise meetodit. Hindan järgnevate parameetrite järgi:

- Hind
- Ajakulu lõikele
- Ergonoomika töötamisel
- Lõike puhtus
- Taimejuurte vigastuste vältimine
- Lisatööde hulk
- Remontimise lihtsus
- Hoolduskulud
- Seadme keerukus

Hindamisel kasutan hindeid ühest viieni ning parameetri kaal on samuti ühest viieni.

Tulenevalt etteantud tingimustest on mõningad parameetrid suurema kaaluga kui teised.

Hindamismaatriks on näha 5-3.

**Tabel 5-3 Hindamismaatriks lõikemehhanismile**

Nr	Parameeter	Kaal	Hammastega lõikeketas		Tsentrifugaaljõul väljapöörduvate lõiketeradega lõikepea		Vastastikku liikuvad lõiketerad		Kõrvuti asetsevad väljaulatuvate teradega lõikepead	
			Hinne	K Hinne	Hinne	K Hinne	Hinne	K Hinne	Hinne	K Hinne
1	Hind	5	5	25	3	15	4	20	2	10
2	Ajakulu lõikele	3	2	6	5	15	5	15	4	12
3	Seadme keerukus	4	4	16	3	12	3	12	1	4
4	Ergonoomika töötamisel	3	2	6	4	12	5	15	2	6
5	Lõike puhtus	5	3	15	2	10	5	25	3	15
6	Taimejuurte vigastuste vältimine	5	5	25	3	15	5	25	3	15
7	Lisatööde hulk	3	3	9	4	12	4	12	3	9
8	Remontimise lihtsus	4	5	20	4	16	3	12	3	12

9	Hoolduskulud	4	4	16	3	12	4	16	2	8
	<b>Kokku</b>			<b>139</b>		<b>119</b>		<b>152</b>		<b>91</b>

Arvutades kokku kaalutud keskmised hinded, siis üks konstruktsioon edastab kindlalt järgmisi järgnevatel põhjustel:

- Maha ei jää jupikesi
- Lõige on puhtam
- Taimejuur ei saa vigastada

#### **5.2.4 Lõikemehhanismi käitamine ja toetuspostidest möödajuhtimine**

Lõikepea käitamine ja pea möödajuhtimine on mõistlik ühildada tööle hüdraulika pealt. Sel juhul on tarvis hüdromootorit ja ühte hüdrosilindrit ning 2 hüdroväljavõttega jagajapaari. Süsteemi saab ühendada kas otse traktori hüdrosüsteemiga (kui on jagajal olemas piisavalt palju vabasid hüdrojagaja paare) või siis läbi eraldi hüdrojagaja.

See teeb süsteemi lihtsamaks, kui kõik on ühtse juhtimise all. Hoolduskulud madalamad ja varuosabaas on oluliselt väiksem.

Akuga käitav servomootor lõikepea juhtimiseks ja elektrimootor lõiketera jaoks jätame projektist välja järgnevatel põhjustel:

- 1) Aku muudab seadme rohkem hooldust vajavaks vaatamata sellele, et tänapäeva akud on energiamahukad ja hooldevabad;
- 2) Akut tuleb pidevalt laetud olekus hoida;
- 3) Hoidmistingimused on piiratud, aku ei talu läbikülmumist ja kehva laadimistsükli;
- 4) Aku ei anna projektis erilist lisandväärtust, masina tööaeg on selleks liiga lühike;
- 5) Vajab teatud aja järel akupatarei vahetust.

Aku eelis hüdrojagami eest tuleks esile juhul kui seade asetada näiteks ATV külge, millel puudub hüdrosüsteem.

Käsitsi juhtimine läbi kangide ei ole antud projekti raames mõistlik ega lihtne ning välistatakse selle tõttu.

### **5.3 Hindamise kokkuvõte**

Kokkuvõttes näeb konstruktsioon ja sõlmede valik välja selline:

- 1) Väiketraktori taga rippes olev mehaaniline vaarikavarte lõikur, mille asendit traktoril reguleerib traktori rippüsteem;
- 2) Õla kõrgust koos lõikepeaga reguleeritakse käsitsi;
- 3) Lõikemehhanism on sarnane hekilõikuri lõikeosaga- vastastikku liikuvad lõiketerad;
- 4) Lõikepea täppisreguleerimine (maapinna ebatasasusest tingituna +/- 150 mm) traktori rippüsteemiga;
- 5) Lõikepead käitab hüdmootor, mille kiirust saab vajadusel väga lihtsalt reguleerida;
- 6) Toetuspostidest möödapööramine 90° võrra toimub nurga alla asetatud hüdrocilindriga.

Seadmeh on seega kokku 2 hüdrauliliselt liikuvat sõlme.

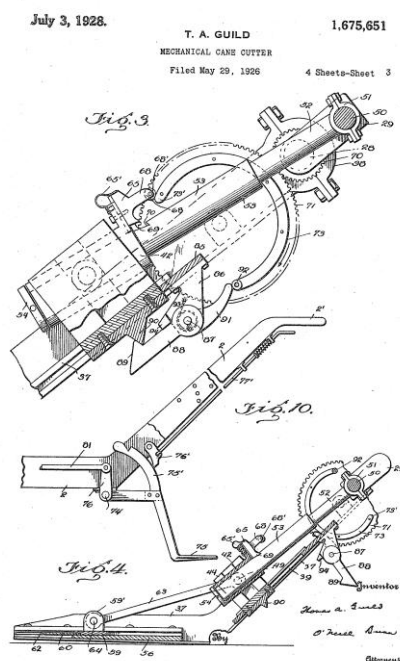


## 6 PATENDIUURING

Leidmaks olemasolevaid patenteeritud lahendusi viidi läbi patendiuuring. Kasutati andmebaase Google Patents[10] ja Eesti Patendiamet[11]. Otsingusõnadeks: lõikur, varre lõikaja mehhaaniline varte lõikur, varte lõikur, mechanical cane cutting, raspberry root cutter.

Eesti Patendiameti otsingumootor vasteid ei andnud ja siinmail antud valdkonnas patente registreeritud ei ole.

Google Patents leidis mitu vastet. Üheks näiteks on 1928 aastal USA-s patenteeritud US1675651 A, Mechanical cane cutter[12]. Tegemist on ratastel liikuva konstruktsiooniga, mis on mõeldud suhkruroo varte lõikamiseks. Patent on võetud mitmetele komponentidele, siinkohal tuuakse välja lõikepea käitamine, mis toimub sarnaselt käesoleva magistritöö raames käsitletava, ekstsentriluga tera liigutamine edasi- tagasi suunas.

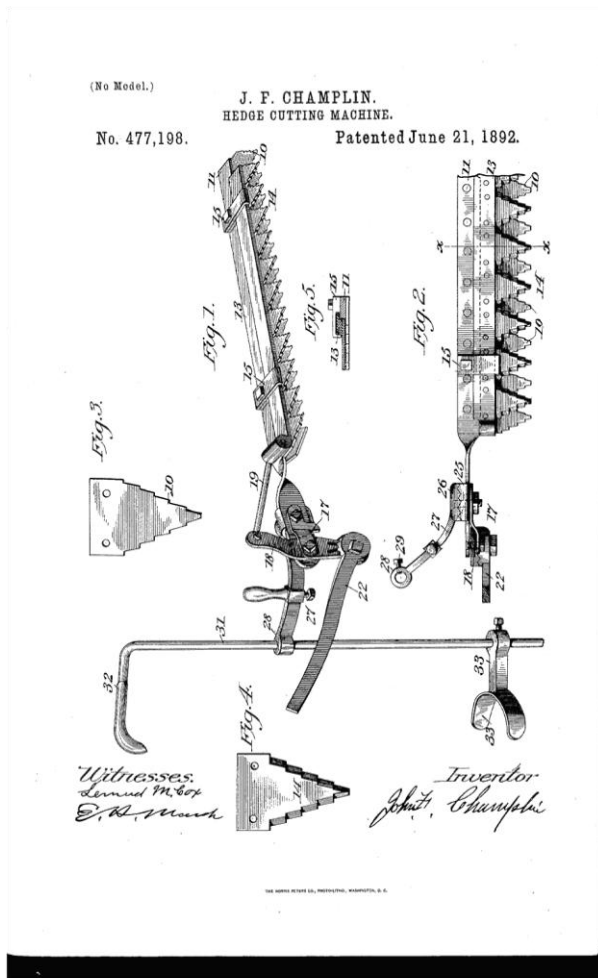


### Sele 6-1 US1675651 A, Mechanical cane cutter[12]

Patente on võetud lõiketera tüübile. Näiteks 1892 Hedge-cutting machine patent US 477198 A [13] Tegemist on mehaanilise hekilõikuriga, mille lõiketera töötab

samal põhimõttel nagu käesolevas magistritöös olev. Ent patenteeritud tera lõikab ainult ühelt poolt.

Mõlemalt poolt lõikab Motorised self-loosening cutting device, particularly for hedge-cutting EP 2198690 B1 [14], patent aastast 2013. Sellel lõikuril on väga hästi läbi mõeldud tera käitamine hammasratastega, nähtav sele 6-3. Hammasratasülekanne on kokku ehitatud ekstsentriluga, mis liigutab tera. See teeb mehhanismi kompaktsesks , lihtsaks ja töökindlaks.



Sele 6-2 Hedge-cutting machine US 477198 A [13]

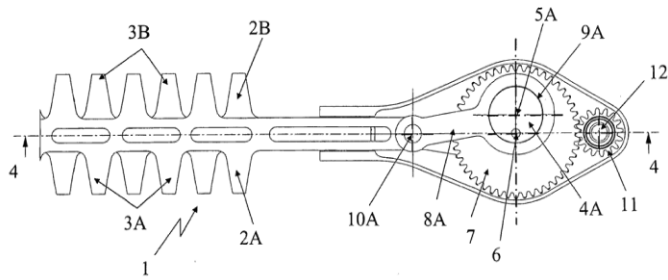


Fig 4

**Sele 6-3 Motorised self-loosening cutting device, particularly for hedge-cutting  
EP 2198690 B1 [14]**

## 7 KONKURENTSIUURING

### 7.1 Eesti tootjate pakutavad lahendused

Eesti põllumajandusmasinate tootjatel on tootevalikus hulgaliselt erinevaid hooldusniidukeid. Enamik nendest on ettenähtud maastiku hooldustöödeks. Ükski neist ei ole nii spetsiifiline ja olemuselt lihtne, ent oma tööll äärmiselt vajalik. Vaatame siinkohal üle kohalike tootjate samalaadsed tooted ja hindame nende võimalikku kasutamist vaarikavarte lõikamiseks.

OÜ SAMI toodab rootorniidukit SAMI LN-185[15],

Niiduki SAMI LN-185 tehnilised andmed:

- Töölaius 185 cm
- Seadme mass 290 kg
- Rootorite arv 4
- Lõiketerade arv 12, lõiketerad kahepoolsed
- Töökiirus 12-18 km/h

AS SAMI valmistatud rootorniiduk on äärmiselt universaalne ja vahelduval maastikul kasutatav hooldusniiduk. Sobib ka väiksemate traktorite haakesse. Vaarikavarte lõikamiseks seade ei sobi alljärgnevatel põhjustel:

- Seade on liialt suur ja kohmakas vaarikavagude vahel täppislõikamiseks.
- Puudub lõikeosa pööramise võimalus, et toetuspostidest mööda minna.
- Rootorlõikepead pole sobivaim lahendus vaarikavarte täpseks ja puhtaks lõikeks.



Sele 7-1 SAMI LN-185[15]

OÜ Estrel on tootevalikus 2 erineva lõikevõimsusega hooldusniidukit, mis väiketraktori haakesse ei sobi. Vaarikaistanduses neid varte lõikuritena kasutada ei saa.

OÜ SAME toodab päris mitut erinevat niidukeid. Antud projekti raames kõige sarnasem toode on hüdrauliline kett- võsaniiduk MH-125 [16]. Ent lõikeorganiks on ketid, mis välistavad selle seadme kasutamise taimevarte lõikurina.

Kodumaiste põllumajandusmasinate valmistajate tootevalikut uurides selgub, et hetkel ettenähtud töö jaoks sobiv seade puudub. Osalt tingib seda kindlasti ka vaarika ja sarnaste taimede väikene kasvupind Eestis.

## 7.2 Välismaised tootjad

Euroopa tootjate kataloogidest võime leida antud töö jaoks sobivad põllumajandusmasinaid, analüüsime järgnevalt kahte neist ning hindame sobivust vaarikavarte lõikamiseks.

Esimene on Bomford Turner Limitedi poolt valmistatav MicroKlippa [17] Tegemist on Inglise ettevõttega, mis valmistab erinevaid põllumajandusmasinate seadmeid. MicroKlippa on üsna sarnane oma lahendustelt antud projektis valmiva seadmega. Põhiline erinevus seisneb haaratsis. Ta on ehitatud nii, et lõikeseade on asetatud haaratsi otsa- inglise keeles ” arm mower” See muudab selle seadme väga universaalseks. Kogu seade töötab hüdraulika pealt.

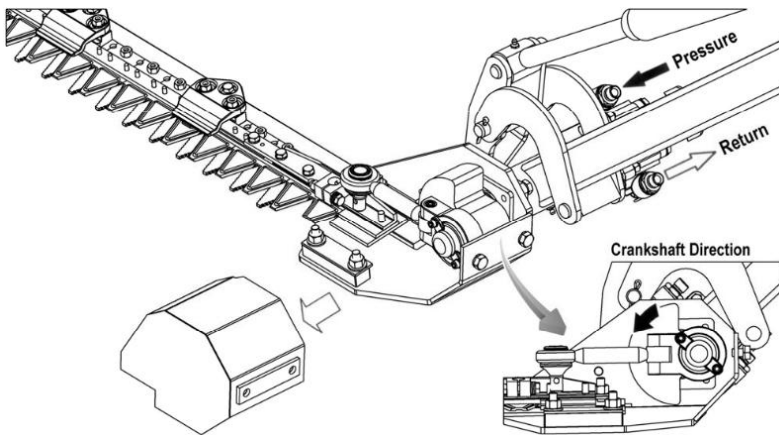
MicroKlippa tehnilised näitajad:

- Haaratsi maksimaalne ulatus 3,2m
- Mass 180 kg
- Category I kolmpunkt kinnitus
- Hüdraulika töö rõhk 110-210 bar, töötab hüdropumba pealt, mida käitab traktori jõuväljavõtu võll
- Lõikelaius 148 cm
- Vastastikku liikuvad lõiketerad

MicroKlippa on kaalumist vääriv alternatiiv vaarikavarte lõikamiseks. Antud parameetreid arvesse võttes ei tohiks seadmel olla takistusi ettenähtud tööks.



**Sele 7-2 MicroKlippa[17]**



**Sele 7-3 MicroClippa lõikepea konstruktsioon**

Teine lõikeseade, mida lähemalt uurime, on BERTI MACCHINE AGRICOLE S.p.A poolt toodetav FB/X [18] Tegemist on hüdraulilise hekilõikuriga, mida kasutatakse väiketraktori haakes. Toodetud Itaalias enam kui 40 aastase kogemusega põllumajandusmasinate valmistaja poolt. Nende tootevalikusse kuulub üle 250 erineva mudeli põllumajandustehnikat.

FB/X tehnilised andmed:

- Maksimaalne haaratsi ulatus 3,5m
- Mass 235 kg
- Vastastikku liikuvad lõiketerad
- Hüdraulika abil käitav
- Lõiketera laius 130 cm
- Erinevate lõikepeade kasutamise võimalus.



Sele 7-4 MACCHINE AGRICOLE S.p.A niiduk FB/X[18]

FB/X on samalaadne toode MicroKlippale ja neid võib nimetada konkureerivateks seadmeteks. Mõlemad lõikurid sobivad vaarikavarte lõikamiseks ilma kohendamiseta.

### 7.3 Seadmete võrdlemine

Seadmete võrdlemiseks koostan tabeli. Projekteeritava seadme tehnilised andmed ja näitajad on hinnangulised ning arvestatud asjaolude ja tingimustega, mida on vaja saavutada.

Tabel 7-1 Toodete koondandmed

Parameeter	SAMI LN-185	BOMFORD MICROKLIPPA	BERTI MACCHINE AGRICOLE FB/X	Projekteeritav seade- Mehaaniline varrelõikur
Lõikeorgan	Rooror	Vastastikku liikuvad terad	Vastastikku liikuvad terad	Vastastikku liikuvad terad
Portatiivsus	Haakes	Haakes	Haakes	Haakes
Põikamine umber toetuspostide	Võimalus standardis puudub	Hüdraulilise haaratsiga	Hüdraulilise haaratsiga	Hüdrotsilindriga
Käitamine	Mehaaniliselt veovõlliga	Hüdraulika läbi portatiivse pumba	Hüdraulika läbi portatiivse pumba	Hüdraulika traktorilt
Lisavarustus	Olemas	Olemas	Olemas	Puudub
Operaatorite arv	1	1	1	1

Võrreldes teiste toodetega on projekteeritav seade lõikeosalt sarnane MicroKlippa ja FB/X-ga, Erinevus tuleb ülejäänud konstruktsioonis. Projekteeritaval seadmel puudub hüdrauliliselt

reguleeritav haarats, ta on oma konstruktsioonilt ja olemuselt lihtsam, vähem töömahukas, spetsiifilisem ja odavam. Ta on väiketootjatele, keda Baltikumis on valdav osa, soodsam soetada ja selle ülalpidamiskulud on väiksemad. Ent samas on alati võimalus seadmele lisavarustust disainida ja uusi otstarbeid leida, kui selleks vajadus peaks tekkima. See on konstrueeritava vaarikavarte lõikuri suurim eelis ning toote projekteerimine on õigustatud.

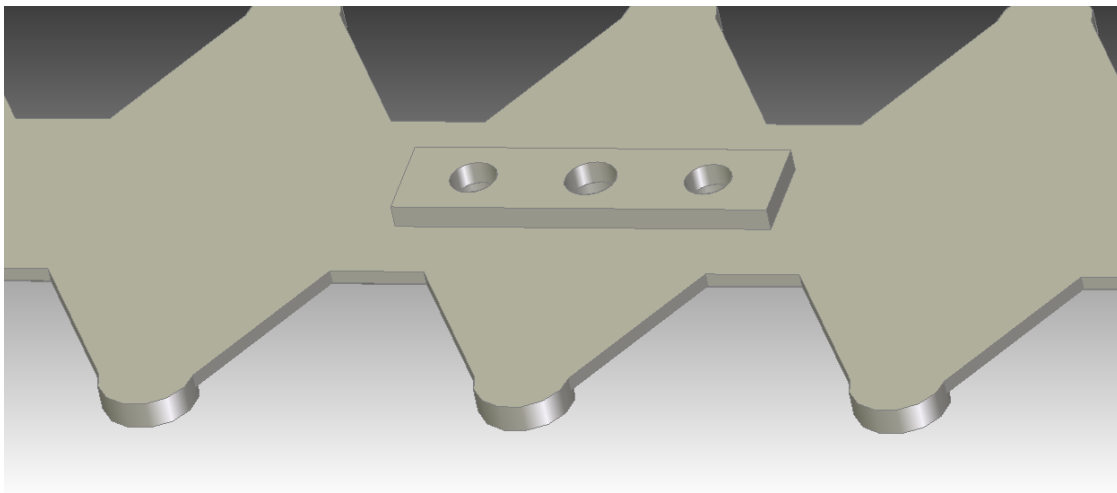


## 8 PROJEKTEERIMINE

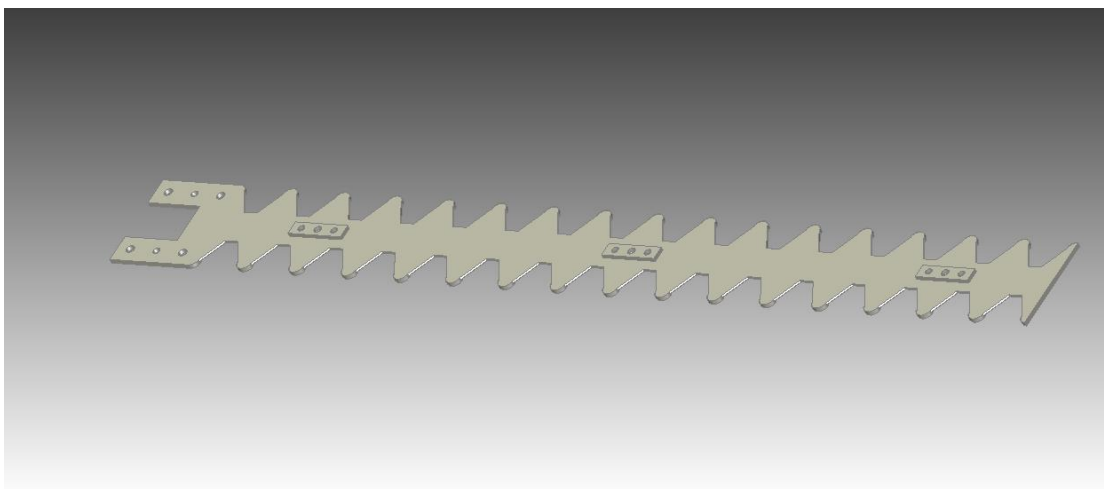
### 8.1 Lõiketera disain ja materjali valik

Lõikemehhanism on selle seadme ja projekti üks tähtsamaid osi. Lõiketerade ehitusest ja toimimisest sõltub masina efektiivsus.

Lõikeorgan koosneb kahest terast. Alumine seisab paigal ja ülemine liigub horisontaalis edasi- tagasi. Tera kogupikkus on 700 mm ja lõikeosa pikkus on 640 mm. Mõlemal pool lõikemehhanismi on 16 lõikehammast, kokku hambaid 32, maksimaalne liikumine hamba suhtes 30 mm, ehk ühtlasi on see maksimaalne lõigatav oksajämedus. Lõiketerad on 30° kraadise nurga all. Paigalseisva alumise osa lõikehamba otsad on kujundatud ümaramaks. See muudab oksa haaramise järel selle stabiilse hoidmise lõikehambas.



Sele 8-1 Lõikehamba kuju

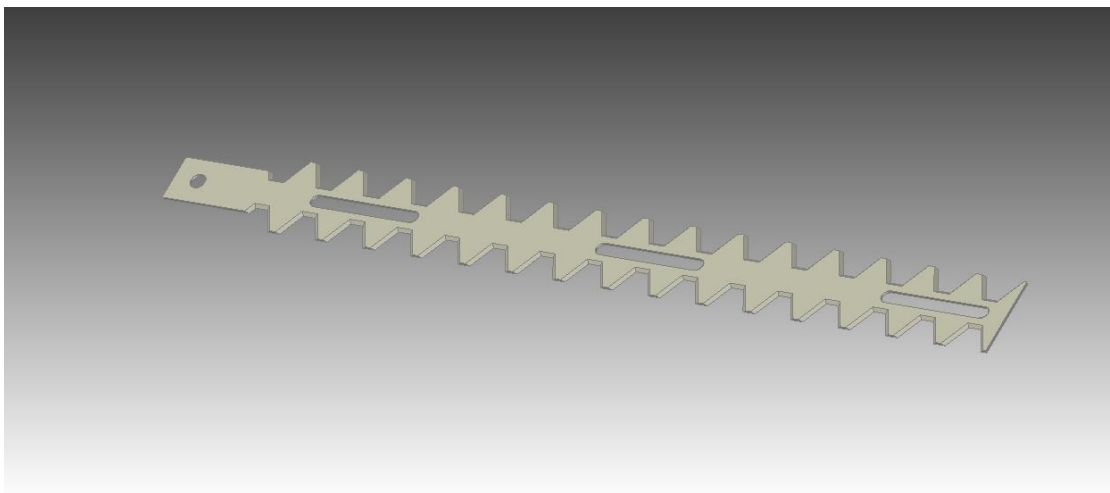


Sele 8-2 Lõiketera alumine liikumatu osa koos juhtflantsidega.

Liikumatu osale on asetatud juhtflantsid, mis juhivad liikuvat tera, nad on 0.02 mm paksemad, kui lõiketera, et tagada vaba liikumine. Liikuvatel teradel on freesitud juhtsiinid, milles laiuselt 0.02 mm õhemad flantsid töötavad määrde sees. Määrdeks kasutatakse näiteks Shell Gadus S2 V220. Sinna sobiv määrde peab olema suurtele koormustele mõeldud multifunktsionaalne määrde, mis talub temperatuuri kõikumisi ja on korrosioonivastane. Flantsid pannakse paika tihvtidega ja keskelt iga flants ühe poldiga (kokku 3), mis samal ajal hoiab paigal lõiketera ja pealmist katteliistu. Tehnoloogia flantside täpseks paigaldamiseks ühele joonele: juhtpinna abil ühele sirgjoonele paika, ajutiselt kinnitada, seejärel puurida avad kahest detailist korraga läbi, tihvtid paigaldatakse pinguga. Sellega väldime hilisemat tera külgsuunalist nihkumist töö ajal. Tera vahetuse muudab see kiireks, lihtsaks ja täpseks.

Tera materjaliks valisime SSAB kõrgkvaliteetset terase Hardox 400 (kõvadus  $\approx 42$  HRC) [30]. Tegemist on kulumiskindla, tugeva ja termotöödeldava terasega. Pärast väljalõikamist järgneb lõiketerale termotöötlus: pindkarastamine. Pindkarastamist kasutatakse selleks, et anda detaili pinnakihi suurele kõvadusele, mis annab suure kulumiskindluse; samal ajal säilib siiski südamik, mis ühtlasi tagab detaili vastupanu dünaamilisele koormusele.

Lõiketerad on teraslehest laserpingis välja lõigatud. Liikuva ülemine osa hambad on horisontaalpinna suhtes lihvitud  $35^\circ$  kraadise nurga alla. See peab tagama võimalikult puhta ja kiire lõike. Lõiketerad teritatakse lihvimisega.

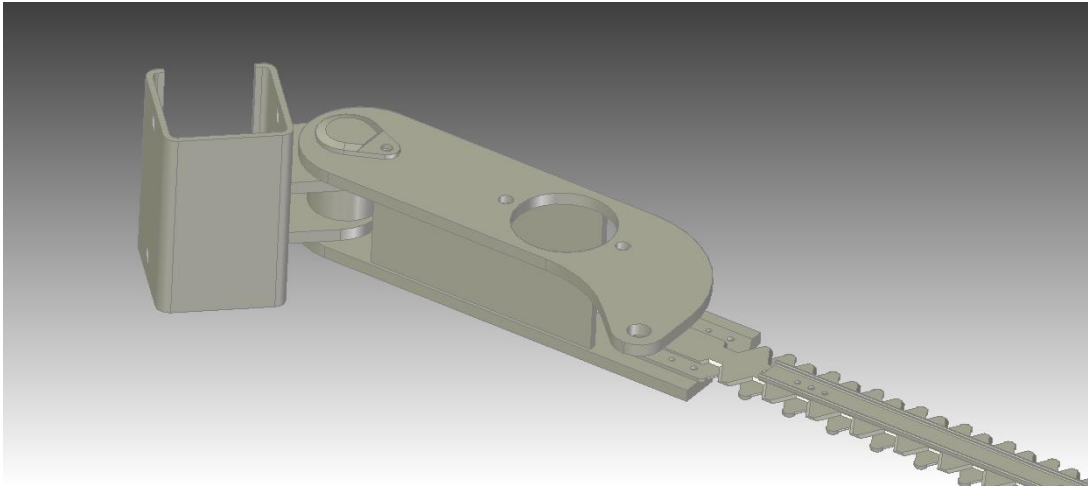


Sele 8-3 Lõiketera liikuv osa koos juhtsiinidega

## 8.2 Pööratav lõikeõlg ja alusraam

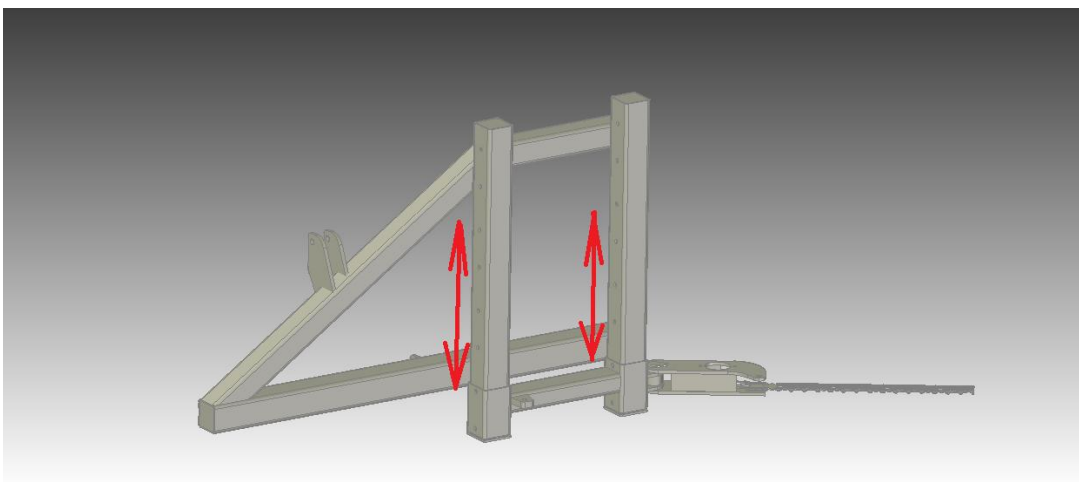
### 8.2.1 Pööratava lõikemehhanismi kinnitus raamile

Alusraami külge kinnitub pööratav lõikemehhanism, mida siinkohal nimetame tinglikult lõikeõlaks.



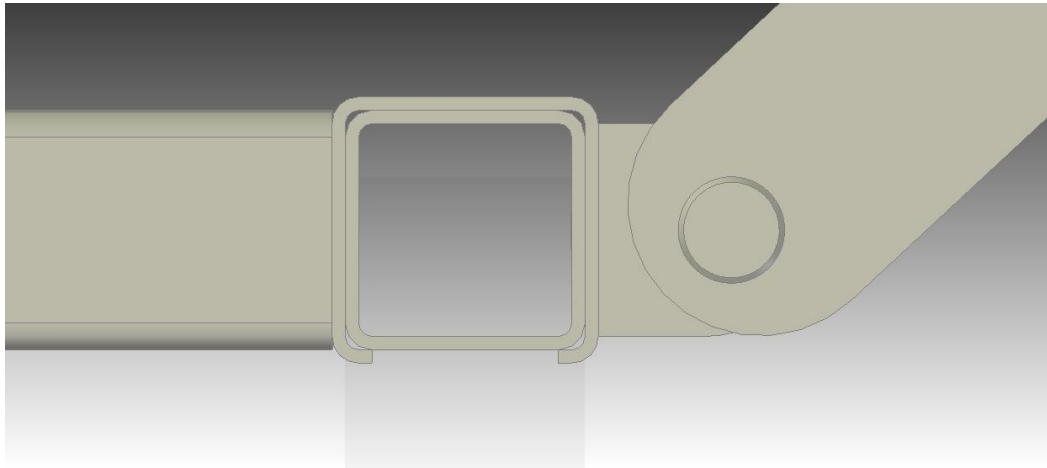
**Sele 8-4 lõikeõlg**

Lõikeõla kinnitamiseks on raami küljes vertikaalsuunas liigutatav tugi, millel samaaegselt on küljes ka hüdrotsilindri kinnituskõrv. Tinglikult nimetame seda kelguks. Kelk liigub kahe vertikaalse toru peal. Liikumissuund on näha sele 8-5. Lõikeseadme kõrguse võimalusi on kokku 4, kahe lõikekõrguse vahe on 140 mm. Kinnituseks on ette nähtud 4 erinevat kõrgust. Selleks on raami sisse puuritud kinnitusavad. Sobiva vertikaalse kõrguse tagavad kinnituspoldid, mis asuvad mõlemas vertikaaltorus. Kinnitamata asendis allakukkumise vältimiseks alla keevitatud plaadid, mis toimivad piirajatena ja samas ei lase mullal ja mustusel torusse tungida. Plaatides on keskel avad, mis lasevad vihmaveel välja voolata. Lõikeseade koos kelguga on võimalik vajadusel raamist välja tõsta.



**Sele 8-5 Lõikeõla liikumine koos kinnitustoega vertikaalis**

Kelk projekteeritakse nelinurksete ristlõigetega torudest. Konstruktsioon on valitud lihtsama ehituse ja hea materjali kättesaadavuse pärast. Torudena kasutame sellise mõõduga torusid, et nad liiguvad üksteise sees. Välimisteks kasutame torusid mõõduga 100x100x4 mm, ning sees kasutame torusid mõõtudega 90x90 mm seinapaksusega 5 mm. Välimistel torudel on osa tagaseinast ära lõigatud, et ta saaks vertikaalis liikuda mööda torusid hoidvatest distantsplaatidest.



**Sele 8-6 Torude paiknemine reguleeritava kõrgusega mehhanismis pealtvaates**

Materjal mõlemal S355 EN 10204/2,2 Materjal on valitud masinaehituslikust aspektist ja tugevustingimustest. Samas on see hästi töödeldav ja hea kättesaadavusega. Arvestatud on materjali tugevustingimusi, et vältida juhtu kui näiteks niiduorganiga kergelt vastu toetusposti sõites väänataks välja lõikeseadme raam.

Nelikant torudest valmistatud kinnitustoe külge on keevitatud lehtmaterjalist lõigatud kõrvad. Kõrvade vahele on keevitatud puks, millest hiljem asetatakse läbi lukustussõrm. Selle sõrmega on tagatud pöörlev kinnitus lõikeõlale. Kõrvade vahele keevitatud puksi sisse on asetatud radikaal-tugi-liugelaagrid. Põhjus, miks antud konstruktsioonis on kasutusel liugelaagrid ja mitte kuul- või rullaager on, et selles punktis ei ole suuri koormusi ning pidevat liikumist. Üksteise suhtes liikuvate detailide arv on väike ja sobib konstruktsioonilt täpseks liikumiseks. Liugelaagrit ära jätta ei saa, esiteks selleks, et selles sõlmes on pöörlev liikumine, ning teiseks seal on korrosiooni ja kinnikiilumise vastu tarvis kasutada erinevaid materjale. Liugelaagri materjali valimiseks on tarvis teha väsimus ja tsüklilise koormuse arvutus[25]. Maksimaalne jõud mis mõjub puksile töötamise ajal on hüdrocilindri poolt arendatav jõud (65° nurga all) agregadi õlale.  $F = 2400N$

Pöörete arv puksil on hinnanguline. Puks teeb tööd iga kord kui seda pööratakse mööda toetuspostidest. Liikumiskiirusel 3 km tunnis tehakse umbes 20 pööret minutis.  $N = 20$  p/min

Puksi mõõdud on järgnevad;

$$L = 56 \text{ mm}$$

$$D = 45 \text{ mm}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

kus,  $L$  – puksi pikkus,  $D$  – puksi välisläbimõõt,  $d$  – puksi siseläbimõõt.

$$\text{Muljumispinge on: } \sigma_c = \frac{3 \times F}{2 \times \pi \times a^2} \times l \quad (8.1)$$

$$\text{Arvutuslik õlapikkus: } l = \frac{D - d}{2} = \frac{45 - 40}{2} = 2,5 \text{ mm} \quad (8.2)$$

$$\text{Arvutuslik õlapikkus: } a = \frac{L}{2} = \frac{56}{2} = 28 \text{ mm} \quad (8.3)$$

$$\text{Muljumispinge on: } \sigma_c = \frac{3 \times 2400}{2 \times \pi \times 28^2} \times 2,5 = 3,66 \text{ MPa} \quad (8.4)$$

$$\text{Materjali voolavuspiir: } R_{p0,2} \geq \sigma_c \quad (8.5)$$

$$\text{Väsimustugevus: } \sigma_{-1} = R_{p0,2} \times \sum D \quad (8.6)$$

Kahjustuste akumulatsioonistegur 10 aasta peale, et töötab 8 tundi päevas ja umbes 20 päeva aastas:

$$\sum D = \frac{n}{N_f} = \frac{20 \times 60 \times 8 \times 20 \times 10}{10^7} = 0,192 \quad (8.7)$$

Siit vajalik väsimustugevus,

$$\sigma_{-1} = R_{p0,2} \times \sum D = 3,66 \times 0,192 = 0,70 \text{ MPa} \quad (8.8)$$

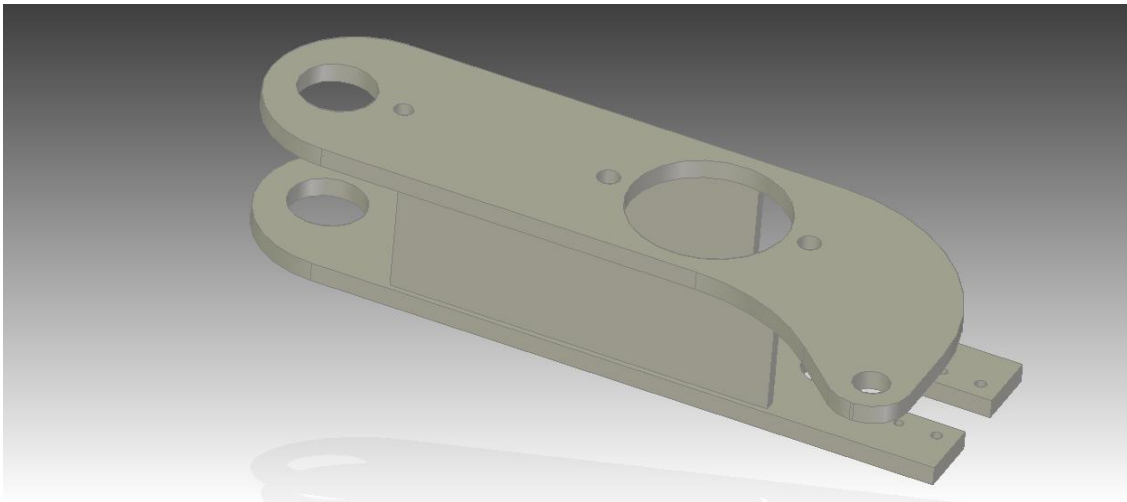
Korrutame lisaks läbi varuteguriga, siis saame

$$[\sigma_{-1}] = \sigma_{-1} \times 1,3 = 0,70 \times 1,3 = 0,91 \text{ MPa} \quad (8.9)$$

Seega puksi valmistamiseks valime vasesulami CuSn8Pb2-C[24]. Liugelaager on määrítav, soovítav kasutada náiteks Shell Gadus S2 V220 universaalset ja hea vastupidavusega máaret. Máárimiseks on ette náhtud máardeníppel.

### 8.2.2 Pööratav löikemehhanism

Löikemehhanism ühendab endas löiketera, seda liikuma panevat hüdmootorit koos kepsuajamiga ja kogu löikeorganit 90° võrra pööravat hüdsilindrit koos kinnitusega. Hüdsilindri kinnitamise jaoks on raamis freesitud ava, kuhu istub mootori juhtflants. Lisaks tuleb vajadusel tasapinnalisust kontrollida ka mootori kinnitusplaadil ja vajadusel pind üle töödelda. See on vajalik, et oleks tagatud võimalikult täpsed ristseisud liikuvate osade suhtes ja et välistada igasugune vibratsioon.



**Sele 8-7 karpraam**

Koostu aluseks on karpraam. Raam on valmistatud metallplaatidest. Nad on omavahel 90 kraadise nurga all kokku keevitatud, moodustades nelinurkse karbi. Ülemine ja alumine plaat on 10 mm teraslehest ja küljed 6mm teraslehest. Materjal S355 EN 10204/2,2 Kuju on valitud selline, kuna see kaitseb löikemehhanismi võimalike vigastuste eest. Ja muudab seadme töötamisel ajal ohutumaks (kiiresti pöörlevad osad on varjatud). Raamis sees paikneb hüdmootori võlli otsas istuv kepsajam löikelehe liigutamiseks. Võlli ja puksi hoiab omavahel paigal liist. Liistu valikuks peame tegema arvutuse.

Valime liistu veetava kepsuratta ja hüdro mootori veovõlli ühendamiseks. Võllile mõjuv pöördemoment  $M = 32,1 \text{ Nm}$ . Võlli läbimõõt  $d_v = 25 \text{ mm}$ . Võlli ja kepsuratta ühenduspikkus (kepsuratta laius)  $l_v = 40 \text{ mm}$ .

Lähtudes võlli läbimõõdust  $d_v = 25 \text{ mm}$ , siis

liistu laius  $b_l = 8 \text{ mm}$ ,

liistu kõrgus  $h_l = 6 \text{ mm}$ ,

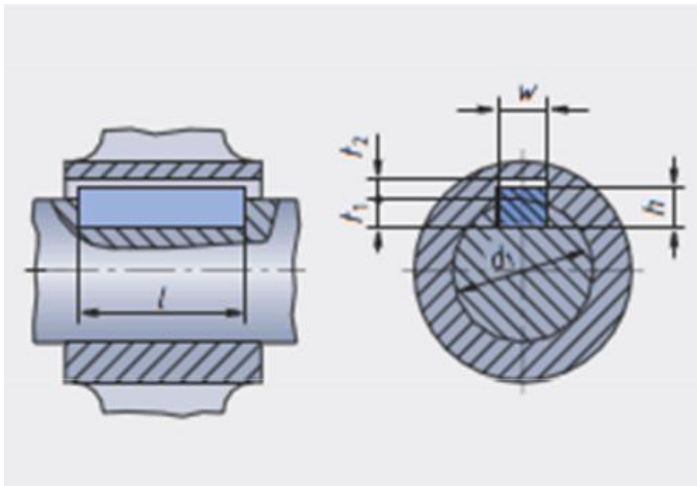
võllis oleva süvise sügavus  $t_1 = 3,5 \text{ mm}$ ,

kepsurattas oleva süvise sügavus  $t_2 = 2,8 \text{ mm}$

ning siit liistu pikkus

$$l_l \approx l_v - (5 \dots 10) = 40 - (5 \dots 10) = 30 - 35, \text{ mm} \quad (8.10)$$

Vastavast käsiraamatust valime liistu pikkuseks  $l_l = 30 \text{ mm}$ . Arvutustes kasutatav liistu pikkus on 24 mm, kuna liistu kumerad otsad ei tööta kaasa. [24]



Sele 8-8 Prismaliistuga liide

Leiame muljumispinge  $\sigma_c$

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{d_v \cdot (h_l - t_1) \cdot (l_l - b_l)} = \frac{2 \cdot 32,1}{0,025 \cdot (0,006 - 0,0035) \cdot (0,024 - 0,008)} = 64,2 \text{ MPa}$$

$$< [\sigma]_c \approx 100, \text{ MPa} \quad (8.11)$$

Liistu materjaliks on teras C45E (voolavuspiir  $R_{eH} = 430$  MPa ja tõmbetugevus  $R_m = 650$  MPa). Lubatav muljumispinge  $[\sigma]_c = 100$  MPa.

Arvutustulemustest lähtub, et valitud liist rahuldab tugevustingimust. Kontrollime liistu tugevust lõikele, selleks leiame  $\tau$

$$\tau = \frac{2 \cdot M}{d_v \cdot b_l (l_l - b_l)} = \frac{2 \cdot 32,1}{0,025 \cdot 0,008 \cdot (0,024 - 0,008)} \approx 20 \text{ MPa} < \text{Lubatud } 100 \text{ MPa}$$

$$[\tau] \approx 0,8 \cdot \frac{R_{eH}}{S} = 0,8 \cdot \frac{430}{1,5} = 229,3 \text{ MPa} \quad (8.12)$$

kus  $S$  on varutegur ning see on valitud 1,5.

Rahuldatud on ka tugevustingimus lõikele, seega valime liistu mille laius  $b_l = 8$  mm, liistu kõrgus  $h_l = 6$  mm ning pikkus on  $l_l = 30$  mm. Materjaliks on teras C45E.

Hüdro mootori käitatav keps on juhtpuksiga. Juhtpuks töötab välistemperatuuridel 0-35°C. Samas tuleb arvestada töötemperatuuridega 50° kuni 60 °C (hõõrdumine tera liikumisel!). Olenemata õlitusest peab uksi pind olema kõva ning mehaaniliselt kulumiskindel, sest pindade vahel on intensiivne hõõrdumine. Samuti võivad pinnale sattuda abrasiiv-, mulla- ja muud lendlevad osakesed (nt. kulumisel eralduvad metalliosakesed). Tagatud peab olema tugevus muljumisele. Puksi arvutuskäik on sarnane punktis 8.2.1 tehtud arvutusega pööratavale lõikeorgani õla puksile.

Mehaanilised nõuded:

- Väsimuskindlus (tsüklilised koormused);
- Kulumiskindlus.

Puksi materjali valimiseks on vajalik teha arvutused, nende jaoks on vaja panna paika tingimused. Antud puksile seatud parameetrid on järgmised:

$$\text{Mõjuv jõud puksile töötamise ajal [24]} \quad M = F \times l, \text{ kus} \quad (8.13)$$



F- jõud, M-moment  $M=32,1$  Nm, l-õla pikkus  $l=0,02$ m

$$F = \frac{M}{l} = \frac{32,1}{0,02} = 1605N \quad (8.14)$$

Pöörete arv puksil. Puks teeb ühe mootori võlli pöörde ajal 2 täispööret , ehk  $N= 500$  p/min

$L= 12,5$  mm

$D= 16$  mm

$d = 14$  mm

$L$  – pikkus,  $D$  – välisläbimõõt,  $d$  – siseläbimõõt.

$$\text{Muljumispinge on: } \sigma_c = \frac{3 \times F}{2 \times \pi \times a^2} \times l \quad (8.15)$$

$$\text{Arvutuslik õlapikkus: } l = \frac{D - d}{2} \quad (8.16)$$

$$\text{Arvutuslik õlapikkus: } a = \frac{L}{2} \quad (8.17)$$

$$\text{Muljumispinge on: } \sigma_c = \frac{3 \times 1605}{2 \times \pi \times 6,25^2} \times 1 = 19,65 \text{MPa} \quad (8.18)$$

$$\text{Materjali voolavuspiir: } R_{p0,2} \geq \sigma_c \quad (8.19)$$

$$\text{Väsimustugevus: } \sigma_{-1} = R_{p0,2} \times \sum D \quad (8.20)$$

Kahjustuste akumulatsioonistegur 10 aasta peale arvestusega, et töötab 500 pöördega minutis, 8 tundi päevas ja umbes 20 päeva aastas:

$$\sum D = \frac{n}{N_f} = \frac{500 \times 60 \times 8 \times 20 \times 10}{10^7} = 4,8 \quad (8.21)$$

Siit vajalik väsimustugevus,

$$\sigma_{-1} = R_{p0,2} \times \sum D = 19,65 \times 4,8 = 94,337 \text{MPa} \quad (8.22)$$

Korrutame lisaks läbi varuteguriga, siis saame

$$[\sigma_{-1}] = \sigma_{-1} \times 1,3 = 94,33 \times 1,3 = 122,64 \text{ MPa} \quad (8.23)$$

Valime vasesulami, sest see on heade antifriksiooniliste-, liuge-, vertikaal ning horisontaallöögitaluvuse omadustega. Mõõduka hinnaga ja laialt levinud. [24]

Valime: vasesulam (CuZn31Si1 CC70R)

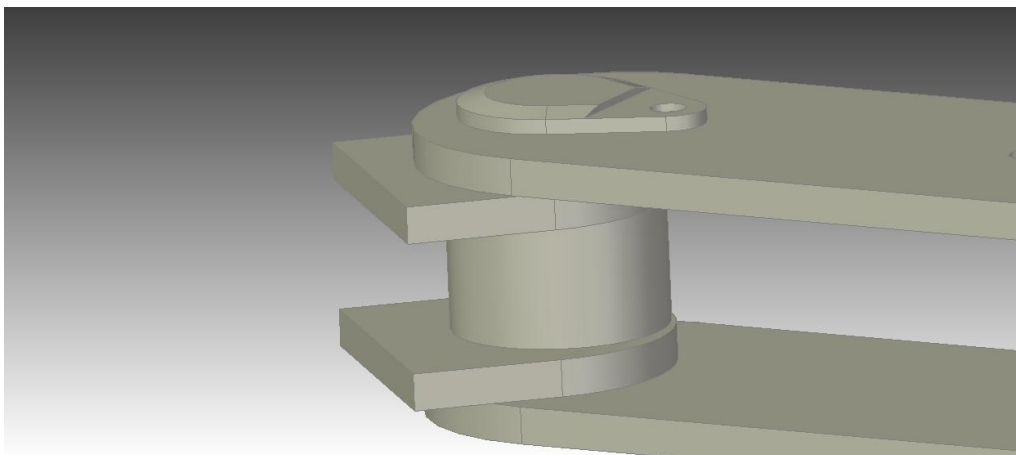
Tinglik voolepiir:  $R_{p0,2} = 250 \text{ N/mm}^2$

Samast materjalist valmistame ka kepsu teise otsa puksi, mis töötab koos liikuva lõiketeraga. Tera ja keps on ühendatud poldiga, mille koormatud ristlõige ei või tera kinnijäämisel nihkuda.

Raami peal on freesitud avad hüdro mootori kinnitamiseks. Hüdro mootori kinnituspinna tasapind on üle töödeldud freespingis, et tagada võimalikult täpne ja kindel mootori paigal püsimine. Kinnituspoltidel on lisaks kasutatud keermetihendina lukustusliimi Loctite 243. All karbis olevad tehnilised avad kepsu kinnitamiseks on kaetud kaanega, mis asetuvad paigale väikeste poltidega.

Karpraami külge kinnitub ühest otsast lõikelehe alumine osa ja teises otsas on avaga kõrvad, kuhu istub lukustussõrm, mis loob omavahel horisontaalsuunas pöörleva ühenduse lõikemehhanismi ja raami küljes oleva toe vahel. Pöördenurk on piiratud hüdro silindri liikumisega. Paigal seisev alumine lõikeseadme leht on kinnitatud nelja poldi ja mutriga, mutri vibratsiooni mõjul lahtipõrumise vältimiseks on all lisaks lehtseibile ka rip-lock seib.

Lukustussõrm istub kõrvades pinguga ja lisaks on paigaldatud stopperpolt sõrme peale, et vältida sõrme pöörlemist ja vertikaalsuunalist liikumist.

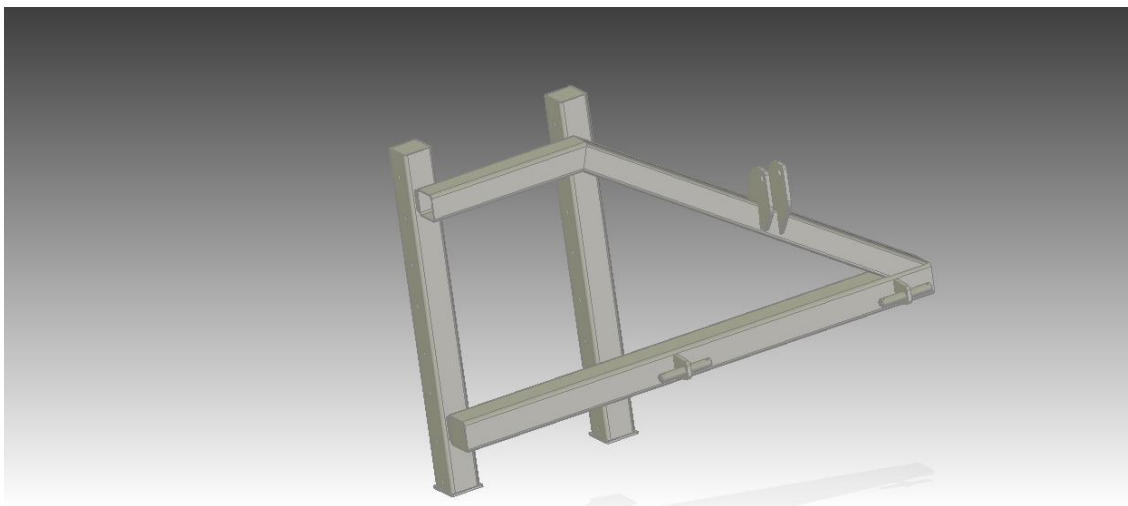


Sele 8-9 Lukustussõrm õlgade vahel kinnitatuna

## 8.2.2 Alusraam ja kinnitus traktorile

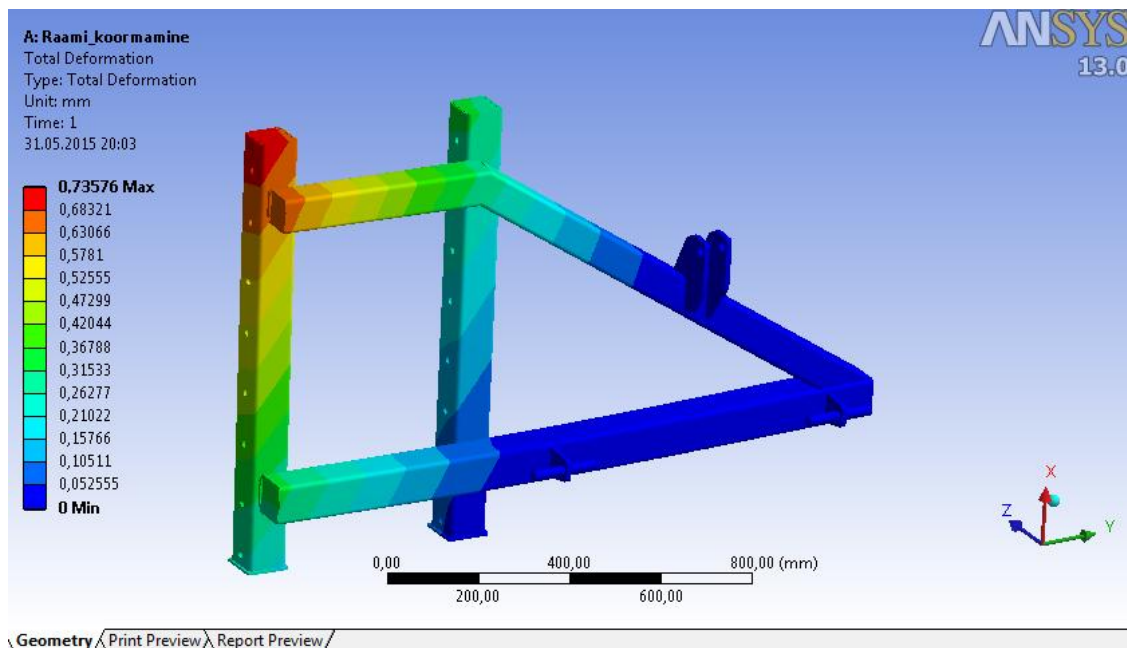
Alusraam ühendab traktorit ja lõikeorganit. Kõik lõikeseadme osad on erinevate sõlmede kaudu ühendatud raami külge. Raami jäikusest sõltub kui stabiilne on kogu seade lõikamise ajal. Raamile on keevitatud 15 mm paksusest S355 JR EN 10204/2,2 teraslehest lõigatud aasad. Ülemistel aasadel on avad, mille vahele kinnitub ülemine traktori poolne hoideõlg. Alumiste aasade külge on mõlemale poole keevitatud sõrmed. Aasadega ühendatakse raam traktori rippüsteemi haakesse. Kinnitused ja raami põhiosa on näha sele 8-10

Lisaks käsitsi seatavale lõikeorgani kõrgusele, saab kogu seadme kõrgust reguleerida ka traktori rippüsteemiga. Raam on kolmnurkse kujuga, ta on kokku keevitatud nelikant torudest mõõtudega 90x90x 5 mm. Otstes on olemas plaadid, mis sulgevad raami mulla ja sodi kogunemisele. Kõik detailid on valmistatud materjalist S355 JR EN 10204/2,2. Paremas küljes oleva raamitorud on vertikaalses asendis. Raami osad, mille külge kinnitub kelk koos lõikeagregaadiga on raamile keevitatud läbi 15mm distantsplaatide. Torude ristlõike suurused on valitud, et oleks hea ligipääs keevitamiseks ( keevitamist ei segaks torude ristlõikenurkades olevad raadiused) ning tagatud oleks piisav jäikus. Olemuselt on selle ehitus lihtne, mis teeb selle koostamise soodsaks ja valmistamise lihtsaks.



**Sele 8-10 raam ja kinnitused haakesse**

Et veenduda raami piisavas jäikuses ja valitud materjalide tugevuses tuleb raami koormata äärmisest vertikaalorst jõuga  $F = 800\text{N}$ . Selleks kasutame ANSYS 13.0 Workbench tarkvara. Saadud tulemused on näha sele 8-11. Maksimaalne deformatsioon kõige nõrgemas punktis on 0,7 mm. Kuna koormatud on tervet toru, aga takistuse korral langeb koormus ainult osale torust, siis tulemus rahuldab ette nähtud tingimusi.



Sele 8-11 Deformatsioonid raamis

## 8.3 Hüdrosüsteem ja selle komponendid

### 8.3.1 Hüdromootori valik

Hüdromootor koos löikemehhanismiga seadme olulisemad komponendid. Hüdromootori valik sõltub põhiliselt kahest parameetrist- süsteemirõhust ja löiketera liikumiskiirusest. Traktori peal asetseva hüdropumba poolt tekitatav süsteemirõhk on 160 bar, vooluhulk on 43,8 l/min. Löiketeral on 16 hammast, mis iga mootori täispöördel teevad 2 löiget- kokku 32 löiget ühe täispöördega. Arvestades seda, et tavaline hekilõikur teeb umbes 4100 löiget minutis [19], peab meie pidevas liikumises olev lõikur oma löigete arvu kahekordistama, ehk

$$4100 \times 2 = 8200 \text{ löiget minutis} \quad (8.24)$$

Et leida pöörete arv, mida hüdromootor peab arendama.

$$p = \frac{8200}{32} = 256,25 \text{ p/min} \quad (8.25)$$

kus,

p on vajalik pöörete arv hüdromootori võllil minutis

Kasutades neid andmeid, leiame Flowfit [20] online kataloogist sobivate parameetritega mootori. Sobivate parameetritega mootor on FFPM 160, mille tehnilised näitajad on järgmised:

- maksimaalsed mootori võlli arendatavad pöörded 380 p/min
- vooluhulk 155,5 ccm pöördele
- väändemoment maksimaalsetel pööretel 31 Nm
- maksimaalne arendatav võimsus võlli otsalt 10 Kw
- maksimaalne hüdroõli vooluhulk 60 l/min
- maksimaalne lubatud töö rõhk 175 bar
- voolikute ühendusotsikud ½
- mass 6,2 kg
- kinnitumine: otsaflants
- mõõdud: 207x105x100 mm

Vaadates hüdro mootori karakteristikatabelit (sele 8-12) , on näha, et töö rõhu 160 bar ja vooluhulga 45 l/min, arendab mootor 250 p/min ja väändemomenti 32,1 Nm. Seega peab valitud hüdro mootor igati sobima projekteeritavale seadmele ja käitama lõiketera etteantud pööretel.

FFPM 160 (157.2 cm<sup>3</sup>/U)

Druck / pressure (bar)

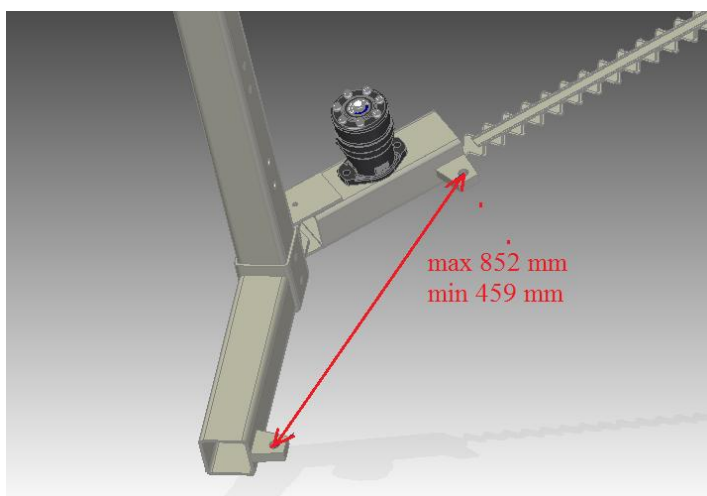
		Max. cont.						Max. int.		
		30	60	80	100	125	140	160	175	
Durchflussmenge / Oil flow (l/min)	8	6.2	12.0	17.0	21.2	26.3	29.0			daNm
		<b>49</b>	<b>48</b>	<b>46</b>	<b>42</b>	<b>26</b>	<b>14</b>			RPM
	15	6.0	12.2	17.2	21.5	26.4	29.4	34.0		
		<b>93</b>	<b>91</b>	<b>88</b>	<b>85</b>	<b>76</b>	<b>68</b>	<b>48</b>		
	20	5.7	12.0	17.0	21.4	26.2	29.0	34.0	37.1	
		<b>125</b>	<b>123</b>	<b>120</b>	<b>117</b>	<b>110</b>	<b>106</b>	<b>92</b>	<b>81</b>	
	30	5.3	11.5	16.4	20.6	25.9	28.8	33.5	36.8	
		<b>187</b>	<b>184</b>	<b>181</b>	<b>178</b>	<b>175</b>	<b>168</b>	<b>155</b>	<b>139</b>	
	35	4.9	11.0	16.0	20.2	25.5	28.4	32.8	36.2	
		<b>220</b>	<b>216</b>	<b>213</b>	<b>209</b>	<b>205</b>	<b>202</b>	<b>192</b>	<b>176</b>	
	45	4.4	10.2	15.4	19.6	24.8	27.8	32.1	35.8	
		<b>283</b>	<b>280</b>	<b>276</b>	<b>272</b>	<b>267</b>	<b>260</b>	<b>250</b>	<b>238</b>	
	55	4.0	9.9	14.8	19.1	24.3	27.2	31.6	35.1	
		<b>345</b>	<b>342</b>	<b>340</b>	<b>336</b>	<b>331</b>	<b>328</b>	<b>320</b>	<b>303</b>	
Max. cont.	60	3.3	9.4	14.4	18.8	23.6	26.7	30.8	34.5	
		<b>377</b>	<b>374</b>	<b>371</b>	<b>367</b>	<b>363</b>	<b>359</b>	<b>353</b>	<b>342</b>	
Max. int.	75	1.9	8.0	12.4	17.0	21.6	25.2	29.6	32.5	
		<b>473</b>	<b>469</b>	<b>465</b>	<b>459</b>	<b>453</b>	<b>447</b>	<b>440</b>	<b>424</b>	

Sele 8-12 Pumba FFPM 160 karakteristika[20]

### 8.3.2 Hüdrosilindri valik

Hüdrosilindri valikuks on vaja teada töökäigu pikkust ja jõudu, mida ta rakendama peab. Lõikepea traktori teljega risti asendis (90° nurga all) on kinnituste vaheline pikkus 852 mm ja kokkutõmmatud asendis, ehk paralleelselt vagudega on kinnituste vaheline pikkus 495 mm. Siit leiame töökäigu pikkuse:

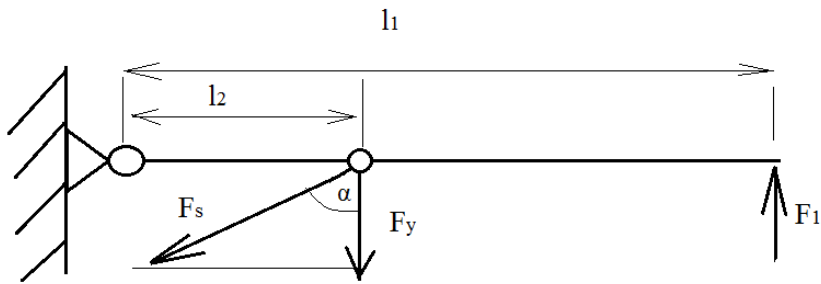
$$l = 852 - 495 = 357 \text{ mm}, \text{ kus } l - \text{töökäigu pikkus}$$



Sele 8-13 Kinnituste vahelised pikkused

Ehk silindri valimisel peab arvestama, et töökäigu pikkus on 350-360 mm. Kui ei leita täpselt vajaliku pikkusega hüdrosilindrit, tuleb vastavalt kolvikäigu pikkusele kinnitusi nihutada, või kolvivart pikendada. Oleneb kumb variant on koostamisel optimaalsem, sellest ka lähtutakse. Võimaluseks on tellida mõõtude järgi tehtud silinder. Arvestama peab sellega, et kui seade on väljapööratud lõikeasendis oleks ta võimalikult risti vaarikavaoga. See on vajalik, et saavutada maksimaalne lõikeulatus.

Teine kriteerium on jõud, mida silinder peab arendama, et lõikeseadet pöörata. Arvestades takistusi ja töö iseloomu hindame jõu, mis mõjub pööramisel ja lõikamisel tera otsale. Läbi koormusskeemi leiame mõjuva jõu suuruse hüdrosilindrile.



**Sele 8-14 Mõjuvad jõud lõikeagregaadile.**

Kus  $l_1$  on kogu pöördõla pikkus  $l=0,998\text{m}$ ,

$l_2$  on silindri kinnituskoha kaugus  $l_2=0,332\text{m}$ ,

$F_1$  on lõiketera otsale mõjuv jõud (katseliselt ja hinnanguliselt)  $F_1=800\text{N}$ ,

$F_s$  on hüdrosilindri mõjuvad jõud ja

$F_y$  on silindri kinnituskohas risti mõjuvad jõud,

$\alpha=65^\circ$

Arvutame:

$$F_1 \times l = F_y \times l_2 \quad (8.26)$$

$$F_y = \frac{F_1 \times l_1}{l_2} = \frac{800 \times 0,998}{0,332} = 2404,82\text{N} \quad (8.27)$$

Siit hüdrosilindri poolt vajalik arendatav jõud,

$$F_s = \frac{F_y}{\cos \alpha} = \frac{2404,82}{\cos 65} = 5690,28\text{N} \quad (8.28)$$

Selle kaudu leiame, kui suur peaks minimaalselt olema hüdrosilindri kolvi diameeter.

Meil on teada töö rõhk süsteemis  $p=160\text{ bar}=16\text{ MPa}=16\text{ N/mm}^2$

Teada on ka jõud  $F=11380\text{N}$

Pannes need valemisse [23]

$$F = p \times A, \quad (8.29)$$

Kus F- mõjuv jõud (N),

p-süsteemi rõhk (N/mm<sup>2</sup>) ja

A-kolvi pindala (mm<sup>2</sup>)

saame siit leida kolvi pindala,

$$A = \frac{F}{p} = \frac{5690,28}{16} = 355,64 \text{ mm}^2 \quad (8.30)$$

Siin leiame kolvi diameetri,

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}, \quad (8.31)$$

Kus D on kolvi diameeter (mm), 4 on konstant, A kolvi pindala mm<sup>2</sup>, saame kolvi diameetri:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 355,64}{\pi}} = 21,28 \text{ mm} \quad (8.32)$$

Siit saame teha järelduse, et vajalik hüdrocilinder võib olla oma kolvi diameetrilt alates ~22 mm, iga järgneva suurusega on vajalik võimsusvaru ületatud. Leiame turul pakutavate silindrite hulgast omale sobivaimate parameetritega toote.

Kasutame firma Hytec-Hydraulik OHG kodulehel [21] pakutavaid hüdrocilindreid ja valime omale sobivaimaks CH-700/30, mille tehnilised andmed on järgnevalt:

- Kolvi diameeter 32 mm, materjal teras C34R
- Kolvivarre läbimõõt 20mm, materjal CK45, kroompinna paksus μ20
- Kolvikäik 300 mm
- Maksimaalne töö rõhk 200 bar
- Ühendusotsikud voolikutele G1/4

Põhjus, miks on valitud antud toode, mille eeldatav võimsusvaru ületab tugevalt nõutava, seisneb toote hinna, nõutavate parameetrite ja kvaliteedi suhtes. Erinevate tootjate kataloogidest otsides ei olnud võimalik leida väiksema kolvidiameetriga hüdrocilindrit, mille töö käik oleks ületanud 200 mm. Eritellimusel hüdrocilinder on üksiktoode. Võeti võrdlev



pakkumine ettevõttest Vätta Metall OÜ [22]. Hind üksikseerias toodetud silindrile koos käibemaksuga (20%) tuli 120 €. Mis teeb selle viiendiku võrra kallimaks. Kui osta suurem partii on kindlasti võimalik üksiktoote hinnas võita ja saada see kätte üsna sarnase hinnaga, mida omab seeriatoodete.

Teeme hüdrosilindrile kontrollarvutuse. Leiame kolvi nimijõu väljaliikumisel:

$$F = p \times A \times \eta \quad (8.33)$$

, kus rõhk  $p=16 \text{ N/mm}^2$ ,

$A=$  kolvi pindala  $\text{mm}^2$

ja  $\eta$  on kasutegur 0,95 [24]

Leiame kolvi pindala:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (8.34)$$

Kus,  $D$  on kolvi läbimõõt mm. Saame kolvi pindala:

$$A = \frac{\pi \times 32^2}{4} = 804,25 \text{ mm}^2 \quad (8.35)$$

Siit kolvi nimijõud:

$$F = p \times A \times \eta = 16 \times 803,8 \times 0,95 = 12217 \text{ N} \quad (8.36)$$

Hüdrosilindri kolvi arendatav nimijõud ületab soovitud väärtused ja tingimus on täidetud.

Et silindri käik on lühem, kui algne konstruktsioon seda ette nägi, siis muudetakse hüdrosilindri tagumisi kinnitusi raamil ja tuuakse see 50 mm võrra liikuvale löikeõlale lähemale.

### 8.3.3 Hüdrojagaja valik

Hüdro süsteem on integreeritud traktori hüdro süsteemiga, kasutades ära traktori hüdropumba poolt tekitatud rõhku ja vooluhulka ning juhitakse neid läbi traktori hüdrojaoti. Juhul kui

traktoril puudub piisav arv hüdroväljavõtte paare, saab lisada eraldi hüdrojaoti, mille jaoks on vaja ainult ühte paari traktori hüdroväljavõtetest.

Hüdraulikaga on juhitavad kaks hüdroseadet- hüdrocilinder ja hüdro mootor.

Jagaja valikul peab arvestama süsteemi rõhu, vooluhulga ja sektsioonide arvuga.

Etteantud tingimused töö rõhk 160 bar, vooluhulk 43,8 l/min ja nõutav sektsioonide arv 2.

Valime sobiva hüdrojagaja tööriistamarket.ee[26] kodulehel pakutavate hulgast. Antud tingimustele vastab üsna täpselt järgnev jaotur. Valime välja hüdrojagaja BM-50. Tootekoodiga FM990094

Jagaja tehnilised andmed on alljärgnevalt:

- 2 sektsiooniga monoblokk jagaja.
- hoova tagastusvedruga neutraal ( 3 asendit )
- maksimaalne vooluhulk 70l/min, nominaalne 50l/min
- maksimaalne töö rõhk 300 bar
- maksimaalne tagasivool 80 bar
- ühendusotsikud ½ BSP
- mass 4,2 kg



Sele 8-15 BM-50 hüdrojaoti

### 8.3.4 Muud komponendid

Traktori haakeseadmetel üldiselt eraldi hüdroõli filtreid ei kasutata, kõik nad on olemas traktori hüdroüsteemis.

Valida tuleb hüdrovoolikud, nende läbimõõt, pikkused ja voolikute ühendusotsikud. Paika peab panema ka nende kinnituste paiknemise raamil. Eesmärgiga kaitsta voolikuid takerdumiste ja purunemiste ning ettevaatamatuse tõttu liikuvate osade vahele jäämise eest.

Voolitud tuleb katta spetsiaalse spiraalse plastikust voolikukaitsega, mis väldib voolikute purunemisi pikaajalisel hõõrdumisel vibratsiooni ajal.

Voolikud ja ühendusotsikud valime PM Kaubamaja internetipoest[27]. Tarvis on 4 kiirühendus otsikut, nendest 2 tk on pesa ja 2 tk on pistiku tüüpi.

Ning 4 ühendusvoolikut, mille läbimõõt 3/8 tolli ja pikkus 1,5 m.

Lisaks juhul kui on vaja kasutada eraldi hüdrojaotit, siis läheb tarvis 2 lisavoolikut ja jaoti külge 4 ühendusotsikut.

## 8.4 Taandurmehhanism

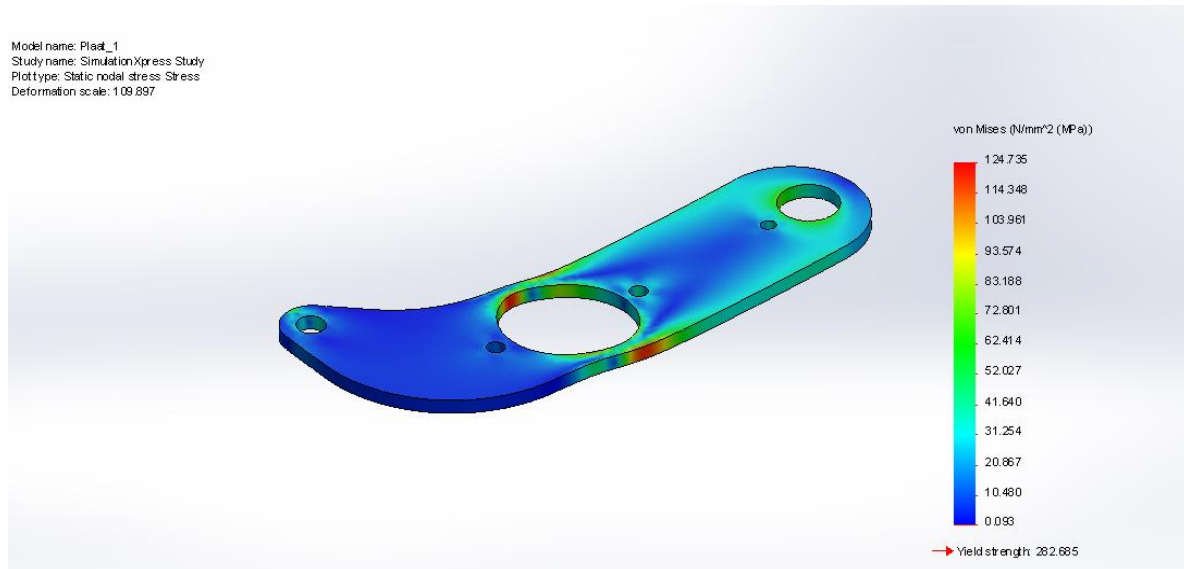
Et vältida tera ja löikeõla takerdumisest tingitud purunemisi mehhanismis, tuleb lahendada konstruktsioonis punkt, mis annaks pingetele järgi. Eriti tuleb kaitsta tera, mis on kallist materjalist ja mis vajab eelnevat eritöötlust. Suurimat vastupanu läbipaindumisele avaldavad järgnevad pingete kontsentratsioonipunktid:

1. Lõikeagregaadi õlaliigend.
2. liikuva õla küljes olev kinnitus, mis on seotud hüdrosilindri kolvivarrega
3. liikumatu õlg raamil, mille külge kinnitub silindri tagumine osa
4. silindri mõlema poole kinnituspoldid- tihvtid.

Järgnevalt analüüsime neid punkte eraldi.

1. Lõikeagregaadi liigend on tugev ja kuna õlgade materjal on piisavalt paks, siis antud sõlm ei tohiks järgi anda. Koormame staatiliselt jõuga  $F=2400N$  seda punkti Solidworks Simulation keskkonnas. Pinged lõikeagregaadi õla plaadis on näha sele 8-16 Lisaks on ta

kokku keevitatud mõlemalt poolt äärest metallplaatidega, mis koos põhjaga moodustavad tugeva konstruktsiooni. Sellest järeldame, et antud sõlm takerdumisel tekkivatele pingetele järgi ei anna ja lahendus tuleks leida konstruktsiooni muutmise näol.



**Sele 8-16 Jõu mõjul tekkivad pinged lõikeagregaadi õlas**

2. Liikuva õla küljes olev kinnitus, mis on seotud hüdrosilindri kolvivarrega. Seda punkti saab vaadelda koos punktiga 4. Seal avaldavad suurimat vastupanu kolvivar ja kolvivarre kinnitus. Kolvivarrele avaldavat suurimat mõju teljesuunalised jõud. Teljesuunaline jõud tekitab kolvivarres nõtket. Ülejäänud koormuse peavad vastu võtma silindri liikuvate sõlmede juhikud. Kuna valitud hüdrosilinder oma eripärast tingituna on piisava (160 bar rõhu juures kolvi nimivõimsus 12217 N) tugevusvaruga, siis siinkohal kolvivarre tugevuskontrolli nõtketele arvutama ei hakata. Kui järgi annaks silindri kolvivarre kinnitus, lõhuks see oma asendi nihkumisel lõiketera, seepärast peab olema tagatud, et koormatud ristlõige ei nihkuks.

Teeme tugevusarvutuse nihkepingele, ühendussõrme läbimõõt 19 mm

Kinnitussõrmele lubatud koormus, kahelõikelise nihkepinge korral [25]:

$$F = 2 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \tau_l, \text{ kus} \quad (8.37)$$

F-mõjuv jõud N,

d- on sõrme läbimõõt mm,

$\tau_l$ - materjalile lubatud nihkepinge.

Leiame materjalile lubatud nihkepinge

$$\tau_l = \frac{\tau_{sB}}{v}, \text{ kus} \quad (8.38)$$

$\tau_{sB}$  - nihketugevus materjalile S235- 290 N/mm<sup>2</sup> [24]

v- ohutustegur, saame:

$$\tau_l = \frac{\tau_{sB}}{v} = \frac{290}{3} = 96,67 \text{ N/mm}^2 \quad (8.39)$$

Leiame poldile lubatud koormuse:

$$F = 2 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \tau_l = \frac{2 \times \pi \times 19^2}{4} \times 96,67 = 54817,45 \text{ N} \quad (8.40)$$

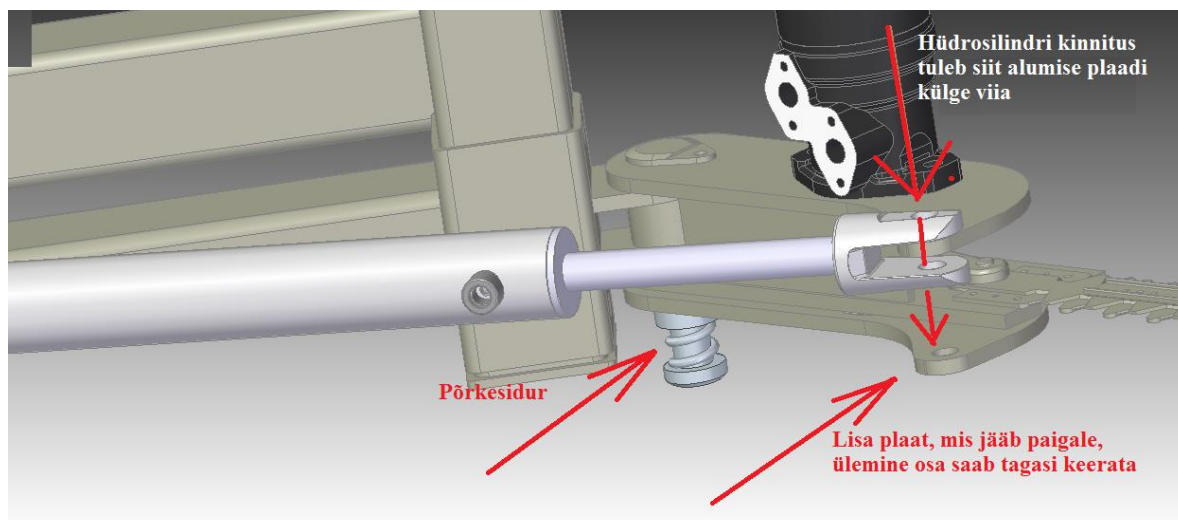
Sõrm vastab tugevustingimusele, ent tegemist on tugeva üle dimensioneerimisega. Antud punktis on maksimaalne silindri poolt arendatav jõud 12217 N. Ühendus on valitud, kuna hüdrosilindri kinnitused on standardsed ja konstruktsiooni muudatus on keerulisem, kui paigaldada sinna 19mm läbimõõduga sõrm.

Lisavõimalusena saaks silindri kinnituse ümber projekteerida ja teha teistsuguse lahenduse. Kui kinnitada silinder mitte lõikeagregaadi pealt, vaid alt, saaks kasutada vedruga survestatud pörkesidurit. Pörkesiduri eeliseks on lihtsus ja kiirus ning selle toimemehhanism, ent ta tõstaks seadme liialt kõrgele ja nõuaks olulist konstruktsioonimuudatust ja muudaks seadme kallimaks. Tulevikus lisavõimalusena tasuks seda kindlasti mõelda. Pörkesiduri põhimõte on äärmiselt lihtne. Näide pörkesidurist sele 8-17 [28].



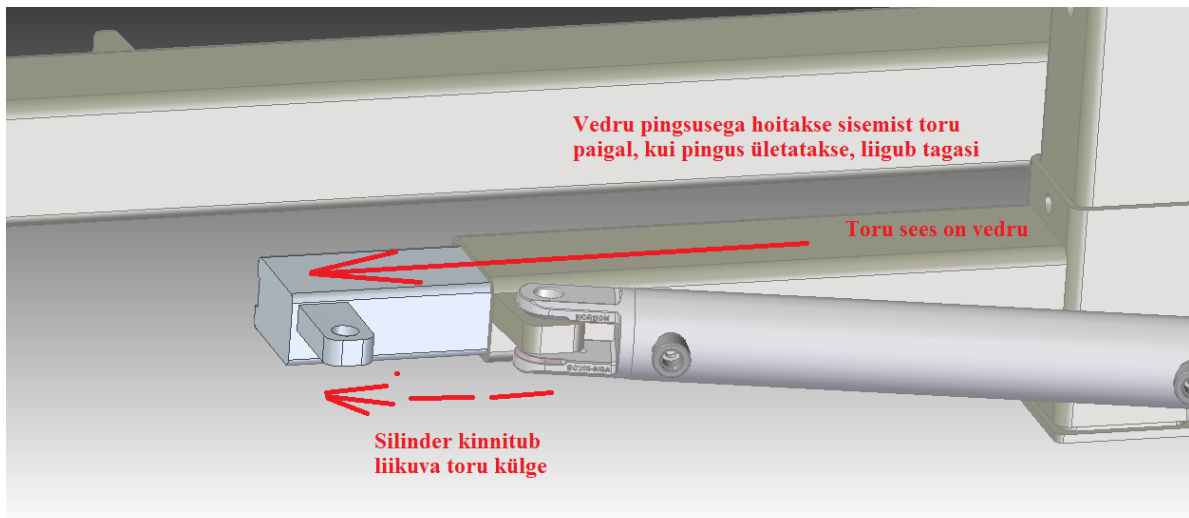
Sele 8-17 pörkesiduri näide[28]

Siduri liikumatu osa on kinnitatud alumise plaadi külge ja liikuv osa löikeagregaadi külge. Kui löikeagregaadile mõjuv jõud ületab siduri vedru pingsuse, annab vedru survele järgi ja siduri hambad saavad hakata omavahel liikuma, koos sellega nihkub tagasi ka löikeagregaat. Siduri eeliseks on see, et ta toimib mõlemat pidi: nii edasi, kui ka tagasi sõites. Põrkesiduri võimalikku asukohta konstruktsioonis selgitab järgnev pilt sele 8-18.



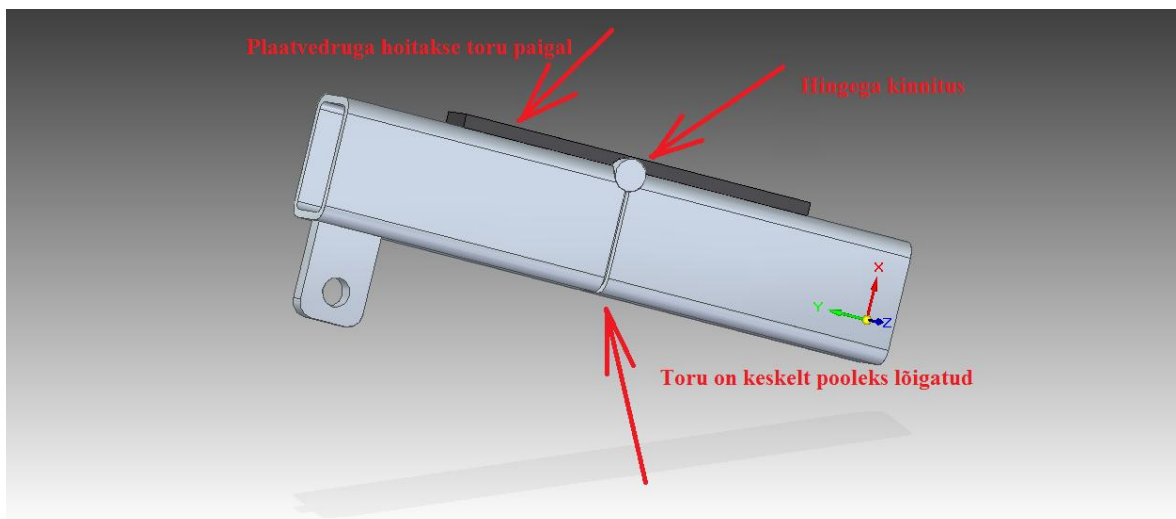
**Sele 8-18 võimalik konstruktsioon põrkesiduriga**

3. Liikumatu õlg raamil, mille külge kinnitub silindri tagumine osa. Ka siin teevad omavahel tööd silinder ja teda paigal hoidev õlg ning nende vaheline ühendus. Ent siin punktis on hüdrosilindril piisavalt ruumi, et vajadusel koos löikeõlaga tagasi liikuda. Leiame selleks sobivaima ja käepäraseima lahenduse. Esimene lahendus oleks topelt toruga lahendus, kus hüdrosilindrit hoidev toru oleks asetatud välimise juhttoru sisse. Paigal hoitaks seda vedru pingusega ja selle jõu ületamisel liigub sisemine toru koos hüdrosilindri kinnitusega tagasi, ning sellega koos kogu löikeagregaat, seletus näha sele 8-18. Selle lahenduse korral tuleks loobuda teisest vertikaalsest torust, mis teeks konstruktsiooni nõrgemaks ja kergemini vibreerivamaks.



**Sele 8-19 Vedru pinguga paigal seisev sisemise toruga taandurmehhanismi lahendus**

Teine võimalus oleks kasutada liigendit hüdrotsilindrit hoidva toru keskelt ühendamiseks. Ja vastaspoole liigendi ühenduskohta paigutada vedru, mis hoiab toru sirgena. Kui vedru pingsus takistusele otsa sõites ületatakse, siis ta annab järgi ja kogu löikemehhanism saab takistuse eest taganeda. Lahendus on näha sele 8-20.



**Sele 8-20 Vedru ja hingega paigal hoitav taandurmehhanismi lahendus**

Mõlemal lahendusel on omad eelised, ent neil on ühised puudused: 1. Eeldavad, et kelgu vasak äärmine vertikaaltoru on konstruktsioonist välja jäetud. 2. Nad ei toimi traktoriga tagurpidi sõites. Seda tuleb arvesse võtta, sest tagurpidi sõites on juhi tähelepanu hajutatud ja vaateväli piiratud, ning millelegi otsa sõitmise võimalus on kordades suurem. Sellepärast on tarvis lahendust, mis oleks lihtne odav ja toimiks mõlemat pidi sõites.

4. Pakutavaks lahenduseks on nihkepingel purunev tihvt hüdrosilindri tagumises kinnitussilmas. Nimetatakse ka puruneva elemendiga kaitsesiduriks [25]. Selleks peab arvutama välja kindlal koormusel puruneva tihvti ristlõikepindala. Kui võtame arvesse eelnevalt välja arvatud jõudusid, kus lõiketerale rakendus lõikamise ajal maksimaalselt 800 N ja silindri poolne vastupanu kinnituskohas 65° nurga all on 5690 N, siis see sama teljeline jõud mõjub silindri tagumisele kinnitusele. Mis hakkab töötama sel juhul lõikele.

Kui me teame mõjuvat jõudu ja materjali nihketugevust (piirpinget), saame leida ristlõikepindala tihvtile.

$$\tau_{SB} = \frac{F}{S}, \text{ kus} \quad (8.41)$$

$\tau_{SB}$  - on materjali nihketugevus (piirpinge) Teras S235  $\tau_{SB} = 290 \text{ N/mm}^2$  [24],

F- mõjuv jõud  $F = 5700 \text{ N}$  ja

S- ristlõikepindala  $\text{mm}^2$ , saame

$$S = \frac{F}{\tau_{SB}} = \frac{5700}{290} = 19,65 \text{ mm}^2 \quad (8.42)$$

Kuna tegemist on kahelõikelise ühendusega, siis ühe punkti ristlõikepind on

$$\frac{19,65}{2} = 9,83 \text{ mm}^2 \quad (8.43)$$

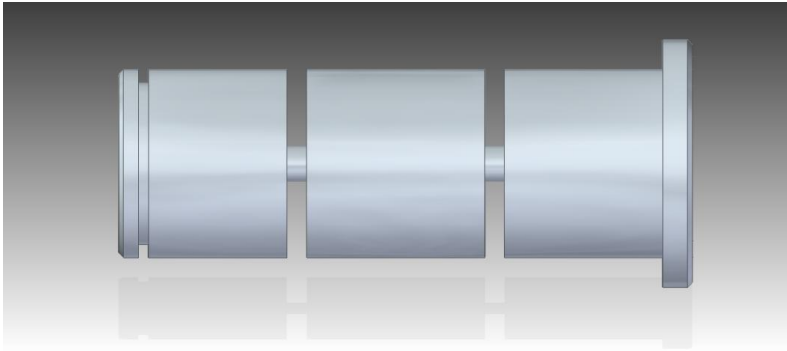
Leiame ristlõikepinna diameetri:

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4}, \text{ siis } d = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 9,83}{\pi}} = 3,54 \text{ mm} \quad (8.44)$$

Ehk 19 mm läbimõõduga tihvti tuleb teha vastavatesse lõikekohtadesse faasid, mille läbimõõduks 3,5 mm. See tagab, et masina takerdumisel puruneb tihvt ja mitte lõiketera.

Arvestame siinkohal, et kõige paremad tulemused saab näha katsemudelilt. Vajadusel tuleb tihvti materjali või mõõtmeid muuta. Lõikeseade tuleb varustada komplektiga varu tihvtidest.





**Sele 8-21 Lõigetega tihvt**

## 8.5 Omahinna arvutus

Toote omahinna arvestusel lähtume materjalide turuhinnast ja valitud valmis toodete puhul müüjate hinnakirjadest.

Terasmaterjali S355 EN 10204/2,2 raami ja lõikeosa ehitamiseks- selle hulgas on nii lehtmaterjal kui nelikanttoru- kokku umbes 90 kg , hinnaga keskel läbi 1,05 €/kg.

Lõiketera materjal maksab 35,5€. Lõiketera töötuse hind on hetkel välja jäetud ja see selgitatakse katseseadme valmistamise käigus.

Liugelaagrite materjal maksab keskmiselt 20€

Hüdmootori hind on Flowfiti kodulehe andmetel 82,94£ , mis on 27.05.15 seisuga[29] 117,31 €

Hüdrosilinder maksab Hyteci kodulehel 101,35€

2 sektsiooniliste hüdrojagajate hind poodides on keskmiselt 120€ ja selle vajadus sõltub kasutatavast traktorist. Kui on tarvis kasutada jaotit, siis peab lisaks soetama 4 kiirühendus otsikut ja kaks vastava pikkusega voolikut (pikkus sõltub traktorist). Mis teeb koos jagajaga 170 €

1,5 m pikkused  $\frac{3}{4}$  hüdrotorud maksavad kokku 40€

Ühendusotsikud maksavad 30€

Koostamisele kuluv tööhinnanguliselt 2 päeva, kui tööd teeb üks inimene, maksumuseks 300€

Hinnanguliselt läheb seadme valmistamine kokku maksma ~700€. Siia juurde lisandub lõiketera töötlus ja vajadusel hüdrojaoti. Kõigega kokku ei tohiks hind ületada 1000€.

## 9 KOKKUVÕTE

Käesoleva töö raames oli eesmärgiks projekteerida vaarikavarsi mehaaniliselt väiketraktori haakes lõikav seade. Seadme konstruktsiooni eripärad selgitati välja projekteerimise käigus, etteantud tingimuste põhjal. Etteantud tingimused on võetud arvestades reaalseid olusid.

Töö teises osas räägiti vaarikate kasvatamisest Eestis üldiselt- millised on vaarikasordid, millised on kasvatamise tingimused. Miks on vaja varsi lõigata ning kuhu suunas kasvatamine suundub. Kolmandas osas kirjeldati varte lõikamise eripärasid. Milline peab olema tulemus ja millised on hetkel võimalused seda teha. Tutvustati erinevaid tööviise ning nende häid omadusi ja puudusi.

Neljandas osas pandi paika tingimused projekteeritavale lõikurile. Millise seadme koosseisuga peab töötama, paiknemine seadmel, lõikekõrgus, postidest mööda pööramine ja kõik muud vajalikud tingimused. Töö viiendas osas toimus hindamine ja parima lahenduse välja selgitamine iga sõlme jaoks. Hinnati sõlmede plusse ja miinuseid ning kasutati ka maatrikstabelite abi parima variandi väljaselgitamisel.

Kuuendas peatükis tegeleti patendiuuringuga, et selgitada välja olemasolevad patenteeritud lahendused.

Seitsmes osa on konkurentsianalüüs, et uurida välja, mida kodumaised põllumajandus masinaehitajad oma tootevalikus pakuvad. Olemasolevate seadmete sobivus antud tööle lahendati hinnanguga.

Kaheksas peatükk on kõige mahukam ja see hõlmas projekteerimist. Seal on kirjeldatud kõikide sõlmede disaini, toimimist, materjale ja konstruktsiooni nüansse. Tehti arvutused puksile, liistule, hüdro mootorile, hüdro silindrile, poldi- ja tihvti lõikele. Leiti ostutooded nagu hüdro mootor, hüdro silinder, voolikud, torud ja pakkumine erimõõdus silindri valmistamiseks. Peatükis 8.5 hinnati tulevikku vaadates paari konstruktsiooni muudatust, mis muudaks selle seadme veelgi universaalsemaks. Peatüki lõpus tehti omahinna kokkuvõte.

Töö täiustamise ja jätkamise eesmärgiks on teha sellest reaalne toode. Selle jaoks oleks tarvis teha juurde detailide jooniseid. Kui on olemas katsemudel, tuleb reaalses oludes teha katsetused lõikekiirusele ja tihvti purunemine ettenähtud koormusel, vajadusel viia sisse muudatused.

## 10 SUMMARY

The aim of this thesis was to develop a portable device for cutting raspberry roots. It should be coupled to behind of small tractor. All the features were solved out during the development. Conditions are based on real situations on the field and have implement on device.

In the second part of this project was conducted to raspberries growing in Estonia generally- which are the different species and conditions of growing. What is the reason of cutting the roots and what could be the direction in the future. Third part was all about cutting the roots. How it should be done and which are the options for cutting them at the moment. Also the plusses and minuses of the cutting options at the moment are taken in consideration.

In the fourth part of project was named all exact conditions, which it should fulfill. For example: what kind of tractor and front or back side of tractor, cutting height, turnaround of posts etc. Fifth part was for evaluation for each part construction. Construction plusses and minuses and also matrix charts were used to sort out most reasonable solution.

Sixth part was fulfilled with patents to find out which solutions are already under patent.

Seventh part was analysis of competitions- in Estonian and Europe companies. Was carried out a search to find out what products companies offer to make this job. Variety of products was evaluated by the ability of raspberry root cutting.

Part number 8 has been the biggest. It's all about product development. There has been described links, design, working, material and issues of the construction. Material calculations have been done for feather key, plain bearings, hydraulic motor, hydraulic cylinder, shear stress for bolt and pin. There were found products which are needed to buy from suppliers. Products like hydraulic motor and –cylinder, hydraulic hoses and connections for hoses. One offer was taken to order specially made size hydraulic cylinder. Chapter 8.5 was done for future development. These would make this device even wider variety of jobs. In the end of chapter eight has been done prize calculations.

For the future to continue development of root cutter, more detailed drawings of parts have to be done. To make it good and reliable product, test device has to construct. Then on real

circumstances a cutting speed and stress for the pin has to be tested. When it's necessary, changes has to be done.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Eesti Statistikaameti kodulehekül[ WWW]: [http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=PM060&ti=VILJAPUU%2D+JA+MARJAAIAD+MAAKONNA+J%C4RGI&path=../Database/Majandus/13Pellumajandus/06Pellumajandussaaduste\\_tootmine/06Taimekasvatussaaduste\\_tootmine/&lang=2](http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=PM060&ti=VILJAPUU%2D+JA+MARJAAIAD+MAAKONNA+J%C4RGI&path=../Database/Majandus/13Pellumajandus/06Pellumajandussaaduste_tootmine/06Taimekasvatussaaduste_tootmine/&lang=2) (26.04.2015)
2. Husqvarna võsalõikur, kodulehelt[ WWW]: <http://www.husqvarna.com/ee/products/forestry-clearing-saws/555fx/> (26.04.2015)
3. Traktor ISEKI, tootja koduleht[ WWW]: [https://www.iseki.co.jp/english/products/product\\_02\\_syuyou.html](https://www.iseki.co.jp/english/products/product_02_syuyou.html) (29.04.2015)
4. Traktori rippüsteem, tractordata.com kodulehelt[ WWW]: <http://www.tractordata.com/articles/technical/threepoint.html> (29.04.2015)
5. Rippüsteemi mõõdud standardi järgi [ WWW]: [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/3007073/und\\_7/pdf/s217.12\\_categoria\\_y\\_enganches\\_3\\_puntos.pdf](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/3007073/und_7/pdf/s217.12_categoria_y_enganches_3_puntos.pdf) (03.05.2015)
6. Hammastega lõikeketas, [ WWW]: [http://www.asia.ru/images/target/photo/51107226/Circular\\_Saw\\_Blade\\_for\\_Aluminum\\_Cutting.jpg](http://www.asia.ru/images/target/photo/51107226/Circular_Saw_Blade_for_Aluminum_Cutting.jpg) (24.04.2015)
7. Tsentrifugaaljõul väljapöörduvate lõiketeradega lõikepea[ WWW]: <http://brushdestructor.com/wp-content/uploads/2013/05/BrushDestructor-brush-cutter-blade-Compromised-BladeTest-after-1-hour.jpg> (24.04.2015)
8. Vastastikku liikuvad lõiketerad [ WWW]: <http://cdn.m.husqvarna.net/dimage.axd/default/m210-0374b/1200x1200/230075d8.png> (24.04.2015)
9. Kõrvuti asetsevad väljaulatuvate teradega lõikepead[ WWW]: [http://manuals.deere.com/omview/OMNW00271\\_19/gif/CM033500010.gif](http://manuals.deere.com/omview/OMNW00271_19/gif/CM033500010.gif) (24.04.2015)

10. Google Patents[WWW]:  
[https://www.google.ee/?tbn=pts&gws\\_rd=cr,ssl&ei=\\_GNGVbSYIIW3swGs44DAAw](https://www.google.ee/?tbn=pts&gws_rd=cr,ssl&ei=_GNGVbSYIIW3swGs44DAAw) (03.05.2015)
11. Eesti Patendiamet[WWW]: <http://www1.epa.ee/patent/default2.asp> (29.04.2015)
12. Mechanical cane cutter[WWW]:  
[https://www.google.ee/patents/US1675651?dq=mechanical+cane+cutting&ei=AddFV\\_eOr8IImosAHq44HADQ](https://www.google.ee/patents/US1675651?dq=mechanical+cane+cutting&ei=AddFV_eOr8IImosAHq44HADQ) (03.05.2015)
13. Hedge cutting machine[WWW]: <http://www.google.tl/patents/US477198> (03.05.2015)
14. Motorised self-loosening cutting device[WWW]:  
<https://www.google.tl/patents/EP2198690B1?cl=en&dq=EP+2198690+B1&hl=et&sa=X&ei=gGVGVfy6LYGnsgHSpYCQDA&ved=0CBsQ6AEwAA> (03.05.2015)
15. SAMI LN-185, tootja koduleht [WWW]: <http://sami.ee/index.php?id=16143> (30.04.2015)
16. Hüdrauliline kett-võsaniiduk, koduleht [WWW]: <http://www.same.ee/?cat=102&ln=et> (03.05.2015)
17. MicroKlippa niiduk, Bomfordi koduleht [WWW]: <http://www.bomford-turner.com/products/armmowers/MicroKlippa/?nav=101> (03.05.2015)
18. FB/X niiduk, tootja koduleht [WWW]:  
[http://www.bertima.it/en/prodotti\\_scheda.php/Hydraulic-hedge-mowers-FB-X/?LT=MA&ID=37182&CAT\\_ID=31980](http://www.bertima.it/en/prodotti_scheda.php/Hydraulic-hedge-mowers-FB-X/?LT=MA&ID=37182&CAT_ID=31980) (03.05.2015)
19. Husqvarna hekilõikuri parameetrid, [WWW]:  
<http://www.husqvarna.com/ee/products/hedge-trimmers/226hd75s/#specifications> (17.05.2015)
20. Flowfit online catalogue, internetikataloog [WWW]:  
<http://www.flowfitonline.com/acatalog/pdfs/FLOWFIT%20HYDRAULIC%20MOTOR%20ORS.pdf.pdf> (17.05.2015)
21. Hytec-Hydraulik OHG koduleht [WWW]: <http://www.hytec-hydraulik.com/hydraulics/hydraulic-cylinders-1.htm> (21.05.2015)

22. Vätta Metall OÜ kodulehe päring [WWW], <http://www.vattametall.ee/kontakt/saada-paring> (27.05.2015)
23. Hüdraulika ja hüdroseadmed, Soots R. Tallinna Tehnikakõrgkooli kirjastus, 2009
24. Mehhaanikainseneri Käsiraamat. Tõlgitud väljaandest Mechanical and Metal Trades Handbook. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2012
25. Rakendusmehaanika, Kleis I. Tallinn ,kirjastus Valgus, 1984
26. Tööriistamarket, [WWW]: [http://www.tooriistamarket.ee/files/Tarvikud\\_2012/T8\\_fi.pdf](http://www.tooriistamarket.ee/files/Tarvikud_2012/T8_fi.pdf) (17.05.2015)
27. PM Kaubamaja koduleht, [WWW]:  
[http://www.pmkaubamaja.ee/index.php?option=com\\_virtuemart&category\\_id=670&page=shop.browse&Itemid=20&limit=20&limitstart=20&lang=et](http://www.pmkaubamaja.ee/index.php?option=com_virtuemart&category_id=670&page=shop.browse&Itemid=20&limit=20&limitstart=20&lang=et) (28.05.2015)
28. Osta.ee koduleht, [WWW]: [http://cache.osta.ee/iv2/auctions/1\\_9\\_25647218.jpg](http://cache.osta.ee/iv2/auctions/1_9_25647218.jpg) (28.05.2015)
29. Eesti panga kodulehekülg, [WWW]: <http://www.eestipank.ee/valuutakursid> (27.05.2015)
30. SSAB koduleht, [WWW]: [www.ssab.com](http://www.ssab.com) (30.05.2015)



**LISAD**