



MASINAEHITUSE INSTITUUT

Tootearenduse õppetool

MES70LT

Kaarel Pomerants

Metsaveohaagis BMF-152

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 Kaimo Songa juhendamisel

“.....”2015 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....”2015 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”2015 a.

..... allkiri

TTÜ masinaehituse instituut

Tootearenduse õppetool

Magistritöö ülesanne

Õppeaasta 2014/2015 kevad semester

Üliõpilane: Kaarel Pomerants 132533 (nimi, üliõpilaskood)

Õppekava: Tootearendus ja tootmistehnika MATM 02/09

Eriala: Tootearendus

Juhendaja: Lektor Kaimo Sonk (amet, nimi)

Konsultandid: Aivo Saar, Juhataja (nimi, amet)

Magistritöö teema

- Eesti keeles: Metsaveohaagis BMF 152
- Inglise keeles: Forest trailer BMF 152

Magistritöös lahendatavate ülesannete täitmise ajakava

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Turuanalüüs	15.02.2015
2.	Mudeli konstrueerimine	24.02.2015
3.	Töö jooniste tegemine	30.02.2015
4.	Tugevus arvutused	17.04.2015
5.	Lõputöö vormistamine	01.05.2015

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

15 tonnise kandevõimega metsaveohaagise projekteerimine

Töö keel: Eesti keel

Kaitsmise taotluse dekanaati esitamise tähtaeg: 14.05 ja töö esitamise tähtaeg: 25.05

Üliõpilane: Kaarel Pomerants /allkiri/ kuupäev:

Juhendaja: Kaimo Sonk / allkiri/ kuupäev:

Eessõna

Antud magistritöö teema ajendiks on OÜ Lisako (BMF kaubamärk) soov laiendada pakutavate metsaveohaagiste mudelivalikut. Täielikust mudelivalikust on puudu kõige suurema kandevõimega haagis BMF – 152 ehk 15 tonnise kandevõimega haagis. Senini on kõige suuremaks haagiseks olnud 13 tonnise kandevõimega ja kõige väikesemaks 7 tonnise kandevõimega haagis. Lisaks suuremale mahutavusele erineb BMF - 152 oma eelkäijatest selle poolest, et lisaks tavapärasele funktsioonile on mudel mõeldud spetsiaalselt okste veoks. Selleks on haagis varustatud oksa pressidega ning muudetava ristlõikega laadimisalaga.

OÜ Lisako on tegelenud metsaveohaagiste ja tõstukite tootmisega juba aastast 2001. Alatest aastast 2014 on lisaks allhankele hakatud tootma ka oma tooteid BMF kaubamärgi all. Tegemist on jõudsalt kasvava ettevõttega, kellel on piisavalt kogemust, et pakkuda kvaliteetset toodangut nii kodumaal kui ka väljaspool [1].

Sisukord

Eessõna.....	3
Sissejuhatus	6
1. Turuanalüüs ja sarnased tooted.....	7
1.1 PALMS 15D.....	7
1.2 Weimer RDM 14.....	8
1.3 Stepa 16T.....	9
1.4 Kronos 150H /4WD	10
2. Projekteerimisnõuded teedel liikumiseks.....	13
3. Haagise osade projekteerimine	14
3.1 Tiisel.....	14
3.2 Raam.....	15
3.3 Võre.....	18
3.4 Tugijalg ehk käpp.....	20
3.5 Koormatala	22
3.6 Balansiir.....	24
3.7 Pidurite valik.....	25
3.8 Raami pikendus	27
4. Veosüsteemi valik.....	30
4.1 Rummu sisene vedu	30
4.2 Veorull.....	31
4. Tugevusarvutused	33
4.1 Koormatala	33
4.2 Sillatala teljed	36
5. TÜV sertifikaat	44
6. Okste press	45
6.1 Olemas olevad lahendused	45

6.2	Kontseptsioon lahendus	47
6.3	Silindri valik ja arvutus.....	49
7.	Omahinna arvutus	52
8.	Prototüübi edasiarendused	62
8.1	Käpa silinder	62
8.2	Koormatalad	65
8.3	Postide kinnitused.....	66
8.4	Raami plaat	67
9.	Edasine arendus	68
9.1	Pikema haardeulatusega tõstuk.....	68
9.2	Uus haarats	69
10.	Kokkuvõte	70
	Summary	72
	Kasutatud kirjandus	74
	Lisad	75
	Lisa 1. Messide infoleht	75
	Lisa 2. Joonised	76

Sissejuhatus

Lõputöö eesmärgiks on luua 15 tonnise kandevõimega metsaveohaagis põllumajanduslikule traktorile. Töö algus faasis tutvutakse teiste tootjate mudelivalikuga ning analüüsitakse sama kandevõimega mudeleid. Kuna töö valmib ettevõttes OÜ Lisako, siis on väga olulisel kohal siduda ettevõtte tootmisvõimalused ja arendatava käru konstruktsioon. See eeldab ettevõtte tootmistehniliste võimaluste tundmist ning sellega ka arvestamist. Kõiki haagise põhi alamkooste peab olema võimalik toota ettevõttes.

Antud töö laiem eesmärk on luua haagis, mis võimaldab veda metsast välja suuremaid puitmaterjali koguseid. Lisaks tükeldatud puitmaterjalile leiab üha rohkem kasutust ka võsa ning okste kasutamine ja suureneb ka nende metsast väljavedu. Tänu okste kergemale massile võimaldab haagis suurendada laadimisala ristlõiget ning seega mahutada rohkem oksid. Lisavarustusena on haagisele võimalik paigaldada pressid oksade paremaks kokku pakkimiseks.

Kuna toode on mõeldud turgudele, kus asuvad mägised metsa piirkonnad (nt Austria, Sloveenia), siis peab kindlasti arvestama ka haagisele veojõu lisamisega. Selle realiseerimiseks on olemas mitmeid erinevaid variante. Valiku tegemise variantide vahel tuleb arvestada ka seda, et haagise peab jõudma valmis koostada „Maamessiks.” Messi toimumise aeg on vahemikus 16-18 aprill ning seega tuleb arvestada, et prototüüpi vajab ka katsetamist.

1. Turuanalüüs ja sarnased tooted

Turuanalüüsi eesmärk on saada ettekujutus teiste tootjate mudelitest, mis on sama kandevõimega. Oluline on eristada põllumajanduslike traktorite taha ühendatavaid haagiseid ja muid spetsiaalsed väljaveomasinaid nagu *forwarderid*, *harvesterid* ja *rekkad*. Seega on analüüsitavad tooted sellised, mis ühendatakse traktorite taha ja tegemist on küllaltki kitsa turusegmenidiga. Peamiselt vaadeldakse 15 tonnise kandevõimega haagiseid ning tootjaid, kes konkureerivad BMF-iga Euroopas. Oluline on ka analüüsida konkurentide toodete tugevusi ja nõrkusi. Peamiseks võrdlus kriteeriumiteks on laadimisala, standard rattad, raami tüüp, täiendav vedu ja kandevõime.

1.1 PALMS 15D

OÜ Palmse Mehaanika on Euroopa suurim metsaveohaagiste ja tõstukite tootja traktoritele. Ettevõtte brändi nimi on "Palms" ja ettevõtte on aastaid olnud teerajajaks selles sektoris. Disaini poolest mudel teistest väiksema kandevõimega haagistest ei erine. Oluline erinevus on raami toru profiilis ning pikkuses. Haagisega sobib kokku koguni üheksa erinevat kraanat.



Sele1.1 Palms 15D metsaveohaagis kandevõimega 15 tonni [2]

- **Laadimisala** - 3 m²
- **Laadimisala pikkus** – 4180 mm
- **Standard rattad** – 500/50- 17

- **Raami tüüp** – Kahe talaga (250x150x8 toru)
- **Täiendav vedu** – 4WD rullikuga ja 2WD rummuisisene vedu
- **Kandevõime** – 15000 kg

Haagis on konstruktsioonilt suhteliselt lihtne ning suureks plussiks on liigutatav võre. Võre kinnitub kammitsatega raamitoru külge. Koormapostid pole liigutatavad ning nende arv on seega fikseeritud. Postide otsa käivad pikendused pole kinnitatud ning võivad metsa ära kaduda, sama kehtib ka postide kohta. Pildil oleval haagisel on rulliga 4 WD ja kuna sellel kate puudub, siis võivad oksad sinna vahele takerduda[2].

1.2 Weimer RDM 14

Weimer OÜ on Tartus tegutsev Eesti tootja. Haagiste valikus on kõige suuremal mudelil laadimisvõimsuseks 14000 kg (sele 1.2).



Sele 1.2 Weimer RDM 14 metsaveohaagis kandevõimega 14 tonni. [3]

- **Laadimisala** - 2,9 m²
- **Laadimisala pikkus** - -

- **Standard rattad** – 600/50-22,5 ja 700/40-22,5
- **Raami tüüp** – Kahe talaga
- **Täiendav vedu** –Rullikuga 4WD
- **Kandevõime** – 14000 kg

Haagise plussiks on liigutatavad koormatalad ning silindritega liigutatav võre. Postipikendused on fikseeritud poltliitega, mis väldib nende kadumise. Suureks miinuseks on tugijalgade puudumine, mis võib tekitada raskusi koorma laadimisel ebatasasel maastikul.

1.3 Stepa 16T

Stepa on Austria tootja, mis kuulub maailma suurimasse tõstukite tootja Palfinger gruppi. Seega omavad nad suurt kogemust just metsatõstukite vallas. Stepa mudelivalikust leiab 16 t kandevõimega haagise. Stepa tegutseb peamiselt Kesk-Euroopas ja naaberriikides. Ainuke haagis millel on poritiivad on näha seel 1.3.



Sele 1.3 Stepa 16 T [4]

- **Laadimisala** - 2,8 m²
- **Laadimisala pikkus** – kuni 5530 mm
- **Standard rattad** – 500/50- 22,5
- **Raami tüüp** – Kahe talaga
- **Täiendav vedu** – 4WD rullikuga ja 2WD rummusisene vedu
- **Kandevõime** – 16000 kg [4]

1.4 Kronos 150H /4WD

Kronos on suure kandevõimega kärude hulgas kindlasti kõige enam eristuv (sele 1.4). Nende haagistel puuduvad painutatud postid. Vajadusel saab kardaaniga haagisel olevat hüdropumpa käidelda. See aga eeldab, et haagisele peab olema paigutatud õlipaak, mis võtab enda alla palju ruumi.



Sele 1.4 Kronos 150H metsaveohaagis [5]

- **Laadimisala** - 3,2 m²
- **Laadimisala pikkus** – kuni 4000 mm
- **Standard rattad** – 600/50- 22,5
- **Raami tüüp** – Kahe talaga
- **Täiendav vedu** – 4WD rullikuga
- **Kandevõime** – 15000 kg

Kronose haagise puhul on suureks plussiks see, et esimene posti paar on ühendatud võrega. Kuna võre saab laadimise ajal tugevaid lööke, on selle jäikus on väga oluline. Samuti on olemas laadimise jaoks olulised tugijalad. Miinuseks võib lugeda kõrge raskuskeskme. Madal raskuskese väldib haagise ümber kukkumist ebatasasel maastikul.

Tabel 1.1 Võrdlus erinevate metsaveo haagiste vahel

Tootja	Laadimisala (m ²)	Laadimisala pikkus (m)	Rattad	Täiendav vedu	Kandevõime (kg)
Palms	3	4180	500/50-17	Rull/Rumm	15000
Weimer	2,9	-	600/50-22,2	Rull	14000
Stepa	2,8	5530	500/50-17	Rull/Rumm	16000
Kronos	3,2	4000	600/50-22,5	Rull	15000

Lisaks võrdlusele tabelis 1.1 on selle teemalise info osas haagise projekteerimisel abiks ka Soome tehnikaajakiri Koneviesti. Ajakiri korraldas 8-10 tonniste metsaveohaagiste kärudele ning nendel paiknevatele tõstukitele spetsiaalse testi ning hinnati ka toodete konstruktsioone. Kokku võrreldi 11 erinevat komplekti ning katsetati neid metsas ning kasutati eesmärgipäraselt. Mõningate olulisemate puuduste kohta on ajakirjas eraldi pildid välja toodud.



Sele 1.5 Kõrgemat kivi ületav balansiiri näide[20]

Tegemist on hea näitega, kus balansiirid on konstrueeritud selliselt, et näiteks kärü alla jääv kivi ei tekita mingeid takistusi ega lõhu haagise konstruktsiooni. Kardaniga haagise puhul tuleb metsas olla veel hoolikam kuna kardan võib seel 1.5 näidatud juhul kivi taha kinni jääda.



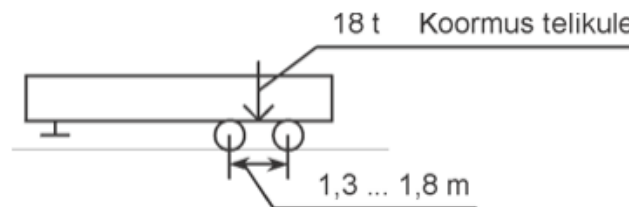
Sele 1.6 Võre näide[20]

Võre lattide vahe peab olema piisavalt suur, et operaatoril oleks võimalikult hea ülevaade koorma laadimisest. Samas ei tohi see olla aga liiga suur, et palgid ei tungiks lattide vahelt läbi. Eelkõige on see oluline traktori pidurdamisel, kui palgid võivad hooga paiskuda vastu tõstukit või traktorit.

2. Projekteerimisnõuded teedel liikumiseks

Metsaveohaagisega peab olema võimalik liigelda maanteedel ning seega peab haagis vastama teedel liiklemise nõuetele. Projekteerimise üheks aluseks on soovitatav kandevõime, kuid mitte vähem oluline pole majandus- ja kommunikatsiooni ministeeriumi ministri 13.06.2011 määrus "Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele." Selle määruse lisa 1 "NÕUDED ALATES 1. JAANUARIST 1997. A LIIKLUSREGISTRISSE KANTUD VÕI KANTAVALE SÕIDUKILE, VÄLJA ARVATUD ENNE 1. JAANUARI 1984. A VALMISTATUD VÕI ESMAREGISTREERITUD SÕIDUKID NING 30-AASTASED JA VANEMAD SÕIDUKID" määrab peamised kriteeriumid, et haagist oleks võimalik Maanteeametis arvele võtta. Olulised punktid mida arvesse võtta on grupis 11, mille kohaselt lubatud suurim laius on 2,55 m ja kõrgus 4 m, kesktelgahaagise suurimaks registrimassiks on 18 t. Suurim teliku koormus on samuti 18 t (Sele2.1)[5].

a) kui poolhaagise telgede vahe on 1,3 m või suurem, kuid ei ületa 1,8 m (vt joonis 46) – 36 t;



Joonis 46. Tandemtelgede asetus

Sele 2.1 Skeem koormusest telikule [6]

Nagu näha Seelt 2.1 on sellise koormuse puhul maksimaalseks lubatud telgede vaheks 1,8 m ja minimaalseks 1,3 m.

Seega põhilised kriteeriumid, mida selle ettekirjutuse põhjal tuleb järgida on:

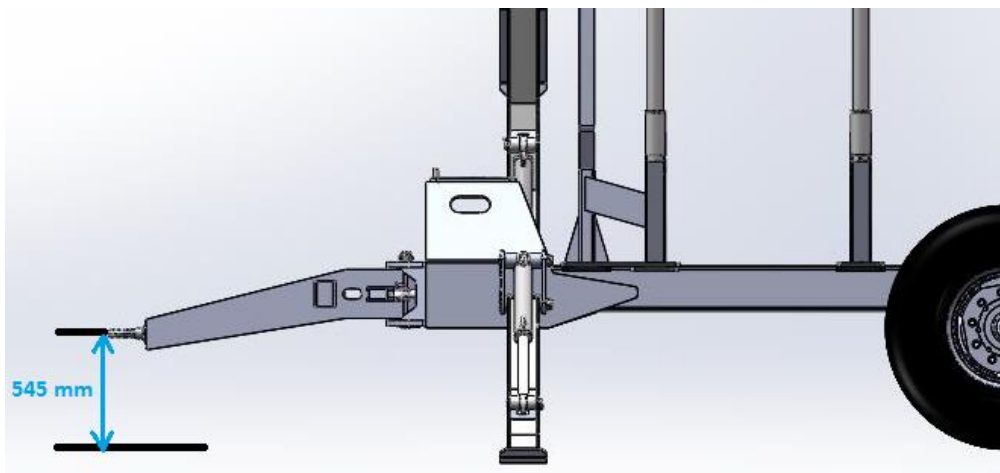
- Maksimaalne lubatud kõrgus koos tõstukiga on 4 m.
- Laius 2,55 m
- Telgede vahe 1,3 ... 1,8 m
- Suurim teliku koormus 18 t.

3. Haagise osade projekteerimine

Selles peatükis tutvustatakse peamisi haagise kooste ja nende ülesandeid. Lisaks selgitatakse erinevate probleemsete kohtade lahendamist ning erinevaid lahendusi. Vajalikud arvutused on välja toodud peatükis 4. Peamised osad, millest üks klassikaline metsaveohaagis koosneb on järgmised: tiisel, võre, raam, koormatala, sillatala, tõstuki jalg, tugijalad ja balansiirid. Nendele lisanduvad veel erinevad lisaveo süsteemid ning pidurid. Samuti saab üldjuhul lisada kారు raamidele pikenduse, kuhu külge saab vajadusel saab paigaldada numbrimärgi ja tuled.

3.1 Tiisel

Tiisli abil toimub haagise kinnitamine traktori haakekonksu külge. Enamusel tänapäeval valmistatud traktoritel puudub haakekonksu kõrguse reguleerimise võimalus. Konksu kõrgus sõltub tootjast ja kasutatavatest rehvidest. Tiisliil paikneva haakekonksu kõrgus mõjutab otseselt haagise nurka maapinna suhtes ja ka seda, kui palju tugijalad suruvad vastu maapinda. Juhul kui tiisli pool on olulisemalt kõrgemal kui haagise tagumine osa, ei pruugi käpad laadimise ajal maha ulatuda ning halvemal juhul võib haagis ümber minna. Enne tiisli projekteerimist sai selle töö raames mõõdetud ka mõningate klientide traktoreid. Traktorite haakekonksu kõrgused kõikusid vahemikus 500 kuni 550 mm maapinnast[7].



Sele 3.1.1 Keskmine tiisli kõrgus maapinnast

Tiisli külge on võimalik kinnitada kahte tüüpi haakekonksu. Esimene variant kinnitatakse tiisli ette keevitatud flantsi külge poltidega. Teisel variandil keevitatakse haakekonks tiisli külge. Esimest varianti kasutatakse peamiselt Austrias ja Saksamaal. Tiisli külge keevitatud konksul on see eelis, et konksu aas on pöörav ning seega ei toimu ebatasasel pinnal tiisli väänamist. Prototüübile sai valitud aasaga variant ning keevitus toimus robotiga. Selelt 3.1.2 on tiisli avad, et saaks voolikuid traktorist haagisesse läbi tiisli vedada.



Sele 3.1.2 Aasaga tiisel

3.2 Raam

Metsaveohaagiste puhul räägitakse tavaliselt kas ühe- või kahetalalistest raamidest. See tähendab seda, et raamitorusid, mille külge kinnitatakse koorma- ja sillatalasid on üks või kaks (näited seel 3.2.1). Kuna antud haagis on 15 tonnise kandevõimega siis on kindlasti mõistlikum raam konstrueerida kahetalaline. Kaks toru tagavad parema raami jäikuse ning kuna eesmärk on muuta haagis pealt kinniseks, ei ole võimalik kasutada ühte toru. Raamitoruna kasutatakse juba ettevõttes kasutusel olevat S355 200x100x8 nelikanttoru. Reeglina on väiksematel

haagistel ainult puhul üks tala ja see võimaldab nii koorma-, kui sillataladel olla liigutatavad mööda raami toru. Nii saab klient ise koormatalasid liigutada vastavalt sellele, kui pikki palke tahetakse vedada. Kahetalaliste haagiste puhul selline liigutamisevõimalus tavaliselt puudub.

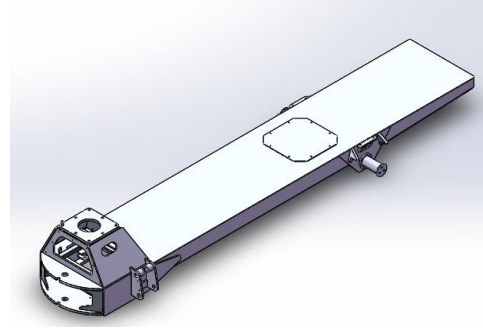
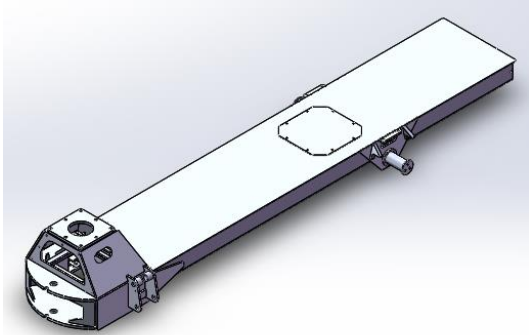


Sele 3.2.1 Haagiste tüübid: vasakul ühetalaline ja paremal kahetalaline [1]

Projekteeritav haagis erineb seel 3.2.1 olevatest selle poolest, et haagis on nii pealt, kui ka alt kinnine. Seda peamiselt kahel põhjusel - hüdraulikakomponentide paremaks kinnitamiseks ning okste veoks. Kuna haagisele peab olema võimalik paigaldada hüdraulilised 2WD käpad, mille tõttu on vaja paigutada lisa hüdrovoolikuid ning suunaventiile. Vajadusel lisandub veel nendele ka difrilukk. Kolmas põhjus on veel see, et kuna koormatalad on liigutatavad, siis vajavad nad mingit pinda millele toetuda.

Haagisele kinnitatakse tugijalg ning selle peale poltidega tõstuk. Tõstuki torni, ehk selle osa, mis toetub jalale, kõrgus sõltub jala tüübist. A-jala puhul on torn madalam ja FD-jala puhul kõrgem. Kuna antud haagisele pole A-jalga plaanis pakkuda, siis see osa tugijalast, kuhu kinnitub tõstuk, on juba raami küljes. Sellega väheneb tunduvalt detailide arv ning keevituse maht. Lisaks eeldaks antud raami laius seda, et vajalik on projekteerida uus FD-jalg.

Raami on võimalik muuta veidi voolujoonelisemaks kasutades painutatud karpe - nii saab muuta raami tagumist otsa koonilisemaks. Sellega kaasneb oluliselt rohkem lisa tööd ning detaile. Kuna eesmärk oli valmistada prototüüp „Maamessiks,“ siis aja kokkuhoiu mõttes seda varianti ei kasutatud.



Sele 3.2.2 Raamid a) Sirge b) Kooniline

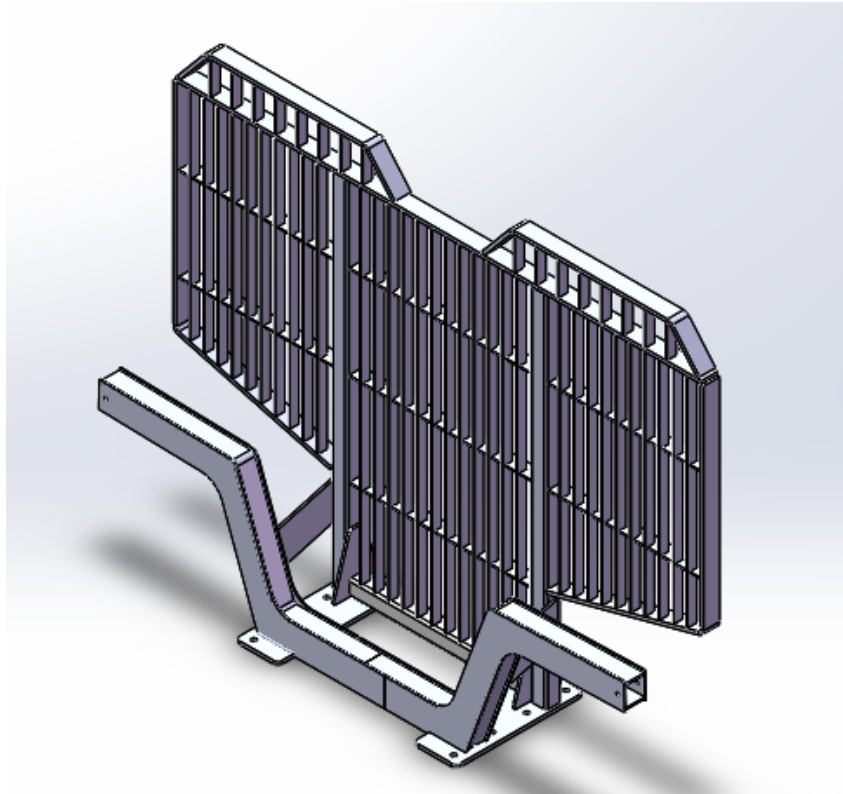
Nagu näha seelt 3.2.2 on raami tagumised otsad üksteisest veidi erinevad. Samuti on näha ka raami ees paiknev kinnitus plaat, kuhu peale käib tõstuk. Prototüübi valmimise ajal selgub ka kinnitusplaadi töötlemise vajadus. Plaat ei tohi olla kumer, et saaks tõstuki korralikult raami külge kinnitada. Hetkel töödeldakse kõikidel tugijalgadel kinnitusplaat CNC freesiga pärast keevitamist.



Sele 3.2.3 Keevitatud raam valmis kujul tehtud seel 3.2.2 vasakul oleva mudeli järgi

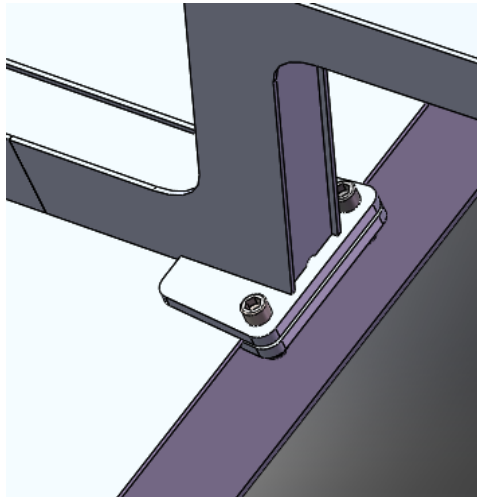
3.3 Võre

Võre eesmärk on piirata koorma liikumist vastu tõstukit. Eriti oluline on see pidurdamisel ja samas on võimalik paigutada koorem laadimisel vastu võret. Oluline on piisav jäikus ning ühtlasi peab võre olema ka piisavalt läbinähtav. Jäikus on oluline eriti laadimise ajal, kuna haaratsi küljes olevad palgid põrkuvad vastu võret. Nähtavus peab olema tagatud, et oleks hea ülevaade koormast. Samas ei tohi ära unustada seda, et karkassi vahele jäävate lattide vahe oleks piisavalt kitsas, et vältida palkide läbi tungimist.



Sele 3.3.1 Võre mudel

Võre on ühendatud esimese koormatalaga, et suurendada jäikust. Turuanalüüsist selgus, et osadel konkurentidel on ühendatud postid võrega. Võre karkass on tehtud S355 terasest 70x15 mm latist ning ribad 40x6 mm latist. Laadmisala ehk võre ristlõikepindalaks tuli 3,2 m², mis on lähedane konkurentidele. Kinnitamine raami külge toimub sarnaselt koormatalale ehk poltliite ja vastus-plaadi abil.



Sele 3.3.2 Koormatala kinnitus raami külge

Võre keevitatakse käsitsi selleks spetsiaalselt valmistatud rakises (sele 3.3.3). Seda tüüpi toodet ei ole võimalik robotiga keevitada, kuna puuduvad pikad õmblused. Rakisesse laotakse kõik latid ja karkass ning keevitatakse seal kokku. Latid ja ribamaterjal lõigatakse lintsaega õigesse mõõtu ning vajadusel painutatakse.



Sele 3.3.3 Võre rakis



Sele 3.3.4 Keevitatud võre valmis kujul enne värvimist

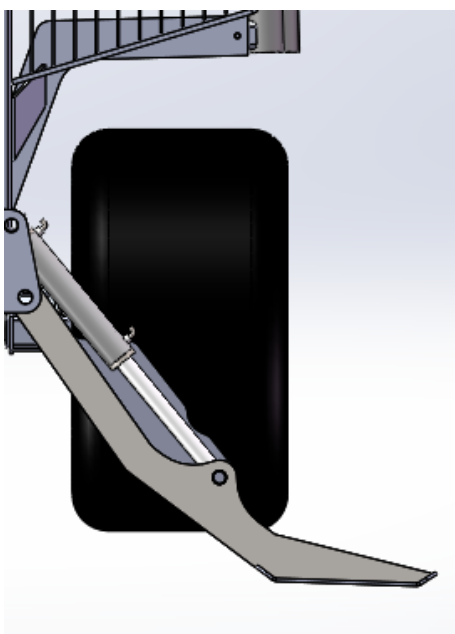
3.4 Tugijalg ehk käpp

Metsas koorma laadimisel peab haagis olema stabiilselt toetatud. Selleks kasutatakse peamiselt kahte erinevat varianti. Esimene on A-jalg tüüpi tugijalg, kus jala sees paiknevad sisemised jalad liiguvad silindrite abil vastu maapinda (sele 3.4.1). Teine variant on kasutada käpp-tüüpi jalga (inglise keeles *flat-down leg* ehk FD jalg).



Sele 3.4.1 A-jalg metsaveohaagisel BMF-92 [1]

Kuna FD jalg pakub laiemat toetuspinda, siis antud haagise puhul A-jalga ei pakuta. FD jalg koosneb tavaliselt emakojast ja käppadest. Emakoda on teisaldatav metallist konstruktsioon, kuhu külge kinnituvad käpad ja silindrid ning kokku moodustub FD jalg. Kuna eraldi emakoda selle mudelil ei ole, siis kasutatakse ainult autori poolt varem projekteeritud käppasid, mis leiavad kasutust ka BMF-i teistel toodetel. Kuna põllumajanduslikel traktoritel on haakekonksude kõrgused erinevad, siis on vajalik, et käpa tald ulatuks raami horisontaalses asendis ligikaudu 10-15 cm allapoole rattaid (näidatud seel 3.4.2). Sellega välditakse olukorda, kus ebatasasel pinnasel käpp suudaks haagist maapinnast ülespoole suruda.



Sele 3.4.2 FD jalg ehk käpp lõpp asendis

Käppa liigutab hüdrotsilinder, mille kolvidiameeter on 70 millimeetrit. Silinder on samuti standardtoode ning ühtlasi kasutatakse seda ka teiste mudelite juures. Kuna kasutatakse olemas olevaid tooteid, siis väldib see uute detailide ja silindrite kasutamist. Lisaks on oluline, et käppa on toodetud juba varem ja seega on selle töökindlus testitud. Kindlasti on loodava haagisega vajalik sooritada mõningad katsed, et veenduda käppade silindrite töös.

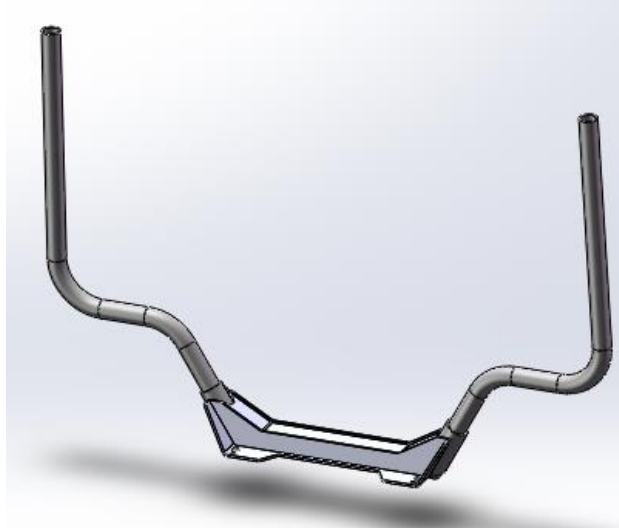
3.5 Koormatala

Koormatalade ülesanne on kanda palkide raksust. Kahetalaliste haagiste puhul on selleks lihtsalt risti toru postide vahel. Ühetalaliste haagiste puhul on vajalik aga natuke keerukamat lahendust. Kuna raam ehitatakse ümber ühe toru, siis peab koormatala sees olema ava, läbi mille jookseb raami toru ning mille külgedele kinnitatakse postid. Mõlemad variandid on ka näha seel 3.2.1.

Koormatalade konstrueerimise viise on mitmeid, peamiselt tuleb arvestada ettevõttes olevate tootmisvõimalustega. Üks lähenemisviise on lähtuda robotkeevitusseadme ulatusest. Robotiga on võimalik keevitada pea kõike, mis on lühemad kui 1,4 m. Ühtlasi peab koost olema selline, millele roboti keevituskäpp ligi pääseks ning õmblused oleksid võimalikult pikad, et roboti efektiivsus võimalikult suur oleks. Samuti vaja arvestada painutuspingi parameetritega. Detailid peavad olema vajaliku pikkusega ning arvestada tuleb, et võimatu on painutada teravaid nurki alla 88° . Samuti võib tekkida probleeme kulumiskindlate materjalide painutamisel, kuna pink ei võimalda saavutada vajalike jõude.

Koormatala 1

Esimene koormatala lahendus on loodud arvestades robotkeevituse võimalusi. Postipesad keevitatakse plasmapingiga lõigatud detailide külge ning postid painutatakse selliselt, et laadimisala suurus jääks $3,2 \text{ m}^2$. Plasmaga lõigatakse S355 lehest neli lõigatud 8 mm paksust detaili. Kõik detailid tuleb painutada ning postipesad nende külge keevitada. Postid on 76x6 millimeetrisest torust ning pesad 95x8 millimeetrisest torust. Koormatala kinnitatakse raami külge poltliite ja vastus-plaadi abil.



Sele 3.5.1 Koormatala 1

Koormatala 2

Teine lahendus koosneb samuti plasmapingiga lõigatud detailidest ning kinnitamine plaadi külge toimub sarnaselt esimese variandiga. Postid on sirged ning seega saab kasutada õmblusega torusid, mis on tunduvalt odavamad, kui õmbluseta torud. Õmblusega torusid ei saa kasutada veel ka märksa olulisemal põhjusel, kuna painutamisel lähevad torud õmbluse kohapealt katki. Eesmärk on teha selline lahendus, mis võimaldaks koormaala ristlõiget suuremaks muuta, et saaks oksti ja võsa vedada. Kuna oksad kaaluvad vähem, siis võimaldab selline lahendus mahutada rohkem oksti ning säästa kasutajal kütust.



Sele 3.5.2 Koormatala 2

3.6 Balansiir

Balansiiri külge kinnituvad kaks-telg haagisel ratta rummud. Projekteerimisel tuleb arvesse võtta peatükis 2 toodud nõue, et haagise, mille teliku koormus on 18 t telgede vahe peab jääma vahemikku 1,3 kuni 1,8 m. Telgede vahe sõltub ka ratastest ning nende valikust. Lisaks peab arvestama sellega, et nii õhk,- kui ka hüdropiduri silinder mahuks raami ja rataste vahele. Kokku on vaja konstrueerida kolm erinevat balansiiri. Esimene vabalt veerevate rummudega, mehaanilise- ja õhk piduriga ning 2WD balansiir. Balansiiri telgede vahe valikul tuleb lisaks nõuetele arvestada ka rataste suurst. Seega tuleb eelnevalt valida rattad ning seejärel konstrueerida balansiir.

Rattad

Hetkel on OÜ Lisako poolt kõige suuremaks toodetavaks haagiseks 13 tonnise kandevõimega haagis ning standard ratasteks on sellel haagisel 550/45-22,5 rattad. Turuanalüüsist selgus, et konkurendid kasutavad nii 500 kui 600 mm laiusega rattaid. Oluline on siinkohal arvestada rehvide maksimaalselt lubatud koormusega liikumisel kuni 40 km/h. Seega näiteks põllumajanduslikul rattal SG-flotation 550 /60 – 22,5 on maksimaalne koormus kuni 25 km/h liikumisel 5150 kg, mis tähendab, et haagisel täismassiga 18 t on võimalik kasutada antud rehve. Siit võib järeldada, et kasutada võib rehve nii laiusega 550 mm kui ka 600 mm. Standard ratasteks valin siiski 600/50 -22,5 rattad, mis igal juhul sobivad kantava raskusega.



Sele 3.6.1 Starco SG-flotation 550/60-22,5 [21]

Rummud

Rummud ehk poolteljed keevitatakse balansiiri külge. Nende valik sõltub eelkõige kantavast koormusest ning soovitud rehvidest. Lisaks on põllumajanduslikel rummul oluliseks

näitajaks lubatav kiirus. Esimene vahemik on 25-40 km/h ja teine 60/80 km/h. OÜ Lisako on koostööd teinud peamiselt Itaalia tootjaga TVZ[10]. OÜ Lisako poolt pakutavate haagiste lubatud kiirus on kuni 25 km/h, seega kasutatakse esimesse vahemikku jäävaid rummusid. Rehvide kinnitamiseks vajaminevate mutrite ja rummu poltide arv ning ringjoone diameetrid peavad olema samad. Lubatav koormus mõjutab eelkõige rummu metallvarda suurust. 90x90 vardaga rummu lubatav koormus on 4500 kg ehk 18000 kg nelja rummu peale kokku. Kuna osa koormusest langeb ka tiislile, siis on 90x90 vardaga rumm sobilik.



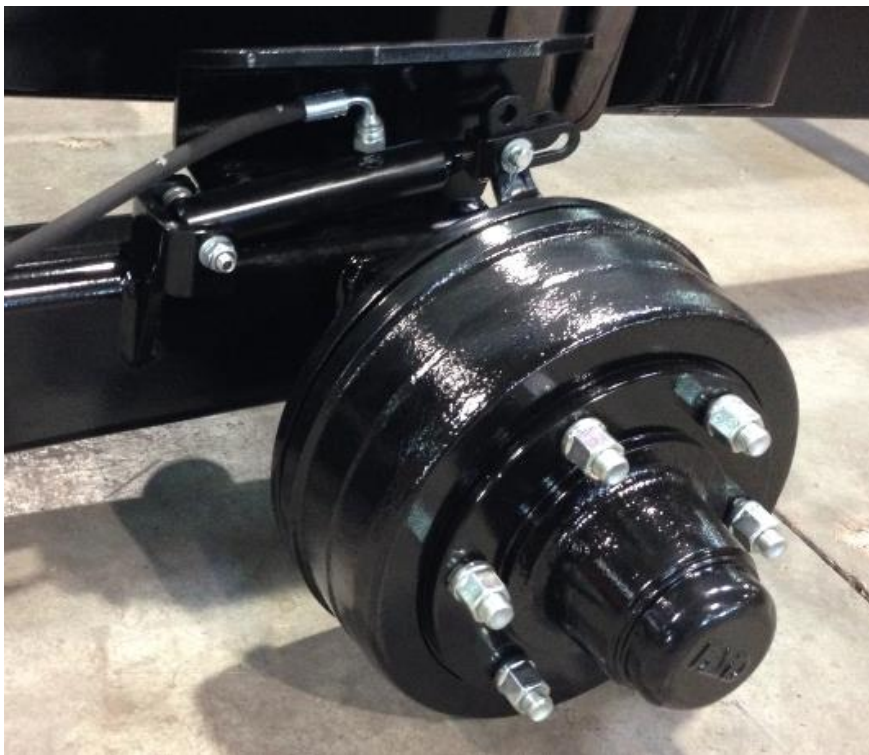
Sele 3.6.2 TVZ-i vabaltveerev pooltelg[10]

3.7 Pidurite valik

Kuna tegemist on suure metsaveohaagisega, siis peab haagist olema kindlasti võimalik tellida koos piduritega. Seda eriti mägistes riikides nagu Austria ja Sloveenia, kus metsad asuvad mägistel aladel. OÜ Lisako kogemus on näidanud, et pea eranditult tellitakse nendest riikidest piduritega haagised. Nagu eelnevas peatükis mainitud, kasutatakse kolme tüüpi pidureid; mehaanilist-, õhk ja hüdropidurit. Kõikidel piduritel on omad head ja halvad küljed. Paljuski sõltub piduri liigi valik edasimüüja soovitudest. Saksamaale minevad haagised on peamiselt õhkpiduriga ning Austriasse mehaanilise piduriga. Pidurite valiku meetodika lähtub kasutatavast rehvimõõdust ning haagise massist.

Mehaaniline pidur

Mehaanilise piduri puhul asub rummu pidurdussilinder väljaspool rummu. Ühepoolse toimega silinder on ühenduses rummu seest tuleva nuutvõlliga selle küljes oleva hoova kaudu. See on enim tellitav pidurdussüsteem, kuna võimaliku lekke või rikke korral on silindrit lihtne vahetada ning leke kergesti leitav. Samas vajab silinder aga kaitset, kuna koorma laadimisel või transportimisel võib silindrile langev palk selle kasutuskõlbmatuks muuta. Silinder ning selle kaitsekate paigaldatakse balansiirile. Pidurdussüsteem on Saksamaal saanud TÜV (täpsemalt peatükis 5) standardi ning seega läbinud ka katsed täiskoormaga.



Sele 3.7.1 Mehaaniline pidur OÜ Lisako haagistel

Õhupidur

Õhupiduri puhul on süsteem põhimõtteliselt sama mis mehaanilisel piduril. Hüdrosilindri asemel kasutatakse pneumosilindrit. Silinder on samuti ühepoolse toimega ning oma mõõtmetelt suurem. Reeglina paigaldatakse suruõhu akumulatsiooniks haagisele ka suruõhupaak, mis on suur ja võtab küllatki palju ruumi. Silinder vajab samamoodi kaitset nagu hüdrosilinder.



Sele 3.7.2 Õhkpidur OÜ Lisako haagistel

Nagu näha Selel 3.7.2 on süsteem sarnane mehaanilise piduriga. Silinder on poltliitega kinnitatud balansiirile ning lihtsasti vahetatav.

Hüdrauliline pidur

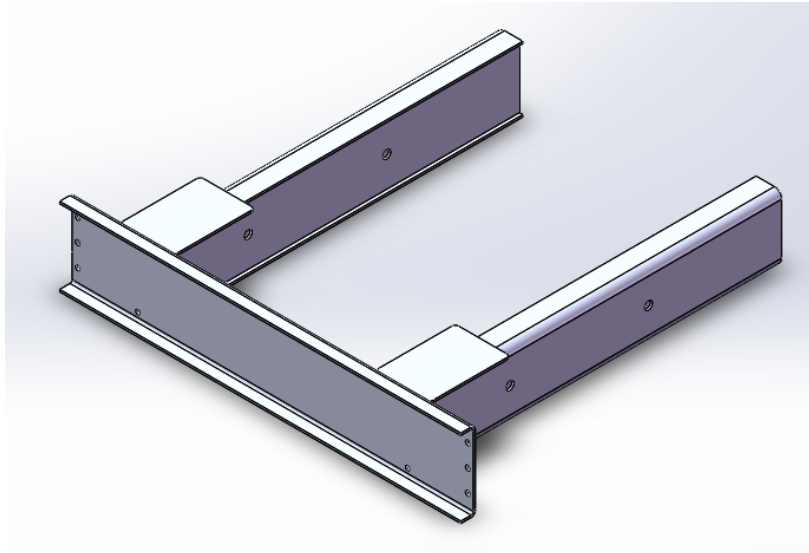
Hüdraulilise piduri puhul paikneb pidurdussilinder rummu sees. Seega on tegemist kõige kompaktsema lahendusega. Antud piduri suureks miinuseks on see, et rikke korral on raske rummu sees olevale silindrile ligi pääseda. See eeldab ratta eemaldamist, mis metsas olles võib küllaltki ebamugav olla.

Sellised on variandid, milliseid pidureid on võimalik haagisele pakkuda. Kuna pidurite valik sõltub suuresti kliendist, siis antud töös käsitletakse pidurite valiku võimalusi. Kuna valik sõltub veetavast massist ning ratastest siis toimub piduritega rummude valik vastavalt kataloogides olevatele suurustele. Pidurdamisefektiivsus on suures osas sõltuvuses ka haagist vedava traktori pidurdamise võimekusest.

[3.8 Raami pikendus](#)

Üldjuhul pakutakse metsaveohaagistele lisavarustusena ka raami pikendust. Selleks on tavaliselt kaks peamist põhjust. Esimene põhjus on laadimisala pikendamine. Hetkel toodetavatel mudelitel annab pikendus raamile ca 700 mm pikkust juurde. Teiseks on pikendus

vajalik neile, kes kavatsevad haagise arvele võtta ning sellega mööda maanteid liigelda. Pikenduse külge kinnitatakse registreerimismärk ning tuled. Raami pikendust saab alati eemaldada ning lihtsasti tagasi panna. Pikendus kinnitatakse raami torude sisse poltliidete abil. Pikendus on kokku keevitatud painutatud karpidest ning seda võimalik kasutada seda kahes asendis – lahti ja kinni asendis.



Sele 3.8.1 Raami pikendus

Pikenduse karpide peal on raex terasest plaadid, mille peale on võimalik kinnitada koormatala. Tuled kinnitatakse poltidega ning elektrikaablid jooksevad raamist ning pikendusest läbi.

Lõpptulemus sõltub paljuski sellest, mis lisade ja milliste pidurite ning veoga klient haagist soovib tellida. Antud haagise puhul on kindlasti vaja mõelda ka reduktori ja õlipaagi peale, juhuks kui soovitakse hüdraulikat traktori jõuvõtuvõlliga käidelda. Kuna võre on liigutatav siis reeglina kinnitatakse õlipaak võre külge ning reduktor tiislile, et selle külge kardaani kinnitada.

Eraldi nende komponentide välja valimisega antud töö käigus ei tegeleta ning juhul kui tuleb tellimus siis vastavalt kliendi soovile toimub tegutsemine siin peatükis kirjeldatud valikute põhjal.

Siinkohal on sobilik välja tuua haagise peamised näitajad. Teiste mudelite kohta on need näitajad leitavad ettevõtte kodulehelt ning antud haagise omad peaksid ka sinna lähemal ajal jõudma.

- Kandevõime – 15 t
- Kaal – 3 t
- Kogupikkus – 6925 mm
- Laadimisala pikkus – 4000 mm
- Laius standard ratastega – 2540 mm
- Standard rattad – 600/50 -22,5
- Teljed – 90x90
- Tiisli pöördnurk - 45⁰
- Balansiiri pöördnurk – ± 20⁰



Sele 3.1 BMF-152 valmis kujul Maamessil 16-18 aprill

4. Veosüsteemi valik

Kuna tegemist on suure haagisega, siis kindlasti peab haagisel olema veosüsteem. Peamised viisid seda realiseerida on kas mehaaniliselt, hüdro-mehaaniliselt, rullikuga või rummusisese veo abil. OÜ Lisako on oma tooteid arendanud alates 2014. aasta maist, seega pole jõutud veel mehaanilist ja hüdro-mehaanilist vedu arendada. Oma toodetel on kasutatud rummusisest vedu ja allhanke korras on paigaldatud ka rullikuga vedu.

4.1 Rummusisene vedu

Rummusisene vedu on üha enam nõutud veosüsteemi lahendus, mida kliendid OÜ Lisako-lt nõuavad. Rummu sees paiknevad radiaalselt hüdro-silindrid, mis võimaldavad pöörlemist mõlemas suunas. Juhul, kui puudub vajadus lisaveoks pöörlevad rummud vabalt. Sealjuures puudub vajadus siduri või mõne muu mehaanilise seadme järgi. Tegemist on küll kallima lahendusega võrreldes veorull süsteemiga, kuid see eest on rummusisesel ehk BlackBruin (lühidalt BB) rummul palju häid omadusi. Esiteks on seda on võimalik paigaldada kõigile erinevate suurustega rehvidele. Tänu sellele, et rumm paikneb velje sees, on võimalik kasutada ratastel linte. BB tootja Sampo Hydraulics[9] pakub seitset erineva suurusega rummu, mis erinevad peale suuruse ka võimsuse poolest.

Seni on ettevõttes kasutatud BB5 seeria rummusid, mille võimsus on kuni 72 kW. Maksimaalne lubatud koormus veorummu võllile on 18 tonni, seega sobib see antud haagisele. Pakutakse 2WD-d ehk ühte rummu balansiiri kohta. Peamine põhjus selleks on see, et nelja rummu kasutamine ei anna oluliselt suuremat jõudlust. Koostöös ühe pikaajalise kliendiga sooritatud katsetes võrreldi 2WD ja 4WD haagiseid ning märgatavalt suurt erinevust ei esinenud. Lisaks on nelja rummu puhul suurem ka suunaventilide ja voolikute arv, mida tuleb käru raami sisse peita. Rummu maksimaalne töö rõhk on kuni 350 bar-i ning traktorilt tuleva õli surve on 180 bar-i. Seega kasutatakse sellisel juhul napilt üle poole veorummu võimusest ning seda on võimalik suurendada, kasutades lisa hüdropumpa, mis tõstab rummu mineva õli survet.

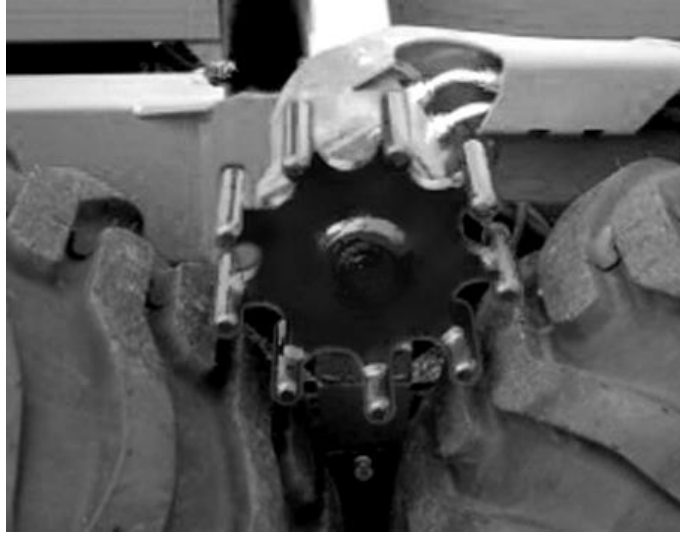


Sele 4.1.1 Sampo Hydraulics BB5 veorumm [9]

4.2 Veorull

Veorulliga süsteemi puhul töötavad rehvid hambumises veorulliga. See eeldab rehvidelt mustrit, et rull saaks kindlalt rehvi külge kinnituda. Konstruktsioon, mille küljes paiknevad nii veorull kui ka seda pöörlema panev hüdro mootor kinnitatakse poltliitega balansiiri külge. Kogu konstruktsioon on suhteliselt suur ning paikneb koormale väga lähedal. Selleks, et tagada rulli efektiivne ja tõrgeteta töö, tuleb haagisele paigaldada kate. Kate kaitseb veorulli okste ja palkide löökide eest ning välistab võimlause, et midagi võiks rulliku vahele sattuda. See aga muudab kogu haagise üsnagi kohmakaks ning raamile on vaja keevitada lisa detaile.

Üheks probleemseks kohaks on sellise lahenduse puhul rulli ja rehvide omavaheline haakumine. Haakumine tagatakse hüdro silindri abil. Oluline on see, et rull peab veojõudu edasi andma mõlemale teljele. Kuna aga rehvide rõhk ja koorma mass pole kogu aeg konstantsed, siis võib veojõu suurus olla üsnagi erinev. Veorulli puhul pole võimalik kasutada ka linte, et soises või lumistes tingimustes paremini edasi liikuda.



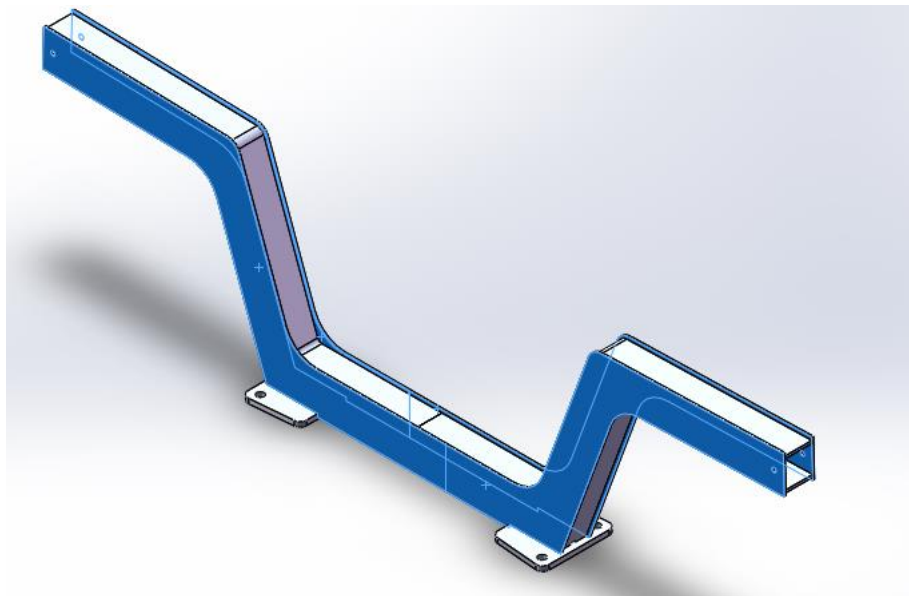
Sele 4.2.1 Veorull BMF-92 haagisel

Kuna hüdrovedu on ettevõttes rohkelt kasutust leidnud ning saanud ka positiivset tagasisidet on esialgu soov kasutada seda lahendust. Küll ei saa aga maha kanda veorulli, kuna selle hind võrreldes hüdroveorummuga on odavam ja konstruktsioon lihtsam.

4. Tugevusarvutused

4.1 Koormatala

Koormatalad kannavad kogu koorma raskust. Antud haagisel on standardis neli koormatala. Arvutuste eesmärk on koormatala külgselina paksuse määramine. Lisaks tuleb määrata ka materjal, millest detailid välja lõigata. Kuna ettevõttes on kasutusel peamiselt S355 ja RAEX[11] teraslehed, siis eesmärk on kasutada olemas olevaid materjale. Sinisega on seel 4.1.1 toodud arvutatavad detailid.



Sele 4.1.1 Koormatala

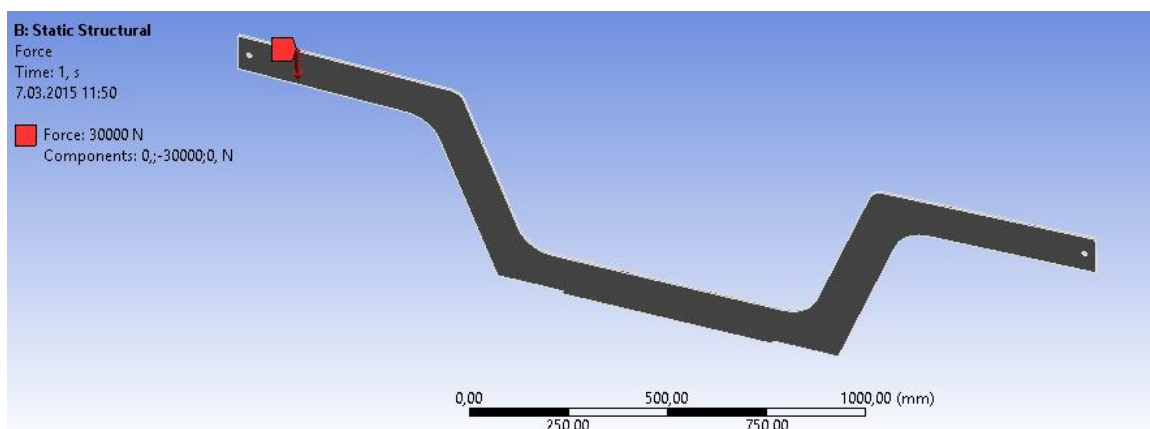
Selleks, et leida pingeid detailides tuleb esmalt määrata koorma mass. Kuigi töö eesmärk luua 15 tonnise kandevõimega haagis on siiski igaks juhuks vajalik simuleerida erinevaid koorma suurusi. Reeglina üritavad kliendid peale laadida ikka nii palju kui võimalik.

Koorma koostamisel on kasutatud kahte erineva diameetriga palke. Palkide diameetrid on 200 ja 400 mm ning materjaliks on valitud tamm, mis on kõige raskem metsamaterjal. Massi arvutamisel on võimalik leida erinevaid tiheduse väärtusi. Arvestada tuleb ka sellega, et märg puit kaalub tunduvalt rohkem kuivast. Seega maksimaalne tihedus on võetud 750 kg/m^3 [12]. Seel 5.2.1 näidatud koorma massiks tuleb 15,8 t ning arvutustes on kasutatud 1,5 kordset väärtust ehk $15,8 \times 1,5 = 23,7 \text{ t}$. Kokku võtavad koormust vastu neli koormatala ning arvutustel leitakse pinged ühe tala ühel küljel ehk $23,7 / 8 = 2,96 \approx 3 \text{ t}$.

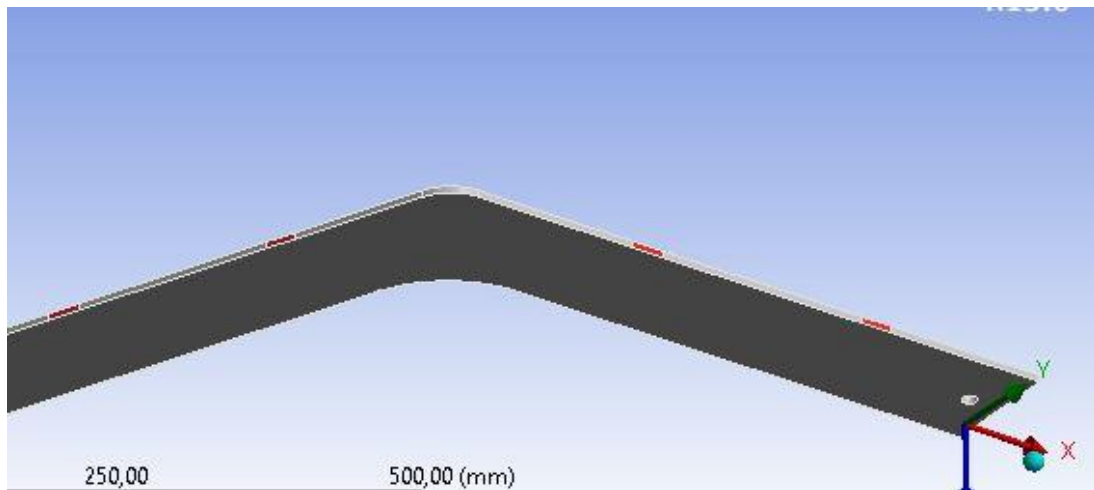


Sele 4.1.2 200 ja 400 mm diameetriga tammepalkidega koorem

Arvutused on tehtud ANSYS 15.0 tugevusarvutuste programmiga ning arvutuste tulemuseks on külje detailide paksuse määramine. Koormused on rakendatud 30 mm pikkustele löikudele, kuna palgid vajuvad antud detaili sisse. Koormatala seina materjali paksus on 6 mm. Arvutustes on tehtud mõningad lihtsustused ja arvutustes kasutatakse ainult ühte koormatala külge.

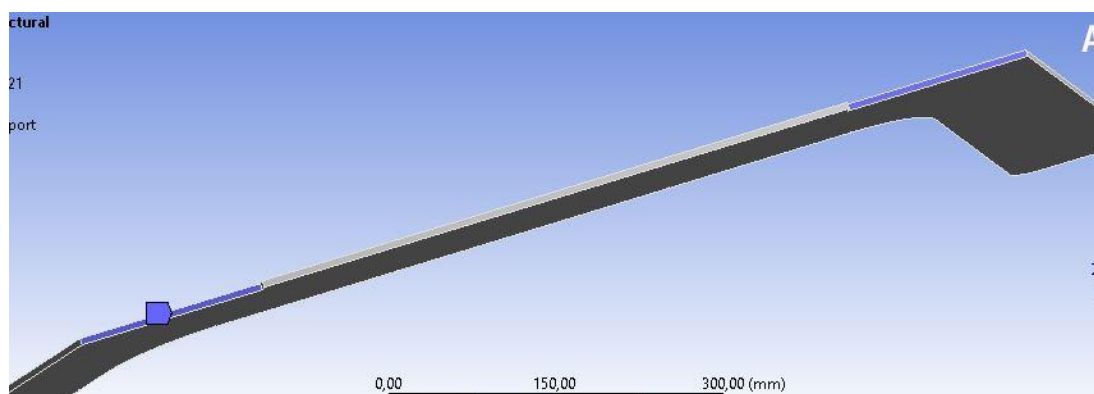


Sele 4.1.3 Mõjuv jõud



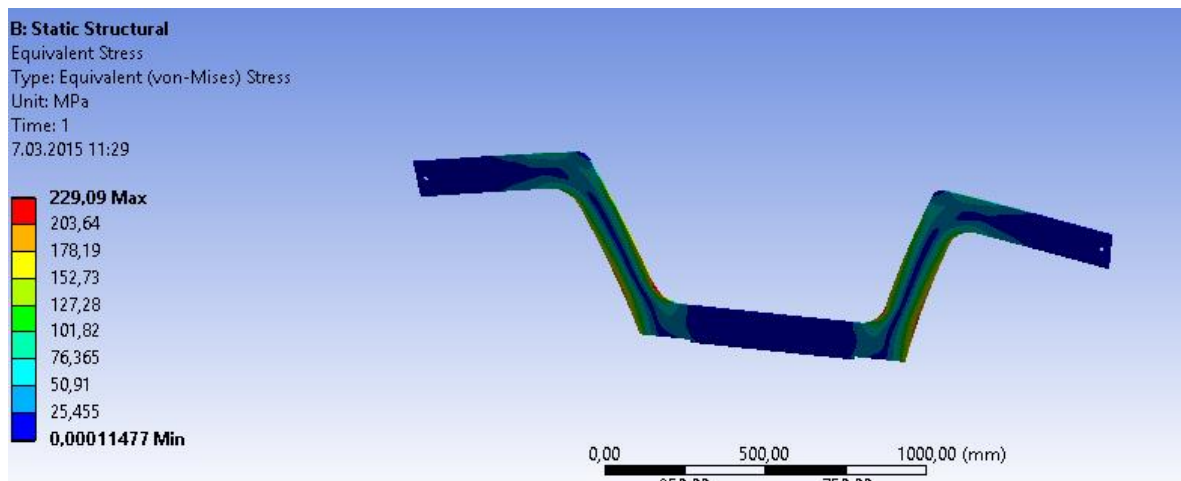
Sele 4.1.4 Suurendus mõjuvast jõust koormatalale 2

Kokku ühel detailil kümme 30 mm pikkust lõiku, mille vahel on ära jaotatud 30000 N mõjuv jõud. Koormuse suund on Y-telje sihis ning detaili teljestiku koordinaatsüsteemiga võrreldes negatiivses suunas. Reaalselt on palkidelt tulev jõud ka külgsuunaline, kuid seetõttu, et koormat on võimalik laadida väga erineval moel ning erinevatest palkidest on lihtsustuse mõttes jõu suund selline nagu eelnevalt mainitud.



Sele 4.1.5 Fikseeritud toed koormatalale (vaade alt)

Nagu näha seel 4.2.5 on koormatala detail jäigalt fikseeritud pindadega, mis toetuvad vastu koormatala taldu. Tallad toetuvad omakorda vastu raami ning kinnitatakse sinna vastus- plaadi ja poltliidete abil.

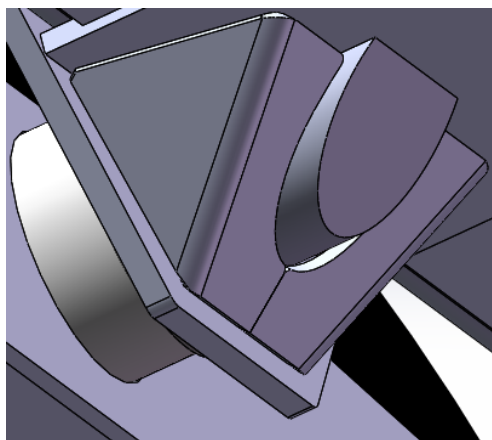


Sele 4.1.6 Pinged koormatala plaadil 30000 N mõjuva jõu korral

Nagu näha seelt 4.5.5 on maksimaalsed pinged koormatala sisemistes nurkades. Pinged 6 mm paksuses detailis jäävad alla S355 voolavuspiiri ja maksimaalsed pinged on 229 MPa. Ehk tugevusvaru on seega $355/229 \approx 1,5$. Seega osutub valituks 6 mm paksune S355 leht.

4.2 Sillatala teljed

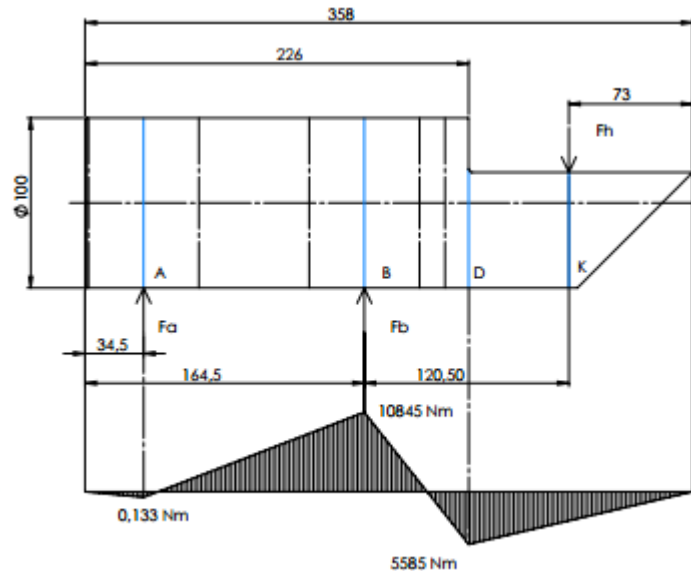
Tegemist on haagise kõige tähtsama kohaga ning analüüsitav detail vajab kõige rohkem töötlust. Võll keevitatakse raami külge ning selleks freesitakse võllile hammas. Teljele keevitatakse ümber metall-lehest painutatud karbid (selel 4.2.1), et tagada selle tugevam kinnitumine raami külge. Teisest otsast kinnitub võllile balansiir, mis fikseeritakse poltidega kinnitatava kaane abil.



Sele 4.2.1 Koormatala telg

Telg toetub kahe pronkspuksi abil balansiiri puksi külge ja ristlõiked A ja B on pronkspukside keskpunktid. Koormus mõjub raami külge kinnituvale osale. Arvutustes kasutatavad ristlõiked on seel 4.2.2 tähistatud sinise joonega.

Koormusolukord 1



Sele 4.2.2 Koormus skeem 1

Esimeseks koormusolukorraks on kui arvestatakse haagise- ja koorma massi.

Haagise mass = Koorem + Haagis

Koorma mass= 15 t

Haagis= 3 t

Haagise mass = 15+3= 18 t

Ühele teljele mõjub pool sellest koormusest, ehk 9 t.

Toereaktsioonid:

$$\sum M^{(A)} = 0; F_B \cdot AB - F_h \cdot KA = 0 \quad (4.2.1)$$

$$\sum M^{(B)} = 0; F_A \cdot AB + F_h \cdot KB = 0 \quad (4.2.2)$$

AB=130 mm

KA=250,5 mm

$$KB = 120,5 \text{ mm}$$

$$F_B = \frac{F_{H/2} \cdot KA}{AB} = \frac{90000 \cdot 0,2505}{0,13} = 173424,1 \text{ N} \quad (4.2.3)$$

$$F_A = \frac{-F_{H/2} \cdot KB}{AB} = \frac{-90000 \cdot 0,1205}{0,13} = -83423,1 \text{ N} \quad (4.2.4)$$

Suund joonisel vastupidine.

Paindemomendid:

$$M_A = F_B \cdot AB - F_{H/2} \cdot KA = 173424,1 \cdot 0,13 - 90000 \cdot 0,2505 = -0,133 \text{ N*m} \quad (4.2.5)$$

''-'' märk näitab, et joonisel on teistpidine

$$M_B = F_{H/2} \cdot AB = 90000 \cdot 0,1205 = 10845 \text{ N*m} \quad (4.2.6)$$

$$M_D = F_{H/2} \cdot KD = 90000 \cdot 0,065 = 5850 \text{ N*m} \quad (4.2.7)$$

Ring ristlõike telgtugevusmoment:

Kuni freesitud osani on telje diameeter 100 mm

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 100^3}{32} = 98175 \text{ mm}^3 \quad (4.2.8)$$

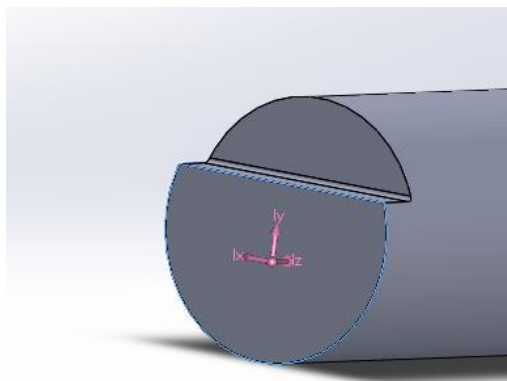
[13]

Painde piinge

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (4.2.9)$$

[13]

Telgtugevusmoment faasitud osal SolidWorksist:



Sele 4.2.3 Faasitud osa ristlõige

$$W_Y = \frac{I_Y}{x_{max}} = \frac{3859089,1}{50} = 77182 \text{ mm}^3 \quad (4.2.10)$$

$I_Y = 3859089,1 \text{ mm}^4$ (saadud SolidWorksi programmist, sele 4.2.3)

$x_{max} = r = 50 \text{ mm}$

Seega: Ristlõikes D

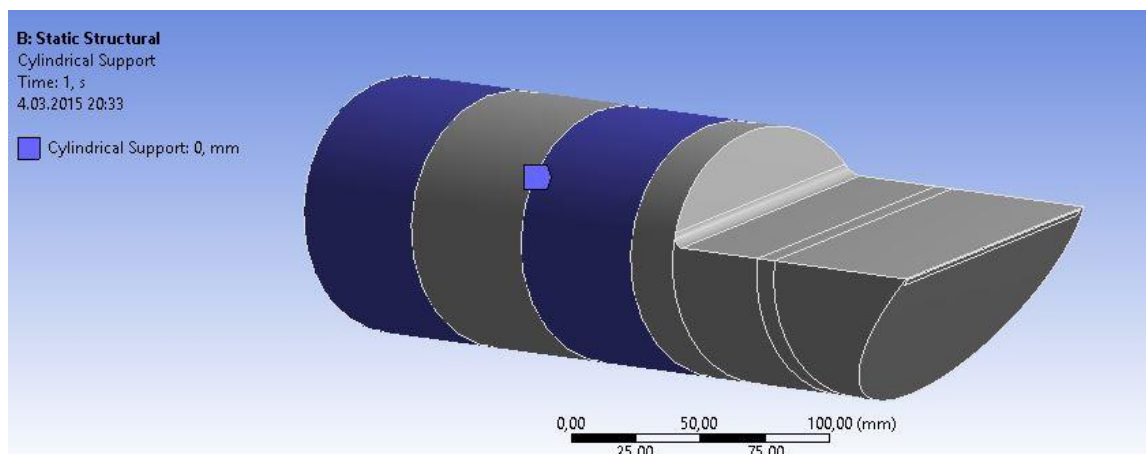
$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{5850 \cdot 1000}{77182} = 75,7 \text{ N/mm}^2 \quad (4.2.11)$$

Ristlõikes B:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{10845 \cdot 1000}{77182} = 140,5 \text{ N/mm}^2 \quad (4.2.12)$$

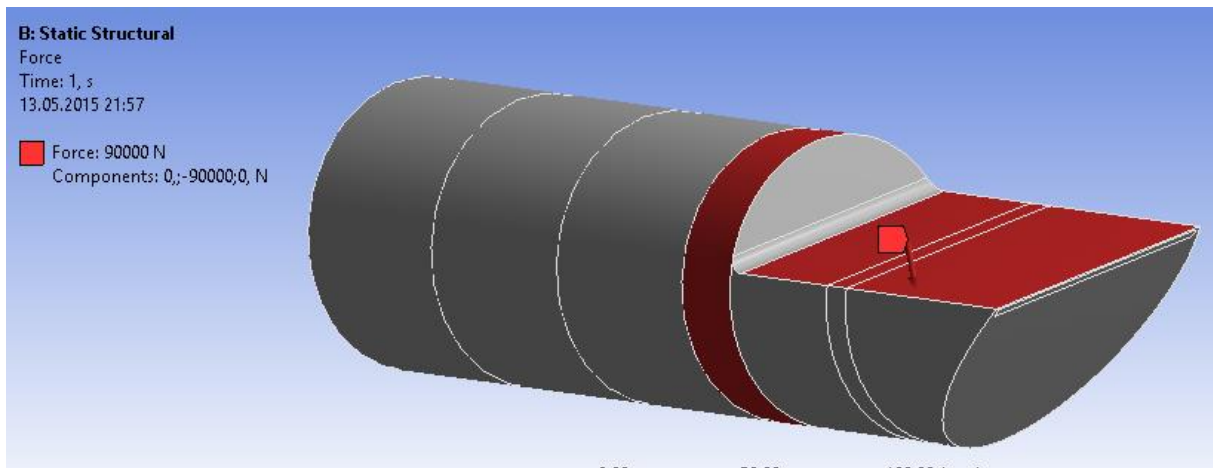
Käsiarvutuste kontroll ANSYS programmiga:

Käsi tehtud arvutusi saab kontrollida LEM meetodiga. Telg toetub pronks puksidega balansiirile ja on seega nendest kohtadest silindriliselt toetatud (sele 4.2.4).

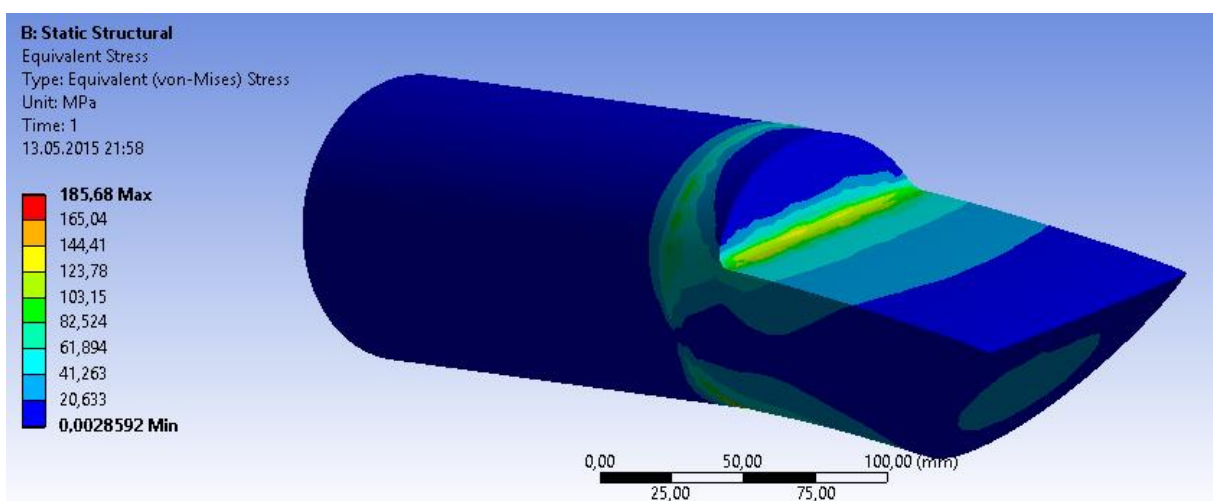


Sele 4.2.4 Telje toed toed märgitud sinisega

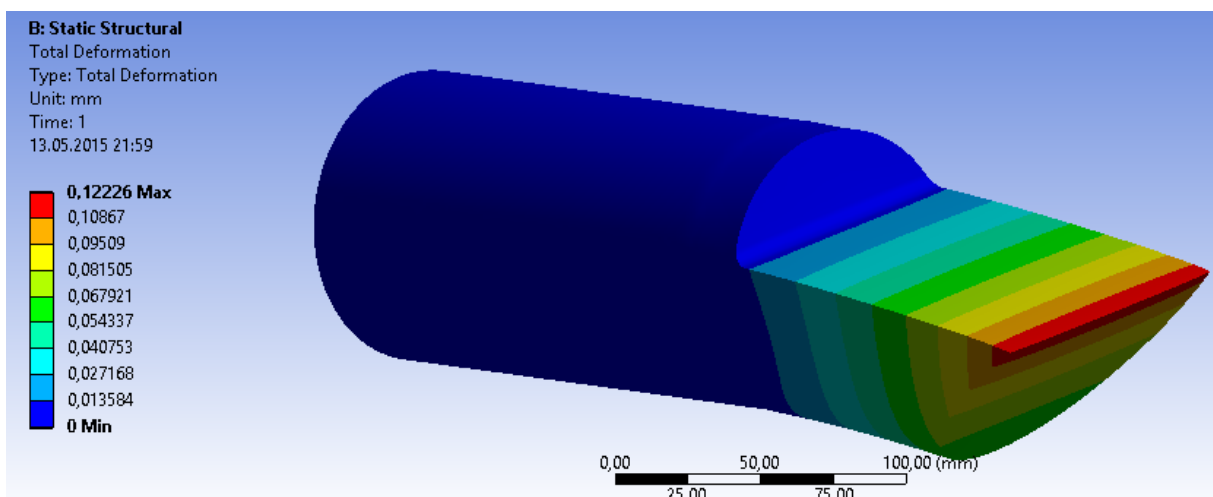
Jõud mõjub freesitud pinnaga risti ning sellele osale, mis on keevitatud raami külge.



Sele 4.2.5 Teljele mõjuv jõud



Sele 4.2.6 Telje pinged

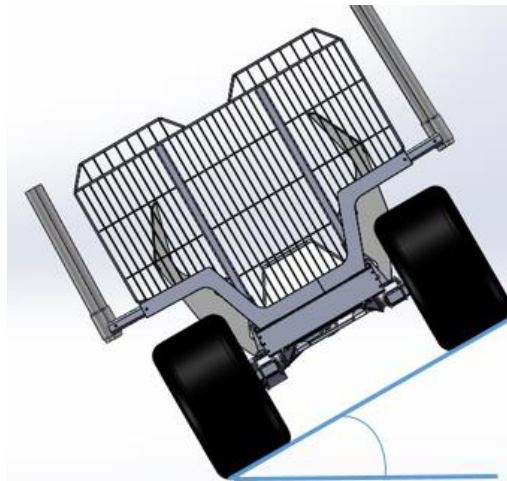


Sele 4.2.7 Telje deformatsioonid

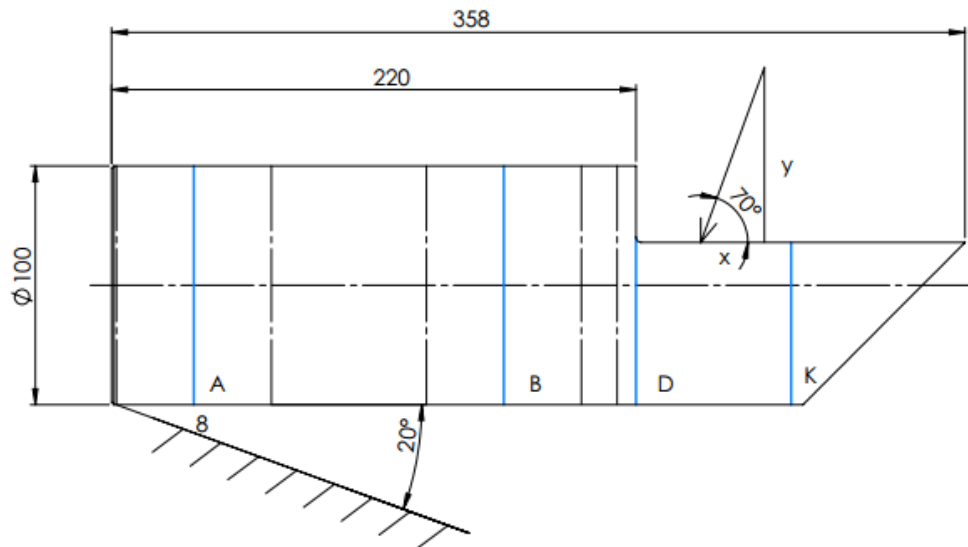
Nagu näha seel 4.2.6 on maksimaalsed pinged freesitud servas. Servale on lisatud raadius, et pingekontsentraatoris oleksid väiksemad väärtused ja tulemused reaalsemad päris elu situatsioonile. Raadiuse lisamine on põhjendatud ka sellega, et telje külge on keevitatud karp, mis suurendab kogu sõlme tugevust ning jõud jaotub laiemale alale. Keskmised pinged detailis jäävad aga alla 40 MPa. See tähendab, et käsitsi tehtud arvutused ning ANSYS-iga saadud tulemused on küllaltki lähedased. Käsitsi arvutustel leitakse pinged arvestades detaili ristlõiget mitte kogu detaili struktuuri ja seega ei teki pingekontsentraatoreid. Seega võib koormusolukorda 2 analüüsida ANSYS paketi.

Koormusolukord 2

Kuna haagisega ületatakse metsas kände ja läbitakse auklike löike, siis võib tekkida olukord kus kogu raskus kandub ühele sillale. Balansiirid liiguvad üksteisest 20° (sele 4.2.8) sõidusuunas ja seega on haagis kändu või mõnda muud kõrgendust ületades stabiilsem, kui seda oleks koos liikudes.



Sele 4.2.8 Metsaveohaagis 20° nurga all taksitusest üle sõites

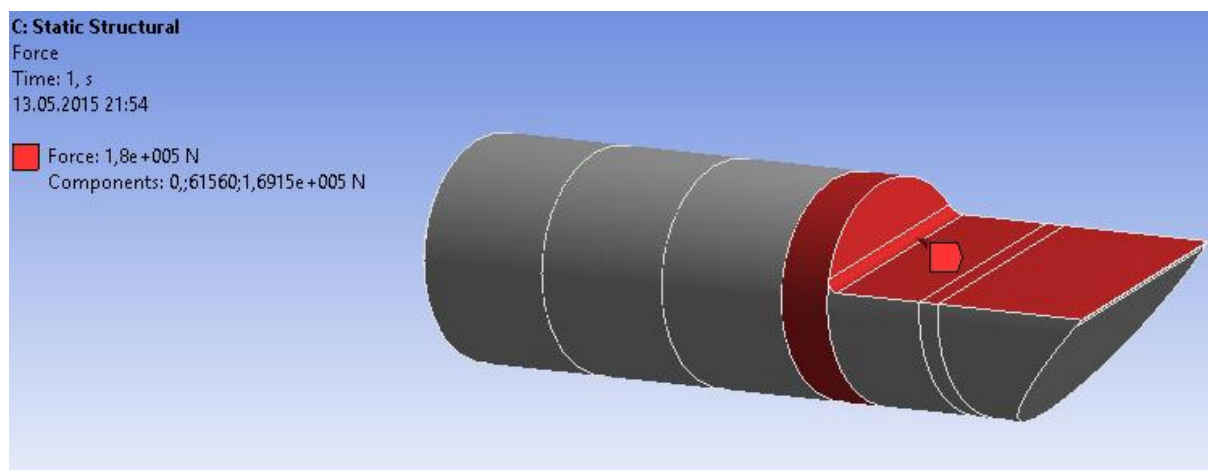


Sele 4.2.9 Koormuskeem 2

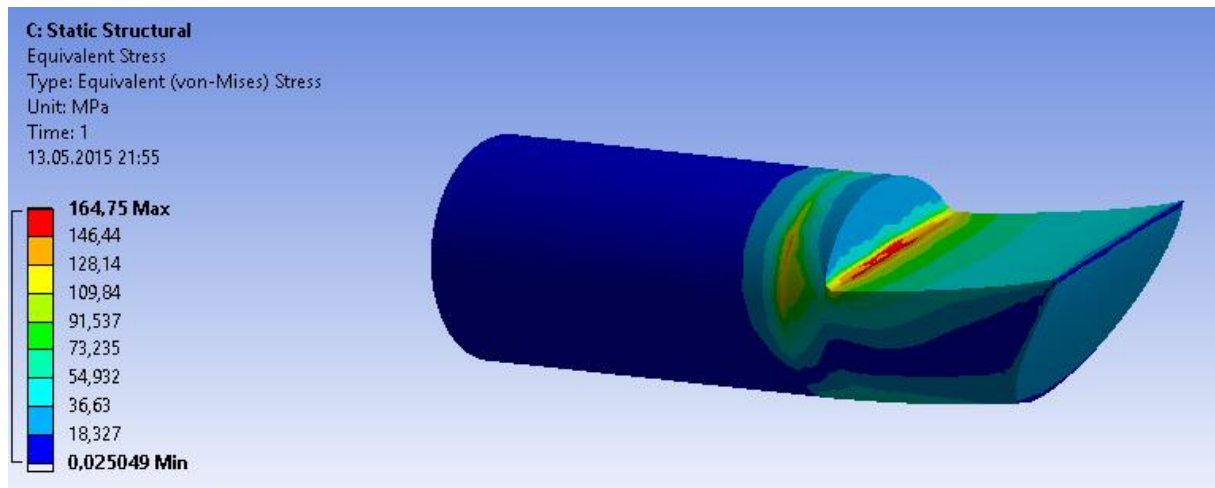
Kuna kogu haagise mass on 20 t siis leian mõjuva jõu komponendid. X-komponent on freesitud pinna sihis ja Y-telg sellega risti vertikaalselt. Toed asuvad täpselt samuti nagu selel 4.2.4. Enne arvutust ANSYS programmiga on vaja leida jõu komponentide väärtused.

$$x = \cos 70^{\circ} \cdot 18000 \approx 6156 \text{ kg} \quad (4.2.13)$$

$$y = \sin 70^{\circ} \cdot 18000 \approx 16915 \text{ kg} \quad (4.2.14)$$



Sele 4.2.10 Jõud kaldu



Sele 4.2.11 Pinged kaldu

Maksimaalsed pinged tekivad telje vastaspoolele. Pingete maksimaalsed väärtused jäävad ligikaudu 164,75 MPa juurde. Seega kasutades S355 materjali on tugevusvaru $355/164,75 \approx 2,15$ korda.

5. TÜV sertifikaat

„TÜV” saksa keeles *Technischer Überwachungsverein* ehk tõlkes „Tehnilise Järelevalve Ühing” on peamiselt Saksamaal, Austrias ja Šveitsis tegutsev organisatsioon, kelle ülesanneteks on hinnata toodete ohutust nii inimestele kui ka keskkonnale. Tegemist on sõltumatu ühinguga ning välja antav sertifikaat pole kohustuslik. Kuna OÜ Lisako on tegutsemas just eelnimetatud kolmel turul, siis „TÜV” sertifikaat annab edasimüüjatele ning klientidele kindluse toodete kvaliteedi kohta. Lisaks sellele, et klient saab kindluse toote kvaliteedi kohta on sertifikaat tähtis ka tootjale. Selle suurem eesmärk on toodete homogeniseerimine Euroopa Liidu standarditele vastavaks[22].

„TÜV-SÜD” on organisatsioon, mille peamine kasulikkus seisnebki uute eksportturgude nõuete ja määruste tundmises. Juhul kui ettevõtte soovib laiendada erinevatele Euroopa turgudele, on keeruline hallata kõiki tehnilisi nõudeid, mis igas riigis kehtivad. Seega on läbi ühe organisatsiooni võimalik viia oma toode vastavusse Euroopa Liidu nõuetega.

OÜ Lisako pakub nii metsaveohaagiseid, kui ka tõstukeid ning neid on võimalik müüa nii koos kui eraldi. Seega saab moodustada mitmeid erinevaid tõstuki ja haagise komplekte. „TÜV” sertifikaadi saab anda aga ainult kindlale komplektile. Ehk siis, kui haagis jätta samaks ning vahetada sellel olevat tõstukit, ei kehti sellele enam antud komplekti sertifikaat. OÜ Lisako jaoks tähendab see aga seda, et iga toode vajab eraldi sertifikaati ning testimist.

Sertifikaadi saamiseks tuleb toode saata „TÜV” katselaborisse. Seal sooritatakse erinevaid katseid ning sooritatakse ka teoreetilised arvutused haagise ja tõstuki osadele. Näiteks antakse eraldi sertifikaat haagise piduritele ning tiislile. Pidurite kontroll toimub nii täis kui ka tühja koormaga. Hinnatakse pidurdusmaa pikkust ning rataste blokeerimist. Teoreetilised arvutused sooritatakse tootja poolt saadetud andmetega. Selleks on eraldi metoodika, selle arvutuse peab sooritama rummude tootja. Vajalikud on andmed pidurisilindri, maksimaalse lubatud kiiruse ning tiislile ja telikule mõjuva koormuse kohta.

6. Okste press

Üha enam levib energiasäästlik mõtlemine ning igasugustest jääkmaterjalidest üritatakse teha energiat. Metsanduses on juba aastaid kasutatud maha lõigatud puude oksti hakkepuidu tegemiseks. Selline mõtteviis levib järjest rohkem ka väiketalunike seas, kes on OÜ Lisako peamine klientuur. Hakkepuitu on võimalik väga edukalt maha müüa või kütteks kasutada.

Antud töös loodava haagise üheks lisa rakenduseks võiks ollagi okste transport. Tavaliste haagistega on samuti võimalik oksti vedada, kuid tänu okste suhteliselt raskele kokkusurutavusele ei mahu neid haagisele väga palju. Okste vedu saab oluliselt efektiivsemaks muuta neid kokku surudes. Tänu oma väiksele kaalule võib oksti edukalt kokku pressida kartmata haagise ülekoormamist. Lisaks kokkusurumisele võimaldab muudetav koormala oksti veelgi rohkem mahutada. Kuid oluline on siinkohal märkida, et suurema koormalaga ei tohi näiteks Eesti teedel liigelda.

6.1 Olemas olevad lahendused

Selles sektoris, kus tegutseb OÜ Lisako on ainult üks tootja, kes pakub mingit erilahendust okste veoks. Tegemist on Rootsi tootjaga Möwi (sele 6.1.1) [14]. Nende pakutavaks lisavarustuseks on hüdrauliliselt liikuvad postid.



Sele 6.1.1 Möwi hüdraulilised postid

Nagu näha seel 6.1.1 on postid painutatud ning hüdrauliliselt liigutatavad. Rohkem infot kahjuks antud lisavarustuse kohta pole.

Forwarderide tootjatel on olemas veidi mahukamad lahendused. Eriti paistavad silma Tigercat ja Ponsse. Mõlemad on suhteliselt sarnased ning haagise osad on okste veoks spetsiaalselt disainitud.

Tigercat forwarder

Haagis on spetsiaalset mõeldud okste veoks. Selel 6.1.2 on näha, et kaks seinu on silindritega kinnitatud haagise külge ning neid on võimalik kokku ja lahku liigutada. Kaks vertikaalset posti, mis on omavahel ühendatud torudega ning mille peale käib metallplaat moodustavad ühe seinu.



Sele 6.1.2 Tigercat forwarder

Ponsse forwarder

Ponsse on metsatehnikas teerajaja ning üks edukamatest tootjatest. Nende kõige silmapaistvam lahendus töötab põhimõtteliselt samamoodi nagu eelnimetatud Tigercatil. Kokku ja lahku liiguvad omavahel ühenduses olevad nn „kihvad.“ Võrreldes eelmise lahendusega on kihvad sissepoole kaldu, selline kuju tagab laadimisel okste parema haagisel püsivuse.

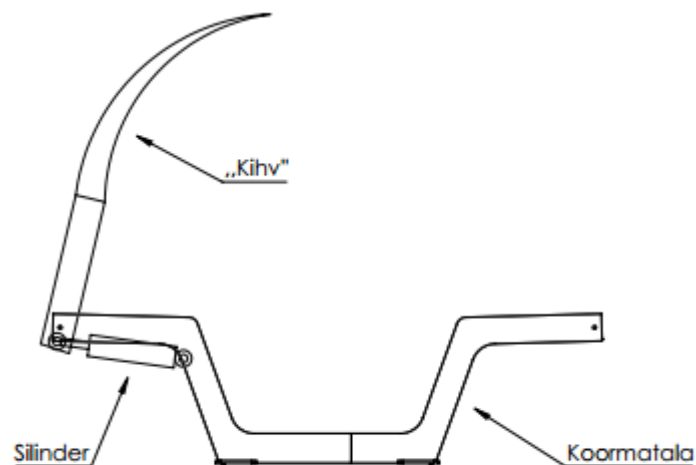


Sele 6.1.3 Ponsse forwarder[16]

Mõlemad lahendused töötavad ilmselt hästi okste veol, palkide veol võib koorma raskus hakata silindreid kokku suruma ning oht on silindrite nõtkeks. Kui kihvad või sein on lahtises asendis, ei pruugi silindritel jätkuda jõudu, et seinad või kihvad kokku suruda. Okste puhul on mõlema varinadiga võimalik koormat kokku pressida ja seeläbi rohkem oksid mahutada.

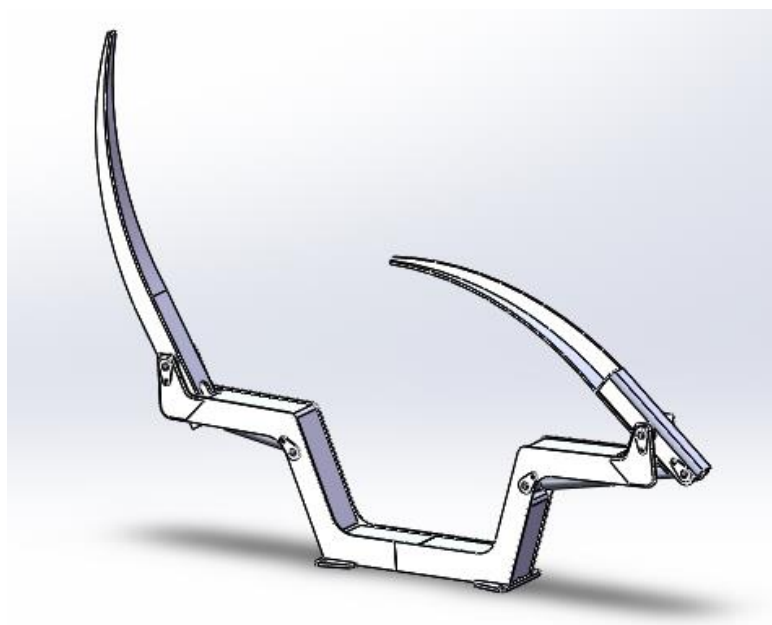
6.2 Kontseptsioon lahendus

Esialgne eesmärk on luua selline lisa, mis võimaldaks palkide vedu ning vajadusel tõhustada okste transporti. Koormatalad on mööda haagist liigutatavad ning vajadusel teisaldatavad, seega oleks võimalik paigaldada koormatalade vahele spetsiaalsed okste pressid, mida vajadusel saab juurde lisada või eemaldada. Tegemist on ühtlasi ka lisa varustusega, mida kliendid saavad juurde osta. Üldine kontseptsioon on sarnane koormatalale ning on selle edasiarendus.



Sele 6.2.1 Lahendus kontseptsiooni faasis

Eesmärk on luua selline lahendus, mis sarnaneks võimalikult koormatalale. Sellisel juhul on haagise disain võimalikult sarnane ning okste press ei eristu liigselt. Vajadusel tuleb koormatala kujundust muuta, et võimalik oleks kinnitada silindrit ja „kihva.“ Silinder peab olema võimalikult suure käiguga, et „kihvad saaksid liikuda võimalikult suures ulatuses. Eriti oluline on kokku liikumine, kuna peaesmärk on okste kokku pakkimine. Oluline on ka see, et sellist lahendust on võimalik haagisele poltliitega kinnitada ning vajadusel lihtsalt eemaldada.



Sele 6.2.2 Oksa press

Esialgu valmistatakse prototüüp, mida hakatakse katsetama. Silindri ja kihva liikumisulatus on määratud katseliselt ning eesmärgiga luua võimalikult kompaktne lahendus. Kõige suuremaks probleemiks antud lahenduse puhul on hüdrovoolikute asetsemine ning kinnitus. Kuna raam on pealt kinnine, siis tuleb raami raamitorude sisse teha eraldi avad.

6.3 Silindri valik ja arvutus

Selleks, et oksid kokku pressida peab silinder kihva piisavalt suure jõuga mõjutama. Oluline on okste tihedam kokku pressimine ja seeläbi suurema koorma mahutamise. Esialgsele prototüübile valitakse silindrid läbi arvutuse.

Silindri valik

Esialgne konstruktsioon on paika pandud arvestades pressi sobivust haagisega ning sellega, et kihvad saaksid sooritada võimalikult pika käigu. Seega, et valida sobiv silinder võimalikult suure käiguga tuleb silindri külmmõõdud viia võimalikult suureks. Kuna sõltuvalt diameetrist lisandub silindri käigule kindel minimaalne mõõt[17]. Seega mida pikem silinder seda suurem on silindri liikumismaa. Arvutuse jaoks on esialgu valitud kolvi diameetrik 70 mm.

Silindri poolt avaldatav jõud:

$$F = p \cdot A \quad (6.3.1)$$

Kus,

p-töörõhk

A-silindri kolvi diameeter

$$p = 180 \text{ bar} = 18000000 \text{ Pa}$$

$$D = 70\text{mm} = 0,07 \text{ m}$$

$$A_1 = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,07^2}{4} = 0,00384 \text{ m}^2 \quad (6.3.2)$$

$$A_2 = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,06^2}{4} = 0,00282 \text{ m}^2 \quad (6.3.3)$$

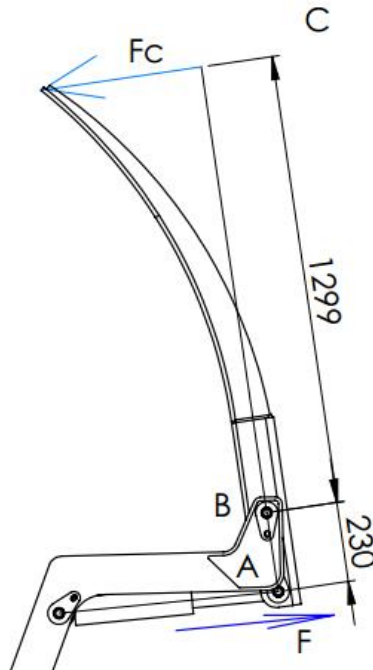
$$A_3 = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,05^2}{4} = 0,00196 \text{ m}^2 \quad (6.3.4)$$

$$F_1 = 180 \cdot 10^5 \cdot 0,00384 = 69120 \text{ N} \quad (6.3.5)$$

$$F_2 = 180 \cdot 10^5 \cdot 0,00282 = 50760 \text{ N} \quad (6.3.6)$$

$$F_3 = 180 \cdot 10^5 \cdot 0,00196 = 35280 \text{ N} \quad (6.3.7)$$

Ehk silinder surub kihva ligikaudu 6,9 tonniga.



Sele 6.2.3 Kihva arvutusskeem

Et leida jõu väärtus punktis C tuleb teha lihtsusust ning vaadelda kihva sirgena. Kihv hakkab liikuma ümber punkti B. Arvutus on mõttekas sooritada vähemalt kolme eri suurusega kolvi diameetriga. Ettevõttes kasutatavatest silindritest on valitud 50, 60 ja 70 millimeetrise diameetriga kolvid. Punktide vahelised kaugused seelt 6.2.3.

$$\sum M^{(B)} = 0 \Rightarrow F_1 \cdot AB + F_c \cdot BC = 0 \Rightarrow F_c = \frac{-F_1 \cdot AB}{BC} = -12228,9 \text{ N} \approx 12229 \text{ N} \quad (6.2.8)$$

„-“ näitab, et joonisel on F_c -l teistpidine suund

$$\sum M^{(B)} = 0 \Rightarrow F_2 \cdot AB - F_c \cdot BC = 0 \Rightarrow F_c = \frac{F_2 \cdot AB}{BC} = 8980,6 \text{ N} \approx 8981 \text{ N} \quad (6.2.9)$$

$$\sum M^{(B)} = 0 \Rightarrow F_3 \cdot AB - F_c \cdot BC = 0 \Rightarrow F_c = \frac{F_3 \cdot AB}{BC} = 6241,8 \text{ N} \approx 6242 \text{ N} \quad (6.2.10)$$

Nagu eeltoodud arvutuskäigus selgub, erinevad 70 millimeetrise ja 50 millimeetrise kolvi diameetriga saavutatavad silindri jõud ligikaudu poole võrra. Kui võrrelda silindrite hindasid

siis suurima ja väikesema silindri hinnavahe on ligikaudu 20 €. Seega arvestades haagise maksumust on pigem suuremaks küsimuseks silindri poolt saavutatav jõud. Lisaks on alla seitsmekümne millimeetrise diameetriga silindri käigu pikkus sama külmmõõdu juures 20 mm rohkem. Isiklikust praktikast metsas töötades on tavaliselt oksid kokku vedades piisanud okste hunniku peal trampimisest. Kuigi ca 86 kilogrammise kehakaaluga on okste kokku pressimine aega nõudev ja raskendatud, siis 6,2 t on ligikaudu võrdne 72 inimesega kes kaaluvad 86 kg.

7. Omahinna arvutus

Metsaveo haagise omahinna puhul tuleb arvestada nii metalli kui ka selle töötlemise hinda. Kuna tegemist on prototüübi tootmisega, siis toodetakse peaaegu kõiki painutamist või treimist vajavaid detaile kaks eksemplari. Seda selleks, et vigade esinemisel kiirelt reageerida ning tekkinud vead kõrvaldada. Samuti ei saanud kõiki haagise osasid rakises keevitada, kuna rakise koostamine on aega nõudev ja osutub mõtekaks suurte partiide puhul. Osad koostud on tellitud allhanke korras, seega saab nende puhul arvestada ainult tasutud hinda. Komplekteerimine toimub pärast kõikide koostude värvimist ning seda käsitletakse ühtse kuluna. Arvesse on võetud komplekteerimise kestus ning otseselt antud haagisega tegelevate inimeste arv.

Kõikide koostude ja detailide värvimisel on kasutatud Teknose Teknoduri 3430 värvi. Värv hind OÜ Lisakole on 130 € 15,6 L eest.[18]

Arvestuslikud töötajate ja pinkide tunni hinnad vastavalt OÜ Lisako hinnakirjale. Kõikide operatsioonide hinna leidmisel arvestatakse reaalselt ajakulu. Eesmärk on leida omahind vähemalt 10%-se täpsusega. Lisamaterjali kulu arvestatakse ainult värvimisel.

Töötajate ja pinkide tunnihind

- Keevitamine: 30 €/h
- Haaveldamine: 25 €/h
- Lintsaag: 25 €/h
- Puurimine: 25 €/h
- Freespink: 36 €/h
- Komplekteerimine: 25 €/h
- CNC painutamine 25 €/h
- Värvimine 25 €/h
- Värvimine 3x värvi hind

Kinnitusvahendid

Tabel 7.1 Kinnitusvahendid

Tüüp	Kogus	Hind (€/100)	Hind (€)
Polt-M20x65 DIN912	20	122,94	24,58
Mutter-M20 DIN985-8	22	43,15	9,49
Seib-M20 DIN 125	40	11,94	4,77
Polt-M12x20 DIN 933	4	17,76	0,71
Polt-M24x80 DIN912	8	362,80	0,28
Mutter-M24 DIN985-8	8	96,40	7,71
Polt-M20x100 DIN912	2	171,28	3,42
Mutter-M36 DIN 934-8	1	227,58	2,27
Polt-M16x40 DIN933	6	64,17	3,85
		Kokku	57

Ettevõtte saab soodustust 65% ehk seega on hinnaks ligikaudu 37 €

Ostutooted

Kuna osad keeviskoostud on toodetud väljaspool ettevõtet, siis oletatakse ka need ostutoodete hulka. Sama kehtib ka kõikide RAEX terasest detailide kohta, kuna prototüübi jaoks polnud mõistlik ettevõttel antud materjali tellida.

Tabel 7.2 Ostutooted

Toode	Kogus	Tüki hind (€)	Hind (€)
TVZ 90x90-pooltelg	2	89.-	178.-
Koormatalad	4	127,5.-	510.-
BB-Hüdaruliline rumm	2	1800.-	3600.-
R600-Rattad	4	600.-	2400.-
Tagatuled	2	125.-	250.-
Hüdrovoolikud	1	250.-	250.-
Silinder-80-50-360	2	90.-	180.-
Silinder 70-40-200	2	59.-	118.-
Haakekonks	1	45.-	45.-

Raex lehest detailid	1	490.-	490.-
Balansiiri flantsi töötlus	2	55.-	110.-
Balansiiri puks	2	50.-	100.-
BB-klapid ja ventiilid		2000.-	2000.-
Pronks puksid 60x60	2	4.-	8.-
Pronks puksid 100x60	2	9.60.-	19.20.-
Pronks puksid 40x40	4	2.-	8.-
Tiisli puks	1	21.-	21.-
Balansiiri puks	2	50.-	100.-
Kokku:			10387

Võre

Tabel 7.3 Võre materjali kulu

Materjal	Kogus (kg)	Hind (€/t)	Hind kokku (€)
40x6 latt	73,5	635	46,7
Toru 70x70x5	38,2	595	22,8
Latt 70x15	63,8	600	38,3
Terasleht s= 15 mm	24	560	13,4
Terasleht s= 10 mm	12,4	560	6,9
Terasleht s = 6 mm	13,5	525	7,1
Kokku:			135

Tabel 7.4 Võre operatsioonide kulu

Operatsioon	Ajakulu (h)	Töötaja/pingi kulu (€/h)	Lisa materjal (€)	Hind kokku (€)
Plasmalõikus	-	-	-	41,1
Lintsaagimine	0,75	26	-	19,5
Käsikeevitus	4	30	-	120
Haaveldamine	0,33	25	-	8,3
Värvimine	0.17	20	25	28,4
Kokku:				217

Raam

Raam on kõige keerulisem ja mahukam osa haagisest. Raami kandva osa moodustavad 100x200x8 nelikanttorud. Sinna külge keevitatakse peamiselt plasmapingis lõigatud lehtmetailid. Allhanke korras tellitud detailid võetakse arvesse ostutoodetena.

Tabel 7.5 Raami materjali kulu

Materjal	Kogus (kg)	Hind (€/t)	Hind kokku (€)
Toru 100x200x8	359,4	620	222,8
Toru 40x60x4	5,2	630	3,3
Toru 50x25x4	1,8	630	1,1
Terasleht s=30	24,5	565	13,8
Terasleht s=25	115	560	64,4
Terasleht s=15	173,6	560	97,2
Terasleht s=12	26,2	555	14,5
Terasleht s=8	16	525	8,4
Kokku:			426

Tabel 7.6 Raami operatsiooni kulu

Operatsioon	Ajakulu (h)	Töötaja/pingi kulu(€/h)	Lisa materjal (€)	Hind kokku (€)
Plasmalõikus	-	-	-	297,5
Lintsaagimine	0,42	26	-	10,8
Käsikeevitus	8	30	-	240
Haaveldamine	0,42	25	-	10,5
Freesimine	0,87	36	-	31,3
Värvimine	0,25	25	33,3	38,2
Kokku:				628

Tiisel

Tiisel on prototüübi juures ainuke koost, mida keevitati robotiga. Prototüübi hinna juures ei arvestata off-line programmi koostamist. Enne roboti pöördlaua külge kinnitamist tuleb detailid kokku punktida. Prototüübi külge kinnitati pööratava aasaga haakekonks. Tiisel värvitakse raami külge kinnitatuna. Seega arvestatakse tiisli värvikulu raami osas.

Tabel 7.7 Tiisli materjalid

Materjal	Kogus (kg)	Hind (€/t)	Hind kokku (€)
Terasleht s=8mm	51,5	525	27
Terasleht s=6mm	1,4	525	0,7
Terasleht s=15 mm	4,5	560	2,5
Kalibrov. D90	6,5	900	5,9
Kokku:			36

Tabel 7.8 Tiisli operatsioonid

Operatsioon	Ajakulu (h)	Töötaja/pingi kulu(€/h)	Lisa materjal (€)	Hind kokku (€)
Plasmalõikus	-	-	-	45,3
Puurimine	0,5	25	-	12,5
Keevitus(robot)	0,41	30	-	12,3
Kokku:				70

Käpp ehk tugijalg

Tabel 7.9 Tugijala materjalid

Materjal	Kogus (kg)	Hind (€/t)	Hind kokku (€)
Terasleht s=8mm	22,8	525	12
Terasleht s= 6mm	16,2	525	8,5
Terasleht s=10 mm	9,5	560	5,3
Kalibrov. D40 mm	1,6	820	1,3
Ümar D70	1,8	640	1,2
ÜmarD75	4	640	2,6
Kokku:			31

Kahe käpa materjali kulu on seega 62 €.

Tabel 7.10 Tugijala operatsioonid

Operatsioon	Ajakulu (h)	Töötaja/pingi kulu(€/h)	Lisa materjal (€)	Hind kokku (€)
Plasmalõikus	-	-	-	38,7
Lintsaagimine	0,08	26	-	2,2
Painutamine	0,1	30	-	3
Keevitus	1,33	30	-	40
Puurimine	0,5	25	-	12,5
Haaveldamine	0,16	25	-	4
Värvimine	0,1	30	8,3	10,3
Kokku:				111

Kahe käpa töötlemis operatsioonide kulu seega 222 €

Balansiir

Tabel 7.11 Balansiiri materjalid

Materjal	Kogus (kg)	Hind (€/t)	Hind kokku (€)
Terasleht s=10 mm	29,5	560	16,5
Terasleht s=8 mm	19,6	525	10,3
Latt 40x4	0,2	635	0,1
Terasleht s= 4 mm	1,2	680	0,8
Ümartoru D255/222	13	620	8,1
Kokku:			36

Kahe balansiiri materjali hind on seega 72 €.

Tabel 7.12 Balansiiri operatsioonid

Operatsioon	Ajakulu (h)	Töötaja/pingi kulu(€/h)	Lisa materjal (€)	Hind kokku (€)
Plasmalõikus	-	-	-	41,4
Lintsaagimine	0,08	26	-	2,2
Painutamine	0,07	30	-	2,1
Keevitamine	0,66	30	-	19,8

Haaveldamine	0,09	20	-	1,8
Värvimine	0,08	20	12,5	14,1
Kokku:				81

Postid

Postide materjali hulka arvestatakse ka need detailid, mis kinnituvad koormatalade külge. Lihtsustamise mõttes ei arvestata maksumuses postide küljes olevaid torust seibe, mida lõigatakse jääk materjalist.

Tabel 7.13 Postide materjalid

Materjal	Kogus (kg)	Hind (€/t)	Hind kokku (€)
Ümartoru 76x60(õmbluseta)	137,6	1105	152
Ümartoru 95x79(õmbluseta)	27,2	1105	30,1
Nelikanttoru 80x80x8	78,4	640	50,2
Kokku:			232

Tabel 7.14 Postide operatsioonid

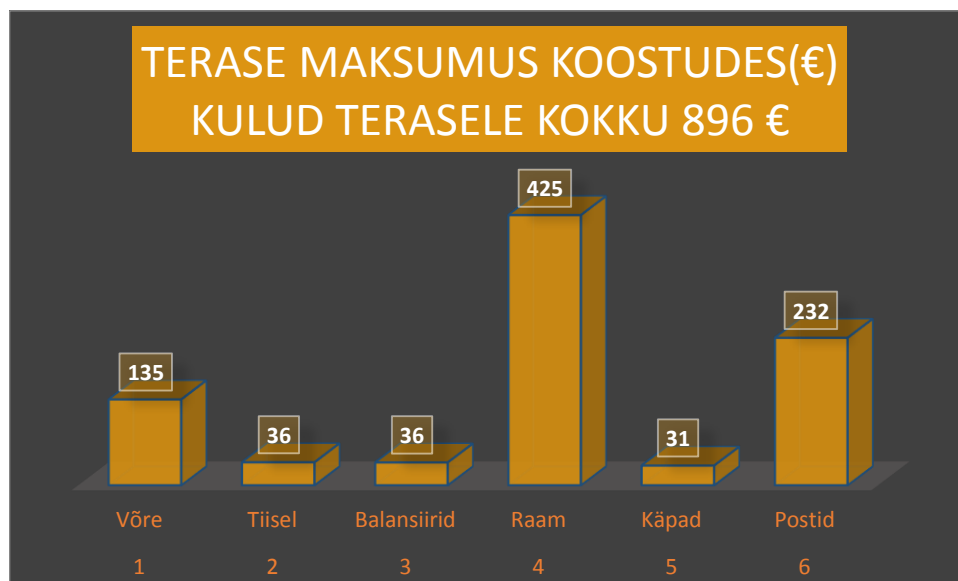
Operatsioon	Ajakulu (h)	Töötaja/pingi kulu(€/h)	Lisa materjal (€)	Hind kokku (€)
Lintsaag	0,58	26	-	15,1
Puurimine	0,75	25	-	18,75
Keevitus	1	30	-	30
Kokku:				64

Koormatalad

Koormatalad on tellitud allhanke korras ning värvimata, seega tuleb arvestada nende haaveldamise ja värvimisega.

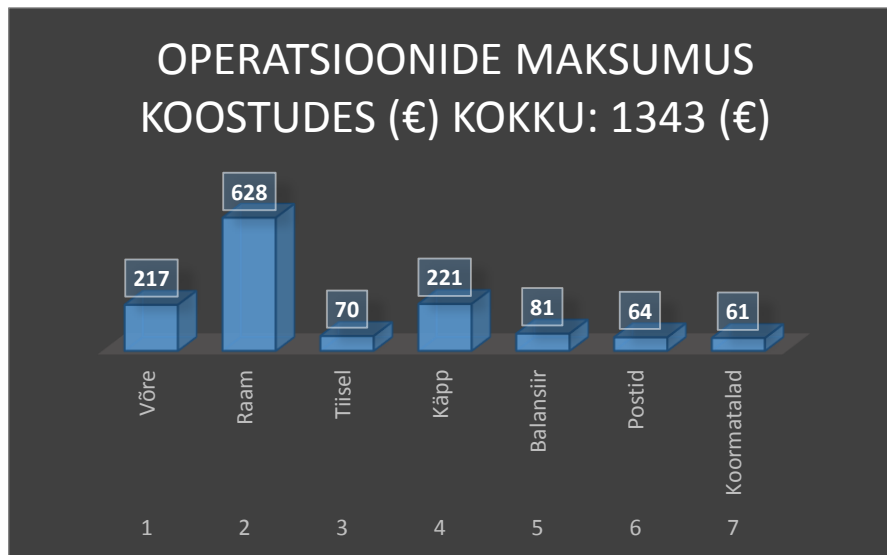
Tabel 7.15 Koormatalade operatsioonid

Operatsioon	Ajakulu (h)	Töötaja/pingi kulu(€/h)	Lisa materjal (€)	Hind kokku (€)
Haaveldamine	0,2	20	-	4
Värvimine	2	20	16,7	56,7
Kokku:				61



Sele 7.1 S355 terase maksumus

Nagu selgub ülal olevalt graafikult on kõige suurema materjali kuluga koostuks raam. See on ka kõige suurem ja raskem osa haagisest ning ei sisalda veel ostetud raex terasest detaile. Üllatavalt kalliks osutus postide materjali hind ning seda saab vähendada kasutades õmblusega toru. Antud kärul seda ei tehtud, kuna ettevõttes oli õmbluseta toru olemas ja seega oli otstarbekas seda kasutada.



Sele 7.2 Operatsioonide maksumus koostudes

Operatsioonide maksumuse osas on tulemused küllaltki ootuspärased. Kõige töömahukam ja ühtlasi kõige kulukam on raami töötlemine. Selel 6.1.1 oleval hinnal ei kajastu veel raex terasest detailide hinnad ning teised ostetud detailid.

Komplekteerimine

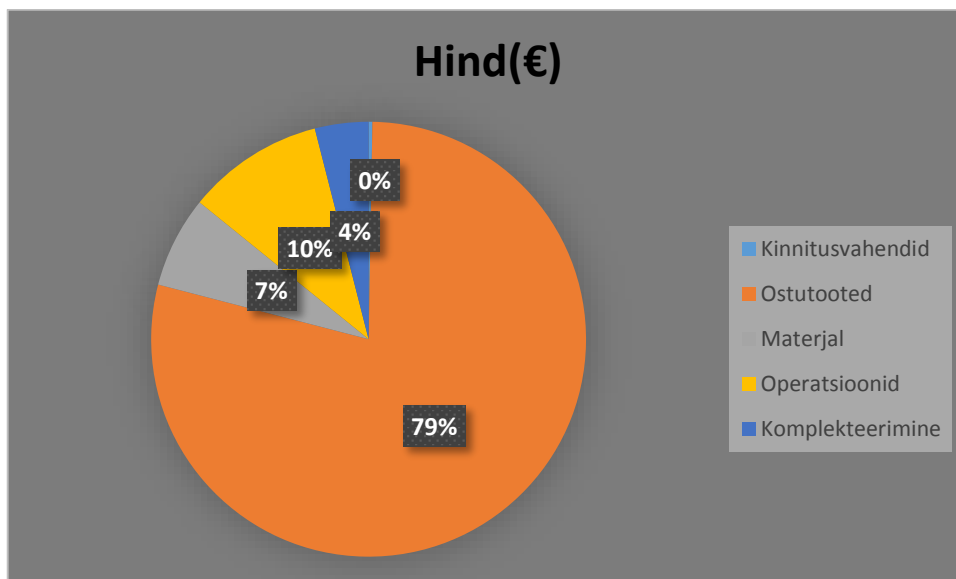
Kõikide osade kokkupanek nõudis 7 h ning 3 inimese tööd. Kõige keerulisem ja aeganõudvam osa oli hüdraulika ühendamine ning tõstuki jagaja koos voolikutega paigaldamine.

Tabel 7.16 Kogu kulud

Nr	Kategooria	Hind(€)
1	Kinnitusvahendid	37
2	Ostutooted	10387
3	Materjal	896
4	Operatsioonid	1343
5	Komplekteerimine	525
	Kokku	13151

Haagise omahinnaks tuleb vastavalt tabelile 7.16 113151 €. Sellest ligikaudu 82% moodustab ostutoodete hind. Kui tahta omahinda alandada, siis on mõttekas tegelda just ostutoodete ga ning soodsamate partnerite leidmisega. Samas on ostutoodete hulgas ka selliseid tooteid, mida ettevõtte ise suudaks toota, kuid seda ei tehta näiteks töötajate puudusel. Üldjoontes tuli haagise hind küllaltki ootuspärane ning kindlasti on võimalik tulevikus hinda alandada. Hinnas ei kajastu

lisadena ostetavad tooted nagu pikendus ja oksapress, samas on arvestatud tuled, mida arvele võttes kindlasti on vaja.

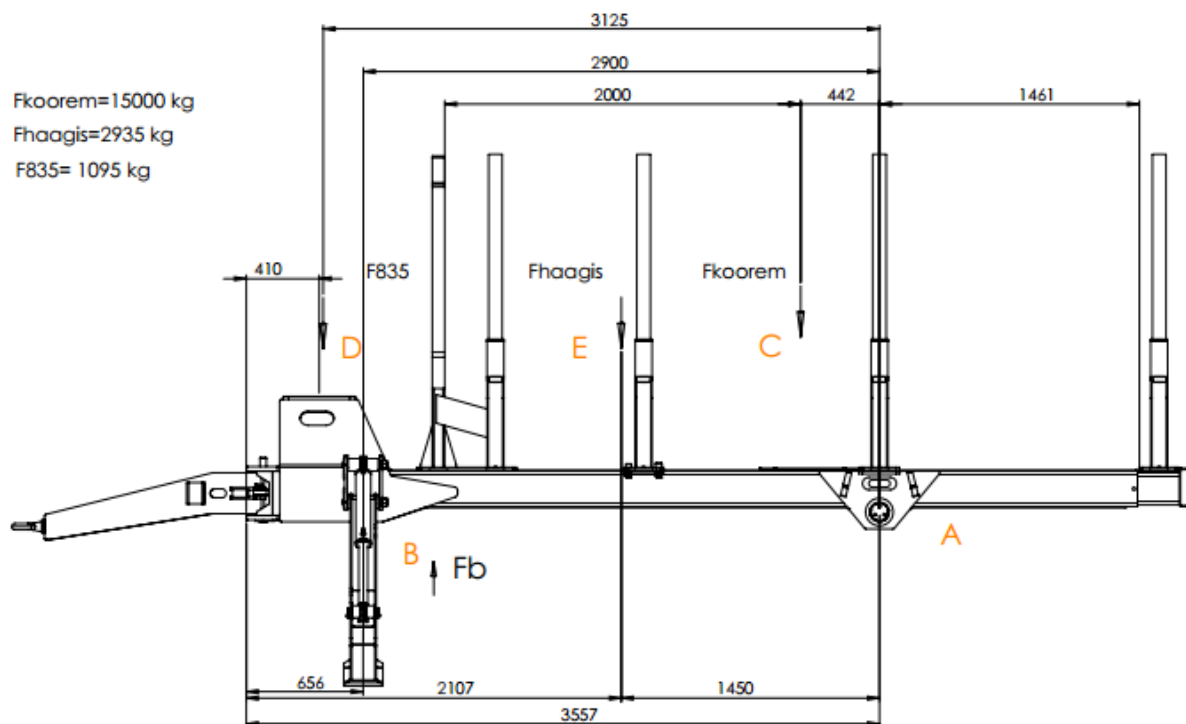


Sele 7.3 Omahinna jagunemine

8. Prototüübi edasiarendused

8.1 Käpa silinder

Prototüübi puhul kasutati 70 millimeetrise diameetriga käpa silindrit, mida igapäevaselt kasutatakse teistel toodetel. Katsetades selgus, et silindrid ei suutnud käiku lõpuni teha. Tugijalg tõusis maapinnast üles, kuid koormaga oleks vaja rakendada suuremat jõudu. Seega tuleb valida suurem silinder, et tagada käppade funktsioon. Seega saab leida, kui palju jõudu avaldab 80 millimeetrise diameetriga silinder. Suurem silinder võetakse kasutusele teiste toodete puhul vaatamata antud probleemile. Lisaks suurema silindri valikule, on võimalik veel muuta käpa kinnituskõrva kuju. Selleks, et vajaliku suurusega silinder leida on vaja teada, kui suur koormus avaldub käppadele. Kuna iga koorem on erinev siis arvutus sooritatakse sellisele olukorrale, kus palkide poolt tulenev raskus asub telje ja käppade vahel. Ehk tegemist on ohtlikuma olukorraga, kui koorma raskuskese asuks teljest haagise tagapool. Antud juhul on palkide pikkus ca 4000 mm ning 15 tonnine koorem oleks neist haagise laadimisala ette moodustatud.



Sele 8.1.1 Käppadele mõjuv raskus

Selel 8.1.1 märgitud punktid:

- A on telje asukoht
- B on käppade asukoht
- C on koormaraskuskese
- D on tõstuki asukoht (tõstuk BMF835)
- E on haagise raskuskese ilma tõstukita

Vaja on leida punktis B käppade poolt avaldatav mõju.

$$\sum M(A) = 0 \Rightarrow -F_B \cdot BA + F_{835} \cdot DA + F_{haagis} \cdot EA + F_{koorem} \cdot CA \Rightarrow \quad (8.1.1)$$

$$F_B = \frac{F_{835} \cdot DA + F_{haagis} \cdot EA + F_{koorem} \cdot CA}{BA}$$
$$= \frac{10950 \cdot 3,125 + 29350 \cdot 1,450 + 150000 \cdot 0,422}{2,9} = 48302,2 \text{ N}$$

Seega peavad kaks silindrit mõjuma haagisele vertikaal sihis 4830,2 N suuruse jõuga.

Kui käpad on kokkupuutes maaga peavad silindrid ületama punktis 7.1.1 leitud jõu suuruse. Et selles veenduda, on mõistlik leida silindrite jõud vertikaalsihis kolmes punktis. Kuna 70 millimeetrise kolvi diameetriga silinder ei osutunud sobivaks, siis on mõttekas kontrollida suuruselt järgmise kolvipindalaga silindrit ehk 80-50-360 silindrit.

Silindri kolvi diameeter 80 mm

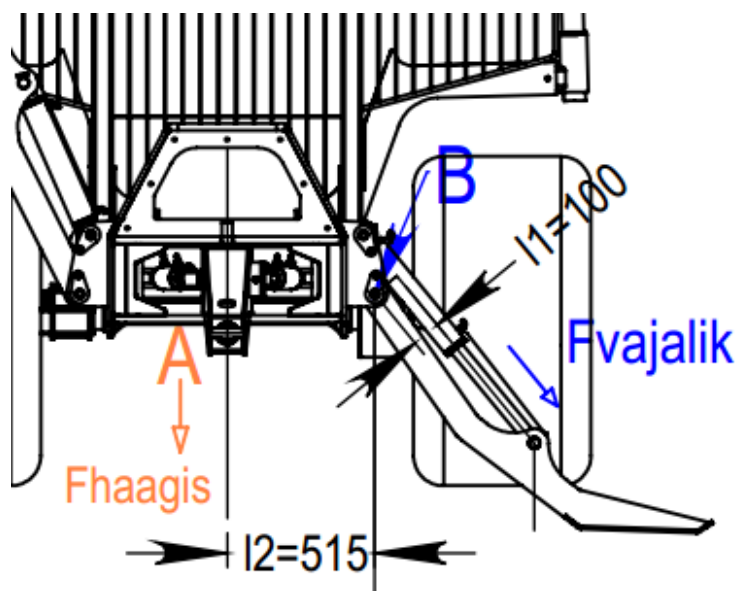
Silindri kolvi pindala on 80 mm:

$$A_{90} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,08^2}{4} = 0,00535 \text{ m}^2 \quad (8.1.2)$$

Töörõhk silindril on samuti 180 bar ja seega on silindri telje suunaline jõud:

$$F_{80} = 180 \cdot 10^5 \cdot 0,00503 = 90540 \text{ N} \quad (8.1.3)$$

Selleks, et leida vajaliku suurusega silinder, on vaja koostada skeem. Silinder ja haagise mass tekitavad käpa kinnituspunktis momente, mis peavad omavahel vähemalt tasakaalus olema. Seda olukorda illustreerib sele 8.1.2.



Sele 8.1.2 Silindri vajalik võimsus kui silinder on all asendis.

Teisisõnu peab silindri poolt tekkiv moment ületama haagise raskuse poolt põhjustatud momendi punktis B. Ülesannet on põhjust lihtsustada ning arvutada ühe silindri vajalik jõud poole haagisega. Leitav suurus $F_{vajalik}$ olema väiksem punktis 7.1.2 leitud väärtusest

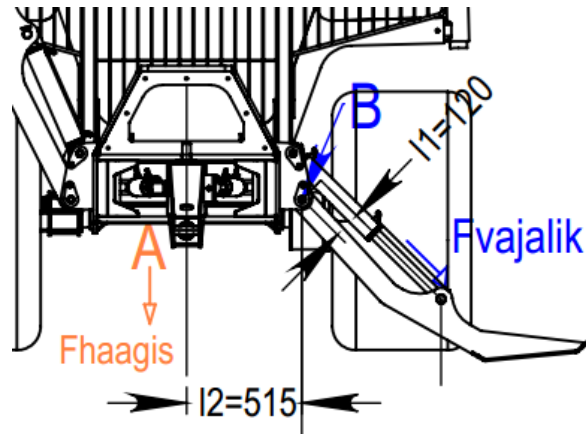
$$l_1 = 100 \text{ mm}$$

$$l_2 = 515 \text{ mm}$$

$$F_{haagis/2} = 48302,2/2 \approx 24151 \text{ N}$$

$$F_{vajalik} \cdot l_1 = \frac{F_{haagis}}{2} \cdot l_2 \Rightarrow F_{vajalik} = \frac{F_{haagis} \cdot l_2}{2 \cdot l_1} = \frac{24151 \cdot 0,515}{0,1} \approx 123378 \text{ N} \quad (8.1.4)$$

Saadud väärtus ületab 8.1.2 leitud väärtus ning seega on vaja valida suurem silinder



Sele 8.1.3 Silindri vajalik võimsus käppa kokkupuutel maapinnaga

Olukord, kus käpp on kokkupuutes maapinnaga ning $l_1 = 120$ mm. Erinevus seel 8.1.2 olukorrast on 20 mm.

$$F_{vajalik} \cdot l_1 = \frac{F_{haagis}}{2} \cdot l_2 \Rightarrow F_{vajalik} = \frac{F_{haagis} \cdot l_2}{l_1} = \frac{24151 \cdot 0,515}{0,12} \approx 103648 \text{ N} \quad (8.1.5)$$

Siit võib järeldada, et punktis 7.1.3 leitud $F_{vajalik}$ peab ületama silindri jõu.

Silindri kolvidiameeter on 90 mm

Silindri kolvi pindala:

$$A_{90} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,09^2}{4} = 0,00636 \text{ m}^2 \quad (8.1.6)$$

Töörõhk silindril on samuti 180 bar-i ja seega on silindri telje suunaline jõud:

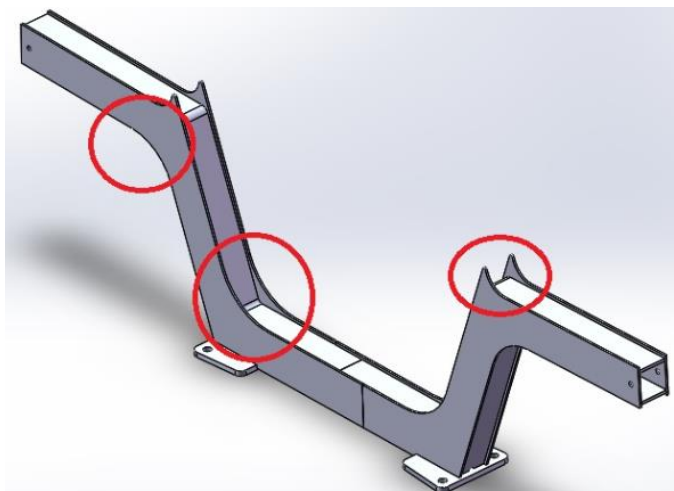
$$F_{90} = 180 \cdot 10^5 \cdot 0,00636 = 114480 \text{ N} \quad (8.1.7)$$

Leitud väärtus ületab jõu $F_{vajalik}$ ning seega sobib antud silinder. Siiski on ka võimalus kasutada silindrit kolvi diameetriga 80 mm, kuid selleks tuleb muuta silindri kinnituskõrva selliselt, et suureneks l_1 sedavõrd, et $F_{vajalik}$ oleks silindri jõust väiksem.

8.2 Koormatalad

Koormatala materjali paksused jäid muutmata, kuid pisikesi muudatusi tuli sisse viia rääkides klientidega. Peamine, mida küsiti oli hammas, mis takistaks palkidel veerema hakkamist ning

kergendaks koorma paigutamist. Selleks tuli külgmise 6 millimeetrise paksusega detaile muuta. Lisaks soovitati suurendada ka raadiusi, mis on näidatud seel 8.2.1.



Sele 8.2.1 Koormatala muudatused

Punaste ringide sees on kohad, mida muudeti. Koormalaadimise jaoks mõeldud kihvade puhul on võimalik veel ka keevitav variant. Seega saaksid kliendid valida, kas nad üldse soovivad sellist lahendust või mitte.

8.3 Postide kinnitused

Muudatus, mida võiks postide puhul kaaluda puudutab nelikanttoru, millega postid koormatalade sisse käivad. Nimelt on 80x80x8 torul suur välimine raadius ning seega välimises asendis võivad postid logisema hakata. Antud probleemi võiks lahendada kasutades lehtmetailist painutatud karpe või lattidest kokku keevitatud karbi abil.

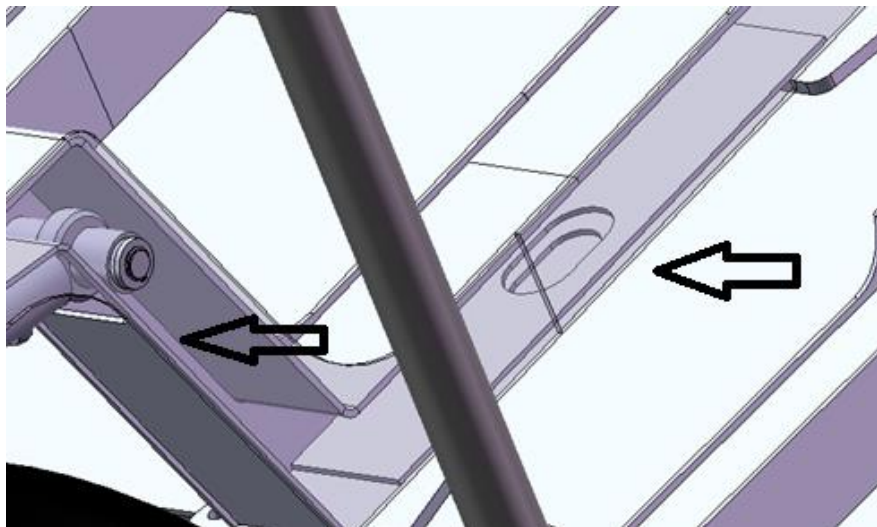


Sele 8.3.1 Postide kinnitus

Oluliselt lihtsamaks muutuks ka postide keevitus, kui asendada toru näiteks plasmapingiga lõigatud detailidest keevitatud koostuga. Sel juhul ei peaks käsi plasmaga süvendeid lõikama, kuhu keevitatakse postid vaid kontuur mis on lõigatud plasmapingiga on täpne.

8.4 Raami plaat

Esiolgsel prototüübil puudusida oksa pressid. Selleks, et antud lisavarustust saaks üldse haagisele paigaldada tuleb raami pealmist plaati muuta. Muutus tuleb sisse viia seetõttu, kuna hüdrovoolikud on vaja ühendada pressi silindritega. Kõige lihtsam ja voolikute jaoks ohutuim viis on lõigata avad RAEX terasest pealmise lehe külge. Seega saab pressid paigaldada küll ainult kindlatesse kohtadesse, kuid samas on voolikud maksimaalselt kaitstud. Voolikud jooksevad pressideni raami seest ning eraldi klambreid ja kaitsmeid raami külge keevitama ei pea.



Sele 8.4.1 Raami plaadi avad

Selel 8.4.1 nooltega näidatud avadest liiguvad voolikud läbi. Pressi sees eraldi voolikuid kinnitama ei pea ning paigaldusel tuleb lihtsalt voolikud avast avasse lükata.

9. Edasine arendus

Kuna taastuenergia varude kasutamine on üha enam päevakorda tõusmas siis on ettevõtte kindel siht ka selles suunas tegutseda. Täpsemalt on eesmärk arendada just võsalõikuse ja selle transpordiga seotud tooteid. Väga palju küsitakse just võsagiljotiini kohta, mida hetkel pakkuda pole. Seega on giljotiin, mis suudaks lõigata maksimaalselt 20 millimeetrise diameetriga puid üks lähimaid ja prioriteetsemaid eesmärke. Suuremad plaanid puudutavad uue ja suure tõstuki projekteerimist ning saega haaratsi projekteerimist. Lähemalt tuleb nendest juttu all olevates peatükkides.

9.1 Pikema haardeulatusega tõstuk

Kõige lähem ja reaalsem eesmärk on 152 haagisele luua uus tõstuk, mille ulatus on ligikaudu 10 m. Kuna tegemist oleks hetkel kõige suuremast tõstukist üle 1,5 meetrit pikema variandiga eeldaks see senistest lahendustest juba varasemast suuremaid muutusi. Kuna tõstuk on suurem ja kaalub rohkem siis ei pruugi piisata tõstukit pööravast hammasvõlli ja hammaslati ülekande jõust. See aga eeldab uue pöördkasti projekteerimist, kus paiknevad hammasvõll ja -latid. Kuna pöördkast valmistatakse valutehnoloogia abil, siis eeldab see uue valuvormi projekteerimist. Lisaks on kliendid soovinud tõstukit, mille voolikud paikevad mastide sees.



Sele 9.1.1 a) BMF 835 voolikud väljas b) BMF 835 voolikud sees

9.2 Uus haarats

Kuna uus haagis on mõeldud suuresti mõeldud just võsa transpordiks, siis oleks loogiline jätk, et luua taastuenergia transpordiks ja töötlemiseks mõeldud toodete komplekt. Peamine eesmärk on edasi arendada ettevõttes toodetavaid haaratseid ning lisada esialgu ühele haaratsile mootorsaag. Selline lahendus võimaldaks lihtsalt puid laasida ning ei suurendaks oluliselt haaratsi massi, et oleks võimalik tõstejõudu säilitada. Näide on olemas Hollandi tootjalt, mis on näha seel 9.2.1.



Sele 9.2.1 Saega haarats[19]

10. Kokkuvõte

Magistritöö eesmärk oli projekteerida 15 tonnise kandevõimega metsaveo haagis, mis võimaldaks samuti efektiivsemalt sooritada võsa ja okste transporti. Lisaks on loodud haagis ka OÜ Lisako haagiste valikus viimaseks ja kõige suuremaks mudeliks. Eelnevalt kõige suurema mudeli kandevõime oli 13 tonni. Oluline koht uue haagise arendamisel oli ka see, et esmapilgul puudus turul väga suur suurte haagiste mudelite pakkumine. Väike ettevõtte sisene eesmärk oli muuta uue haagise disain mõnevõrra erinevaks varasematest mudelitest. Kuigi võib väita, et lõpptulemusele sarnaseid tooteid on turul olemas, siis suuresti seisneb nende erinevus tootmise viisis ja OÜ Lisako poolt tulenevatest tootmisvõimalustest.

Töö esimene etapp oli uurida teiste tootjate toodetega ning leida üles konkurentide tugevad ja nõrgad küljed. Ootuspäraselt on enamustel konkurentidel rummusisese veoga lahendused. Kuna peamiselt on lisaveo võimalusena ettevõttel samuti kogemusi rummusisese veoga, siis saigi määrvaks hüdraulilise rummu kasutamise kogemus. Oluline põhjus, miks antud lahendus sai valitud peitub veosilla pikas arendusajajas ning eesmärgis uut toodet „Maamessil” esitleda. Hüdraulilised lahendused on pidevas arengus ning koostöö rummutootjatega on pidev.

Järgmises etapis sai kirjeldatud peamised nõuded, mida peab järgima eelkõige selleks, et haagist saaks maanteedel liikumiseks arvesse võtta. Peamised nõuded puudutasid haagise kandevõimet, laiust ning kõrgust. Kõrguse puhul tuli arvestada juba konkreetsete tõstukitega, mis loodud haagisega kokku sobivad. Selle punktiga võib samaväärselt käsitleda ka TÜV sertifikaadi nõudeid, kuid need sõltuvad peamiselt kiirusest, millega võib haagis teedel liigelda. Osad senised haagised on saanud sertifikaadi kuni 25 km/h liiklemiseks ning töö käigus polnud veel selge kas on plaan saada luba liiklemiseks kuni 40 km/h.

Järgnev osa tööst puudutab peamiselt haagise erinevate osade ja koostude projekteerimist. Peamised ja keerulisemad osad, millest üks metsaveohaagis koosneb on raam, sellele kinnitatavad koormatalad, postid, võre ning balanssiirid, tugijalad ja tiisel. Peamine erinevus, mille poolest uus 15 tonnise kandevõimega haagis erineb oma eelkäijatest on see, et selle jalg, kuhu kinnitub tõstuk, on juba raami küljes. Kõikide teiste mudelite puhul on võimalik valdida kas A-tüüpi või FD-tüüpi jala vahel. Kuna suurtel haagistel kasutatakse peamiselt FD-tüüpi ehk nn „konnajalga” siis pakutakse ainult seda varianti tugijalga. Teine ning isegi suurem erinevus peitub postide ehk ka koormatalade liigutatavuses. Reeglina on kahetalaliste haagiste puhul nagu ka 152 koormatalad, võre ja seega ka postid paigal ning neid liigutada pole võimalik. Kuid uue haagise puhul on võimalik kõiki neist kolmest liigutada ning vajadusel lisada ja ära võtta.

See on ka üks põhjus, miks okste pressid on väga hästi sobiv kokku antud haagisega. Lisades pressidele juurde veel suurendatava laadimisala, on võimalik oluliselt efektiivsemalt vedada metsast välja just võsa ja oksid. Kuna haagis on rummusisese veoga siis osutus otstarbekaks muuta raami konstruktsioon kinniseks. Kinnine raam tähendab raamitorude pealt ja alt lehtmetailist plaatidega katmist. Kinnine raam võimaldab hüdraulika komponente raami sisse paremini mahutada ning kuna arendusel on ka diferentsiaal ülekande lukk siis on ventiilide ja voolikute jaoks ruumi vaja.

Osade projekteerimisega paralleelselt toimus ka vajalike kriitiliste kohtade tugevusarvutuste sooritamine ning keerulisemate sõlmede jaoks lahenduste otsimine. Peamised võtme kohad on antud haagise puhul sild ning ka koormatalade suurus. Sild on haagise koospüsivuse kohapealt kõige tähtsam koht ning seal paiknevad detailid kannavad kõige suuremat koormust. Peamine keerukus, mis puudutab just sillal olevate võllide tugevusarvutuste sooritamist, seisneb koormusolukordade pidevas varieerumises. Kitsamalt tähendab see seda, et iga koorem on erinev ja maapind, millel sõidetakse on erinev.

Kuna haagis pidi valmima „Maamessiks” ning mis ka teostus, oli võimalik realselt teha katsetusi. Kontrolliti tugijalgade tööd ning veorummu tööd. Katsete tulemusena selgus, et tugijalgade võimet haagist toetada tuleb tõsta. Käpa silindritel jäi täiskäigu sooritamisest natuke puudu. Tugijalgade ehk käppade eesmärk pole tõsta traktorit maast õhku, vaid tagada stabiilsus laadimisel. Kõige lihtsamaks ja esimeseks lahenduseks oli silindri muutmise, mis igal juhul oleks ka teiste toodete puhul muutunud. Kuna muutus, mis sellega kaasnes ei olnud, siis tuli analüüsida käpa ja silindri kinemaatikat. Parem töö sai tagatud suurema kolviga silindriga ning kinnituskõrva muutmisel.

Lähitulevikus on kindel plaan luua ka ligi 10 meetrise ulatusega uus tõstuk ning seega oleks BMF kaubamärgi esinduskomplekt turul teiste tootjatega veelgi konkurentsivõimelisem. Haagiste osas on BMF-152 viimase tühja koha ära täitnud ning loodetavasti saab varsti hakata teist, täiustustega mudelit tootma.

Summary

The aim of this master's thesis was to design and develop a forest trailer with a 15 t load capacity, that could increase the efficiency of brush and branch transportation. Besides the developed trailer it is also OÜ Lisako's last but not the least model. Previously the biggest trailer's load capacity was 13 t and the smallest can carry up to 7 t. Important point for developing a new model was the fact that at first sight there did not seem to be wide choice of builders. A smaller goal was to make the new trailer a bit more different from BMF-s smaller trailers. Although there are similar products on the market, the main difference from the rivals is the production methods of OÜ Lisako.

The first phase was to explore rivals products and find their pros and cons. As expected, most of the rivals had a hydraulic inner wheel pulling motor. Because of the fact that the company has also some experience with the hydraulic pulling assist, the choice to select between different pulling mechanisms was quite obvious. Another reason why this solution was selected is the constant and developing cooperation with the hydraulic motor manufacturer.

In the next part, main requirements were described for making the trailer suitable for the trailer suitable for traveling on public roads. The main points of this part included load capacity, width and height. Height was also important for matching the existing cranes with the trailer. The requirements for TÜV certificate can also be included to this part.

The following part applies to main trailer components and design of the main assemblies. The main assemblies that a classic forest trailer has are frame, load beam, screen, posts, boogie, support legs and drawbar. The main difference why the new trailer differs from the older models is the support leg where the crane is attached. With the new trailer, the support, where the leg is attached is already welded to the frame. All the other models are suitable for both, the A leg and FD leg. As the 152 trailer is the biggest, only FD leg is offered. Second bigger difference involves the possibility to move the load beams. Normally in a two beam frame, there is no option to move the load beams and screen. The new trailer allows to add and remove extra loadbeams if needed. This is also one reason why brush presses are suitable for this trailer. As an addition to the brush presses it is also possible to make the loading area bigger by pulling out the posts. Thereby, it is possible to carry more brush material out from the forest and with less fuel consumption. The inner wheel hydraulic assist is also one reason why the frame is closed by plates made of RAEX steel. The hydraulic engine components are hidden into the frame to offer more protection.

The development of the assemblies and strength calculation of the critical parts and places where made concurrently. The key places were the boogie's attachment and load beam size. The boogie is the most important place of the trailer's lasting. The big variety of load situations, makes the calculations more complicated because of the fact that the trailer is moving.

The deadline for completion of the trailer was the fair „Maamess,“ that was held in Tartu in 16-18 april. So it was possible to make some tests with support legs and hydraulic inner wheel assist work. As a result, it was clear that the FD legs needed some adjustment. Supprot legs suppose to hold the trailer still during the loading. Of course the aim is not to lift the tractor. But the leg cylinders should perform full stroke. The simplest way was to choose a bigger and more powerful cylinder to fix the problem. As this did not show any significant result, it was necessary to analyze the kinematics of the support leg. A little adjustment of the fixing detail should solve the problem.

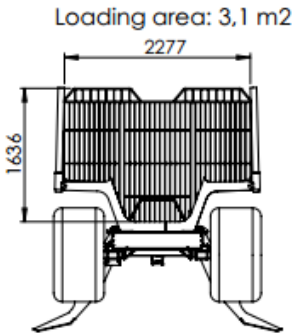
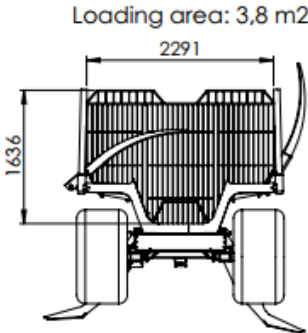
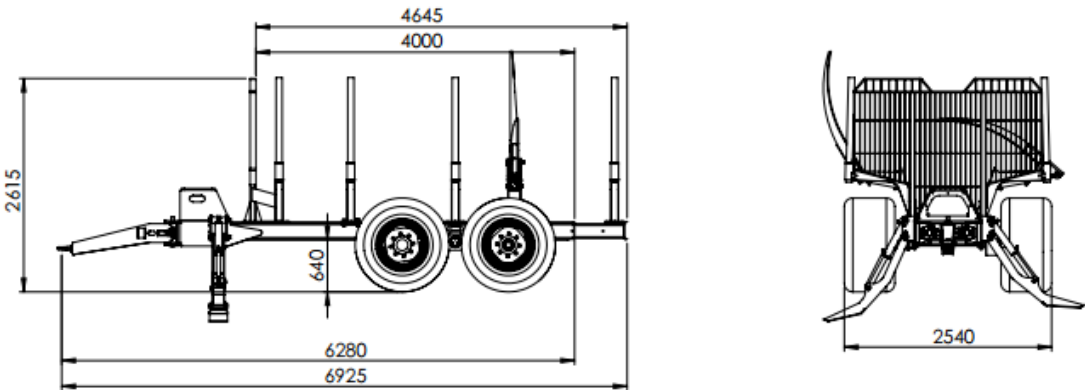
It is almost sure that the company is planning to develop a new crane with 10 meter reach to make trailer more competitive. The new trailer filled the last empty spot in the BMF brand model selection and soon the second enhanced model will be produced.

Kasutatud kirjandus

- 1) OÜ Lisako kodulehekül [www] <http://www.bmf.ee> (20.01.2015)
- 2) OÜ Palmse Mehaanikakoda kodulehekül [www] <http://palms.eu/> (20.01.2015)
- 3) OÜ Weimer kodulehekül [www] <http://www.weimer.ee/haagised> (20.01.2015)
- 4) Stepa Farmkran GmbH kodulehekül [www] <http://www.stepakran.com> (21.01.2015)
- 5) Wikar Oy Ab kodulehekül [www] <http://www.kronos.fi/> (21.01.2015)
- 6) Eesti Vabariigi õigusaktide väljaanne [www] <https://www.riigiteataja.ee> (05.02.2015)
- 7) Agriland OÜ kodulehekül [www] <http://www.agriland.ee> (20.01.2015)
- 8) TVZ srl kodulehekül [www] <http://www.tvzassali.it/>
- 9) Sampo Hydraulics Ltd kodulehekül [www] <http://www.blackbruin.com/> (20.02.2015)
- 10) TVZ srl kodulehekül [www] <http://www.tvzassali.it/> (23.02.2015)
- 11) Rukki Products AS kodulehekül [www] <http://www.ruukki.ee/> (06.03.2015)
- 12) Vikipeedia kodulehekül [www] <http://en.wikipedia.org/wiki/Oak> (25.02.2015)
- 13) H Herranen, K Karjust, J Kers, J Krustok, P Kulu, H Käerdi, A Laansoo, H Lend, T Otto, P Põdra, J Riives, M Saarna, F Sergejev, T Tiidemann, R Veinthal, Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn, TTÜ kirjastus, 2012.
- 14) FTG Cranes AB kodulehekül [www] <http://www.mowi.se/> (23.03.2015)
- 15) Tigercat Industries INC kodulehekül [www] <http://www.tigercat.com> (24.03.2015)
- 16) Ponsse PLc kodulehekül [www] <http://www.ponsse.com> (24.03.2015)
- 17) AS BHC kodulehekül [www] <http://www.silinder.ee> (10.04.2015)
- 18) Teknos OÜ kodulehekül [www] <http://www.teknos.ee> (12.04.2015)
- 19) Ettevõtte Gierkink Machine Techniek kodulehekül [www] <http://www.gierkinkmt.nl/> (21.04.2015)
- 20) Hakala, T.(2014). Perusvaunutnetsään.- Koneviesti, 16, 82-106.
- 21) Ettevõtte Starco Group kodulehekül [www] <http://www.starco.com> (05.05.2015)
- 22) Organisatsiooni TÜV-SÜD kodulehekül [www] <http://www.tuv-sud.com> (06.05.2015)

Lisad

Lisa 1. Messide infoleht



BMF 152
Weight: 3 t
Load capacity: 15 t

Joonised