



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

TTÜ Inseneriteaduskond

MODULAARSE TAGUMISE ALLASÕIDUTÕKKE PROJEKTEERIMINE HAAGISELE

DEVELOPMENT OF MODULAR REAR UNDERRUN PROTECTION FOR TRAILER

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Henry Lepik

Üliõpilaskood: 178101MATM

Juhendaja: Dotsent Toivo Tähemaa

Tallinn 2019

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane:Henry Lepik.....(nimi, üliõpilaskood)
Õppekava, peeriala:MATM02/15 - Tootarendus ja tootmistehnika.....(kood ja nimetus)
Juhendaja(d):dotsent, Toivo Tähemaa.....(amet, nimi, telefon)
Konsultandid: ...insener Kristjan Tikka, Fors MW AS.....(nimi, amet)

Lõputöö teema:

(eesti keeles)

Modulaarse tagumise allasõidutõkke projekteerimine haagisele

(inglise keeles)

Development of modular rear underrun protection for trailer

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Konstrueerida uue generatsiooni konkstõstehaagisele tagumine allasõidutõke
2. Luua fikseeritud allasõidutõke ja mehaaniliselt kaasaliikuv allasõidutõke kallutamisel
3. Vähendada sellega hüdrauliliste ja pneumaatiliste osade hulka ning sellega toote omahinda.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Info kogumine ja kinemaatika väljatöötamine	22.03.2019
2.	Teoreetiline osa	22.04.2019
3.	Projekteerimine	7.05.2019
5..	Joonised/skeemid	22.05.2019

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: "....."201....a

Üliõpilane: Henry Lepik

..... "....."201....a

/allkiri/

Juhendaja: Toivo Tähemaa

..... "....."201....a

/allkiri

Konsultant: Kristjan Tikka

..... "....."201....a

/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	6
Lühendite ja tähiste loetelu.....	7
SISSEJUHATUS.....	8
1 NÕUDED KONSTRUKTSIOONILE.....	10
1.1 Lähteandmed.....	10
1.2 Allasõidutõkke vajadus ja efekt liikluses	12
1.3 Disainipiiride eeluuring	12
1.4 Piirangute kokkuvõte	15
2 TURUANALÜÜS	16
2.1 Võrdlus olemasoleva tootega.....	20
2.2 Analüüsi kokkuvõte	20
2.3 Nõuete spetsifikatsioon.....	21
3 PROJEKTEERIMINE	23
3.1 Statsionaarne allasõidutõkke.....	23
3.1.1 Põrkeraud.....	25
3.1.2 Kronstein	27
3.1.3 Kandur	28
3.2 Liikuv allasõidutõkke FMWS.....	29
3.2.1 Konstruktsiooni kirjeldus	30
3.2.2 Konstruktsiooni tugevusanalüüs.....	33
3.2.3 Sõlmede kinnitusvahendite valik.....	36
3.2.4 Adapteriplaadi ühendus raamiga	38
3.2.5 Liikuva ja statsionaarse allasõidutõkke kokkuvõte	39
3.3 Nõuded allasõidutõkkel paigaldatavatele lisadele	39
4 MAJANDUSLIK OSA.....	41
4.1 Fikseeritud allasõidutõkke	41
4.2 Liikuv allasõidutõkke	42
KOKKUVÕTE	44
SUMMARY	46
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	48
5 LISAD	50
Lisa 1 LC12T led tagatuli.....	51

Lisa 2 Kanduri pingete näide 850MPa juures	52
6 GRAAFILINE OSA	53
Joonis 1. Statsionaarne allasõidutõke	53
Joonis 2. Kandur_koost_keevis	53
Joonis 3. Liikuv allasõidutõke	53

EESSÕNA

Antud magistritöö teema pakkusid välja AS Fors MW konstruktorid, kes minu palve peale leida lõputöö, arvasid et see teema oleks sobiv. Kuna autor on töödanud antud ettevõttes juba viimased kaks aastat tehnoloogina ei kuulu tema tööülesannete hulka projekteerimine. Seeõttu näis antud teema huvitav, väljakutseid pakkuv ja ennast arendav.

Fors MW AS põhitoodanguks on metsaveohaagised, palgitõstekraanad, konkstõstehaagised ja kallurhaagised ning nende juurde kuuluv lisavarustus. Ettevõtte viimaste aastate siht on olnud uuendused ja investeerimine, setõttu on asunud arendama ka uue generatsiooni konkstõstehaagist. Lõputöö eesmärk on luua uuele haagisele fikseeritud allasõidutõke ja mehaaniliselt kaasaliikuv allasõidutõke, mis kallutamise puhul eest ära liigub ning väldib allasõidutõkke vigastamist konteineri poolt.. Lõputõõs käsitletud allasõidutõke peab vastama viimastele Euroopa Liidu regulatsioonidele.

Lõputõõ teostamisel oli suureks abiks Kristjan Tikka (Fors MW AS, konstruktor), kes samuti oma lõputõõ kirjutamise kõrvalt aitas disaini küsimustega ja kelle töö andis enamuse sisendist autori töö valmimiseks. Samuti sooviks tänada juhendajat Toivo Tähemaad ja ettevõtte tootmisjuhti Gary Kaljuveed, kes tuli vastu tööalaselt ja toetas minu lõputõõ kirjutamist.

Lõputõõ võtmesõnad: allasõidutõke, projekteerimine, Bigab, magistritõõ

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

AST – tagumine allasõidutõke (inglise keeles Rear Underrun Protection, RUP)

Ra – kategooria haagis, mille valmistajakiirus ei ületa 40 km/h

Rb – kategooria haagis, mille valmistajakiirus ületab 40 km/h

N – sõiduk mida kasutatakse kaupade veoks, veok

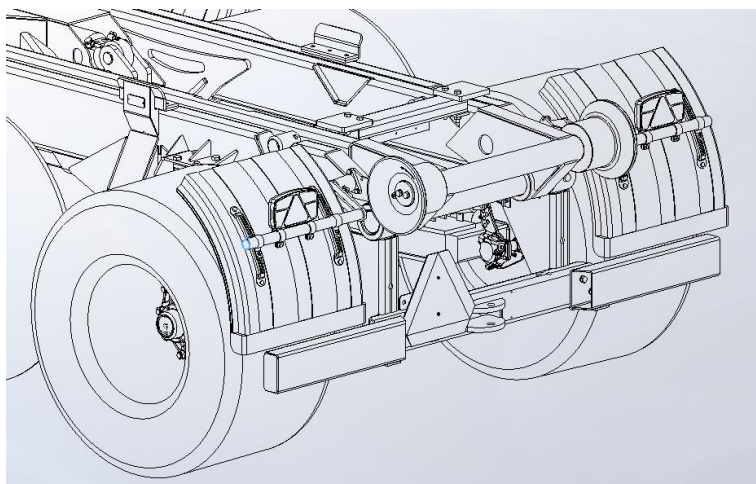
M – sõiduk mida kasutatakse inimeste veoks, auto

SISSEJUHATUS

Lõputöö teema on valitud koostöös AS Fors MW-ga, kes tegeleb metsaveo ja konkstõstehaagiste projekteerimise ja tootmisega. Fors MW on tootnud konkstõstehaagiseid 2000ndate aastate algusest saadik ja kogu tootmine on toimunud Eestis. BIGABi brand ise on nüüdseks juba 40 aastat turul olnud. Kuna konkurendid liiguvad pidevalt edasi uuendustega, tuleb ka Forsil edasi liikuda tootearendusega.

Lõputöö eesmärgiks on projekteerida uuele konkstõstehaagisele kaks tagumist allasõidutõket, üks mis oleks mehaaniliselt liigutatav koos raamiga ning teine mis on statsionaarne. Selline valik on põhjendatud sellest, et haagisele on vajalik turgu silmas pidades mõlemat versiooni. Klientidele, kes soovivad kasutada ainult kuni 6 m konteinerit ei ole oluline tagumise allasõidutõkke liigutatavus, neile pakume fikseeritud tõket. Kuid klientidele, kes soovivad lisavarustusena osta Z-kraanat tuleb ohverdada haagise pikkust ja sellega nihutada konteinerit väljapoole. Selleks, et ei tekiks kallutamisel kokkupõrget tõkkega, tuleb see eest ära tuua. Selle probleemi lahendamiseks konstrueeritakse töös adaptiivne allasõidutõke.

Uued tõkked peavad vastama määrusele (EL) 2015/208 lisa XXVI [1], millega täiendatakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrust (EL) nr. 167/2013 põllu ja metsamajanduses kasutatavatele sõidukitele tüübikinnituse andmisega seotud kohustuste osas [2]. Nõue, mis kohustab kõigilt R_a ja R_b klassi sõidukitelt tüübikinnitust, et nad saaksid liigelda avalikel maanteedel. Samuti on kohustuslik kasutada haagistel nõutele vastavat tagumist allasõidutõket. Praegu kasutatava tõkke näite leiab jooniselt (Joonis 1.1).



Joonis 1.1. Näide praeguse generatsiooni BIGAB 20-24 allasõidutõkkest [3].

Kuna antud töö eesmärk on projekteerida AST uue generatsiooni konkstõstehaagisel, kus enamik konstruktsioonist on polditav, tuleb ka konstrueerimisel sellest lähtuda. Modulaarsus on võtmesõna. Uus haagis on hetkel sarja kõige suurema šassii pikkusega 6 m ja registrimassiga 24 tonni. Projekteerimise käigus tuleb veel silmas pidada konstruktsiooni gabariite, massi, koostamislihtsust ja hinda. Samuti vähendada keevisoperatsioone, mis praegusel variandil on valdav enamus.

Lõputöö on jaotatud nelja peatükki, kus igas peatükis keskendun eraldi etapile konstrueerimises kuni lahenduse jõudmiseni. Kõik osad on lahtiseletatult allpool olevas nimekirjas:

1. Nõuded konstruktsioonile

Selles peatükis analüüsitakse Euroopa Liidu poolt ettenähtud piiranguid ja regulatsioone RUPile. Tuuakse välja Euroopa Liidu poolt paika pandud gabriitmõõdud ja testimiseks vajaminevad algandmed konstruktsioonile.

2. Turuanalüüs

Antud peatükis tehakse turuanalüüs erinevate tõkete variantidele, mille eesmärgiks on tuua välja juba turul pakutavate toodete miinused ja plussid. Turuanalüüsis vaadatakse läbi populaarsemad laiatarbekaubana olevad tooted. Kuna nõuded rakenduvad R-kategooria sõidukitele ei leidu turul veel nendele septsialiseerunud tõkkeid. Valikud tuleb teha poolhaagiste ja veoautode hulgast.

3. Konstrueerimine ja tugevusarvutused

Järgnevas peatükis leitakse parima lahenduse disainile, kinemaatikale ja teen vastavad tugevusarvutused, et konstruktsioon vastaks EL regulatsioonidele ja läbiks vastava tüübikinnituse. FEM analüüsi tulemusena optimeeritakse konstruktsioon massi. Arvutatakse vajalike poltliidete suurused ja kinnitusjõud.

4. Majanduslik osa

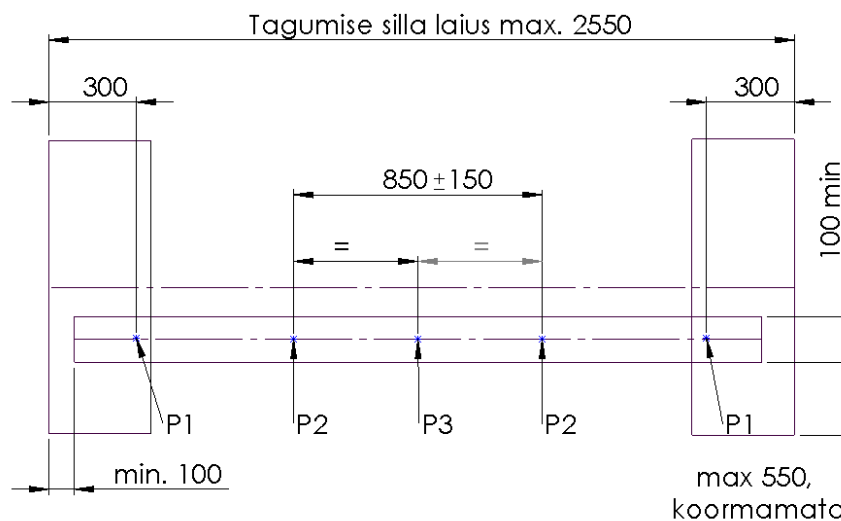
Antud peatükis tehakse toodetele majanduslikud arvutused ja arvutatakse kokku nende kogumaksumus.

Tõkked projekteeritakse tarkvaraga SolidWorks 2019. Sõlmede ja materjali vastupidavuse analüüsiks kasutan ANSYS 19.2 tarkvara.

1 NÕUDED KONSTRUKTSIOONILE

1.1 Lähteandmed

Lähteandmetes on oluline tugineda Euroopa Liidu määrustele 208/2015 ja 167/2013, mis panevad paika enamuse RUPi konstrueerimise nõuetest. Ra- või Rb-kategooria (haagised) sõidukid peavad olema niimoodi konstrueeritud ja/või varustatud, et pakkuda kogu laiuses tõhusat kaitset tagant pihta sõitva M₁- ja N₁-kategooria sõidukitele [1, p. 143].



Joonis 1.1 Tõkke mõõtude- ja jõupunktideskeem

Nõuded sõidukile on toodud allolevas nimekirjas [1, pp. 148-150]:

- 1) Tühja sõiduki tagaosa kliirens ei tohi ületada 55 cm (0,55 m) ja ei tohi olla sõiduki tagatelje kogulaiusest rohkem kui 100 mm (0,01m) lühem kummaltki poolt, v.a rehvide maapinnalähedane kummimine);
- 2) seadme laius ei tohi ületada 2,55 m;
- 3) tõkke kaugus ei tohi olla kaugemal kui 400 mm (0,4 m) sõiduki kaugemast servast;
- 4) tagumise allasõidutõkke elementide kasulik pindala peab olema vähemalt 35 000 mm² (0,035 m²). Risttala profiili kõrgus vähemalt 100 mm (0,1 m). Risttala külgmised ääred ei tohi olla tahapoole painutatud ega teravate äärtega. Tala välimine kumerusraadiused on vähemalt 2,5 mm.

Selleks, et AST saaks kõik vajalikud sertifikaadid ja load Maanteeameti poolt, et tagada riiklik tüübikinnitus, tuleb konstruktsiooni katsetada ettenähtud parameetrite järgi. Katsetamine

tellitakse Soomes resideeruva ettevõtte, kes peale edukat katsetamist väljastab dokumendi, mis tagab konstruktsioonile tüübikinnituse õiguse taotlemise Maanteeametis. [4]

Nõuded allasõidutõkke katsetamisele:

- 1) Tõkke peab olema vastupidav sõiduki pikiteljega paralleelselt mõjuvate jõudude suhtes ning olema tööasendis kinnitatud šassi peentalade või neid asendavate osade külge;
- 2) nõue on täidetud, kui on tõendatud, et tõkke tagumise osa ja sõiduki tagumise ääre vaheline horisontaalkaugus punktides $P1$, $P2$ ja $P3$ ei ületa 400 mm (0,4 m) ei kasutamise ajal ega pärast kokkupõrget;
- 3) punktid $P1$ paiknevad tagatelge rataste välisservade pikisuunalisest puutepinnast 300 mm (0,3m) kaugusel; punktid $P2$, mis asetsevad punkte $P1$ ühendaval joones, on sõiduki keskmise pikitasapinnaga sümmeetriliselt teineteisest 700 – 1000 mm (0,07 – 0,1 m) kaugusel. Punktide $P1$ ja $P2$ kõrguse maapinnast näeb ette sõiduki tootja tõket horisontaalselt läbivate joonte piires. Koormamata sõiduki korral ei tohi kõrgus olla suurem kui 60 cm (0,6 m). $P3$ on punkte $P2$ ühendava sirgjoone keskpunkt;
- 4) mõlemale punktile tuleb $P1$ ja punktile $P3$ tuleb järjest rakendada horisontaaljõudu, mis moodustab 25% sõiduki registrimassist, kuid ei ole suurem kui 50 000 N.

Meie haagise registrimass on $m = 24t = 24\ 000\ kg$, arvutustes vajamineva jõu leian valemiga (1.1) [5, p. 36]:

$$F = (m * F_w) * 0.5 = (24\ 000 * 9,81) * 0,5 = 117\ 720\ N \quad (1.1)$$

kus F_w – kaal, N,

g – raskuskiirendus, $9,81\ \frac{m}{s^2}$.

Kuna jõud on suurem kui ettenähtud, kasutame maksimaalset lubatud koormust 50 000 N.

- 5) mõlemale punktile $P2$ tuleb järjest rakendada horisontaaljõudu, mis moodustab 50% sõiduki registrimassist, kuid ei ole suurem kui 100 000 N.

Eelnevast kalkulatsioonist (1.1) lähtudes tuleb vajaminev jõud järgmine:

$$F = (m * F_w) * 0.5 = (24\ 000 * 9,81) * 0,5 = 117\ 720\ N$$

Kuna jõud on suurem kui ettenähtud, kasutame maksimaalset lubatud koormust 100 000 N.

- 6) punktides 4 ja 5 nimetatud jõude tuleb rakendada eraldi. Jõudude rakendamise järjekorra võib ette näha tootja.

- 7) Testimisel kasutatakse vähemalt 250 mm (0,25 m) kõrguse ja 200 mm (0,2 m) laiuse tugipinna kaudu, mille püstservade kumerusraadius on 5+1 mm ning mille tšenter surutakse järjestikku P1, P2 ja P3 punktidele.

Lisaks lisanduvad nendele ka ettevõtte juhtkonna visioon tootest ja milline on müügimeeste tagasiside turu käitumisest ja klientide soovidest.

1.2 Allasõidutõkke vajadus ja efekt liikluses

Tänapäeva kiiresti kasvavas ja arenevas maailmas, kus autosi lisandub liiklusesse pidevalt juurde on ka oluline nende ohutus. Kuna täishaagistel ja muudel suurematel kui 3,5 t sõidukitel on tagumine alallasõidutõkke ammu kohustuslik ja reguleeritud, siis uue määrusega toodi ka samad nõuded R kategooria sõidukitele üle. See kohustab tootjat kasutama tüübikinnitatud tõket oma haagisel. Nõutele vastava tõkke kasutamine tõstab suuresti liikluses ohutust ja vähendab hukkunute arvu. Tagumise allasõidutõkkel on avarii korral kaks väga suurt efekti:

- 1) Tagumine allasõidutõkke on väiksema kategooria autole (N ja M kategooria) esimeseks puutepinnaks avarii korral. Tõkke aitab pehendada lööki auto ja haagise vahel. Samuti takistab ta autol sõitmast haagise alla ja sellega suurendades ellujäämis võimalust kordades.
- 2) Kokkupõrke puhul ei vigasta sissesõitev auto haagise vedrustust ja pidurisüsteeme ega tagumisi telgi. Vastasel juhul võib haagis muutuda juhimatuks ja takistada omakorda teiste liiklejate ohutust.

Euroopas on olnud aastatel 2006-2016 aastal 4002 hukkunut õnnetustes, mis kaasasid suuremaid kui 3,5 tonniseid sõidukeid. See teeb keskmiselt 15 % kogu surmaga lõppenud õnnetustest [6].

1.3 Disainipiiride eeluuring

Selle peatüki eesmärk on välja tuua erinevad piirangud, mis tulenevad šassii konstruktsiooni iseärasustest. Selles peatükis väljatoodud andmed ja piirangud on toote disainimisel algandmed. Enne konstrueerimist tuleks kontrollida ja analüüsida erinevaid faktoried, mis mõjutavad disaini. Enamus informatsioonist tuleb Fors MW AS arendusosakonnast, kus konstruktorid töötavad välja šassii põhiolemuse ja mõõdud. Sellega paneme ka paika, mis piiridesse konstrueeritav tõkke peab jääma. Kuna šassii külge kinnitatakse palju lisavarustust (nt. õhkpidurid, vedrustus jne), teeb see

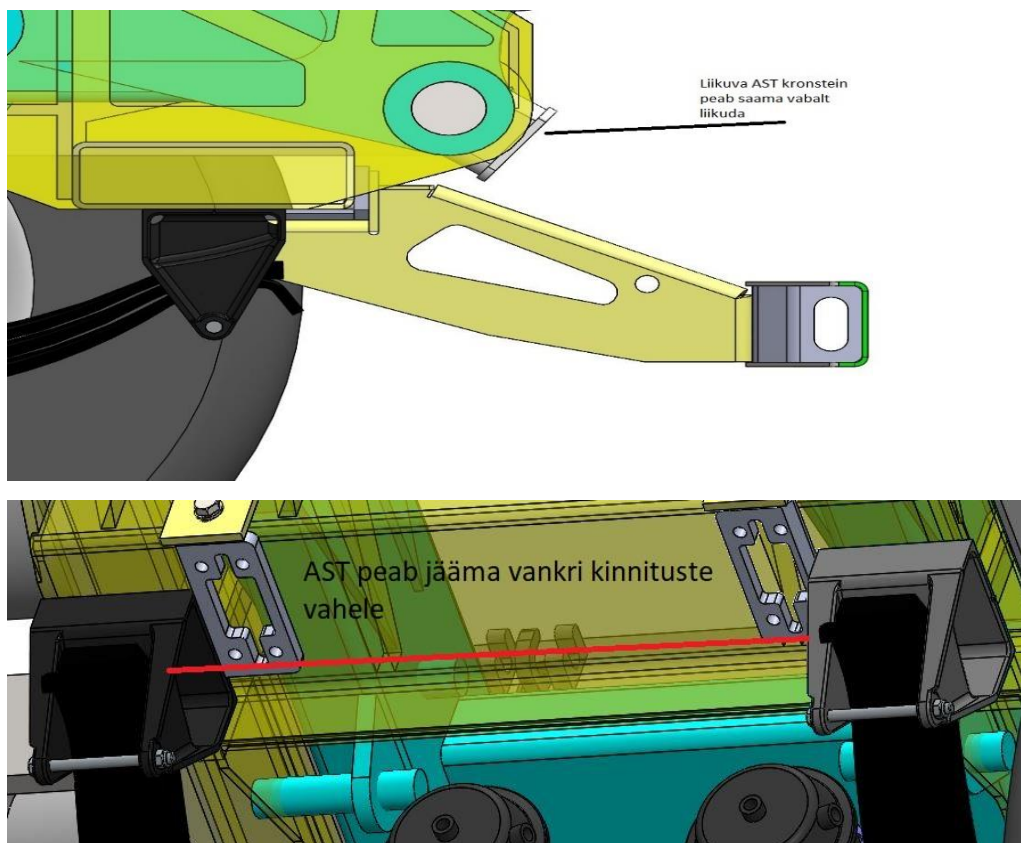
ka oluliseks ruumikasutuse. Toon välja piirangud nii fikseeritud, kui ka liikuva AST puhul. Kõik mõõdud ja joonised šassiist tulevad Kristjan Tikka (konstruktor, FORS MW) tehtud mudelist.

- 1) AST kaugus 6,0 m konteineri puhul peab jääma konteinerist min. 200 mm (0,2 m),
- 2) Kokkupõrketala laius peab sobima ka kitsaste rehvide (0,56 m) puhul. Tala laius max 2350 mm (2,35 m),
- 3) Kokkupõrketala kõrgus on rohkem kui 120 mm (0,12 m),
- 4) Osad peavad olema lihtsasti kinnitatavad ja vahetatavad (modulaarsus).

Haagisel kasutatav lisavarustus määrab samuti tõkke mõõdud ja asukoha. Kuna haagisel on teleskoop, saab konteineri kaugust tagumisest tõkkest reguleerida. Fikseeritud AST puhul nagu on näha alloleval joonisel (

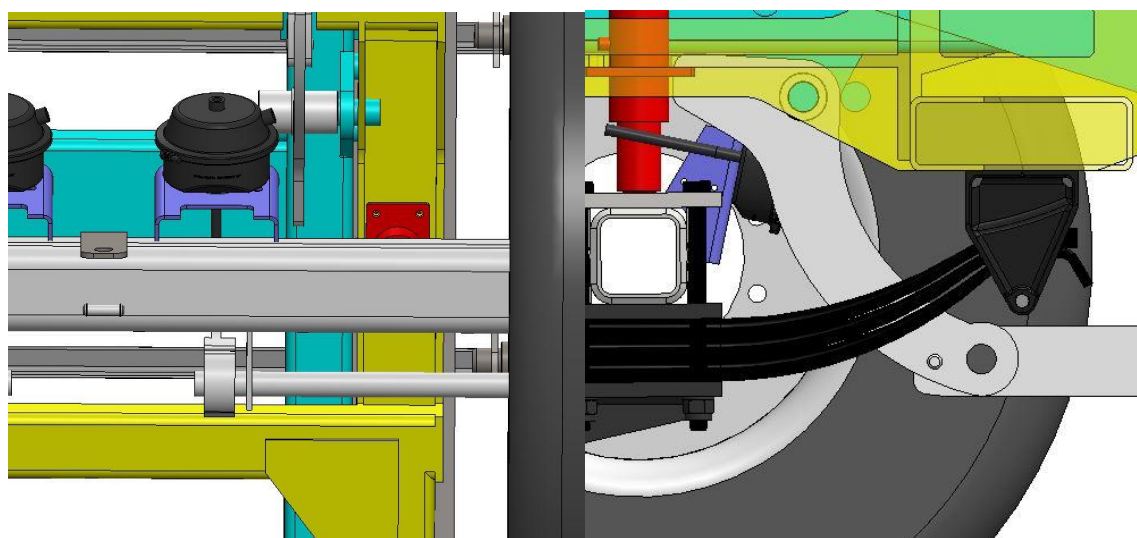


Joonis 1.2) tuleb AST mõõdud teha nii, et 6,0 m konteineri puhul jääksid mõõdud lubatud piiridesse. Fikseeritud tõkke puhul muid füüsilisi piiranguid konstrueerimisel ei ole.



Joonis 1.2. Lõige haagisest ja allasõidutõkkest

Liikuva AST puhul lisanduvad veel piirangud šassii ehitusest. Kuna ruum, kus tõkke osad liikuda saavad on võrdlemisi väikesed peab konstruktsioon olema hästi läbi mõeldud. Joonisel (Joonis 1.3, vasakpoolne) on hästi näha, kuidas õhkpiduri ja raami (kollane) vaheline ala on väike. Samuti piirab konstruktsiooni suuresti külgvaates kaks elementi. Kallutamisel peab konstruktsioon mahtuma tagumise veotelje ja ristiprofiili vahele, mis hoiab koos traileri tagumist sõlme.



Joonis 1.3. Liikuva AST peamised piirangud

1.4 Piirangute kokkuvõte

Analüüsi tulemusena tuleb välja millised konstruktsioonilised piirangud tulevad, millega tuleb liikuva tõkke kontrueerimisel arvestada.

- 1) Šassii laius 2520 mm,
- 2) Tagumise ristala ja veotelje vaheline ala, 300 mm,
- 3) Siseraami ja õhupiduri lõõtsa vaheline ala, 130 mm,
- 4) Rehvi suurus 560/R22,5.

Fikseeritud tõkke puhul peab ta kinnituma tagumise risttala külge ja tagama regulatsioonidest tulenevaid nõudeid.

2 TURUANALÜÜS

Selles peatükis toon välja kõige levinumad variandid mida turul kasutatakse. Kuna allasõidutõke on vajalik igale haagisele ja suuremale kui 3,5 t sõidukile, siis on tegemist standardiseeritud tootega. Eriti neile brändidele, kelle raamid on polditavad. Analüüsis toon välja turul pakutavad lahendused ja nende positiivsed ja negatiivsed küljed töö vaatevinklist. Jaekaubana universaalseid müüdavaid tooteid ei ole palju, kuna paljud tootjad on spetsialiseerunud kindlatele markidele ja toodavad enamjaolt eksklusiivselt just neile mõeldud tükkeid (nt. Mercedes-Benz, Volvo, Scania, Daf jne.).

1. VBG [7]

VBG pakub erinevaid allasõidutükkeid, alustades statsionaarsetest lõpetades hüdrauliliste ja mehaaniliselt liigutatavatega.

1.1 Statsionaarne

Statsionaarne allasõidutõke nagu on kujutatud allaoleval pildil (Joonis 2.1) on kõige standartsem valik. Koosneb alumiiniumprofiilist ja selle külge kinnitatud polditavast kinnitusest.

Positiivsed küljed: Konstruktsioon on kerge ja lihtne, polditav, on võimalik valida erinevas pikkuses ja profiilis tagumisi talasi, kinnituse asukoht on reguleeritav

Negatiivsed küljed: Ei ole reguleeritav, lisavarustuse lisamine vajab lisa töötlemist.



Joonis 2.1. Statsionaarne RUP VBG

1.2 Hingedel või käsitsi liigutatav (Joonis 2.2)

Antud allasõidutõke on muidu fikseeritud asendis. Kui on vaja kallutada, tuleb juhil vabastada tõke ja lasta alumisse asendisse.

Positiivsed küljed: Polditav, reguleeritav, saab kasutada ka pikemaid konteinereid, hooldusvaba.

Negatiivsed küljed: Tuleb liigutada käsitsi. See eeldab tõkke langetamist alumisse asendisse igakord kui on vaja kallutada koormat.



Joonis 2.2 Hingedel töötav RUP VBG

1.3 Hüdrauliliselt liigutatav

Kõige uhkem mudel nende tootevalikus on hüdrauliliselt kokkukäiv allasõidutõke (Joonis 2.3), mida on võimalik reguleerida juhikabiinist väljumata. Juht saab enne kallutamist tõkke kokku tõmmata, et see ei põrkaks kokku konteineriga. Samuti on võimalik luua automaatne tsükkel, kus tõke liigub enne sisse ja siis kallutab koorma. Pärast kallutamise tsükli lõppu liigub allasõidutõke uuesti tööasendisse.

Positiivsed küljed: Polditav, kabiinist liigutatav.

Negatiivsed küljed: Kulukas, hüdraulika lisab hooldatavaid sõlmi ja varuosad on kulukad.



Joonis 2.3. Hüdrauliliselt liigutatav RUP, VBG

2. Pommier [8]

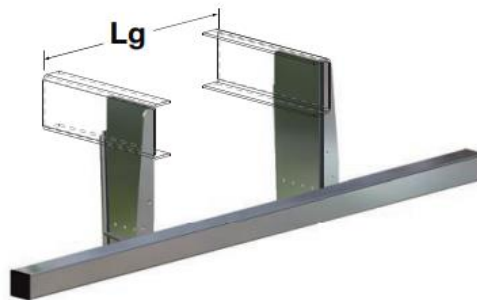
Pommier pakub väga palju erinevaid allasõidutõkkeid, alustades statsionaarsetest lõpetades hüdrauliliste ja mehaaniliselt liigutatavatega. Samuti on neil jagatud tootevalik erinevate masinatüüpide vahel ära: 3,5t ja 7,5t veokid, poolhaagised ja kõik ülejäänud sõidukid, mis kuuluvad

teiste kaalukategooriate alla. Laia tootevaliku seast valisin välja kolm erinevat tõket, mis sobiksid töö eesmärgiga ja teiste võrreldatavatega.

2.1 Statsionaarne

Positiivsed küljed: Konstruktsioon on kerge ja lihtne, polditav, on võimalik valida erinevas pikkuses ja profiilis tagumisi talasi.

Negatiivsed küljed: Kinnitatav küljetalade külge.



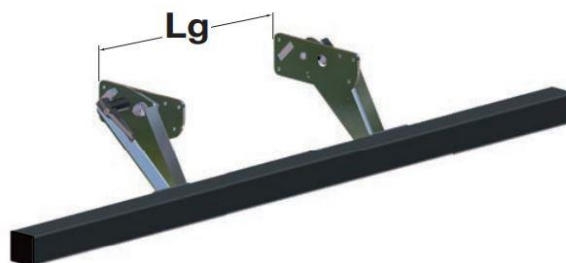
Joonis 2.4. Statsionaarne AST Pommier

2.2 Hingedel või käsitsi liigutatav

Antud allasõidutõke on muidu fikseeritud asendis. Kui on vaja kallutada, tuleb juhil vabastada tõke ja lasta alumisse asendisse.

Positiivsed küljed: Polditav, reguleeritav, saab kasutada ka pikemat konteinereid.

Negatiivsed küljed: Tuleb liigutada käsitsi. See eeldab tõkke langetamist alumisse asendisse iga kord kui on vaja kallutada koormat.



Joonis 2.5 Hingedel töötav RUP VBG

Kõige uhkem mudel nende tootevalikus on hüdrauliliselt kokkukäiv allasõidutõke (Joonis 2.6), mida on samuti võimalik distantilt opereerida. Pommieri ehitus erineb konkurentidest sellepolest, et nende tõke ei „paki“ ennast kokku mitte käärtõstuki moodi vaid iga tugi tõmbab ennast ise kokku ja sellejärel liigub tõke sissepoole.

Positiivsed küljed: Polditav, keevitatav, kabiinist liigutatav.

Negatiivsed küljed: Kulukas, hüdraulika lisab hooldatavaid sõlmi ja varuosad on kulukad.



Joonis 2.6. Hüdrauliliselt või manuaalselt liigutatav horisontaalne AST, POMMIER

3. Terberg Techniek [9]

Terberg on ettevõtte, kes teeb sadulautodele pealisehitust. Oma valikus pakuvad nad ka EU regulatsioonidele vastavat hüdraulilist allasõidutõket. Hüdrauliline tõke töötab nagu VBG (1.3) omagi käärtõstuki põhimõttel.

3.1 Hüdrauliline

Positiivsed küljed: Konstruktsioon on lihtsa ehitusega ja kergesti opereeritav, süsteemil on kolm lõpp asendit.

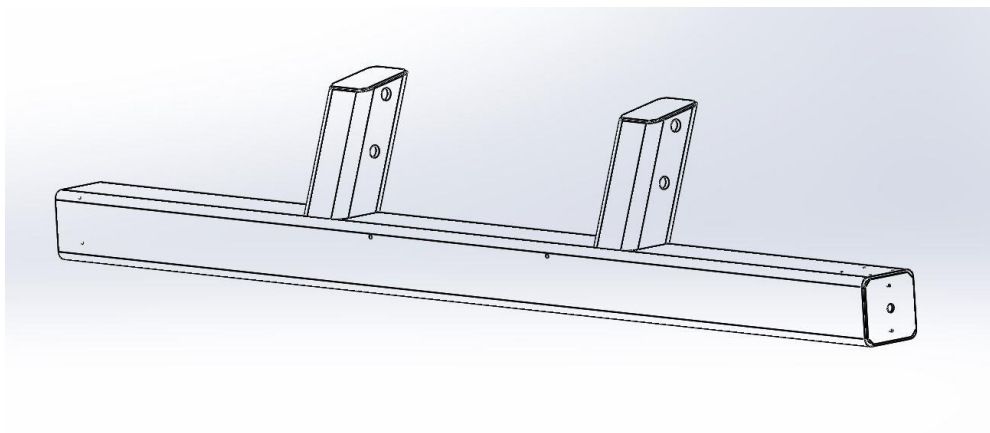
Negatiivsed küljed: Ei ole reguleeritav, enamuses sobib ainult nende enda toodanguga.



Joonis 2.7. Hüdrauliline AST Terberg Technik

2.1 Võrdlus olemasoleva tootega

Fors MW-I on tootevalikus juba mitmeid tüübikinnitatud tõkkeid. AST-d on tehtud siiani silmas pidades lihtsust ja valmistamiskiirust. Iga tõke on haagisele omane ja konstrueeritud vastavalt sellele kindlale haagisele. Pealtnäha on nad lihtsad aga vajavad lisavarustusepuhul palju lisaoperatsioone ja keevitamist. Samuti on konstruktsioonid üledimensioneeritud ja ei ole eelnevalt optimeeritud. Alloleval joonisel (Joonis 2.8. Tüübikinnitatud ASTJoonis 2.8) on kujutatud näide hetkel tootmises olevast lahendusest.



Joonis 2.8. Tüübikinnitatud AST

Projeteeritava toote puhul on võimalik eelnevalt kõik avad laserlõikusega ära teha, et lihtsalt hiljem kliendi vajadusel lisada toode.

2.2 Analüüsi kokkuvõte

Analüüsist tulenevalt on näha, et kõik tootjad kalduvad tegema enamasti alumiinium- või teras profiilist tõkkeid. Kinnitused fikseeritavatel allasõidutõketel on lihtsad ja odavad. Samuti on väljamõeldud ka keerukamaid manuaalselt liigutatavaid hingedel töötavaid variante. Kõikidel

tootjatel on üks miinus, mis meie haagise puhul ei sobi. Selleks on laius. Uue šassi raami laius on 1040 mm ja nii laia kinnitusega ei pakuta AST. Veel on kõikide tootjate tüked mõeldud kinnitamiseks šassii külgedele. Meie haagisel peab kinnitus olema tagumise siseraami küljes. Tõkkele ei ole originaalis võimalust kinnitada lisavarustust (tulesi, märke ja muid signaalelemente). Kindlasti oleks võimalik tootele lisada vastavad avad aga see oleks kohe eritellimus ning liigselt kulukas ja spetsiifiline.

Tootjate võrdlus koos meie enda toodanguga on toodud allolevas tabelis (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. AST andmete võrdlus

A S T	Mõõde	Fors MW, vana	Fors MW, uus	Statsionaarne		Manuaalselt liigutatav		Hüdrauliline		
				VBG	Pom mier	VBG	Pommie r	VBG	Pommie r	Terberg
SUURUSED	Laius, mm	2400	2350	2412	Vastavalt soovile	-	Vastavalt soovile	2385	Vastavalt soovile	2408
	Kinnituste kaugus, mm	820	Max 695	Regul.	700-900	-	750-900	1050	750-900	758-905
	Väljaulatus, mm		Max 600	356	100	642-513	329	1061	1196	1071
	Raami kõrgus maapinnast, mm	956	725	-	Vastavalt soovile	-	Max 550	-	880	-
	Kaal, kg	64	-	~70	63,5	74,9	66	100	83	160

Analüüsis tulenevalt selgus, et kavandatavat liikuvat allasõidutõkke lahendust turu peal ei pakuta ja kuna ettevõttel on potentsiaalne võimekus valmistada oma toodet, leian et kõige õigem oleks disainida ja valmistada tõkke ettevõtte siseselt. Sellega koos tehakse ka statsionaarne tõkke, mis ei välista muidugi tulevikus võimalust kasutada ka lisavalikuna teise tootja standartset allasõidutõket ja sellega lihtsustada toote valmimist.

2.3 Nõuete spetsifikatsioon

Alljärgnevas koondtabelis (**Error! Reference source not found.**) toon välja kõik nõuded, mis v estlustest arendusmeeskonna ja juhtkonna ning piirangute analüüsist välja tuli. Tabel võrdleb

nõudeid eelmise generatsiooni haagise allasõidutõkkega. Nõuded kehtivad nii fikseeritud, kui ka liikuva tõkke puhul. Samuti on tabelis ära märgitud uus soovitatav tulemus.

Tabel 2.2 Disaini nõuded

Kategooria	Nr.	Nõue	Hetke variant (võrdlus Bigab 20-24-ga)	Tulemus	Sidusrühm	Kinnitamismeetod
Funktionaalsus	R1	Mehhanism peab olema kinnitatav raami külge	Keevitatud raami külge	Vaja lisada polditavus, standartne lahendus	Fors MW	CAD
	R2	AST ei tohi interfereeruda kallutamisel ratastega	Ei interfereeru, on statsionaarne	Ei puutu kokku ratastega	Fors MW	CAD Prototüüp
	R3	AST ei tohi interfereeruda šassii all olevate komponentidega	Ei interfereeru, on statsionaarne	Šassii komponentide ja AST konstruktsiooni vahel puudub	Fors MW	CAD Prototüüp
Toimivus	R4	Lihtne opereerida	Olemas	Pole lisa abi vaja	Klient	CAD
	R5	Põrkeraua kaugus konteinerist	Oleneb konteineri suurusest	<200 mm enne kokkupõrget, <400 mm peale kokkupõrget	Klient	CAD ja FEM
	R6	Mehhanism sobib kõikidele šassiidele	Puudub standard lahendus	Vaja disainida	Fors MW	CAD
Hooldus	R7	Lihtne hooldada			Klient	
Liikuv	R8		-	Lisandub perioodiline hooldus		
Fikseeritud	R9		Hooldusvaba	-		
Regulatsioonid	R10	AST koormustaluvus	P1=50 kN P2=100 kN P3=50 kN	P1=50 kN P2=100 kN P3=50 kN	Klient Fors MW	FEM
	R11	Kõrgus maapinnast	-	<=550 mm	Fors MW	CAD
Omadused	R12	Väike mass	64 kg	Võimalikult kerge, optimeeritud		CAD, FEM
	R13	Madal hind	-	-		

3 PROJEKTEERIMINE

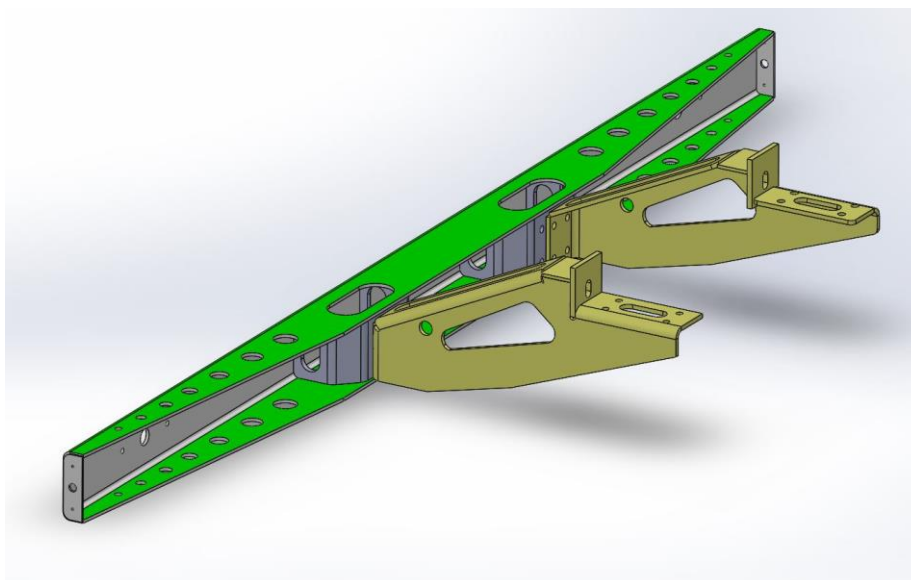
Selles peatükis vaadatakse üle konstruktsiooni osad ükshaaval ja kontrollitakse nende vastavust nõuetele. Samuti tehakse konstruktsiooni kriitilistele osadele tugevustarvutused ja FEM (Finite Element Method) simulatsioonid. Kriitiliste osade alla kuuluvad, tagumine pörkeraud, poltliitmed, tappliitmed, tugikonstruktsioonid.

Peatükis analüüsitakse statsionaarset ja adaptiivset versiooni.

3.1 Statsionaarne allasõidutõke

Statsionaarne allasõidutõke (Joonis 3.1) on haagise standardvarustus. Sellel peab olema tagatud kõikide haagise tüüpide puhul vastavus nõuetele. Statsionaarne tõke käib standardis 6,0 m ja lühemate konteinerite puhul. (nt. 4,5 m; 5 m; 5,5 m). Seda võimaldab haagisel olev teleskoop, millega saab konteinerit tahapoole liigutada, nii et konteiner jääks kandma rullikutel.

Statsionaarne tõke on polditav tagumise risttala külge. Tagumine allasõidutõke koosneb kolmest erinevast põhikomponendist: Pörkeraud, pörkeraua kronsteinid ja kandurid. Terve konstruktsioon on tehtud lehtmaterjalist. See võimaldab kiirelt lisada ja muuta detailidel olevate avade ja väljalõigete suurusi ning asukohti.



Joonis 3.1 Statsionaarne AST

Konteineri pikkus, m	4,5 m	5 m	5,5 m	6 m
Teleskoobi asend, mm	-1400 (max)	-1050	-550	-50

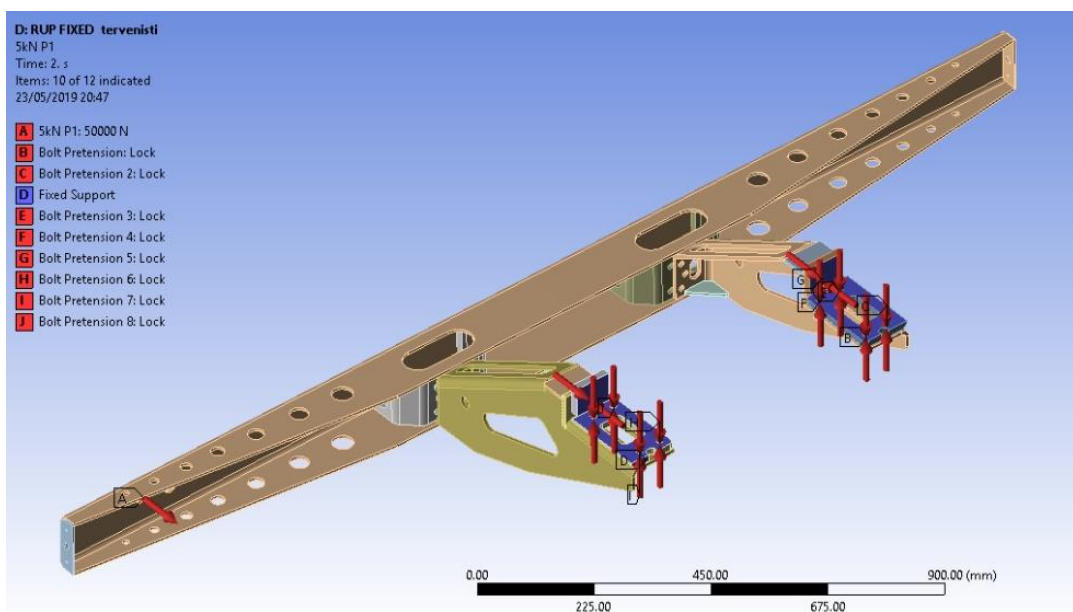
Kaugus konteinerist, mm	30	180
Kõrgus maapinnast, mm	452 mm	

annab ülevaate erinevate konteinerite kasutamisel teleskoobi asendist ja AST kaugusest konteineri kaugemast servast.

Tabel 3.1 Statsionaarse AST kaugus erinevate teleskoobi asendite ja konteinerite puhul.

Konteineri pikkus, m	4,5 m	5 m	5,5 m	6 m
Teleskoobi asend, mm	-1400 (max)	-1050	-550	-50
Kaugus konteinerist, mm	30	180		
Kõrgus maapinnast, mm	452 mm			

Analüüsi fikseeritud allasõidutõkkest teen terve koostuna, kuna see tõlgendab kõige paremini reaalselt olukorda. Terve koostu puhul on detail poltidega kinnitatud alusplaatide kaudu haagise alusvankri külge ja tagumisele tõkkele on avaldatud vastavalt koormust. Analüüsi viin läbi P1 ja P2 koormuste korral, kuna konstruktsioon on sümmeetriline.

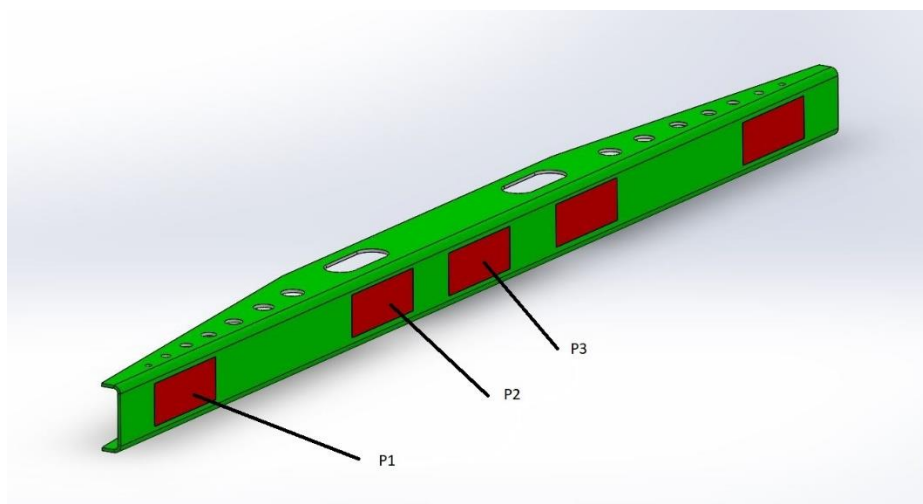


Joonis 3.2 Statsionaarse AST rajatingimused

Rajatingimused on antud vastavalt nõuetele. Jõudu avaldatakse horisonstaalselt ja kardaanselt hüdraulilise silindriga peatükis 1.1 lõige 7.toodud tingimustel. Tõke on kinnitatud poltidega eraldi raamikülge, mis on määratud *Fixed*. Poltidele ISO 4762 M16 10,9 on antud koostamis eelpinge hõõrdeteguri $\mu_G = 0,14$ korral $F_M = 115$ kN. Jõud on avaldatud esmalt P1 pinnale 50 kN ja teises etapis P2 pinnale 100 kN.

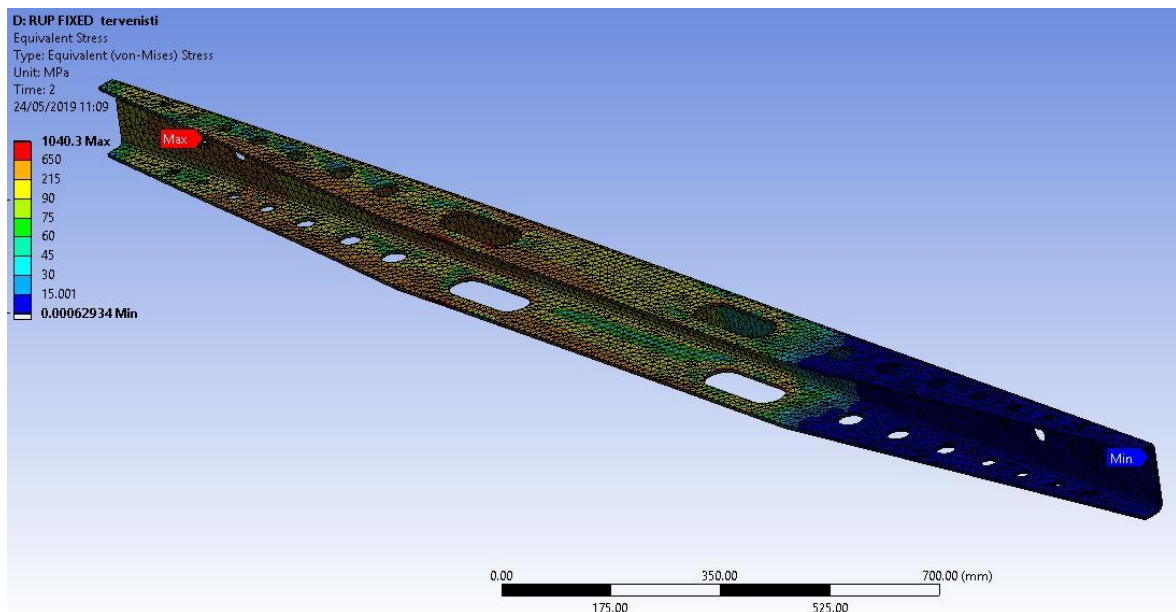
3.1.1 Põrkeraud

Tagumine põrkeraud on esmane konstruktsioon, mis võtab vastu kokkupõrke hetkel tuleneva koormuse. Detaili trapetsikuju on tehtud nii et koormused, mis rakenduvad vastavalt peatükis 1.1 kirjeldatud kohtadele ja suurustes, oleksid jaotanud talal ühtlaselt ja ei tekitaks liigseid pingeid. Tala on veelgi optimeeritud erinevate silindriliste väljalõigetega otses ja keskel, et vähendada massi ning lihtsustada tala paigaldamist klambrite külge. Samuti on detailile lõigatud sisse silindrilised avad, mis tagavad ligipääsu klambri keevitamisele ja hiljem koostamisel mutrite paigaldamisel.



Joonis 3.3 Põrkeraud. 6 mm Strenx 650MC

Joonis 3.3 olevad punased ristkülikud on mõjutsoonid, mis vastavad joonisel (Joonis 1.1) kujutatud koormusskeemile. Joonisel on ka ära märgitud mõjuvad jõud. Et kontrollida põrkeraua vastavust tingimustele teen analüüsi olukorrale, kus avaldatakse jõudu äärmistele (P1) punktidele ja P2 punktidele, kuna need punktid avaldavad kõige suuremat koormust konstruktsioonile.

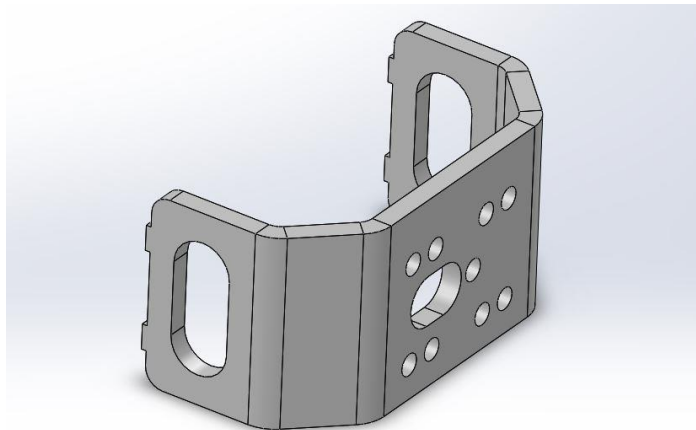


Joonis 3.4. Põrkeraud. P1 5 kN

Joonis 3.4 on näha deformatsioone, mis on ühtlaselt jaotunud terve otsa peale ära P1 koormuse puhul. Võrgustiku suurus on 10 mm tetraeeder. 1040 MPa suurune pinge avaldub sisselõigatud ava servale ja seda võib tõlgendada kui pingekontsentraatorit. Ülejäänud pinged jäävad 650 MPa piiridesse.

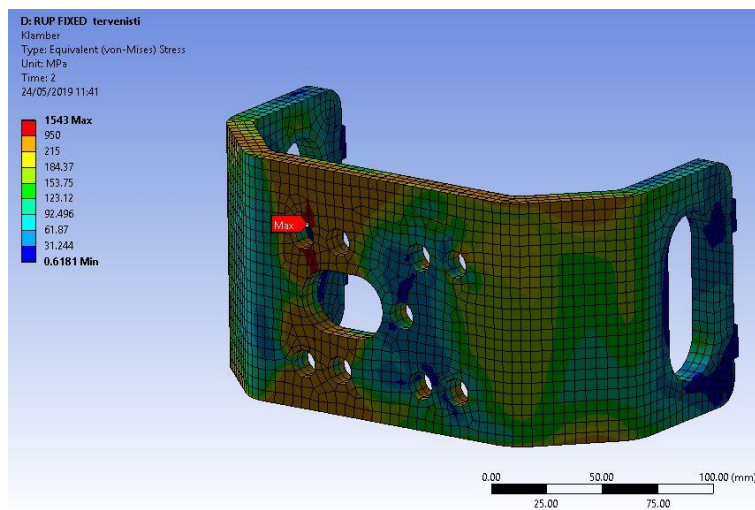
Sellest tulenevalt valin konstruktsioon materjaliks 6 mm STRENX 650 MC materjali, mille tõmbetugevus $R_m = 850 \text{ MPa}$ ja voolavuspiir $R_e = 650 \text{ MPa}$ ja mis vastab või ületab standardit EN 10149-2 [10]. Antud materjal on kasutusel ka tootmises, kraanade valmistamisel ning omab head vastupidavust koormustele. Antud materjali kasutades võidame ka massis, kuna saame kasutada õhemat materjali. Konstruktsiooniterase S355J2 EN10025 -2 puhul oleks detaili paksus 10 mm ja mass 50,3 kg vastavalt 6 mm 31,3 kg. Massi võit Strenx materjali kasutades on 1,6 kordne.

3.1.2 Kronstein



Joonis 3.5. Detail kronstein.

Kronstein (Joonis 3.5) on kõige kriitilisem detail terves AST-s. Kuna ta võtab vastu kogu löögikoormuse ja peab olema piisav, et ei murduks kogu konstruktsioon pinge all, samuti on ta keevitatud tagumise tala külge. Klamber on painutatud detail, mis on keevitatud tagumise pörkeraua külge.

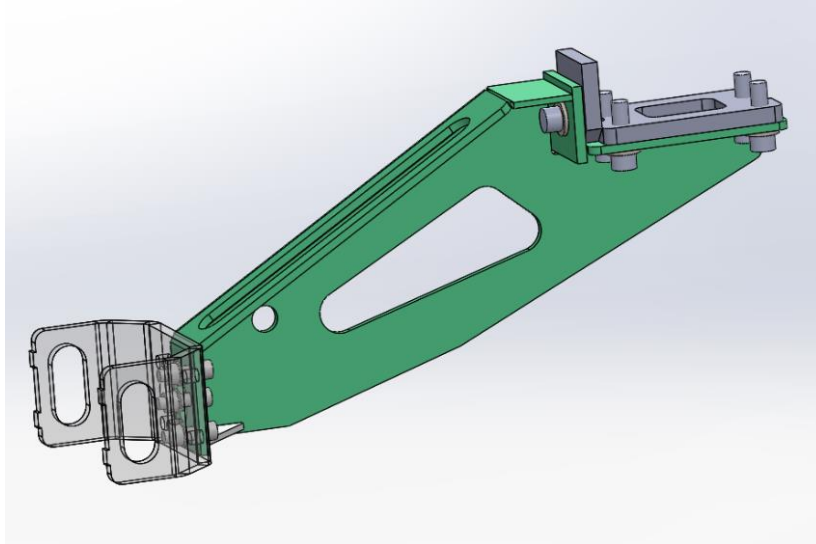


Joonis 3.6. Klamber analüüs

Klambri kontrollimiseks on läbiviidud simulatsioon, kus klamber on kinnitatud pörkeraua sisse *Bonded* välimise perimeetriga. See simuleerib detaili ümber olevat keevitust reaalsuses. Võrgustik on 5 mm kuuptahuline. Nagu Joonis 3.6 näha on tekib pingekontsentraator avade servadele. Hetkel valitakse materjaliks 12 mm SSAB Strenx 950 MC [10] kuid edasised katsetused on vajalikud täpsema materjali valikuks.

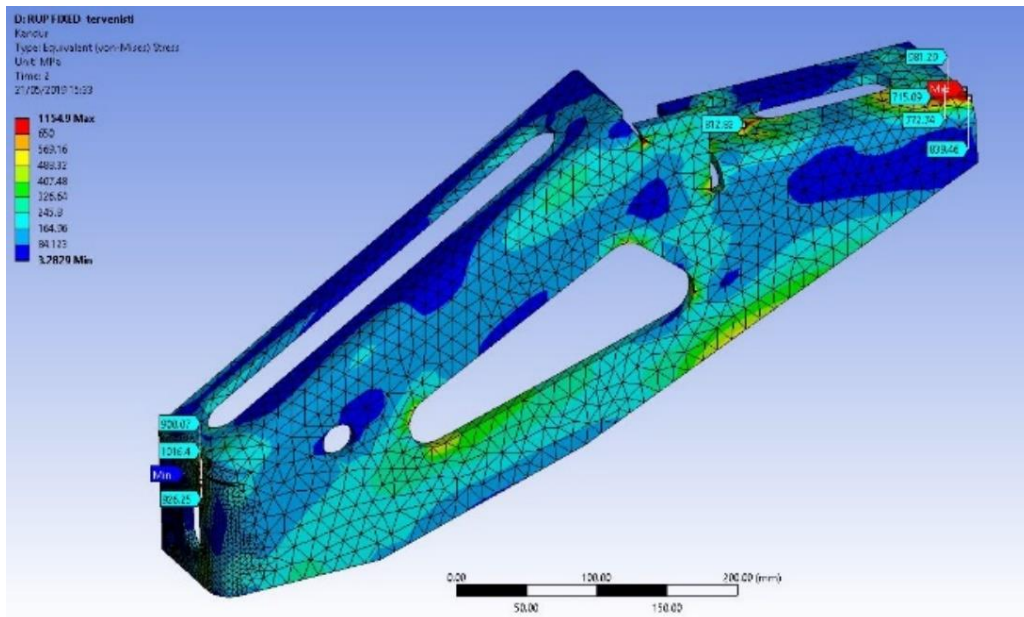
3.1.3 Kandur

Kandur kujutab endast lehtmaterjalist lõigatud ja painutatud detaili, mis on ühendavaks lüliks tagumise pörkeraua ja haagisei alusvankri vahel. Kandur (Joonis 3.7) kinnitub keevitatud plaatidega alusvankri külge. Kandur ise on polditud plaatide külge. See tagab detailide lihtsa kinnitamise ja vajadusel eemaldamise (nt. transportimiseks).



Joonis 3.7. Kanduri keeviskoost. Poldidega raamikülge kinnitatud

Et veenduda detaili vastupidavuses, simuleerin olukorra, kus detail on poldidega kinnitusplaadi külge kinnitatud. Kandurile mõjuvad jõud kanduvad üle eelmises peatükis kujutatud rajatingimuste kaudu (Joonis 3.2). Kehal on ühtlane 12 mm tetraeedreline võrgustik. Detail on ühendatud klambriga *Bonded* kinnitus kaudu. Detail valmistatakse Strenx 650MC terasest, mille $R_e = 650$ MPa. Antud skaalal näeme maksimaalset pinget 1155 MPa, mis tekib poldide kinnituskoha äärel koormuse lõpus survest kinnitusplaadi vastu. Tegemist on pingekontsentratsiooniga ja ei avalda konstruktsiooni tugevusele laiapõhjalist negatiivset mõju. Lisa 2 peal võime näha, et 850 MPa maksimaalse skaala juures, kuidas pinged on kontsentreerunud veelgi väiksema ala peale.



Joonis 3.8. Kandur. Deformatsioonid

Kanduri kinnitus raami külge toimub poltidega. Poldide valimiseks ja vajaliku kinnitusmomendi leidmiseks kasutame tabelist A1 vastavale hõõrdetegurile ($\mu_K = \mu_G = 0,14$) ja poldide suurusele ISO 4762 M16 10.9 kinnitusmomendiks $M_A = 338 Nm$ [11, p. 116]. Kanduri kinnitus klambri külge käib kolme ISO 4762 M12 x 40 – 10.9 silinderpeakruvi kaudu. Nende kinnitamiseks vajalik moment on saadav samast tabelist $M_A = 137 Nm$.

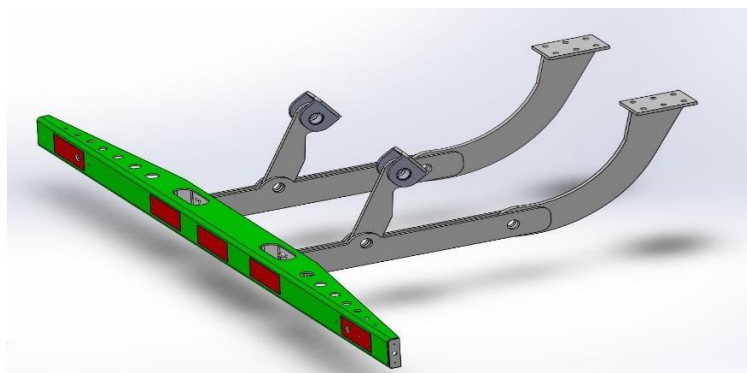
3.2 Liikuv allasõidutõke FMWS

Ettevõtte soov ja vajadus liikuva allasõidutõkke järel tekib uue generatsiooni haagisega, kus mitmes olukorras tuleb teleskoopi liigutada sisse ja sellega liigub konteiner kaugemal lubatud 400 mm piirist. Vajadus seisneb selles, et kui konkstõstehaagisele paigaldatakse Z-kraana, siis tuleb liigutada teleskoopi 350 mm sisse. Ehk fikseeritud AST puhul jääks see 170 mm välja nõudest, et tõkke ja sõiduki kaugema punkti vaheline kaugus ei tohi olla rohkem kui 400 mm (3). Liikuv allasõidutõke on edasiarendus fikseeritud omast, mis võimaldab kliendil kasutada kuni 6,0 m konteinerit ja ikkagi omada täisfunktsionaalset haagist, millega saab konteinerit peale tõmmata ja ka kallutada ilma probleemideta. Tabel 3.2 on toodud konteineri kaugused statsionaarsest tõkkest Z-kraana puhul. Nagu tabelist on näha läheb kaugus konteinerist tavalise 6 m konteineri puhul 138 mm üle normi.

Tabel 3.2. Konteineri kaugused Z-kraana puhul statsionaarse tõkkega

Konteineri pikkus, m	4,5 m	5 m	5,5 m	6 m
Teleskoobi asend, mm	-1350	-850	-350	-350
Kaugus konteinerist, mm	30	30	30	538

Z-kraana kasutamisel on oht, et konteiner kallutamisel liigub vastu tõkkel olevad tulesid ja tekitab sellega kahjustusi. Samuti vastab eelnevalt kirjeldatud parameetri korral haagis kõigile nõuetele ning on üldteedel kasutatav. Kui teha fikseeritud tõkke selline, et ta vastaks mõlemal juhul nõuetele ei saaks enam 6,0 m konteineriga kallutada ja konstruktsioon oleks mõttetult suureks paisutatud (raske ja kulukas).



Joonis 3.9. Kaasaliikuv modulaarne allasõidutõkke (kontseptsioon)

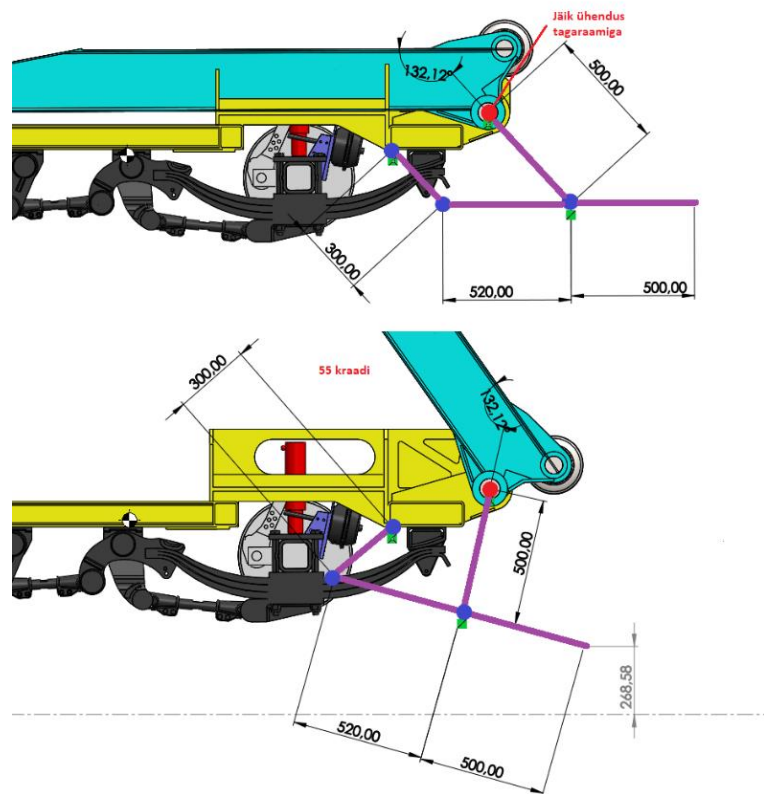
3.2.1 Konstruktsiooni kirjeldus

Konstruktsiooni kohapealt on lähtutud haagise enda ehituses ja koostamise lihtsusest. Kuna kasutatav ruum haagises on piiratud nagu peatükis (1.3) on kirjeldatud, siis on ainuke variant luua konstruktsioon lehtmaterjalist. Järgnevates alapeatükkides seletan lahti konstruktsiooni valiku ja põhjenduse. Toon näiten teise valikus olnud variandi ja nende negatiivse ja positiivsed küljed.

Soovides leida parim lahendus, koostas in kaks erinevat kontseptsiooni, mis põhimõttelt on sarnased, kuid kinnituvad erinevalt.

1. Variant 1

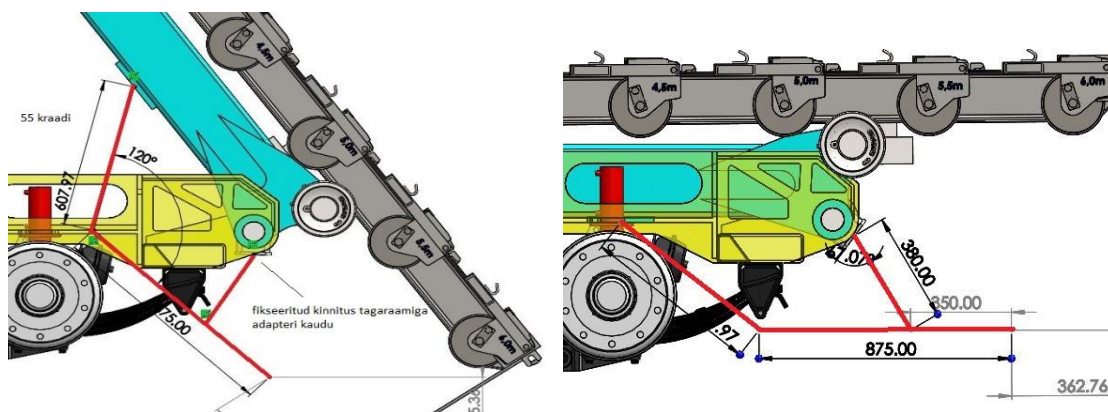
Joonis 3.10 oleva variandi puhul tuleb luua jäik lahendus, kuna raami kinnitus peab olema tugev, sest tagumine lüli on fikseeritud alusvankri külge. Alusvankri küljes olev kinnitus on kinnitatud flantsi kaudu tõkke külge, kuid kinnitus jääks väga halva nurga alla, et vastu võtta kogu koormust. Tagant kokkupõrke hetkel kanduks ühendusele tagaraamiga liiga suur koormus, kuna ülejäänud lülid on liigutatavad ja ei aita kanda koormust. Esimene lüli tuleks samuti liiga pikk ja peaks olema väga jäik. Seetõttu leian, et konstruktsioon tuleks liiga kogukas ja kinnitused peaksid olema väga üle dimensioneeritud.



Joonis 3.10. Variant 1.AST fikseeritud alusvankri ja tagaraami külge

2. Variant 2

Variants number kahe puhul on lülid kinnitunud tagaraamiga (Joonis 3.11 sinine detail). Tagumine lüli on polditud adapteri kaudu raami külge ja eesmine lüli samuti. Adapterid on eelnevalt raami külge keevitatud. Kallutamisel liigub konstruktsioon tagasilla ja tagaraami vahelt läbi. Antud variandi puhul kanduks tagant kokkupörke puhul kogu koormus läbi lülide tagumisele adapterile ja nende kinnituspoltidele.



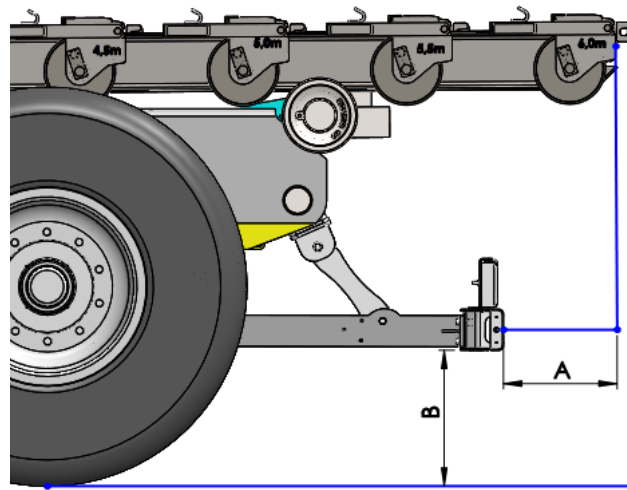
Joonis 3.11. Variant 2. Fikseeritud ainult tagaraami külge

Valituks sai teine konstruktsioon, kuna ehituse ja analüüsidest lähtudes oli antud lahendus kõige otstarbekam. Liikuval AST-I on standartne tagatõke, mida on võimalik lihtsalt konstruktsiooni külge poltida nagu ka fikseeritavat. See eemaldab vajaduse luua erinevaid detaile erinevatele koostudele.

Koostul on kaks tööpositsiooni, mille kriitilised kohad on kirjeldatud alltoodud punktides:

1. Transpordiasend

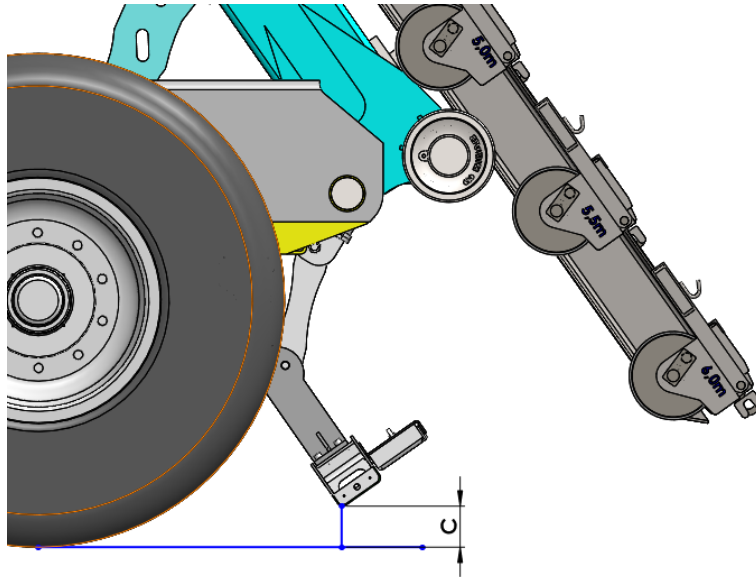
Transpordiasend on allasõidutõkkel kõige kriitilisem asend, kuna selles peab ta taluma ka otsasõidu koormust ning tagama sõiduautojuhi nõ ohutuse. Antud asendis ei tohi tõkke olla kaugemal kui 400 mm konteineri tagumisest servast. Antud variandi puhul jääb kauguseks 352 mm.



Joonis 3.12 Transpordiasend

2. Kallutusasend

Kallutusasendis ($\alpha = 55^\circ$) jääb maa ja tõkke vahele 112 mm. Kui arvestada veel tagumiste rehvide läbivajumist kallutamisel u. 50 mm on otsene kontakt maapinnaga välditud. Tagaraami sisse on tehtud sisselõiked, mis suunavad konstruktsiooni ja lubavad lõpuni liikuda.



Joonis 3.13 Kallutusasend

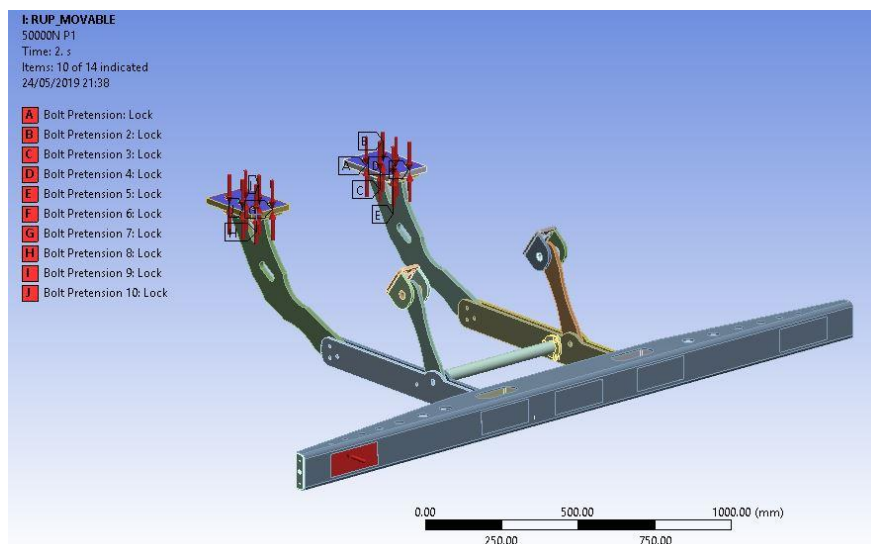
Tabel 3.3 on väljatoodud kõik erinevate konteinerite pikkuste kasutamisel adaptiivse tõkke kaugused Z-kraana puhul.

Tabel 3.3. Adaptiivse allasõidutõkke kaugused

Konteineri pikkus, m	4,5 m	5 m	5,5 m	6 m
Teleskoobi asend, mm	-	-1250	-750	-350
Kaugus konteinerist A, mm	-	252	252	352
Kõrgus maapinnast transport B, mm	427			
Kõrgus maapinnast kallutus C, mm	112			

3.2.2 Konstruktsiooni tugevusanalüüs

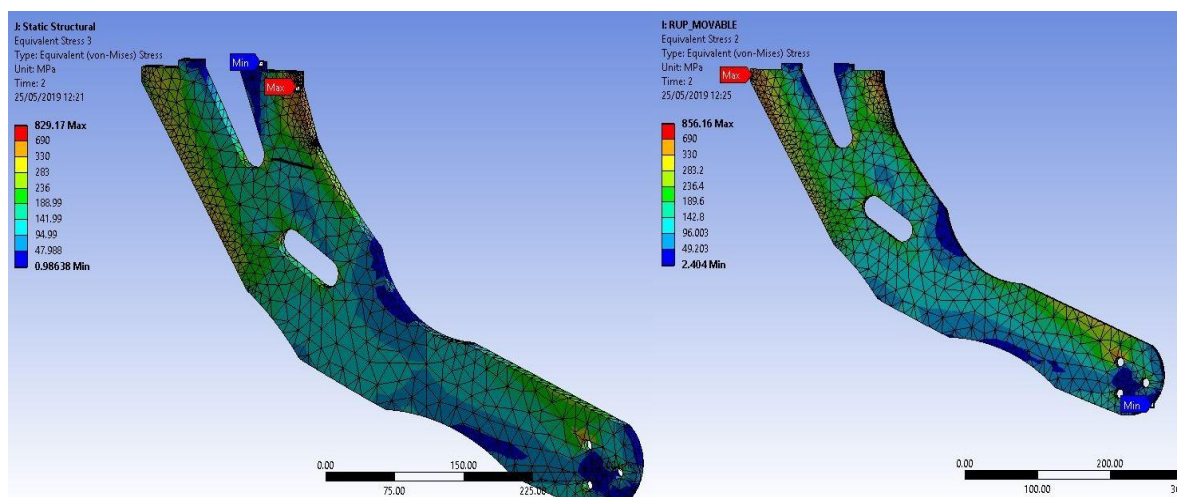
Sarnaselt statsionaarsele tõkkele tegin liikuva allasõidutõkke tugevusanalüüsid tervikuna. Kogu konstruktsioon oli polditud tagumise adapterplaadiga ning adapter ise *Fixed*. Eesmised adpterplaatide külge *Bonded* ja need omakorda *Fixed*. Poltidele ISO 4762 M16 10,9 on antud koostamis eelpinge hõõrdeteguri $\mu_G = 0,14$ korral $F_M = 115$ kN.



Joonis 3.14. Liikuva AST rajatingimused

Poltidel on 5 mm *MultiZone* võrgustik ning üljäänud detailidel on ühtlane 10 mm tetraeedriline võrgustik. Analüüs on samuti viidud läbi nii P, kui ka P2 koormusjuhi poolt.

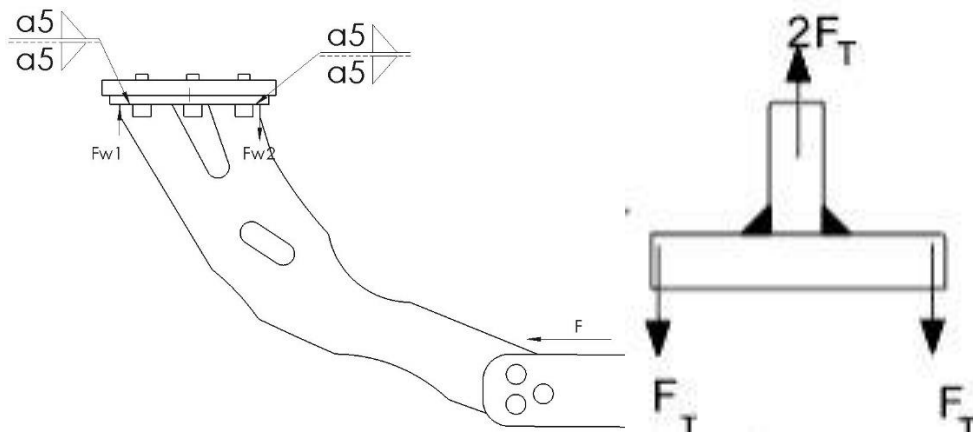
Kõige kriitilisemaks komponendiks terves konstruktsioonis on tagumine lüli, mis on keevitatud adapterplaadi külge. Nagu alloleval joonisel (Joonis 3.15) on näha, tekivad kõige suuremad pinged plaadi ja lüli kinnituskohas. Pingete leevenduseks on tehtud sisselõiked detaili, mis jaotavad pingekontsentratsiooni kohad ühtlaselt suurema pinna peale.



Joonis 3.15. Liikuva AST tagumine lüli P1 ja P2

Tugevusanalüüsist lähtuvalt kasutan joonisel (Joonis 3.15) oleva detaili valmistamiseks S690QL, mis vastab standardile EN 10025:6:2004. Tegemist on kõrge voolavuspiiriga konstruktsiooniterasega $R_e = 690 \text{ MPa}$ ja $R_m = 850 \text{ MPa}$, mis ei purune antud pingete all. Materjalil on väga head keevitusomadused. [12]

Allasõidutõkke eesmärk on vastupidada ühekordsele koormusele (kokkupõrge autoga). Seetõttu lähtun järgnevates arvutustes sellest, keevisliide on vähemalt sama tugev kui detail ise. Jõu mõju suuna $F [N]$ ja kinnitussüsteem tekitab olukorra, kus kinnitusplaatidel tekib moment ning tõmbele töötab ainult üks pool keevitusest F_{W2} . Seetõttu kontrollime ainult ühe poole vastupidavust koormusele. Toeks on veel korkkeevitus läbi adapterplaadi, kuid arvutuses sed hetkel ei arvestata.



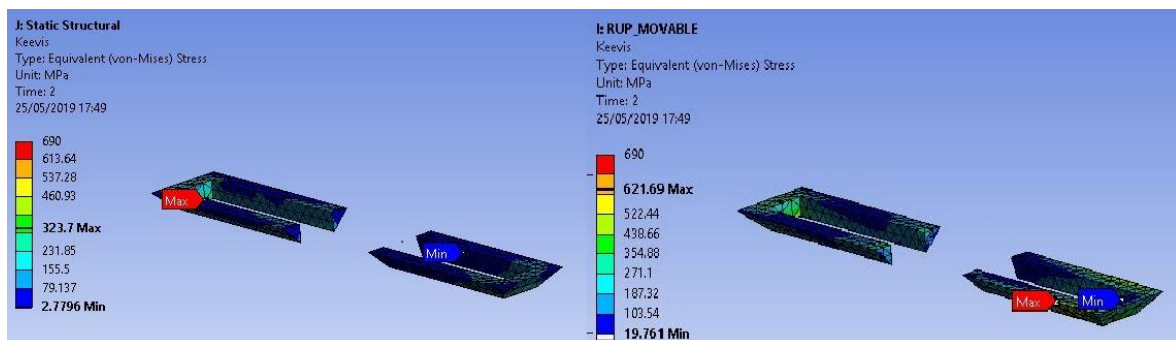
Joonis 3.16. Keevise sketš

Keevisliidetüübiks on nurkõmblus, mille keevise kõrgus on $a = 5 \text{ mm}$ ja keevise pikkuseks F_{W2} poolel $l = 131 \text{ mm}$ (Joonis 3.16). Vastavalt keevisliite pikkusele ja keevise kõrgusele saame tabelist [13] suuruse, kus vastavalt keevise kõrgusele $a = 5 \text{ mm}$ on keevituse tugevus $P_w = 1,6 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$.

Antud andmete juures saame keevise lubatud koormuseks (3.1) [13]:

$$F_{W2,max} = P_w \times l = 1,6 \times 131 = 209 \text{ kN} \quad (3.1)$$

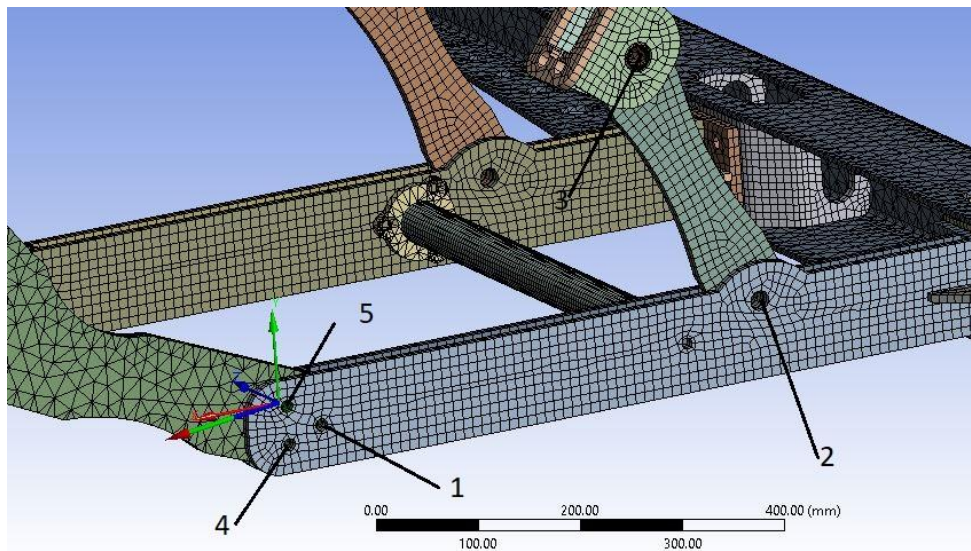
Antud punktis mõjuv maksimaalne jõud on $F = 135 \text{ kN}$. Keevise vastupidavust kinnitab ka Ansys programmis matkitud keevisliidete ($a=5 \text{ mm}$) test (Joonis 3.17).



Joonis 3.17. Keevisliite analüüs P2 ja P1

3.2.3 Sõlmede kinnitusvahendite valik

Dtailid ühendatakse omavahel sõrmede ja poltidega. Nihke ja survepinge arvutuste põhjal tuleb leida sobiva läbimõõduga kinnitusvahendid. Reaktsioonijõud mis mõjuvad sõlmedele leian Ansysist, kus saab iga sõlme ja koormusjuhu puhul kätte summeeritud jõud. Nagu joonisel (Joonis 3.18) on näidatud sõlme kalkultatsioon, arvutasin kõikide koormusjuhtude puhul kõikide sõlmedele toereaktsioonid (P1, P2 ja P3). Kuna konstruktsioon on sümmeetriline, piisab ainult ühe poole kalkultatsioonidest.



Joonis 3.18 Sõlmedele mõjuvad pinged Ansys 19.2 programmist

Tulemused on koondatud allolevasse tabelisse (Tabel 3.4. Sõlmede Tabel 3.4).

Tabel 3.4. Sõlmedele mõjuvad löikejõud, N.

Koormusjuht/sõlm	1	2	3	4	5
P1, N	68 889	16 656	16 656	69 547	152 000
P2, N	61 767	13 906	13 906	58 521	138 000
P3, N	15 972	3511	3029	16 152	35 637

Ülalolevast tabelist saame kätte maksimaalsed teljesuunalised jõud (F_{allow}) viie sõlme kohta. Sõrme suuruse leian lubatud nihkejõu kaudu valemiga (3.2) [5, p. 46] kõige suurema koormuse puhul. Kuna konstruktsioonis on tegemist kahelõikelise võlli situatsiooniga, mis tähendab, et leitud pindala võib jagada kahega, sest jõud jaguneb kahe lõikesektsiooni vahel ära:

$$F = S \times \frac{\tau_{sB\max}}{v} \rightarrow S = \frac{F \times v}{\tau_{sB\max}} = \frac{152\,000 \text{ N} \times 2}{832 \text{ MPa}} = 365 \text{ mm}^2 \quad (3.2)$$

kus F_{allow} – teljesuunaline jõud, N,

$\tau_{sB\max}$ – nihketugevus, MPa. $\tau_{sB\max} \approx 0,8 \times R_m = 0,8 \times 1040 = 832 \text{ MPa}$ [5, p. 46],

v – varutegur 2, kuna tegemist on staatilise olukorraga,

S – võlli ristlõikepindala, mm^2 .

Pindala 365 mm^2 annab meile minimaalseks võlli läbimõõduks $S = \frac{\pi \times d^2}{4} \rightarrow d = 2 \times \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 21,5 \text{ mm}$. Kahelõikelises situatsioonis saame jagada pindala kahega. Uueks poldi läbimõõduks saan $15,2 \text{ mm}$. Lähtudes standardreast ja tootmises juba kasutatavatest detailidest ning sellest, et meil on kahelõikeline olukord, valin sellejärgi sobivaks kinnituspoldiks kuuskantpeaga silinderpeakruvi ISO4762 10.9 M16 [5, p. 255].

Veel tuleb kontrollida polti pindsurvele, mis võib olla tihti probleemsem pingeolukord kui nihkepinge. Poldi ISO 4014 M16x40 10.9 avalduv pindsurve on leitav järgneva valemiga (3.3) [5, p. 45]:

$$p = \frac{F_{\text{allow}}}{l \times c} \rightarrow p = \frac{138\,000 \text{ N}}{16 \times 16} = 539 \text{ MPa} \quad (3.3)$$

kus l – poldi kandev pikkus, mm,

c – poldi läbimõõt, mm.

Poldi lubatud pindsurve p_{polt} (Mpa) on leitav poldi voolavuspiiri kaudu valemiga (3.4) [14]:

$$p_{\text{polt}} = R_e \times f_s = 900 \times 1,2 = 1080 \text{ MPa} \quad (3.4)$$

kus, $R_e = 10 \times 9 \times 10 = 900 \text{ MPa}$ [5, p. 251]

f_s – varutegur teras – teras poltliite puhul, 1,2.

Poltide avad lõigatakse laseris läbimõõtu $D = 16,5^{+0,2}_0$, et vähendada antud liites lõtke.

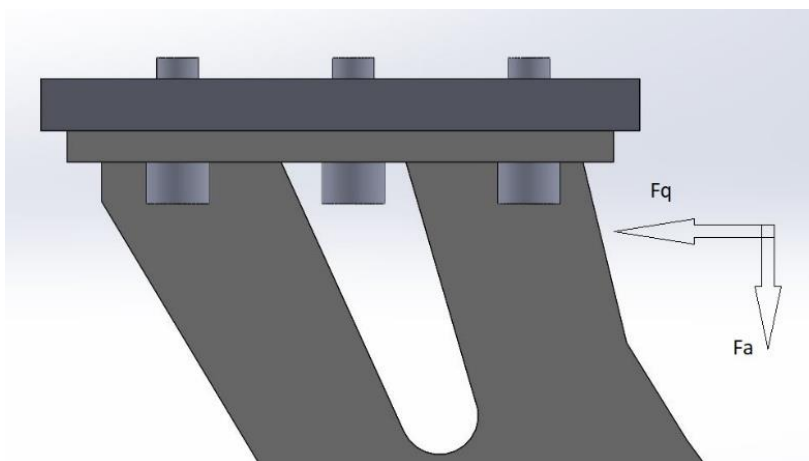
Teised kaks liidet (2 ja 3) on omavahel ühendatud sõrmedega. Arvestades poltidele tehtud arvutusi ja liidetele 3 ja 2 (Joonis 3.18) mõjuvaid jõudusi, valin kogemuslikult avadesse kalibreeritud lihvitud EN-10278 20h9 mm läbimõõduga S355J2 materjalist sõrmed [15]. Lülide vabamaks liigutamiseks kasutatakse ühendustes määrdevabasi sfäärilisi liigendlaagreid GE25C [16], mis lubavad tõkkel liikuda paremale ja vasakule, nii et ei tekiks kallutamisel kiskumist ja võimaliku purunemist.

Laagrile suurim lubatud dünaamiline koormustegur $C = 31,5 \text{ kN}$ ja suurim staatiline koormustegur $C_o = 76 \text{ kN}$ [16] ei ületa kumbki Tabel 3.4 olevaid sõlmedele 2 ja 3 avalduvaid jõude.

Avad töödeldakse pärast laserlõikust puurpingi peal hõõritsaga mõõtu 35H7 [16].

3.2.4 Adapteriplaadi ühendus raamiga

Adapterplaat ühendatakse raamiga poltide kaudu. Kõige suurem jõud, mis konstruktsioonile mõjub on 100 kN. Kuigi adapterplaadile mõjuv jõud on väiksem kui avalduv jõud, siis koormuse ajal võib arvestada varuteguriga ja võtta poltidele mõjuvaks jõuks F_A ja F_Q sama. Joonisel (Joonis 3.19) on kujutatud poltidele mõjuvate jõudude suunad.



Joonis 3.19. Poldi telje- ja ristiteljesuunaline koormus

Kuigi kinnitusplaate on topelt, võtan arvutuse aluseks ainult ühe poole (Joonis 3.9), sest jõud mõjub otse kinnitus telje suunaliselt ja terve koost on sümmeetriline.

Leian sobiva poldi suuruse 100 kN suuruse jõu puhul, mis mõjub poldile jagatult nii teljesuunaliselt $0,8F_A$ kui ka ristiteljesuunaliselt $0,2F_Q$. Poldid kinnitatakse momentvõtmega. Poldliitmete arvutamisel kasutan laialt levinud Saksa Inseneride Klubi (saksa k. VDI) poolt väljatöötatud käsiraamatut, kus on lihtsustatud meetod poltide valimiseks kui on teada koormusliik [11, p. 116]:

- 1) Kui on kombineeritud koormus, siis tuleb kontrollida tehet (3.5):

$$0,8F_A > \frac{0,2F_Q}{\mu_T} \rightarrow 80\,000 < \frac{20\,000}{0,15} \quad (3.5)$$

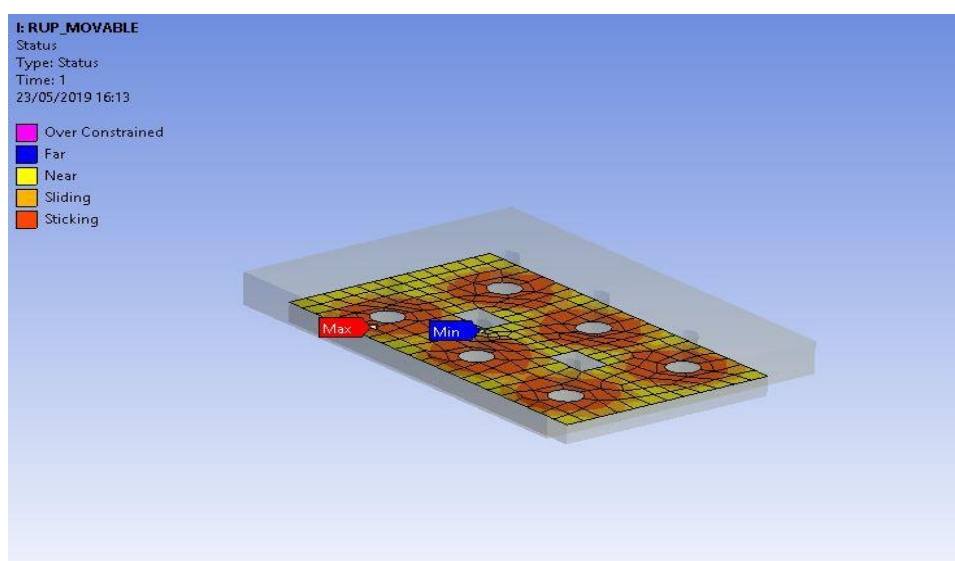
kus μ_T – hõõrdekoefitsent teras – teras, 0,15.

Kuna F_A ei ole suurem kui F_Q jääb kehtima suurus $F_Q = 20\,000\text{ N}$.

- 2) Tabelist (Lisa 3) valides järgmise suuruse nominaaljõud (20 000 N) juures $\rightarrow 25\,000\text{ N}$
- 3) Ristiteljesuunaline koormus puhul tuleb võtta 4 sammu edasi $\rightarrow 160\,000\text{ N}$
- 4) Poldid kinnitatakse momentvõtmega, mis annab lisaks veel ühe sammu $\rightarrow 250\,000\text{ N}$

Ühe poldi puhul tekib tahtmatu rotatsioon ümber telje, siis valime kindlama kinnituse tarvis 6 polti. Suurem poltide arv vähendab ka kasutatavate poltide läbimõõtu. Sellest tulenevalt saame poltide suuruseks 10.9 tugevusklassi puhul ($250\,000/6=62\,500$) M14, et vähendada detailide arvu koostus, asendan M14 poldi ISO 4762 M16 10.9 poldiga.

Poltide kinnitamiseks vajamineva kinnitusjõu saame tabelist A1 [11, p. 109], kus M16 poldile ja hõõrdetegurile $\mu_K = 0,14$ saame kinnitusmomendiks 338 Nm. Sellega tagame piisava kinnitusjõu, et koormuse korral plaadid omavahel ei nihkuks. Selle kontrolliks saab näha alloleval joonisel (Joonis 3.20) olevalt skaalalt, kus kõikide poldipeade all on piisav koormus (*Sticking*), et ei tekiks libisemist (*Sliding*).



Joonis 3.20. Plaatide omavaheline kinnitusmõjuala

3.2.5 Liikuva ja statsionaarse allasõidutõkke kokkuvõte

Total directional deformation iga koormusjuhi kohta andis meile allolevas tabelis (Tabel 3.5) järgmised tulemused. Tabelis on võetud andmed arvestades, et kõik deformatsioonid on jäävad ja tagasipainet ei toimu.

Tabel 3.5. Tõkete kaugus enne ja pärast deformatsioone

AST	Enne	P1	P2	P3	Kokku
Statsionaarne	180 mm	27 mm	3.5 mm	<1 mm	30,5 mm (210,5 mm)
Liikuv	352 mm	28 mm	6 mm	<1 mm	34 mm (386 mm)

3.3 Nõuded allasõidutõkkel paigaldatavatele lisadele

Allasõidutõkkele paigaldatakse enamusele haagisele taga vajaminevatest tuledest, signaallampidest ja signaalmärkidest (aeglase sõidukimärk ja tüübikinnituse märk).

Tulede elektrijuhtmete ohutuks vedamiseks on paigaldatud allasõidutõkke sisse torud, mida mööda saab juhtmekimpe vedada. Kuna juhtmestiku pistikute suurused on teada (25 x 25 mm), siis valin torudeks el-keev. terastoru EN 10305-3 28 x 2 mm [17]. Torud paigaldatakse tõkkel varjulistesse kohtadesse. Elektrijuhtmed peavad olema kaitstud, kui nad paiknevad kohtades, kus võivad hõõruda vastu pindu. Ei tohi kokku puutuda liikuvate osade ega teravate servadega [1, p. 146].

Vastavalt Euroopa Liidu nõudele, peab registreerimismärgi asukoht haagisei laiuse suhtes vasakul pool. Sõiduki registreerimismärgi keskkohet ei tohi olla sõiduki sümmeetriatasapinnast paremal pool. Registreerimismärgi madalama serva kõrgus maapinnast ei tohi olla väiksem kui 0,3 m ja ülemise serva kõrgus rohkem kui 4 m [1, pp. 136-137]. Aeglase sõiduki märk paigaldatakse sõiduki keskele või vasakusse äärde.

4 MAJANDUSLIK OSA

Antud peatükis arvutatakse konstruktsioonis olevate detailide hinnad ja tootmise kogumaksumus. Kõik detailid on Fors MW-s tootdetud. Detailid, mis sisaldavad laser- ja plasmalõikamist ning painutamist, leian tootmises kasutatava programmi Lantek Expert kaudu [18]. Ostukomponentide hinnad saan meie koostööpartnerite hinnakirjadest ja ostuajaloost.

4.1 Fikseeritud allasõidutõke

Arvutan keevitamisele kuluva aja, kuna keevitus koostab kõige suurema kulu peale materjali ja laserlõikust:

Tabel 4.1. Fikseeritud allasõidutõkke hinnakalkulatsioon

Nr.	Detail, komponent	Kogus, tk	Hind, €	Kokku, €
1	Tagumine allasõidutõke	1		65,04
1.1	Põrkeraud, 6 mm S650MC	1	30	30
1.2	Klamber, 12 mm S650MC	2	3,7	7,4
1.3	Kandur, 6 mm S650MC	2	2	4
1.4	Otsaplaat, 4 mm S355J2	2	0,1	0,2
1.5	Silinderpeakruvi ISO 4762 – M12 x 40 – 10.9	6	0,45	0,9
1.6	Seib ISO 7090 – M12 – 300 HV	6	0,06	3,2
1.7	Kuuskantmutter ISO 4033 – M12 - 10	6	0,12	0,24
2	FMWP06787, 10 mm S650MC	2	0,4	0,8
3	FMWP06850, 6 mm S650MC	2	0,12	0,24
4	Tugi kandur, 6 mm S355J2	2	3,8	3,8
5	Silinderpeakruvi ISO 4762 – M16 x 50 – 10.9	10	1.2	12
6	Laserlõikus	1	30	30
7	Painutus	1	20	20
8	Keevitus	1,5	30	45
9	Värvimine	1	5	5
10	Koostamine	0,5	36	18
	Kokku			180

4.2 Liikuv allasõidutõke

Liikuvall allasõidutõkkel kordub tagumine tõke, mis on standartne tervel konkstõstehaagisel. Ülejäänude detailide hinnad on toodud allolevas tabelis (Tabel 4.2).

Tabel 4.2. Liikuva allasõidutõkke hinnakalkulatsioon

Nr.	Detail, komponent	Kogus, tk	Hind, €	Kokku, €
1	Tagumine allasõidutõke	1	45,04	45,04
2	Pikk lüli, 10 mm S355J2	4	6,15	24,6
3	Lühike lüli, 12 mm S355J2	2	2,6	5,2
4	Tagumine lüli, 16 mm S690QL	2	10	20
5	Tagumine adapterplaat, 12 mm S355J2	2	2,1	4,2
6	Eesmine adapterplaat, 12 mm S355J2	2	1,23	2,46
7	Väike adapterplaat, 10 mm S355J2	2	0,9	1,8
8	Tugevdus, 8 mm S355J2	4	0,25	1
9	Kõrv, 10 mm S355J2	4	0,65	2,6
10	Sõrm 20 mm L -90 mm, S355J2	2	0,23	0,46
11	Sõrm 20 mm L -45 mm, S355J2	2	0,1	0,2
12	Puks 20/40/30/31,5	4	1,65	6,6
13	Silinderpeakruvi ISO 4762 – M12 x 50 – 10.9	8	0,51	3,06
14	Seib ISO 7090 – M12 – 300 HV	8	0,06	0,48
15	Kuuskantmutter ISO 4033 – M12 - 10	8	0,12	0,96
16	Silinderpeakruvi ISO 4762 – M16 x 40 – 10.9	8	1.2	12
17	Silinderpeakruvi ISO 4762 – M16 x 70 – 10.9	6	1,5	9
18	Kuuskantmutter ISO 4031 – M16 - 10	6	0,2	1,2
19	Tugevdustoru 42,3x2 mm S235JR	1	0,7	0,7
20	Tugevdustoru adapter, 6 mm S355	2	0,36	0,72
21	Peitepeakruvi ISO 10642 M10 x 40 – 8.8	6	0,33	1,98
22	Sfääriline laager GE 20 C, SKF	4	2	8

Tabel 4.2 järg

Nr.	Detail, komponent	Kogus, tk	Hind, €	Kokku, €
23	Laserlõikus	1	30	30
24	Treimine + puurimine	1	15	15
25	Keevitus	3	24	72
26	Värvimine	1	15	15
27	Koostamine	2	36	72
Kokku				349

Kahjuks ei saanud autor tähtajaks vastust VBG, Pommieri jt. tootjate hinnapakkumist liikuvale allasõidutõketele. Kuid, baseerudes kogemusele on liikuva tõkke hind kordades odavam hüdraulilisest või pneumaatilisest variandist. Orienteeruv hind statsionaarse tõkke valmistamiseks on u. 180 € ja liikuva allasõidutõkke valmistamiseks 349 €. Kõik hinnad (keevitus, töötlus, värvimine jne.) on võetud kogemuslikult või spetsialistist kolleegi hinnangul. Projekteerimisele kulunud aeg tuli vabast ajast ja ei hinnastata.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistri lõputöö raames oli eesmärk projekteerida ettevõttele AS Fors MW kaks tagumist allasõidutõket. Ühe tõkke eesmärk oli koostada fikseeritud, standartne ja modulaarne kontseptsioon, mis käiks haagisega standardvarustusena kaasas. Teise tõkke eesmärgina oli konstrueerida liikuv allasõidutõke, mis koos Z-kraanaga kasutades annaks kliendile võimaluse kallutada ilma potentsiaalselt tagumist tõket lõhkumata ning samas vastaks Euroopa Liidu tüübikinnitus nõuetele.

Töö üheks praktiliseks ajendiks on veel hetkel Kristjan Tikka poolt arendatav kolmanda generatsiooni konkstõstehaagis, mis vajab omale uut allasõidutõket. Turul leidub valmis lahendusi aga ükski ei sobinud otseselt ehituse ega kinnituse poolest.

Statsionaarne allasõidutõke koosneb standartsest pörkerauast, mis on painutatud U.-karp. Pörkeraud kinnitub lehtmaterjalist painutatud kandurite külge. Kogu konstruktsioon on polditav haagise raami küljes olevate poldide külge.

Kuna sooviti vältida hüdraulilisi ja pneumaatilisi lahendusi aga samas sooviti, et autojuhil poleks vajadust iga kallutuse ajal kabiinist lahkuda ja allasõidutõket reguleerida. Sellega seoses koostati idee, kus tõke liigub eest ära koos tagaraamiga kallutamise ajal. Liikuva allasõidutõkke lahendus tuli täiesti modulaarne, kus enamus detaile on polditavad. Tagumine pörkeraud jäi sama, aga ülejäänud konstruktsioon sai lehtmaterjalist kokku polditud liigendsüsteem, mida on lihtne monteerida ja vajadusel demonteerida. Mõlema toote puhul üritas autor võimalikult vähe kasutada keevitust, mis on hetkel ettevõttes pigem uudne lähenemine.

Kahjuks ei saanud autor vastust teistelt allasõidutõkke müüjatelt hindade osas, kuid kogemusele baseerudes on liikuva allasõidutõkke omahind 349 €, mis on kordades odavam kui hüdrauliline vastand. Statsionaarse allasõidutõkke hinnaks kujunes 180 €. Mõlemad tooted on täiesti hooldevabad.

Töö lõpptulemusena said kõik detailid analüüsitud ja optimiseeritud, et nad vastaksid tüübikinnituse nõuetele. Usun, et lõputöö on edukas, kuna töö raames projekteeriti ja analüüsiti kahte komplektset toodet, mis ettevõtte heakskiidul ka haagise varustusse lisatakse. Usun, et haagis sai omale välimuse poolest trendikust juurde, mis annab klientide silmis ainult lisandväärtust. Nagu selgus ka turuanalüüsist, puudus turul sarnane mehaaniliselt liikuv allasõidutõke.

Seoses sellega, et konstrueerimine ei ole autori põhitöö, siis lõputöö raames täiustasin palju Solidworks ja Ansys tarkvara oskusi, mis arendasid mind professionaalselt.

SUMMARY

The purpose of this master's thesis was to develop two new different Rear Underrun Protections (RUP) for Fors MW AS hook lift trailers. The aim of one RUP was to design modular, standardized and fixed solution which would eventually be a standard equipment with the hook lift trailer. The second one's aim was to construct modular and adaptive underrun protection which in conjunction with the Z-crane would allow the customer to tilt without potentially breaking the rear barrier and at the same time comply with the EU type approval.

One of the biggest motives behind this thesis is the 3rd generation hook lift trailers that needed a brand-new underrun protection. There are many ready-made solutions on the market, but none of them would fit perfectly into ours due to construction or type of fastening.

Stationary RUP consists of a standard U-shaped bumper that's attached to the brackets that connect bumper to the chassis. Entire construction can be bolted on plates which are welded to the chassis.

It was desired that the driver wouldn't need to leave the cabinet before each tilt and adjust the protection in order to avoid collision with the barrier while using 6 m container and a Z-crane. Because the company wanted to avoid hydraulic and pneumatic solutions in order to reduce pricing, a solution was developed. The solution was intended to be fully modular and if needed can be used on another hook lift trailer as well when small adjustments are made. Rear bumper stayed the same and the rest of the construction was made from bended sheet metal parts bolted together. It makes everything easy to assemble and disassemble. For both products, the author used as little welding as possible.

Unfortunately, the author couldn't get any response from the other RUP retailers in terms of price but based on experience the cost of movable underrun protection at 349 € is many times cheaper than hydraulic counterpart. The estimated price of the stationary guard is 180 €. Both products are totally maintenance free.

As a result of the work all parts were analysed and optimized to meet the type approval requirements. I, the author believe that the graduation thesis is a success, as two separate products were designed and with the approval of the company will be added to the trailer equipment. As the market analysis showed there was no mechanically moving Rear Underrun Protection available on the market. I believe that the trailer got a brand-new look and that only adds value in the eyes of the customer.

Since designing is not authors main work, I improved a lot using SolidWorks and Ansys programmes that improved me professionally.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] „Üldine standard põllumajandusmasinatele,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?qid=1553157729489&uri=CELEX:32015R0208>. [Kasutatud 01. aprill 2019].
- [2] „Standard tüübikinnitusele põllumajanduses, 167/2013, EUR-lex,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2013/167/oj>. [Kasutatud 10. aprill 2019].
- [3] „Fors MW, BIGAB konkstõstehaagised,“ Fors MW AS kodulehekül, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.forsmw.com/hook-lift-trailer/10-14>. [Kasutatud 03. aprill 2019].
- [4] „Traktori ja selle haagise tüübikinnituse nõuded ja kord,“ Riigiteataja, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/129122010116?leiaKehtiv>. [Kasutatud 11. aprill 2019].
- [5] E. H. Priit Kulu, Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2013.
- [6] „Traffic Safety basic Facts 2018 - HGVS and Buses,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/bfs20xx_hgvs.pdf. [Kasutatud 08. aprill 2019].
- [7] „Allasõidutõkked treileritele ja veoautodele,“ VBG Group Truck Equipment AB, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.vbg.eu>. [Kasutatud 02. aprill 2019].
- [8] „Lahendused veokitele,“ Pommier, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.pommier.eu/en-fr/truck-accessories/our-products/protection-f652.htm##begin-family>. [Kasutatud 05. aprill 2019].
- [9] „Hüdrauliline allasõidutõke Terberg,“ Terberg Techniek B.V, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.terbergtechniek.nl/globalassets/news-and-media/brochures/techniek/leaflet-stootbalken-nl-en-du_2016.pdf. [Kasutatud 25. mai 2019].
- [10] „Terasetootja SSAB,“ SSAB AB, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ssab.com/products/brands/strenx/products/strenx-960-mc>. [Kasutatud 20. mai 2019].
- [11] V. D. Ingenieure, Systematic calculation of high duty bolted joints, Düsseldorf, 2003.
- [12] „Kõrgtugev teras,“ Massteel UK Limited, [Võrgumaterjal]. Available: <https://masteel.co.uk/high-yield-steel/>. [Kasutatud 25. mai 2019].
- [13] „Mehaanikainseneri abimaterjal,“ Roymech, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Form/Weld_strength.html#Design_St. [Kasutatud 25. mai 2019].
- [14] „Lubatud survepinge,“ KISSsoft AG, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kisssoft.ch/Manual/en/8019.htm>. [Kasutatud 23. mai 2019].
- [15] „Külmtõmmatud ümarmaterjal,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.rodacciai.com/UPLOAD/paginemultiple/tolerances_ENG.pdf. [Kasutatud 22. mai 2019].
- [16] „Laagrite tootja,“ SKF Group, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.skf.com/my/products/bearings-units-housings/plain-bearings/general/radial-spherical-plain>. [Kasutatud 23. mai 2019].
- [17] „El. keevistorud,“ Benteler Distribution Estonia AS, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.torud.eu/laos/pg13.pdf>. [Kasutatud 20. mai 2019].

[18] „Lantek Sheet Metal Solutions,“ Lantek SMS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.lanteksms.com/us/>. [Kasutatud 23. mai 2019].

5 LISAD

Lisa 1. LC12T led tagatuli

Lisa 2. Kanduri pingete näide 850 MPa juures

LC12T 100% LED



161000 : left
161010 : right



Features :

- 12/24V
- UV resistant polycarbonate lens
- LED: long lifetime without maintenance
- Dynamic indicator
- IP Protection: IP 69K
- Certification ECE R48 + R10
- Dimensions: 350 x 130 x 40 mm
- Bolt distance: 152 mm

AMP 1.5 Connector Pinning :

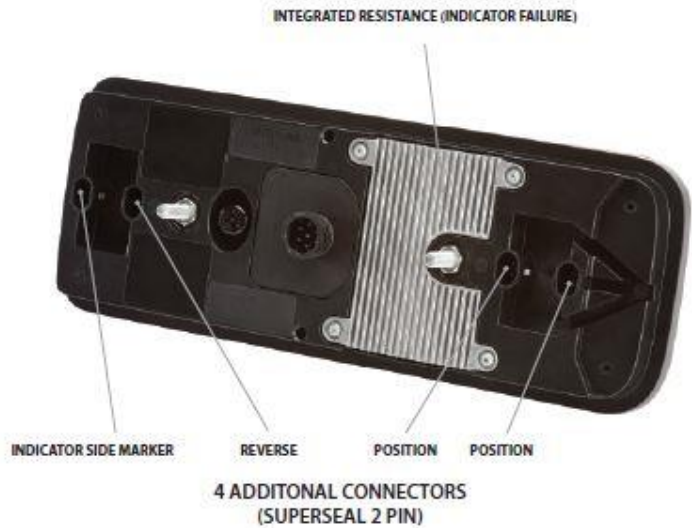
1	Ground
2	Position
3	Reverse
4	Indicator
5	Stop
6	Fog
7	Not used



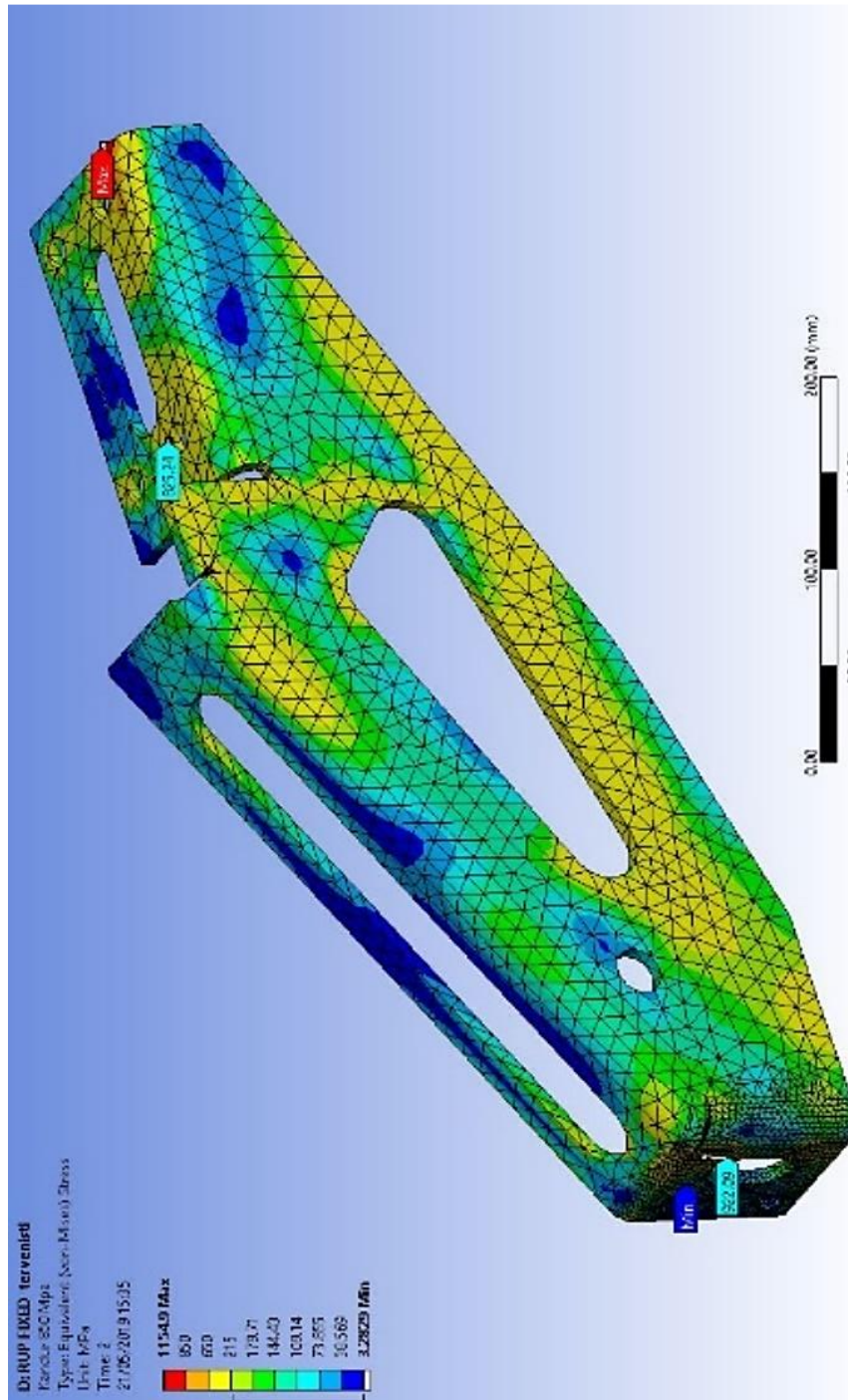
AMP 1.5 : D11868



SUPERSEAL : D13880



Lisa 2 Kanduri pingete näide 850MPa juures



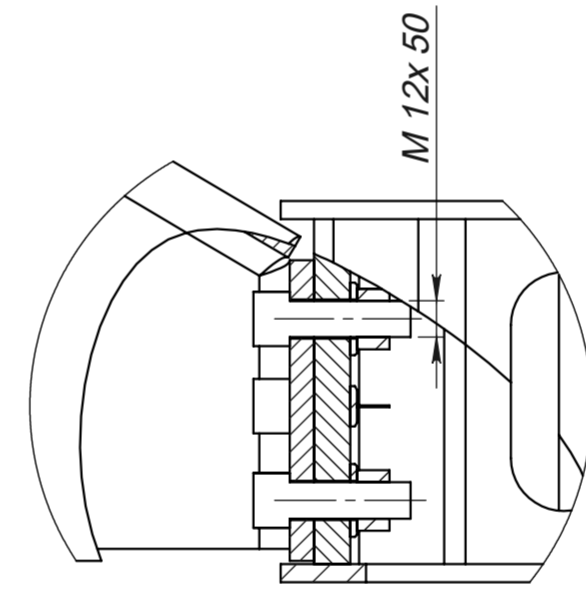
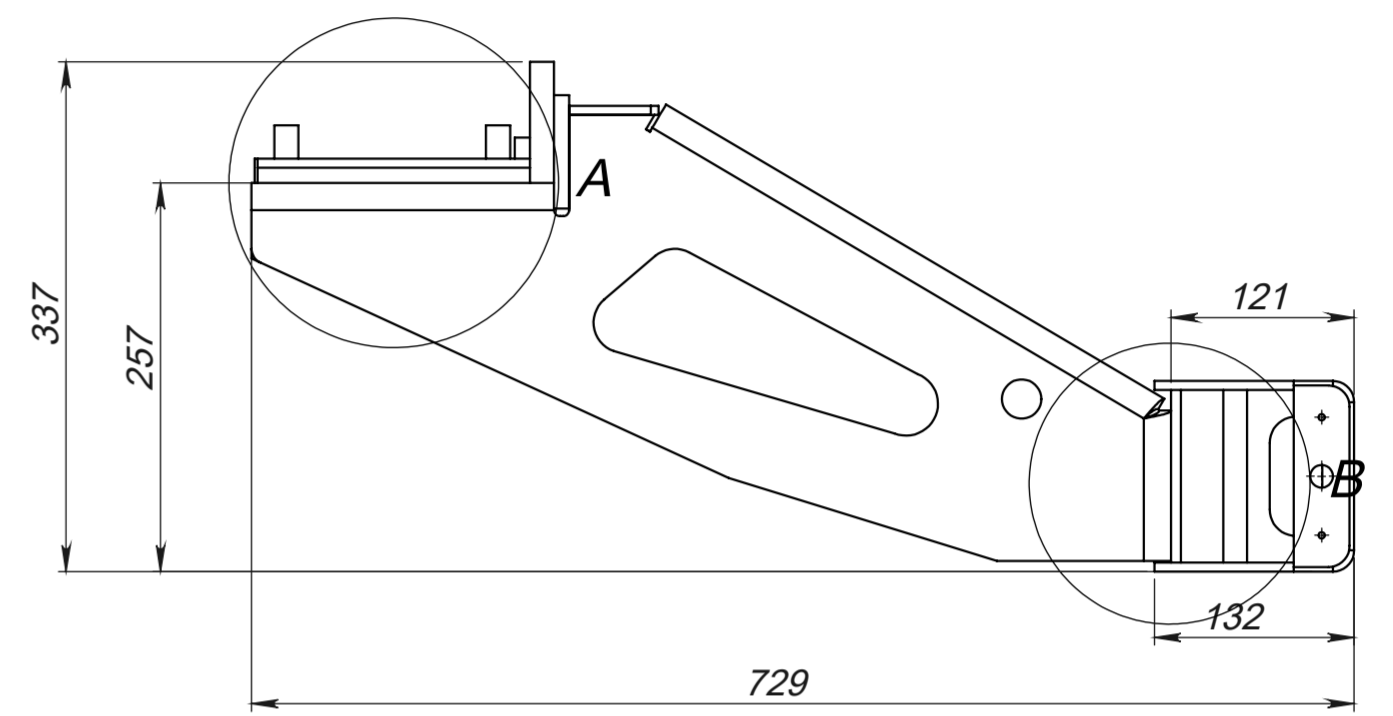
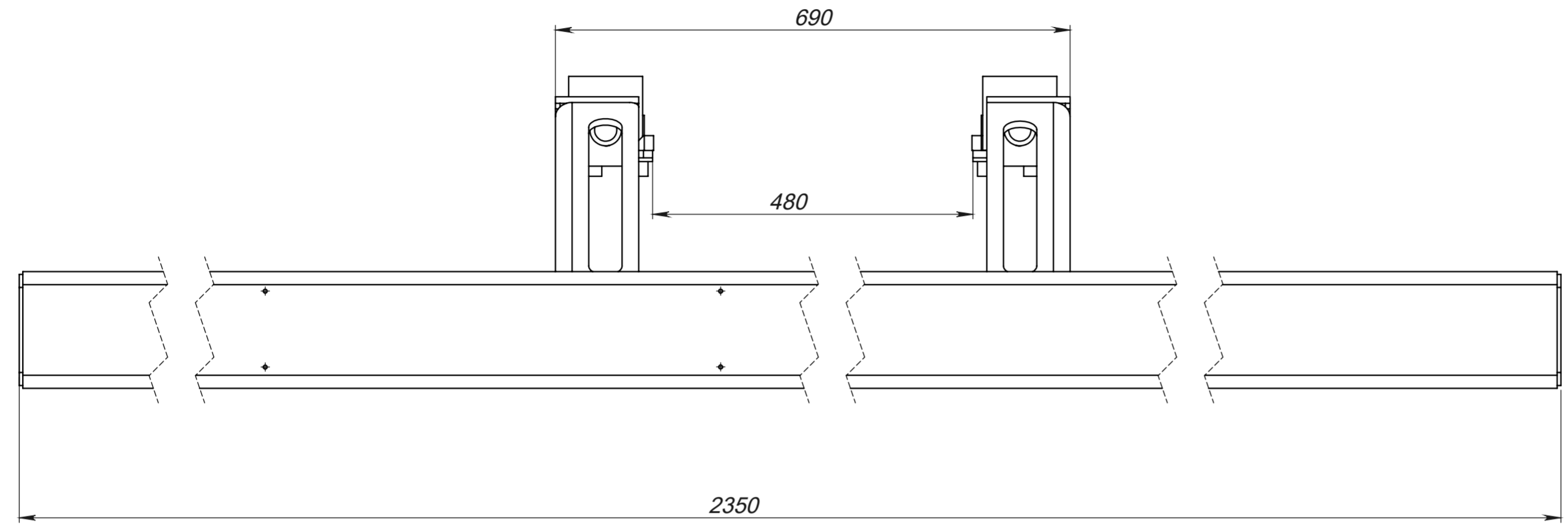
6 GRAAFILINE OSA

Joonis 1. Fikseeritud allasõidutõke

Joonis 2. Kandur_koost_keevis

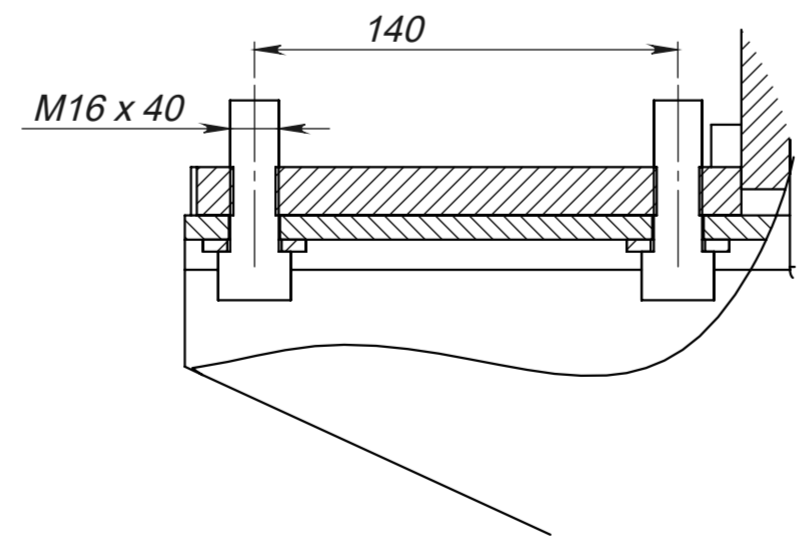
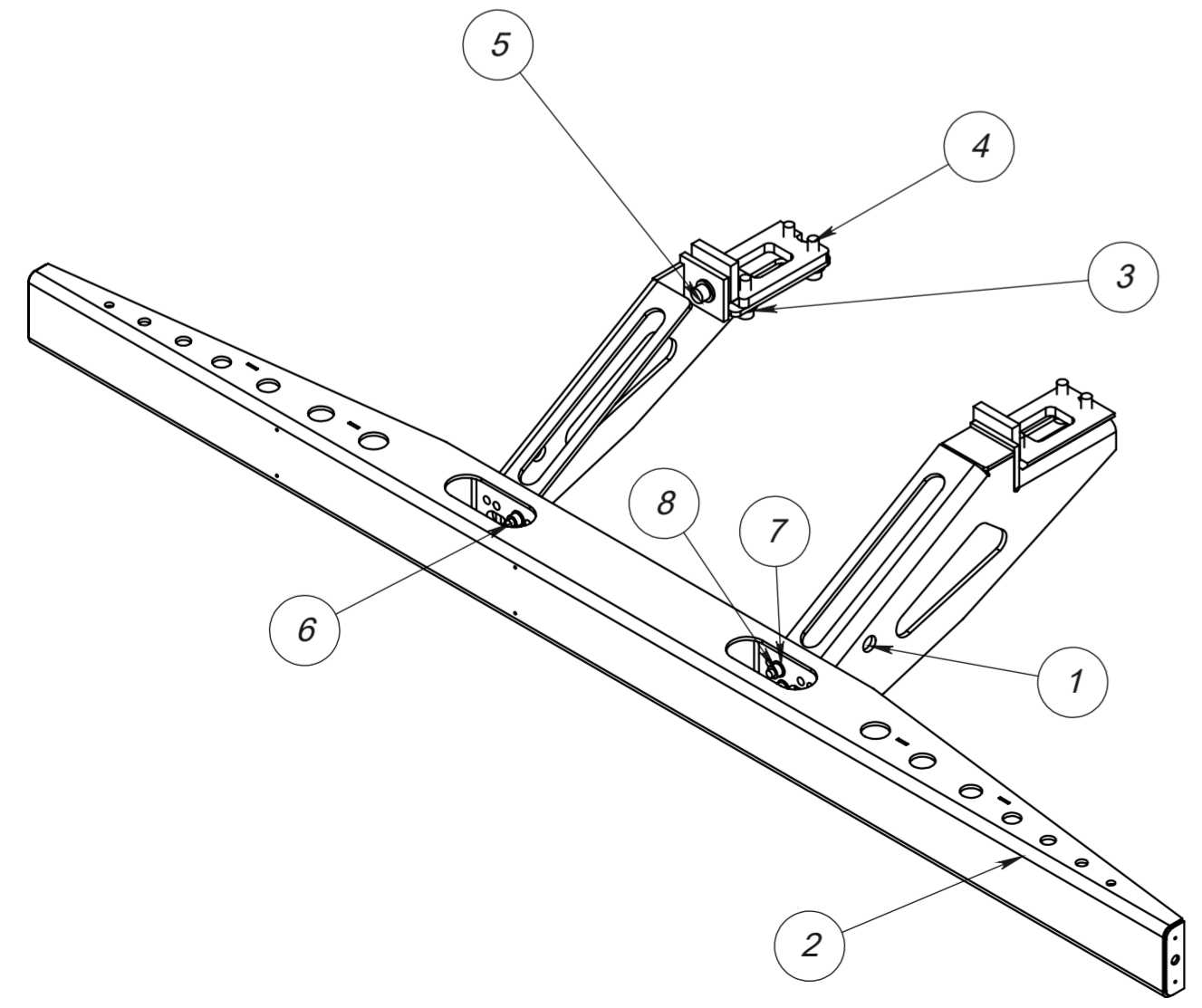
Joonis 3. Liikuv allasõidutõke

REVISIONS			
REV.	DESCRIPTION	DATE	APPROVED



DETAIL B
SCALE 2 : 5

- M16 poldid kinnitada momendiga 338 Nm
- M12 x 40 poldid kinnitada momendiga 138 Nm



DETAIL A
SCALE 2 : 5

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY
1	Kandur_koost		2
2	Tagumine_tala		1
3	Seib DIN EN 14399-6 - 16		10
4	Silinderpeakruvi ISO 4762 - M16 x 50 - 10.9	-	8
5	Silinderpeakruvi ISO 4762 - M16 x 40 - 10.9	-	2
6	Silinderpeakruvi ISO 4762 - M12 x 40 - 10.9	-	6
7	Seib ISO 7090 - 12 - 300 HV	-	6
8	Kuuskantmutter ISO 4031 - M12 - 10	-	6

PCS/SET	Type:	Tolerance:	Geometric tolerance symbols acc. ISO1101 General tolerance symbols acc. ISO2768 Surface roughness symbols acc. ISO1302
Drw: ;	Material:	Welding:	Welding tolerances EVS-EN ISO 13920 - B Welding connections ISO 2553 Quality level weld EVS-EN ISO 5817 - C
Chk: ;	Finish:		
App: ;			
Sheet: 1/1	Size: A2		
Scale: 1:10	Weight: kg	Metric: mm	
		Drawing number: Fikseeritud allasõidutõke	
		Rev.	

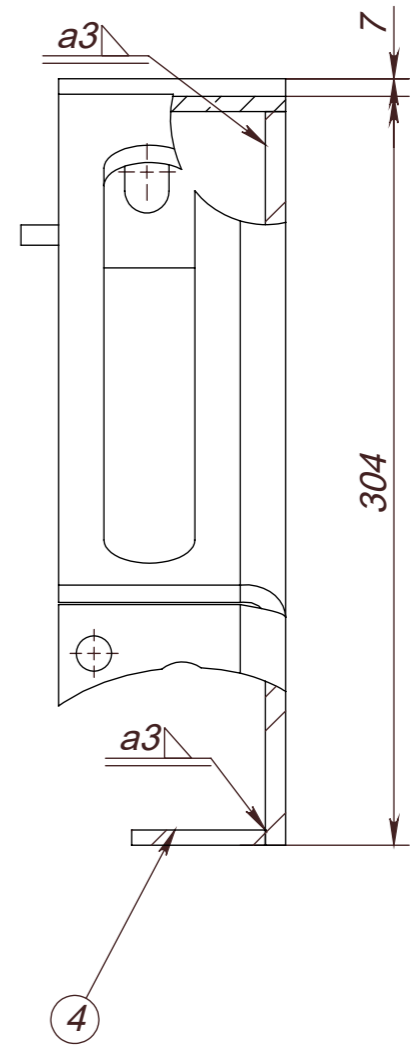
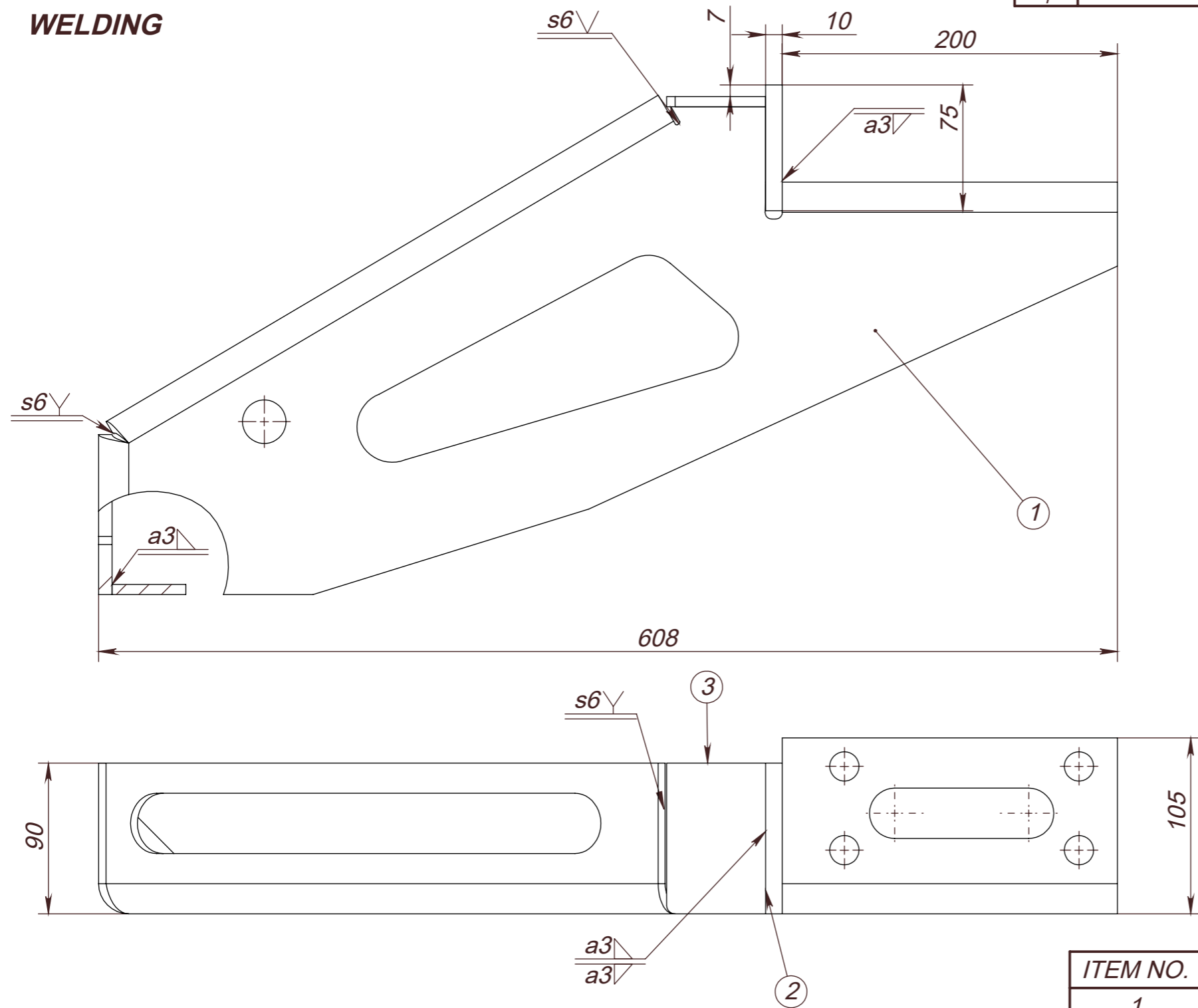
Printed: 27/05/2019

This document and its contents are the property of FORS MW Ltd. and must not be copied, reproduced or disclosed to any third party without prior written permission. Contravention will be prosecuted.
C:\Users\Henry Lepik\OneDrive\Documents\MATM\LõputööRUP\Joonis.dwg

This document and its contents are the property of FORS MW Ltd. and must not be copied, reproduced or disclosed to any third party without prior written permission. Contravention will be prosecuted.

WELDING

REVISIONS			
REV.	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
1			



1. Keevituse kasutada 1 mm kõrgtugevat traati.

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Kandur	8 mm, Domex 650 MC	1
2	FMWP06787	10 mm, Domex 650 MC	1
3	FMWP06850	6 mm, Domex 650 MC	1
4	Tugi_kandur	6 mm, Domex 650 MC	1

PCS/SET	Type:	Surface area: m2	General tolerance symbols acc.ISO2768-m-f General tolerance symbols acc.ISO2768-m-K Welding tolerances EVS-EN ISO 13920 - B Quality level weld EVS-EN ISO 5817 - C Thermal cutting ISO 9013
Drw: Henry Lepik	Material:		
Chk:	Finish:		
App:			
Sheet: 1/1	Size: A3		<p>P - Primer only</p> <p>NP - No paint</p>
Scale 1:3	Weight: kg	Metric:mm	<p>Rev.</p>
			<p>Drawing number: Kandur_koost_keevis</p>

