



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

AJAMIGA ASTMELAUUA-KÜLJETORU PROJEKTEERIMINE MAASTURILE

MOTORIZED STEPBOARD-SIDETUBE DEVELOPMENT FOR SUV

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Sten Martin Raudik

Üliõpilaskood: 176994MATM

Juhendaja: Martin Eerme, Professor

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 /

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Sten Martin Raudik, 176994

Õppekava, peeriala: Tootearendus, MATM

Juhendaja: Professor, Martin Eerme, 620 3270

Konsultandid:

Lõputöö teema:

AJAMIGA ASTMELAUJA-KÜLJETORU PROJEKTEERIMINE MAASTURILE

MOTORIZED STEPBOARD-SIDETUBE DEVELOPMENT FOR SUV

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Anda ülevaade sõidukite lisavarustusest
2. Projekteerida maasturile ajamiga astmelaud
3. Vormistada tootmiseks vajalik dokumentatsioon

Lõputöö etapid ja ajakava:

| Nr | Ülesande kirjeldus | Tähtaeg |
|----|---|----------|
| 1. | Ülesande formuleerimine | 01.02.19 |
| 2. | Kirjanduse läbitöötamine ja projekteerimine | 15.04.19 |
| 3. | Lõplik viimistlemine | 15.05.19 |

Töö keel: Eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "....."201....a

Üliõpilane: Sten Martin Raudik "....."201....a
/allkiri/

Juhendaja: Martin Eerme "....."201....a
/allkiri

Konsultant: "....."201....a
/allkiri/

SISUKORD

| | |
|---|----|
| EESSÖNA..... | 6 |
| Lühendite ja tähiste loetelu | 7 |
| SISSEJUHATUS | 8 |
| 1. TEHNILISE PROBLEEMI TAUST JA LÄHTEÜLESANNE..... | 10 |
| 1.1 Sõidukite lisavarustus ning turutrendid..... | 10 |
| 1.2 Lähteandmed ja tööülesanne | 16 |
| 1.2.1 Lähteülesanne | 16 |
| 1.2.2 Baassõiduki andmed | 18 |
| 1.3 Nõuded sõidukite lisavarustusele ning selle tootmisele..... | 20 |
| 2 TOOTE PROJEKTEERIMINE..... | 21 |
| 2.1 Kontseptsioon | 21 |
| 2.1.1 Tehnoloogiad ja tootmiseseadmed..... | 22 |
| 2.1.2 Toote tehnoloogilisuus..... | 22 |
| 2.2 Koormuste analüüs | 23 |
| 2.3 Mehhanismi valik | 25 |
| 2.3.1 Liigendlahendus | 26 |
| 2.3.2 Lineaarne liikumine | 27 |
| 2.3.3 Pööramine | 28 |
| 2.4 Ajami valik..... | 31 |
| 2.4.1 Hüdrauliline ajam | 31 |
| 2.4.2 Pneumaatiline ajam | 32 |
| 2.4.3 Elektromehaaniline ajam | 33 |
| 2.5 Tugevusarvutused..... | 35 |
| 2.6 Projekteeritud astmelaud | 39 |
| KOKKUVÕTE | 44 |
| SUMMARY | 46 |
| KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU | 48 |
| LISAD | 51 |
| L 1 Laagri spetsifikatsioon..... | 51 |
| L 2 Lineaarajami spetsifikatsioon..... | 52 |
| L 3 Astmetoru põhjavaade..... | 53 |
| GRAAFILINE OSA..... | 54 |

| | |
|--|----|
| 1. Plaat esimene..... | 54 |
| 2. Plaat tagumine | 55 |
| 3. Kronstein 1 | 56 |
| 4. Muhv | 57 |
| 5. Klamber | 58 |
| 6. Küljetoru keeviskoost..... | 59 |
| 7. Toru | 60 |
| 8. Kronsteini keeviskoost esimene..... | 61 |
| 9. Kronsteini keeviskoost tagumine | 62 |
| 10. Laagripukk esimene | 63 |
| 11. Laagripukk tagumine..... | 64 |
| 12. Plaat | 65 |
| 13. Kronstein 2 | 66 |
| 14. Silindri kinnituse koost..... | 67 |
| 15. Kronstein 3 | 68 |
| 16. Kahvel..... | 69 |
| 17. Küljetoru-astmelaua koost..... | 70 |

EESSÕNA

Antud magistritöös lahendatava tehnilise probleemi pakkus välja Tartus tegutsev metallitööstusettevõtte Tarmetec OÜ, mis kuulub Metec gruppi. Ettevõtte tegeleb tootearendus ja tootmisteenuste pakkumisega erinevate tööstussektorite klientidele. Metec-i põhiliseks omatoodanguks on tarbesõidukitele pakutav lisavarustus, mida turustatakse oma kaubamärgi all.

Käesoleva töö teema sai püstitatud uudse tooteperekonna loomise eesmärgil ettevõtte poolt valmistatava tarbesõidukite lisavarustuse segmendis. Siiani on sõidukitele pakutava lisavarustuse näol tegemist enamasti staatiliste metallkonstruktsioonidega, mis täidavad vaid ühte etteantud ülesannet. Töö lähteülesanne oli eelkõige ajendatud soovist anda toodetele täiendavat lisandväärtust ja leida uusi väljundeid turul. Niisiis, arendusidee keskmes oli eesmärk laiendada ettevõtte omatoodangu valikut ning suurendada selle funktsionaalust. Kogu uue toote projekteerimise ning sellele eelnenud baasauto füüsilise mõõtmise ja selle põhja skaneerimise protseduurid viidi läbi Metec-i tootmiskompleksis ning selleks kasutati ettevõtte oma seadmeparki.

Siinkohal sooviksin tänada Metec grupi juhtkonda, kes võimaldas mul inseneripraktika kõrvalt tegeleda antud tehnilise probleemi lahendamise ja leida selleks kõik vajalikud tingimused. Eriti soovin tänada Meteci-i arendusosakonna inseneri, kellelt pärineb selle töö lähteülesande idee.

Käesoleva magistritöö käigus projekteeriti MB X-klassi maasturile roostevabast terasest astmelaud-küljjetoru, mis on varustatud ajamiga ning täidab samaaegselt mitut funktsiooni. Märksõnad: tarbesõidukite lisavarustus, astmelaud, küljjetoru, astmelaua projekteerimine, magistritöö.

Lühendite ja tähiste loetelu

OE – originaaltoode, mis saanud tootjapoolse heakskiidu (*original equipment*)

OEM – originaaltoote valmistaja (*original equipment manufacturer*)

OD – originaaldisain toode (*original design*)

ODM – originaaldisain toote valmistaja (*original design manufacturer*)

SUV – linnamaastur (*sports utility vehicle*)

CUV – sõiduauto maastikuvõimekuse versioon (*crossover utility vehicle*)

VAN – kaubik

SEMA – sõidukite varuosade ja lisavarustuse tootjaid ühendav organsatsioon (*Specialty Equipment Market Association*)

GTAI - Saksa Majandusarengu Agentuur (*Germany Trade & Invest*)

BCG – konsultatsioonifirma (*Boston Consulting Group*)

ICCT – transpordi organisatsioon (*The International Council on Clean Transportaiton*)

ACEA – Euroopa autotootjate ühendus (*European Automobile Manufacturers Association*)

MB – automark Mercedes-Benz

SISSEJUHATUS

Autotööstus on maailmas jätkuvalt üks suurimaid traditsioonilisi tööstusharusid. Tulenevalt tihedast konkurentsist, üha karmistuvatest nõuetest ja pidevatest tehnoloogilistest muutustest on see kiirelt arenev valdkond. Kuna globaalne nõudlus sõidukite, varuosade ja lisavarustuse järele on selges kasvutrendis ning turul valitseb tihe konkurents, siis on tootjad väga motiveeritud pidevalt uute toodete turule toomise osas.

Seoses viimastel kümnenditel aset leidnud sõidukite mudelivaliku hüppelise kasvuga on massiliselt suurenenud ka nõudlus sõidukite lisavarustuse järele, mis on reeglina välja töötatud mudelipõhiselt. Üheks suuremaks ja perspektiivsemaks segmendiks antud valdkonnas on tarbesõidukitele ning veokitele mõeldud lisavarustus. Antud tooteperekonda kuuluvad peasjalikult funktsionaalsust, kasutusmugavust, turvalisust, aerodünaamikat suurendavad lisad ning samuti ka detailid, mis muudavad auto välisilmet nii atraktiivsemaks kui ka isikupärasemaks.

Valdav osa tänasel päeval turul saadaolevatest tarbesõidukite lisadest täidab reeglina ainult ühte kindlat funktsiooni ning multifunktsionaalsete toodete osatähtsus on suhteliselt väike. Üha enam on hakatud tegema arendustööd selles suunas, et paigaldatud lisavarustus täidaks samaaegselt mitut ülesannet. Tulenevalt selle arengutrendi järgimise soovist ongi ettevõtte poolt antud magistritöö teema välja pakutud.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on projekteerida ühele konkreetsele automudelile küljatoru, millele oleks lisaks kaitseaspektile ning visuaalsele efektile ka astmelaua funktsionaalsus.

Magistritöö esimeses osas antakse ülevaade sõidukite lisavarustusest, valitsevast turuolukorrast, piiritletakse lähteülesanne ning kaardistatakse vajalikud andmed. Antud peatükis käsitletakse ka nõudeid sõidukite lisavarustusele ja selle tootmisele. Tulenevalt lähteülesandest on vaja leida lahendused projekteerimise käigus tekkivatele tehnilistele küsimustele.

Astmelaua väljaarendamise muudab keeruliseks projekteeritava toote kinnituste ja ajami asukoht sõiduki põhja all, kus valitseb erakordselt mehhanismide vaenulik keskkond. Arvestades seda peab tehniline lahendus vastama nendes tingimustes töötamise võimalikkusele. Lisaks tuleb arvestada ka temperatuuri kõikumisega kaasnevate mõjudega ning mehhanismi valikul lähtuda ka teistest tehnilistest nüanssidest. Toote kavandamisel on oluline mõjuvate koormuste analüüs, ajami

maksimaalne jõud, töökiirus, käigupikkus ja suurim võimalik gabariit. Niisiis on tehnilised ja muud eeltingimused antud toote väljatöötamiseks keerulised ning see on arendajale suur väljakutse. Arendatava toote puhul tuleb pidada oluliseks ka universaalsuse printsiipi. See seisneb asjaolus, et väljatöötatud lahendust oleks võimalik ka väheste modifitseerimiste läbi võimalik kasutada ka teistel automudelitel. Reeglina arendatakse sõidukite lisavarustust tooteperekondadena ehk need on projekteeritud viisil, et selle põhielemente oleks võimalik kasutada ka teistel samase kerekujuga sõidukitel. Arvestada tuleb ka toote disainile esitatud kõrgeid nõudmisi ning see peab paigaldatud kujul olema visuaalselt kooskõlas ja proportsioonis sõiduki üldiste joonte ning mõõtmetega. Konstruktsiooni tugevuse seisukohalt peab lahendus olema piisavalt tugev, et pidada vastu raskusele, mis rakendub astmelauale astumisel. Lisaks peab konstruktsioon taluma pidevat ekspluatatsioonist tulenevat vibratsiooni.

Töö teises osas viiakse läbi mehhanismi üldine projekteerimine ja arendamine. Töötatakse välja üldine kontseptsioon, valitakse tehnoloogiad, käsitletakse arendatava toote tehnoloogilisi aspekte ning tehakse vajalikud tugevusarvutused. Selles osas tehakse ka töö käigus välja töötatud meetodikale toetudes valikud toote võimalike erinevate insenertehniliste lahenduste ja ajami valiku osas. Töö viimases faasis koostatakse projekti graafiline osa, mis hõlmab endas detailide töö, alam- ja lõppkoostejoonised.

Toote projekteerimiseks kasutati Siemens Solid Edge 3D CAD programmi ning magistritöö valmis MS Office tarkvara abil. Töö keskmes oleva toote projekteerimisel lähtuti tootmisettevõttes Metec kasutusel olnud projekteerimise ja tööstandarditest ning samuti arvestati ka selle ettevõtte võimekusega seda toodet oma tootmisbaasis edaspidi valmistada.

1. TEHNILISE PROBLEEMI TAUST JA LÄHTEÜLESANNE

1.1 Sõidukite lisavarustus ning turutrendid

Sõidukite lisavarustus

Sõidukitele toodetakse väga mitmesugust lisavarustust ning enamus toodetud lisavarustusest on suunatud sõiduki visuaalsuse parandamiseks ja funktsionaalsuse tõstmiseks. Erinevalt harilikest sõiduautodest on funktsionaalne lisavarustus eriti populaarne tarbesõidukitel, mis üldistatult jagunevad maasturiteks ja kaubikuteks.

Sageli soovivad autoomanikud muuta oma auto väimust atraktiivsemaks ning eristuda sellega teistest sama mudeli omanikest. Selleks puhuks sobib ideaalselt turul saadaolev disainimise tarbeks mõeldud lisavarustus, millel sageli ei ole muud funktsiooni. Siiski pakutakse sõidukiomanikele üha rohkem lisavarustuse tooteid, mille paigaldamisega kaasneb praktiline väärtus. Niisiis, sõidukite lisavarustus võib olla nii kosmeetiline kui ka funktsionaalne. Funktsionaalset lisavarustust kasutatakse peamiselt tarbesõidukite ja maastikuvõimekusega autode puhul.

Järgneval joonisel on ära toodud sõidukite lisavarustuse jaotus, kus selle kasutamise motiivid ja otstarve on tinglikult jaotatud viide kategooriasse.



Joonis 1.1 Sõidukite pakutava lisavarustuse jaotus (autori koostatud).

Jooniselt 1.1 nähtub, et valdavalt on sõidukitele paigaldatavatel lisavarustuse toodetel siiski mingi praktiline otstarve ning sageli täidab mingi konkreetne toode ka korraga mitut funktsiooni.

Näitena võib tuua laternakanduri, mis võimaldab paigutada masina kere külge lisavalgustust ning on ühtlasi ka efektne disainielement. Veel võib näitena välja tuua sõiduki karpide joonele paigaldatavad küljetorud, mis kaitsevad keredetaile maapinnast eenduvate takistuste eest ning täidavad ka kujunduselemendi funktsiooni.

Tarbesõidukitele ja töömaasturitele mõeldud lisavarustuse tooted paigaldatakse reeglina lähtudes praktilistest kaalutlustest. Need on mõeldud eelkõige nähtavuse parandamiseks (lisatulede kandurid), ergonoomika parandamiseks (astmelauad, küljetorud), funktsionaalsuse parandamiseks (haakekonksud, lisaseadmete kandurid), sõiduki kaitseks ja turvalisuse suurendamiseks, (kaitserauad, küljetorud, põhjakaitse), aerodünaamika parandamiseks (rattakilbid, tuulesuunajad, katted) ja kasutusmugavuse suurendamiseks (redelid, pakiraamid, astmelauad, astmed, platvormid). Samas võivad need detailid rõhutada ka sõiduki disaini ning sõidukiomaniku isikupära, kuid see on töösõiduki kontekstis nende detailide sekundaarne funktsioon. Reeglina on kõik tarbesõidukite lisavarustustooted margipõhised ning neid müüakse komplektis koos paigaldustarvikutega (kinnituskronsteinid, kinnitusvahendid, ajamid, andurid, ühenduspesad, kaablid jne). Enamus sõidukite välispinnale või konstruktsioonidele paigaldatavatest toodetest ei ole paigaldussuutlikkuse osas eriti nõudlikud. Tarbesõidukite välispinnale ja välistele põhikonstruktsioonidele mõeldud lisavarustuse tooted on globaalses mõistes universaalsed ning nende kasutamise võimalus ei sõltu reeglina sihturu eripäradest (nn parem vs vasakpoolne liiklus), mille tarbeks konkreetne baasmudel on toodetud.

Tarbe- ja maastikuvõimekusega sõidukite lisavarustuse müük on globaalses kontekstis suur ja kasvav äriühendus ning tulenevalt spetsiifilisusest, on see ka tootjatele kasumlik ja atraktiivne valdkond. Põhja-Ameerikast alguse saanud väikeveokitele, maasturitele ja kaubikutele lisade paigaldamise trend on kogunud üha enam populaarust ka teistes regioonides. Sõidukite varuosade ja lisavarustuse tootjate turul osalejaid ühendava assotsiatsiooni SEMA poolt kaardistatud suurimaks sõidukite lisavarustuse ostjate rütmaks on alla 30 aastased autoentusiastid, kellele on sõiduki varustuse täiendamine hobiks. Antud juhul lähtutakse sõidukile varustuse lisamisel eelkõige sõiduki isikupära suurendamise püüdlustest ning praktilised kaalutlused jäävad reeglina antud sihtrühma puhul tahaplaanile. [10]

Sõidukite lisavarustus jaguneb tinglikult originaal lisavarustuseks (OE) ja kehtivatele nõuetele vastavalt toodetud spetsiaaldisainiga lisavarustuseks (OD), mida on lubatud sõidukitele paigaldada. Kuna sõidukite lisavarustuse nõudlus on kasvutrendis ning see on kasumlik ärisuund, siis ühe enam on autotootjad hakanud seda ise müüma. Siiski moodustavad iga tootja oma kaubamärgi all müüdavad lisad ehk spetsiaaltooted suurema osa sõidukite lisavarustuse turust.

Konsultatsioonifirma BCG andmetel on autovaruosade ja lisavarustuse ostjate lojaalsus pidevas vähenemise trendis. Üha enam eelistatakse ametlikele margiesindustele teisi sõltumatuid müüjaid sh ka frantsiisi all tegutsevaid ettevõtteid. Kui kuni nelja aasta vanustele sõidukitele osteti varuosi ja lisavarustust margiesindustest 61% ulatuses, siis 4-8 aasta vanuste sõidukite puhul eelistati juba 66% ulatuses sõltumatuid müüjaid. [23] Seega, seoses internetikaubanduse arengu ja väikeste remonditöökodade võidukäiguga on ametlike margiesinduste roll ja positsioon lisavarustuse turul hakanud nn tootja-müüja-paigaldaja ahelas nõrgenema, kuna selles osas eksisteerivad võrdväärsed alternatiivid.

Eelmise majanduskriisi aastatel sattus autotööstus majanduslikult tugeva surve alla ning see sundis mitmeid autotootjaid otsima uute mudelite väljatöötamisel ja tootmisel kulude kokkuhoiu võimalusi. Üheks levinumaks koostöövormiks on platvormide jagamine, sest sõiduki ostjad ei vali sõidukit selle baasi alusel, vaid antud protsessis on olulisemad muud tegurid nagu stiilsus, kvaliteet ja vastupidavus [21]. Seda lahendust on kasutatud ka antud magistritöö keskmes oleva baassõiduki puhul. Niisiis, arendades välja lisavarustuse toote ühele mudelile on seda võimalus mõningaste väikeste kohandustega kasutada ka teistel samal platvormil baseeruvatel pikapitel.

Üldistatult väljendades ei ole antud tootevaldkonnas ühe mudeli tarbeks välja töötatud ning originaaldisainitoodetena valmistatud lisavarustuse variantide arvu osas piiranguid, kuna toodete tehnilised lahendused, disain ning nende funktsionaalsus on reeglina erinevad. Sama võib täheldada ka tarbijate eelistuste puhul ning laiem valikuvõimalus suurendab konkurentsi ja hoiab seeläbi hinnataset mõistlikul tasemel. Kuna nõudlus tarbesõidukite lisavarustuse järele on ebastabiilne, siis reeglina neid suures koguses lattu valmis ei toodeta. Samas peab lisavarustuse tootjal olema pidev valmisolek tooteid mõistliku aja jooksul juurde valmistada, et tagada müügiõrgule tarnekindlus. Turul edukamad lisavarustustooted võivad saada ka *OE* kinnituse ning siis saab neid ka margiesinduste kaudu müüa.

Uue lisavarustuse väljatöötamine on tootjatel pidev protsess, kuna autotööstuses on uute mudelite turule toomise intervall oluliselt kiirenenud ning ka sõidukite keskmine eksploatatsiooniaeg on lühenenud. Eriti võib seda tendentsi märgata küpsetel turgudel, kus sõidukite tehnilisele seisukorrale on rangemad nõuded ning sõidukipark uueneb silmnähtavalt kiiresti. Niisiis, kiirelt uuenev mudelivalik ning ka olemasolevate toodete modifitseerimine on pidev protsess ning see loob ka sõidukite lisavarustuse tootjatele head arengu ja kasumi teenimise võimalused. Autode lisavarustuse valmistamise ja müügi hea kasumipotentsiaali põhjuseks on spetsiifilisele tootele omaselt keskmisest suurem hinnalisa, mis tuleneb võimalusest need suhteliselt kallile baastootele lisaks müüa. Reeglina ei moodusta lisavarustuse komplektide hinnad

üle 10% sõiduki maksumusest ning eriti väikese hinnatundlikkusega on selles osas *Premium* klassi sõidukite ostjate sihtrühm.

Reeglina on sõidukite lisavarustuse tooted jagatud tootegruppidesse (programmidesse), kus ühele konkreetsele mudelile välja töötatud tehniline lahendus kohandatakse ka teiste tootjate sama kategooria sõidukitele (nt maasturi astmelauad, küljetorud, pakiraamid, kaitserauad, kaubikute redelid, haakeseadmed jne). Lisavarustuse tootjate arendustöö on samuti pidev protsess, et käija kaasas sektori üldise arenguga, kuna ajas muutuvad nii disaini-, materjalide kui ka tehnoloogilised ja funktsionaalsed eelistused. Viimaste aastate trendiks on ka sõidukite lisavarustuse puhul tuua turule täiesti uusi tooteid, mis kätkevad endas ka elektroonilisi komponente ning saavad osa kaasaegsetest infotehnoloogilistest võimalustest. Oluliseks tuleb pidada ka tösiasi, et puhtalt visuaalse efekti saavutamiseks paigaldatav lisavarustus, millel puudub märkimisväärne funktsionaalsus, on jäämas selles tootevaldkonnas vähemusse. Seetõttu on positiivne kui tootele suudetakse sisse integreerida funktsionaalsus ning see võimaldab avardada ka potentsiaalsete klientide sihtrühma.

Käesoleva magistritöö raames arendatava toote idee omaniku poolt tarbesõidukitele toodetav lisavarustus koosneb reeglina standardprofiilidest ja lehtmetailist painutatud toodetest. Kooste detailide tootmine baseerub valdavalt laserlõikuse ja lehepainutuse tehnoloogial. Standardprofiilid lõigatakse torulaseril ja painutatakse vastavalt joonisele. Plaatdetailide valmistamiseks kasutatakse ka stantsimiskeskust. Koostamisel kasutatakse keevitamist ja standardseid kinnitusvahendeid. Vähesel määral kasutatakse koostudes ka treitud-freesitud väikeseeria detaile. Valdavalt kasutatakse materjalina roostevaba terast. Pinnaviimistlemise peamised tehnoloogiad on haaveldus, pulbervärvimine ja elektropoleerimine.

Lähtuvalt Metec-i tänasest tootevalikust on kaubikutele pakutavad lisavarustuselemendid põhiliselt seotud autosse parema ligipääsu saavutamise või valgustusvõimsuse suurendamisega. Näitena võib tuua kaubikutele pakutavad ning tagaukse külge kinnituvad redelid ja sõiduki esiosale kinnituvad laternakandurid. Parema ligipääsu saavutamiseks projekteeritakse ka erinevaid astmelaudu. Maastikuvõimekust omavatele sõidukitele (SUV-id, pikapid) on samuti välja töötatud spetsiaalsed tooteprogrammid alates turvaraudadest kuni haakeseadmeteni. Kuna maasturid on kõrge kliirensiga, siis üheks kasutusmugavust parandavaks tooteks on ka astmelauad, mis kergendavad salongi sisenemist ja sealt väljumist. Ettevõtte tänases tootevalikus on staatiliselt paigaldatavad astmelauad, mis kinnituvad kandvatele keredetailidele. Käesoleva töö keskmes oleva multifunktsionaalse toote väljaarendamine peaks panema Metec-is aluse taas ühele uuele tooteperekonnale.

Lisavarustuse turg, nõudlus ja trendid

Antud magistritöö raames välja arendatav motoriseeritud ajamiga astmelaud-küljjetoru kuulub autotööstuse toodangu kategoorias varuosade ja lisavarustuse segmenti.

Autotööstus on maailmas jätkuvalt üks suurimaid tööstusharusid ning tulenevalt pidevalt karmistuvatest nõuetest ja arenevast tehnoloogiast on see väga kiirelt edenev valdkond. Kuna globaalne nõudlus sõidukite, varuosade ja lisavarustuse järele on selges kasvutrendis ning turul valitseb tihe konkurents, siis on tootjad väga motiveeritud uusi tooteid pidevalt turule tooma.

Turu-uuringute koostamisega tegeleva konsultatsioonifirma IBISWorld andmetel oli 2018. aastal koogu maailma autotööstuse toodangu valmistamisel osalenud tootmisettevõtete müügitulu kokku 1,8 triljonit € ning see valdkond on viimase viie aasta jooksul kasvanud 4,4%. Antud sektoris tegutses 2018. aasta lõpu seisuga kokku 58 673 tootmisettevõtet ning see valdkond andis tööd kokku 7,35 miljonile inimesele. Antud valdkonnas on turu kontsentratsioon väga madal ning selles turusegmendis puuduvad ettevõtted millel oleks globaalses mõistes arvestatav turuosa. [11] Kitsamalt võttes moodustas järelturul müüdavate varusade ja sõidukite lisavarustuse globaalse turu maht sellest pisut alla poole. Näiteks konsultatsioonifirma McKinsey hinnangul oli 2017. aastal see näitaja 800 miljardit €. Sellest 34% moodustas Põhja-Ameerika turg, Euroopa osa oli 30%, 11% andis Hiina ülejäänud neljandik jagunes teiste riikide ja piirkondade vahel. [25]

Tulenevalt viimastel dekaadidel toimunud sõidukite mudelivaliku hüppelisest kasvust on nõudlus ka sõidukite lisavarustuse järele märgatavalt suurenenud. Seda kinnitavad ka vastavate valdkondade uuringud. Tulenevalt viimaste dekaadide jooksul aset leidnud sõidukite hulga mastaapsest kasvust ning üldisest elatustaseme tõusust on ka autode lisavarustuse müüginahud suurenenud. Kasvu mootoriks on olnud eelkõige Aasia turg, kus nähakse ka tulevikus suurt kasvupotentsiaali. Siiski oodatakse mõningast kasvmäära alanemist selles regioonis, seoses prognoositava Hiina majanduskasvu aeglustumisega. [12]

Autotööstus on olnud pikka aega üks olulisemaid Euroopa majanduse ning heaolu kasvumootoreid. Näiteks 2017. aastal oli selle majandussektori panus EU sisemajanduse kogutoodangusse kokku 7% ning Euroopa autotööstuse globaalne turuosa moodustas agregeeritult ligikaudu 40%. [14] Globaalselt oli 2016. aastal autotööstuse uurimis- ja arendustöödeks suunatud ligikaudu 115 miljardit €, millest Euroopa panus oli 40%. [22] Saksa autotööstus, mis on oma valdkonnas globaalne arendustegevuse liider, annab kogu Euroopa R&D turu mahust 60%. [13] Autotööstus tervikuna on üks innovaativsemaid traditsioonilise tööstuse valdkondi ning GTAI andmetel on autotööstus ühtlasi ka uurimis- ja arendustöödele panustamise

poolest üks suurimaid sektoreid maailmas. Näiteks 2016. aastal moodustas kogu autotööstuse arendustegevuse maht 10% kogu tööstusharu käibest, ületades selle suhtelise näitajaga pisut isegi elektroonikatööstust (9,9%). [13]

Konsultatsioonifirma Stern Stewart & Co andmetel oli 2017. aastal Euroopas puhtalt sõidukitele paigaldatava lisavarustuse (ilma varuosade, remondimaterjalide, rehvide jm kulumaterjalideta) lõpptarbija turu mahuks ligikaudu 5 miljardit € ning selle segmendi edasine kasvuväljavaade hinnati stabiilselt mõõdukaks. [15] Samas tarbesõidukite segmendis oodatakse Euroopas lisavarustuse turu jätkuvat kasvu ning tulenevalt antud valdkonna atraktiivsest perspektiivist on oodata ka tootjate vahelise konkurentsi järkjärgulist suurenemist, mis võib avaldada negatiivset mõju teatud tootesegmentide kasumlikkusele. [16]

Kuna Põhja-Ameerikas on sõidukite lisavarustuse kasutamine enam levinud, siis võrreldes Euroopaga on selle turu kohta võimalik leida ka oluliselt detailsemat infot ja enam ka ametlikku statistikat. Tuginedes SEMA raportitele müüakse enam sõiduki välispinnale paigaldatavaid lisasid tarbesõidukite ja hobimaasturite segmentis (pikapid, SUV-d, CUV-d ja kaubikud). Näiteks 2017. aastal moodustas see kategooria kokku 58% kogu lisavarustuse turust ning suurima nõudlusega sõidukitüübiks oli pikap 29%-ga. Tuginedes sõidukite müügile samal perioodil, kujunes tarbe- ja hobisõidukite turuosaks 64% ning aastaks 2025 oodatakse selle osakaalu suurenemist 69%-ni. [17]

Autotootjatele koostööpartneriks oleva tarkavateenuseid pakkuva ning turuinfot koguva ettevõtte Reynolds & Reynolds andmetel osteti Ameerikas 58% sõidukite lisavarustusest isikute poolt kelle eesmärgiks on sõiduki kasutusmugavuse ja funktsionaalsuse tõstmine ning ainult praktilised kaalutused. Samas, 42% lisavarustuse tarbijatest olid autoentusiastid, kelle peamiseks motiiviks oli visuaalse efekti saavutamine ning isikupära rõhutamine. Sama raporti kohaselt oli maasturitele ja pikapitele müüdnud lisavarustuse osa kogu turust 56% ning see on selgelt kasvav turusegment. [19] Sõidukite lisavarustuse turul osalejaid ühendava assotsiatsiooni SEMA poolt 2018. aastal avaldatud raporti põhjal moodustas 2017. aastal sõiduki välimust muutev lisavarustus (lisatud keredetailid jm väliselt paigaldatav lisavarustus) USA sõidukite lisavarustuse turul 35% kogu lisavarustuse kategooria alla kvalifitseeritud toodangust ning 2018. aasta kasvuks kavandati 6%. [20] Põhja-Ameerikas on sõidukite lisavarustuse turg tänaseks märksa enam arenenud ning seetõttu ka konkurentsitihedam. Samas on see valdkond oluliselt vähem reguleeritud kui Euroopas. Lisavarustusele ning selle paigaldamisele kehtivad piirkondade lõikes erinevad nõuded. Ameerika trendid ja lisavarustuse kasutajate eelistused on laiendatavad ka Euroopale ja teistele arenevatele piirkondadele. Antud tootekategooria populaarsustrendi kinnitab ka keskmise Euroopas müüdnud sõiduki keskmise massi kasv, mis 2017. aastal suurenes 15% võrra ning

mahtuniversaalide, maasturite ja pikapite müük on olnud jätkuvalt kasvutrendis, olles seejuures viimase 15 aastaga kuuekordistunud. [18] Ka mahtude poolest on Euroopa ja Põhja-Ameerika turud täiesti võrreldavad. Näiteks 2017. aastal oli uute sõidukite registreerimise näitajad nendel turgudel vastavalt 21,1 ja 21,3 miljonit sõidukit [R13]. Seetõttu on tarbijate eelistustest ja turutrendidest johtuv sõidukite lisavartuste kasutamise ühtlustumine igati loogiline areng. 2017. aastal liikus Euroopa teedel kokku 253 miljonit sõidukit. [24]

Tuginedes eeltoodule on alust väita, et sõidukite välispinnale paigaldatava lisavarustuse turunišš on selgelt kasvav ning see on varustuse tootjatele igati perspektiivikas ärivaldkond.

1.2 Lähteandmed ja tööülesanne

1.2.1 Lähteülesanne

Magistritöö lähteülesandeks on ajamiga küljetoru-astmelaua arendus. Konstrueerimise muudab keeruliseks projekteeritava toote kinnituste ja ajami asukoht sõiduki põhja all, kus valitseb erakordselt mehhanismide vaenulik keskkond. Kuna tegemist on liikuva koostuga, mille mehhanismid puutuvad pidevalt kokku niiskuse, tolmu ja abrasiivsete osakestega. Vesi põhjustab segatuna sooladest korrosiooni ja peseb ära määravatelt pindadelt määrdeaine. Abrasiivsed liiva ja tolmuosakesed katavad liikuvaid pindu ja põhjustavad liigkiiret kulumist. Seda arvesse võttes peab tehniline lahendus vastama nendes tingimustes töötamise võimalikkusele. Eraldi tuleb tähelepanu pöörata ka temperatuuri kõikumisega kaasnevatele aspektidele nagu jäätumine ja sulamine.

Lisaks seab teatud piirangud asjaolu, et energiaallikana on maasturites jm tarbesõidukites harilikult ainult saadaval alalisvool pingega 12 volti. Selleks, et koostada liikuv mehhanism on vaja teha väga kaalutletult ajami valik. Ajam peab olema sobilik tööks antud keskkonnas ja tagama tõrgeteta ettenähtud töösüklite arvu. Toote dimensioneerimisel on oluline mõjuvate koormuste analüüs, ajami maksimaalne jõud, töökiirus, käigupikkus ja suurim võimalik gabariit. Niisiis, tehnilised ja muud eeltingimused on antud toote väljatöötamiseks väga keerulised ning kõikide nende küsimuste lahendamine on arendajale suur väljakutse. Projekteeritava toote puhul tuleb pidada oluliseks ka universaalsuse printsiipi. See seisneb asjaolus, et väljatöötatud lahendust oleks võimalik väheste modifitseerimiste abil kasutada ka teistel automudelitel. Harilikult kuulub sõidukite lisavarustus tooteperekondadesse ning see on projekteeritud selliselt, et selle põhielementi oleks võimalik kasutada ka teistel sarnase kerekujuga sõidukitel. Näiteks võib tuua

kaubikute tagauksele kinnitatava redeli, mille põhikomponent ehk redeli osa on universaalne aga ülejäänud montaažidetailid (nt kinnituskronsteinid) on aga mudelispetsiifilised.

Mainimata ei saa jätta ka kõrgeid nõudmisi toote disainile ning see peab paigaldatud kujul olema visuaalselt kooskõlas ja proportsioonis sõiduki üldiste joonte ja mõõtmetega. Konstruktsiooni tugevuse seisukohalt peab lahendus olema piisavalt tugev, et pidada vastu raskusele, mis rakendub astmelauale astumisel. Veel peab konstruktsioon taluma pidevat eksploatatsioonist tulenevat vibratsiooni.

Antud töö lähteülesanne ja idee pärinevad konkreetsest tootmisettevõttest. Kuna kogu uue toote projekteerimise ning sellele eelnenud baasauto füüsilise mõõtmise ja selle põhja skaneerimise protseduurid viidi läbi Metec-i tootmiskompleksis ning selleks kasutati ettevõtte oma seadmeparki, siis tuuakse siinkohal ära ka ettevõtte lühitutvustus. Metec on 1993. aastal asutatud Tartus tegutsev metallitööstusettevõtte, mis pakub tootearendus ja tootmisteenusid erinevate tööstussektorite klientidele. Ettevõtte peamiseks ärisuundadeks on autode lisavarustuse, roostevabast terasest seadmete ja autode osade valmistamine ning tööriistaehitus ja lõiketööstus. Metec on väga hea tehnoloogilise suutlikkusega ning ettevõtte kasutuses on enamik kaasaegses metallitööstuses kasutatavatest valmistustehnoloogiatest.

Metec-i aastane müügitulu on kasvanud 25 miljoni euroni ning 95% ettevõtte toodangust eksporditakse 27 riiki üle kogu maailma. Ettevõttes töötab kokku 250 inimest sh 35 inseneri. Metec-i omatoodanguks on tarbesõidukite sõidukite lisavarustus, mis turustatakse oma kaubamärgi all. Tänapäevaks pakub ettevõtte lisavarustuse programme 23 automargile ja 87 automudelile ning lisavarustuse tooteportfellis on kokku 750 erinevat toodet, mis kõik on ettevõttes nii disainitud, testitud kui ka valmistatud. Lisavarustuse arendamisel ja valmistamisel teeb Metec koostööd mitmete maailma juhtivate autotootjatega ning need on valmistatud EU nõuetest lähtuvalt ja omavad vastavustunnistusi. Ettevõtte juhtimissüsteem vastab ISO 9001:2015 ja ISO 14001:2015 standarditele. [2]

Kogu käesoleva magistritöö objektiks oleva toote arendusprotsess on läbi viidud Metec-is ja selle juures on arvestatud antud ettevõtte tootmisbaasi tehnoloogilist suutlikkust. Nagu eelnevalt mainitud on projekti eesmärgiks luua uudne küljetoru-astmelaua lahendus, mille saaks lisada ettevõtte omatoodangu hulka. Ettevõtte soov on arendada välja ainulaadne liikuv astmelaud-küljetoru, mis välja liikununa oleks kasutatav astmelauana ja sisse liikunult täidaks küljetoru rolli. Projekteeritava toote põhieesmärk on lisada küljetorule astmelaua funktsionaalsus.

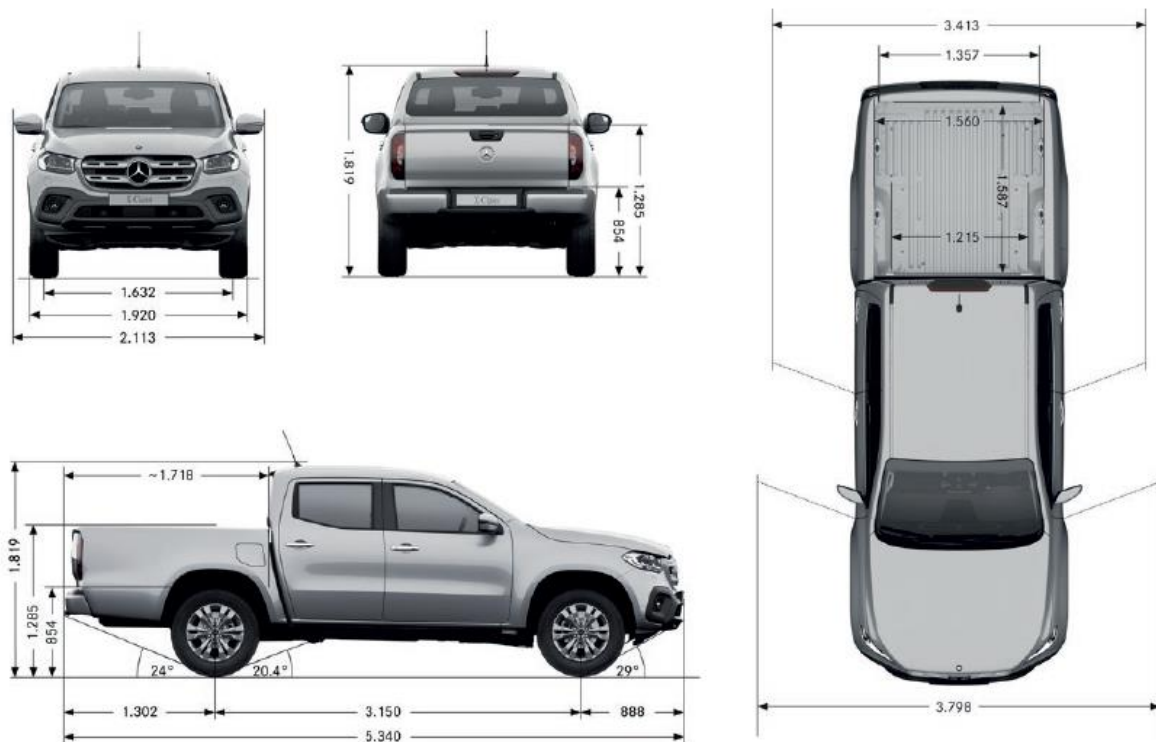
1.2.2 Baassõiduki andmed

Sõidukiks, millele käesolevas töö käigus motoriseeritud astmelaud arendatakse on Mercedes-Benz X-klassi 4 x 4 veoskeemiga luksuskategooria väikeveok. Antud sõiduk lisandus MB tooteperekonda aastal 2017 ning selle viimane mudeluuendus pärineb 2018. aastast. Tegemist on esimese pikap tüüpi sõidukiga MB mudelivalikus. [3] MB X-klass on positsioneeritud kõrge kvaliteediga keskmise suurusklassi pikapite turusegmenti (*premium-branded mid-sized pick-up*). [27] Sõiduki kontseptsioon on valminud koostöös Nissan-Renault kontserniga (Nissan Navara, Renault Alaskan) ning neid toodetakse sama kontserni tehastes Hispaanias ja Argentiinas. [26]



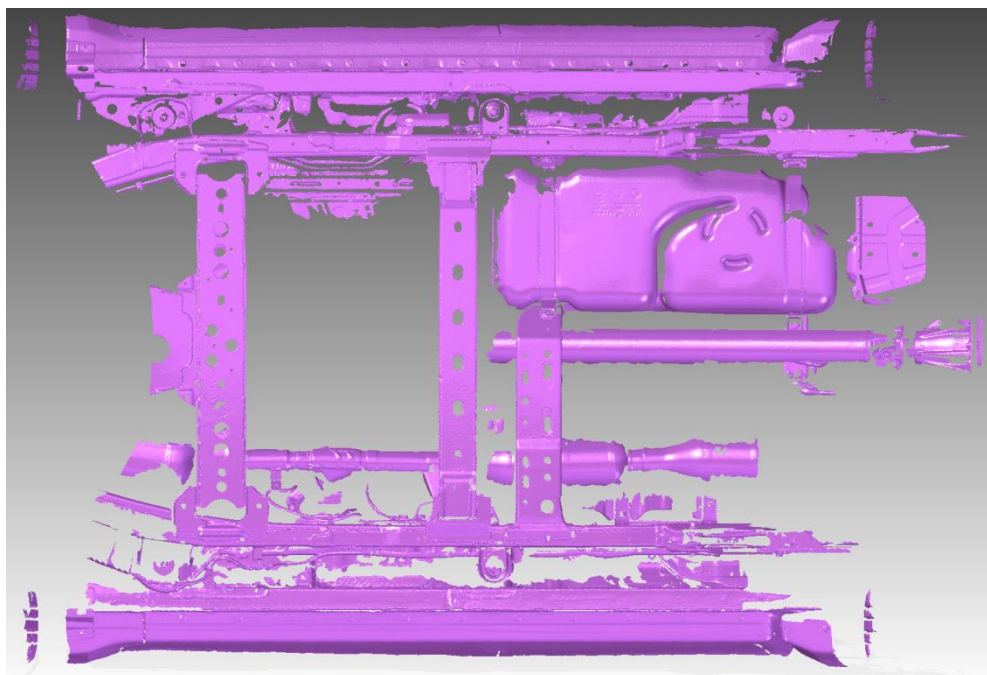
Sele 1.1 Baassõiduk Mercedes-Benz X-klass [2]

Vaatamata ühisele platvormile, erineb see oma sõsarmudelitest nii visuaalselt kui ka tehniliselt olulisel määral (erinevus keredetailides, klaaside kujus, pikem kast, laiem rööbe jne). Hetkel pakutakse antud sõiduki puhul nelja erinevat mudelit, millest üks on bensiini ja kolm diiselmootoriga. Sõidukit saab tellida nii automaat kui manuaalkastiga ning pakutakse nii madala kui ka kõrge kliirensiga versiooni. Sõiduki veoskeem on 4 x 4 ning selle täismassiks on 3250 kg. [28]



Sele 1.2 Mercedes-Benz X-klassi välised mõõtmed [4]

Projekteerimise hõlbustamiseks sai auto aluspõhjast tehtud skanneering. Lisaks põhjaskanneeringule on projektis kasutamiseks ka eelnevalt loodud fikseeritud astmelaud, millest saab lähtuda üldmulje ja gabariitmõõtmete määramisel.



Sele 1.3 Mercedes-Benz X-klassi aluspõhja skanneering [2]



Sele 1.4 Mercedes-Benz X-klassi põhjavaade (autori foto)

1.3 Nõuded sõidukite lisavarustusele ning selle tootmisele

Selleks, et tagada liiklejate ohutus on sõidukitele paigaldavatele lisavarustuselementidele kehtestatud normid. Tutvudes Euroopa Liidus ja Eesti Vabariigis kehtivate nõuetega, ilmnes et normid puudutavad eelkõige sõidukite esiosale kinnitatavaid tooteid. Antud juhul peetakse normatiivide kehtestamisega silmas ohutuse tagamist jalakäijatele.

Olulisemad nõuded:

6.1.1. Esikaitseüsteemi osad peavad olema projekteeritud nii, et kõikide jäikade pindade, mida saab puutuda 100 mm läbimõõduga kuuliga, minimaalne kumerusraadius oleks 5 mm.[5]

6.1.1. Esikaitseüsteemi osad peavad olema projekteeritud nii, et kõikide jäikade pindade, mida saab puutuda 100 mm läbimõõduga kuuliga, minimaalne kumerusraadius oleks 5 mm.[5]

Projekteeritavale tootele ei laiene sõiduki esikaitsetele määratud nõuded. Sellele vaatamata peab pidama kinni nõudest, et eenduvate detailide servade minimaalne ümarusraadius oleks 5 mm. Lisaks sellele peab arvestama auto tüübikinnituses toodud nõudega, et mitte muuta sõiduki üldiseid gabariitmõõtmeid.

2 TOOTE PROJEKTEERIMINE

2.1 Kontseptsioon

Kontseptsiooni väljatöötamisel on tähtis arvestada ka mehhanismi töökeskkonda. Antud seadme puhul on elementide eest kaitstud väga tähtsal kohal. Sõidukid veedavad enamuse eksploatatsiooniajast liikluses ja välistes tingimustes. Väliskeskkonna suurimateks mõjuriteks mehaanilistele ja elektroonilistele süsteemidele on niiskus ja temperatuur. Lisaks sellele on agregaatidele ja sõlmedele suur mõju ka sooladest, mida kasutatakse libeduse tõrjeks ja kruusateede tolmuwabaks muutmiseks. Seetõttu tuleb osalt langetada ka kaalutletud valik kasutatavate materjalide seisukohast, arvestades eelmainitud aspekte. Ajami valikul tuleb võimalusel lähtuda tootjapoolsest IP sertifikaadist.

Järgneval skeemil on ära toodud toote arendusprotsess etappide kaupa.



Sele 2.1 Tootearendusprotsess (autori koostatud)

Arendusprotsessist annab ülevaate eelnev joonis. Protsessi esimeseks etapiks on baassõiduki visuaalne vaatlus ja hindamine. Projekteerimise hõlbustamiseks ja sobivuse tagamiseks skaneeritakse sisse sõiduki põhjaprofiil. Peale visanditest lõpliku versiooni väljavalimist teostatakse vajadusel tugevusarvutused. Seejärel modelleeritakse komponendid ja otsitakse turul saadaolevate variantide hulgast välja vajaminevad ostutooted. Projekteerimise viimaseks etapiks on dokumentatsiooni koostamine ning tööjooniste vormistamine. Täieliku tootmisküpsuse saavutab toode peale prototüübi reaalset proovimontaaži. Juhul kui prototüübi paigaldamisel ja testimisel ilmneb korrigeerimist vajavaid aspekte, siis pöörduakse tagasi mõne eelneva tööetapi juurde ning viiakse sisse vajalikud muudatused. Oluline on, et enne tootmisse suunamist oldaks veendunud, et kõik sobib, funktsioneerib ja toimib.

2.1.1 Tehnoloogiad ja tootmiseseadmed

Toote projekteerimisel tuleb lähtuda tootmisettevõtte kasutuses oleva seadmepargi võimekusest. Projekteerimisel on arvestatud, et selle komponentide tootmiseks kasutakse laserlõikust, keevitamist, lehtmaterjali- ja torupainutust.

Toote valmistamiseks kasutatavad peamised seadmed ja tehnoloogiad on:

- Toru /profiili laserlõikus TruLaser Tube 5000 APJ
- Lehtmaterjali laserlõikus TruLaser 3030 APJ
- Lehtmaterjali stantsimiskeskus AMADA Europe 245 APJ
- Lehtmaterjali painutamine TruBend 5170
- Torupainutamine HERBER Industry 2100 s APJ
- TIG keevitamine
- Abrasiivpuhastus
- Elektropoleerimine

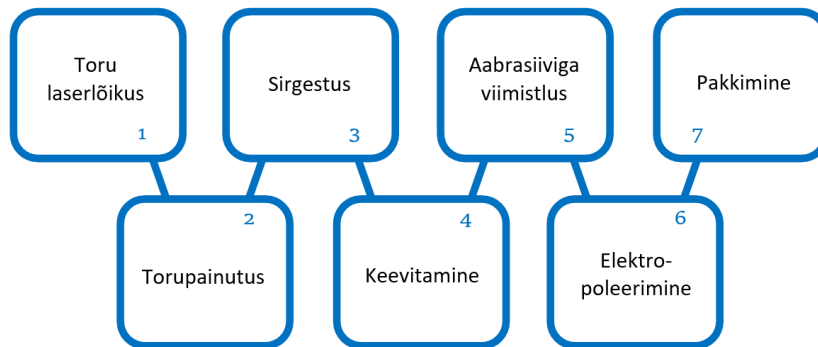
2.1.2 Toote tehnoloogilisus

Antud juhul on oluline toote vastavus tootja tehnoloogilisele suutlikkusele. Projekteerimisel tuleb arvestada tööpinkide ja tööriistade tehniliste võimalustega. Näitena võib tuua torupainutuspingil tehtavad paineraadiused, mis on määratud kindla sammuga ja piiratud matriitside arvuga. Samuti peab arvestama lehepainutusoperatsioonide puhul detaili pinnalaotuse kujust tulenevate piirangutega.

Lisavarustust toodetakse Metec-is põhiliselt roostevabast terasest (nt AISI 301). Roostevaba teras on kasutusel profiil ja lehtmaterjalina. Üldiselt jagunevad profiilmaterjalid ümar- ja nelikanttorudeks. Peamiselt kasutatakse väljaulatuvate ja nähtavate elementidena ümartoru. Ümartorude läbimõõdud jäävad vahemikku 10 - 100 mm.

Toruprofiilist toote valmistamiseks kasutatakse laserlõikust ja painutamist. Toote sõlmede koostamisel kasutatakse keevitamist. Peale toote koostamist läbib toode järeltöötlust. Järeltöötlemisel kasutatakse mehhaanilist abrasiivlihvimist ja elektropoleerimist.

Arendatava astmatoru põhidetailiks oleva kaitseraua tootmisprotsessi näitlikustamiseks on järgneval joonisel ära toodud tootmise skeem:



Sele 2.2 Tootmisprotsessi skeem (autori koostatud)

2.2 Koormuste analüüs

Kuna projekteeritav toode on kasutatav ka astmelauana on tähtis, et konstruktsioon oleks piisavalt tugev, talumaks selle kasutamisel tekkivaid koormusi. Astmelauale rakenduva koormuse saab tuletada inimese kehakaalust. Euroopa Liidu määruse järgi saadakse auto sõiduasend kasutades juhiistmele ja kõrvalistmele paigutatud 75 kilogrammist massi. [10]

Euroopa parlamendi määrus, mis käsitleb mootorsõidukite tüübikinnitust seoses teiste liiklejate kaitsega EÜ nr. 78/2009 sätestab järgmist:

„tavaline sõiduasend” – sõiduki asend käivitatud olekus maapinnal, kusjuures kummid on soovitusliku rõhuni täis pumbatud, esirattad on otseasendis, kõik sõiduki juhtimiseks vajalikud vedelikud on täismahus, kogu sõiduki tootja poolt tagatud standardvarustusega, 75 kg raskune mass asetatud juhiistmele ja 75 kg raskune mass asetatud juhi kõrvalistmele, vedrustus on reguleeritud sõidukiirusele 40 km/h või 35 km/h tootja poolt määratud tavalistes sõidutingimustes (eelkõige aktiivvedrustuse või automaatse loodimisseadega sõidukite jaoks) [10]

Sellest lähtuvalt võiks koormuse teoreetiliseks aluseks olla juhi ja kõrvalistuja masside summa.
(2.1)

$$M = m_{juht} + m_{kõrvalistuja} \quad (2.1)$$

kus

M – astmelauale mõjuv mass,

m_{juht} – juhi mass,

$M_{kõrvalistuja}$ – kõrvalistuja mass,

$$M = 75\text{kg} + 75\text{kg}$$

$$M = 150\text{ kg}$$

Astmeterule mõjuv jõud Newtonites:

$$F = M \cdot g \quad (2.2)$$

kus

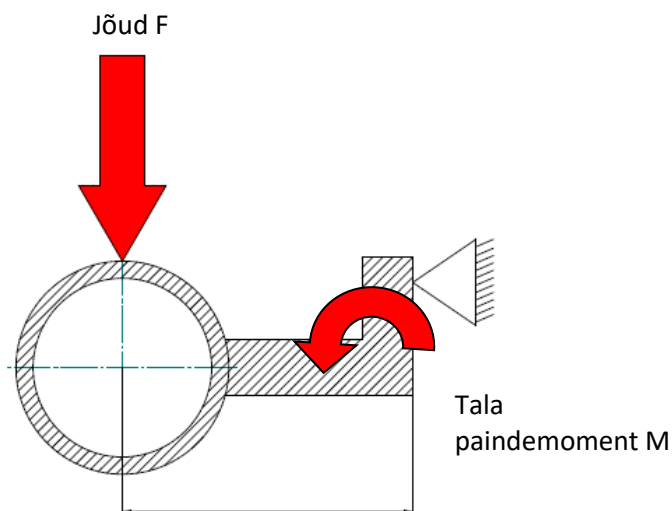
M – astmelauale mõjuv mass,

g – raskuskiirendus,

$$F = 150\text{kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1470\text{ N} \approx 1,5\text{kN}$$

Proovides katseliselt kasutada autosse sisenemisel astmelaudu täheldati, et sisenemisel ei lasu astmeterule kogu keharaskus. Sisenemisel ja väljumisel pakub astmelaud tuge.

Jõu mõju astmelauale:



Sele 2.3 astmelaua koormusskeem (autori koostatud)

Skeemist järeldub, et astmelaua kõige kriitilisemaks sõlmeks on toru ja kinnituskoha vaheline tala.

2.3 Mehhanismi valik

Süsteemi projekteerimise seisukohalt on tähtis kaaluda erinevaid lahendusvariante. Võimalike variantide hulgast sobivama leidmiseks on autori poolt välja töötatud skoorimetoodika, mis baseerub hinnangutel. Hinnangud antakse kuue palli süsteemis (0-5) ning mida kõrgem on skoor seda suurem on antud variandi vastavus kriteeriumile ja vastupidi. Valik tehakse hinnangutel põhineva keskmise skoori alusel. Mida kõrgemaks kujuneb keskmine skoor, seda sobivam on variant antud tehnilise probleemi lahendamiseks. Hinnangute selgitus on esitatud järgnevas tabelis.

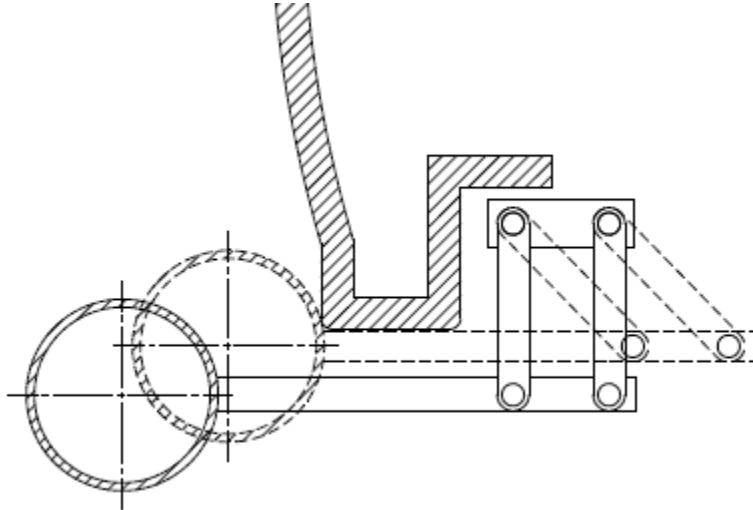
Tabel 2.1 Hinnangukriteeriumite seletus

| Skoor | Selgitus |
|-------|--|
| 0 | Olematu, ei vasta üldse hinnatavale kriteeriumile |
| 1 | Kasin, vastab ainult mingis osas hinnatavale kriteeriumile |
| 2 | Enam vähem rahuldav, vastab ainult teatud osas hinnatavale kriteeriumile |
| 3 | Rahuldav, vastab olulises osas hinnatavale kriteeriumitele |
| 4 | Hea, vastab hinnatavale kriteeriumitele |
| 5 | Väga hea, vastab täielikult hinnatavale kriteeriumitele |

Astmetoru kinemaatika lahendamiseks on ajurünnaku tulemusena leitud kolm erineva insenertehnilise lahendusega varianti, millest sobivama väljaselgitamiseks kasutatakse skoorimetoodikat. Parima võimaliku tehnilise lahenduse väljaselgitamisel lähtutakse neljast kriteeriumist: tehnoloogilisus, keskkonnamõjude kindlus, tugevus ja kasutatavus. Järgnevates tabelites 2.2, 2.3 ja 2.4 esitatud hinnangud on antud toetudes varasematele kogemustele ja insenerivaistule ning lähtunud on eelnevalt paika pandud hindamiskriteeriumitest.

2.3.1 Liigendlahendus

Süsteemi põhimõtte baseerub parallelogrammil. Astmetoru kandur on kinnitatud kahe hoova abil auto kere külge kinnitatud plaadile.



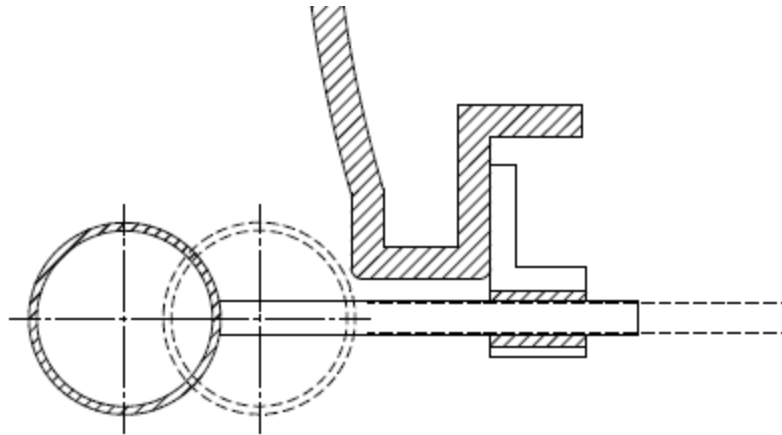
Sele 2.4 Hoobadega lahenduse eskiis (autori koostatud)

Tabel 2.2 Hooblahenduse hindamistabel

| | Kriteerium | Skoor | Kommentaar |
|----|-----------------------|------------|--|
| 1. | Tehnoloogilisus | 2 | Neli liigendisõlme tõstab tootmise keerukust |
| 2. | Keskkonnakindlus | 1 | Neli liigendit avatud elementidele |
| 3. | Tugevus | 3 | Hoobade elastne deformatsioon, lõtkud liigendites |
| 4. | Kasutatavus | 4 | Toru liigub sisse liikudes ülespoole, mis tagab hea kaitse kerekarpidele |
| | Keskmine skoor | 2,5 | |

2.3.2 Lineaarne liikumine

Astmetoru kandur liigub lineaarselt laagripindadel.



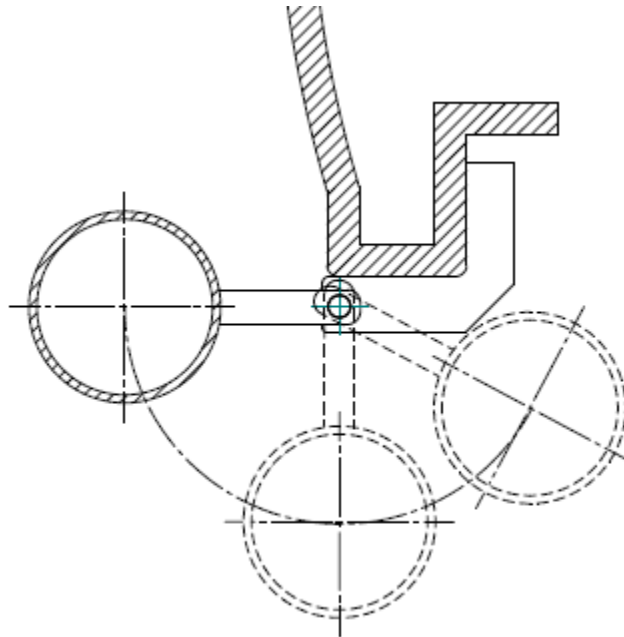
Sele 2.5 Lineaarlaagri lahendusega eskiis (autori koostatud)

Tabel 2.3 Lineaarlahenduse hindamistabel

| | Kriteerium | Skoor | Kommentaar |
|----|-----------------------|------------|---|
| 1. | Tehnoloogilisus | 5 | Keerulisemad sõlmed võimalik kasutada ostutooteid |
| 2. | Keskkonnakindlus | 3 | Laagrit on lihtne varustada katete ja tihenditega |
| 3. | Tugevus | 2 | Laagri liugelement peab võtma vastu tekkivad jõud |
| 4. | Kasutatavus | 4 | Liikumine ei sea autole kasutamispriiranguid |
| | Keskmine skoor | 3,5 | |

2.3.3 Pööramine

Aste liigub pöörates auto kere alla.



Sele 2.6 Pöörleva lahendusega liikumine (autori koostatud)

Tabel 2.4 Pöördlahenduse hindamistabel

| | Kriteerium | Skoor | Kommentaar |
|----|-----------------------|-------------|---|
| 1. | Tehnoloogilisus | 5 | Keerulisemad sõlmed võimalik kasutada ostutooteid |
| 2. | Keskkonnakindlus | 2 | Liikuvate sõlmede tihendamine on raskendatud |
| 3. | Tugevus | 1 | Vajab jõudude vastu võtmiseks lisafiksaatorit |
| 4. | Kasutatavus | 1 | Liikumine seab piirangu auto kliirensile |
| | Keskmine skoor | 2,25 | |

Mehhanismi valiku meetodika kokkuvõte

Kõigist kolmest variandist osutus antud valikumethodikale tuginedes parimaks lineaarlaagriga süsteem (keskmine skoor 3,5). Toote projekteerimise ja ebamõistlike tootmiskulude vältimiseks on otstarbekas kasutada võimalikult palju ostukomponente. Seega tuleb järgmises mehhanismi valikut puudutavas etapis otsida sobivam lahendus lineaarsüsteemide tootjalt.

Nõuded laagripaarile:

- Peab tagama astmetoru paralleelsuse
- Peab olema piisavalt tugev
- Peab olema puhastuv või täielikult kinnine
- Peab olema korrosioonikindel

Tulenevalt eelloetletud kriteeriumitele vastavusest, langetati valik ettevõtte IGUS laagrite kasuks. Tegemist on isemäärivate ja isepuhastuvate plastist liugepindadel töötavate laagritega. Enamasti kasutatakse selliseid laagreid tööpinkides, labori- ja tootmiseseadmetes. IGUS on üks maailma juhtiv tehnoplastidest tööstustarvikuid tootev ettevõtte. Põhilisteks toodeteks on plastidest liugeelemendid ja mehhanismide koostamiseks mõeldud sõlmed. [7] Antud töö raames keskendun IGUS-e poolt pakutavate lineaarlaagri süsteemidele.

IGUS-e lineaarsüsteeme iseloomustavad omadused: [7]

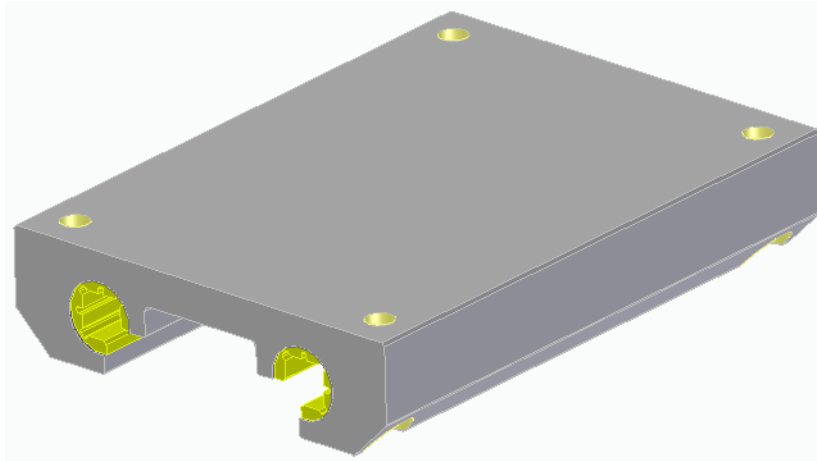
- Vastupidavus löökidele
- Väike kaal
- Tolmu ja mustusekindlad
- Vaiksed (väike müratase)
- Korrosioonile vastupidavus
- Isemäärivus

IGUS lineaarsüsteemi valik

Tootja kataloogis pakutavast sortimendist valiti välja kaks potentsiaalset varianti, mis võiksid vastata kõige paremini eelnimetatud tingimustele. Järgnevalt tuuakse välja variandid, mille vahel valik langetatakse.

1.variant

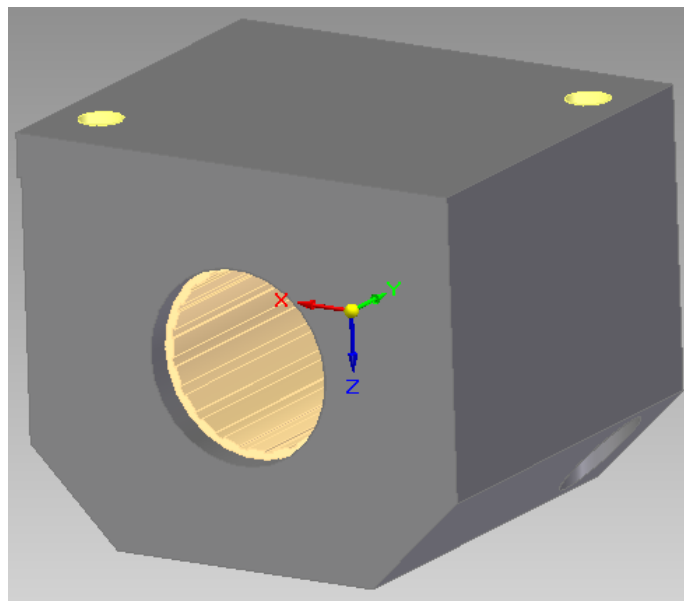
Laagripukk: IGUS WWC-10-40-3 liugesiin: WSQ-10-40



Sele 2.7 IGUS WWC 10-40-3 [7]

2.variant

Laagripukk: IGUS RJUMT-06-40 liugesiin: EEWM-40



Sele 2.8 IGUS RJUMT 06-40 [7]

Lõplik otsus

Esimese variandi puhul on laagrisõlmel üks vabadusaste. Liugelement saab liikuda vaid ühes suunas. Teisel variandil on kaks vabadusastet st telgsihis lineaarne liikumine ja ümber liugelemendi pööramine. Tugevuse aspektist lähenedes, peab laagripaar suutma vastu võtta

veereelemendi suhtes rakenduvat paindemomenti, nagu järeltub koormuste analüüsist. Võttes arvesse, et esimesel variandil on laagripinnad võrreldes teise variandiga küllalt väikesed, seega järeldatakse, et ühtlasema pindsurve liugelemendile tagab teine variant. Teise variandi kasuks räägib ka lineaarjuhiku geomeetria, mis on ümara ristlõikega ja suurema ristlõike pindalaga. Suurem juhiku ristlõige annab alust arvata, et süsteemi tugevus võiks olla piisav. Lähtudes astmelaua rööpsuse printsiibist aitab teise variandi puhul pöörlemise vabadusaste kompenseerida süsteemi ebatasapinnalisusi.

2.4 Ajami valik

Energialiigina on sõidukitel standardne vool pingega 12 volti. Ajami valikul peab lähtuma sellest tegurist. Täpsemalt peab arvestama ka ajami töökeskkonna iseloomu, vee, tolmu ja mustusekindlusest. Võimalusel võiks eelistada toodet, millel on IP sertifikaat.

Ajami lõpliku valiku tegemiseks hinnatakse kolme kriteeriumit:

- Keskkonnakindlus
- Integreeritavus auto süsteemi
- Mõõtmed

Vastupidavus keskkonnamõjudele hindab ajami tööpõhimõttest ja konstruktsioonist lähtuvat võimet töötada auto põhja all valitsevates tingimustes. Integreeritavuse all peetakse silmas ajami juurutamise lihtsust olemasolevasse süsteemi. Olemasolevaks süsteemiks on auto ja integreeritavaks süsteemiks on ajam. Mõõtmed on olulised eelkõige selle tõttu, et ruum kuhu antud seade tuleb projekteerida on piiratud. Veel iseloomustab mõõtmete kriteerium käigupikkuse ja gabariitmõõtmete hinnangulist suhet. Kindlasti peab ajam omama minimaalset nõutud käiku. Nõutud käigupikkuseks on 100 mm.

Hinnangud kriteeriumitele antakse kuue palli süsteemis (skooriskaala 0 - 5), lähtudes samadest alustest nagu eelnevalt teostatud mehhanismi valikul.

2.4.1 Hüdrauliline ajam

Hüdrauliline ajam on oma olemuselt võimeline genereerima suurt jõudu, kuid probleemseks võib kujuneda kogu hüdrocilindri tööks vajalike agregaatide paigutamine auto kere alla. Hetkel on võimalik soetada ka kinniseid integreeritud hüdraulika süsteeme. Need koosnevad ühes korpus

asetsevast hürdosilindrist, õlipumbast, reservuaarist ja klapisüsteemist. Näitena tuuakse välja Texas Hydraulics-i poolt toodetav integreeritud hüdrosilinder.



Sele 2.9 Texas Hydraulics-i poolt toodetud integreeritud hüdrosilinder [6]

Sellist lahendust kasutatakse palju maasturitele paigaldatavates sahkades, tungraudades ja teistes rasketes agregaatides. Lahendus on eriti sobilik juhul kui masinal puudub tsentraalne hüdraulikasüsteem.

Tabel 2.5 Texas Hydraulics-i poolt pakutava lahenduse hindamistabel

| | Kriteerium | Skoor | Kommentaar |
|----|--------------------------------|-------------|---|
| 1. | Vastupidavus keskkonnamõjudele | 5 | Täielikult suletud süsteem |
| 2. | Integreeritavus süsteemi | 2 | Aeglased töökiirused |
| 3. | Mõõtmed | 1 | Integreeritud õlipump ja reservuaar suurendavad gabariite |
| | Keskmine skoor | 2,67 | |

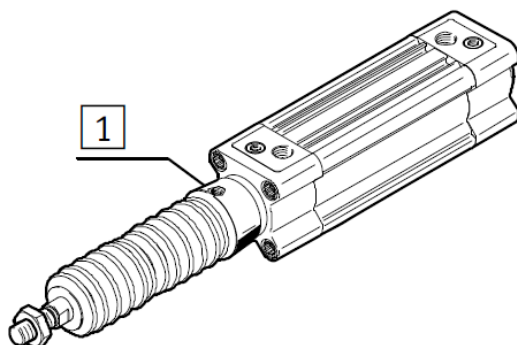
2.4.2 Pneumaatiline ajam

Mõned maasturid on varustatud kompressoriga, mille tööorgan saab jõu otse mootorilt. Enamasti on integreeritud suruõhusüsteem kasutusel õhkpiduritega veoautodel. Pneumaatika puhul tuleb arvestada suhteliselt väikeste jõududega võrreldes hüdraulilise ajamiga. Lisaks sellele ei teki vajadust töömeediumi (õhu) tagasivooluks. Probleemseks võib kujuneda pneumosüsteemi paigaldamine tehaseautole, millel puuduvad suruõhuga varustamise agregaadid. Plussiks pneumaatika puhul on puhtus ja süsteemi suhteliselt suur liikumiskiirus võrreldes hüdraulilise süsteemiga.

Ühe võimaliku variandina tuuakse näiteks välja Festo tootevalikus pakutav ajam.

Festo DSBC-100-P2-R3-T3 omadusi iseloomustavad tegurid: [8]

- Käigupikkus 100 mm
- Suur korrosioonikindlus (happekindlad materjalid)
- Temperatuuritaluvus -40°C kuni +80°C
- Lisakaitset pakub kolvivarrast kattev kummilõõts



Sele 2.10 Pneumosilinder Festo DSBC -100-P2-R2-T3 [8]

Tabel 2.6 Festo DSBC silindri baasil koostatud hindamistabel

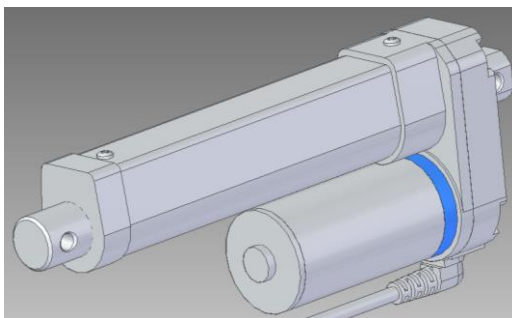
| | Kriteerium | Skoor | Kommentaar |
|----|--------------------------------|-------------|---|
| 1. | Vastupidavus keskkonnamõjudele | 5 | Lisakaitse kolvivarda katte näol, happekindel, talub temperatuuri kõikumisi |
| 2. | Integreeritavus süsteemi | 1 | Vajab pneumaatika taristut |
| 3. | Mõõtmed | 3 | Kompaktne |
| | Keskmine skoor | 3,00 | |

2.4.3 Elektromehaaniline ajam

Üheks ajami variandiks on elektrimootoriga mehaaniline lineaarajam. Ajami tööpõhimõte tugineb trapetskeermel liikuva mutri põhimõttel. Sisendiks on vool pingega 12 volti ja väljundiks lineaarne liikumine. Toote plussiks on süsteemi kompaktsus ja lihtsus. Probleemaatiliseks võib osutuda selle töökindlus tulenevalt sõiduki põhjal all valitsevatest keskkonningimustest. Potentsiaalse valikuvariandina tuuakse siinkohal välja SKF-i poolt pakutav lineaarlahendus.

SKF CAHB-10 omadusi iseloomustavad tegurid: [9]

- IP69K sertifikaat
- Käigupikkus 50-300 mm
- Pinge 12 või 24 volti
- Lubatud temperatuuride vahe -40°C kuni +80°C
- Tagasisidestuse võimalus, integreeritud lõpplülid



Sele 2.11 CAHB-10 lineaarajam [9]

Tabel 2.7 SKF CAHB-10 põhjal koostatud hindamistabel

| | Kriteerium | Skoor | Kommentaar |
|----|--------------------------------|-------------|----------------------------|
| 1. | Vastupidavus keskkonnamõjudele | 5 | IP 66K sertifikaat |
| 2. | Integreeritavus süsteemi | 4 | Ei vaja lisaseadmeid |
| 3. | Mõõtmed | 2 | Mootor suurendab gabariite |
| | Keskmine skoor | 3,67 | |

Kokkuvõte

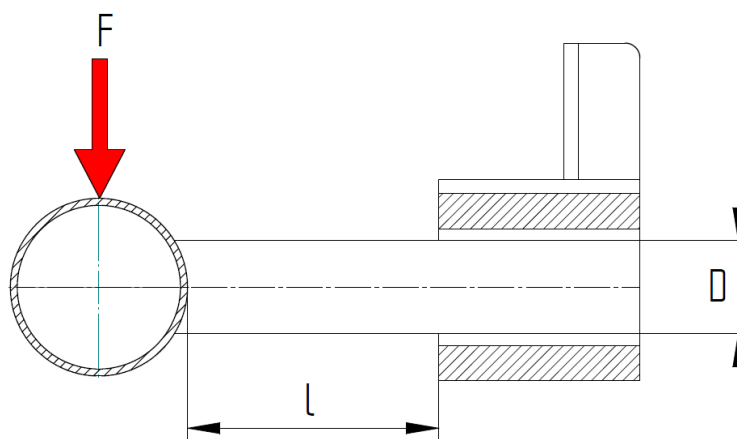
Kolme võimaliku variandi hindamistabelite tulemustest jäeldub, et kõige kõrgema keskmise skoori (3,67) sai ajami elektromehaaniline lahendus. Sellest lähtutakse ka astmetoru konstruktsiooni projekteerimisel.

2.5 Tugevusarvutused

Tulenevalt astmelauale mõjuvate koormuste analüüsist, viiakse läbi lineaarlaagri liugesiini, mis on ühtlaselt ka astmetoru kandev tala, tugevusarvutus paindele. Lisaks paindepingele hinnatakse ka koormusest tulenevat pindsurvet laagrite lubatud pindsurve aspektist.

Astmelaua tala paindepinge arvutus:

Paindepinge arvutamisel lähtutakse Mehaanikainseneri käsiraamatus toodud meetodikast. [1]



Sele 2.12 Tala koormusolukord (autori koostatud)

Lähteandmed:

Astmelauale mõjuv jõud:

$$F = 1,5kN$$

Paindele töötava tala pikkus:

$$l = 177mm$$

Ümarprofiilist tala diameeter:

$$D = 40mm$$

Tugevusvarutegur:

$$n=2$$

Ümarprofiili telgvastupanumoment:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (2.3)$$

kus

d – profiili läbimõõt

$$W = \frac{3,14 \cdot 40^3}{32} = \frac{\pi \cdot 64000}{32} = 6283,1 \text{ mm}^3$$

Paindemoment:

$$M_b = F \cdot l \quad (2.4)$$

kus

F – jõud,

l – jõuõlg

$$M_b = F \cdot l = 1500 \text{ N} \cdot 0,177 \text{ m} = 265,5 \text{ Nm}$$

Profiili paindepinge:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} \quad (2.5)$$

kus

M_b – Paindemoment,

W = telgvastupanumoment

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} = \frac{265500 \text{ Nmm}}{6283,1 \text{ mm}^2} = 42,2 \approx 42 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tala mehaanilised omadused : IGUS EEWM-40 [7]

- Materjali mark - St 1,4034 (X46Cr13)
- Kõvadus- 52HRC
- Voolepiir $R_{p0,2} = 650 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Tugevustingimus:

$$\frac{R_{p0,2}}{n} \geq \sigma_b \quad (2.6)$$

kus

n – varutegur

$$\frac{650}{2} \geq 42 \text{ (tugevustingimus on täidetud)}$$

Arvutustest selgub, et tala tugevus paindele on piisav.

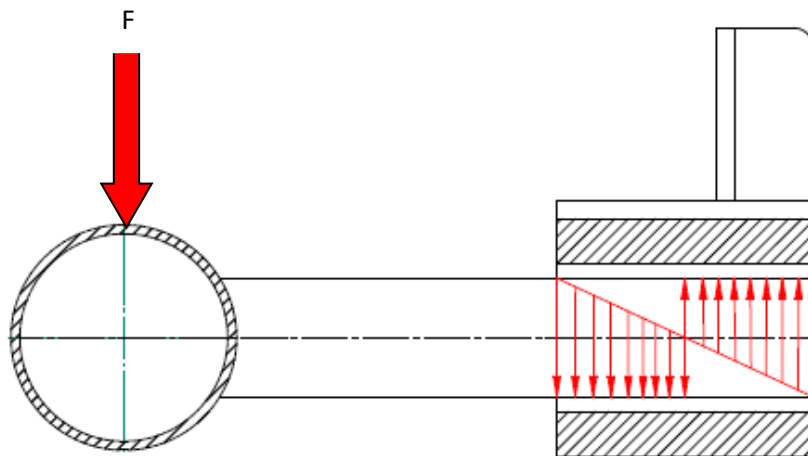
Laagri lubatud pindsurve võrdlus koormusolukorras tekkiva survega

Lineaarlaager RJUMT-06-40 spetsifikatsioonis on näidatud, et staatilisel koormamisel 35 MPa surve korral on suurimaks lubatud koormuseks 56 kN. Dünaamilise koormuse juhul jõuga 8 kN on maksimaalseks lubatud pindsurveks 5 MPa.

| Part No. | d1-Tolerance ⁷⁸⁾ [mm] | F max. dynamic ⁸²⁾ | F max. static ⁸²⁾ | Weight [g] |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------|
| | | p = 5 MPa [N] | p = 35 MPa [N] | |
| RJUM-06-40 | +0.040 +0.115 | 8,000 | 56,000 | 1,820 |

Sele 2.13 IGUS RJUMT-06-40 laagrite lubatavad koormused [7]

Selel 2.14 on näidatud pingete epüür laagi pindadel. Koormuse võtavad vastu võrdselt nii ülemine kui ka alumine laagripool.



Sele 2.14 Laagri kontaktpingete epüür (autori koostatud)

Laagri kontaktpinge arvutus

Kontaktpinge arvutuse tegemisel lähtun taas Mehaanikainseneri käsiraamatus toodud metoodikast [1]

$$p = \frac{F}{A} \quad (2.7)$$

kus

p – pindsurve,

F – pinnale mõjuv jõud,

A – kontaktala pindala

Laagri kontaktpindala

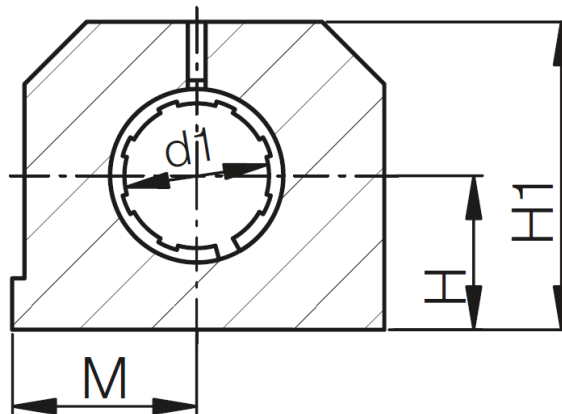
$$A = c \cdot l \quad (2.8)$$

kus

c – varda läbimõõt,

l – kontaktis oleva pinna pikkus

Arvestades, et laagri liugepind on sooneline. Võetakse kontaktpinnaks pool arvutuslikust pinnast.



Sele 2.15 Laagri läbilõige [7]

$$A = \frac{40\text{mm} \cdot 49\text{mm}}{2} = 845\text{mm}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{1500\text{N}}{845\text{mm}^2} = 1,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Arvutatud suurustest järeldub, et laagriale rakendatav koormus ei ületa tootja poolt lubatud maksimaalset pindsurvet nii staatilise kui ka dünaamilise koormamise korral. Arvestades seda, et projekteeritud astmatoru konstruktsioon toetub kahele laagripaarile on tugevus tagatud.

2.6 Projekteeritud astmelaud

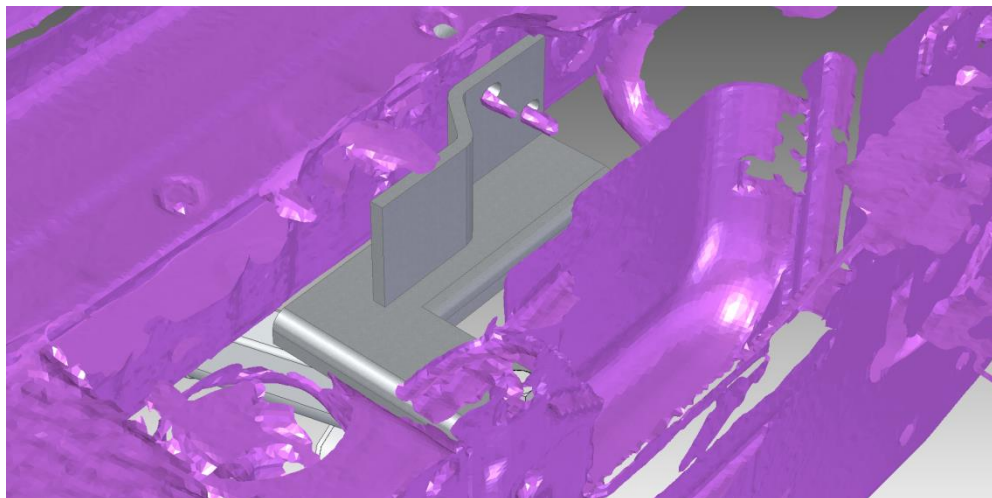
Projekti lõppetapis projekteeriti toote mudel ja vormistati tööjoonised. Järgnevalt tuuakse välja olulisemate sõlmede projekteerimise kirjeldused ja lõppkoostu visualiseerivad materjalid.

Astmatoru kinnituslahendus

Valminud astmelaud kinnitub auto küljekarpide külge. Küljekarpidele on tootja poolt kinnitatud tikkpoldid. Kinnitamisel on tähtis, et astmelaua kinnituskronstein ei seo omavahel keret ja raami.

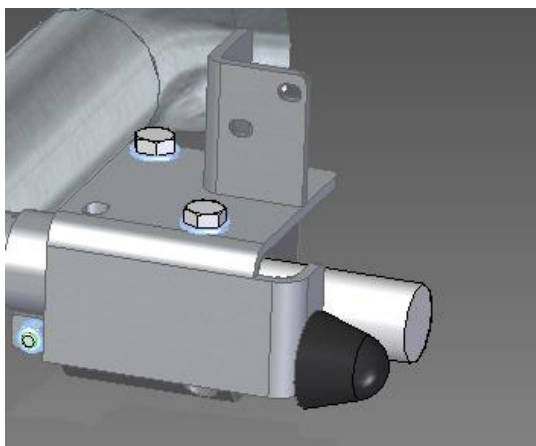
Kinnituskronsteinid on valmistatud laserlõigatud ja painutatud lehtmaterjalist. Kronsteinid on koostatud keevitamise teel. Kõik kinnituskohtade avad on reguleeritavuse tagamiseks varustatud

vabastustega, et kompenseerida kere küljes olevate kinnituste ebatäpsust. Laagrite kinnitamiseks kronsteinidele kasutatakse laagri korpuses olevaid keerrestatud avasid (vt Lisa 1.).



Sele 2.16 Linearmootori kinnituskronstein

Laagripukkide võimaliku läbivajumise peatamiseks on laagripukkide kronsteinid varustatud raamile toetuvate kummipuhvritega. Kummipuhvrid on reguleeritavad vastavalt auto kere ja raami asetusele teineteise suhtes.

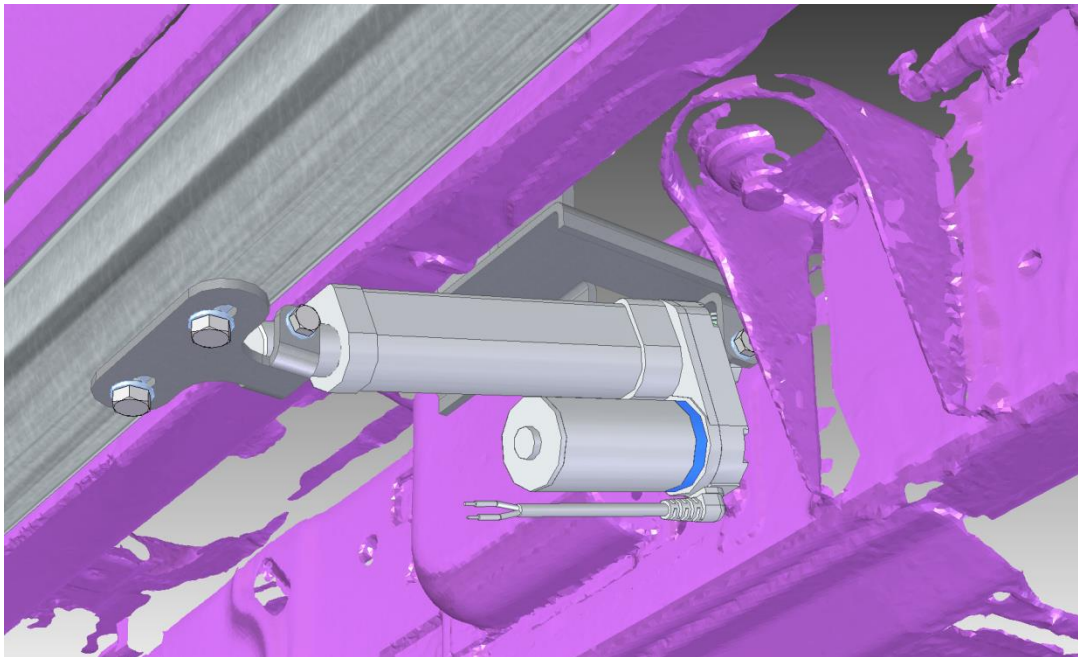


Sele 2.17 Laagri kinnituskronstein kummipuhvriga

Ajami paigutus

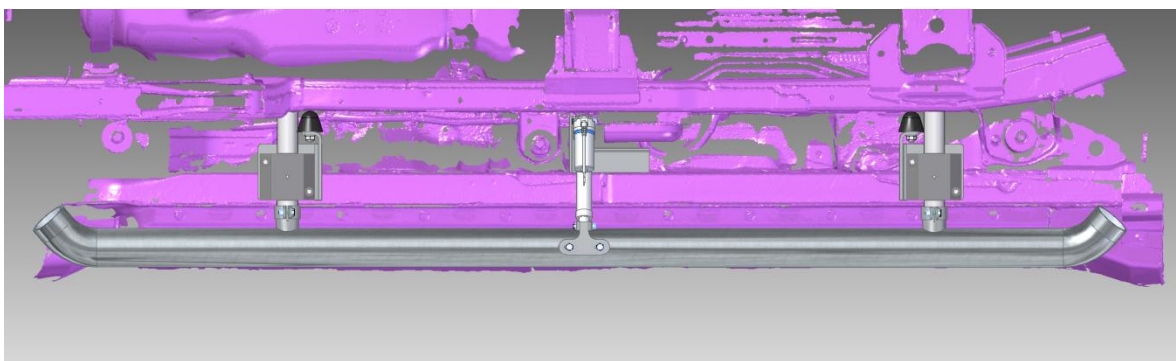
Ajam on paigutatud astmetoru keskele, et tagada liikumisel astmetoru rööpsus. Lineaarajam on astmetoru horisontaalpinna suhtes reguleeritav. Ajam ei võta vastu liikumissuunale ristuvat

koormust. Silindri reguleeritavus tagatakse kinnitusvahendite avadesse lõigatud vabastustega. Vertikaaltasapinna suhtes on ajam isereguleeruv.



Sele 2.17 Ajami asukoht lõppkoostus

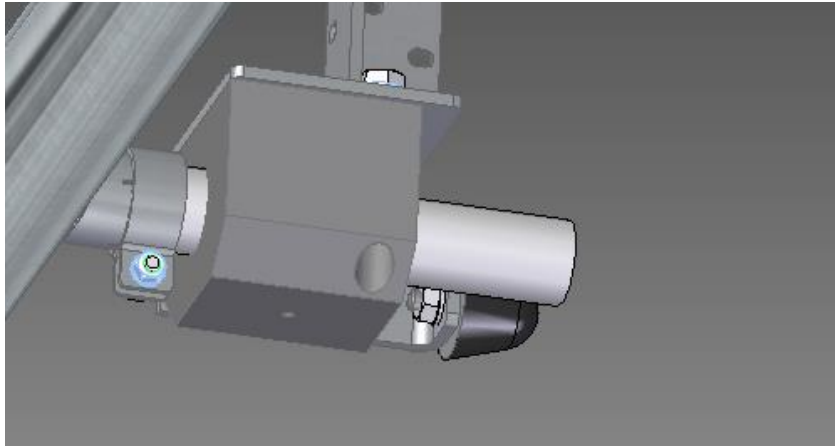
Astmetoru toetub kahele lineaarlaagritele. Laagri liigesammaste ümbermõõt on valitud mitte ainult tugevust ja jäikust arvestades, vaid lähtudes ka rööpsuse tagamise printsiibist. Oluline on, et liikumisel astmetoru liigesambad säilitaksid samatelguse.



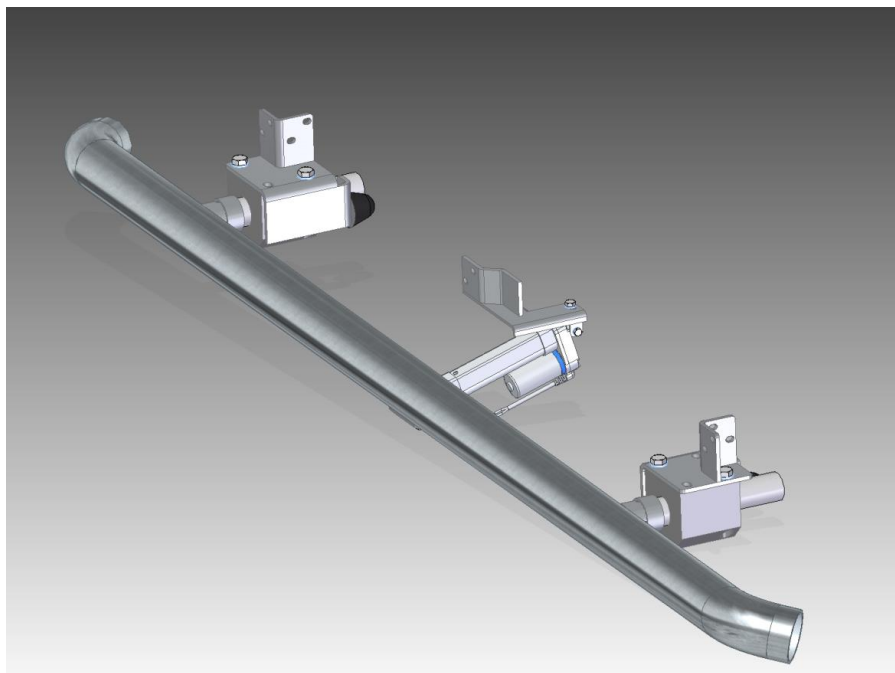
Sele 2.18 Astmetoru koostu altvaade

Astmetoru kinnitamine Liugesammastele

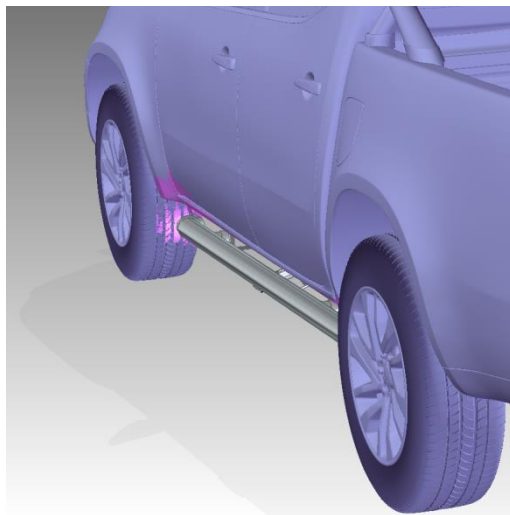
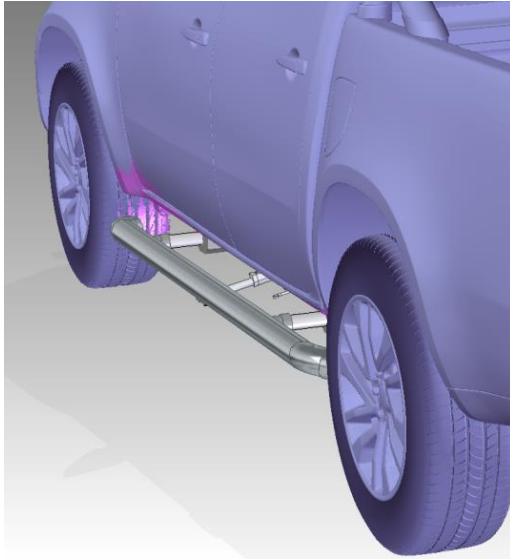
Liugesammas kinnitub astmetoru külge keevitatud muhvidele. Muhvid on valmistatud laserlõikusega standardsest roostevabast torust, mille sisemine läbimõõt on 40 mm. Selline kinnitusviis võimaldab kompenseerida sõiduki horisontaaltasapinnas laagripukkide asetuse ebatasasusi. Sammas fikseerub muhvile klambriga.



Sele 2.19 Astmetoru ja liigesammaste kinnitussõlm



Sele 2.20 Astmetoru koost



Sele 2.21 Astmetoru välja ja sisse liikununa

KOKKUVÕTE

Autotööstus on maailmas jätkuvalt üks suurimaid tööstusharusid ning tulenevalt pidevalt karmistuvatest nõuetest ja muutuvast tehnoloogiast on see väga kiirelt arenev valdkond. Kuna globaalne nõudlus sõidukite, varuosade ja lisavarustuse järele on selges kasvutrendis ning turul valitseb tihe konkurents, siis on tootjad väga motiveeritud pidevalt uute toodete turule toomise osas. Tulenevalt viimastel dekaadidel toimunud sõidukite mudelivaliku hüppelisest kasvust on nõudlus ka sõidukite lisavarustuse järele märgatavalt suurenenud. Üheks suuremaks ja perspektiivsemaks segmendiks antud valdkonnas on tarbesõidukitele ning veokitele pakutav lisavarustus. Siia segmenti kuulub ka käesolevas magistritöö käigus välja arendatud toode.

Magistritöö lähteülesanne oli püstitatud Metec-i gruppi kuuluva ettevõtte poolt, mis on Eesti üheks juhtivaks tarbesõidukitele roostevabast terasest valmistatud lisavarustuse tootjatest. Ettevõtte on suunanud oma arendustöö fookuse sellele, et sõidukitele paigaldatavad lisad täidaks samaaegselt mitut ülesannet ning annaks kliendile seeläbi enam lisandväärtust. Ajendatuna sellest soovist oligi käesoleva magistritöö eesmärgiks projekteerida MB X-klassi maasturile küljetoru, millel oleks lisaks disainiefektile ning kaitseaspektile ka astmelaua funktsionaalsus. Kuna antud mudel jagab oma alusplatvormi veel kahe populaarse automargiga, siis on selle toote müügiperspektiiv väga hea.

Magistritöö eesmärgi saavutamiseks anti esmalt ülevaade sõidukite lisavarustusest ja valitsevast turuolukorrast ning piiritleti lähteülesanne ja kaardistati kõik vajalikud andmed. Põgusalt käsitleti ka nõudeid sõidukite lisavarustusele ja selle tootmisele. Seejärel teostati toote projekteerimine, konstrueerimine ja väljaarendamine. Töötati välja üldine kontseptsioon, valiti erinevate alternatiivide hulgast välja tehnoloogiad, käsitleti arendatava toote tehnoloogilisi aspekte, viidi läbi ajami mehhanismi valik ning tehti vajalikud tugevusarvutused. Tööprotsessist anti piisava detailsusega ülevaade ning seda illustreeriti skeemide, 3D jooniste jm asjakohase kujundusega. Toote projekteerimiseks kasutati Solid Edge 3D CAD programmi ning magistritöö valmis MS Office tarkvara abil.

Käesoleva töö muutis keeruliseks projekteeritava toote kinnituste ja ajami asukoht sõiduki põhja all, kus valitseb erakordselt mehhanismide vaenulik keskkond. Kuna tegemist on liikuva koostuga, mille mehhanismid puutuvad pidevalt kokku niiskuse, tolmu ja abrasiivsete osakestega, siis selle tehnilise probleemi lahendamine oli projekteerijale tõsine väljakutse. Arvestada tuli asjaoludega,

et sooladega segatud niiskus põhjustab korrosiooni, auto põhja all lenduv vesi peseb määratavatelt pindadelt määrdeaine, abrasiivsed liiva ja tolmuosakesed katavad liikuvaid pindu. Kõike seda arvestades pidi tehniline lahendus vastama nendes tingimustes töötamise võimalikkusele. Oluline oli teha väga kaalutletult ajami valik. Konstruktsiooni tugevuse seisukohalt pidi lahendus olema piisavalt tugev, et pidada vastu projekteeritud raskusele, mis rakendub astmelauale astumisel. Kõigi nende keeruliste probleemide lahendamiseks tuldi töö käigus toime.

Projekti lõpuks valmis vajalike jooniste pakett astmelaua prototüübi valmistamiseks ja selle katsetamiseks. Katsetamisel tuleks kindlasti uurida kas laagrite liugeelemendid tagavad piisava rööpsuse astmelaua liikumisel, vastasel juhul võib liikumine olla takistatud. Veel tuleks edendada ajamile integreeritavat loogikat, mis tagaks süsteemi autonoomsuse ja toimetuleku igas olukorras.

SUMMARY

Automotive industry is still one of the fastest developing and growing industry to this day, due to more stricter environmental requirements and rapidly growing launching of new production technologies. Demand for cars has grown globally for the last decade, which has also risen the demand for all kind of vehicle parts and accessories. The one of largest and fastest growing segment in the market is composed of exterior accessories for commercial vehicles as well. The fulfilment of increasing need for new and more value added vehicle accessories is covered also in this master's thesis.

This master thesis is based on solving of real technical problem. The working task was proposed by Metec group, which is one of the leading Estonian producers of stainless steel accessories for commercial vehicles. Thereby, they are focusing on developing multifunctional products. This approach adds additional value for products on the market and makes them more desirable for customers. Based on these aspects, the aim of this master thesis was to develop new motorized step-board for MB X-class pickup with the added feature of serving as a side tube when it is not in use. Keeping in mind that MB X-class shares a base with several other car makes, there exists a potential for multi-model use of the newly developed product.

To reach the goal of the thesis, there were many steps involving research, calculations and development. Firstly, there was given a brief overview about ongoing trends in the car accessory market. Secondly, all the relevant mechanical properties of the product were evaluated. For final stage, all the required documentation, which included drawings, for production were completed. The CAD program used for product development was Siemens Solid Edge. Text, tables, figures etc. were made by using MS Office software package.

The thesis itself has divided into three parts. In the first paragraph were given an overview about vehicle accessories, its market trends and the background of this technical problem. The second part of thesis focuses on the development of the new product and third one is graphical a part that contains full set of technical drawings.

Concurrent difficulties in the process of developing were caused from harsh environmental conditions, which are related to the location of the product underneath the vehicle. From technical aspect, working with limited amount of space under the car was another big challenge for the designer. In the development phase, all possible options were evaluated and chosen using table evaluation method relying on criteria based scores. Rigidity and strength of the load bearing

elements were calculated and evaluated. All of the following development process was based on this collected information.

The project ended with a complete set of finalized drawings. These can be used to build a prototype for further evaluation and testing. In the testing phase, the focus should be turned on the strength, rigidity and longevity of the product. Furthermore, a programmable logic should be considered for the linear actuator, which makes it autonomy functioning and guarantees flawless working in all situations.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

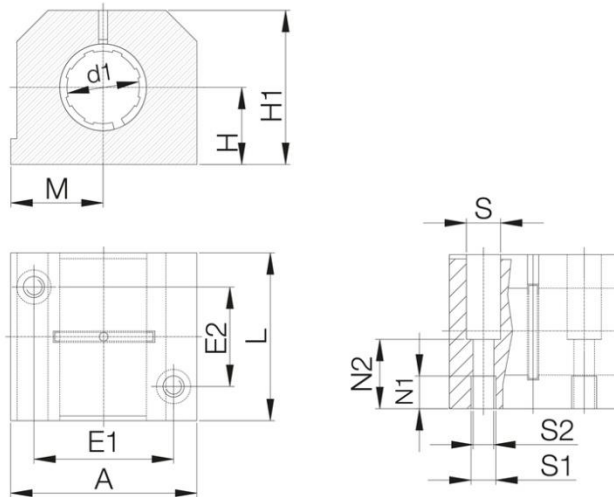
1. U. Fischer, R. Gomeringer, M. Heinzler, R. Kilgus, F. Näher, S. Oesterle, H. Paetzold, A. Stephan, Mehaanikainseneri käsiraamat 2th ed., Toimetanud P. Kulu, E. Hendre. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2013.
2. Metec-i koduleht [online] <https://www.metec.ee/>, <https://www.termetec.eu/> 09.05.19
3. Mercedes-Benz [online] <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/vehicles/passenger-cars/x-class/mercedes-benz-concept-x-class/> 02.05.19
4. Mercedes-Benz hinnakiri [online] <https://tools.mercedes-benz.co.uk/current/vans/brochures/x-class-pricelist.pdf> 02.05.19
5. Euroopa parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 78/2009 [online] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0078&from=EN> 22.04.19
6. Integreeritud hürdaulikalahendused [online] <https://www.texashydraulics.com/hydraulic-cylinders/fully-integrated> 14.03.19
7. Igus lineaarsüsteemid [online] <https://www.igus.com> 17.02.19
8. Festo pneumaatikakomponendid [online] https://www.festo.com/cat/en-ca/ca/data/doc_engb/PDF/EN/DSBC_EN.PDF 05.04.19
9. SKF lineaarmootorid [online] <https://www.skfmotiontechnologies.com/en/global/products/linear-actuators/cahb-series/cahb-10?from=skf.com> 05.04.19
10. K. Gavin and M. Kennedy , "SEMA Pickup Report," Specialty Automotive Equipment Association Market Research, United States, 2016.

11. IBISWorld (2018, April.). Global Auto Parts & Accessories Manufacturing Industry, Industry Market Research Report, New York, NY United States. Accessed on: May. 8, 2019. [Online]. Available: <https://www.ibisworld.com/industry-trends/global-industry-reports/manufacturing/auto-parts-accessories-manufacturing.html>
12. D. Breitschwerdt, A. Cornet, S. Kempf, L. Michor, M. Schmidt, "The Changing Aftermarket Game – And How Automotive Suppliers Can Benefit From Aarising Opportunities," McKinsey & Company, Inc, Advanced Industries, 2017.
13. J. Friedrich and R. Hermann, " The Automotive Industry in Germany Issue 2018/2019," Germany Trade and Invest, Berlin, Germany, 2019.
14. A. Cornet, H. Deubener, R. Dhawan, T. Möller, A. Padhi, P. Schaufuss, A. Tschiesner, " Race 2050 - A Vision for the Europe an Automotive Industry," McKinsey & Company, McKinsey Center for Future Mobility, 2019.
15. N. Koggersbøl, N. Lisberg, D. Belobokov, G. Nenning, " The Automotive Aftermarket in 2025. Trends and Implications" Stern Stewart & Co. and QVARTZ, 2018.
16. [16 R7] M. Berret, F. Mogge, M. Bodewig, E. Fellhauer, C. Söndermann, M. Schmidt, " Global Automotive Supplier Study 2018 - Transformation in Light of Automotive Disruption" Lazard, Roland Berger, 2018.
17. SEMA Market Research, " SEMA Future Trends," Specialty Automotive Equipment Association Market Research, United States, 2018. Accessed on: May., 8, 2019. [Online]. Available: https://www.sema.org/marketresearch/pdf/36908_SEMA_Future_Trends_Fall2018.pdf?utm_source=ET&utm_medium=email&utm_content=125472&utm_campaign=SEMA+Market+Research+Report+Download+Confirmation
18. ICCT, " European Vehicle Market Statistics, 2018/2019," International Council on Clean Transportation Europe, Berlin, Germany, 2018. Accessed on: May., 8, 2019. [Online]. Available: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Pocketbook_2018_Final_20181205.pdf

19. Reynolds & Reynolds," 2018 Auto Accessories Trend Report, New Trends, New Profits," The Reynolds and Reynolds Company, United States, 2018.
20. G. Knapp, M. Kennedy, K. Cheng," SEMA Market Report," Specialty Automotive Equipment Association Market Research, United States, 2018.
21. R. Parkin, R. Wilk, E. Hirsh, A. Singh," 2017 Automotive Trends & The Future Depends on Improving Returns on Capital " Strategy& - The Global Strategy Consulting Team at PwC, United States, 2017.
22. ACEA," ACEA Automotive Industry Pocket Guide 2018-2019" European Automobile Manufacturers Association, Brussels, Belgium, 2018.
23. M. Book, E. Ellul, C. Ernst, B. Frowein, E. Kreid, R. Rilo, G. Sticher, H. Zablit," The European Automotive Aftermarket Landscape- Customer Perspective, Market Dynamics and the Outlook to 2020" The Boston Consulting Group, Inc, 2012.
24. K. Konrad, S. Stagl, E. Krune, J. Michelmann, B. Müller, M. Müller, L. Wangler, G. Zinke," Competitiveness of the European Automotive Manufacturing Industry," Institute for Innovation and Technology, Berlin, Germany, 2018.
25. S. Kempf, B. Heid," Ready for Inspection The Automotive Aftermarket in 2030" McKinsey & Company, McKinsey Center for Future Mobility, 2018.
26. The Top Gear car review: Mercedes-Benz X-Class [online], Top Gear, BBC Studios, <https://www.topgear.com/car-reviews/mercedes-benz/x-class>, 10.05.19.
27. Mercedes-Benz X-Class review [online], Autocar, Haymarket Media Group, <https://www.autocar.co.uk/car-review/mercedes-benz/x-class>, 09.05.19.
28. Mercedes-Benz X-klass [online], AS Silberauto, <https://www.mercedes-benz.ee/vans/et/x-class/x-class-commercial>, 10.05.19.

LISAD

L 1 Laagri spetsifikatsioon



| | |
|----------|----------|
| Ø d1 | 40.00 mm |
| H - BOLT | 45 mm |
| H1 | 90.0 mm |
| A | 108.0 mm |
| M | 54.0 mm |
| E1 | 86.0 mm |
| E2 | 58.0 mm |
| Ø S | 18.0 mm |
| S1 | M12 |
| Ø S2 | 10.50 mm |
| N1 | 44.0 mm |
| N2 | 26.0 mm |
| L | 91.00 mm |

[7]

L 2 Lineaarajami spetsifikatsioon

CAHB-10

Linear actuator

Benefits

- Compact design
- Designed for harsh environment
- Robust and reliable
- Integrated limit switches
- Quiet operation
- Thermal protection
- Optional potentiometer and 2-Hall encoder available
- Electromagnetic compatibility (EMC) compliant

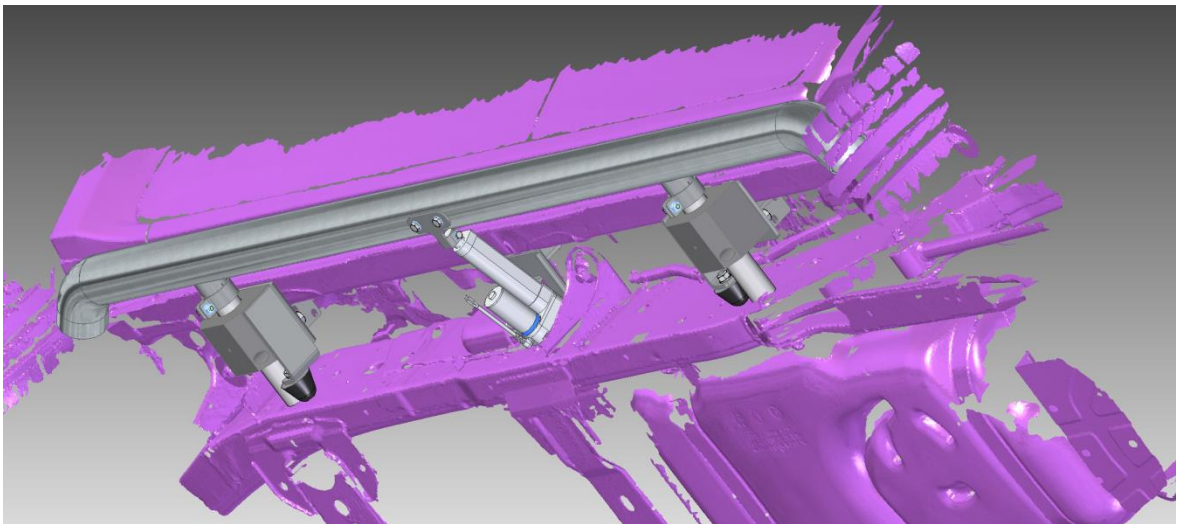
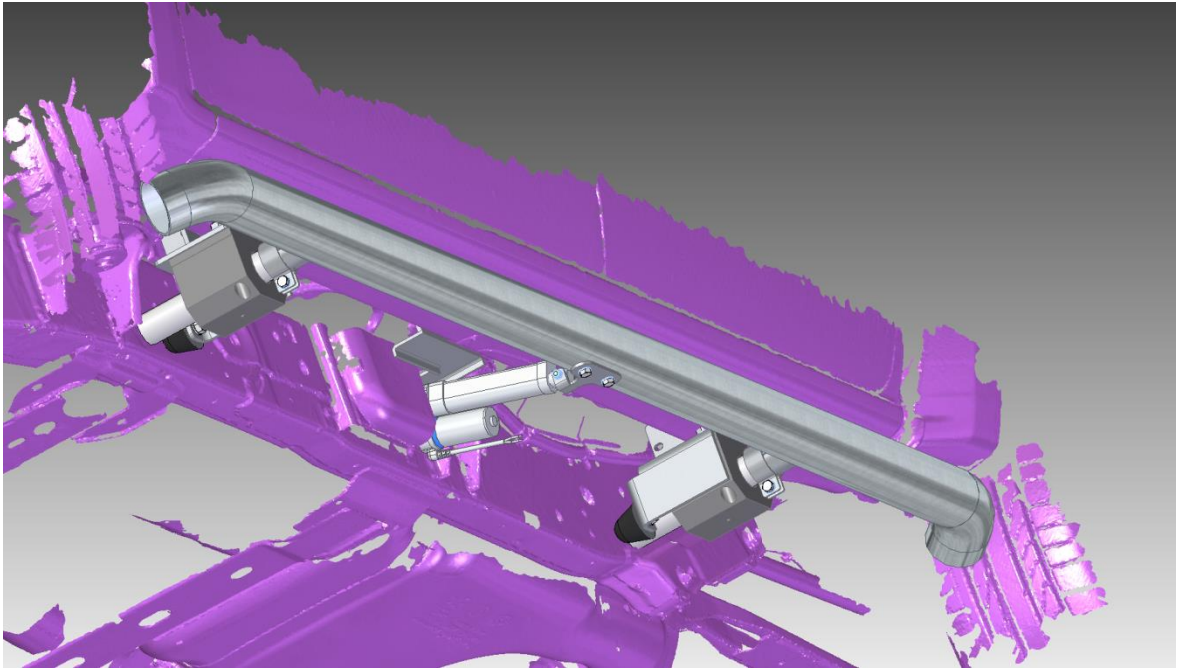


Technical data

| Designation | Unit | CAHB-10... 1 | CAHB-10... 2 | CAHB-10... 3 | CAHB-10... 4 | CAHB-10... 5 |
|------------------------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Push load | N | 120 | 240 | 500 | 750 | 1000 |
| Pull load | N | 120 | 240 | 500 | 750 | 1000 |
| Speed (full load to no load) | mm/s | 45 to 56 | 24 to 30 | 13 to 16 | 8 to 10 | 6 to 8 |
| Stroke | mm | 50 to 300 | 50 to 300 | 50 to 300 | 50 to 300 | 50 to 300 |
| Retracted length | mm | -1) | -1) | -1) | -1) | -1) |
| Voltage | V DC | 12 or 24 | 12 or 24 | 12 or 24 | 12 or 24 | 12 or 24 |
| Power consumption | W | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Current consumption 12V DC | A | 4 | 3,5 | 3,2 | 3 | 2,8 |
| 24V DC | A | 2,2 | 2 | 1,8 | 1,8 | 1,6 |
| Duty cycle | % | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Ambient temperature | °C | -40 to +85 | -40 to +85 | -40 to +85 | -40 to +85 | -40 to +85 |
| Type of protection | IP | 66s/69k | 66s/69k | 66s/69k | 66s/69k | 66s/69k |
| Weight (at 300 mm stroke) | kg | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Color | - | Silver | Silver | Silver | Silver | Silver |
| Limit switches | - | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Thermal protection | - | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |

¹⁾ For basic configuration see dimensional drawing [page 91](#)
For potentiometer configuration see dimensional drawing [page 92](#)

L 3 Astmetoru põhjavaade





TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

AJAMIGA ASTMELAUUA-KÜLJETORU PROJEKTEERIMINE MAASTURILE

MOTORIZED STEPBOARD-SIDETUBE DEVELOPMENT FOR SUV

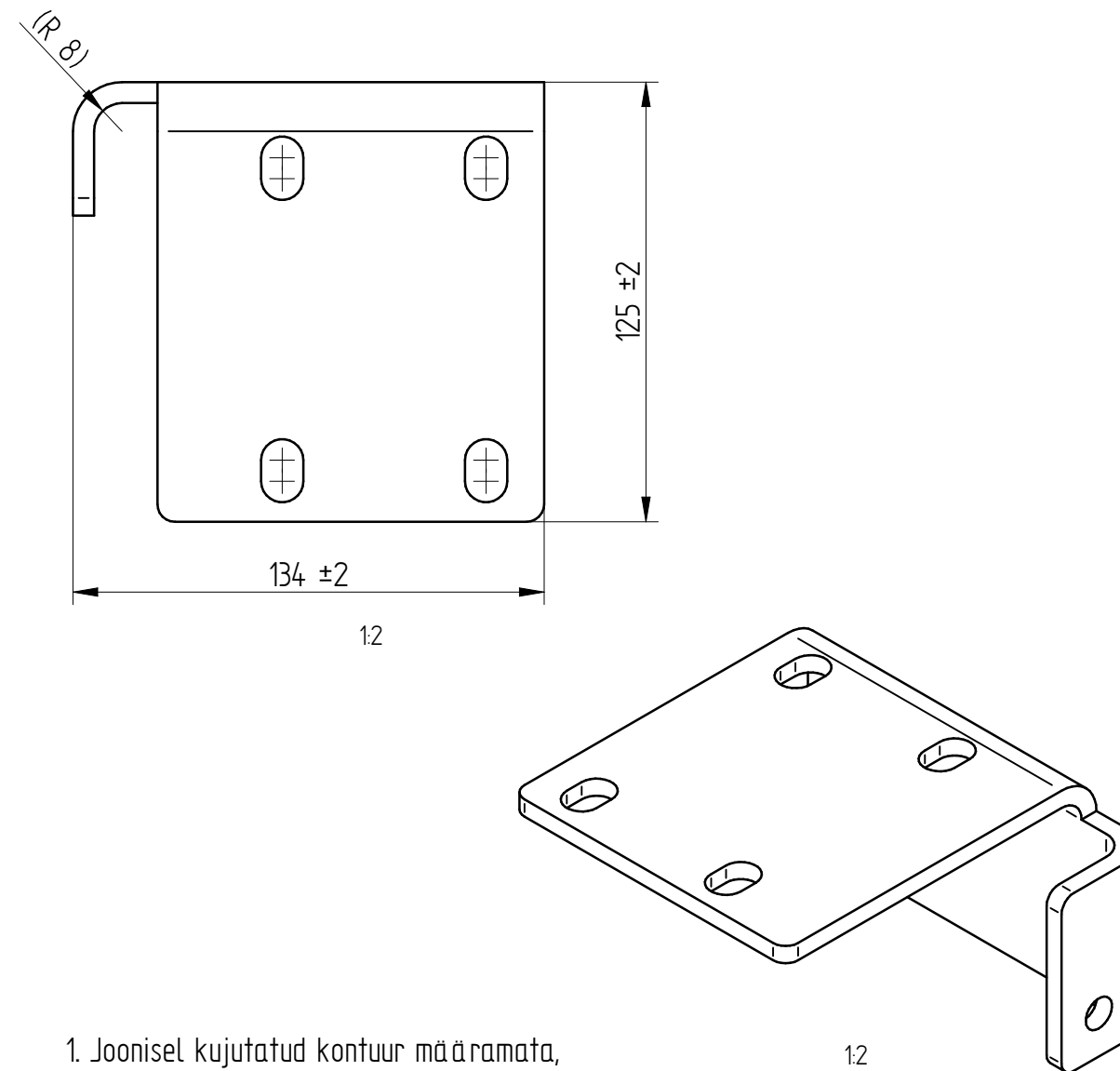
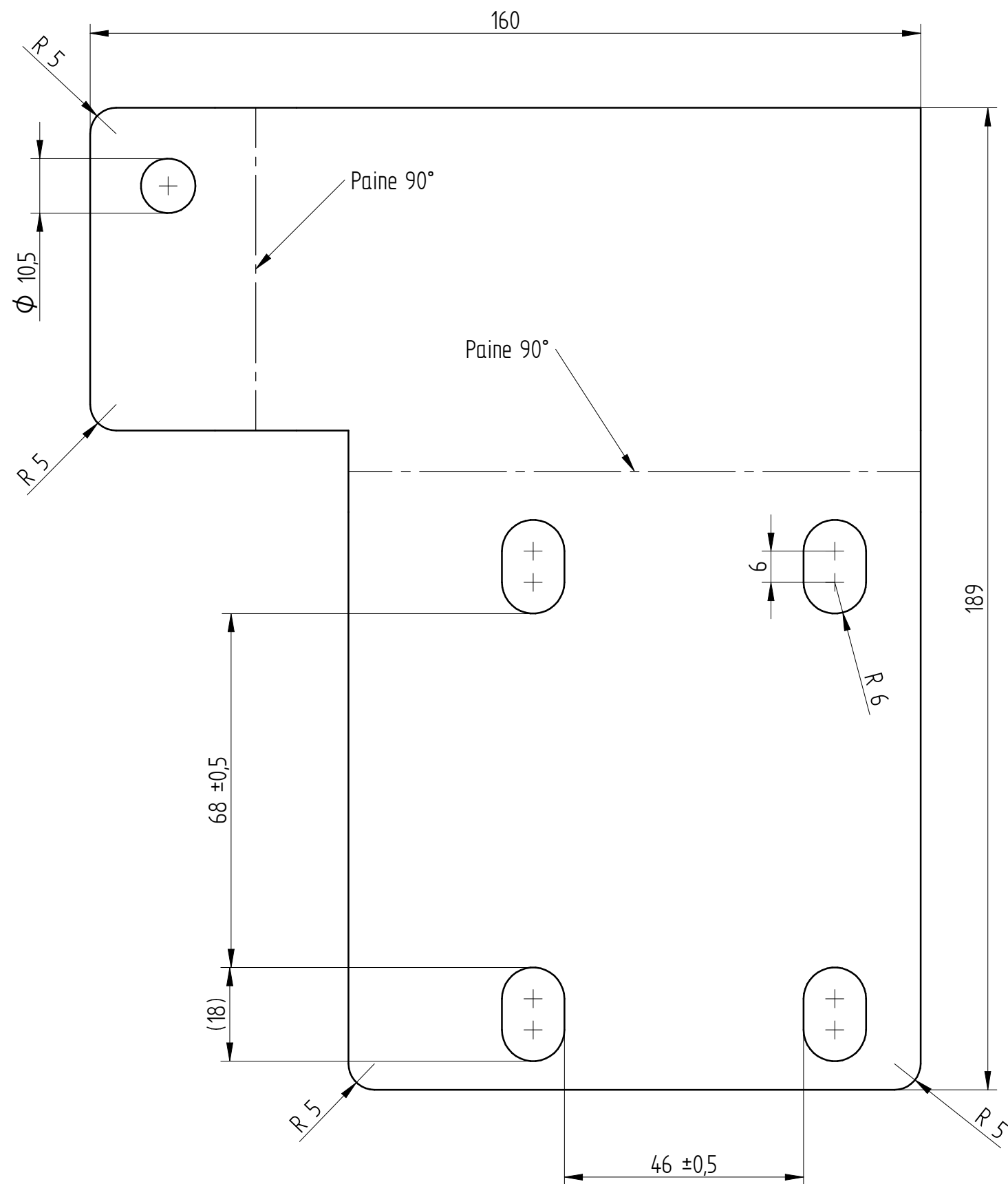
MAGISTRITÖÖ GRAAFILINE OSA

Üliõpilane: Sten Martin Raudik

Üliõpilaskood: 176994MATM

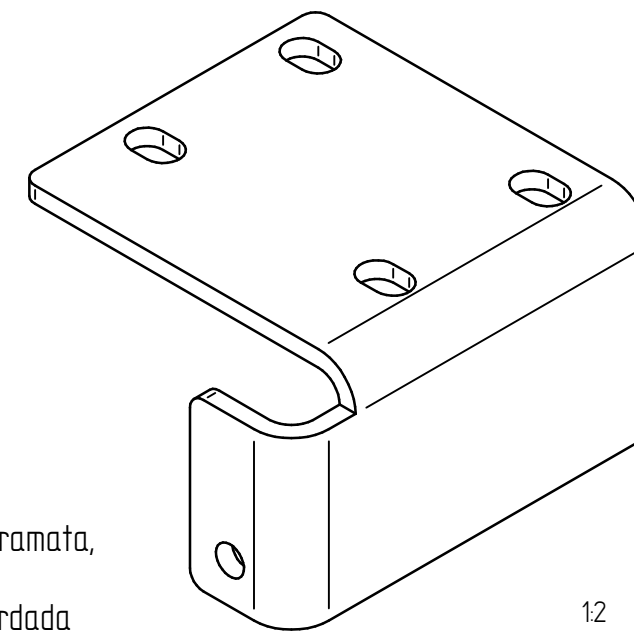
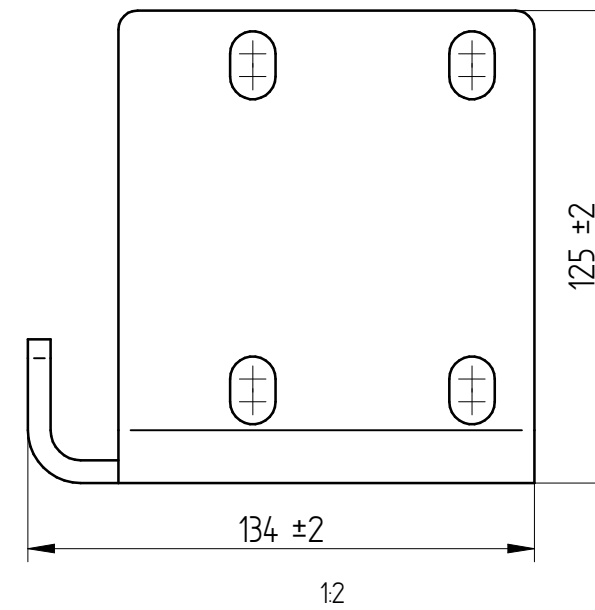
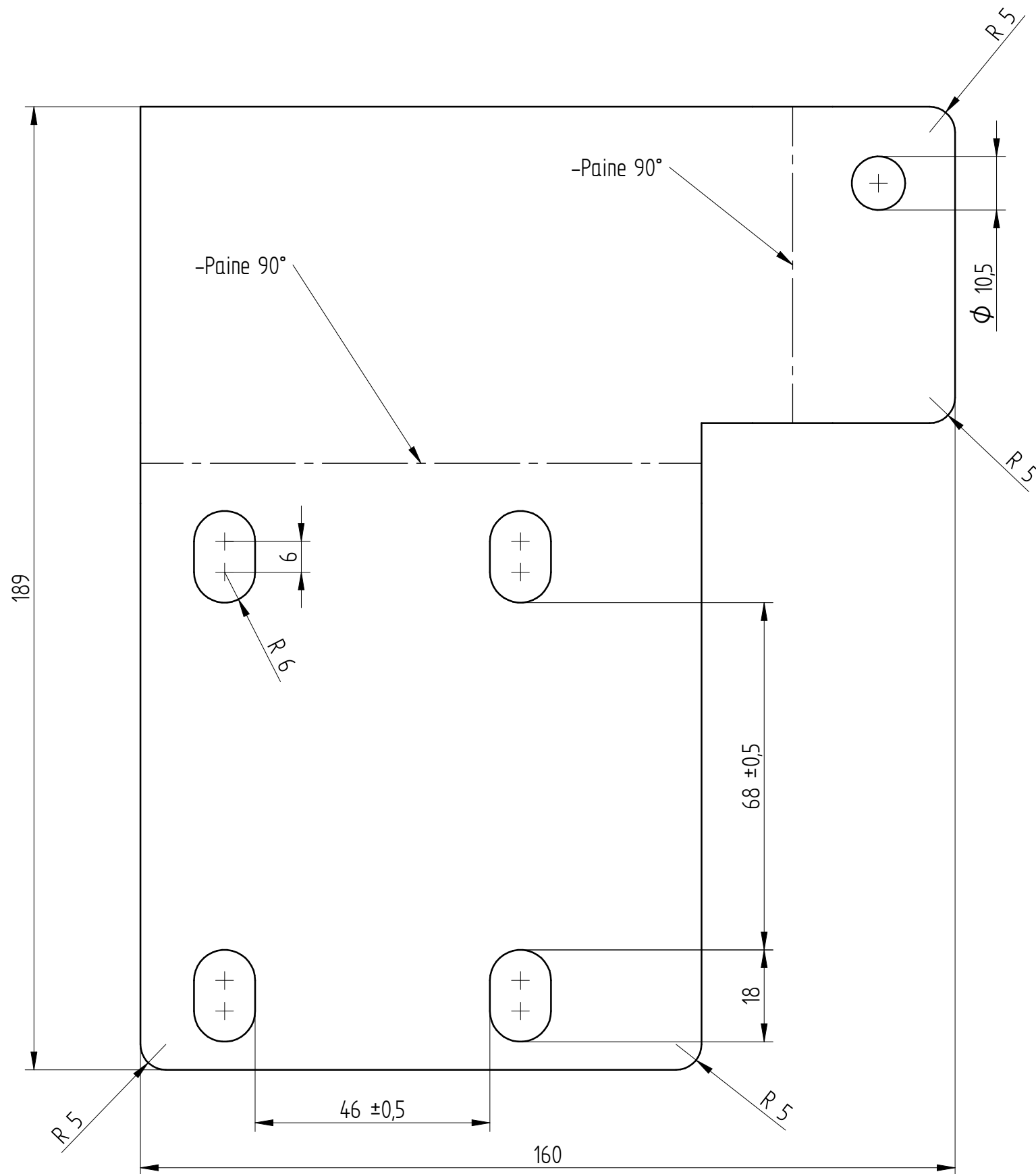
Juhendaja: Martin Eerme, Professor

Tallinn 2019



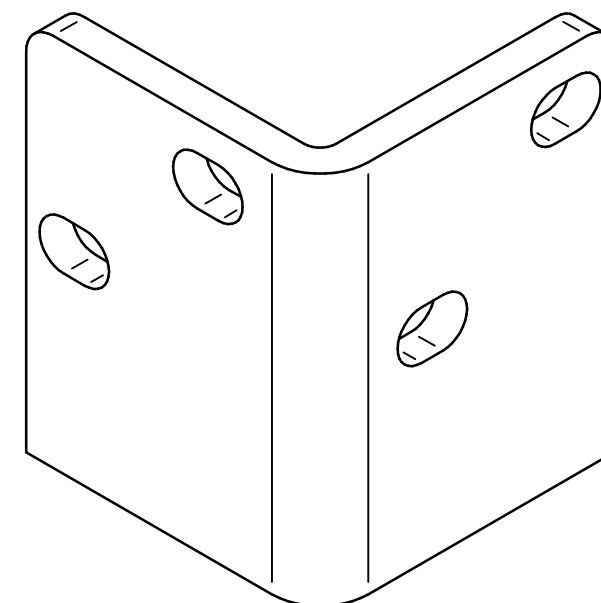
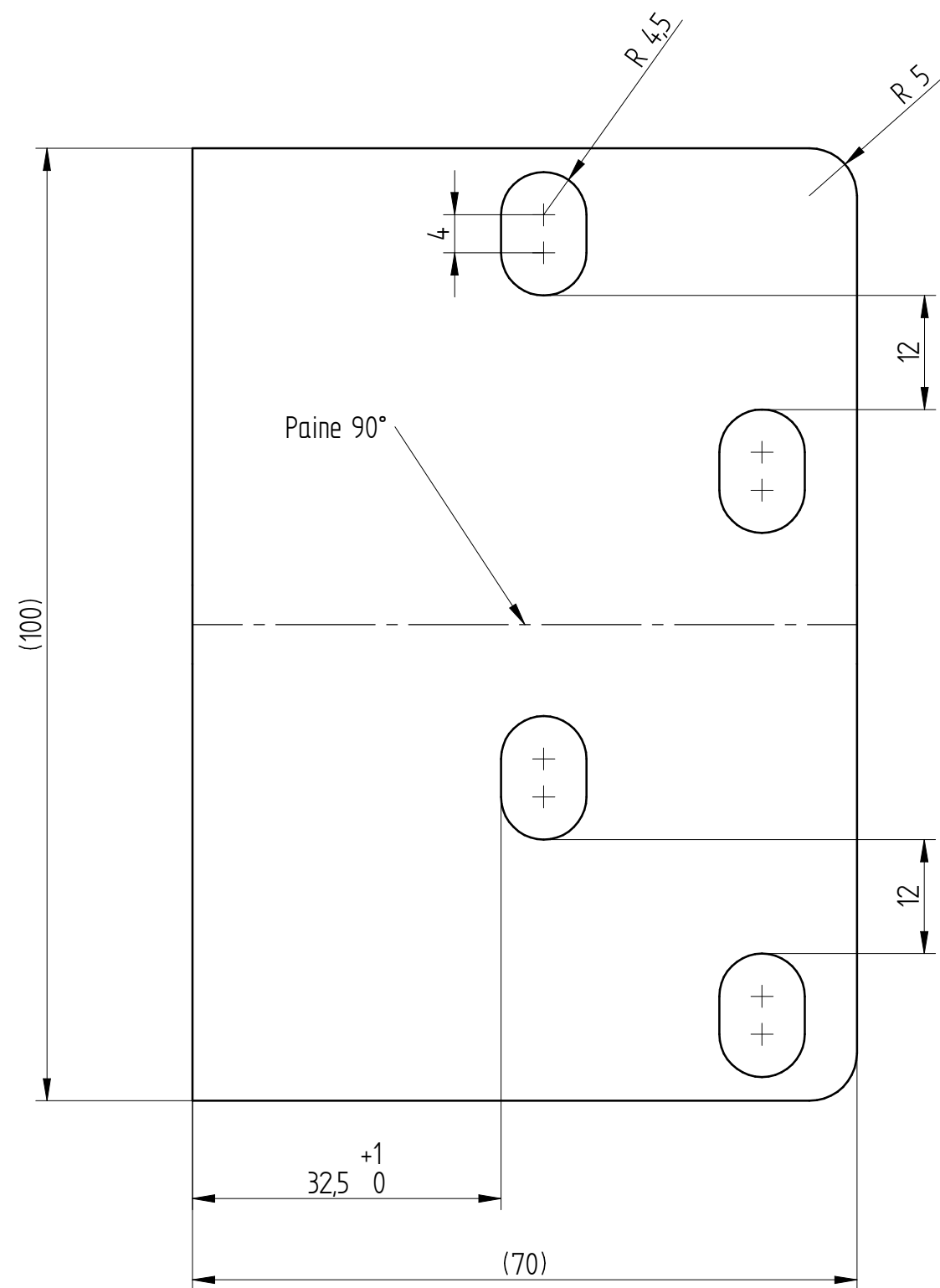
1. Joonisel kujutatud kontuur määratakse, lõigata digitaaljoonise järgi
2. Krassid eemaldada, servad ümardada
3. Pindala $S=52081 \text{ mm}^2$

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------------------|-----|---------------------------------------|---------|---------------|---------------------------------|------------------------|--|----|
| Material Material | | AISI 304; Leht s=6 mm | | Mass Weight | 1,12 kg | Mõõt Scale | 1:1 | Mõõtmised Dimension | | mm |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | | | Üldine tolerants General Tolerance | | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 23.04.2019 | | Plaat esimene | | | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | | | |
| METEC | | | Rev | 00.03.01 | | Leht 1 | | A3 | | |
| | | | - | | | | | | | |



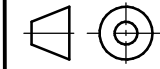

1. Joonisel kujutatud kontuur määrata, lõigata digitaaljoonise järgi
2. Krassid eemaldada, servad ümardada
3. Pindala $S=52081 \text{ mm}^2$

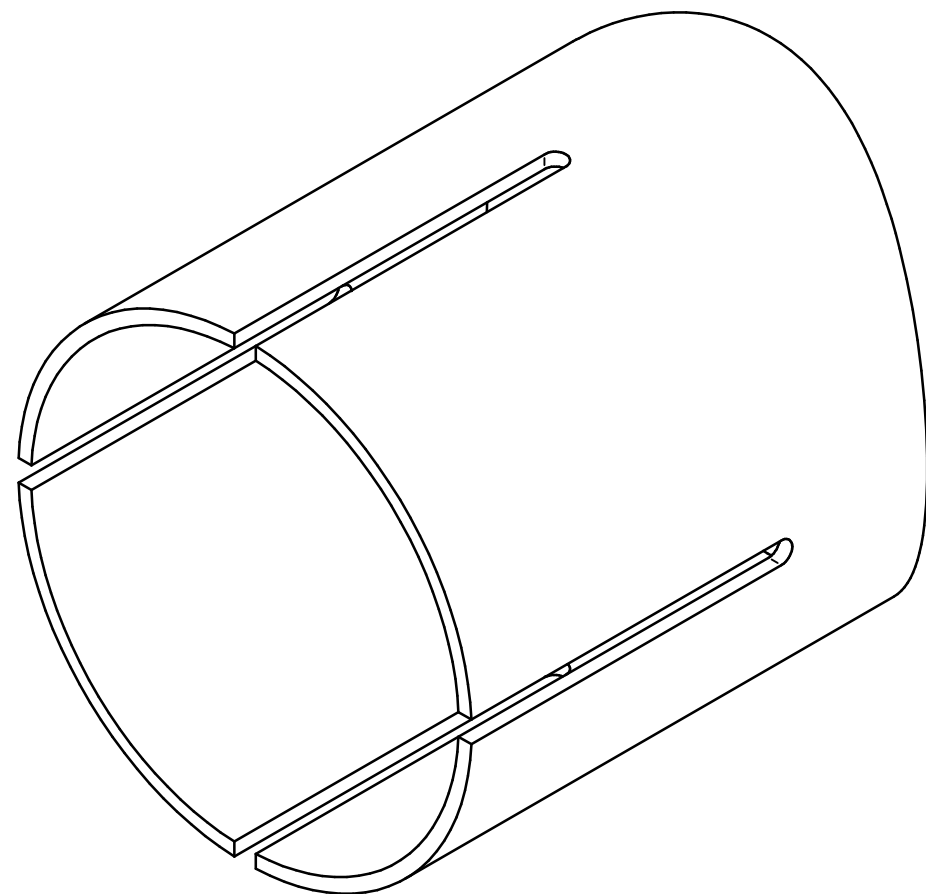
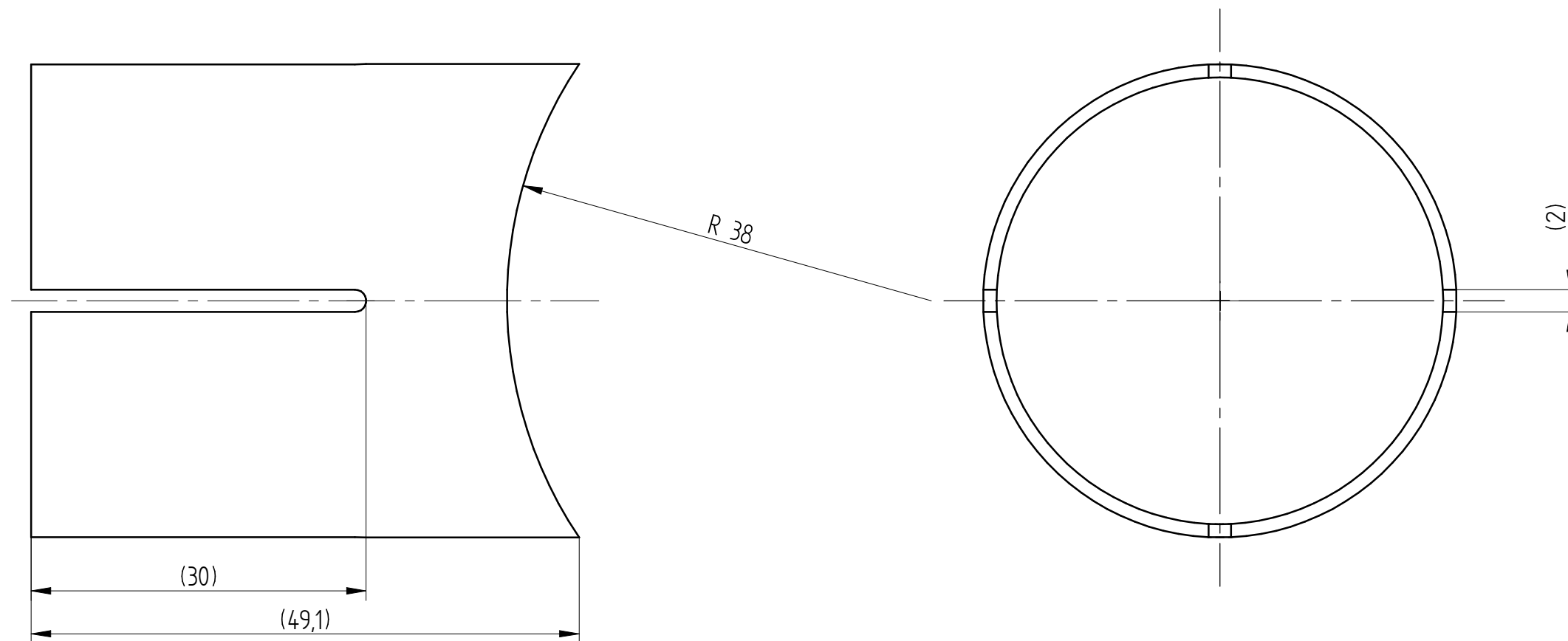
| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------------------|-----|---|---------|---------------|-----|---------------------------------|--|----|
| Materjal Material | | AISI 304; Leht s=6 mm | | Mass Weight | 1,12 kg | Mõõt Scale | 1:1 | Mõõtmised Dimension | | mm |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | | | Üldine tolerants General Tolerance | | | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 23.04.2019 | | <h2 style="text-align: center;">Plaat tagumine</h2> | | | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | | | |
| | | | Rev | 00.04.01 | | Leht 2 | | A3 | | |
| | | | - | | | | | | | |



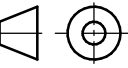

1:1

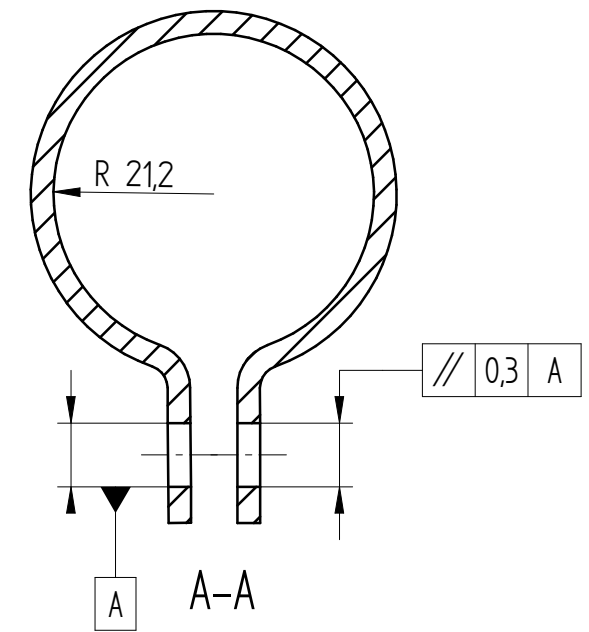
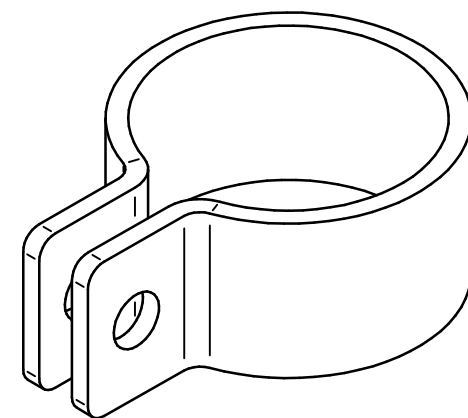
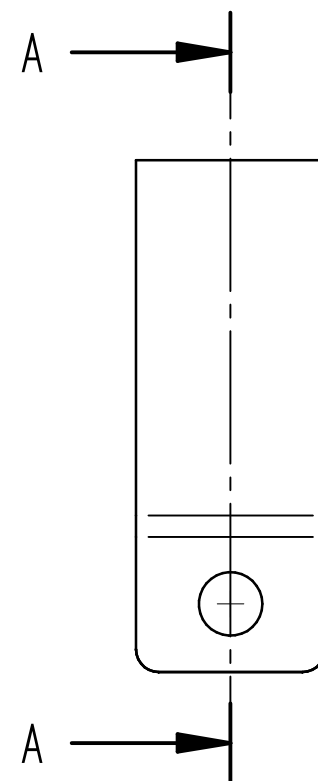
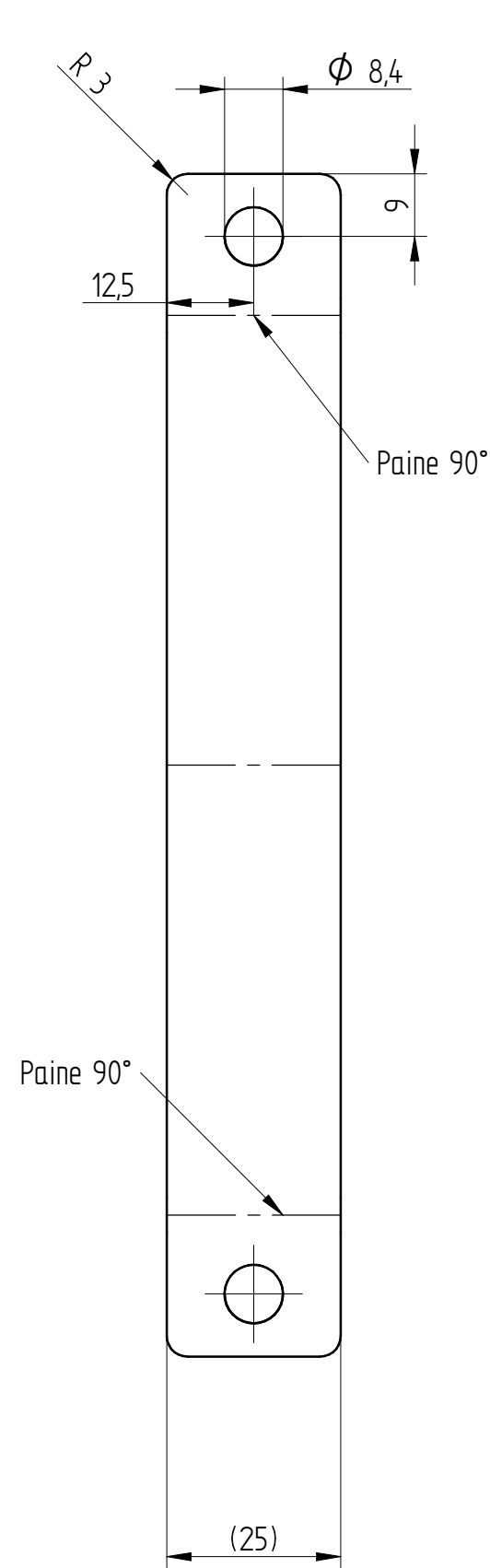
1. Joonisel kujutatud kontuur määramata, lõigata digitaaljoonise järgi
2. Krassid eemaldada, servad ümardada
3. Pindala $S=16283 \text{ mm}^2$

| | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------|-----|---------------------------------------|---------|---------------|---------------------------------|---|
| Materjal Material | | AISI 304; leht s=6 mm | | Mass Weight | 0,32 kg | Mõõt Scale | 2:1 |  Mõõtmised Dimension mm |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | | | Üldine tolerants General Tolerance | | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | |
| Autor Creator | S.Raudik | 23.04.2019 | | <h1>Kronstein</h1> | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | |
|  | | | Rev | 00.03.02 | | Leht 3 | | A3 |
| | | | - | | | | | |



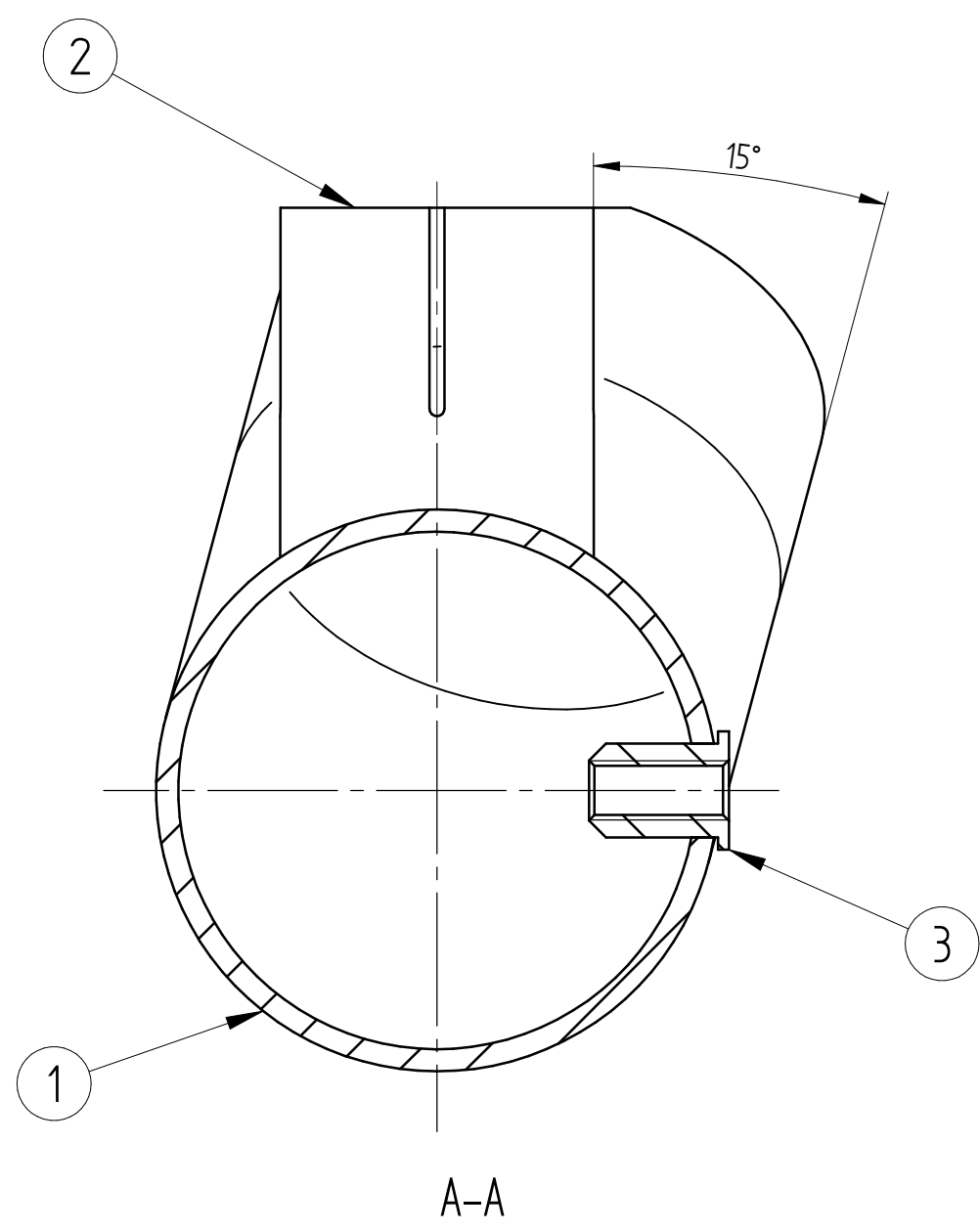
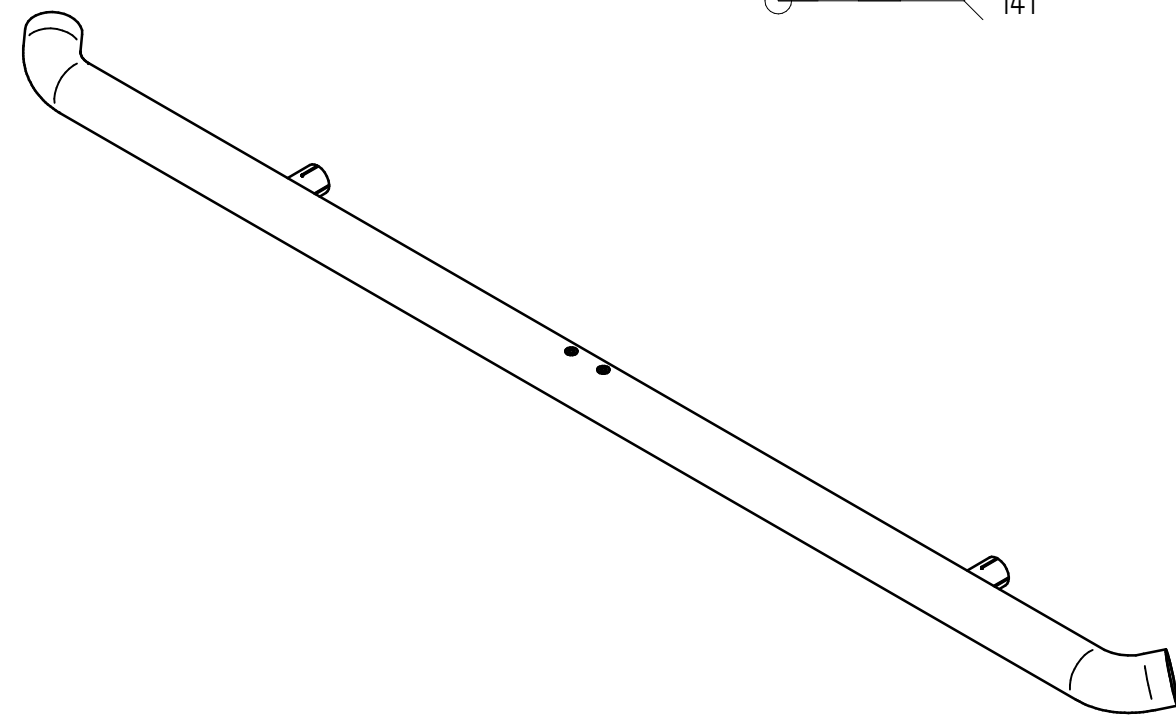
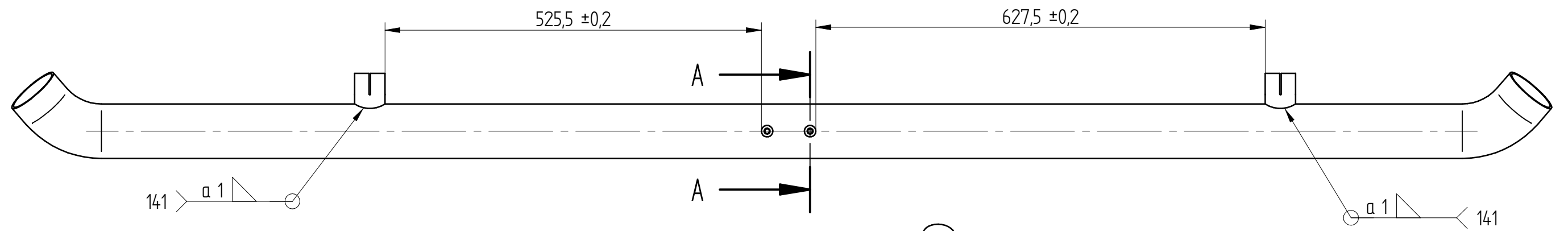
1. Joonisel kujutatud kontuur määrata, lõigata digitaaljoonise järgi
2. Krassid eemaldada, servad ümardada
3. Pindala $S=13054 \text{ mm}^2$

| | | | | | | | | |
|---|----------|---|-----|---------------------------------------|---------|---------------------------------|-----|---|
| Materjal Material | | AISI 304; toru $d=42,4 \times 1,2 \text{ mm}$ | | Mass Weight | 0,12 kg | Mõõt Scale | 2:1 |  Mõõtm Dimension mm |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | Poleer | | Üldine tolerants General Tolerance | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 24.04.2019 | | <h1>Muhv</h1> | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | |
|  | | | Rev | 01.01.02 | | Leht 4 | | A3 |
| | | | - | | | | | |



1. Joonisel kujutatud kontuur määramata, lõigata digitaaljoonise järgi
2. Krassid eemaldada, servad ümardada
3. Pindala $S=10203 \text{ mm}^2$

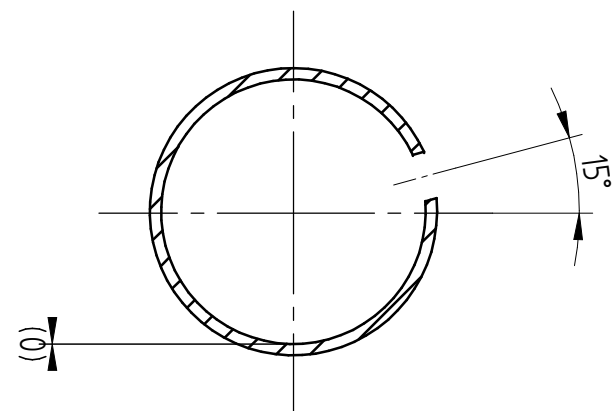
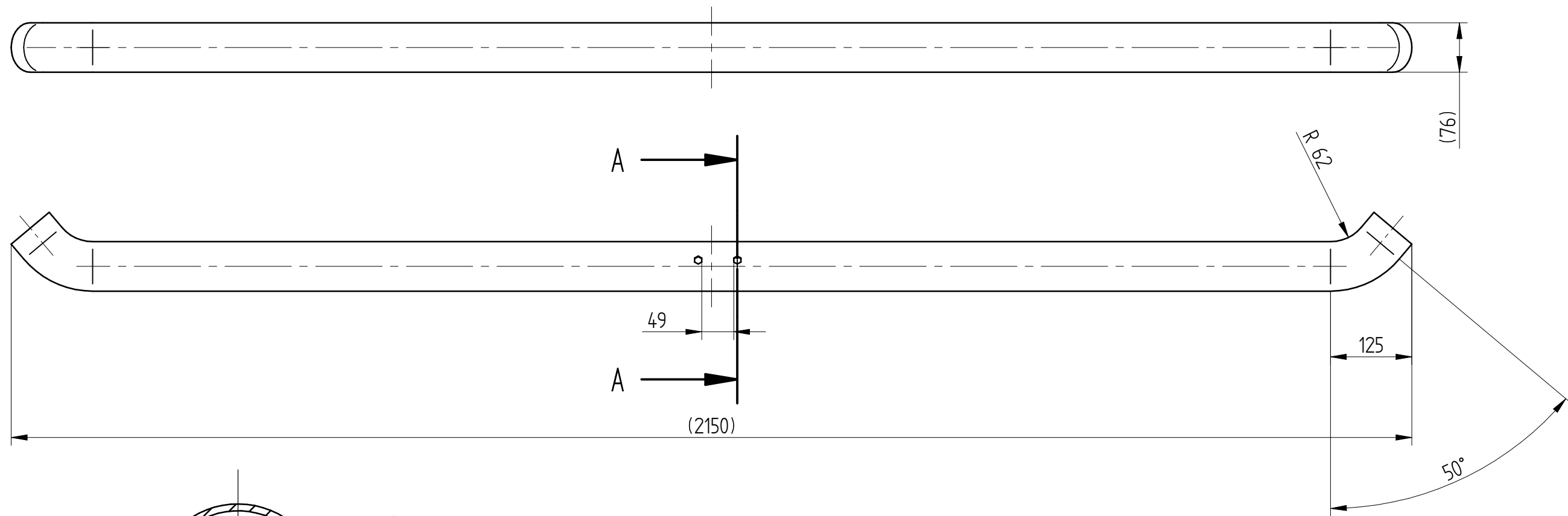
| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------------------|-----|---------------------------------------|---------|---------------------------------|-----|------------------------|----|
| Materjal Material | | AISI 304; leht s=3 mm | | Mass Weight | 0,11 kg | Mõõt Scale | 1:1 | Mõõtmised Dimension | mm |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | Poleer | | Üldine tolerants General Tolerance | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 24.04.2019 | | klamber | | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | | |
| | | | Rev | 01.02.01 | | Leht 5 | | A3 | |
| | | | - | | | | | | |



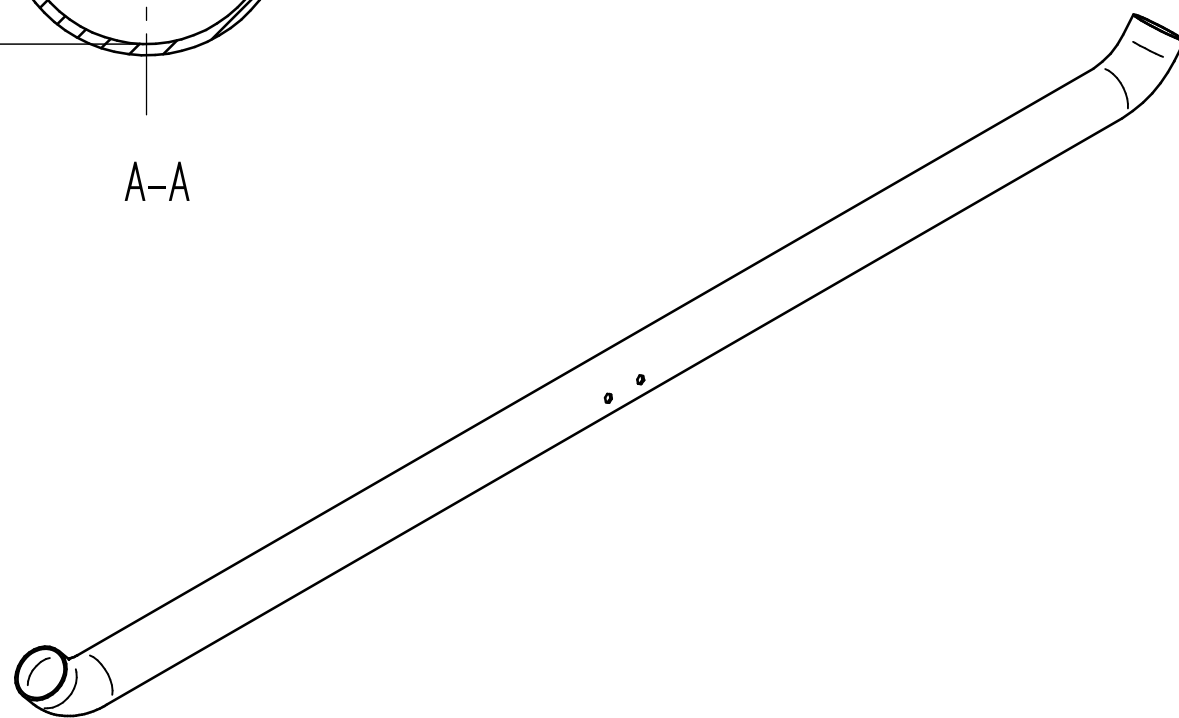
| | | | |
|-----|-------------|-------------|-----|
| 1 | Toru | 01.01.01 | 1 |
| 2 | Muhv | 01.01.02 | 2 |
| 3 | tõmbemutter | M8 kuuskant | 2 |
| Nr. | Nimetus | Tähtis | Arv |

1. Keevisõmblused passiveerida

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|------------|---|---------------------------------------|----------|---------------------------------|--------|------------------------|--|----|--|
| Materjal Material | | AISI 304 | | Mass Weight | 0,00 kg | Mõõt Scale | 1:10 | Mõõtmised Dimension | | mm | |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | poleer | | Üldine tolerants General Tolerance | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | Küljetoru keeviskoost | | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 25.04.2019 | | Muu Changed | | S.Raudik 15.05.2019 | | | | | |
| METEC | | Rev | - | | 01.01.00 | | Leht 6 | | | | |

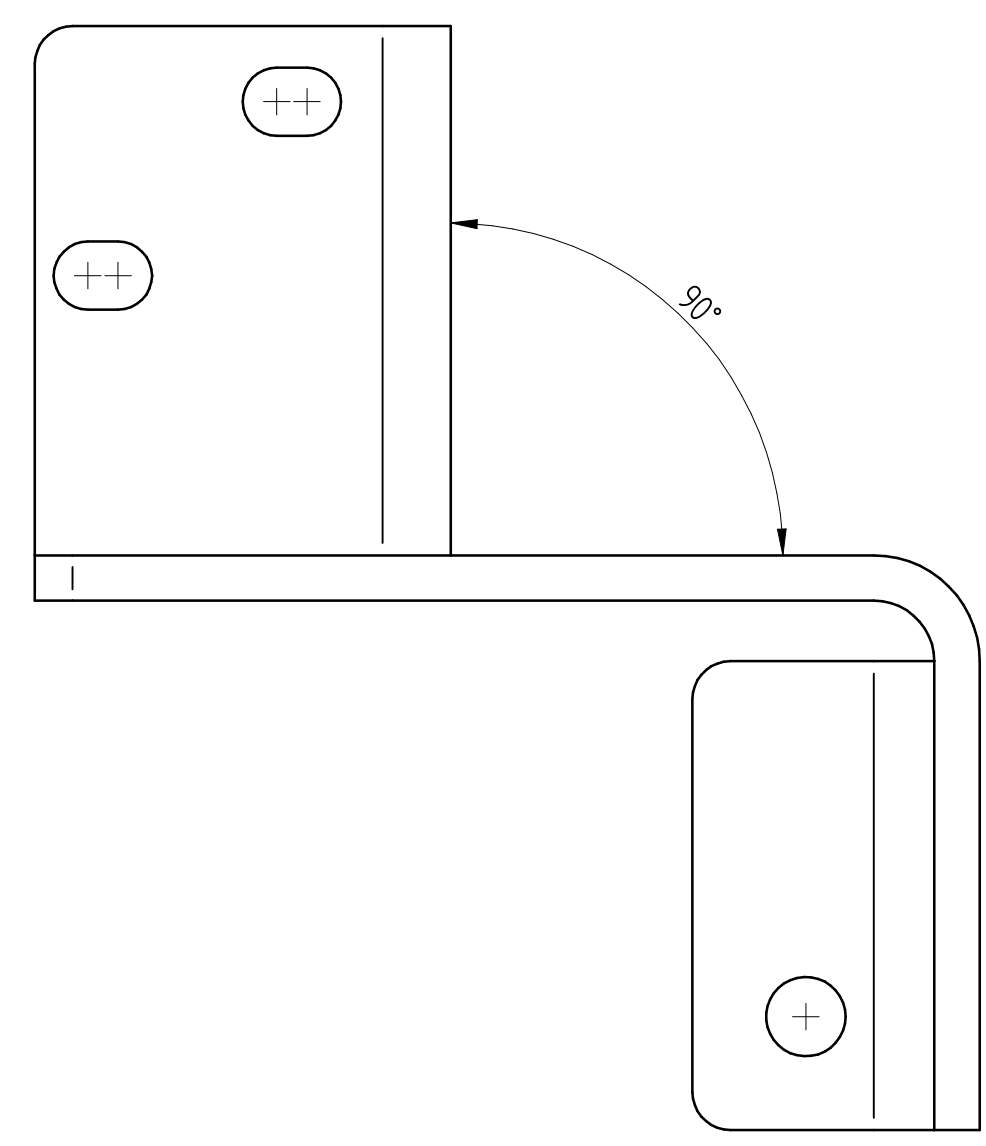
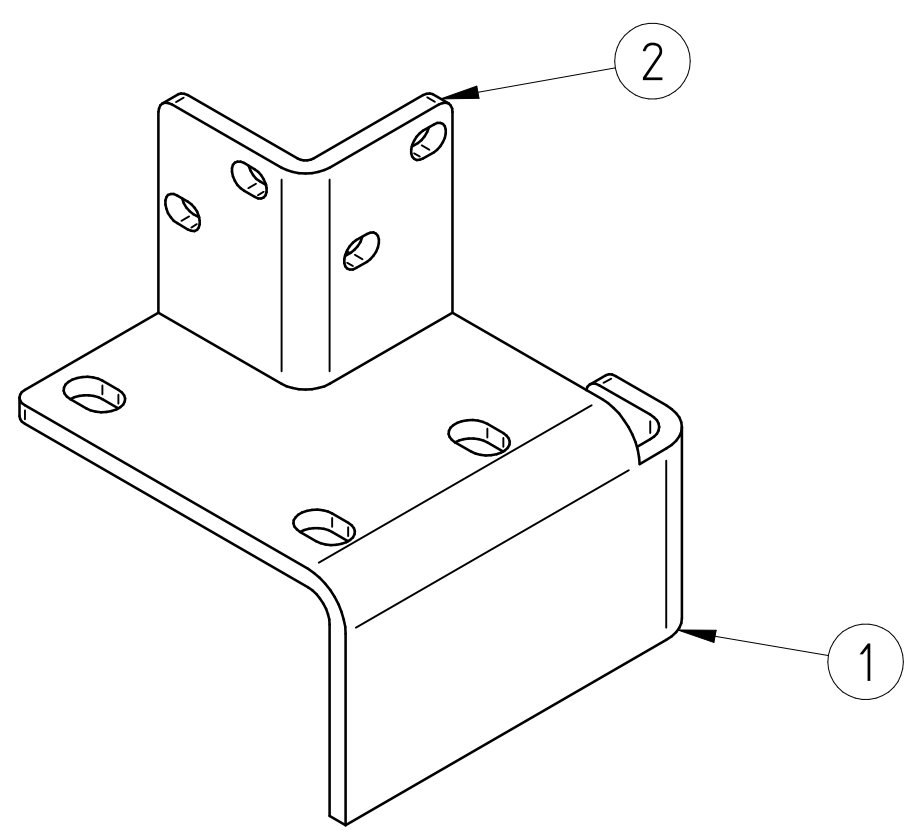
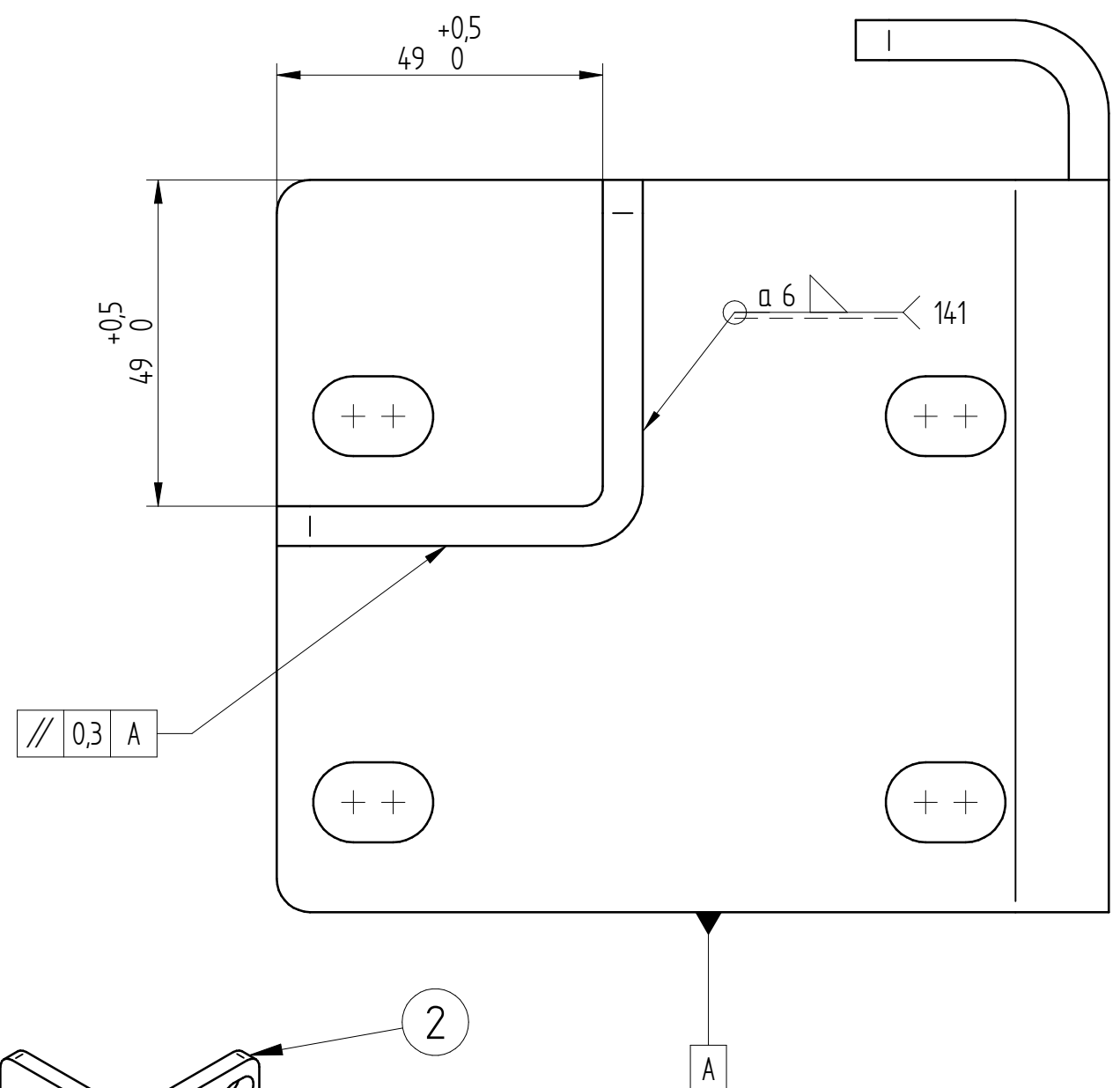


A-A



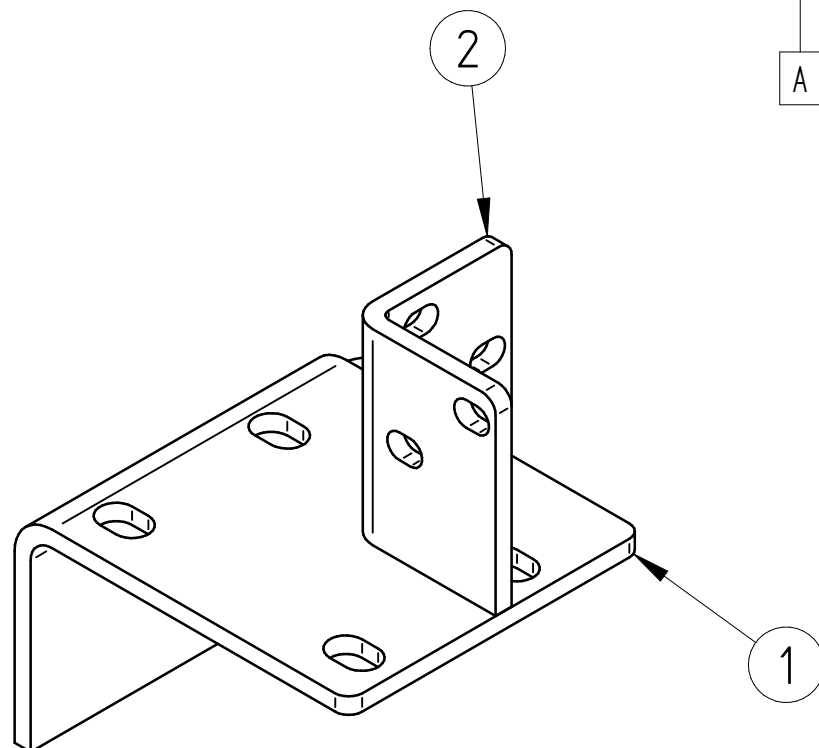
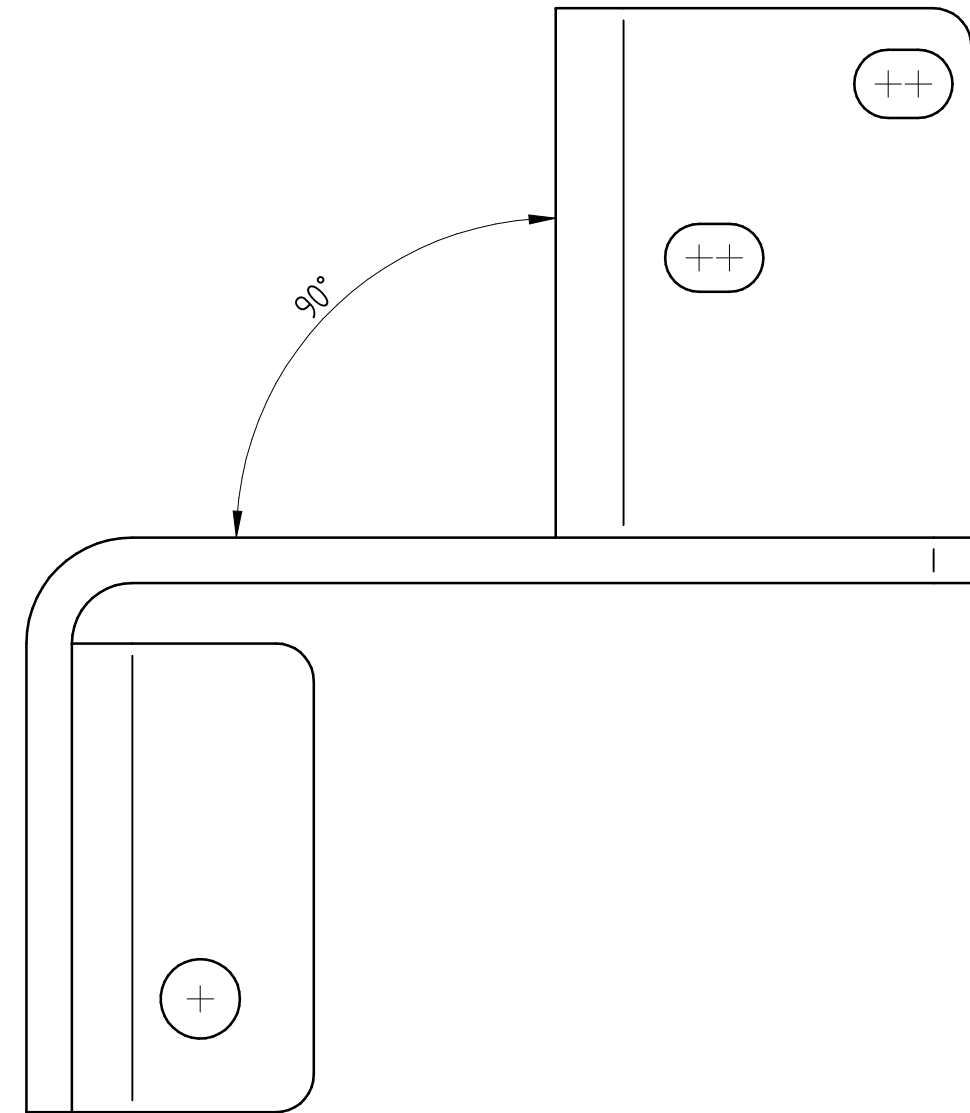
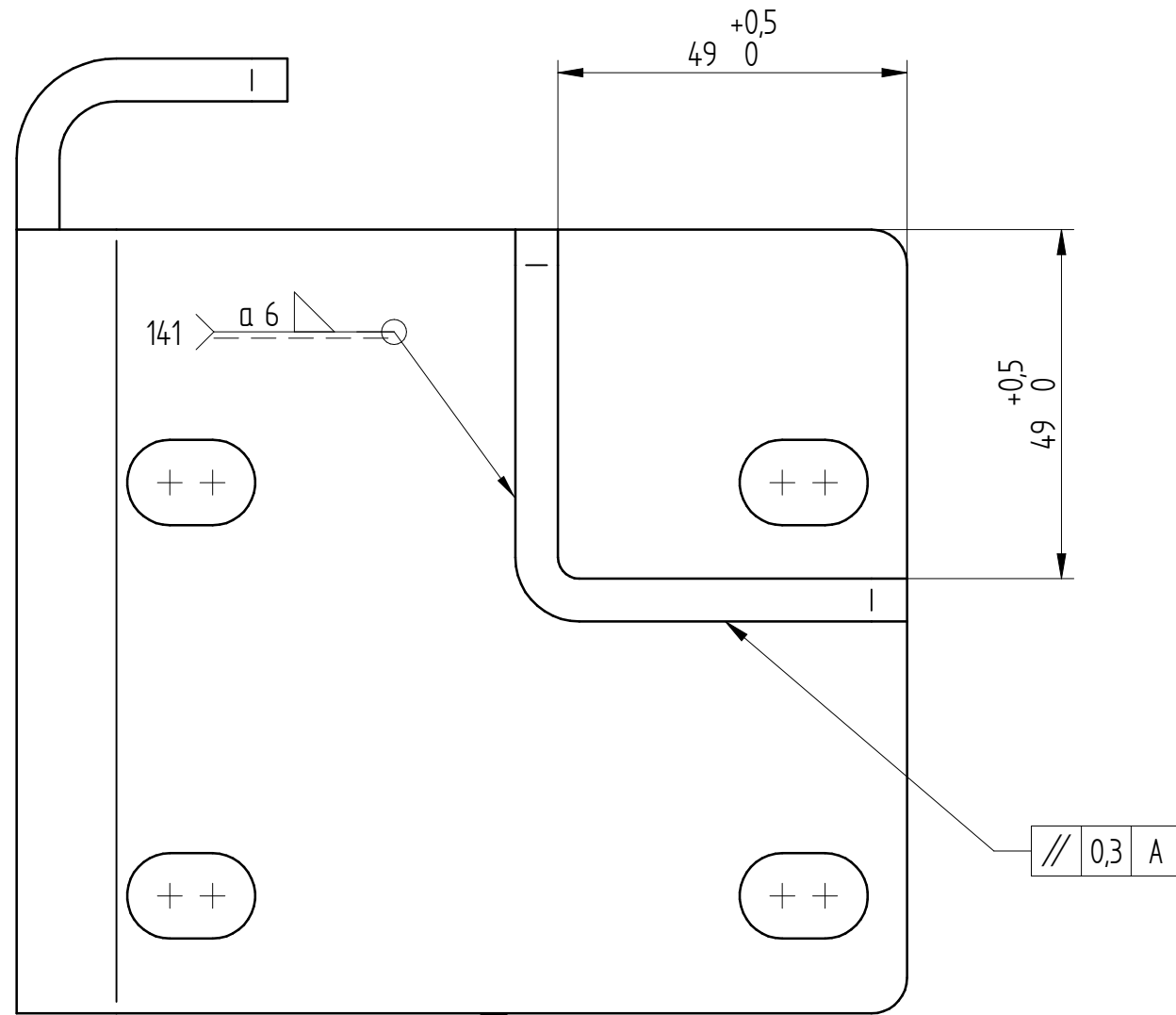
1. Joonisel kujutatud kontuur määrata, lõigata digitaaljoonise järgi
2. Krassid eemaldada, servad ümardada
3. Pindala $S=980237 \text{ mm}^2$

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|------------------------------|-----|---------------------------------------|----------|---------------------------------|-----|-------------------------------|
| Materjal Material | | AISI 304; toru d=76,1x1,6 mm | | Mass Weight | 11,78 kg | Mõõt Scale | 1:7 | Mõõdud Dimension mm |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | Poleer | | Üldine tolerants General Tolerance | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 24.04.2019 | | <h1>Toru</h1> | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | |
| | | | Rev | 01.01.01 | | Leht 7 | | A3 |
| | | | - | | | | | |



1. Keevisõmblused passiveerida

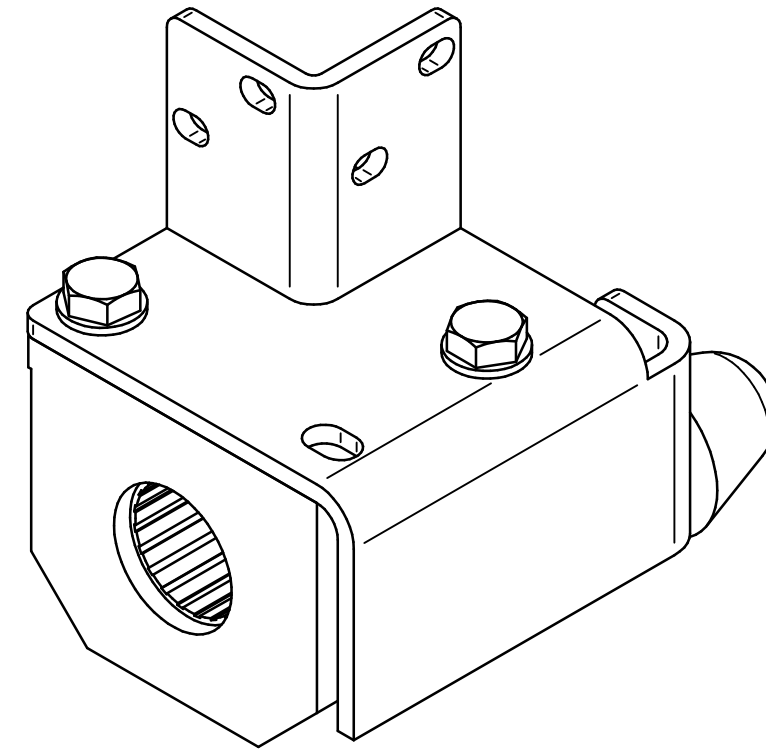
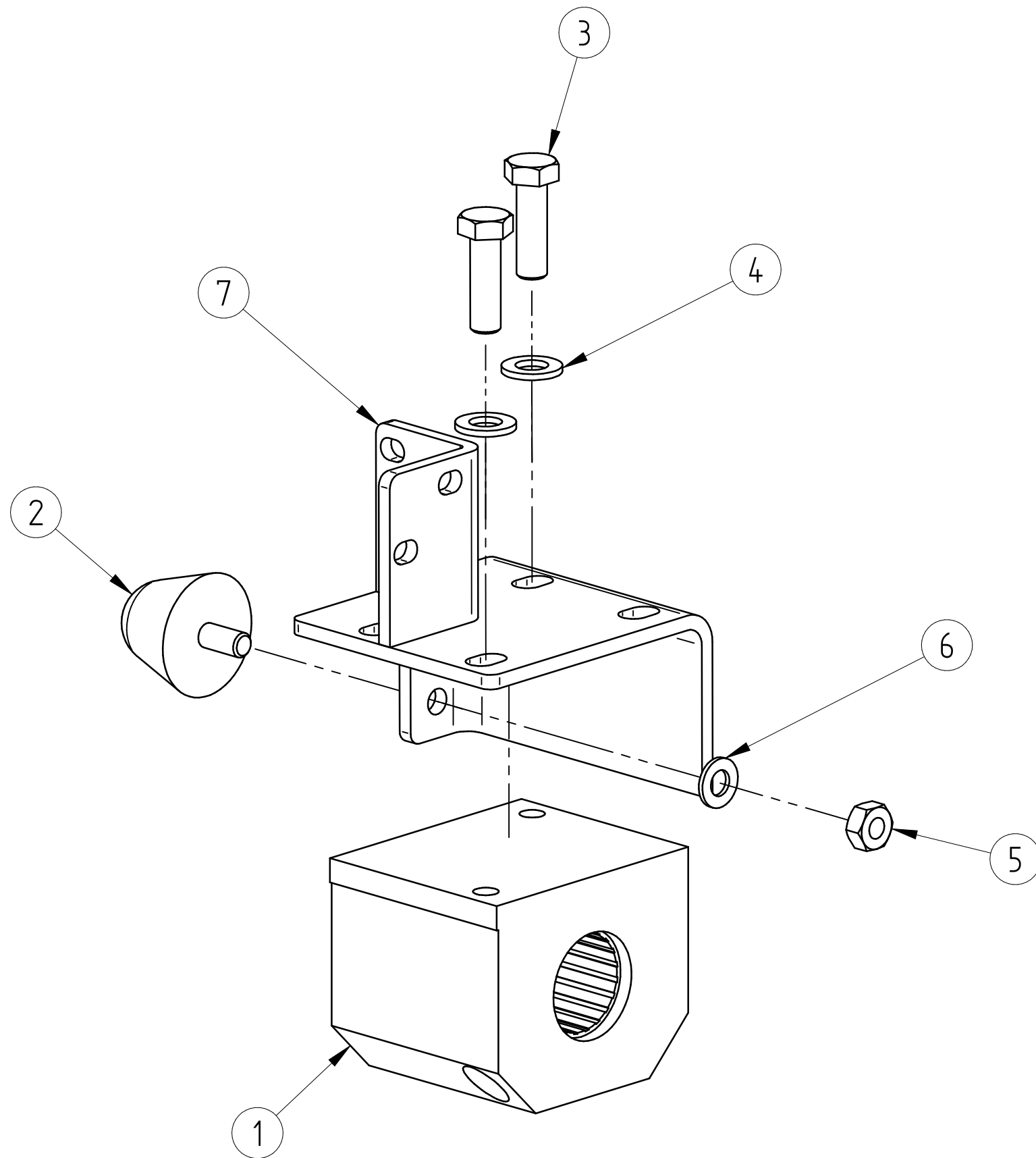
| | | | |
|---------------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------------------|
| 1 | Plaat | 00.03.01 | 1 |
| 2 | Kronstein | 00.03.02 | 1 |
| Nr. | Nimetus | Tähis | Arv |
| Materjal Material | | AISI 304 | Mass Weight |
| | | | 0,00 kg |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | Error: No reference | Mõõt Scale |
| | | | 1:2 |
| Üldine tolerants General Tolerance | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | |
| Autor Creator | S.Raudik | 25.04.2019 | Kronstein keeviskoost |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | |
| Rev | | | |
| METEC | | | |
| - | | | 00.03.00 |
| | | | Leht 8 |
| | | | A3 |



1. Keevisõmblused passiveerida

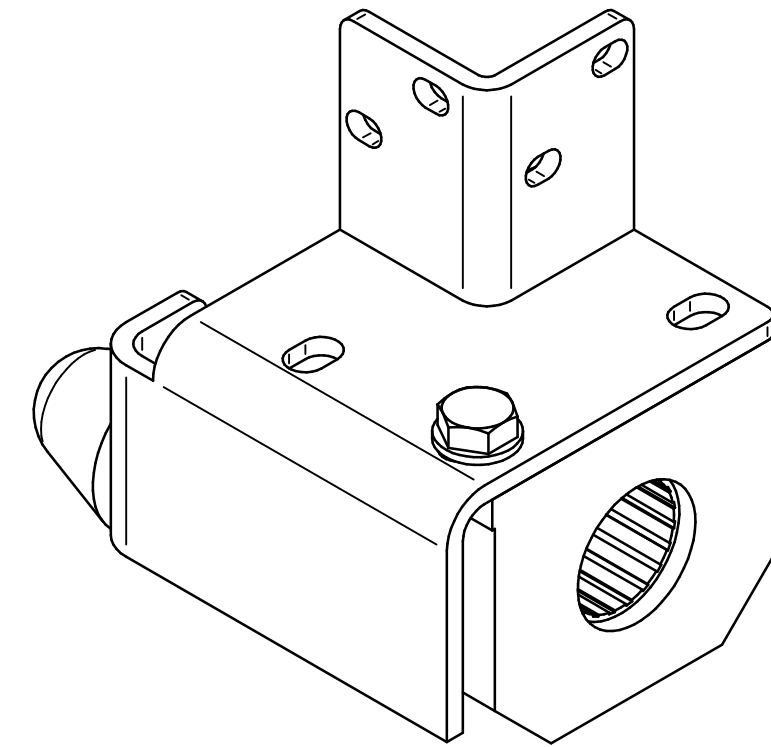
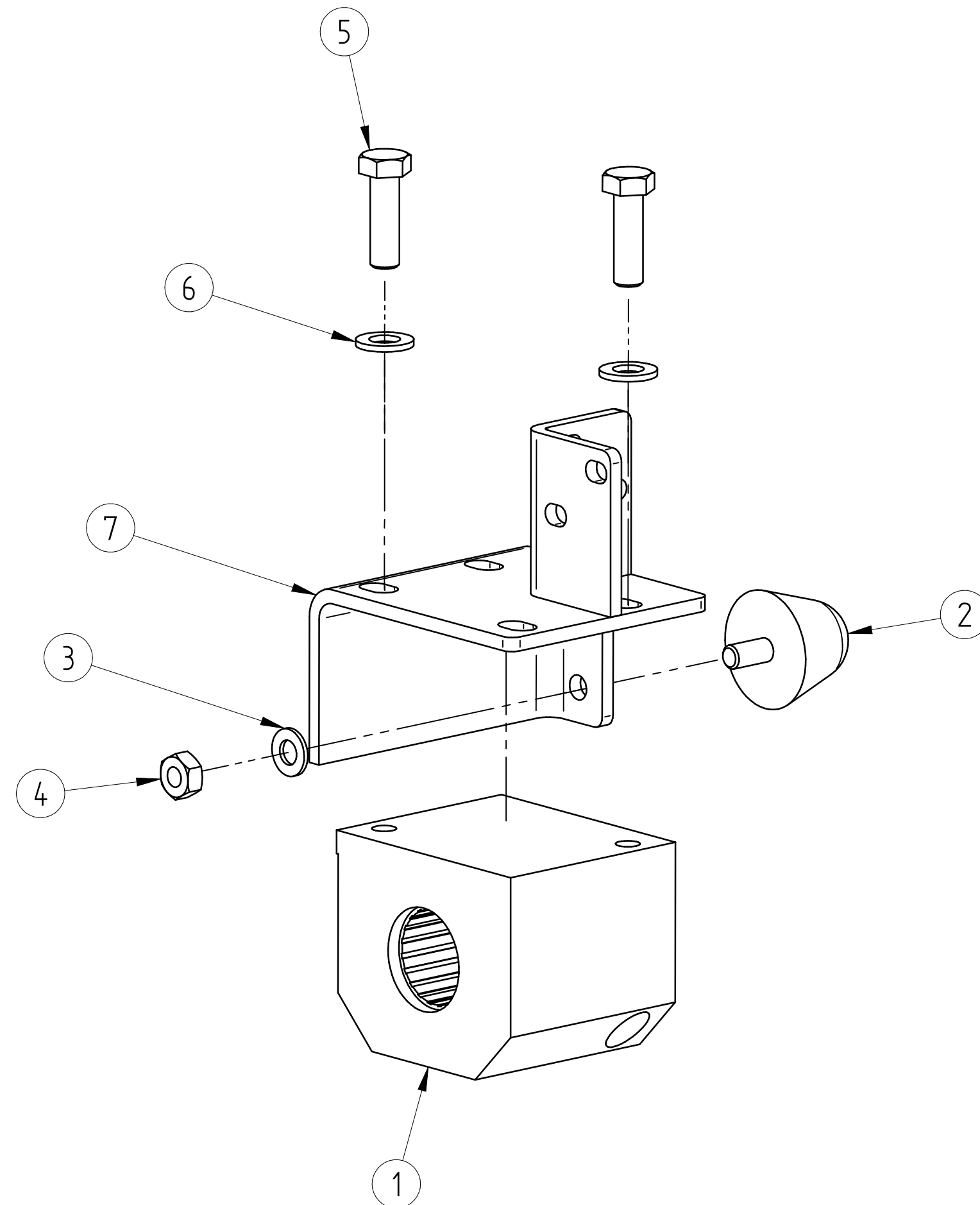
| | | | |
|-----|-----------|----------|-----|
| 1 | Plaat | 00.04.01 | 1 |
| 2 | Kronstein | 00.04.02 | 1 |
| Nr. | Nimetus | Tähis | Arv |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|------------|-----|---------------------------------------|---------|---------------|-----|---------------------------------|--|----|--|
| Materjal Material | | AISI 304 | | Mass Weight | 0,00 kg | Mõõt Scale | 1:2 | Mõõtmised Dimension | | mm | |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | | | Üldine tolerants General Tolerance | | | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 25.04.2019 | | <h1>Kronsteini keeviskoost</h1> | | | | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | | | | |
| | | | Rev | 00.04.00 | | | | Leht 9 | | A3 | |
| | | | - | | | | | | | | |



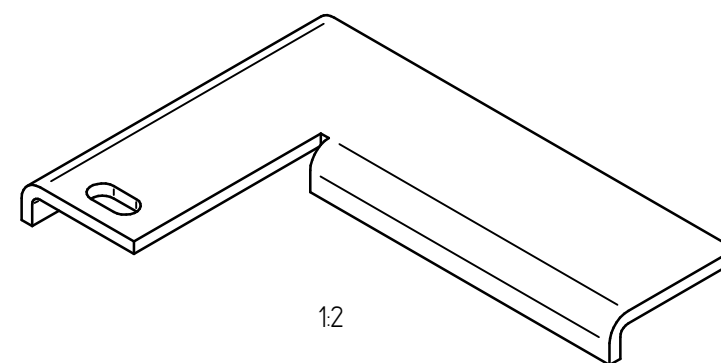
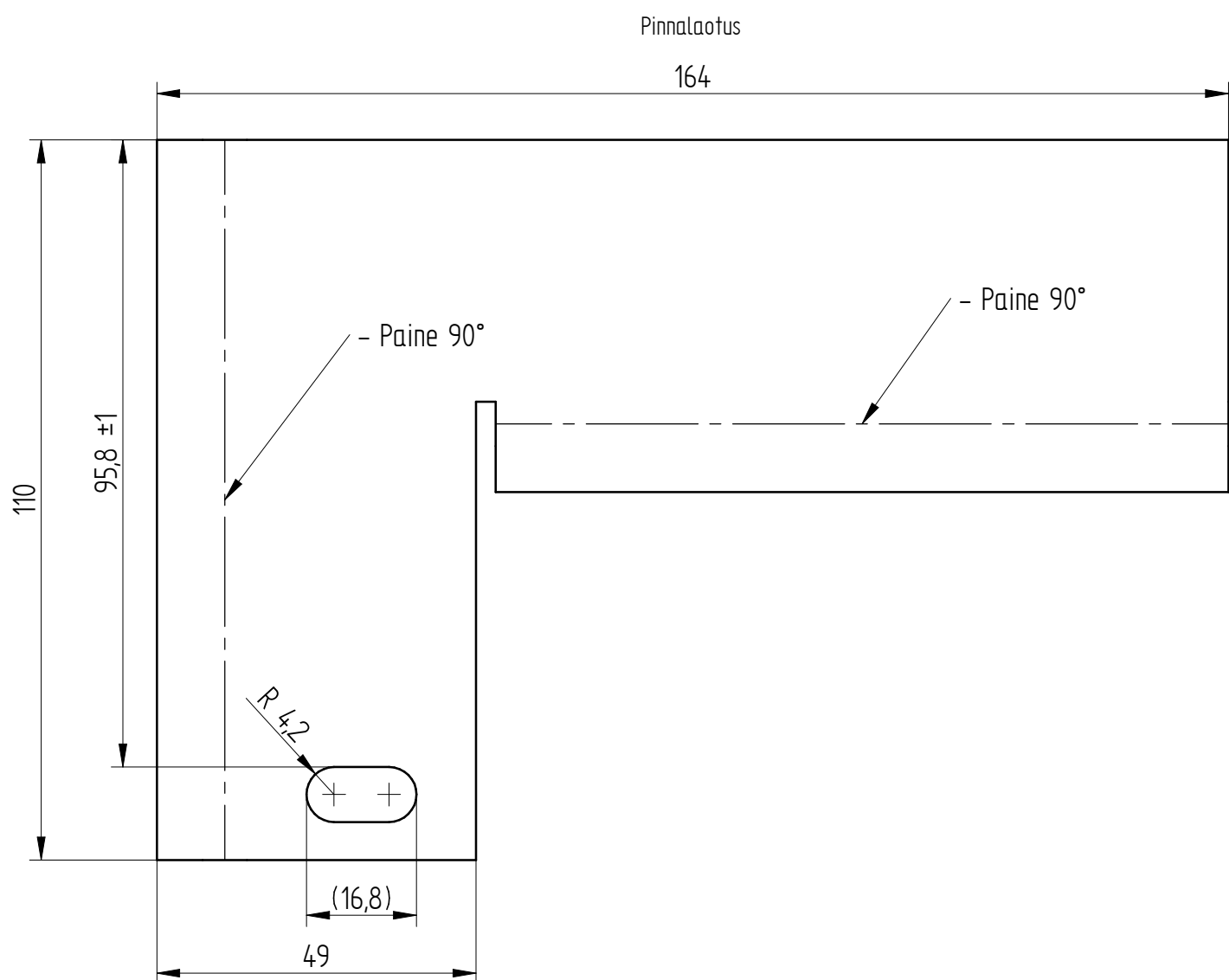
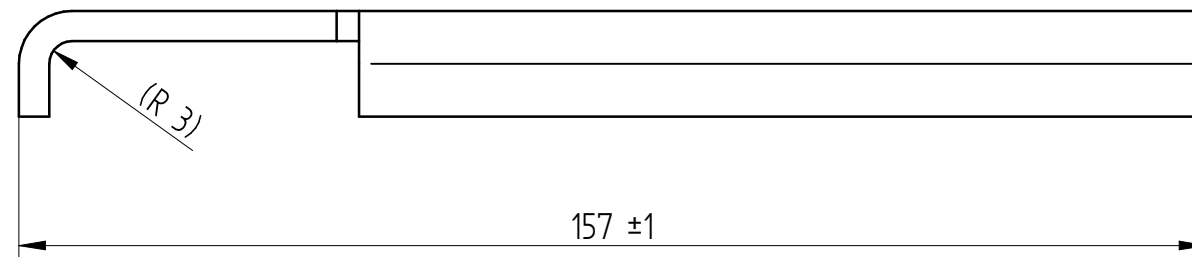
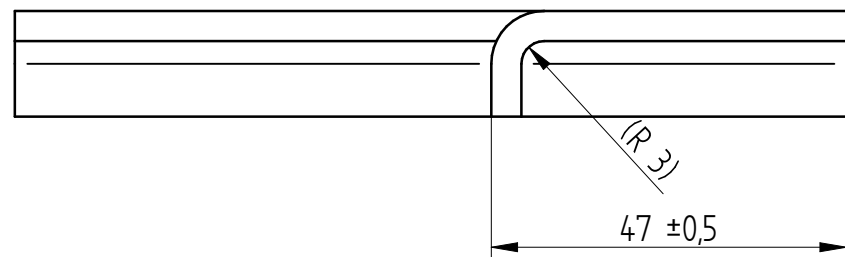
| | | | |
|-----|-------------------|------------------|-----|
| 1 | Laager | Igus RJUMT-06-40 | 1 |
| 2 | Koonuskummi amort | 50X40 M10 | 1 |
| 3 | Polt M12x40 | DIN 933-A2 | 2 |
| 4 | Seib 13x24x2,5 | DIN 125-A2 | 2 |
| 5 | Mutter M10 | DIN 932-A2 | 1 |
| 6 | Seib 10,5x20x2 | DIN 125-A2 | 1 |
| 7 | Kronstein | 00.03.00 | 1 |
| Nr. | Nimetus | Tdhis | Arv |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|---------|------------------------|----|
| Materjal Material | | Mass Weight | 0,00 kg | Mõõt Scale | 1:2 | Mõõtmised Dimension | mm |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | Üldine tolerants General Tolerance | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 25.04.2019 | Laagripukk esimene | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | |
| METEC | | Rev | 01.03.00 | | Leht 10 | | A3 |
| | | - | | | | | |



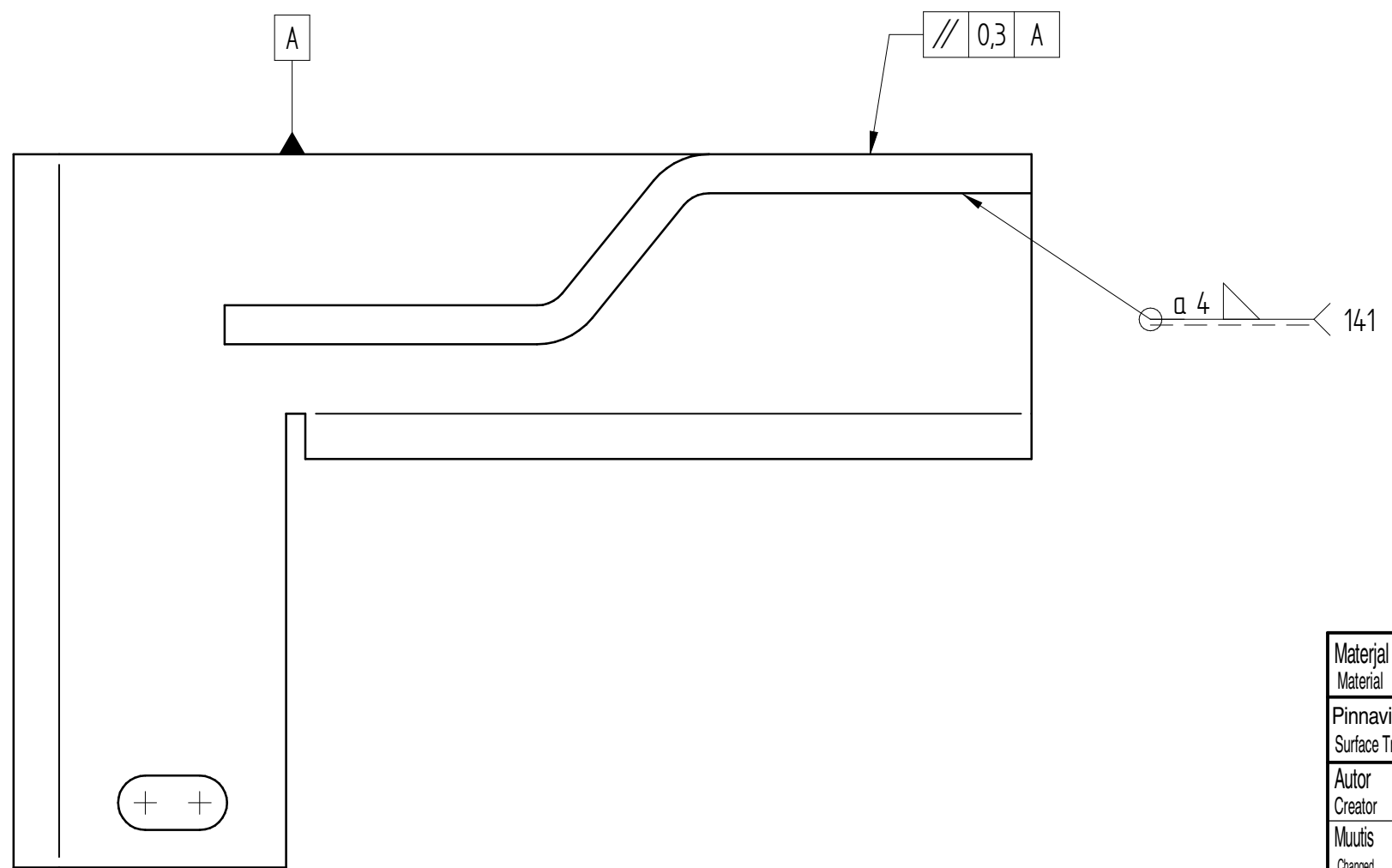
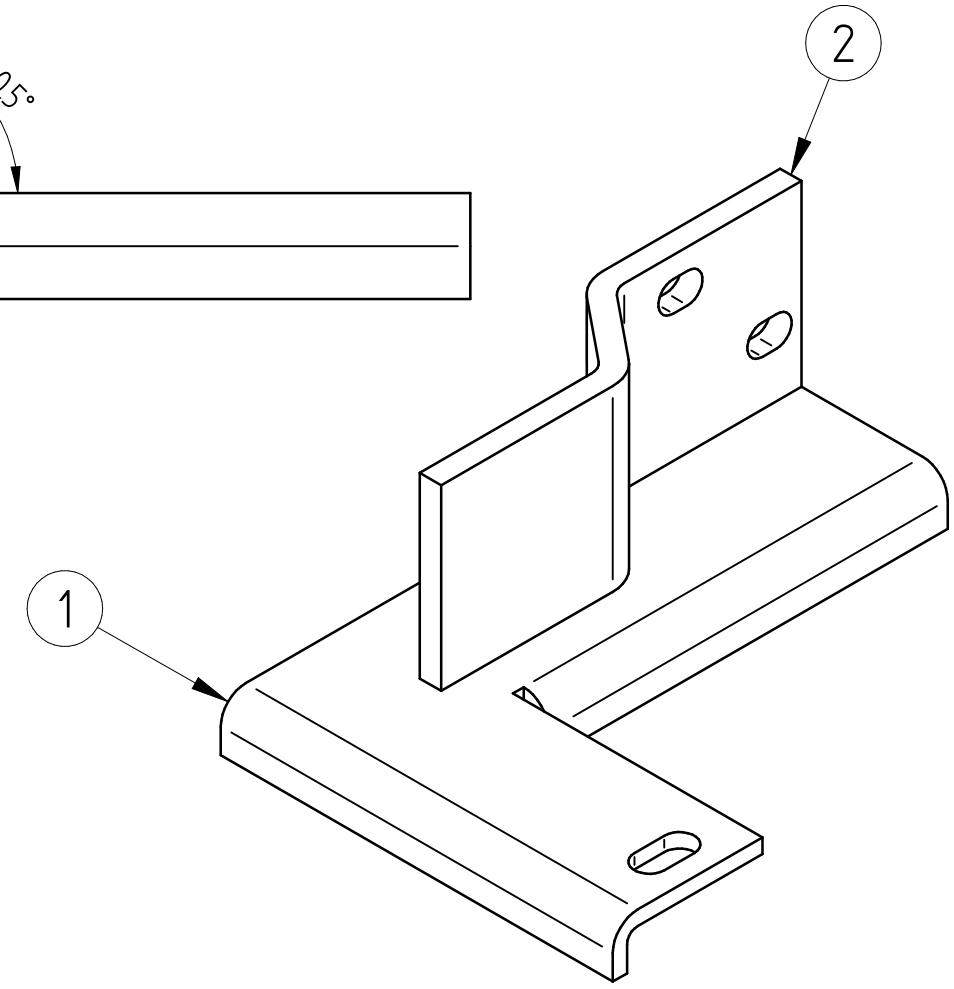
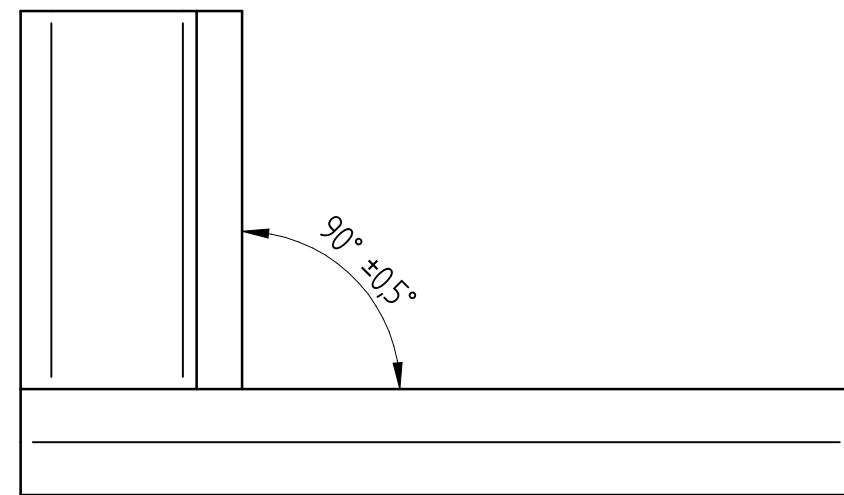
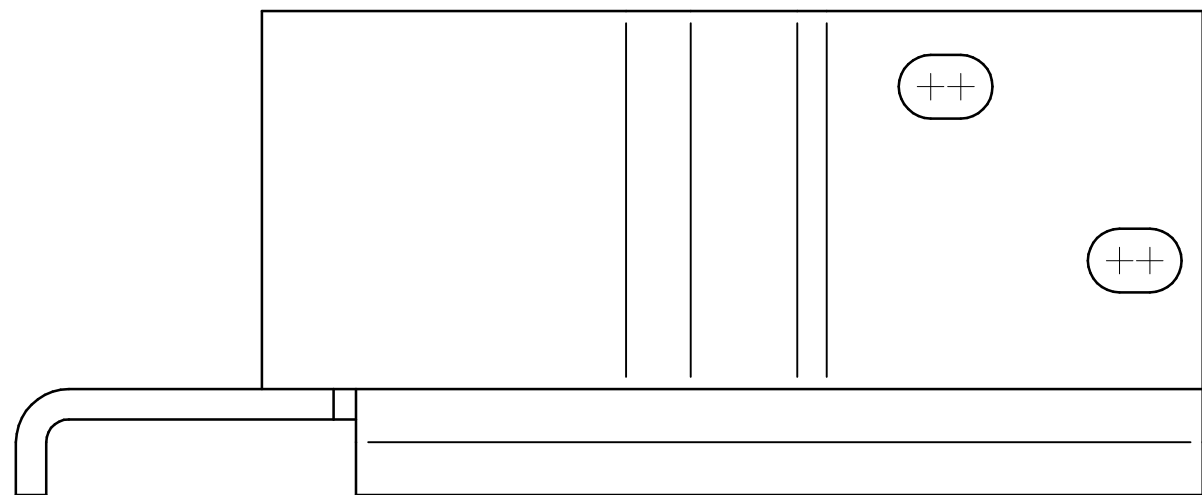
| | | | |
|-----|-------------------|------------------|-----|
| 1 | Laager | Igus RJUMT-06-40 | 1 |
| 2 | Koonuskummi amort | 50X40 M10 | 1 |
| 3 | Seib 10,5x20x2 | DIN 125-A2 | 1 |
| 4 | Mutter M10 | DIN 934-A2 | 1 |
| 5 | Polt M12x40 | DIN 933-A2 | 2 |
| 6 | Seib 13x24x2,5 | DIN 125-A2 | 2 |
| 7 | Kronstein | 00.04.00 | 1 |
| Nr. | Nimetus | Tähtis | Arv |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----|--|
| Materjal Material | | Mass Weight | 0,00 kg | Mööd Scale | 1:2 | |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | Üldine tolerants General Tolerance | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 25.04.2019 | <h2>Laagripukk tagumine</h2> | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | |
| | | Rev | | | | |
| | | - | 01.04.00 | Leht 11 | A3 | |



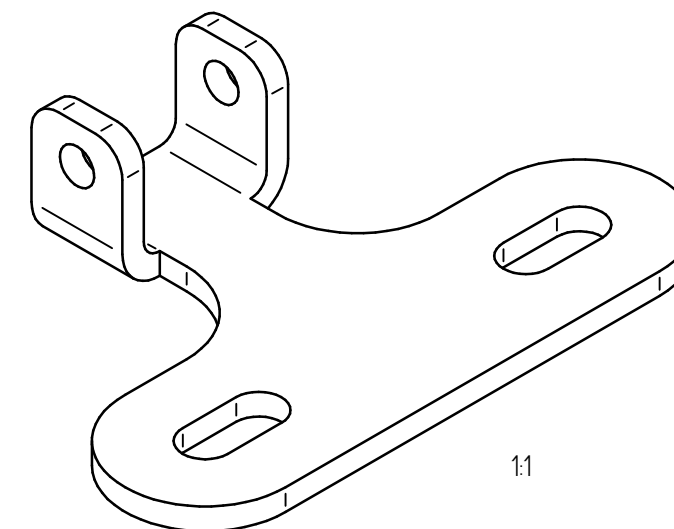
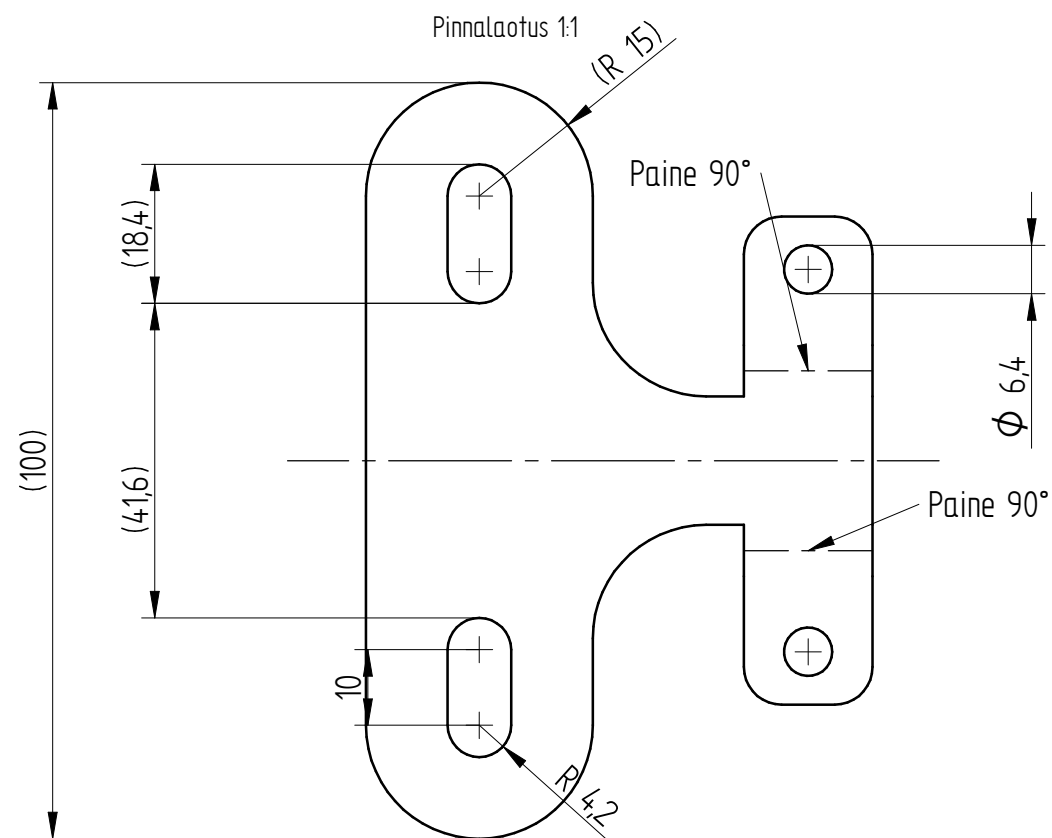
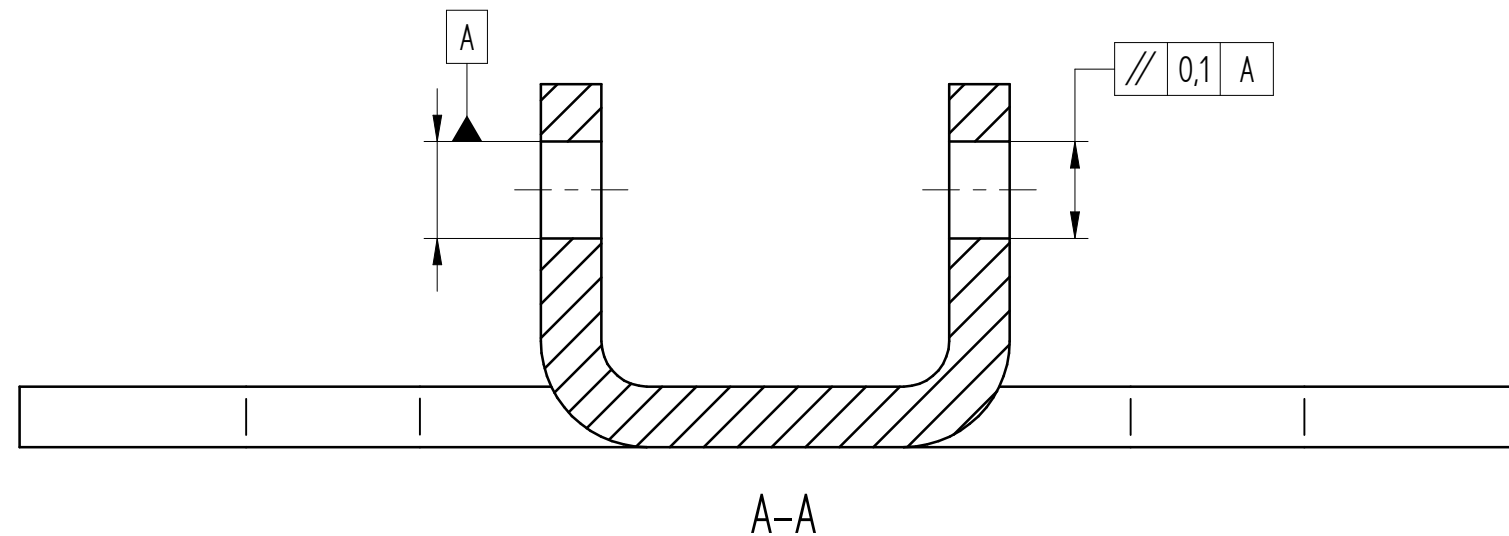
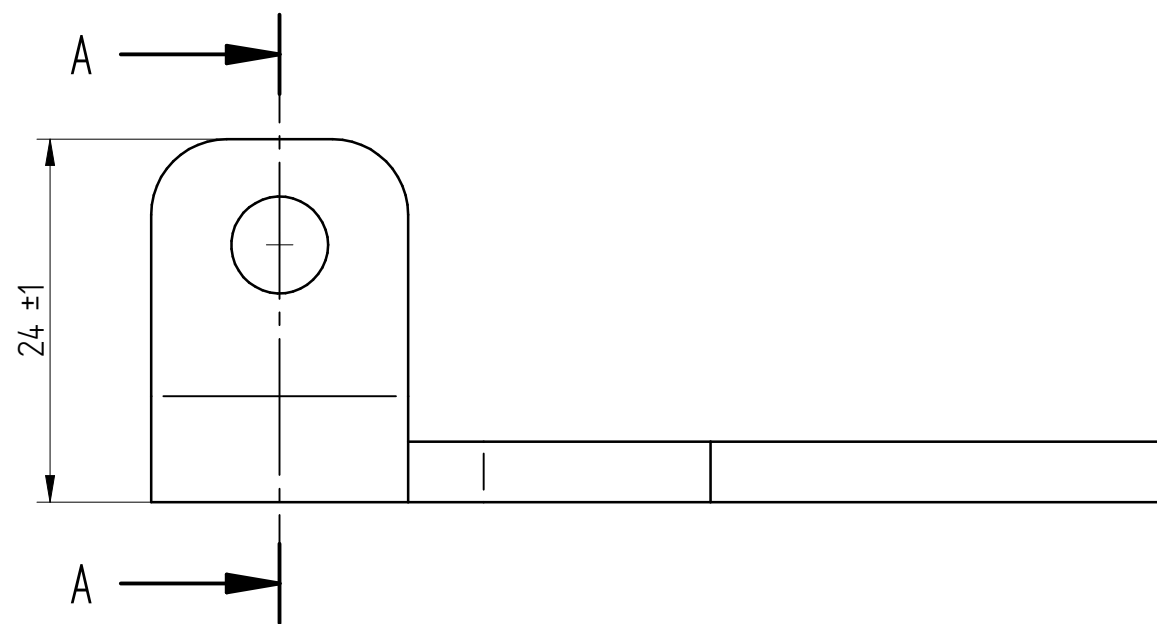
1. Joonisel kujutatud kontuur määrata, lõigata digitaaljoonise järgi
2. Krassid eemaldada, servad ümardada
3. Pindala $S=25734 \text{ mm}^2$

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------------------|---------------------------------------|----------------|---------|---------------------------------|-----|------------------------|----|
| Materjal Material | | AISI 304; Leht s=4 mm | | Mass Weight | 0,37 kg | Mõõt Scale | 1:1 | Mõõtmised Dimension | mm |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | | Üldine tolerants General Tolerance | | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 24.04.2019 | | Plaat | | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | | |
| | | Rev | | 01.05.01 | | Leht 12 | | A3 | |
| | | - | | | | | | | |



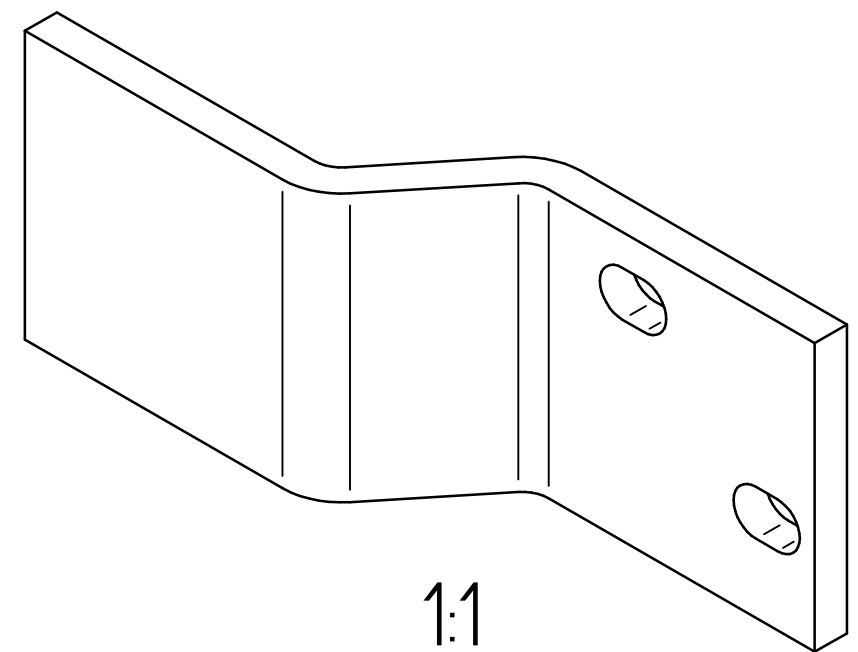
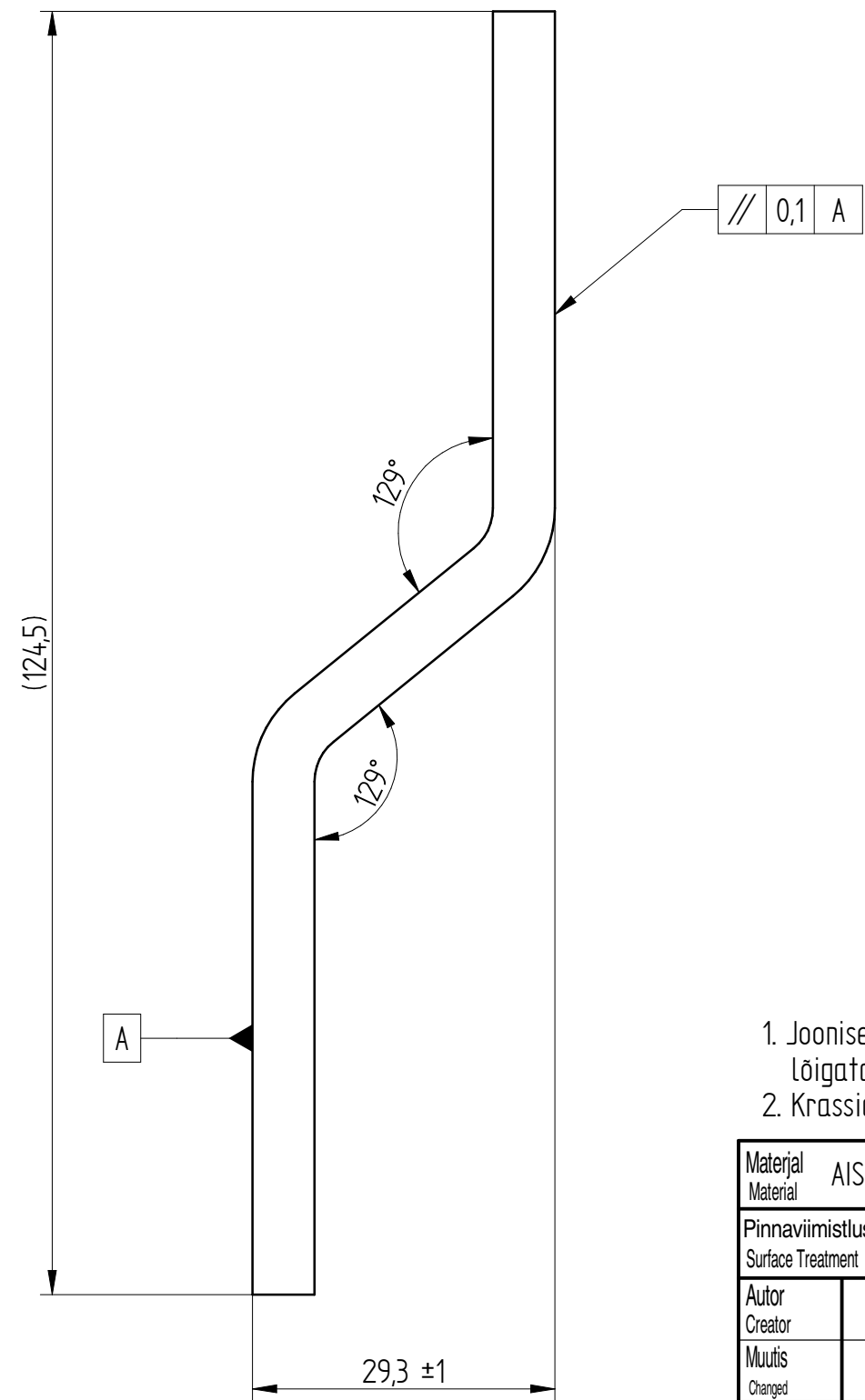
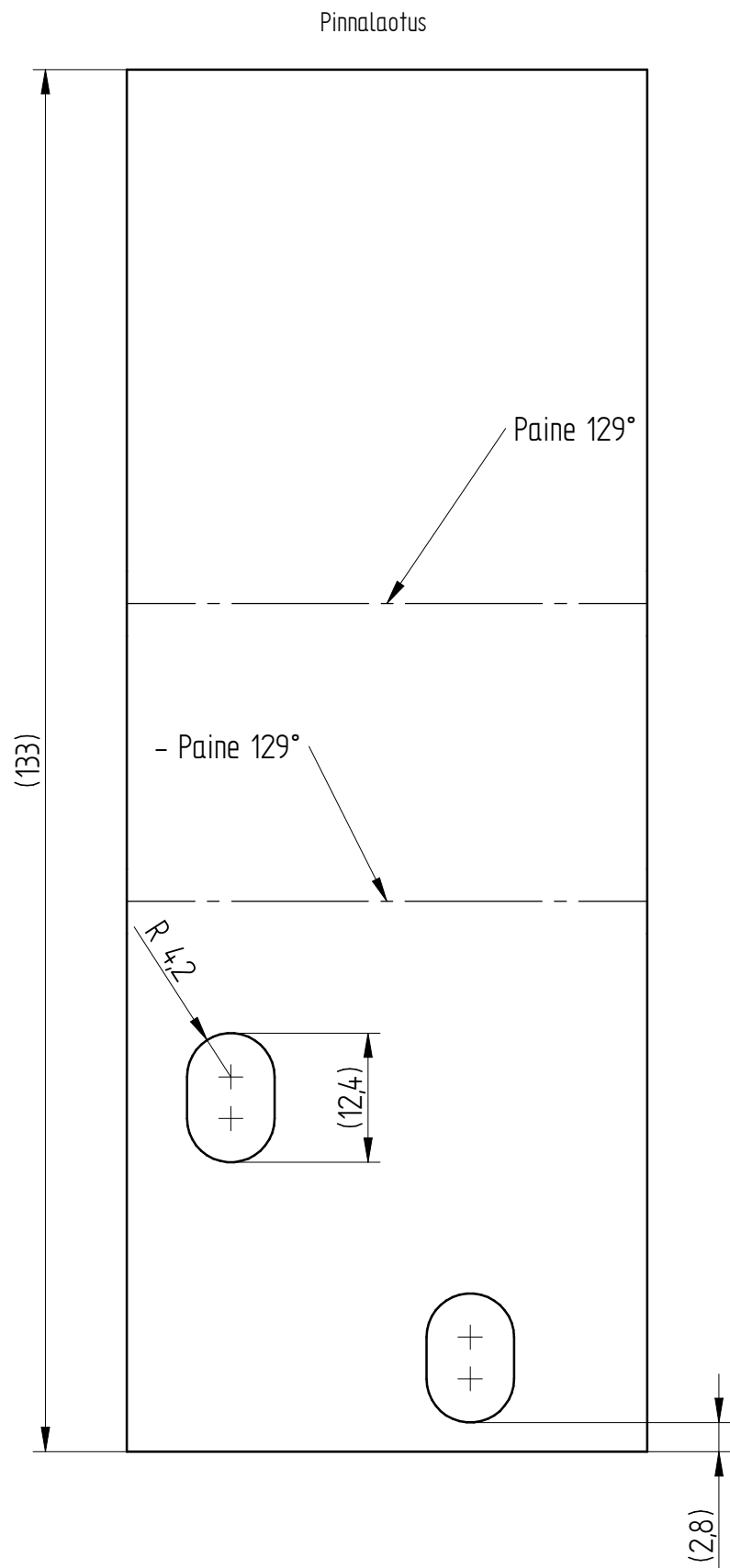
| | | | |
|-----|-----------|----------|-----|
| 1 | Plaat | 01.05.01 | 1 |
| 2 | Kronstein | 01.05.02 | 1 |
| Nr. | Nimetus | Tähtis | Arv |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|---------------------|--|---------------------------------------|---------|---------------------------------|-----|-----------------------------------|--|----|--|
| Materjal Material | | AISI 304 | | Mass Weight | 0,00 kg | Mõõt Scale | 1:1 | Mõõtmised Dimension | | mm | |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | Error: No reference | | Üldine tolerants General Tolerance | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | <h1>Silindri kinnituse koost</h1> | | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 24.04.2019 | | Rev | | | | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | - | | 01.05.00 | | | | | |
| | | | | | | | | Leht 14 | | A3 | |



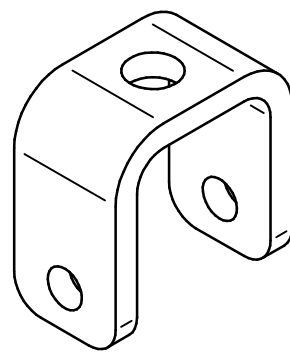
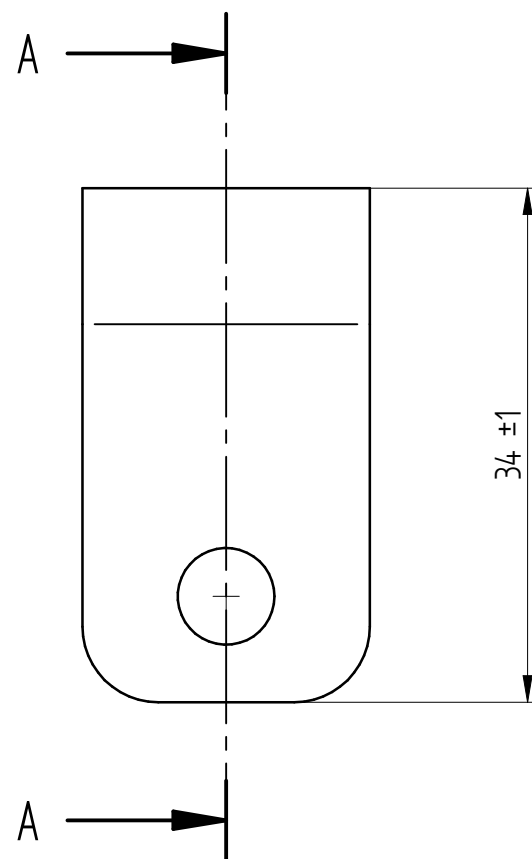
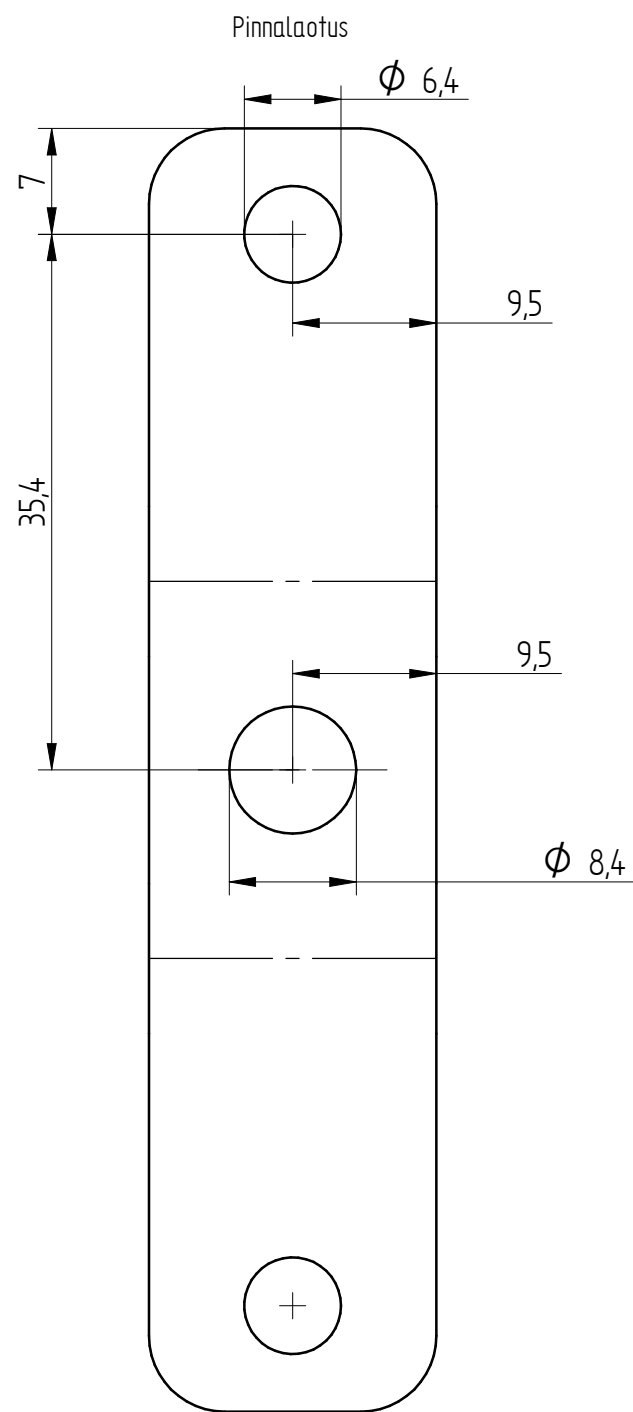
- Joonisel kujutatud kontuur määratakse, lõigata digitaaljoonise järgi
- Krassid eemaldada, servad ümardada
- Pindala $S=10102 \text{ mm}^2$

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------------------|-----|---------------------------------------|---------|---------------|-----|---------------------------------|--|-----------|--|
| Materjal Material | | AISI 304; Leht s=4 mm | | Mass Weight | 0,13 kg | Mõõt Scale | 2:1 | Mõõtmised Dimension | | mm | |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | | | Üldine tolerants General Tolerance | | | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 23.04.2019 | | Kronstein | | | | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | | | | |
| | | | Rev | 01.00.02 | | | | Leht 13 | | A3 | |
| | | | - | | | | | | | | |

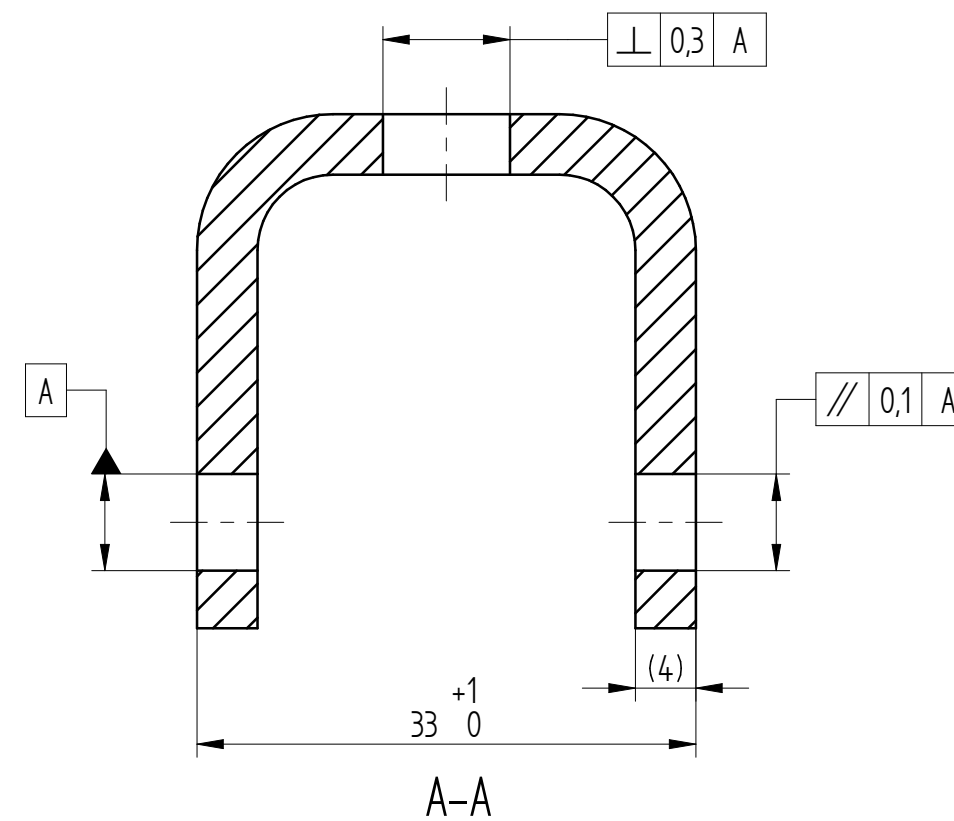


- Joonisel kujutatud kontuur määramata, lõigata digitaaljoonise järgi
- Krassid eemaldada, servad ümardada

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------------------|-----|---------------------------------------|---------|---------------------------------|-------|--------------------|--|----|
| Materjal Material | | AISI 304; leht s=6 mm | | Mass Weight | 0,32 kg | Mõõt Scale | 1,5:1 | | | |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | Error: No reference | | Üldine tolerants General Tolerance | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | Mõõtm Dimension | | mm |
| Autor Creator | S.Raudik | 23.04.2019 | | <h1>Kronstein</h1> | | | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | | | |
| | | | Rev | | | | | | | |
| | | | - | 01.05.02 | | Leht 15 | | A3 | | |

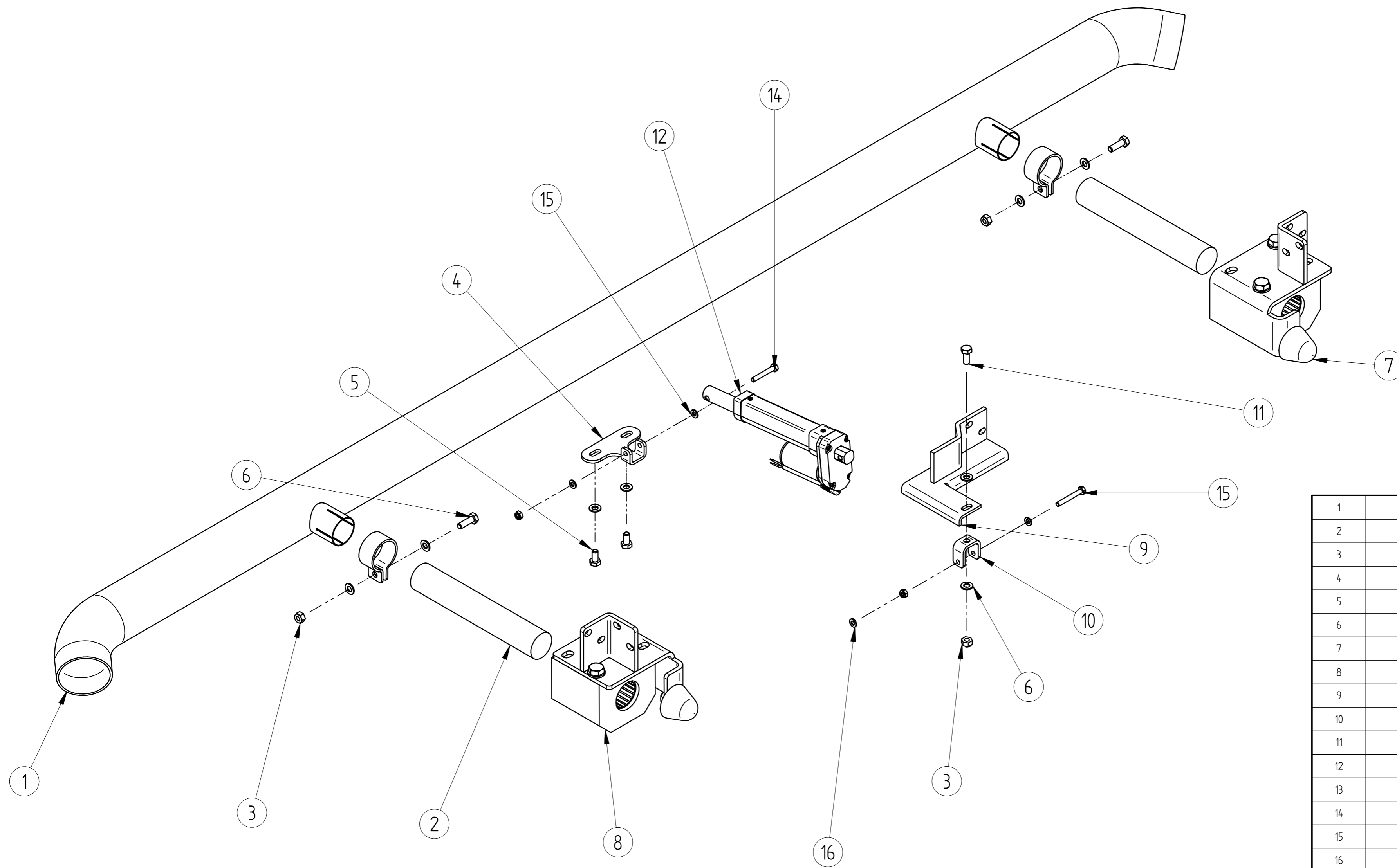


1:1



1. Joonisel kujutatud kontuur määramata, lõigata digitaaljoonise järgi
2. Krassid eemaldada, servad ümardada
3. Pindala $S=4103 \text{ mm}^2$

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------|---------|---------------------------------|-----|------------------------|----|
| Materjal Material | | AISI 304; leht s=4 mm | | Mass Weight | 0,05 kg | Mõõt Scale | 2:1 | Mõõtmised Dimension | mm |
| Pinnaviimistlus Surface Treatment | | | Üldine tolerants General Tolerance | | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | | |
| Autor Creator | S.Raudik | 24.04.2019 | | <h1>Kahvel</h1> | | | | | |
| Muutis Changed | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | | |
| | | | Rev | 01.00.03 | | Leht 16 | | A3 | |
| | | | - | | | | | | |



| | | | |
|-----|------------------------|-------------------|-----|
| 1 | Küljetoaru_keeviskoost | 0101.00 | 1 |
| 2 | Tala | Igus EEWM-40 | 2 |
| 3 | Mutter M8 | DIN985-A2 | 3 |
| 4 | Kronstein | 00.00.02 | 1 |
| 5 | Polt M8x16 | DIN 933-A2 | 2 |
| 6 | Seib 8,4x16x1,6 | DIN 125-A2 | 4 |
| 7 | Laagripukk_esimine | 0103.00 | 1 |
| 8 | Laagripukk_tagumine | 0104.00 | 1 |
| 9 | Silindri_kronstein | 0105.00 | 1 |
| 10 | Kahvel | 0100.03 | 1 |
| 11 | Polt M8x20 | DIN933-A2 | 1 |
| 12 | Lineaarajam | CAHB10-100-0-AA-A | 1 |
| 13 | Polt M6x40 | DIN 931-A2 | 1 |
| 14 | Polt M6x45 | DIN 931-A2 | 1 |
| 15 | Seib 6,4x12 | DIN 125 -A2 | 4 |
| 16 | Mutter M6 | DIN 985-A2 | 2 |
| Nr. | Nimetus | Tahis | Arv |

| | | | | | | | | |
|-------------------|----------|------------|-------------------|---------|---------------------------------|-----|-------------------------------|----|
| Material | | - | Mass | 0,00 kg | Mõõt | 1:4 | Mõõmed Dimension | mm |
| Pinnaviimistlus | | | Üldine tolerants | | ISO 2768-mK / 13920-BF / 5817-C | | | |
| Surface Treatment | | | General Tolerance | | | | küljetoaru-astmelaua koost | |
| Autor | S.Raudik | 25.04.2019 | Rev | | AT 01.00.00 | | | |
| Mutis | S.Raudik | 15.05.2019 | | | | | | |
| | | | | | | | | |