

Fiorello Rand

BMW E30 KAASAJASTAMINE MÄÄRUS 42 BAASIL

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Autotehnika õppekava

Juhendaja: Henri Vennikas

Tallinn 2021

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina, Fiorello Rand, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Henri Vennikas /allkirjastatud digitaalselt/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Fiorello Rand, sünnikuupäev: 19.06.1997, annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose “BMW E30 modifitseerimine määrus 42 baasil”:

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

/kuupäev digiallkiri/

/allkirjastatud digitaalselt/

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. TEOOREETILINE OSA.....	7
1.1. Baassõiduki kirjeldus.....	7
1.2. Turu olukord hobisõiduki E30 osas.....	7
1.3. Seadlusandlus	8
1.4. Soovitud tulemused	10
2. PRAKTILINE OSA	18
2.1. Kere.....	18
2.2. Veermik	20
2.2.1. Poldivalem	20
2.2.2. Sillatugevdused ja reguleeradapterid	20
2.3. Pidurisüsteem.....	21
2.4. Jõuülekanne	25
2.4.1. Mootor.....	25
2.4.2. Käigukast ja kardaan.....	27
3. KULUARVESTUS	30
KOKKUVÕTE.....	35
SUMMARY	36
VIIDATUD ALLIKAD.....	38
LISAD	40
LISA 1. Koostejoonis PMKK_01- parem poolse mootori kinnituse koost.....	41
LISA 2. Joonis PMK_01_01- parem mootoripoolne flants	42
LISA 3. Joonis PMK_01_02- mootori kinnituse keskmine toru.....	43
LISA 4. Joonis PMK_01_03- mootori kinnituse sillaraami poolne kinnitus.....	44
LISA 5. Koostejoonis KKK_01_01- käigukasti kinnituse koost	45
LISA 6. Joonis KK_01_01- käigukasti kinnitus flants	46
LISA 7. Joonis KK_01_02- käigukasti tala	47

LISA 8. Joonis RA_01- reguleerimis adapter	48
LISA 9. Joonis VMK_02_01- vasak mootoripoolne flants.....	49
LISA 10. Joonis EP_01- esimene piduri flants	50
LISA 11. Joonis TP_01- tagumine piduri flants	51
LISA 12. Joonis PV_01- poldivalemi adapter	52
LISA 13. Joonis EAK_01- esimese amordikannu tugevdus	53
LISA 14. Joonis TAK_01- tagumise amordikannu tugevdus	54
LISA 15. Joonis ES_01- esisilla stabilisaatori tugevdus.....	55
LISA 16. Joonis ES_02- mootoripadja kinnituse tugevdus	56
LISA 17. Joonis ES_03- esimese sillatala tugevdus	57
LISA 18. Joonis ES_04- sarniiri kinnituse tugevdus	58
LISA 19. Joonis TS_01- tagumise sillatala tugevdus	59
LISA 20. Joonis TS_02- diferentisaali kinnituse tugevdus.....	60
LISA 21. Joonis TS_03- tagasilla tugevdus 2	61
LISA 22. Joonis TS_04- tagasilla tugevdus 3	62
LISA 23. Joonis Õ_01- õõtshoova stabilisaatori kinnituse tugevdus.....	63
LISA 24. Joonis Õ_02- õõtshoova tugevdus.....	64
LISA 25. Joonis Õ_03- õõtshoova tugevdus 2.....	65

SISSEJUHATUS

E30 võib määratleda kui hobisõidukit ja uunikumi, kuna on üle 25 aasta vana. Linnapildis antud sõiduki kohtamine on järjest harvem. Inimesed on hakanud antud sõidukit aina rohkem väärtustama. Sõidukite vähesuse ja nõudluse järel turu nõudlikus kasvab, kasvatades sõidukite ja selle varuosade hindu. Määrustiku muudatus avab võimalusi uutematele lahendustele, tehnoloogiatele ja uuendustele.

Lõputöö raames kasutatavaks sõidukiks on 1985 aasta BMW E30, mille põhjal on eesmärgiks teostada BMW E30 modifitseerimine kooskõlas määrus 42ga: mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele. Hetkel kehtiv määrus 42 võimaldab teostada ümberehitusi, mida varasem määrus piiras, mida uuendati 2019. Lisaks hakata tootma ja müüma kaasajastamise käigus lõppproduktina valminud lahendusi.

Lõputöö raames likvideeritakse defektid kere seisukorras, paigaldatakse teise mudeli pealt v8 asendusmootor ja käigukast. Projekteeritakse silla- ja keretugevdused, paigaldatakse tiivalaiendid ning tehakse ümber terve pidurisüsteem. Kere seisukord on kõige aluseks, kuna sõiduki kere peab olema rooste-, deformatsiooni vaba, jne, on vajalik, et see vastaks nõuetele. Kere ja sildade tugevdamiseks projekteeritakse tugevdused, mis parandavad ja tugevdavad vanusest, kliimast, jms faktoritest tingitud tekkinud kahjustusi. V8 asendusmootor tuleb 17 aastat uuema 7. seeria mudeli pealt, mis on töökindlam kui 36 aastat vana jagajaga mootor. Baassõiduki 5-käiguline manuaalkäigukast vahetatakse 6-käigulise vastu, mis toob maantesõitudel pöördelahemikku allapoole, vähendades kütusekulu ning mis kannatab rohkem pöördemomenti kui originaal käigukast. Originaal pidurivõimendiga süsteem vahetatakse välja võimuta süsteemi vastu, mis on kompaktsem ja kergem. Pidurivõimendi kompenseerimiseks paigaldatakse mitme ja suurema pindalaga kolvidega pidurisupportid, suurendades pidurdusjõudu, mis tagab vähemalt originaal pidurdusjõu. Esimeste pidurite suurendamisel pole võimalik kasutada originaalmõõdus velgi. Seetõttu võimaldab tiivalaiendite paigaldus kasutada R17 velgesid.

Töö esimeses pooles tuuakse välja töö teoreetiline pool, kus võrreldakse vana- ja muudetud määrustiku tingimusi ning erinevusi. Tuuakse välja baassõiduki turu olukord ning soovitud tulemuste loetelu. Teises peatükis tuuakse esile projekteeritavad detailid, kuidas nende valmistamisprotsess välja näeb koos arvutuste ja analüüsidega. Kõige lõpetuseks toodakse välja modifitseerimise käigus kulunud aeg ja materiaalne kulu.

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks püstitas autor järgmised ülesanded:

- lõputöö käigus projekteeritud lahenduste kooskkõlastamine Transpordiametiga;
- kas pidurikomponentide uuendamisel pidurite efektiivsus langes või tõusis;
- analüüsida mootori ja käigukasti kinnitusi;
- sõiduki lõplik maksumus;
- kas on reaalselt nõudlust ja turgu antud lahendustele.

1. TEOOREETILINE OSA

1.1. Baassõiduki kirjeldus

Käesoleva lõputöö raames tegeletakse 1985. aasta BMW E30 kupee kerega autoga. Antud auto Eesti registrimärk on 548ALF VIN-koodiga WBAAA310409533060. Parema üldpildi saamiseks leiab all järgnevas tabelis (Tabel 1) antud baassõiduki üldandmed.

Tabel 1. BMW E30 üldandmed

Mootor	2.0L R6, M20B20, 92 Kw 170 Nm
Käigukast	5-käiguline manual
Teljevahe	2570 mm
Pikkus	4325 mm
Laius	1645 mm
Kõrgus	1300 mm
Tühimass	1080 kg
Poldivalem	4x100
Veljemõõt	R15 J7

1.2. Turu olukord hobisõiduki E30 osas

BMW E30 on uunikumi vanuses ehk üle 31 aasta vana ning antud mudeli hulk Eesti teedel on aastatega vähenenud. Täpsema hulga saavutamiseks uuriti kõige hilisemast Maanteeameti 2020. aasta aruandest, palju on hetkeseisuga Eesti liikluses antud sõidukeid arvel. Kuna antud veebileheküljel näeb ainult tähtsamatest parameetritest marki, mudelit, kütuse- ja keretüüpi ning aastaarvu, siis detailsemat infot ei ole võimalik saada. Samuti ei saa valida antud tabelist, mis generatsiooni mudelit soovitakse. BMW märgistab oma mudeleid mootori litraaži järgi, nt 320i ehk 3nda seeria 2,0L bensiinimootoriga sõiduk. Mudelit E30 toodeti aastatel 1983 kuni 1991, lõpuaastate poole hakati tootma järgmise generatsiooni mudeleid. See aga tähendas seda, et Transpordiameti tabelist antud ajavahemikus toodetud 1,6 kuni 2,5liitriste mootoritega BMW-de seas olid ka järgmise generatsiooni mudeleid. Sealt saadi vastuseks, et kokku on Eestis antud parameetritega registris 3371 masinat. Kui võtta arvesse ka autori baassõiduki

parameetreid, kupee kerega ja 2,0liitrise mootoriga, saadi teada, et Eestis on sellist arvel 217. 3371 autost on arvel ainult 669 masinat ja nendest baassõiduki kere tüübi ja mootoriga vaid 173 autot. Ülejäänud autod on ajutiselt arvelt maas. Ülevaatus nendest 669 autost omab ainult 384 ehk linnapildis antud autosid võib näha suhteliselt harva, võrreldes mõne muu uuema mudeliga. [1] [2]

1.3. Seadlusandlus

Määrus 42 on majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi poolt vastu võetud 13. juunil 2011 aastal ja kujutab endast täpsemalt mootorisõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele. 26.08.2019 aga allkirjastati ministeeriumi poolt muudatused antud määruses. Lõputöö raames on tegemist hetkeseisuga 36 aastat vana autoga. Määruses muudeti 30 aastat ja vanemate sõidukite ümberehituse nõudeid, milles loobutakse paljudest piirangutest, mis puudutavad selliste sõidukite ümberehitust. Selle raames tuuakse välja vanad ja uued nõuded ja erinevused võrreldes eelmise määrusega, mis piirasid osasid ümberehitusi.

Peamiselt keskendutakse mootori, velgede, rehvide, toitesüsteemide, heitgaasisüsteemide, pidurite, kere ja porikaitsmetega seotud määrustega, kuna antud kategooriad põimuvad planeeritavate töödega.

Kõige tähtsamaks aspektiks on tõenäoliselt kere seisukord. Eksterjäär ja interjäär peavad olema kompleksed, mis tähendab, et kõik liistud, plastikud, istmed, jne peavad olema paigaldatud. Kere ja kande osades ei tohi olla mõrasid ja auke. Juhul kui on tekkinud mõrad ja murded, siis need peavad olema korrektselt remonditud. Polt- ja neetliited peavad olema korralikult kinni keeratud ja kinnitatud, keevisliidetes ei tohi olla pragusid ega murdeid. Kere värvi, korrosiooni jm kahjustused ei tohi olla suuremad kui 5cm² ning värviparandused minimaalselt teise värviga, kui on auto värv. See tähendab seda, et kui auto on punane, siis pool autot ei tohi olla hall, vaid 5cm² ala ja maksimaalselt kolmes kohas. Antud aspekt kehtib nii vanas kui ka uuendatud versioonis ehk seda ei muudetud. [3, pp. 33-34]

Varasema määrusega pidi mootor vastama tootja poolt kehtestatud võimsuse, pöörete arvu, töömahu ja massi näitudele. Kuigi juhul, kui mootorisõiduki kategooria ei muutu, oli erandkorras ümberehituse korral võimalik paigaldada teine mootor. Sellisel juhul pidi uue mootoril jääma võimsuse erinevus 30 %, töömahu erinevus 20 % ja massi erinevus 10 % piiresse, võrreldes valmistaja poolt ette nähtud parameetritele. Teiseks tingimuseks oli see, et ümberehitaja pidi kasutama korras olevaid originaalseid mootoripatju ning nende kinnituskohata ei tohtinud muuta. Peale määruse muudatust kaotati võimsuse- ja massipiirangud, kuna toodi välja mootori töömaht ja võimsus ei mõjuta sõiduki liiklusohutust.

Ainukeseks piiranguks jäi see, et asendusmootori paigaldamiseks peavad teljekoorumused jääma tehase poolt ette antud näitudele, kuna mass mängib ohutuses suurt rolli. [4, pp. 97-98], [5]

Mootori vahetamisel mängib suurt rolli ka pidurisüsteem. Varasema määrusega ei tohtinud pidurivõimendit, piduri peasilindrit ja ratta töösilindrit muuta ehk need pidid vastama valmistaja poolt ettenähtule ning olema töökorras ja ei tohtinud lekkida. 2019. a määruse eelnõus oli aga välja toodud, et muudetud määruks loobutakse sõiduki valmistaja või tema ametliku esindaja piirangutest, aga see kehtib ainult üle 30 aasta vanade autode puhul. Nõuded, et töö- ja peasilindrid ei tohi lekkida, süsteem peab toimima korrektselt, kehtivad edasi. [4, pp. 34-36] [6, p. 2]

Asendusmootori ja originaalmootori toitesüsteemid ja heitgaasisüsteemid erinevad üksteisest. Antud punktide tingimused ja muudatused on samuti määrustikus välja toodud. Jällegi mootori toitesüsteemi ja heitgaasisüsteemi muutmise või ümberehitamine oli keelatud. See tähendas seda, et ei tohtinud näiteks resonaatoreid küljest võtta, kasutada teisi kollektore ning väljalaskesüsteem pidi kinnituma valmistaja poolt ettenähtule kinnituskohadele. Muudetud määrustikus kaotati pooleldi ära vana piirang. Nüüd võis muuta väljalaske- ja toitesüsteeme, aga pidi jätkuvalt olema vastavuses mootori valmistaja nõuetele. Ehk kuna erinevate mootorite toitesüsteemid omavahel ei ühildu, peavad antud süsteemid vastama asendusmootori sätestatud nõuetele. Kui baassõiduk on 1,6liitrise mootoriga ja asendusmootor on 3,0liitrine, siis 1,6-liitrise mootori kütusesüsteem ei suuda ära toita asendusmootori vajadust, samuti väljalaskegaaside nõuded ei vastaks enam tingimustele, kuna baassõiduki väljalaskesüsteem ei suuda piisavalt heitgaase puhastada. Sellest tulenevalt peab kasutama asendusmootoriga kooskõlas olevaid süsteeme, et kõik süsteemid toimiks korrektselt. [4, pp. 10, 98] [6, p. 26]

Kui kõik eelnev pidi vastama sõiduki valmistaja poolt ettenähtule, siis rehvid ja veljed ei erine sellest. Igal sõidukil on valmistaja poolt antud parameetrite tabel, mille võib näiteks leida auto uksepiidalt. Sõidukile pidid olema paigaldatud ainult antud mõõtmetega rehvid ja veljed. Keelatud oli kasutada keevitamisega remonditud või ümberehitatud laiendatud, kitsendatud, jne velgi. Määrustiku muudatusega aga loobuti antud piirangust. Ainsaks piiranguks jäi see, et rehvi mõõtmed peavad vastama velje mõõtmetele, ratas peab saama rattakoopas vabalt pöörelda ning ei tohi rattakoopast väljapoole ulatuda. Selgitusena toodi välja, kuna erinevas mõõdus rehvide ja velgede kasutamine võib küll muuta sõiduki juhitavuse omadusi, soovitatakse järgida sõiduki veermiku ja vedrustuse geomeetriaga seotud tootjapoolseid juhiseid. Jällegi veermiku ümberehitus ei ole keelatud, seega ei ole ka kohustust järgida

tootja määratud geomeetriat. Kõik muud piirangud, nagu näiteks rehvi miinimumsügavus, rehvide tehnoseisund jne, jäid samaks. [4, pp. 53, 56] [6, pp. 17-18]

Viimane määruse muudatus, mida siin lõputöös välja tuuakse, on porikaitsmed. Porikaitsmete eesmärk on kaitsta teisi liiklejaid õhku paiskuvate kivide, muda, jää, lume vee ja muu rataste alt lenduva materjali eest. Kuna loobutakse rehvide ja velgede nõuetest, võib tekkida selline olukord, kus rehvi jääb rohkem välja paistma kui varasemalt. Kõikidele sõidukitele pole paigaldatud porikaitsmeid, seega, kui võimalik, soovitatakse paigaldada need, et vähendada liiklejatele võimalust puutuda kokku ratastel eemalduvate kivide vms objektidega. [6, p. 30]

1.4. Soovitud tulemused

Töö eesmärk on projekteerida vastavad lahendused: uue mootori ja käigukasti baassõidukisse paigaldamine, terve pidurisüsteemi ümbertegemine, kere taastamine ja ka tiivalaiendite paigaldamine ja poldivalemi muutmine.

Kere taastamine on üks kõige tähtsamatest sammudest, kuna kui tehakse kõik muud modifitseeringud enne kere ära ja kere ei vasta tingimustele, pole ka tehtud töödest kasu. Kere peab olema roosteaukudest vaba, ei tohi olla läbivat roostet ja kere peab olema struktuurselt tugev. Selleks, et kõik korrektselt ja vastavalt määrustikusele tehtud oleks, tuleks auto põhjalikult üle vaadata, teha taustauuring ning vastavalt sellele vajalikud protsessid ette võtta. Tausta uurimisel selgus, et ajapikku on välja kujunenud kohad, mis on probleemsed, näiteks sageli purunevad tagumised amortisaatori kinnituskohad. All järgneval seel (Sele 1) on näha katkist amordisaatori kinnituskohta.



Sele 1. Katkine amortisaatori kinnitus [7]

Baassõidukil oli konkreetne koht küll korras, aga selleks, et sellist purunemist vältida, oleks vajalik projekteerida tugevdusplaat. Esimestel amordikandudel sellist viga ei leidu, aga projekteeritakse teist tüüpi tugevdus, mida ei keevitata otse peale nagu tagumistele, vaid amordikannu külje peale, mis põimib auto kere amordikannu külge. Sellist lahendust leiab ka tehases tehtud autode puhul. Täpsemalt leiab seda ainult kabiotei kere tüübiga E30-del, mis aitab kere jäigemaks teha. Kere liigse läbipaindumise takistamiseks tuleks karpe tugevada. Varasemalt oli baassõidukile juba lisaks pandud 3mm rauast tugevdus sisse. Visuaalsel inspekteerimisel oli lisatugevdus korralikult installeeritud ning mõrasid, paindeid ega muid defekte paista polnud.

Üheks soovituks kere modifikatsiooniks oleks tiivalaiendite paigaldus, antud modifikatsioon ei ole küll kohustus, aga lihtsustaks teatud asjade paigaldust. Nimelt tiivalaiendid võimaldaks paigaldada R17 valuvelge, mis tuleks laiem, kui originaalis. R17 valuvelg mahub baassõiduki originaalsesse rattakoobastesse ära, aga probleem tekib laiema veljevalikuga. Baassõidukile plaanitakse paigaldada madala ET-ga veljed, mis oleks esisillas 9 tolli ja tagasillas 12 tolli laiad. Selles mõõdus veljed oleks ringraja, kiirenduse või muu laadse sündmuse jaoks. Kiirendusüritustel või kuskil muul võistlustel võimaldavad laiemad veljed kasutada laiemat rehvi, mis omakorda suurendaks kontaktpinda maaga. Kui kasutatakse baassõiduki originaalmõõdus rehve ja velgi, libiseks kiirendusel liigselt ratas läbi, mistõttu kaotatakse aega ja selline rehvi ega velg ei annaks tahetud tulemust. Tiivalaiendid parandaks baassõiduki aerodünaamilisust, andes kandilisele kerele voolujoonelisust, vähendades õhutakistust.

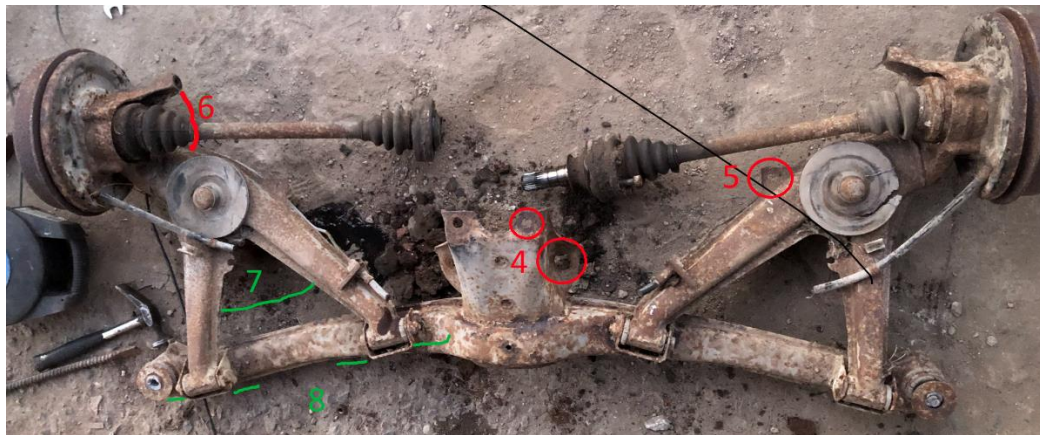
Baassõidukil kasutatakse originaalsildasid ja õõtsasid, mis plaanitakse ümber modifitseerida. Tehasest tuli auto tagasild trummelsilla kui ka ketassillaga. Baassõidukil oli tehases paigaldatud trummelsild, mis plaanitakse ümber vahetada ketassilla vastu. Sildadele projekteeritakse ja paigadatakse sillatugevdused ning muudetakse poldivalemit 4x100 pealt 5x120 peale. Originaalsildade kasuks otsustati sellepärast, et originaalsillad on lihtsa ehitusega, seega pole vajadust uusi sildu projekteerida. Varuosade saamisega võib ajapikku probleeme tekkida, kuna varuosasid üha vähem saada, aga mõningaid komponente on veel leida, nagu näiteks sillatalasid. Peale plusside on ka sildade juures miinuseid, nimelt on need tingitud vanusest. Silla detailid võivad olla mõradega, läbi roostetanud, kõverad ja katki. Teiseks, kuna tagasild saab vahetada ketassilla vastu, siis ketassilla leidmine on tänapäeval raskendatud. Lisaks: kui neid leida, siis komplektsete ketassildade hinnad algavad 400-500 eurost. Trummelsilla ja ketassilla erinevus seisneb ainult õõtsades ehk sillatala on neil sama. Tingitud vanusest, kliimast ja muudest faktoritest, nagu näiteks muude võimekamate asendusmootorite puhul, kipuvad osad silladetailid vänduma, asuti välja mõtlema lahendusi, mis parandaks detailide seisukorda. E30 sildadel on mitmeid problemaatilisi kohti. Esimese asjana võeti esisild, järgneval seel (Sele 2) on ära märgitud kolm piirkoda, mida tugevdati.



Sele 2. Esisilla tala [8]

Punase ringiga märgistatud alad kehtivad ka vastaspoolel, kus pole märgistust, samuti ka tagasilla märgistuste peal. Number 1 all on esimese stabilisaatori kinnituskohd, mis tihti peale roostetab ära ja roostest tingitult enam stabilisaatorvarrast kinni ei hoia. Järgmisena, mis ei ole küll levinud probleem, aga mida esineb, on esimese õõtsade sarniiri ümbrus, kus tekivad mõrad, mis on märgistatud pildil number 2-ga. Kolmandaks murekohaks esisillatalal on number 3, mootoripadja kinnitus. Tihti peale poldi ümbruses poldiavad kipuvad ovaalseks kuluma. Põhjuseid võib olla mitmeid. Peamine põhjus on rooste, mis sööb metalli aina õhemaks, kuni metall on liiga õhuke. Näiteks peale teel olevate aukude läbimist mootori raskus mootoripadjal lööb selle allesjäänud õhukese terase katki ja mootoripadi tuleb sillatala

küljest lahti. Järgmiseks võetakse ette tagasild, mis on küll konkreeteetsel seel (**Error! Reference source not found.**) trummelsild, aga samad kohad kehtivad ka ketasõõtsadele.



Sele 3. Tagasild

Pildil on märgitud kahes värvis alad, kus rohelisega on märgitud kohad, mis kipuvad painduma, ning punasega kohad, mis murduvad, mõranevad ja ära roostetavad. Alustatud on number 4-st, kus on ära märgistatud diferentsiaali kinnituskohad. Alumise punase ringi juures on näha kohta, kus poldiavast on suurem tükk ära murdunud ja ava ovaalseks muutunud. Sama võib juhtuda kõigi nelja diferentsiaali kinnitusavadega. Poldiava võib suureks muutuda, kas roostetamise või siis ära murdumise tõttu. Number 5 alt leiab tagumise stabilisaatorivarda kinnituskoha. Tagumise stabilisaatorvarda kinnituskohaga on samamoodi nagu esimesega, mis võib painduda, murduda ja ära roostetada. Number 6 alt leiab amortisaatori kinnituse, mis küll ei mõrane, roosteta, aga suuremale äkitselt juhtuvale löögile võib ära murduda. See on küll harv juhus, aga nii võib juhtuda nii selle generatsiooni mudelil kui ka uuematel. See on harv juhus pigem sellepärast, et selle on tavaliselt põhjustanud hooldamata auto või valesti määratud või ostetud amordisaatorid ja vedrud, mis näiteks august läbi sõites löövad amordi maksimaalse limiidini, enne kui amortiseeruvad. Valesti määratud amortisaatori all peetakse silmas vedru valikut või amortisaatorit ennast, mis pole mõeldud näiteks nii raske auto jaoks või on vedru *coiloverite* peal liiga pehme. Nagu eelnevalt mainitud, siis rohelisega on märgistatud alad, mis kipuvad painduma. Tavakasutuses pigem minimaalselt, aga kui tegemist on sellise sõidukiga, millele on tehtud mootorivahetus ja on originaalist suurema pöördemomendiga asendusmootor, siis on tõenäosus, et originaalsild ei pea sellele pöördemomendile vastu. Jällegi linnaliikluses sellist olukorda pigem ei teki, aga näiteks muudel üritustel, kus tahetakse auto potentsiaali täies mahus ära kasutada.

Sildade modifitseerimise hulka soovitakse luua piki- ja külgsalde adaptreid, Originaalis saab mudelil E30 ainult ees kokku- ja lahkujooksu reguleerida. Autoril on ostetud *coiloverid*, millel on reguleeritavad tugilaarid, millega võimaldatatakse külgsalde muutust, aga tagasild pole reguleeritav.

Baassõidukil soovitakse poldivalemit muuta ja selle muutmisel on kolm põhjust:

1. soovitud mõõtudega velgede kättesaadavus;
2. soovitud võimsusega pidurid ei mahu originaalvelgede sisse;
3. soovitud on kasutada ketaspidureid.

Kaubanduslikult enamlevinud BMW velgede poldivalemi suurus on 5x120. Baassõidukil soovitud poldivalemi kasutamiseks tuleb viia sisse muudatused nii taga- kui ka esisillas. Muudatuste tegemiseks on erinevaid lahendusi. Esisilla lahendusi on mitmeid, näiteks kasutada tänapäeval haruldaseks muutunud E30 M3 käändmikke, mis ei muuda silla geomeetria ja on juba soovitud poldivalemiga. Teiseks saab kasutada järgmise generatsiooni amortisaatoreid ja käändmikke, nende ainsaks probleemiks on silla geomeetria muutus. Kolmandaks on kõige ajakulukam, hõlmates vaheadapterite valmistamist. Tagasilda on võrreldes esisillaga lihtsam modifitseerida, selleks tuleks leida BMW E36 luukpära tagaile või soetada BMW Z4 rattarummud, mida saab pressida originaalse ketasõõtsa rummu asemele. Antud lahendus kehtib ainult keratõõtsadega tagasilla puhul, kuna trummeõõtsadel on väiksem rattalaager.

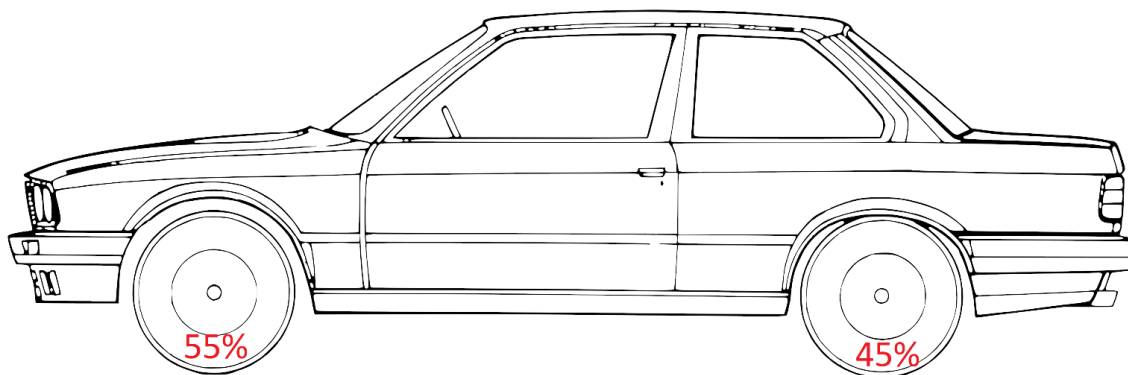
Veermik peab kompenseerima lisaraskust ning 1985. aasta tehnoloogia kaasajastatakse rohkemate reguleerimisvõimalustega kui tehaseversioonil. Selleks plaanitakse kasutada *coilovereid*, mis on juba varasemalt soetatud. *Coilover* kujutab endast vedrustust, mida saab reguleerida vastavalt kõrgusele ja jäikusele. Lähitulevikus plaanitakse kasutada neid samu amortisaatoreid, aga vedrude asemele pannakse õhkpadjad ja selleks on vaja autole paigaldada pneumaatiline süsteem. Selleks, et paigaldada *coilovereid* peab esimesed käändmikud ümber tegema.

Antud masinale soovitakse paigaldada v8 mootor. V8 mootor pärineb BMW E38 740i pealt, mis tähendab, et see on 4,4 liitrine v8 mootor, mis toodab 210 kW ja 447Nm. Mootori täpsem tüüp on M62TUB44. Mootorile tuleks teha kapitaalremont ja paigaldada teise V8 pealt klapivedrud. Teised klapivedrud on vajalikud, kuna paigaldataval asendusmootoril on ühekordsed klapivedrud. Vältimaks ülemiste pöörete läbivajumist, paigaldadatakse 3liitrise v8 mootori pealt kahekordsed klapivedrud. V8 mootori (M62TUB44) nominaalkaal on 185 kg, mis on ca 15 kg rohkem originaalmootorist. Originaalmootoril on malmplakk ja terve mootor kaalub kokku 170kg. Asendusmootor aga

alumiiniumist ja mis kaalub ca 185 kg. Täpset kaalu ei ole võimalik öelda, kuna kaalud varieeruvad. Mootoreid leidis nii elektroonilise segusiibriga, trossiga, egriga jne, mis vähendavad ja suurendavad mootori kaalu. V8 mootor pole mõeldud E30 kerele, seega tuleb projekteerida uued mootorikinnitused.

Teistsuguse mootori puhul paigaldatakse ka teine käigukast. 5-käigulise käigukasti asemel soovitakse panna 6-käiguline manuaal, vähendades maantesõitudel pöördelahemikku. Baassõidukil ei pandud tehases 6-käigulist käigukasti. Selleks kasutatakse BMW E46 käigukasti, mis tuleb täpsemalt 2-liitrilise diiselmootori pealt. Käigukast ei sobi jällegi üks ühele mootori külge, vaid vajaks modifitseerimist. Selleks on sobitamiseks mitu variant: kas osta tuhande euro eest vaheadaptreid ja sellele komplektile kindlaid sidureid ja hoorattaid või lasta käigukasti keevitada. Kolmandaks on kasutada originaal v8 käigukasti, aga 6-käigulisite kättesaadavus on minimaalne. Vaheadapteri komplektide probleem on selles, et see lisab paksust käigukasti ja mootori vahele, mis liigutab käigukasti tahapoole. See tähendab seda, et käigukast ei mahu tunnelisse ära. Lisaks komplekt on kulukas ja sidur ja hooratas sobib ainult selle komplektiga. Autor valis odavama lahenduse, võttes E46 6-käigulise käigukasti, v8 automaat käigukasti ning lasi käigukastil siduri ja turbiinikoja maha lõigata, omavahel ära vahetada ja uuesti kokku keevitada. Originaal käigukasti kinnitust kasutada ei saa, kuna käigukast on kujult teistsuguse ehituse ja kõrgusega. Käigukasti kinnitamiseks on vajalik teha uued kinnitused. Kerepoolseid kinnitusi ehk kere sees välja ulatuvaid kinnituspolte saab vastavalt vajadusele liigutada, mis lihtsustab paigaldamist.

E30 esiots on kaalujaotuselt raskem kui tagumine ots, protsentaalselt kaalujaotus on 55/45 (Sele 4). Kuna mootor on raskem, kus lisakaalu annavad käigukast ja pidurid, siis tõenäoliselt muutub ka kaalujaotus. Baassõiduki esimene pool peaks teoorias veel raskemaks minema, mis tähendab, et auto tagumisse poolde jääks protsentuaalselt vähem kaalu ja auto oleks rohkem alajuhitav. Et seda prandada, plaanitakse aku asukohta muuta ja paigutada see auto pagasiruumi, kasutada teise lahendusega pidurisüsteemi ning kui tuleb õhkvedrustus, paigaldada see samuti pagasiruumi. Kui võtta nende asjade kaalu arvesse, on võimalik saada auto ligilähedasele originaalsele kaalujaotusele.



Sele 4. Kaalujaotus [9]

Nagu eelnevalt mainiti, plaanitakse muuta ka pidurisüsteemi. Originaalis oli konkreetne auto ees ventileeritud ketastega ja trummelsillaga. Kuna auto saab üle kahe korra võimsama mootori, siis võimsama mootoriga paralleelselt käivad ka võimekamad pidurid ja lisaks uudsema tehnoloogiaga süsteem. Alljärgnevas tabelis (Tabel 2) on näha vana ning uue pidurisüsteemi andmeid ja erinevusi.

Tabel 2. Pidurisüsteemi andmed

	Vana	Uus
Eesisild	1 X 38 mm pidurikolb	44 X 40 mm pidurkolb (2 X 2)
	260 X 22 mm piduriketas	325 X 25 mm piduriketas
	Pidurisupport: 4,1 Kg	Pidurisupport: 4,4 Kg
	Efektiivne raadius: 117,5 mm	Efektiivne raadius: 147,5mm
Tagasild	33 mm pidurikolb	40 mm pidurikolb
	258 X 10 mm täisketas	294 X 19 mm piduriketas
	Pidurisupport: 2,7 Kg	Pidurisupport: 2,9 Kg
	Efektiivne raadius: 116,5 mm	Efektiivne raadius: 132mm

E30 kapotialune on mõeldud maksimaalselt rida 6 mootoritele. Suuremõõtmelise v8 mootori selle asemele paigutamisega võib tekkida nii mõnigi probleem. Tõenäoliselt tuleb pedaalide ja pidurivõimendi jaoks teine lahendus leida. V8 mootor, mis autosse läheb, on laiuselt ja kõrguselt suurem. Originaal pidurivõimendit ja silindrit kasutada ei saa. Eestis *drift*'i-võistlustel käies on autor tähele pannud, et paljud

kasutavad E34 pidurivõimendit, mis on originaalis v8 mootoriga auto jaoks mõeldud. See pidurivõimendi on tehasest viidud auto esitulede taha. E34 terviklik süsteem kaalub ligikaudu 9 kilogrammi. Selle süsteemi miinuseks on kaal ja ala, mida see lahendus hõivab. Planeeritud modifikatsioonide kombinatsiooni tulemusel ei ole võimalik paigaldada piduriajami komponente tavapärase mootoriruumi asetusega, vaid võetakse kasutusele *pedalbox*-tüüpi lahendus. *Pedalbox* kujutab endast pidurisüsteemi, kus pole pidurivõimendit, aga on 3 eraldi peasilindrit. 2 silindrit on pidurite jaoks ehk üks esisillas ja tagasillas paiknevatele piduritele ning kolmas silinder on sidurile. Kogusüsteem kaalub ca 3 kg, mis on teisest lahendusest märgatavalt kergem ja kompaktsem. Et seda paigaldada, tuleb selle jaoks vaheadapter teha, kogu protsessi kiirendamiseks telliti USA-st juba valmis tehtud tükk. Et süsteem toimiks korrektselt, on vaja veel arvutada õiged silindri suurused. *Pedalbox*’ile on lisaks sisseehitatud balansseermisvarras, millega saab reguleerida pidurdusprotsenti esimeste ja tagumiste pidurite vahel. Kui muidu eesmised pidurid pidurdavad rohkem kui tagumised, siis selle vardaga saab muuta pidurdamisprotsenti sildades, 50/50, 30/70 jne. Pidurite töösilindrid on erinevate pindaladega, järelikult tuleb neile erineva suurusega peasilindrid paigaldada. Selleks, et korrektse suurusega silinder saada, tuleb need välja arvutada.

2. PRAKTIINE OSA

2.1. Kere

Kere taastamine on tõenäoliselt kõige mahukam ja kallim protsess. Selleks taastamisest alustati kere täieliku liivapritsimisega. Sellega saadi tervelt autolt rooste maha ning nähti ära, kus vajab auto uute kereplekkide vahetust. Peale kliimast ja vanusest tekkinud faktoritele nähti paljaks pritsitud kere pealt eelmiste omanike ebakorrektselt teostatud tööd. Töömaht oli ajaliselt ligikaudu kaks kuud. Sinna aja sisse läks auto liivapritsiks laiali võtmine, aukude parandamine ning ka varasemalt halvasti tehtud tööde ületegemine. Halvasti tehtud tööde all peetakse seda silmis, et roostes kohadadele oli kinnitatud uus metall silikooni, neetide või paari keevituspunktiga. Suurem osa aega kulus keevitamisele ja lihvimisele, mille käigus paigaldati uued välimised karbid, tagumine põll ja tagumised tiivakaared. Kõige säilitamiseks kaeti auto põhi happe- ja epokrundiga ning hiljem kaeti paksu mastiksiga. Baassõidukil oli katus ainuke asi, mis ei vajanud keevitamist. Kuna amordisaatorite, tiivalaiendite, mootori ja muude asjade paigaldamiseks on vajalik kere ülevalt poolt põhja veel keevitada ja lihvida, jäeti üldine keretöö pooleli. Detailid, mis on kerelt eemadatavad, pahteldati ja lihviti sirgeks. Hiljem, kui kõik kinnitused ja detailid on paigas, saab jätkata kere lõpliku pahteldamise, lihvimise, kruntimise jms tegevustega.

Tagumiste amortisaatorite kinnituskohade paksus on 1,5 mm jämedune teras, mille tugevamiseks on läbiva amordisaatori ümber paine tehtud. Nagu varasemalt mainitud, siis see ei ole piisav ning need purunevad ajapikku. Nõrk on see koht ainult amortisaatori kinnituskoha pealt, amordikand ise on piisavalt hästi inseneeritud, nii et selles probleeme ei esine. Amordikannu peale projekteeriti tugevdusplaat, mis katab ülemise osa ära ning milles on uued avad amortisaatori kinnitamiseks. Antud protsess nägi välja mõõtmete võtmisest paberile kandmisega ning saadud andmete kandmine CATIA V5 programmi. Kui detail oli programmis joonestatud, sai valmis joonis välja printitud ja asetatud õige koha peale. Kui kõik klappis, lasti detail välja lõigata laserpingis 3mm S355MC süsinikterasest. Samast materjalist ja sama meetodiga sai tehtud esimestele amordikandudele tugevdused. Kui tagumistele keevitatakse tugevdus otse peale, siis eesmistele paigaldatakse seel (Sele 5) olevalt.



Sele 5. Esimese amordikannu tugevdus

Ainuke erinevus seisnes selle tüki valmistamisega selles, et antud detail tehti 2mm süsinikterasest ning keskel olevatele avadele pressiti süvendid lisatugevduseks sisse.

Tiivalaiendite paigaldamiseks on vaja keret modifitseerida. Tiivalaiendid suurendavad rattakoobast, aga kui originaal rattakoopa välimine plekk jääb alles, siis pole tiivalaienditest kasu. Sellest tulenevalt tuleb originaaltiivad õigesse mõõtu lõigata. Algselt tuleb tiivalaiendid lõplikku asukohta asetada, ära märkides tiivalaiendi piirjooned. Piirjoonest 2-3 cm altpoolt tuleb teha lõige. Esimene poritiib moodustab suure rattakoopa, kus poritiib on ainukeseks plekiks, millele vaja lõige teha. Ees peab saama ratas keerata, seega on vajalik teha kaugem lõige kui tagaosas. Auto tagaosas rattakoobas koosneb sisemisest ning välimisest rattakoopast ja on sisemise rattakoopa suurune. Sellest tulenevalt ei ole vajadust lõigata suurt ava kerele, kuna piisab rattakoopa pikendamisest. Tiivalaiendid on valmistatud klaasfiibrist ning on oht, et sõiduajal keerleva ratta mustri sisse jäänud kivi võib lennelda tiivalaiendi poole ja seestpoolt lüüa väljapool olevast värvist tüki välja. Selle vältimiseks laiendati terasest sisekoopast kuni tiivalaiendi välimise ääreni. Kui baassõiduki esimesed tiivad on polditavad ja tagumised kinni keevitatud, siis tiivalaiendite paigaldamiseks kasutati nii ees- kui tagaosas poltliidet. Originaaltiibadesse sisestati tõmbneedid, kuhu külge keerati läbi tiivalaiendi M5 poldid. Originaaltiiva ja tiivalaiendi vahele

paigaldatakse kummist tihend, mis välistab detailide vahelt väljalendleva vee, tolmu vms sattumist teiste liiklejate poole.

2.2. Veermik

2.2.1. Poldivalem

Poldivalemi muutmise 5x120 suurimaks väljakutseks kujunes esimeste käändmike ümber tegemine. Tagasilla poldivalemi muutmise nägi välja BMW Z4 rattarummu pressimisega rattalaagri sisse. Z4 rattarummu paigaldamisega ei muutunud käsipidurisüsteemi asukoht. Esisillaga oli aga teisiti, nimelt valmistati üleminek originaalkäändmiku teljest uuema generatsiooni rattalaagri ja rummu jaoks, mis on mõõtmetelt suuremad. Selleks soetati uuema generatsiooni esimene käändmik, kust jäi alles telje osa. Telje osa pandi treipinki, seest treiti selliselt tühjaks, et adapter läheks originaaltelje otsa. Lisaks keermestati sisemise osa eesmine ots ära, et saaks antud adapteri keerata telje otsa nagu mutri ja ohutuse mõistes keevitati tagantotsast originaalkäändmiku külge. Selle adapteriga lahendati esisilla poldivalemi muutus, kus peale paigaldamist, sai kasutada E36/46 esimest rattalaagrit ja rummu. Antud adapteri miinuseks on originaalist ratta 1,5 cm väljapoole nihkumine.

2.2.2. Sillatugevdused ja reguleeradapterid

Baassõiduki sildadel puudusid deformatsioonid ning nad olid heas seisukorras. Peamiselt selleks, et vältida nende seisukorra muutust, projekteeriti sillatugevdused. Juhul, kui oleks esinenud minimaalselt defekte, mõrad, rooste vms, oleks antud sillatugevdused taastanud sildade algse tugevduse. Kui silladetailid oleks olnud täielikult deformeerunud või esineks puuduvaid osasid, poleks tugevdustest kasu. Asendusmootor ja käigukast on jäigalt kerekülge kinnitatud, mis võib tekitada lisavibratsiooni, sisepingeid ja mõrasid. Tugevdused vähendaks vibratsiooni. Kõik tugevdused on 3D CATIA V5 tarkvaraga joonestatud, mis hiljem lastud laserlõikuses 3mm S355 süsinikterasest välja lõigata. Sillatugevduste projekteerimise protsess oli aeganõudev, kuna detaile oli palju ning olid erineva profiiliga. Selel (Sele 6) on laserist välja lõigatud detailid, millest väiksem enamus vajab painutamist ning kõik keevitatakse sillatalade ja õõtshoovade külge.



Sele 6. Sillatugevdused

Baassõiduki tagasillas pole võimalik kokku- ja lahkujooksu ning külgakallet reguleerida, mistõttu projekteeriti selle jaoks vastavad adapterid. Adapterid kujutasid endast 4 neljakandilist ruutu (**Error! Reference source not found.**), millel oli keskel ovaalne ava ning kaks kõrgemat külge, kuhu vahele läksid reguleerpoldid. Antud ruudud keevitati originaal õõtsahoovade kinnituskohata, kus avad freesiti ovaalseks nagu adapteritel. Kaks adapteri keevitati ovaali järgi horisontaalselt ning kaks vertikaalselt. Nende orientatsiooni eesmärgiks on vastava kalde muutmine.

2.3. Pidurisüsteem

Suurema diameetriga piduriketaste paigadamiseks ning teise auto pealt kasutatavate pidurisuportide paigaldamiseks projekteeriti vaheadapterid. Adapterid projekteeriti 10mm paksusest S355 süsinikterasest, mis kinnitati poltliitega käändmike ja uute supporite vahele, Pidurid tulevad ilma pidurivõimendita, mis tähendab füüsiliselt peab rohkem jõudu rakendama, et pidurid rakenduks. Mitme ja mõõtmetelt suurema pidurikolviga supporti paigaldamisel kasvab piduri kolvi pindala ning ja suurema diameetriga pidurikettastel kasvas piduriketta efektiivne raadius. Kasutataval *pedalbox*'il, mille asemel algselt oli pidurivõimendi, on 3 peasilindrit, millele tuleb korrektse pindalga silindrid arvutada, selleks et pidurid pedaali vajutamisel blokki ei läheks või pidurdusjõust liigselt puudu ei jääks. Kuna antud

autole jäeti originaalsidur, pole vajadust arvutada silindri suurus ning on teada, et sinna läheb standartne 0.75'' peasilinder. Pidurite peasilindri arvutamisel tuleb arvesse võtta piduri supporti kolvide pindala, erinevaid autoga seotuid kaale, samuti *pedalbox*'i pedaali jõuõlga jne. Sõiduk on hetkel valmimisel, seega ei ole teada täpseid sõiduki sillakaale ning selleks võeti umbmäärased kaalud, mis kaalu võiks komplektne sõiduk jääda. Peasilindrite arvutamise lihtsustas valmis kalkulaator, kuhu pidi sisestama numbrilised suurused ja arvutati nende järgi korrektse pindalaga peasilindrid. Antud seel (Sele 7) on näha küsitud parameetreid ning välja arvutatud tulemusi.

First read the DISCLAIMER	Standard	Metric	Help
Weight of car under both front wheels	lb	610 kg	?
Weight of car under both rear wheels	lb	535 kg	?
Aerodynamic downforce at top speed	lbf	0 kgf	?
Wheelbase of car	in	2570 mm	?
Distance from center of gravity to ground	in	110 mm	?
Distance from front axle to center of downforce	in	0 mm	?
Total area of front brake caliper pistons	in ²	11103 mm ²	?
Total area of rear brake caliper pistons	in ²	5024 mm ²	?
Effective radius of front brake rotors	in	300 mm	?
Effective radius of rear brake rotors	in	269 mm	?
Rolling radius of front tires	in	305 mm	?
Rolling radius of rear tires	in	305 mm	?
Coefficient of friction of front tires		0.9	?
Coefficient of friction of rear tires		0.9	?
Coefficient of friction of front brake pads		0.4	?
Coefficient of friction of rear brake pads		0.4	?
Tandem Master or Dual Master Cylinders		2	?
Brake booster assist ratio	: 1	1 : 1	?
Brake pedal ratio	: 1	6.25 : 1	?
Force on brake pedal for maximum deceleration	lbf	34 kgf	?

CALCULATE

Master Cylinder Front: mm ϕ_{int}

Master Cylinder Rear: mm ϕ_{int}

Brake Balance (Bias): %_{front}

Max. Deceleration: g

Weight_{front} @ Brake_{min} %_{front}

Weight_{front} @ Brake_{max} %_{front}

Hydr. Pressure Front: kg/mm²

Hydr. Pressure Rear: kg/mm²

This calculator runs for free. I hope you find it useful. If you have any questions or suggestions please [let me know](#).

Sele 7. Piduri peasilindri kalkulaator [10]

Antud lehel olid olemas vajalikud kalkulaatorid ja selgitused selle täitmiseks, arvutades näiteks esimeste pidurite ruumala, milleks saadi 11103 mm² ning tagumistel 5024 mm². Pedaali jõuõlg *pedalbox* 'iga kaasas olevalt andmelehelts saades oli 6,25:1, originaalis aga 6,1:1. Arvutuse lõpuks saadi, et esimestele piduritele on vajalik 1,125'' peasilindrit ning tagumistele 0.9375'' peasilindrit.

Teist tüüpi pidurisüsteemi, piduriketaste ning supportidega muutub pidurdusjõud ja pidurdusmoment. Kontrollimaks tabelist saadud väärtuste tulemusi, võrreldakse originaal ning uue süsteemi sobivust arvutustega, kus arvutustes kasutatakse tabeli (Tabel 2) andmeid:

- Raskus pedaalile (vt. võrrand (1))

$$F = m * Pr = 60 * 6.25 = 375 \text{ kg} \quad (1)$$

kus: m mass, millega pedaali surutamse, kg;

Pr pedaali jõuõlg.

- Peasilindri pindala (vt. võrrand (2))

$$S = \pi * r^2 = \pi * 14.3^2 = 642 \text{ mm}^2 = 6.42 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

kus: π 3.14;

R pidurikolvi läbimõõt, mm.

- Pidurisüsteemi rõhk (vt. võrrand (3))

$$P = \frac{F}{S} = \frac{375}{6.42} = 58 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{3750\text{N}}{0.000642\text{m}^2} = 8426966\text{Pa} = 58 \text{ Bar} \quad (3)$$

kus: F surve pedaalile, kg;

S peasilindri pindala, cm^2 .

- Pidurkolvile mõjuv jõud (vt. võrrand (4))

$$F_n = p * S = 5.8 * 1519 = 8810 \text{ N} \quad (4)$$

kus: P Pidurisüsteemi rõhk, N/mm^2

S Pidurisilindri pindala, mm^2

- Pidurdusjõud (vt. võrrand (5))

$$F_b = 2 * \mu * F_n = 2 * 0.38 * 8810 = 6696 \text{ N} \quad (5)$$

kus: F_n Pidurikolvile mõjuv jõud, N;

μ Hõõrdetegur, 0.38.

- Pidurdusmoment (vt. võrrand (6))

$$T_b = F_b * r_e = 6696 * 0.1475 = 987.7 \text{ N} \quad (6)$$

kus: F_b Pidurdusjõud, N;

r_e Piduriketta efektiivne radius, m.

Arvutustes 1-5 tehakse läbi esisilla peasilindri ning 44mm diameetrise kolvi mõõtmatega. Paigaldatavatel esisilla supportidel on 4 kolbi, seega tuleb arvestada ka 3 ülejäänuga. Esisilla ja tagasilla peasilindrid erinevad, millest tulenevalt tuleb ka seda arvesse võtta. All järgnevas tabelis (Tabel 3) on näha koondandmeid, kus on arvestatud originaal- ja paigaldatava pidurisüsteemi pedaali jõuõlgasid, piduri kolvide mõõtmete erinevusi ja hulk ning peasilindrite andmeid, mis on eelnevate valemite abil läbi arvutatud.

Tabel 3. Pidurisüsteemide koond näidud

	Esisillas		Tagasillas	
	Vana	Uus	Vana	Uus
Raskus pedaalile, kg	366	375	366	375
Peasilindri pindala, cm ²	2.83	6.42	2.83	4.45
Pidurisüsteemi rõhk, bar	129	58	129	84
Pidurikolvidele mõjuv jõud, N	29244	64380	1710	21000
Pidurdusjõud, N	22226	24466	1300	16036
Pidurdusmoment, N	2612	3609	151.4	2116

Arvutustest saadi teada, et esisilla pidurite jõudlus paranes minimaalselt, aga tagasilla piduritega drastiliselt. Esisillas pidurdusjõud suurenes vaid 2000 N võrra, kuid tagasillas oli 12-kordne jõu erinevus. Standartse pidurisüsteemi vahetamine *pedalbox*-süsteemi vastu ei muutnud süsteemi halvemaks, langetas küll pidurisüsteemi rõhku kuid tõstis pidurdusjõudu ja -momenti.

2.4. Jõuülekanne

2.4.1. Mootor

Mootori paigaldamisel on mitu problemaatiliselt kohta. Antud mootor, nii nagu oli, ei mahtunud lansekate ehk kerepoolsete talade vahele, kuhu kinnitub esimene sillatala ja kõik sinna kuuluv. Teiseks, kui mootori laiust mitte arvestada, siis kõrguse poolest jäi ruumi puudu. See tähendas, et mootori sisselase takistas kapoti täielikku sulgemist. Mootor ei mahtunud lansekate vahele sellepärast, et paigaldataval mootoril on vesijahutusega generaator, mis läks vastu lansekaid. Vesijahutusega generaator on 140-ampriline, mis on mõeldud elektroonikat täis 7. seeria BMW jaoks. 1985. aasta baassõiduk on seevastu suhteliselt analoog võrreldes 7. seeriaga ning pole vajadust nii suure tootlikkusega generaatorile. Selleks leiti lahendus, et saab kasutada 3-liitrise v8 pealt võetud harjadega generaatorit, mis toodab 120 amprit ja on piisava tootlikkusega baassõiduki jaoks. See lahendus lihtsustab jahutusvedeliku süsteemi ning tänu mõõtmistelt väiksemale generaatorile mahub ka mootor lansekate vahele. Generaatori kinnituste poole pealt tuleb kasutada sama mootori pealt kasutusel olevat otsakaant, mis on ehituselt sama, mis kinnitub teise asemele. Generaatori lahendus aga ei lahenda mootori kõrguse probleemi. Selleks peab mootorit allapoole tooma. Allapoole toomiseks oli vaja mootori karterit modifitseerida. Mootoril on kaks karterit, üks vahekarter, teine alumine karterikaas. All seel (Sele 8) on näha vahekarterit.



Sele 8. M62TUB44 vahekarter

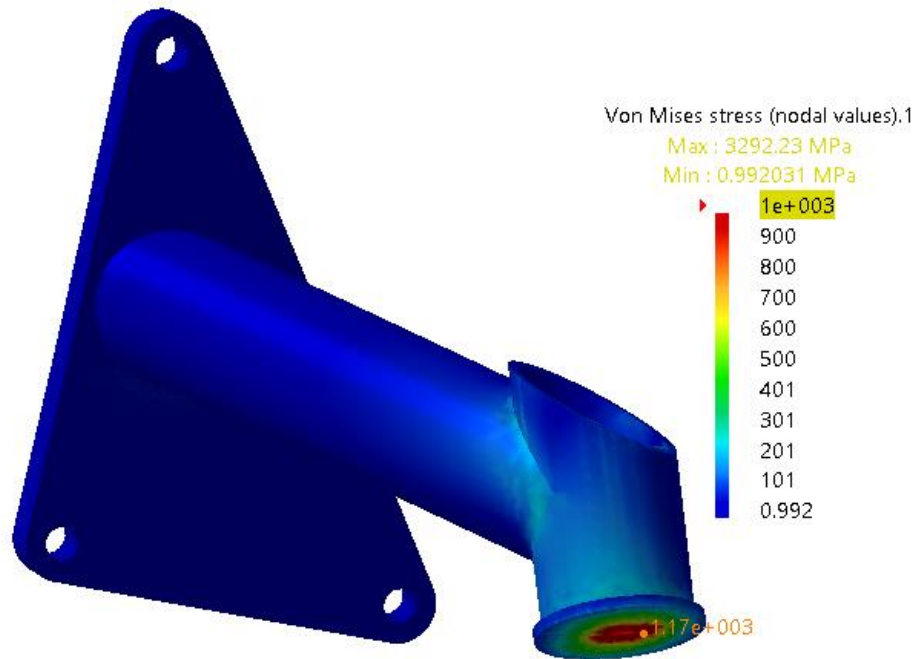
Vahekarteri keskosas on kalle õli tagasi voolamiseks. Selleks, et mootorit alla poole tuua, vajab vahekarteri keskmist osa, seel (Sele 8) märgistatud punasega, modifitseerimist. Keskmise osa kaldenurga vähendamise saadi 3-4 cm mootorit alla poole. Antud osa tuli küljest lõigata ja uus materjal asemele keevitada. Õlihulk antud protseduuriga seoses ei muutunud, kuna õige karter asub paremal pool all pool.

Mootori õigele kõrgusele saamine oli üks probleemidest, teiseks probleemiks on aga mootori kinnitamine. Originaalkinnitusi ei saadud kasutada, seega tuli projekteerida uued mootorikinnitused. Mootorikinnituste jaoks pidi nii mootori kui ka auto kere loodi asetama ning seejärel alustati kinnituste valmistamisega. Mootori kinnitused koosnesid kolmest osast: mootoripoolne flants, sillaraami flants ja toru, mis neid ühendas. Originaalmootori kinnitustelt võeti mõõdud, et kanda need CATIA V5 programmi. Mootoripoolsed flantsid olid 10mm paksust süsinikterasest, sillatalapoolsed 3mm paksusest S355 süsinikterasest ning toru, mis neid ühendab külmtõmmatud õmbluseta E355 3mm seinapaksusega torust, mis kõik on omavahel kinni keevitatud.

Selel (Sele 9) on kuvatud parempoolse mootorikinnituse analüüs. Kuna vasakpoolses ja parempoolses mootorikinnituses on kasutatud samu materjale (Tabel 4), mis on samamoodi koostatud ning erinevad mõõtmetelt minimaalselt, leiti, et piisab ainult ühe kinnituse analüüsist. Mootori kaal ja kinnituse kaalud kokku on 172 kg, mis teeb 1700N. Mootorikinnitus kinnitub mootori külge kolme M8 poldiga ning sillaraami külge M10 poldida. Kolmekordne varutegur mootorikaalust on 5500N, kuna mootor on toetatud kahe kinnitusega ja mingil määral ka käigukasti poolt, siis jagatakse 5500N pooleks. Analüüsis rakendati mootoripoolsele flantsile risti- ja pikisuunal 2500 njuutoniga ning kinnitati alumise kinnitus kohast kinni. Mootori kinnitusele oli projekteeritud 2mm paksust terasest plaat, millest läheb M10 polt läbi. Analüüsist aga selgus, et see pole piisav, kuna sinna rakendus üle 1500N ning sellele pingele mootorikinnitus vastu ei peaks ja puruneks. Poldi avale jaotub jõud võrdselt ning visuaalselt on näha, et ava ümbrus on liigse pinge all. See viitab sellele, et antud materjali paksust jääb väheks. Kui antud kohta arvesse mitte võtta, oli maksimaalne pinge 250N, mis on väiksem kui materjalide voolavuspiir, ning kui kasutada sillaraamipoolisel kinnitusel paksemast terast, vastaksid mootori kinnitused tingimustele.

Tabel 4. Mootori kinnituse algandmed [11] [12]

Mootori kaal, kg		170
Mootori kinnitus, kg		1
S355	Voolavuspiir, MPa	355
	Tõmbetugevus, MPa	650



Sele 9. Mootori kinnituse tugevusanalüüs

2.4.2. Käigukast ja kardaan

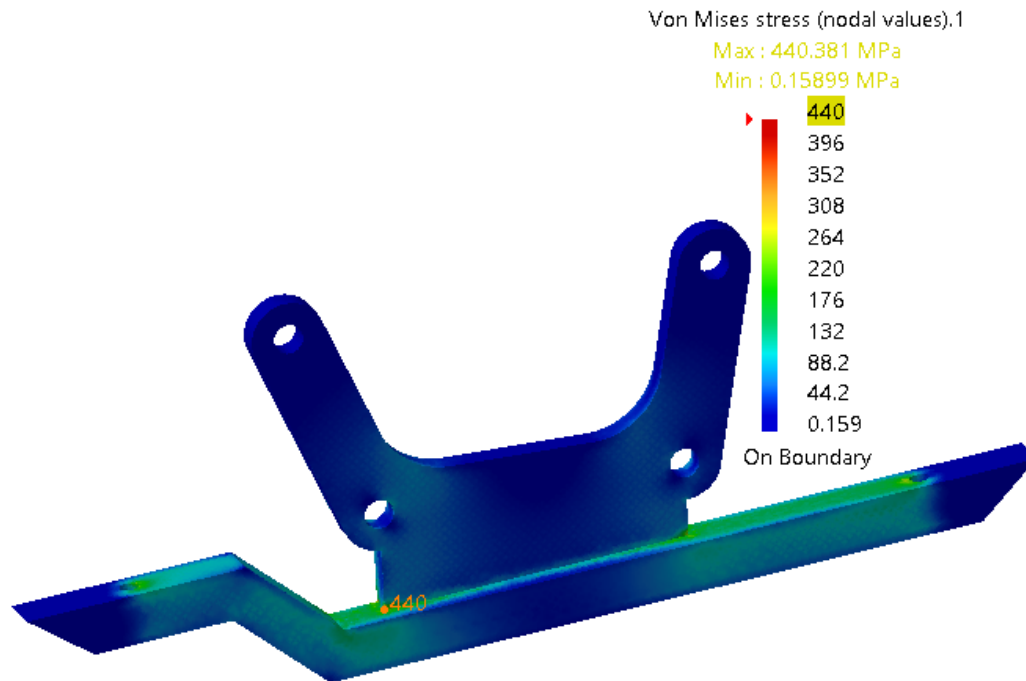
Käigukast sarnaselt mootorile vajab uusi kinnitusi. E30 ega ka E46 käigukasti kinnitustala kasutada ei ole võimalik. Käigukasti kinnitamist lihtsustas asjaolu, et kerepoolseid kinnituspolte on võimalik nihutada vastavalt vajadusele. Kuna antud käigukast on originaalist pikem, saab kinnituspoldid liigutada tahapoole ja ei pea kere sisse uusi polte monteerima. Kere ja käigukasti vaheline kinnitus vajab projekteerimist. Käigukasti kinnitus koosneb kokku 2 osast, käigukasti flants, mis projekteeriti CATIA V5 programmis ning lasti välja lõigata 8mm paksust S355 süsinikterasest. Käigukasti kinnituskohad on erineva kõrgusega, mis tähendas 20x40mm 2mm seinaga S235 süsinikterasest nelikanttoru lõikamisest, saades õige kõrguse ja kujuga talakasti flantsi kinnitamiseks. Nii tala ise kui ka käigukasti flants keevitati omavahel kinni.

Kui kinnituskrontstein oli kinni keevitatud ja auto külge monteeritud, teostati turvalisuse tagamiseks materjali tugevusanalüüs. Antud krontstein kinnitub nelja M10 poldiga käigukasti külge ning kahe M8 poldiga kere külge. Kinnituse puhul võeti arvesse kasutatavaid materjale, nende mehaanilisi omadusi ja kaale, mis on leitav tabelist (Tabel 5).

Tabel 5. Käigukasti kinnituse algandmed [11]

Käigukasti kaal, kg		65
Käigukasti kinnitus, kg		0.75
S235	Voolavuspiir, MPa	235
	Tõmbetugevus, MPa	360
S355	Voolavuspiir, MPa	355
	Tõmbetugevus, MPa	510

Analüüsis tulemust on näha seelt (Sele 10). Analüüsis pandi kinnitus kinni kerepoolsete kinnituste kaudu ning rakendati 2000 njuutonit risti- ja pikisuunal käigukasti külge kinnituvatele flantsi avadele. Käigukast ja kinnitustala kaaluvad kokku 65,75 kg, mis teeb ligikaudu 650 njuutoni, millest omakorda kolmekordne varutegur teeks kokku ümardatult 2000 njuutoni. Maksimaalne pinge (440 MPa) mõjub käigukasti flantsi alumistesse nurkadesse. Kuna antud flants on keevitatud samadest kohadest alumise tala külge, siis antud kohtadel on keevitusest tekkinud radiused. Raadiused jaotavad võrdselt pinge laiali ja alles jäävad suhteliselt väiksed jõud. Järgmisena talale mõjuv maksimaalne pinge ligikaudu 220 MPa asetseb kinnitusavade ligidal, pikematel sirgetel ja nurkades. Kuna materjali enda voolavuspiir on kõrgem kui analüüsis rakenduv pinge, kannatab kinnitus hoida käigukasti.



Sele 10. Käigukasti kinnituse analüüsi tulemus

Mootori ja kasti mõõtmed erinevad originaalmõõtudest ning asetsevad teises asukohas. Kuigi diferentsiaal jääb originaal asukohta, peab kardani modifitseerima. Kardaane on erinevaid ehk erineva pikkusega ja käigukasti flantsi suurusega. Nimelt diislitel ning rida 6 mootoritel oli mõõtmetelt suurem ehk 188mm diameetriga peaülekanne ja käigukasti leevendi, väiksematel r4 mootoritel, aga 168mm. Vajaliku kardani valmistamiseks kasutati r4 mootori kardani tagumist otsa ning r6 mootori esimest otsa. R4 mootori tagumist otsa kasutati sellepärast, et selle pikkus jättis kardani vahelaagri originaal asukohta. R6 mootori esimest otsa tuli aga 15 cm lühemaks teha. Selleks lõigati treipingis vastav mõõt maha, maha lõigatud jupp tehti parajaks ja pandi kahe toru sisse ning keevitati uuesti kokku. Hiljem kui kõik valmis, läheb kardaan balansseerimisse.

3. KULUARVESTUS

Alljärgnevas tabelist (Tabel 6) leiab aja- ja materjalikulu detailide valmistamiseks. Kõige ajanõudvam oli kere taastamine, kuna selle taastamine veel poolik, lisandub selle hulka lisaks aega ja materjale. Materjalikulu saamiseks kasutati Fractory.ee veebilehte, kelle kaudu telliti laserlõikusest detailid. Antud rahaline kulu on võetud eraldi kategooriate kaupa. Kui antud detaile algselt telliti, erinesid hinnad tabelis kuvatud hindadest, kuna telliti enamik asju ühe korraga, millega langes lõikuse hind. Tabelis pole võetud arvesse laserlõikuse seadistamise tasu, ruumide renti, elektri jms hindu. Neid kõike on raske arvesse võtta, kuna ei pandud täpselt kirja, kui kaua kulus aega ja raha kogu protsessi detailidele.

Tabel 6. Detailide aja- ja materjali kulu

Kategooria	Ajakulu, h	Materjali kulu, eur
Kere	240	Tabel 8
Poldivalem	14	25
Sillatugevdused	30	100
Amordi kandude tugevdused	8	40
Piduri adapterid	10	40
Poldivalemi adapterid	14	25
Mootori kinnitused	14	75
Reguleer adapterid	2	10
Käigukasti kinnitus	10	35

Selleks et teada saada, mitu komplekti ning mis hinnaga müüma peaks, kasutatakse arvutamisel tabeli (Tabel 7) andmeid. Rahaliselt odavam on sisse osta 10 komplekti lõikust korraga, kui tellida üksikhaaval. Detailidele laserlõikusest saabudes lisakulusid ei teki, kuna neid pole vaja keevitada ega painutada. Detailide monteerimise teostab klient ise, juhul kui klient ei soovi teisiti. Saatmistasud ning materjali hinna muutused, lähevad muude kulude alla, mida klient juurde maksuma ei pea.

Algselt on vajalik teada, kui palju on ühe komplekti maksumus. (vt. võrrand (7))

$$X = \frac{M_k + (A_k * h) + m_k}{10 \text{ kmpl}} = \frac{200 + (30 * 15) + 100}{10} = 75\text{€} \quad (7)$$

kus: M_k Materjali kulu, eur;

A_k Ajakulu, h;

H Tunnitasu, eur;

m_k Muu kulu.

75€ on detailide kulu ning koos kasumimääraga (kulu * kasumimäär = 75*0.2=15€) saadakse toote hinnaks 90€. Kui mitte arvestada detailide valmistamisel projekteerimis- jms kulusid, siis läheb nende tootmine maksma 30€ ning 60€ oleks kasum.

$$X = \frac{A_k * h}{Y} = \frac{450}{60} = 7.5 \text{ kmpl} \quad (8)$$

kus: Y Kasum, eur;

A_k Ajakulu, h;

h Tunnitasu, eur.

Detailide projekteerimis kulude kattmiseks on vajalik aga müüa 7,5 komplekti (vt. võrrand (8). Hetkesisuga on silla tugevdamise komplektid müügis olnud 2-3 kuud ja müüdud 7 komplekti hinnaga 90€. Sama ajamääraga ja hulgaga arvestades oleks aasta tulu 1650€. Reaalsuses pole pidevalt sellist tungi antud detailidele ning kui eesmärk on pidev tootmine ja müük, peaks taolist teenust pakkuma ka välismaale.

Tabel 7. Arvutuse algandmed

Materjali kulu, 10 kmpl, €	200
Tunnitasu, €	15
Muu kulu, €	100

Kasumimäär, %	20
Ajakulu, h	30

Sõiduk on hetkel valmimisel, mistõttu müügis olevate detailide tootmine ajutiselt seisab, küll aga on 3 inimest avaldanud poldivalemi ning piduri adapteritele soovi. Sellest võib järeldada, et nõudlust modifikatsioonide vastu antud sõiduki põhjal on. Tõenäoliselt läheb aega veel aasta, et sõiduk lõplikult valmis saaks. Kui auto valmis, minnakse Transpordiametisse sõidukit ja selle modifikatsioone näitama. Juhul kui saadakse sealt heakskiit, võib tehtud tööd edukaks pidada.

Antud tabelis (Tabel 8 **Error! Reference source not found.**) näeb tervet materjali, osade, sisse ostetud tööde jne kulu, mis on läinud antud sõiduki modifitseerimiseks maksma.

Tabel 8. Kulu arvestus.

	Kulu	Hind, eur
1.	E30	400
2.	Liivaprits -> ketasõõtsad	90
3.	Tagaistujate jalgealune+ tulemüür	60
4.	Happekrunt+kõvendi	60
5.	Karbid+ koopa remondikomplekt	132
6.	Sillatugevdus juppide lõikamine	25
7.	Tagapaneel	80
8.	Teine juhrestik	40
9.	Auto liivaprits	500
10.	Tagasilla adapter kit	66
11.	Tagasilla camber juppide lõikamine	10
12.	Epokkrunt 3L	110
13.	Mootorikäpad + karteri ümbertegemine	150
14.	Juhtmestik	40
15.	Polupuksid+ test värv (150g X2)	207
16.	6tk kereliim	39
17.	Metall leht 1mX1m	13
18.	Keevitusgaas 50L + rent	225
19.	Lõikekettad 20tk	27
20.	Mastiks 8L	79
21.	E38 730d 4kolvilised brembo	60

	Kulu	Hind, eur
22.	2tk tikkpolt, 4tk regullpolt	17
23.	E36 esimesed käändmikud x4	20
24.	Pulbervärv	100
25.	Voolikud 8mm/4m ja 14mm/4m	22
26.	Voolikuklambrid	7
27.	Pandem widebody kit	250
28.	Aerosoolid	25
29.	E30 tagumised rattalaagrid 42mm	22
30.	Z4 tagumised rattarummud (33416752381)	23
31.	Osalised maalritööd	150
32.	E36 esimesed rattarummud laagriga	50
33.	Kütusetoru 10m 8mm	45
34.	Rattalaagri stopperõngad	2
35.	Esitiivad	10
36.	325 pidurikettad 34216864056 (294mm)	41
37.	330 pidurikettad 34116864047 (325mm)	41
38.	Klaasfiiberpahtel 1,8kg	15
39.	Silikoonpesu 3 liitrit	15
40.	E46 325 125kw tagumised supportid ja kandurid	30
41.	Tagumise istme seljatugi	5
42.	M62B44	900
43.	Mootoripesu õli	20
44.	X5 4.4 õlifiltri jalg	25
45.	Pahtel: 1kg klaaskiud, 1kg peen	20
46.	2L hall täitekrunt, 3tk pahtel(klaas,soft,ultrasoft)	93
47.	Küljekarbi katted	80
48.	Spoiler ja esimene lip	170
49.	Otsakaane keevitus	20
50.	M62 kasti koda	30
51.	Esistange tala koos amortide ja kinnitustega	25
52.	vihmarenni 2x pikka liistu, pagassi rõhu klapid 2x, kapotiross koos lukuga, kunde esitiib, 2x esitiivaliist, kunde kondi jalge aluse toru	50
53.	Külgmised suunatud	10
54.	Tagumine stange koos tala ja liistudega	55
55.	Vasak esitiib	20

	Kulu	Hind, eur
56	Kapott	40
57	Luku komplekt, klaas, liistud, tihenidid, jne	25
58	6ne käigukast E46 2.0d	200
59	hall täitekrunt + klaasfiiber pahtel	41
60	4x klotsid + 2x brembo rem. Komplekt	110
61	E46 rem. Komplekt + 3 pidurivoolikut	35
62	Pidurite prits+ pulbervärv	80
63	Tagumised käetoega istmed, tagumised stange amordid, eesmised kõlarikatted, <i>shadow line</i> liisturing, aknatihendid 2x	130
64	BC Raching Coilovers	839
65	Esiklaas	65
66	2tk purki klaasfiiberpahtel	60
67	R15 Style 17 valuveljed	70
68	Generaator	30
69	Pedalboxi adapter garagistic + dekla	231
70	Wilwoodi pedalbox + dekla	271
71	Garaazi üür	240
72	Piduritoru (10m) koos otsade (8) ja kolmikutega (3)	40
	KOKKU	7328

KOKKUVÕTE

Lõputöö raames teostati 1985 aasta BMW E30 peale mootori ja käigukasti vahetus, paigaldati uus pidurisüsteem, projekteeriti kere- ja sillatugevdused, tagasilla piki- ja külgskalde adapterid ja muudeti poldivalemit. Samuti likvideeriti puudused kere seisukorras ning paigaldati tiivalaiendid. Muudatused lahendati ja projekteeriti selliselt, et oleks kooskõlas määrus 42ga: mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele.

Töö käigus teostati mitmeid analüüse ja arvutusi. Kuna baassõiduki pidurivõime asemel kasutatakse pidurivõimendita peasilindreid, siis oli vajalik teha arvutusi, et leida, mis suuruses peasilindreid uues pidurisüsteemis kasutama peab. Arvutati ka baassõiduki ja paigaldatava pidurisüsteemi pidurikolvide pindala, pidurdusjõudu ja -momenti, ning võrreldi neid omavahel. Arvutuste põhjal selgus, et uue süsteemi pidurdus efektiivsus erines esimeste pidurite vahel minimaalselt, kuid tagumiste pidurite korral 12 kordselt. Töö käigus analüüsiti valminud mootori ja käigukasti kinnitusi. Analüüsis võeti arvesse valmistamise meetodit, kasutatud materjale ja nende omadusi ning detailidele rakenduvaid jõudusid. Kui käigukasti kinnitus vastas tingimustele, siis mootori kinnituse puhul esines puudujääke. Analüüsist tuli välja, et sillaraami poolse kinnituse materjali paksusest jäi puudu ja oleks purunenud.

Hetkeseisuga on müügis sillatugevdus komplektid, mida on müüdud 7 komplekti kolme kuu jooksul. Alates 8ndast komplektist on sillatugevduste projekteerimise ja valmistamise kulud kaetud ja algab kasumi teenimine. Sõidukile projekteeritud poldivalemi ja pidurisupporti muutmise jaoks mõeldud adapterid hetkel müügis pole, küll aga kolm inimest on soovi avaldanud. Sellest võib eeldada, et nõudlust antud toodete vastu on, kui on nõudlust on ka turgu.

Auto ehitus on hetkel poolik, küll aga hetke seisuga on sõiduki modifitseerimiseks kokku kulunud 7328€. Antud hind koosneb auto ostuhinnast, sisse ostetud teenuste ning kulunud materjali hinnast. Tehtud töö ajakulu selle hinna sisse arvestatud pole.

Ennem lõputöö lõppu ei suudetud auto täielikult valmis teha, sellest tingitult ei ole võimalik kooskõlastada projekteeritud lahendusi Transpordiametiga. Kui sõiduk saadakse valmis, näidatakse Transpordiametis ette ja aksepteeritakse muudatused, võib pidada kogu protsessi kordaläinuks.

SUMMARY

As part of the dissertation, the engine and gearbox were replaced on the 1985 BMW E30, a new braking system was installed, body and axle reinforcements were designed, longitudinal and lateral tilt adapters for the rear axle were designed, and the bolt formula was changed. Defects in the condition of the bodywork were also eliminated and widebody were installed. The changes were resolved and designed to comply with Regulation 42: Technical requirements and equipment requirements for motor vehicles and their trailers.

In the course of the work, several analyzes and calculations were performed. As non-power-assisted master cylinders are used instead of the base vehicle's power brake. It was necessary to make calculations to find out the size of the master cylinders to be used in the new braking system. The area, braking force and torque of the brake pistons of the base vehicle and the braking system to be fitted were also calculated and compared. The calculations showed that the braking efficiency of the new system differed minimally between the front brakes, but 12 times for the rear brakes. During the work, the fastenings of the completed engine and gearbox were analyzed. The analysis took into account the method of manufacture, the materials used and their properties, and the forces applied to the parts. If the gearbox mount met the conditions, but there were deficiencies in the engine mount. The analysis showed that the thickness of the fastening material on the subframe side was too thin and would be broken.

Currently, subframe reinforcement kits are for sale, where 7 sets sold in 3 months. From the 8th set onwards, the costs of designing and manufacturing subframe reinforcements are covered and profit-making begins. Adapters designed to change the bolt formula and brake caliper designed for the vehicle are not currently on sale, but three people have expressed a wish. It can be assumed that there is a demand for these products, when there is demand there is also a market.

The construction of the car is currently incomplete, but at the moment a total of € 7,328 has been spent on modifying the vehicle. This price consists of the purchase price of the car, the price of purchased services and cost of the material. The time cost of the work done is not included in this price.

Before the end of the dissertation, the car could not be completed, due to which it is not possible to coordinate the designed solutions with the Transpordiamet. When the vehicle is completed, the changes

are presented to the Transpordiamet and the changes are accepted, the whole process can be considered successful.

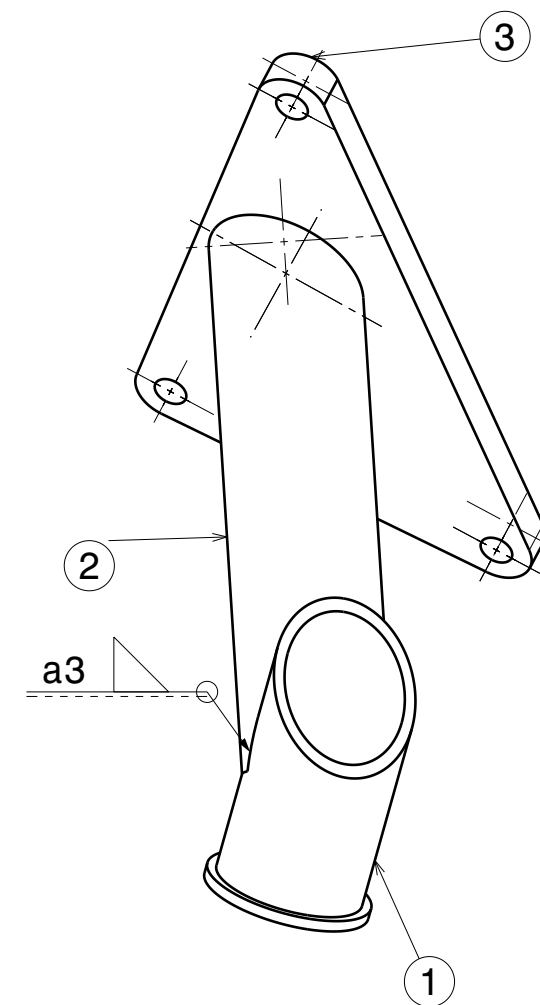
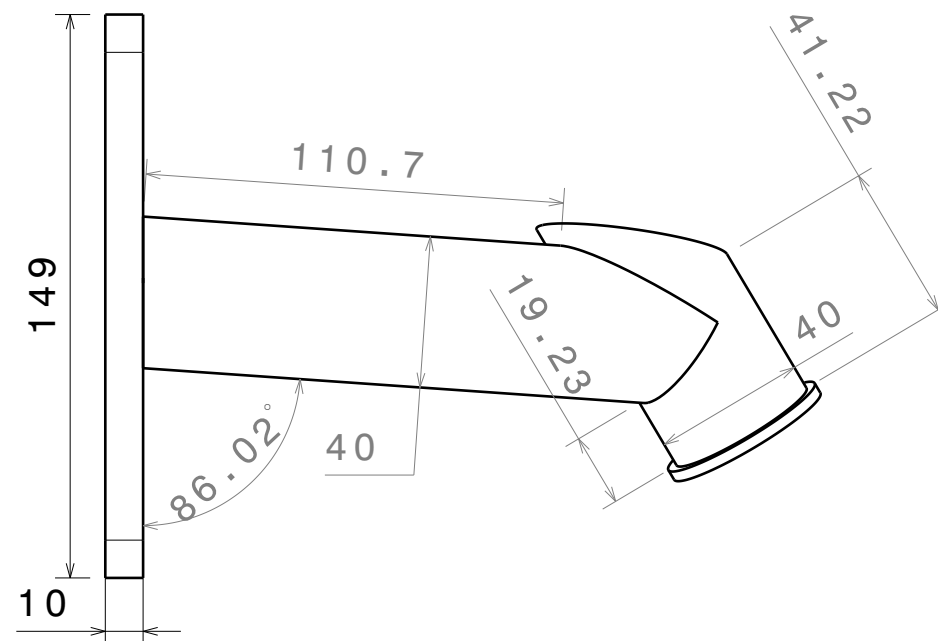
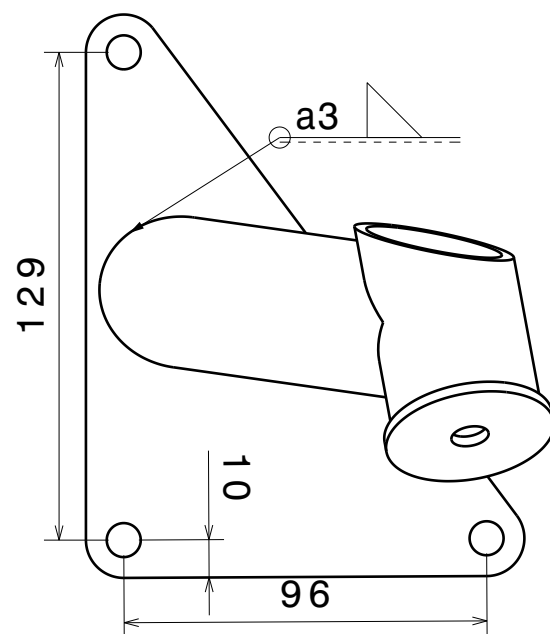
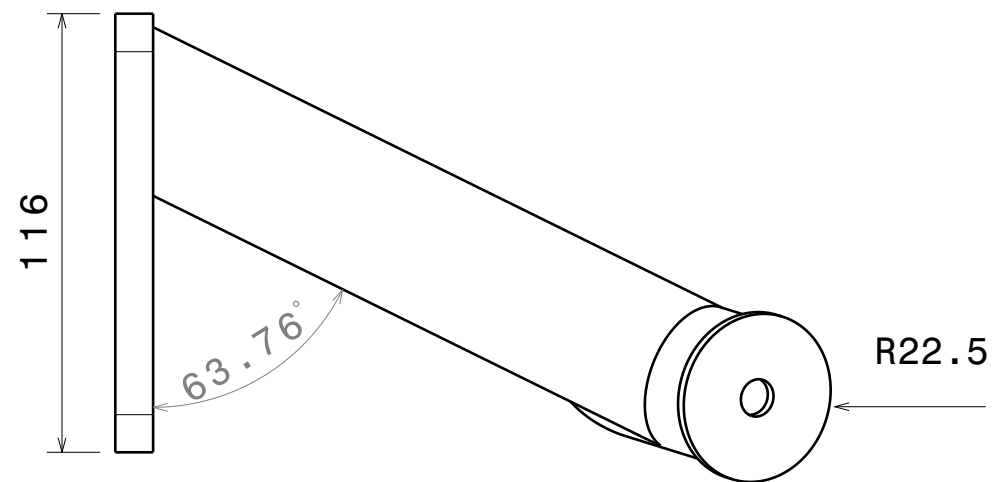
VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Transpordiamet, "Sõidukitega tehtud toimingute statistika," 30 August 2020. [Online]. Available: <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/soidukid/soidukitega-tehtud-toimingute-statistika#tab-1>, https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/statistika/s6idukid/arvel_m1-300920.xlsx. [Accessed 18 Aprill 2021].
- [2] Transpordiamet, "Tehnoülevaatuse statistika," 2018. [Online]. Available: <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/tehnoulevaatuse-statistika>, https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Ylevaatajad/statistika/2018/aasta_2018.xlsx. [Accessed 30 Aprill 2021].
- [3] Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, 13 Juuni 2011. [Online]. Available: https://www.riigiteataja.ee/aktiisa/1230/8201/9003/MKM_m54_lisa2.pdf#. [Accessed 30 Aprill 2021].
- [4] Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, 13 Juuni 2011. [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/aktiisa/1270/4201/8002/MKM42lisa1.pdf#>. [Accessed 30 Aprill 2021].
- [5] Tehnoülevaatus.ee, 26 August 2019. [Online]. Available: <https://www.tehnoulevaatus.ee/uudised-tehnonouete-maarus-kommentaari/>. [Accessed 30 Aprill 2021].
- [6] Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, 20 Veebruar 2019. [Online]. Available: https://www.mnt.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/mkm_37_39_42_seletuskiri.pdf. [Accessed 1 Mai 2021].
- [7] Hellbad, "bimmerforums.com," 3 September 2012. [Online]. Available: https://www.bimmerforums.com/forum/showthread.php?1802650-Thoughts-on-E36-E46-Rear-Integrated-Suspension-Setup&fbclid=IwAR303378H78n_nvXbxgUX3eBLjQv0msH-.

- [8] ECS Tuning, "ECS Tuning," 20 April 2021. [Online]. Available: <https://www.ecstuning.com/b-genuine-bmw-parts/7-cross-member/31111130707/..>
- [9] Spaceman1980, "Imur," 2 August 2019. [Online]. Available: <https://imgur.com/a/TbIYxzz>. [Accessed 8 Mai 2021].
- [10] Brakepower, 13 Jaanuar 2020. [Online]. Available: <https://brakepower.com/>. [Accessed 2 Mai 2021].
- [11] N. Gilbert, "AZO Materials," 11 Mai 2012. [Online]. Available: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6022>. [Accessed 7 Mai 2021].
- [12] SteelGr, "China steel suppliers," 7 Mai 2021. [Online]. Available: <https://www.steelgr.com/Steel-Grades/Carbon-Steel/e355.html>. [Accessed 7 Mai 2021].

LISAD

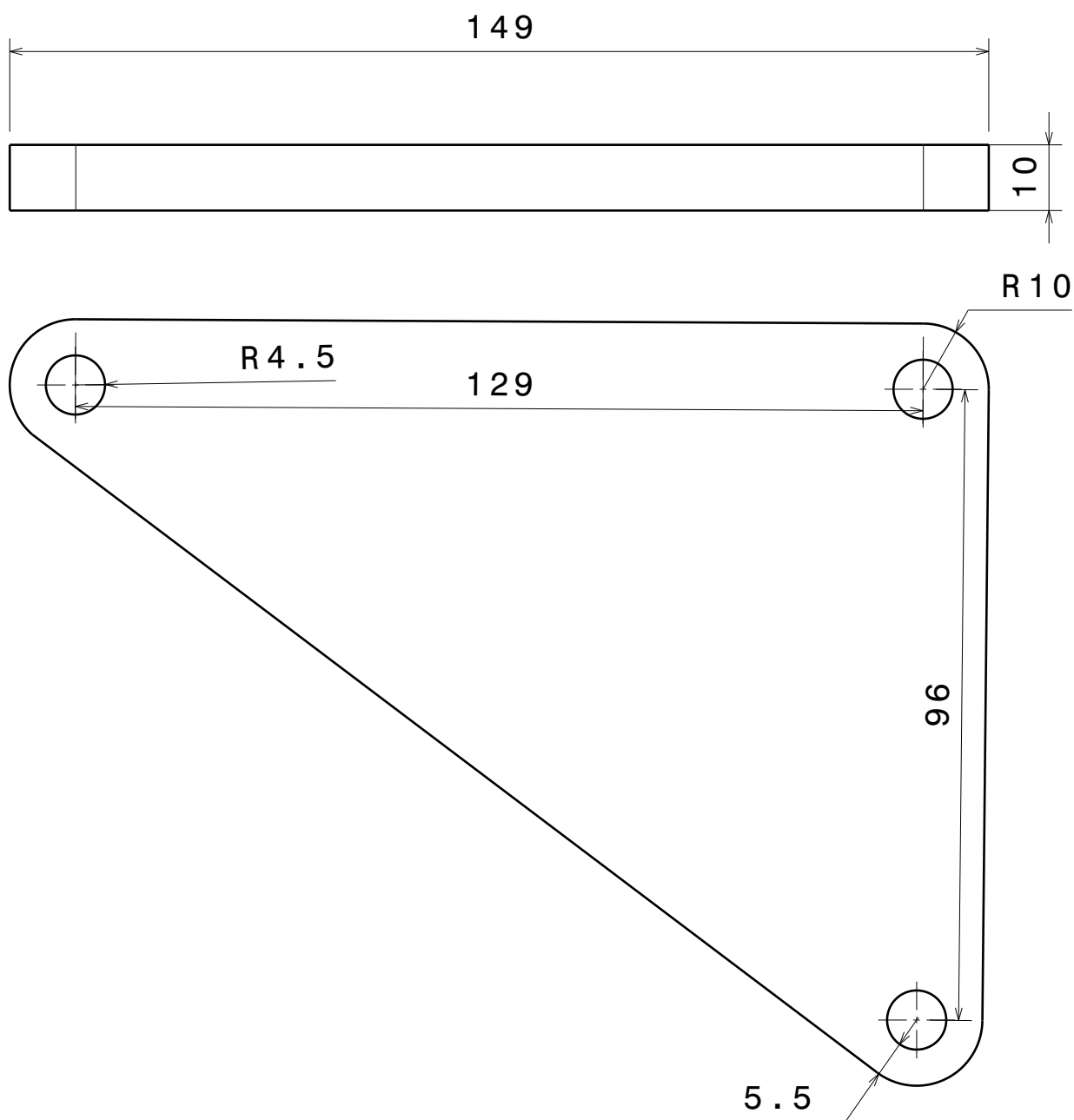
Lisa 1. Koostejoonis PMKK_01- parem poolse mootori kinnituse koost.....	41
Lisa 2. Joonis PMK_01_01- parem mootoripoolne flants	42
Lisa 3. Joonis PMK_01_02- mootori kinnituse keskmine toru.....	43
Lisa 4. Joonis PMK_01_03- mootori kinnituse sillaraami poolne kinnitus	44
Lisa 5. Koostejoonis KKK_01_01- käigukasti kinnituse koost	45
Lisa 6. Joonis KK_01_01- käigukasti kinnitus flants	46
Lisa 7. Joonis KK_01_02- käigukasti tala	47
Lisa 8. Joonis RA_01- reguleerimis adapter	48
Lisa 9. Joonis VMK_02_01- vasak mootoripoolne flants.....	49
Lisa 10. Joonis EP_01- esimene piduri flants	50
Lisa 11. Joonis TP_01- tagumine piduri flants	51
Lisa 12. Joonis PV_01- poldivalemi adapter	52
Lisa 13. Joonis EAK_01- esimese amordikannu tugevdus	53
Lisa 14. Joonis TAK_01- tagumise amordikannu tugevdus	54
Lisa 15. Joonis ES_01- esisilla stabilisaatori tugevdus.....	55
Lisa 16. Joonis ES_02- mootoripadja kinnituse tugevdus	56
Lisa 17. Joonis ES_03- esimese sillatala tugevdus	57
Lisa 18. Joonis ES_04- sarniiri kinnituse tugevdus	58
Lisa 19. Joonis TS_01- tagumise sillatala tugevdus	59
Lisa 20. Joonis TS_02- diferentisaali kinnituse tugevdus.....	60
Lisa 21. Joonis TS_03- tagasilla tugevdus 2	61
Lisa 22. Joonis TS_04- tagasilla tugevdus 3	62
Lisa 23. Joonis Õ_01- õõtshoova stabilisaatori kinnituse tugevdus.....	63
Lisa 24. Joonis Õ_02- õõtshoova tugevdus.....	64
Lisa 25. Joonis Õ_03- õõtshoova tugevdus 2.....	65



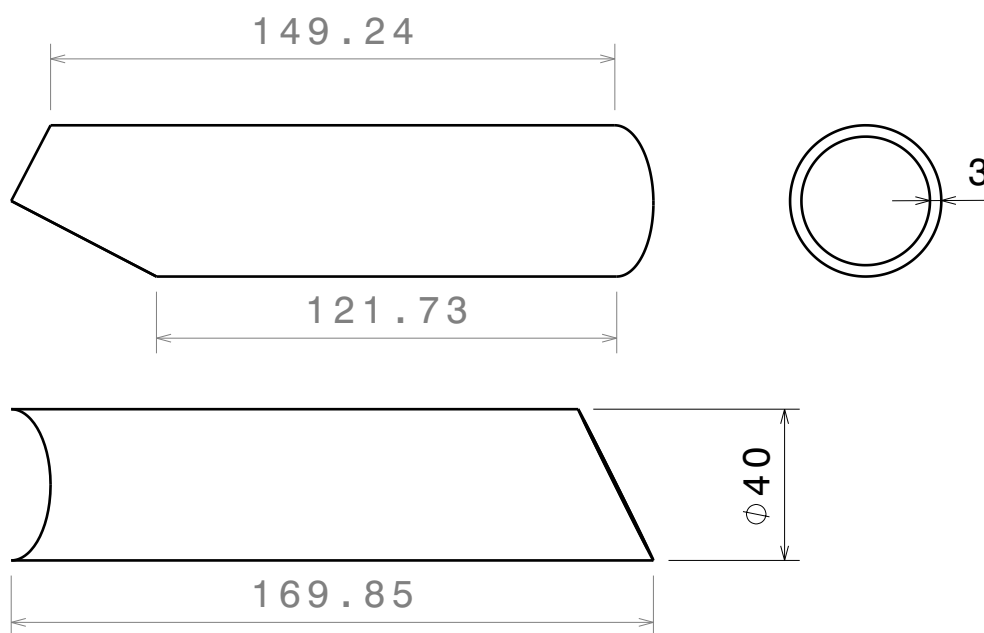
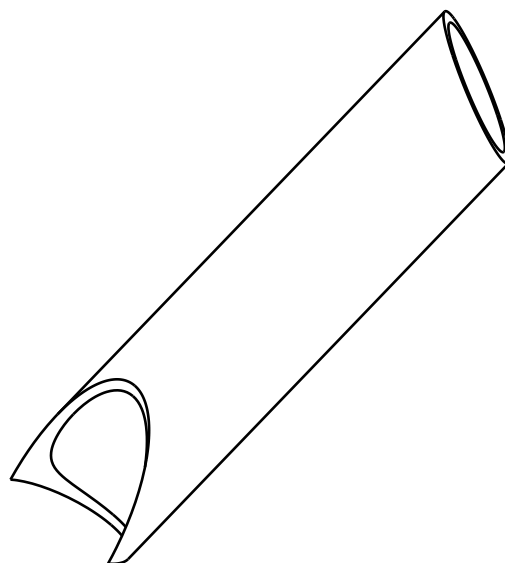
Märkimata keevised: a3

Osa	Nimetus	Tähis	Kogus
1	Parem mootori poolne flants	PMK_01_01	1
2	Mootori kinnituse keskmine toru	PMK_01_02	1
3	Mootori kinnituse sillaraami poolne kinnitus	PMK_01_03	1

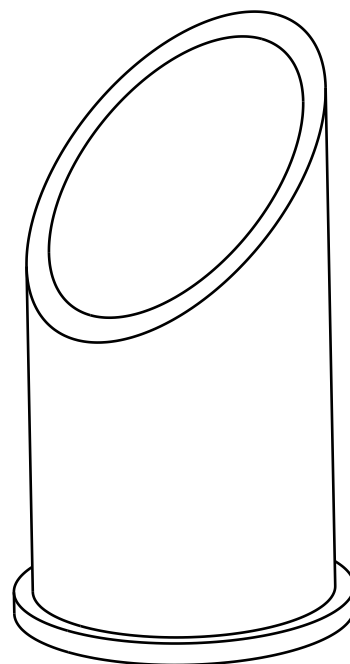
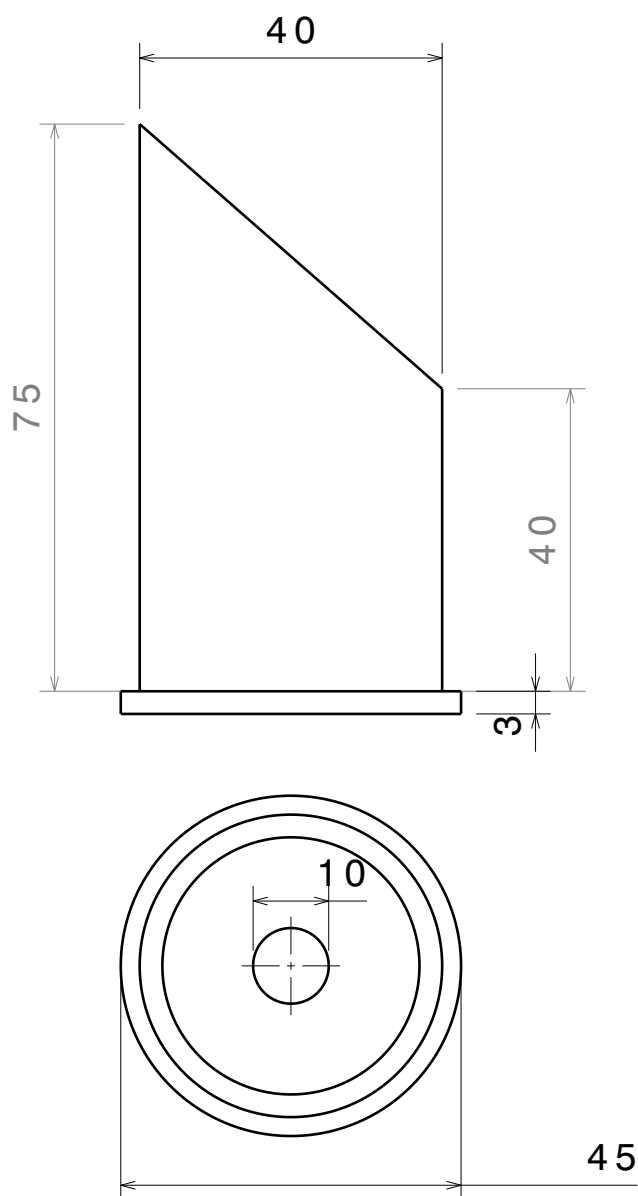
	Materjal:	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 1.383(kg)	Mööd: 1:2
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Parempoolse mootori kinnituse koost		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: PMKK_01	



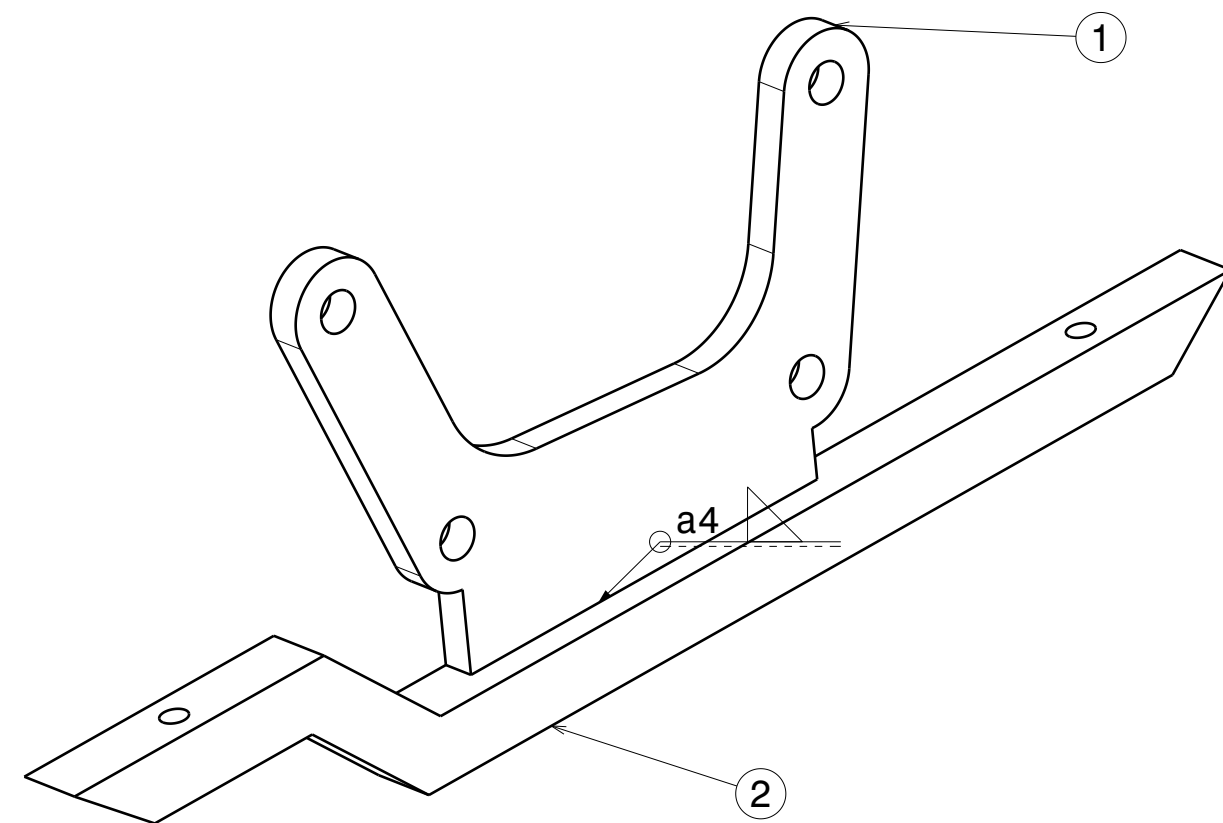
	Materjal: S355MC	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,799(kg)	Mööd 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Parema mootori poolne flants		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: PMK_01_01	



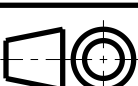
	Materjal: E355	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,39(kg)	Mööd 12
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Mootori kinnituse keskmine toru		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: PMK_01_02	

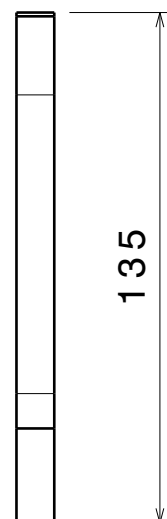
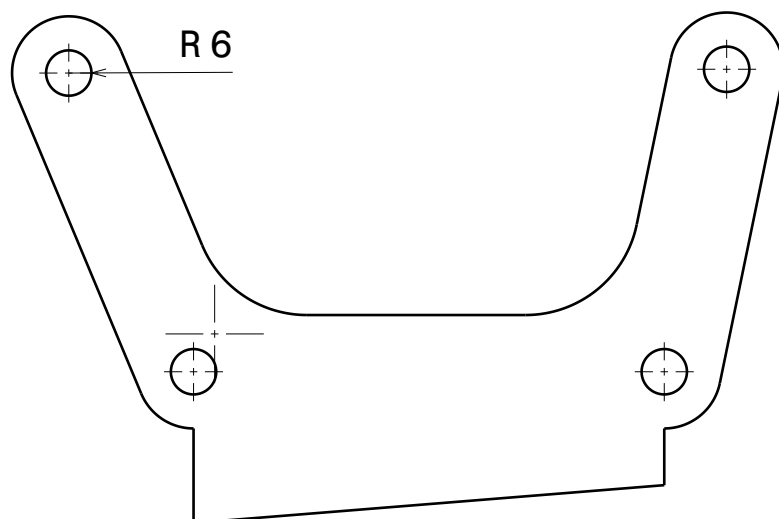
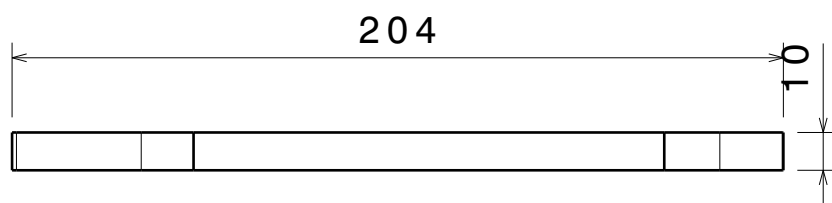


	Materjal: E355	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,193(kg)	Mööd 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Mootori kinnituse sillaraami poolne kinnitus		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: PMK_01_03	

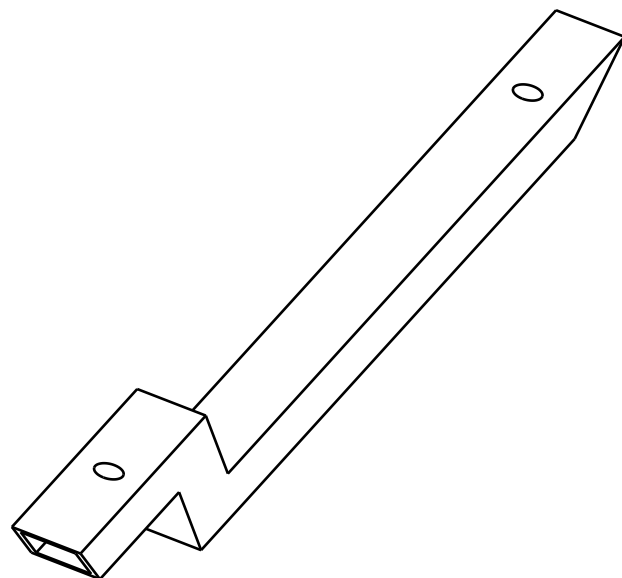
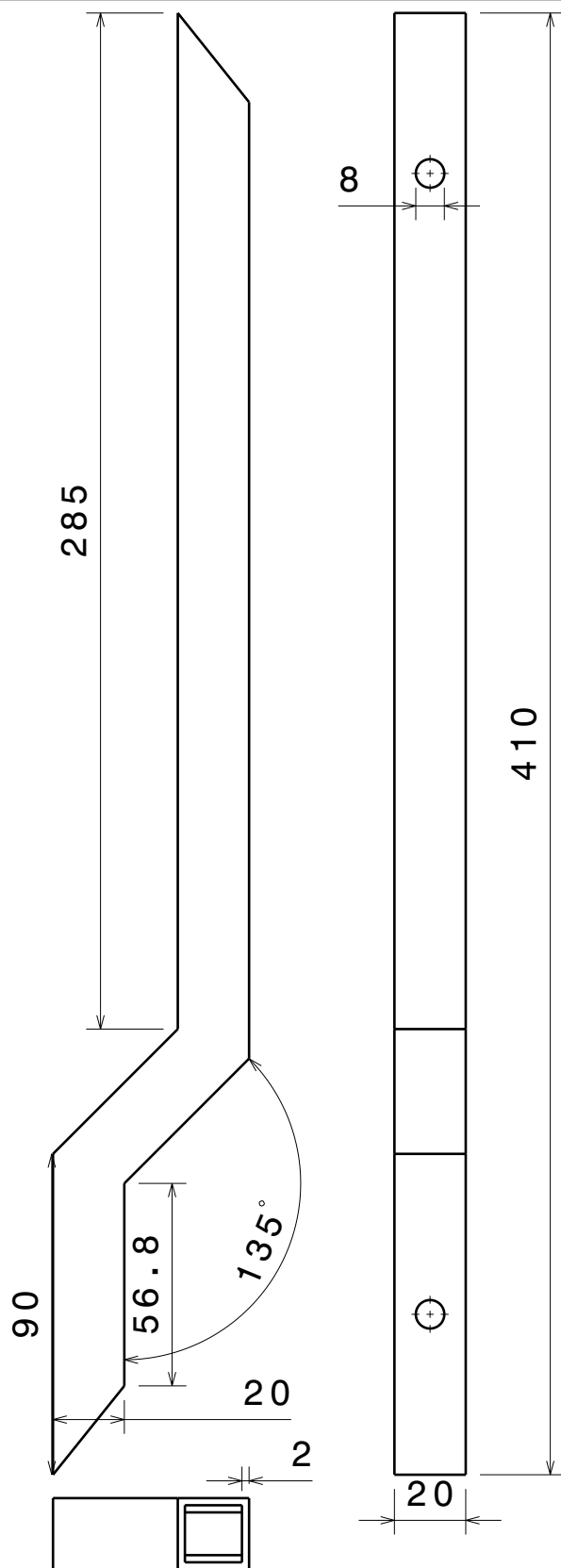


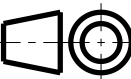
Osa	Nimetus	Tähis	Kogus
1	Käigukasti kinnitus flants	KK_01_01	1
2	Käigukasti tala	KK_01_02	1

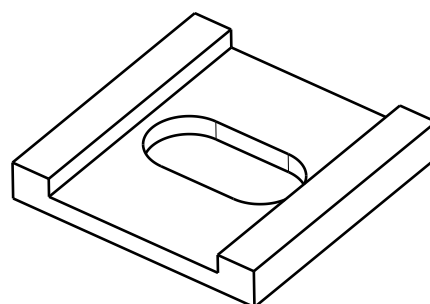
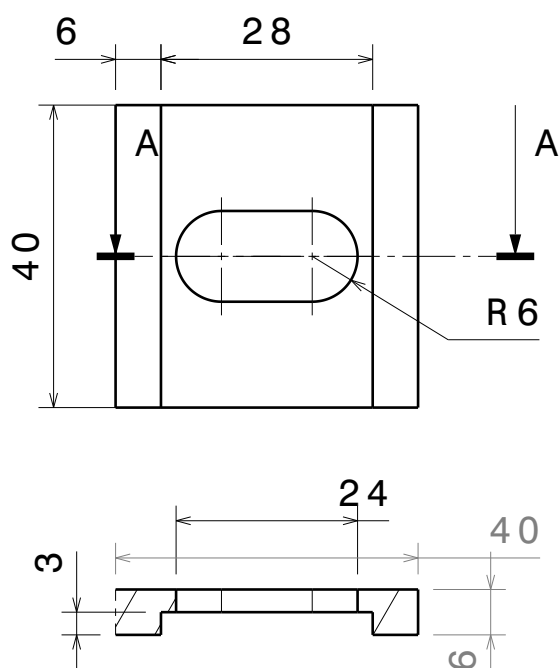
	Materjal:		Märkimata pühälbed: ISO - 2768	Mass: 1.38(kg)	Mõõt: 1:2
	Teostas:	F.Rand	Nimetus: Käigukasti kinnitus		
	Kontrollis:	H.Vennikas			
	Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool			Leht: 1/1	Tähis: KKK_01_01	



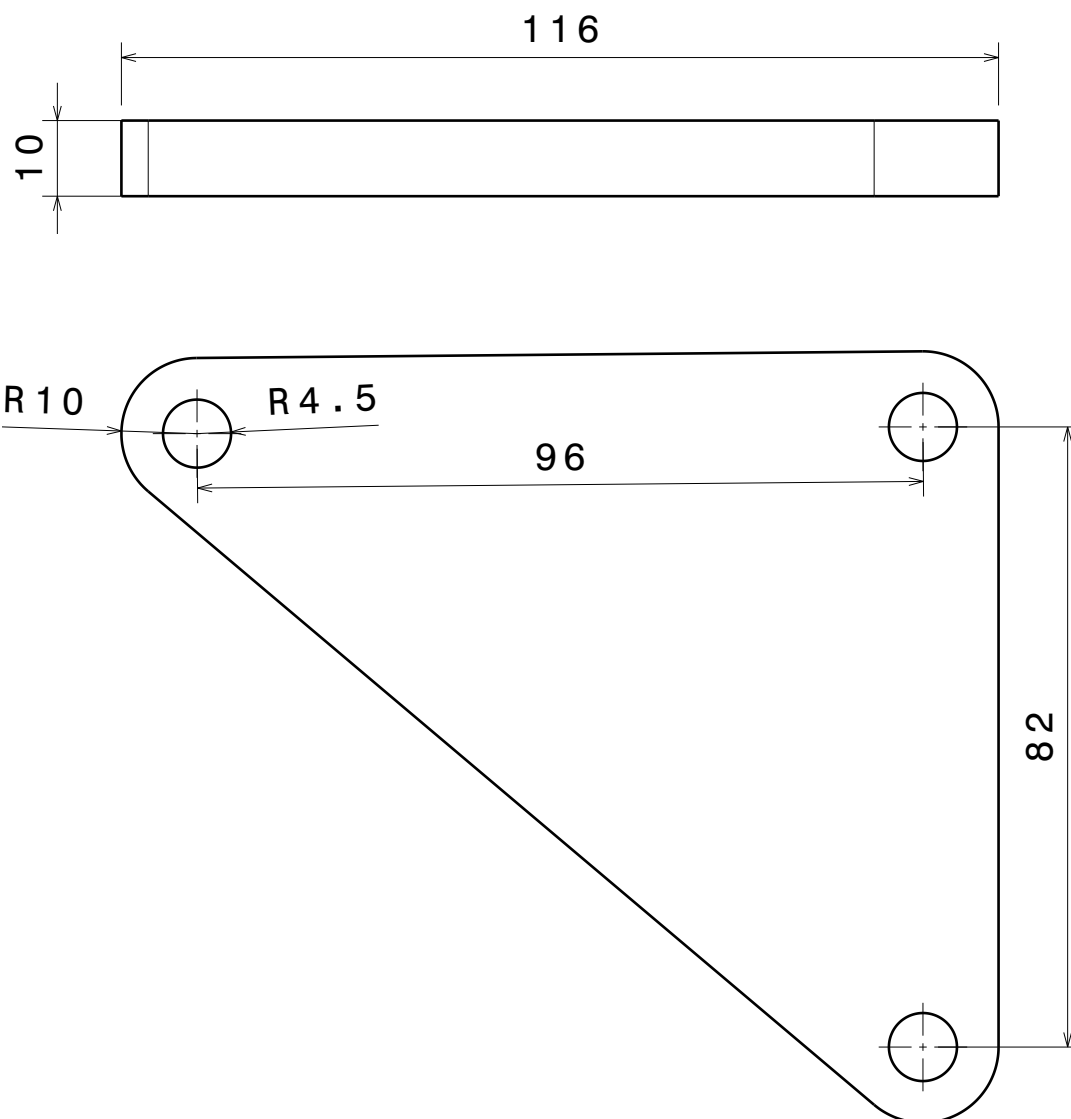
	Materjal: S355MC	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,915(kg)	Mööd 12
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Käigukasti kinnitus flants		
Kontrollis:	H. Vennikas			
Kinnitas:	H. Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: KK_01_01	



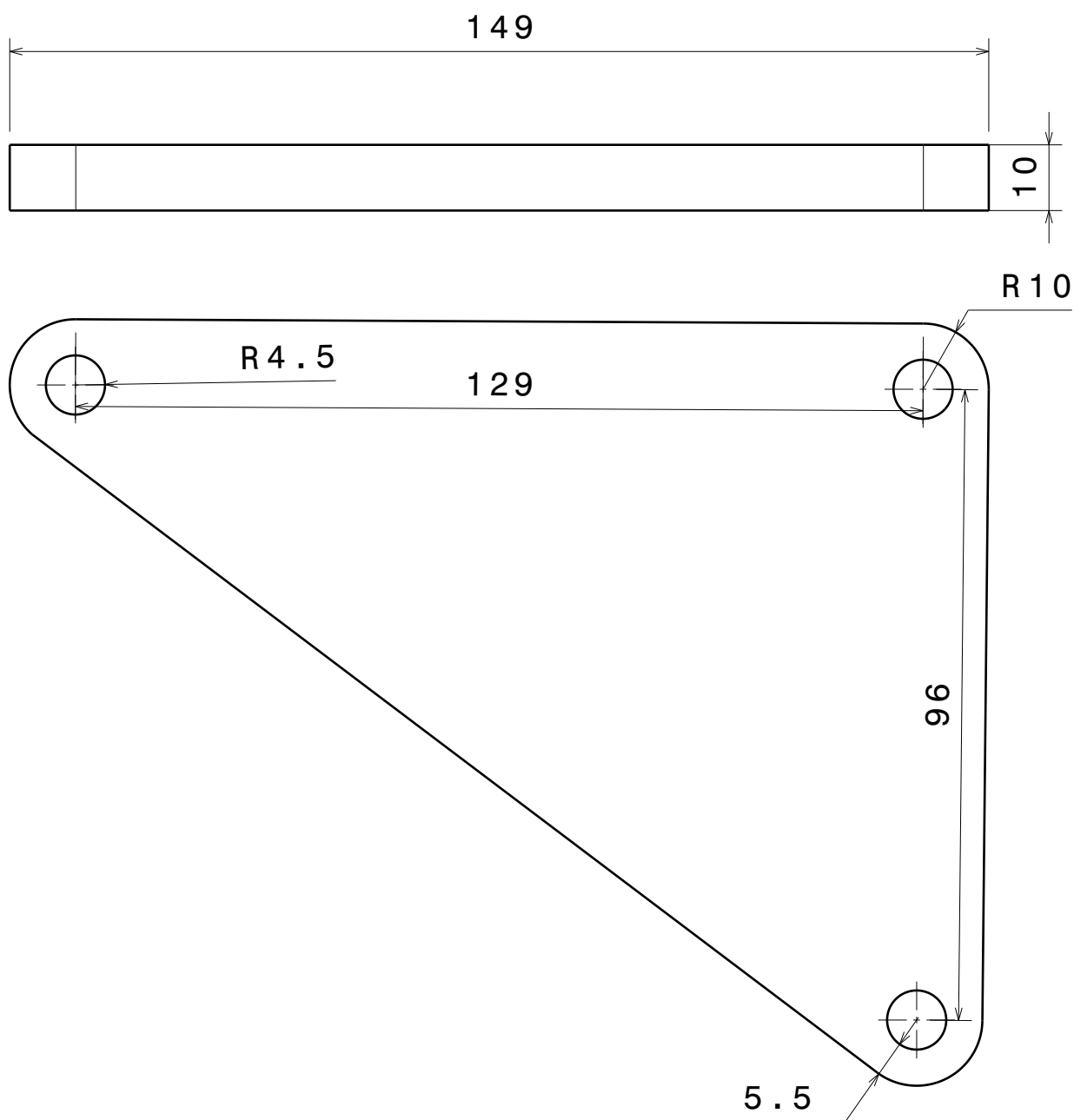
	Materjal: S255	Märkimata pühälbed: ISO - 2768	Mass: 0,465(kg)	Mööt 12
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Käigukasti tala		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: KK_01_02	



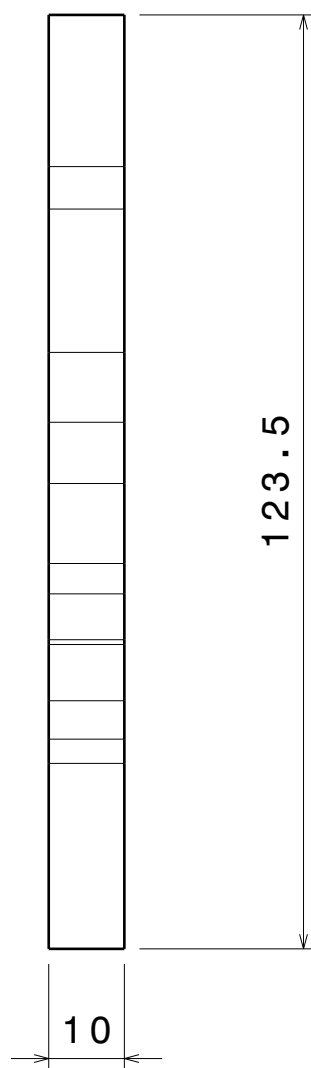
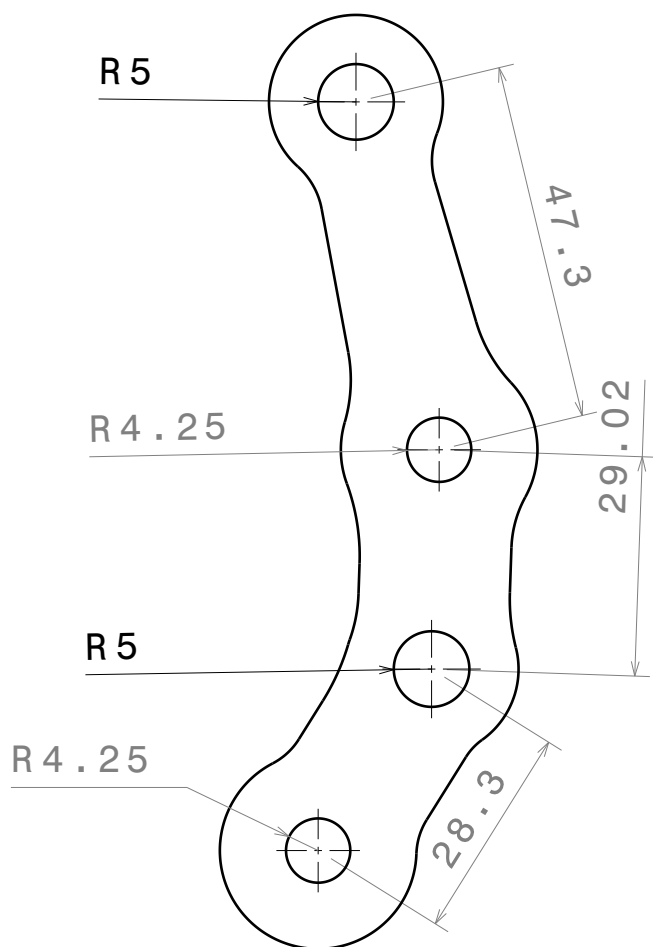
	Materjal: S355MC	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,043(kg)	Mööd: 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Reguleerimis adapter		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: RA_01	



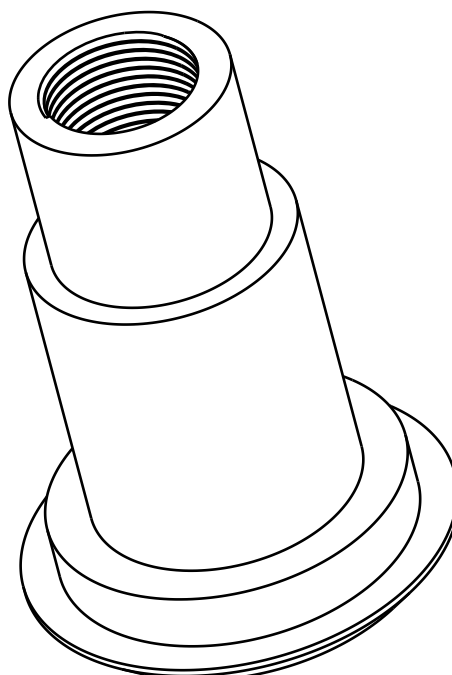
	Materjal: S355MC	Märkimata pühälbed: ISO - 2768	Mass: 0,558(kg)	Mõõt 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Vasak mootoripoolne flants		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: VMK_02_01	



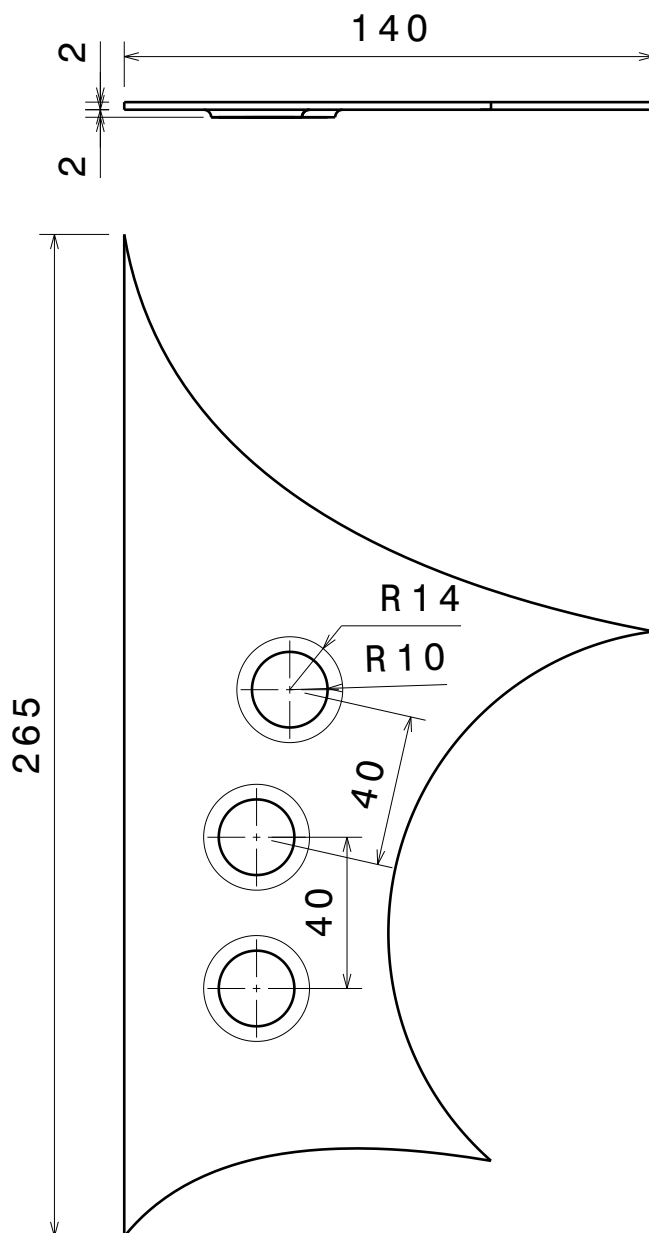
	Materjal: S355MC	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,799(kg)	Mööd 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Parem mootoripoolne flants		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: PMK_01_01	



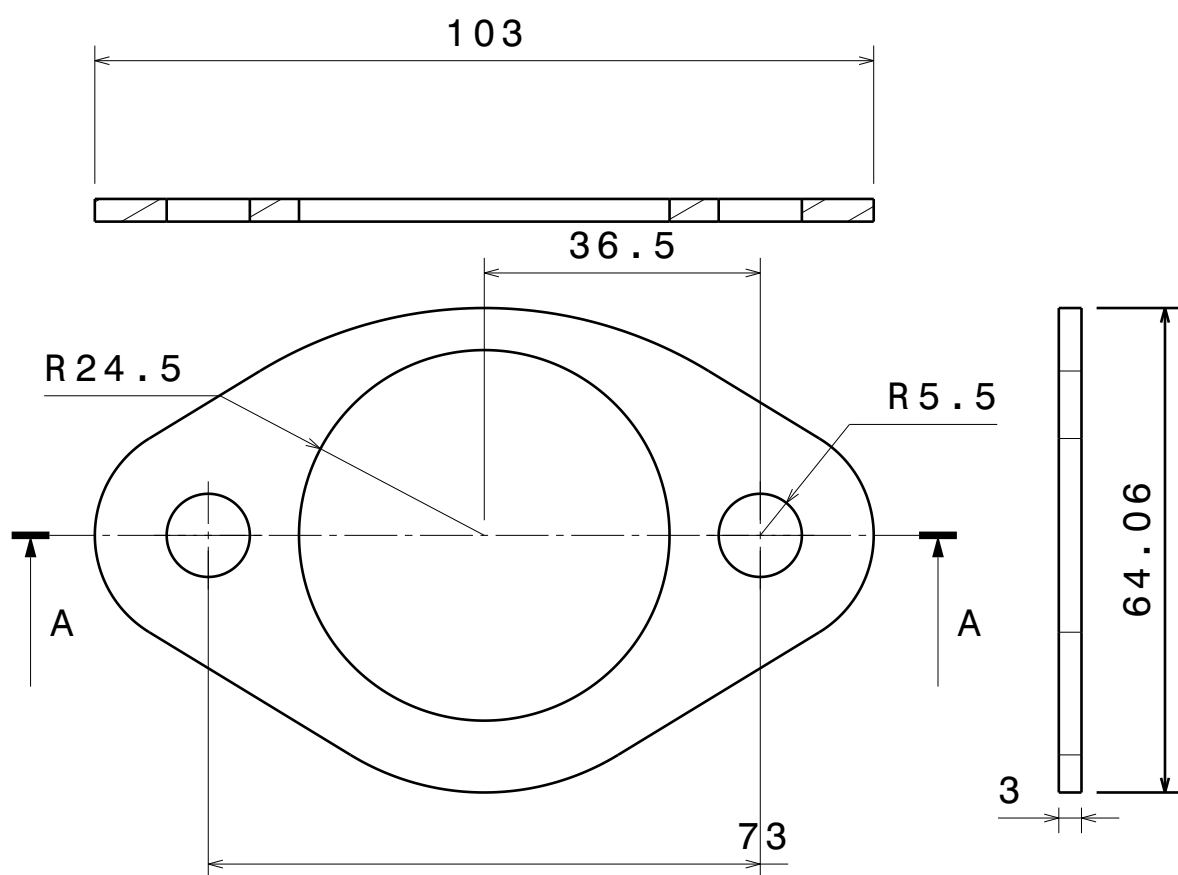
	Materjal: S355MC	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,184(kg)	Mööd 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Tagumine piduri flants		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool	Leht: 1/1	Tähis: TP_01		



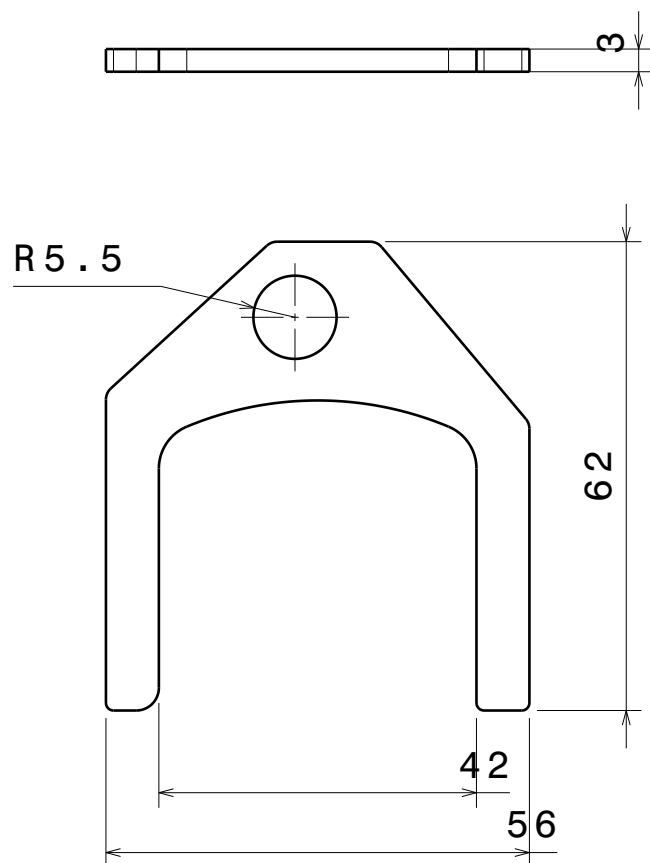
	Materjal: <i>Malm</i>		Märkimata püürhálbed: <i>ISO - 2768</i>	Mass: <i>0,323(kg)</i>	Mõõt <i>11</i>
	Teostas: <i>F.Rand</i>	Nimetus: <i>Poldivalemi adapter</i>			
	Kontrollis: <i>H.Vennikas</i>				
	Kinnitas: <i>H.Vennikas</i>				
<i>Tallinna Tehnikakõrgkool</i>		Leht: <i>1/1</i>	Tähis: <i>PV_01</i>		



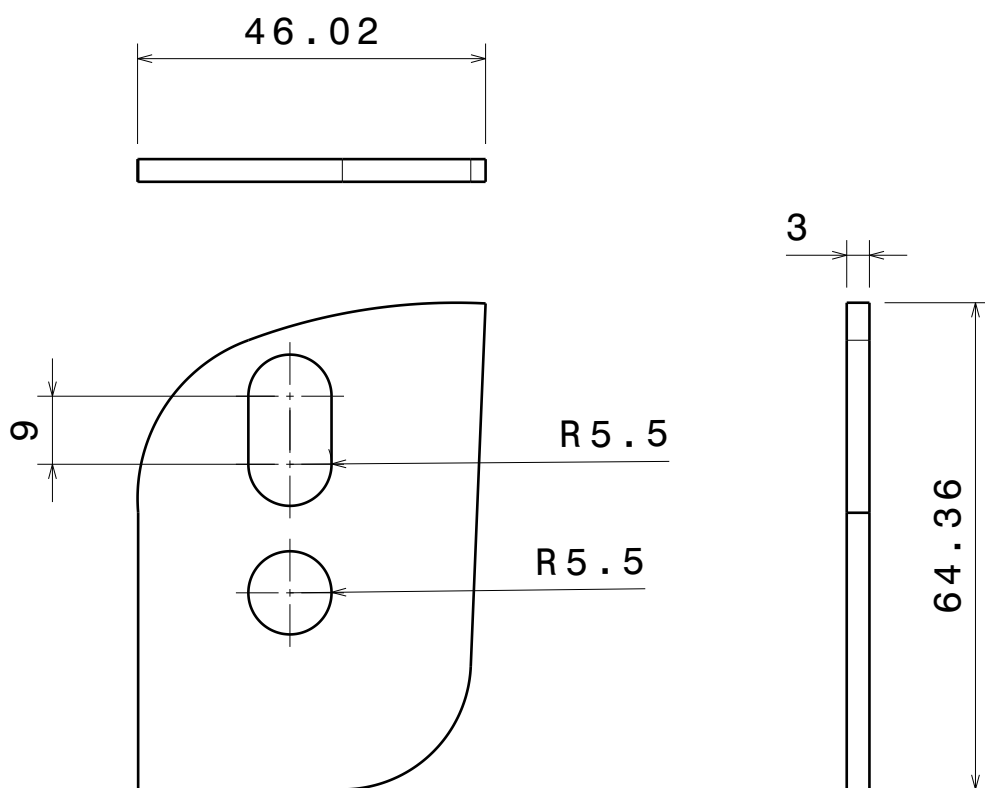
	Materjal: <i>DC01</i>	Märkimata piirhälbed: <i>ISO - 2768</i>	Mass: <i>0,236(kg)</i>	Mööd <i>12</i>
Teostas:	<i>F.Rand</i>	Nimetus: <i>Esimese amordikannu tugevdus</i>		
Kontrollis:	<i>H.Vennikas</i>			
Kinnitas:	<i>H.Vennikas</i>			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: <i>1/1</i>	Tähis: <i>EAK_01</i>	



	Materjal: S355MC	Märkimata pühälbed: ISO - 2768	Mass: 0,04(kg)	Mööt 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Tagumise amordikannu tugevdus		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: TAK_01	

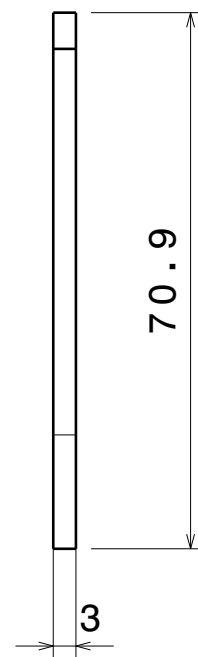
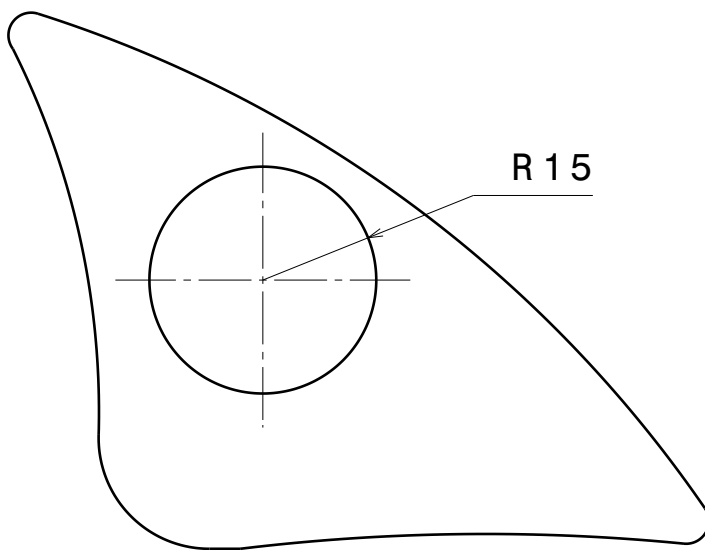
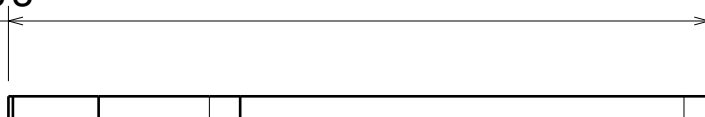


	Materjal: S355MC	Märkimata pürhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,03(kg)	Mööt 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Esisilla stabilisaatori tugevdus		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: ES_01	

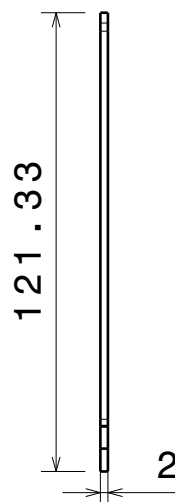
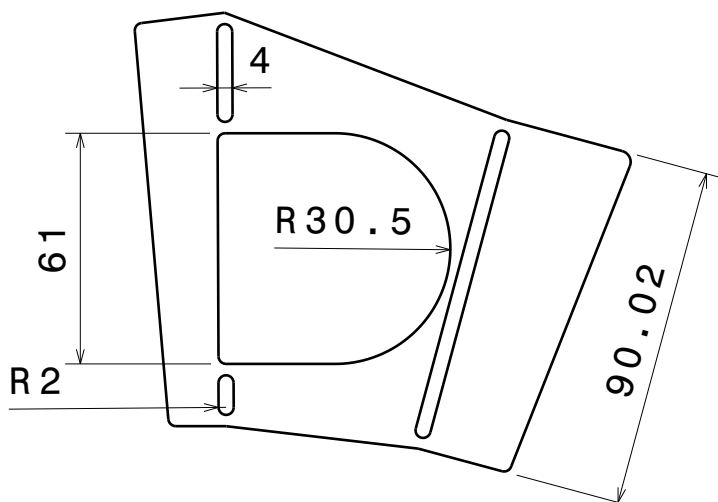
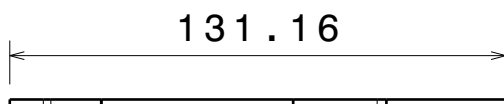


	Materjal: S355MC	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,055(kg)	Mööd 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Mootoripadja kinnituse tugevdus		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: ES_02	

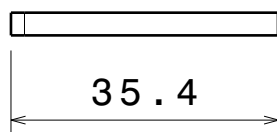
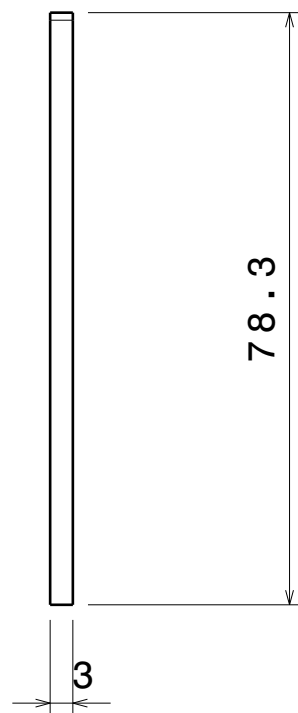
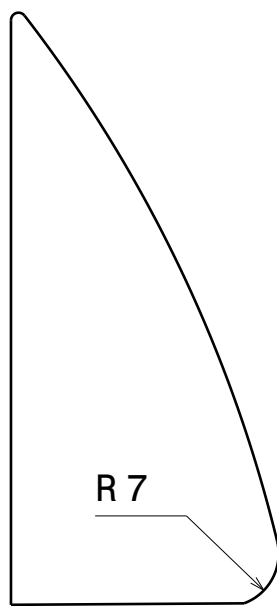
92.63



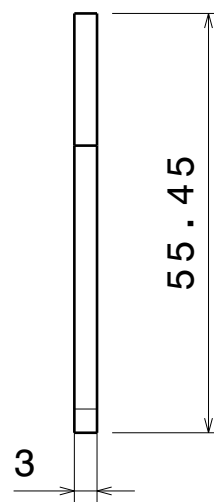
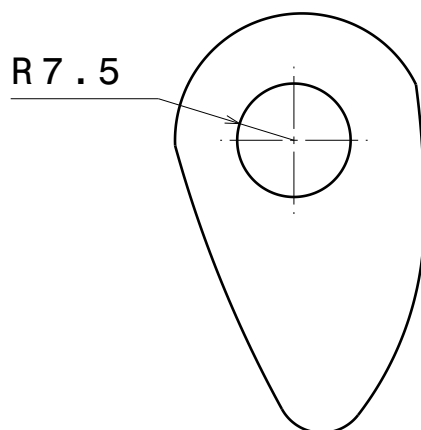
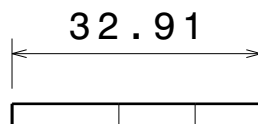
	Materjal: S355MC	Märkimata pühälbed: ISO - 2768	Mass: 0,067(kg)	Mööt 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Esimese sillatala tugevdus		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: ES_03	



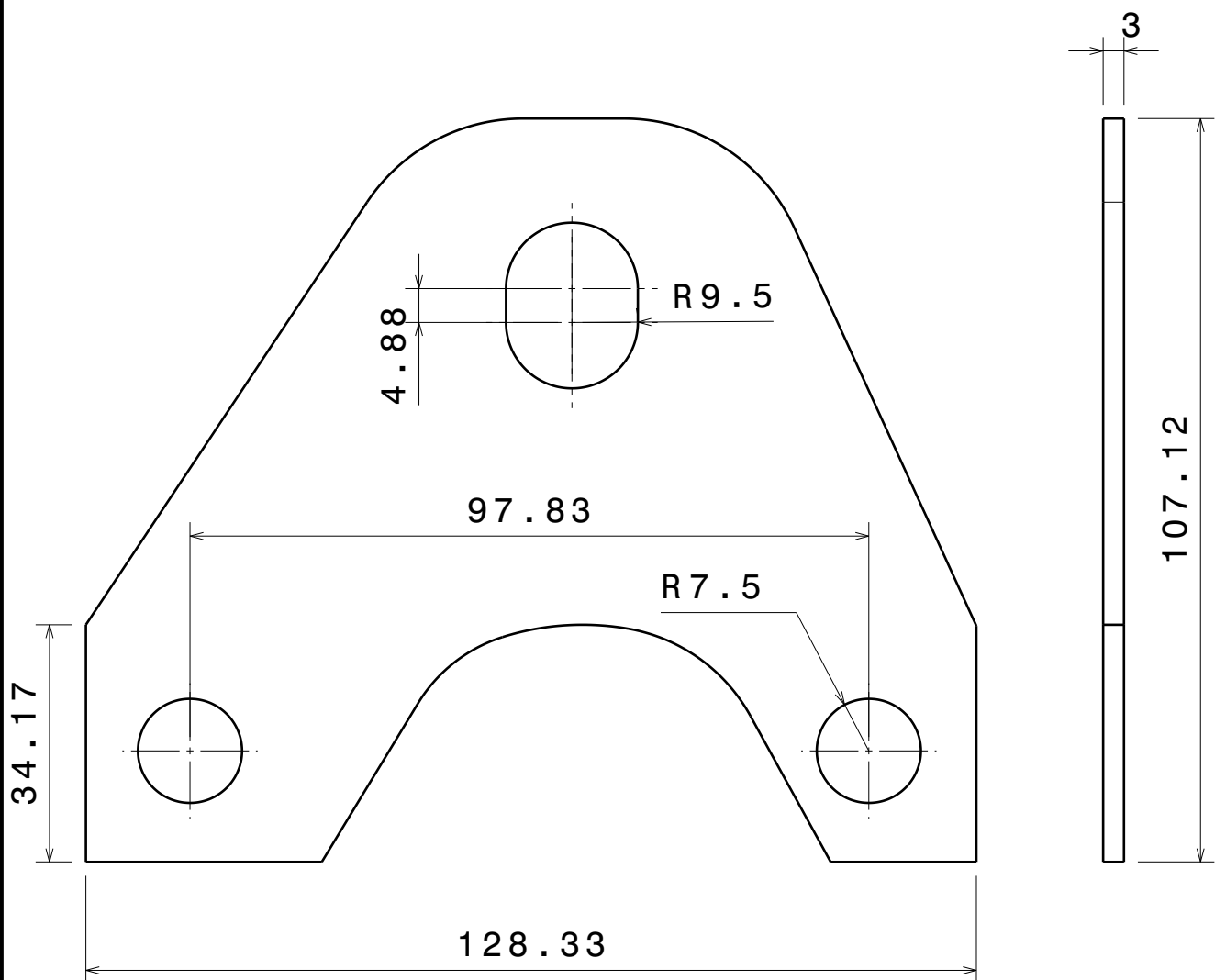
	Materjal: S355MC	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0.115(kg)	Mööd 12
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Sarniiri kinnituse tugevdus		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool	Leht: 1/1	Tähis: ES_04		



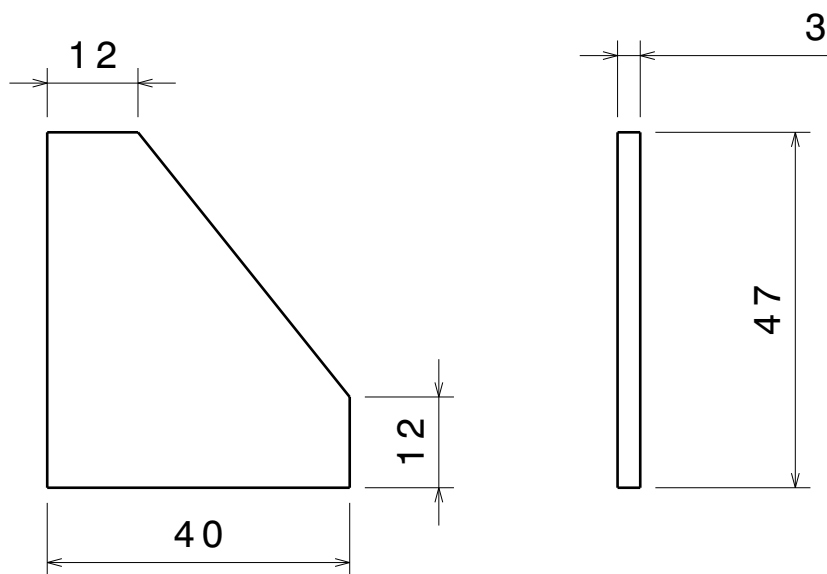
	Materjal: S355MC	Märkimata pühälbed: ISO - 2768	Mass: 0,042(kg)	Mõõt 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Tagumise sillatala tugevdus		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: TS_01	



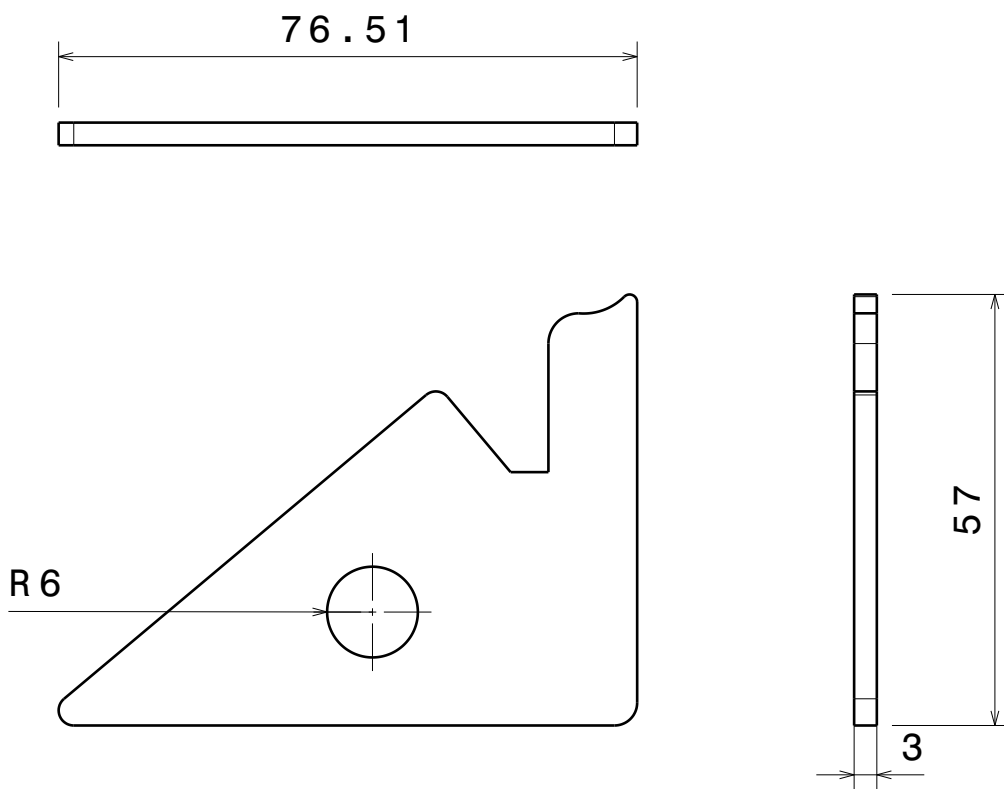
	Materjal: S355MC	Märkimata pühälbed: ISO - 2768	Mass: 0,028(kg)	Mõõt 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Diferentsiaali kinnituse tugevdus		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: TS_02	



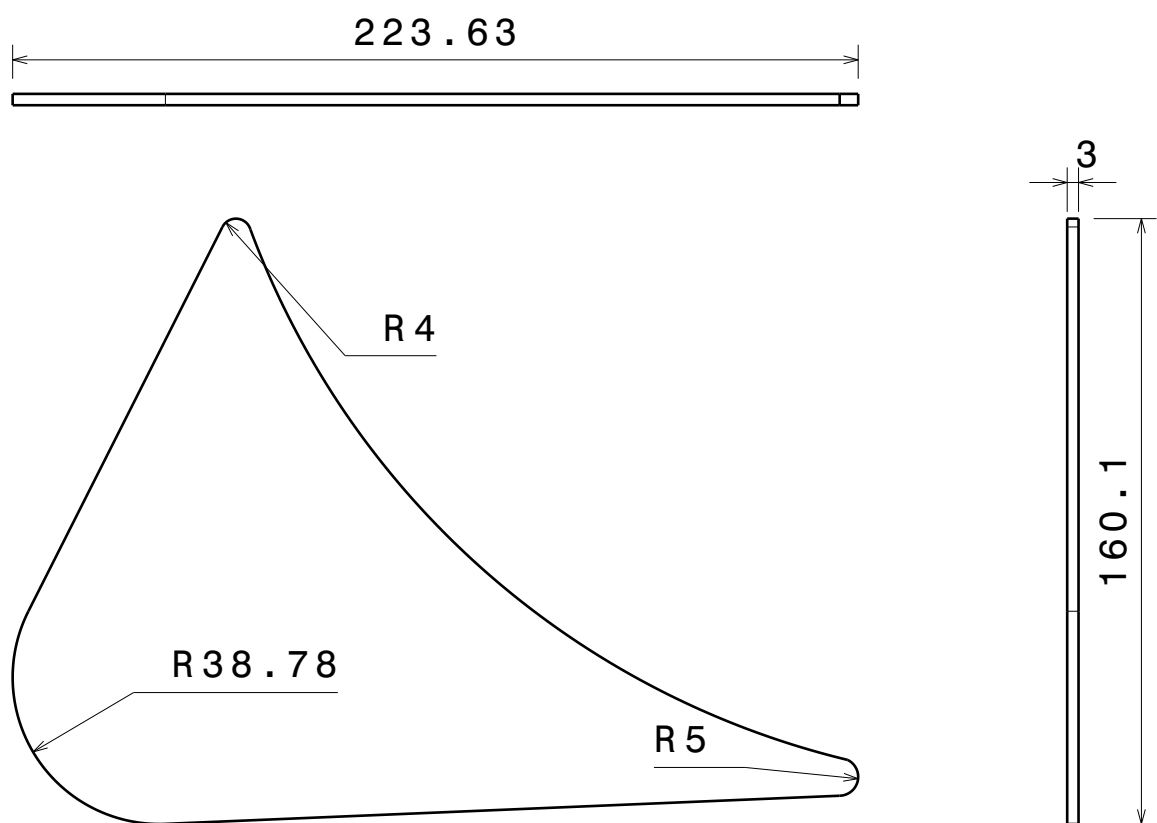
	Materjal: S355MC	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0.193(kg)	Mööd 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Tagumise sillatala tugevdus 2		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: TS_03	



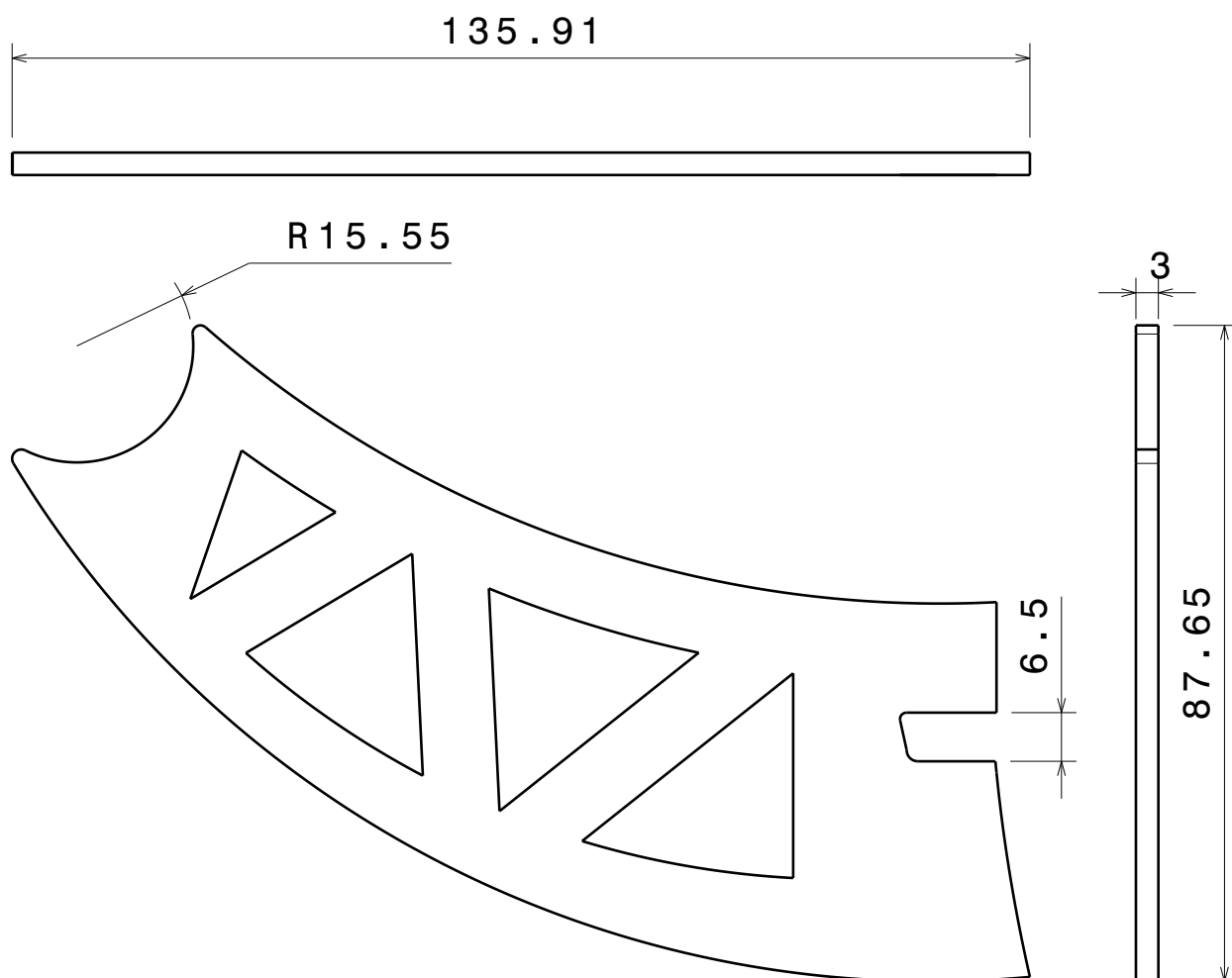
	Materjal: S355MC	Märkimata pühälbed: ISO - 2768	Mass: 0,033(kg)	Mööt 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Sillatala tugevdus 3		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: TS_04	



	Materjal: S355MC		Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,054(kg)	Mõõt 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Õõtshoova stabilisaatori kinnituse tugevdus			
Kontrollis:	H.Vennikas				
Kinnitas:	H.Vennikas				
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: Õ_01		



	Materjal: S355MC	Märkimata piirhälbed: ISO - 2768	Mass: 0,375(kg)	Mööd 12
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Õõtshoova tugevdus		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: Õ_02	



	Materjal: S355MC	Märkimata pühälbed: ISO - 2768	Mass: 0,107(kg)	Mõõt 11
Teostas:	F.Rand	Nimetus: Õõtshoova tugevdus 2		
Kontrollis:	H.Vennikas			
Kinnitas:	H.Vennikas			
Tallinna Tehnikakõrgkool		Leht: 1/1	Tähis: Õ_03	