



Mehhatroonika instituut  
Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHT40LT

*Priit Suurküla*

# **AUTOMAATSETE TUBAKAKAPI USTE ARENDAMINE**

Bakalaureusetöö

Autor taotleb  
tehnikateaduste bakalaureuse  
akadeemilist kraadi

Tallinn

2014

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Leo Teder'i juhendamisel

„...“ ..... 2014 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

„...“ ..... 2014 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

„...“ ..... 2014 a.

..... allkiri

# SISUKORD

Bakalaureusetöö ülesanne .....	5
Eessõna.....	6
<b>SISSEJUHATUS</b> .....	8
<b>1. TURUANALÜÜS</b> .....	9
<b>2. PATENDIUURING</b> .....	11
<b>3. MEHAANIKA</b> .....	12
3.1 Vajadus ning tööpõhimõte.....	12
3.2 Kasutatavad materjalid .....	13
3.2.1 Kandvad detailid .....	13
3.2.2 Siinisüsteem .....	14
3.2.3 Vedava kanduri konstruktsioon .....	15
3.2.4 Viimistlus.....	17
3.3Ukse kinemaatiline arvutus prototüüp lahendusele.....	18
3.4 Alternatiivsed sulgumis lahendused .....	23
3.5 Rulliku valik .....	25
3.6 Mootori võimsuse arvutus .....	26
<b>4. ELEKTROONIKA</b> .....	28
4.1 Mootor .....	28
4.1.1 Elektrimootorite tüübid.....	28
4.1.2 Elektrimootori valik .....	30
4.1.3 Mootori ajur.....	32
4.2 Mikrokontroller .....	34
4.3 Andurid.....	36
4.3.1 Andurite klassifikatsioon .....	36
4.3.2 Infrapuna andurid.....	37
4.4 LED valgustus .....	39

4.5	Elektroonikakomponentide toide.....	40
<b>5.</b>	<b>TARKVARA.....</b>	<b>41</b>
5.1	Tarkvara arhitektuur .....	41
5.2	Programm .....	43
5.3	Anduri rakendusmeetod.....	44
<b>6.</b>	<b>MAJANDUSLIK KALKULATSIOON .....</b>	<b>46</b>
<b>7.</b>	<b>EDASINE ARENDUS.....</b>	<b>47</b>
7.1	Mehaanika arendus .....	47
7.2	Tarkvaralise klienditagasiside arendamine.....	48
	<b>KOKKUVÕTE .....</b>	<b>49</b>
	<b>SUMMARY.....</b>	<b>50</b>
	<b>KASUTATUD KIRJANDUS .....</b>	<b>51</b>
<b>LISAD 1</b>	<b>Komponentide spetsifikatsioonid.....</b>	<b>53</b>
Lisa 1.1	Rulliku datasheet .....	54
Lisa 1.2	Mootori datasheet .....	55
Lisa 1.3	XMEGA 4D blokkdiagramm	56
Lisa 1.4	XMEGA 4D blokkdiagramm .....	
Lisa 1.5	Optoelektronilise anduri CNY70 datasheet .....	58
Lisa 1.6	H-silla datasheet.....	61
<b>LISA 2</b>	<b>(Uste juhtimis programm).....</b>	<b>63</b>
<b>GRAAFILINE OSA 1</b>	<b>Detaili koostejoonised.....</b>	<b>65</b>



## BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE

2014 aasta kevad semester

Üliõpilane: Priit Suurküla, 073143 MAHB  
Õppekava: MAHB02/04  
Eriala: Mehhatroonika  
Juhendaja: Assistent, Leo Teder  
Konsultandid: THE Systems OÜ peainsener Thomas Tasuja

### BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) **Automaatsete tubakakapi uste arendamine**

(inglise keeles) **The development of automatical tobacco display doors**

### Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Ülesande püstitus. Esialgne turu uuring arendatavete uste kohta. Aja planeerimine ning tehnilise materjali kogumine.	01.03.2014
2.	Esialgse lahenduse kirjeldamine ning analüüs. Sealhulgas materjalide ja tootmisprotsessi ülevaade ning komponentide valik. Projekti üldine eelarve antud materjalide ja komponentide kohta.	20.03.2014
3.	Lähtudes esialgsest analüüsist välja pakkuda ja kirjeldada alternatiivseid ja arendatud lahendusi kitsaskohtade ja probleemide likvideerimiseks.	29.03.2014
4.	Optimaalse lahenduse valimine . Projekti põhisõlmede arvutused ning komponentide valik ja kirjeldus. Tehniliste jooniste valmimine.	20.04.2014
5.	Vajalike osade täiendamine/ parandamine ning lõppvormistamine. Lisade vormistamine.	18.05.2014
6.	Töö lõppvormistus, trükkimine ja köitmine.	21.05.2014

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:** Töö eesmärgiks on analüüsida ja arendada automaatseid (ise sulguvaid ) tubaka või mistahes kommerts toodetele mõeldud kapi ukse. Analüüsi põhjal pakutakse välja alternatiivseid lahendusi, mis oleks nii töökindluse kui müügi marginaali suhtes optimaalsed. Kirjeldatakse täpselt valitud lahendust ning tehakse projektiarvutused, tootmise spetsifikatsioon ning projekti eelarve

**Töö keel:** eesti

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt 22.05.2014 **Töö esitamise tähtaeg 22.05.2014** Üliõpilane

Priit Suurküla /allkiri/..... kuupäev

..... **Juhendaja** ..... /allkiri/.....

kuupäev.....

## **EESSÕNA**

Töö teemavalik arenes välja seoses 2012 aasta algul Soomes jõustunud tubakaseadusega. Kuna autor töötas antud arenduse tegemise käigus OÜ Adfactory's konstruktorina siis kuulus projekti arendamine tema töökohustuste hulka ning ühtlasi oli teema sobiv diplomitöö tegemiseks.

Antud lõputöö on vormistatud Tallinna Tehnikaülikooli mehhatroonika instituudi assistendi Leo Teder juhendamisel. Lõputöö teema on valitud autori poolt seoses eelnevate töökohustuste täitmisega antud projekti arendamise raames.

## LÜHENDID

- IR Infrapuna (infrapuna andur); i.k. *Infra Red*
- USA Ameerika Ühendriigid; i.k. *United States of America*
- PVC Polüvinüülkloriid, termoplastiline polümeer ; i.k. *Polyvinyl chloride*
- LED Valgust kiirgav diod; i.k. *Light-emitting diode*
- RPM Pööret minutis; i.k. *Revolutions per minute*
- DC Alalisvool; i.k. *Direct current*
- MCU Mikrokontroller; i.k. *Microcontroller Unit*
- SMT Pindliides; i.k. *Surface-mount technology*
- DIP Läbi vavadega liides; i.k. *Dual in-line package*
- PWM Impulss-laius modulatsioon; i.k. *Pulse-width modulation*
- RTC Reaalaja kell; i.k. *Real-time clock*
- PDI Mikrokontrollerite programmeerimisliides; i.k. *Program and debug interface*
- RGB Liitvärvi mudel kolme põhivärvusega Punane, Roheline, Sinine; i.k. *RGB color model (Red, Green, Blue)*
- PC Personaalarvuti; i.k. *Personal Computer*
- USB Universaalne järjestikliides andmete ülekandmiseks; i.k. *Universal Serial Bus*
- SD Säilmäluga mälukaardi formaat; i.k. *Secure Digital*
- WLAN Traadita interneti kohtvõrk; i.k. *wireless local area network*

## SISSEJUHATUS

Selle bakalaureuse töö eesmärgiks on arendada automaatselt sulguvad tubakakapi uste süsteem. Sealhulgas oli kliendi poolt soov saada kaks erinevat lahendust. Esmane eesmärk oli arendada ukсед, mis toimivad elektrooniliselt. Elektrooniliste uste puhul antakse avamiseks mehaaniline signaal ning uks avaneb automaatselt, seejärel sulgub teatud aja jooksul. Teiseks suunaks oli arendada mehaaniline lahendus, mille puhul uks avatakse klienditeenindaja poolt ning ukse sulgumine toimub mehaaniliselt. Sellise süsteemi hind on suunatud väiksema ostujõuga klientidele.

Enne põhiülesande juurde asumist tuli välja selgitada turul pakutavad sarnased tooted. Projekti esimeses osas on uuritud teiste tootjate poolt pakutavaid ukse süsteeme, nende hindasid ning tööpõhimõtet. Lisaks konkurentidele uuriti ka erinevaid patendiandmebaase, et vältida patendirikkumisi ja sellega seonduvaid probleeme.

Mehaanilise osa arendamise põhisuundadeks oli tutvuda võimalikult paljude erinevate materjalidega ning valida kliendi soovi ning tootmise lihtsust arvestades kõige sobivamad lahendused. Uste raami konstrueerimisel on analüüsitud ka paigaldamise ning transpordi lihtsust. Teiseks mehaanilise osa arendamise suunaks oli kinemaatiliste arvutuste põhjal tehtud komponentide valik.

Elektroonilises osas teostati peamiselt projektis vaja minevate komponentide valik. Komponentide valik toimus nii kinemaatiliste arvutuste, kui ka testimise käigus tehtud katsetuste alusel. Kirjeldatakse iga komponendi peamiseid karakteristikuid, tööpõhimõtet ning ülesannet arendatavas projektis.

Tarkvaralise arenduse osas on kirjeldatud programmeerimise plokk skeemi struktuur ning programmeerimiskeele valik. Lisaks on kirjeldatud andurite ning mootori vahelist infovahetust uste oleku tabeli alusel. Lähemalt on selgitatud ka riistvara programmeerimist.

Projekti viimases osas on toodud põhiliste komponentide, materjalide ning tööde hinnatabel. Põgusalt on selgitatud ka kulusid, mida töös pole detailselt välja toodud, kuid millega peaks arvestama. Edaspidise arenduse huvides on kirjeldatud ka prototüübil esinenud põhilisi probleeme ning sellest lähtuvalt soovitatud nii mehaanilised kui tarkvaralised arendus suunad.

# 1.TURUANALÜÜS

Maailmas on viimase kümnendi jooksul poliitikute ja arvamusiidrite seas tihti diskussiooniks olnud inimeste tervis ja tervislikud eluviisid. Sellega seoses on mõningates Euroopa riikides rakendunud üsna karmid tubakaseadused. Näiteks seadus, mis keelab Soomes tubakatooteid poodides avalikult presenteerida [1]. Tõenäoliselt jõustuvad analoogsed seadused ka teistes Euroopa Liidu riikides kaasaarvatud Eestis. See tekitab jaekaubanduses nõudluse uut moodi kappide järgi, mis on disainitud ja projekteeritud just tubakatoodetele.

Kuna hetkel on selliste kappide turg üsna väike siis pole eriti ka firmasid, kes sellist toodet arendaksid ning pakuksid. Enamasti pakutakse lihtsalt mingit laadi modifitseeritud toodet. Seetõttu on tulevikus antud toote müügiks turul hea positsiooni saamiseks mõistlik arendada kapp, mis on mõeldud jaekaubanduses tubaka toodete müügiks. Muidugi võib väikeste modifikatsioonidega kasutada neid ka teiste toodete presenteerimiseks. See annaks laiemat kliendibaasi koos suurema marginaaliga.

<b>Tootja/Koduleht</b>	<b>Toote mudel</b>	<b>Selgitav info</b>
Autoslide [2] Päritolu- Austraalia	Automatic Sliding Door System	Tegemist ainult ukse juhtsiini süsteemiga. IR andur. Uks liigub mööda hammaslatti.
RYOB [3] Päritolu- USA ja Kanada	Automatic Door Operators	Tegemist ainult ukse juhtsiini süsteemiga. Komplektis kontroller.
Evydoo [4] Päritolu- Hiina	Nitto semi-Automatic	Tegemist mehaanilise variandiga kus ukse sulguvad gravitatsiooni jõul.
Smart Lion Industrial Co LTD [5] Päritolu- Taiwan	#1803 "Glide-Back" Sliding Door Closer	Tegemist on pneumaatilise ukse sulguriga. Mõeldud 10-80kg ukse sulgemiseks.
SDS London Archidectural Ironmongery [6] Päritolu- Inglismaa	Automatic Sliding Door System	Liuguste siinisüsteem koos mootorig ja IR anduriga. Mõeldud kuni 80kg ustele.
Häfele [7] Päritolu-Inglismaa (edasimüüjad ka Eestis)	Slider E 35 FB fitting sets, for wardrobes, with electric drive	Mõeldud spetsiaalselt kapi ustele. Maksimaalne ukse mass 35 kg.
Storagemotion [8] Päritolu- USA	Automatic Vertical Cabinet Doors	Eripära on selles, et ukse avanevad vertikaalselt üles. Analoogselt garaaži ustega. Optimaalne ukse mass 18 kg.

Tabel 1.1. Liuguste sulgemiseks pakutavad süsteemid.

Tabelis 1.1 on toodud välja lahendused, kuidas võiks arendataval tubakatoodete kapil liuguste sulgemissüsteemi lahendada. Tabelis toodud süsteemid on enamasti mõeldud küll -100kg uste liigutamiseks kuid tööpõhimõtte poolest peaksid arendatavad ukсед olema sarnased. Kõige vahetumalt on turul pakutavatest toodetest seotud tubakakapi ustega just automaatsed lükanduksed, mis mõeldud garderoobidele. Nende elektroonika ja mootorid on projekteeritud liigutama väiksema massiga uksi. USA turu analoogiks on „teleri kappide“ uste süsteemid, mis modifitseeritud vitriinkappidele. Sellised süsteemid on samuti projekteeritud väiksema gabariidiga uste jaoks.

Esialgse uuringu põhjal võib öelda, et arendatavate väiksegabariidiliste ja kergete automaatsete lükanduste turg on ülemaailmselt veel täielikult välja arenemata. Sellisel tootel võib hea turundamise ning õnnestunud projekteerimise ja optimeeritud tootmise korral olla potentsiaali lisaks algselt planeeritud Eesti turule ka üle Euroopa ning ka USA's.

## 2. PATENDIUURING

Kuna tegemist on küllaltki spetsiifilise ja aktuaalse süsteemi arendusega siis on mõistlik teha ka patendi uuring sarnaste toodete kohta. Patendiuuringu esimeses etapis uuriti Eesti Patendiameti koduleheküljelt [9]. Kuna patentide andmebaas on väga suur siis tuli otsingu käigus kasutada põhilisi märksõnu, mis arendatavat uste süsteemi võiks kõige paremini iseloomustada. Märksõnad, mida patendiameti otsingumootoris kasutati on järgnevad:

- Uks\*
- Automaatne\*
- Andur\*
- Avanev\*
- Automaatne uks\*
- Lükanduks\*

Antud märksõnadega leidis otsingumootor ~150 erinevat tulemust, kuid käsitletavate ustega polnud neist ükski seotud. Järgmises etapis uuriti ülemaailmset patentide andmebaasi [10], kus on üle 80 miljoni patendi. Märksõnad, mida antud lehel kasutati on järgmised:

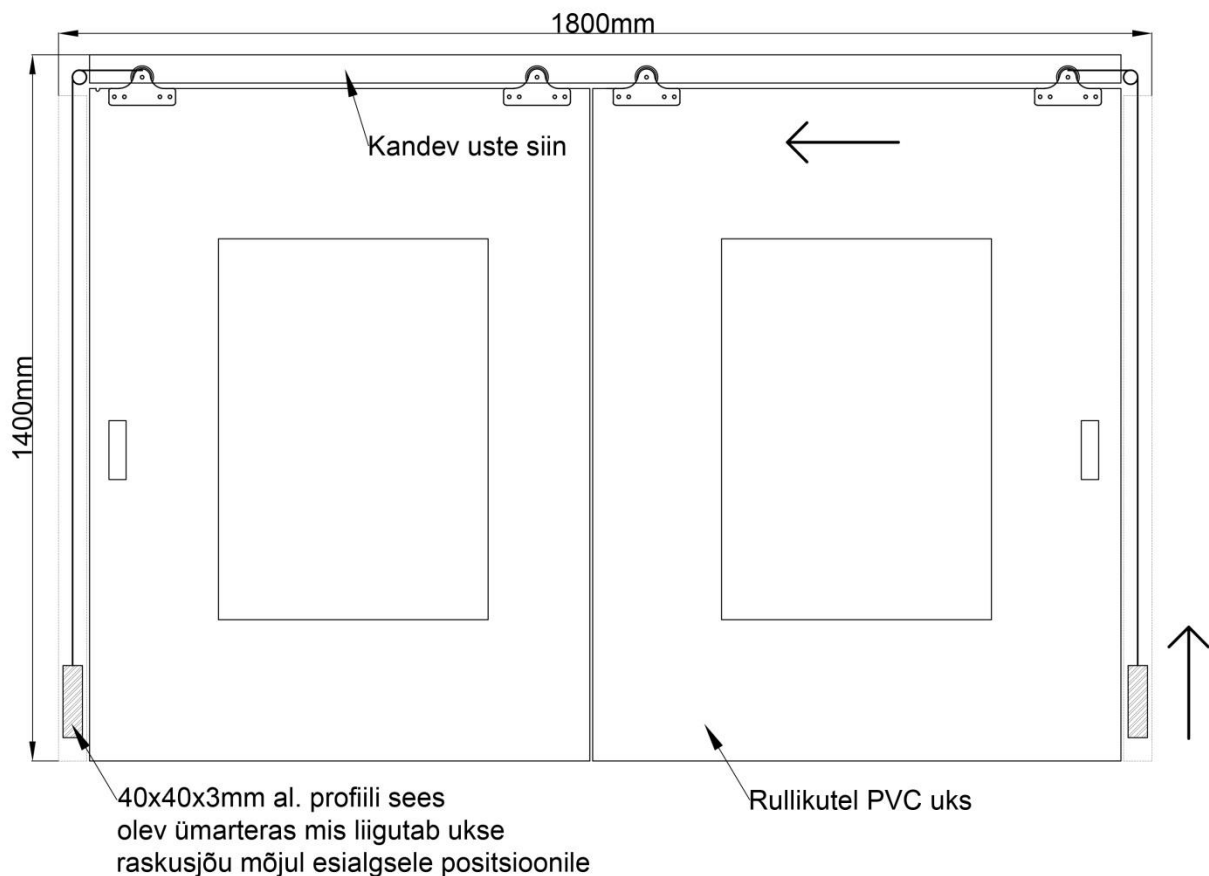
- automatic door opening system (otsingumootor leidis 1535 sarnast tulemust)
- automatic sliding door (otsingumootor leidis 2582 sarnast tulemust)
- automatic cupboard door (otsingumootor leidis 50 sarnast tulemust)

Kuna ülemaailmne andmebaas on väga mahukas ning kogu leitud patentide läbi lugemine on prototüübi projekteerimise faasis liiga töömahukas ja ei ole ratsionaalne. Kui töötav ning vigadeta süsteem on välja töötatud ja katsetatud ning valmis müügiks, siis peab kindlasti tegema ka põhjalikuma patendiuuringu.

### 3. MEHAANIKA

#### 3.1 Vajadus ning tööpõhimõte

Tulenevalt ettevõtjate majanduslikust võimekusest on antud toote arendus jagunenud kaheks. Mehaanilised poolautomaatsed-, ning elektroonilised automaatsed ukсед. Primaarne lahendus on siiski välja töötada elektrooniliselt sulguvad ukсед, kuid turu positsiooni võitmiseks tuleb silmas pidada ka väiksema maksujõudlusega kliente, kellel pole võimalik osta kalleid kõrgtehnoloogilisi ukсед. Nende jaoks on mõeldud prototüüplahendusena välja mehaaniliselt sulguvad ukсед. Kuna eesmärk on uste komplekt toota võimalikult ökonoomselt, et müügihind sobiks igale kliendile, siis prototüüp lahendus on väga primitiivne.



Sele 3.1. Mehaaniliselt sulguvate uste tööpõhimõtte skeem

Sele 3.1 on toodud mehaaniliselt sulguvate uste põhimõtteskeem ja gabariit mõõdud. Kuna müügikeskkondi on erinevaid, siis valmistatakse ukсед vastavalt tellija mõõtudele.



## 3.2 Kasutatavad materjalid

### 3.2.1 Kandvad detailid

Tooted, mida pakutakse koos paigaldusega peavad olema projekteeritud nii, et paigaldus oleks võimalikult lihtne ning ei võtaks liigselt aega, sest paigalduse hind võib olla materjalide valiku ning kulu optimeerimise kõrval üks marginaali tõstvaid punkte. Seetõttu on tähtis läbi mõelda kappi kandvad elemendid.

Kandev konstruktsioon peab olema jäik, tugev ja sealjuures ka võimalikult odav. Antud projektis on detailide materjaliks valitud 2mm kuumvalts lehtteras S235, mis on hinna poolest kõige sobivam ning lihtsalt töödeldav. Alternatiivina võiks kasutada ka alumiiniumlehte, kuid vajaliku jäikuse tagamiseks läheks materjali paksus liiga suureks ning sellega seoses tõuseks ka hind. Detailide

valmistamiseks kasutatakse vesilõikust ning

lehtmetsalli painutuspinkki. Kapi kandvad

detailid on projekteeritud tänapäeval

jaekaubanduses standardiks oleva pilupostile

(riiuli kanduri postile) (Sele 3.2). Antud

paigaldusviis on väga kiire ning efektiivne.

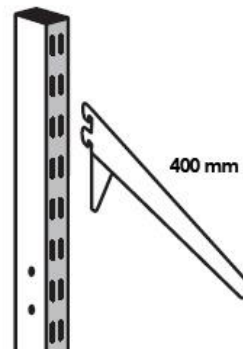
Puuduseks võib lugeda seda, et

tootmistellimus ja eelmõõdistus peavad olema,

väga täpselt tehtud, kuna postis olevad pilud on

8mm laiad ning mõõtmete ebakõla puhul tuleb seinas olevaid siine ümber paigutada.

Klientidele, kes pole oma müügiaruume pilupostide süsteemile üles ehitanud on projekteeritud kandur (Graafiline osa 1 joonis lk 6), mida on võimalik paigaldada nii kivi-, puidu- kui ka kips seinale vastavate kinnitusankrute abiga



Sele 3.2. Riiuli kandur[11]

### 3.2.2 Siinisüsteem

Suured ülemaailmselt tuntud lükanduste ning avatäidete tootjad nagu näiteks Dorma, Hufcor ning Eesti turul L-Uks on enda jaoks välja töötanud oma tooteseeriad, sealhulgas ka patenti omavad lükanduste siinid, rullikud ning muu vajaliku furnituuri.

Kuna alumiinium profiile tootvad firmad väike seeriade tootmisega ei tegele siis prototüübi projekteerimisel on ebaotstarbekas arendada välja just antud tootele sobilik profiil.

Minimaalsed tellimused algavad 500kg ning profiili valmistamiseks vajalik matriitsi hind on ~1000 €, mis muudab antud lahenduse esmase arenduse jaoks liiga kalliks.

Prototüübi valmistamisel on silmas peetud seda, et detaile oleks võimalik modifitseerida ning uute detailide tootmine oleks logistiliselt ning ajaliselt kõige optimaalsem. Sellest lähtuvalt on siini materjaliks valitud samuti 2mm kuumvalts lehtteras S235. Siinisüsteemi puhul ei tule alumiiniumist profiil kõne alla, kuna sobiva jäikusega alumiinium oleks ca. 4mm paksusega. Sellise paksusega tava klassi alumiinium hakkab painde kohtadest murenema ning tugevusnäitajad langevad. Ühtlasi pole see ka visuaalselt esteetiline.

Siinide valmistamiseks kasutatakse metalli giljotiini, puurpinka ning lehtmetsa painutuspinki. Kuna ukсед liiguvad üksteise taha siis on ustekomplektil 2 peegelpildis J- siini. (Graafiline osa 1 joonis lk 1,2), mis on omavahel ühendatud U kujuliste klambrite ja terasneetidega. Uksed riputatakse siini peale ustekanduritega (Graafiline osa 1 joonis lk 7), mille küljes on Blickle nailonrullik FPO 25x10/6-6K (Lisa 1).

### 3.2.3 Vedava kanduri konstruktsioon

Elektroonilise uksekomplekti puhul on mootori kinnitamiseks ukse külge projekteeritud spetsiaalne kandur, mille koostejoonis on toodud graafiline osa 1 lk19.

Kandur on projekteeritud arenduse hilisemas faasis, kui mootori valik oli tehtud ja esimesed mehaaniliselt liikuva ukse testimised olid alanud. Sellega seoses oli võimalus füüsiliselt testida erinevaid mootori kinnitusi. Katsetuste käigus selgus, et ust vedav ratas ei tohiks olla kanduri külge jäigalt ühendatud, vaid peaks konstantse pingega suruma vastu siini külge, et tagada piisavalt tugev hõõrdejõud veoratta pinna ning siini seina vahel. Selle tingimuse täitmiseks on kandur jagatud kaheks eraldiseisvaks osaks, mis on elastselt ühendatud.

- Põhiraam, mille külge kiinnituvad siinli vabalt veerevad rullikud ning uks (graafiline osa 1 lk 19) joonisel detail 1.
- Mootori kinnitus raam, mille külge kinnitub mootor ning veoratas (graafiline osa 1 lk 19) joonisel detail 2.

Raamid on omavahel ühendatud teleskoopühendusega, kus ühe detaili kinnituspuks libiseb teise detaili kinnituspuksi sisse ning elastse ühenduse tekitamiseks on kahe detaili vahele paigaldatud vedru. (sele 3.3)

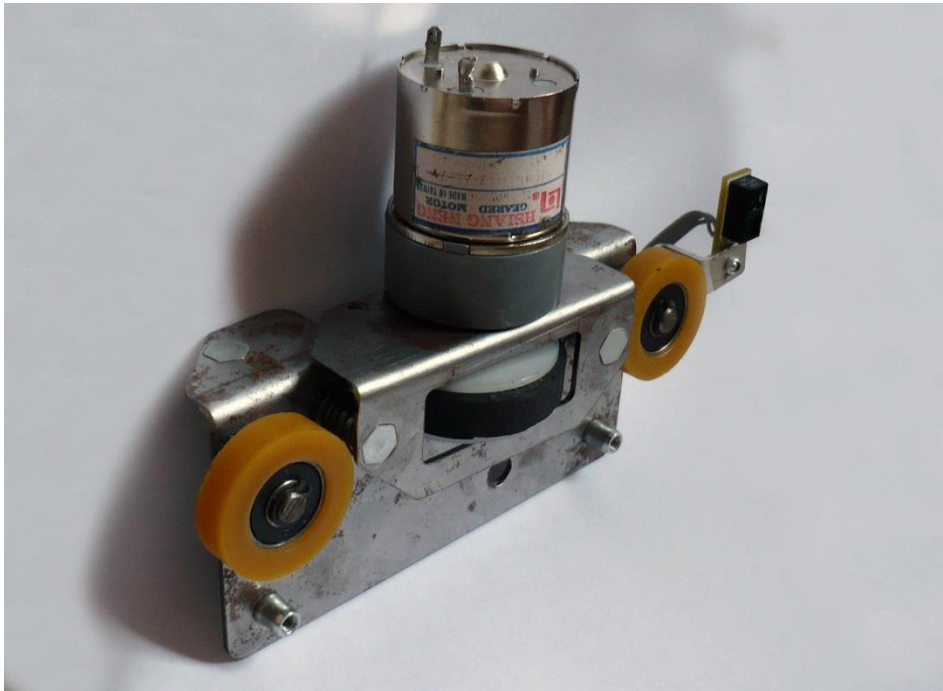


Sele 3.3. Detailide teleskoopühendus

Põhiraam ning mootori raam on valmistatud 2mm lehtterasest. Töötlemiseks on kasutatud vesilõikust ning painutuspinki. Pinnad viimistletud pulbervärviga.

Veoratas on valmistatud nailonist ning pinna hõõrdumise suurendamiseks on see kaetud kummiga. Ratas on mootori võlli külge fikseeritud kruviga.

Kuna kahe siini vaheline ala, kuhu mootor ning vedav rullik mahutada on kitsas siis ainus võimalus mootori paigutamiseks on vertikaalselt maapinnaga. (sele 3.4) Teine probleem seisnes selles, et uste avanemisel ei tohiks vedavad kandurid sattuda üksteisega samale joonele. Selle probleemi lahenduseks on mõlema ukse puhul mootoriga kandurid paigaldatud uste vastandservadesse.



Sele 3.4. Vedava kanduri prototüüp

### 3.2.4 Viimistlus

Toote viimistluse ning heade müügitulemuste vahel on otsene seos, kuna klient puutub kõige vahetumalt kokku just viimistletud pindadega. Kui toode on funktsionaalne ja täidab tõrgeteta oma eesmärgi siis pööravadki kliendid suuremat tähelepanu just disainile ning välimusele. Seetõttu on oluline, et vahetud kokkupuute pinnad ning nähtavad detailid on korrektselt ning siilipuhtalt viimistletud.

Metallosade ning tugi konstruktsiooni viimistlus on pulbervärvitud, sealjuures on kliendil täiesti vaba voli valida just sellist värvi nagu tema sisekujundus ette näeb. Standardsed värvid on siiski mattmust ning mattvalge. Kõik visuaalselt nähtavad osad on kaetud pulbervärviga.

Tugikonstruktsiooni katteks ning ka uksematerjalina on kasutatud PVC vahtplasti. PVC on massi ja vastupidavuse suhte tõttu kõrgelt hinnatud materjal. Plaadid on toodetud vahustatud materjalist, seetõttu on nende mass tavaliste plastidega võrreldes tunduvalt väiksem. Sellele vaatamata on vaht PVC tugev ja vastupidav, turvaline, kindel ja ohutu. PVC katteks on kasutatud 3M prinditavaid kilesid, millele on võimalik vastavalt kliendi soovile trükkida erinevaid reklaame, ja kujundusi, mis teevad toote müügikeskkonda paremini sulanduvaks.

Kõige tähtsam viimistluselement on uste küljes olev LED valgustusega pleksiklaas, millele klient võib vastavalt oma äranägemisele tellida sobiva kujunduse või valgusefektid. (Sele 3.6) peal on välja toodud näide uste prototüübi viimistlusest ning valgustatud aknast.



Sele 3.6. Uste visuaalne näidis

### 3.3 Ukse kinemaatiline arvutus prototüüp lahendusele

Uste kinemaatilise arvutuse puhul on lähtunud uste maksimaalsetest gabariitidest, kuna mootori arvutusel ning valikul tuleb arvestada just maksimaalse raskusega ustega, et mootor neid soovitud kiirusega liikuma suudaks panna.

Esmalt tuleb kindlaks teha milline on maksimaalsete gabariitidega uks, kuna inimese keskmine kõrgus on 1.8m siis on tõenäoline, et uste kõrgus üle 2m ei ulatu. Kuna PVC tooriku mõõt on 2050x3050mm siis on mõistlik valida ukse laiuseks maksimaalselt 1000mm, et materjali jääk oleks minimaalne. Sellest lähtuvalt on valitud ukse maksimum gabariit 1000x2000mm.

Kuna valgust juhtiva pleksiklaasi tihedus on suurem, kui vaht PVC'1 siis tuleks määrata ka maksimaalse valgustatud tabloo mõõt. Valgustatud tabloo on samuti valitud lähtuvalt klaasi tooriku mõõdust, mis on 2050x3050mm ning LED riba pikkusest (5m). Akna perimeeter ei tohiks olla üle 5m. Optimaalne pleksiklaasi mõõt on 1000x600mm. Sellisel juhul saab ühest tahvlist 10 akent ja jääk on minimaalne.

Komplekteeritud ukseks kasutatavate materjalide massid. Tabelis 3.1 olevad arvud võetud Solidworks 3D mudeli andmete põhjal vastavalt materjalide omadustele ning profiilitootja kodulehelt.

Materjal	Kogus	Mass
Vaht PVC (SIMOPOS)	0,014m <sup>3</sup>	10.22kg
Pleksiklaas (Endlighten)	0,006 m <sup>3</sup>	7,4kg
Uksi kandvad rullikud	2tk	0,22kg
Perimeetrit kattev liist	~6m	1,38kg
<b>Mass kokku:</b>		19,22 kg

Tabel 3.1. Ukse detailide massid

Kuna LED riba ning kinnitusdetailide mass ulatub 250-300g siis on ukse massiks arvestatud ~ 20kg.

Eesmärgiks on ukse võimalikult sujuv ja rahulik sulgumine nii, et müüja või klient jõuaks rahulikult ning ennast vigastamatta toote kapist kätte saada. Selleks on isikliku kogemuse ning mõningate katsetuste tulemusel optimaalne aeg 3s-4s. Antud situatsioonis on tegemist ühtlaselt muutuva sirgjoonelise liikumisega. Sellist liikumist, mille kiirus muutub mistahes

võrdsete ajavahemike jooksul ühesuguse väärtuse võrra, nimetatakse ühtlaselt muutuvaks liikumiseks. [13, lk 27]

Algandmed:

$t_0$  – alghetk. Hetk, mil kiiruse muutumine algab,  $t_0 = 0$  s

$t$  – lõpphetk. Hetk, mil ukse kiirendamine lõpeb,  $t_0 = 3$  s

$V_0$  -kiirus ajahetkel  $t_0$ ,  $V_0 = 0$  m/s ;

$s$  – teepikkus, mille uks peab läbima  $s = 1$  m;

Algandmete põhjal on võimalik leida ukse kiirendus kasutades valemit, mis näitab nihke sõltuvust ajast.

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad [13, lk 35, valem 1.15]$$

Eelnevast valemist tuletame kiirenduse :

$$a = \frac{(s - v_0 t_0)^2}{t^2} = a = \frac{(1 - 0)^2}{3^2} = 0,22 \text{ m/s}^2 \quad (3.1)$$

Arvutuse (3.1) põhjal leidsime, et antud tingimustel ukse liikumisel on kiirendus  $0,22 \text{ m/s}^2$ .

Kui on teada algkiirus ja kiirendus on ühtlaselt muutuva liikumise korral võimalik leida kiirus mistahes ajahetkel. Et leida kiirus, mis on uksele 3 s möödumisel kasutame valemit:

$$v = v_0 + at \quad [13, lk 31, valem 1.12]$$

$$v = v_0 + at = 0 + 0,22 \cdot 3 = 0,66 \text{ m/s} \quad (3.2)$$

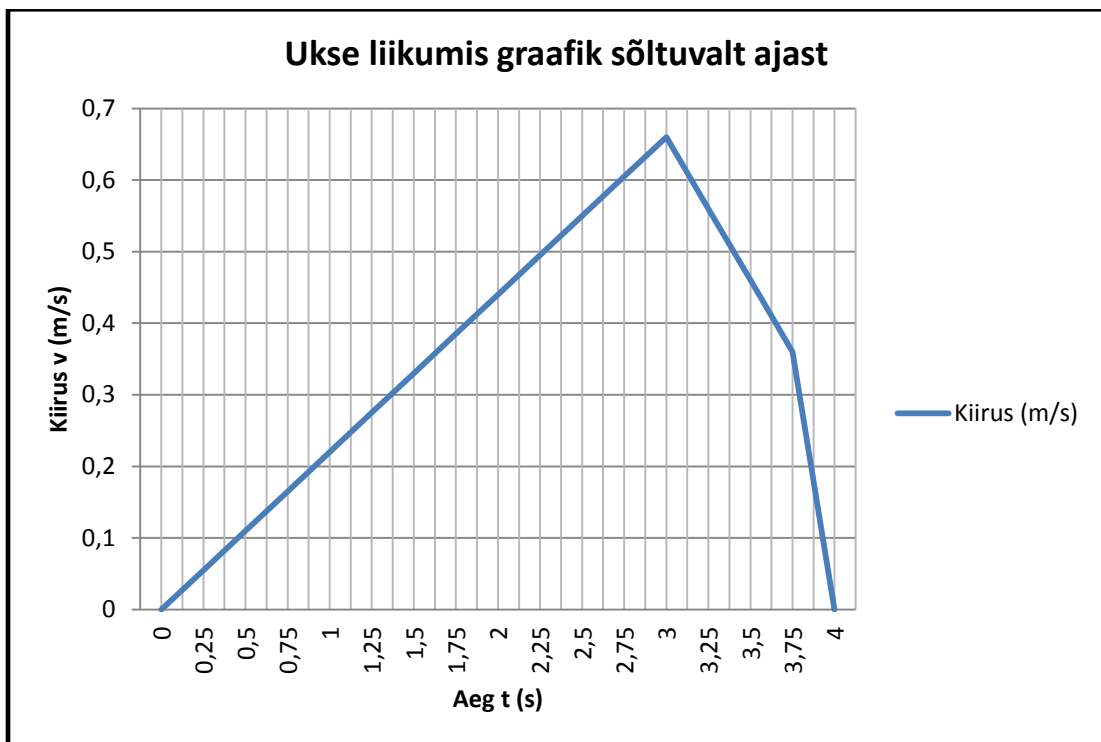
arvutuse (3.2) põhjal saime teada, et ukse sulgumise hetkel on sellel kiirus  $0,66 \text{ m/s}$ .

Kuna vahetult enne ukse lõppasendisse jõudmist on ukse kiirus  $0,66 \text{ m/s}$ , seega on sellel ka küllaltki suur kineetiline energia. Et ukse sulgumisel tekkiv inertsjõud ei hakkaks uste raami konstruktsiooni lõhkuma on tarkvaraliselt vahetult enne ukse sulgumist, rakendatud pidurdamine mootori abil. Pidurdamise täpse rakendamise ajahetke peab välja selgitama eksperimentaalselt. Sellega seoses võib muutuda ka ukse sulgumise aeg kuna täpne

pidurdusmaa selgub katsetuste käigus. Graafik 3.1 näitab visuaalselt kuidas muutub ukse liikumise kiirus sõltuvalt ajast ning ukse asendist. Graafikul tähistab lineaarselt tõusev joon ukse kiirendust 3s jooksul (ukse avanemist). Järgneva 0.75s jooksul toimub mootoriga pidurdamine ning viimase 0.25s jooksul mehaanilise amordi rakendumine (sele 3.7), mis seiskab ukse lõplikult. Ukse aeglustus aeg on graafikul visualiseerimiseks ja täpne väärtus selgub eksperimentaalselt. Mootoriga pidurdamine toimub mootori klemmide lühistamisega.



Sele 3.7. Mehaaniline sulgumisamort [14]



Graafik 3.1. Ukse liikumise graafik sõltuvalt ajast



Kasutades Newtoni teist seadust on võimalik keha massi ja kiirenduse põhjal leida jõud, mida peab rakendama sellistel tingimustel toimuva liikumise tekitamiseks.

$$a = \frac{F}{m} \rightarrow F = a \cdot m \quad [13, lk 53]$$

Kus  $F$  tähistab jõudu, mida rakendatakse kehale ning  $m$  tähistab keha massi, mis antud juhul on ukse täismass.

$$F = a \cdot m \Rightarrow 0,22 \cdot 20 = 4,4N \quad (3.3)$$

Arvutuse (3.3) põhjal võib öelda, et hõrdejõudusid mitte arvestades on ukse liikuma panemiseks vaja 4,4N suurust jõudu ehk siis ~0,45kg raskust.

Uks liigub rullikute peal siini sees, seega mõjub liikumisel rulliku ning siini vahel rakenduv veerehõõre ning laagri ja telje vahel rakenduv laagri liugehõõre.

$F_l$  - liugehõõre (N)

$F_v$ - veerehõõre (N)

$$F_l = \mu \cdot F_n \quad [15, lk 41]$$

Kus  $\mu$  tähistab hõõrdetegurit laagris, mis on leitud eksperimentaalselt ning märgitud tabelitesse, seetõttu võib erinevates allikates väärtus erineda. Hõõrdetegurite tabelis on madalatemperatuurilise laagri hõõrdetegur seisuhõõrdel 0,04 [15, lk 41].  $F_n$  tähistab normaaljõudu, mis on võrdne uksele mõjuva raskusjõuga.

$$F_n = m \cdot g = 20 \cdot 9,83 = 196,6N \quad (3.4)$$

$$F_l = \mu \cdot F_n = 0,04 \cdot 196,6 = 7,86N \quad (3.5)$$

Kuna uksele on kaks rullikut, siis jaotub normaaljõud ühtlaselt kahe rulliku vahel ning on samas kummagil rullikul poole väiksem, seega võib arvutuse (3.5) tulemust arvestada.

$$F_v = \frac{f \cdot F_n}{r} \quad [15, lk 41]$$

Kus  $f$  tähistab veerehõõrde tegurit, mille väärtus on leitud eksperimentaalselt. Veerehõõrde ligikaudsete väärtuste tabelis pole toodud nailoni ning terase vahelist veerehõõrde tegurit, kuid kindlasti pole see oluliselt suurem, kui terase ja terase vaheline veerehõõrde tegur. Seega on turvaline antud arvutuse puhul valida veerehõõrde teguriks teras-terasel hõõrdeteguri väärtus, mis [15 lk 41] tabeli põhjal on 0,5mm. Valemis tähistab  $r$  veereva ratta raadiust,  $F_n$  tähistab normaaljõudu, mis on võrdne uksele mõjuva raskusjõuga.

$$F_v = \frac{f \cdot F_n}{r} = \frac{0,5 \cdot 196,6}{12,5} = 7,86N \quad (3.6)$$

Ukse liigutamiseks antud tingimustel on vaja rakendada jõudu, mis on võrdne kõigi mõjuvate jõudude resultaadjõuga.

$$F_{\text{kogu}} = F + F_l + F_v = 4,5 + 7,9 + 7,9 = 20,3N \quad (3.7)$$

Arvutuses (3.7) põhjal võib öelda, et raskus, mida maksimaalse gabariidiga ukse liigutamiseks 1m võrra 3s jooksul tuleb uksele rakendada peaks olema 20.3N ehk ~2kg.

Järgnevas arvutuses arvutan vajaliku optimaalse pöörlemiskiiruse, et uks liiguks soovitud kiirusega.

D- ukseveoratta läbimõõt- 0,04m

$L_{\text{dist}}$  –veoratta läbitav vahemaa- 1m

0,04m läbimõõduga ratta übermõõt on 0,126m. Seega peab ratas tegema 1m distantsti läbimiseks  $1 \div 0,126 = 7,9$  täis pööret. Vahemaa tuleb läbida 3s jooksul ja sellest lähtuvalt on ratta pöörlemiskiirus 2,6 p/s (pööret sekundis) ehk 156RPM.

### 3.4 Alternatiivsed sulgumis lahendused

Ukse sulgumine vastukaalu kasutades toimis prototüübi puhul, kuid see nõudis lisa materjale ning lisatöötlust vastruraskuse, nõõri ning juhtrulliku näol. Lisaks oli probleemiks nõõri purunemine ning juhtrullikult maha jooksmine. See nõudis omakorda lisa hooldustöid, mis garantii ajal on kulukad ning mida peaka iga hinna eest vältima. Sellega seoses on üheks alternatiivlahenduseks tõmbele mõeldud vedrusüsteemid (sele 3.9), mis hinna poolest on samaväärsed vastu raskusega süsteemile.



Sele 3.8. Pneumaatiline teleskoopsulgur



Sele 3.9. Vedrusulgur

Alternatiivse lahendusena saab kasutada ka pneumaatilisi teleskoopsulgureid (sele 3.8). Need on tunduvalt kallimad, kui vedrulahendusega sulgur ning nende käik on samuti maksimaalselt 700mm. Pneumaatilisi sulgureid kasutades oleks liikumine muidugi sujuvam ning kontrollitum.

Kõige odavam lahendus, kuidas ukse mehaaniliselt sulguma panna oleks kasutada raskusjõudu ning siin panna kalde alla nii, et ust liigutades antakse talle potentsiaalne energia, mis on võrdne nõõriiga töötava vasturaskuse laskumisel tehtava tööga. Vasturaskusega töötava ukse puhul on ukse käik 1m ning ukse liigutamiseks soovitud tingimustel on vaja 2.9kg raskust, siis on sellel raskusel ukse äärmises lahtises olekus potentsiaalne energia  $E_{p1}$

$$E_p = mgh \quad [13, lk162, valem 4.15]$$

Kus  $E_p$  on potentsiaalne energia,  $mg$ - keha mass 2.07kg ning  $h$ - teepikkus 1m mille raskus ukse sulgumisel läbib.

$$E_{p1} = mgh = 2,07 \cdot 1 = 2.07J \quad (3.8)$$

Sama palju potentsiaalset energiat peab saama uks mööda siini kallet üles liikudes.

$$E_{p1} = 2.07 = 20 \cdot h_1 \quad h_1 = 2,07 \div 20 = 0,1035 \text{ m}$$

Kus  $h_1$  näitab kui kõrgel on ukse lahti oleku asend. Esialgne arvutus näitab, et uks peaks liikuma 10,35 cm kõrgusele, kuid ukse korpuse gabariite arvestades on see liiga palju. See suurus peaks olema minimaalne, kuid piisav, et ületada hõõrdejõududest tulenevaid takistusi. Kuna tegemist on alternatiiv varjandiga, siis põhjaliku arvutuskäiku pole siinkohal tehtud.

### 3.5 Rulliku valik

Rullik on arendatavate uste puhul üks kandev element. See on siini ning ust ühendava sõlme põhiline detail. See peab kandma ukse raskust ja taluma nii staatilist, kui ka väikest dünaamilist koormust. Rulliku valikul tuleb lähtuda kliendile ukse liigutamisel sobivate tingimuste loomisest. See peab olema odav, väike, vastupidav, väikse veeretakistusega ning tekitama võimalikult vähe heli. Pinnakatte materjal on rullikuid eristav osa. Rullikute puhul oli valikus kolm erineva pinnakattega rullikut. Tabelis 3.2 on kirjeldatud rullikute põhilised omadused ning antud neile väärtus tärnides, kus \*\*\*\*\* on kõige parem ja \* on halvim.

	Teras	Nailon	Kumm	Polüretaan
Edasimüüja	<a href="http://www.skf.com">www.skf.com</a>	<a href="http://www.artium.ee">www.artium.ee</a>	<a href="http://www.nobelteq.ee">www.nobelteq.ee</a>	<a href="http://www.artium.ee">www.artium.ee</a>
Kulumiskindlus	*****	***	**	***
Veeretakistus	***	***	**	***
Müra tase	*	***	*****	***
Toodete mitmekesisus	*****	***	**	***
Hind	*****	***	*	***
Koormus taluvus	*****	***	*	**
Kokku:	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>17</b>

Tabel 3.2. Rulliku kattematerjali võrdlus

Tabeli 3.2 põhjal tuleb välja, et kõige parema skoori saab tavaline teras rullik- ehk siis üherealine kuullaager. Enamuses hinnatavates kategooriates on see kõige parem, kuid mürataseme poolest on teras kõige kehvem. Müra summutus terasel täielikult puudub ning uste liigutamisel võivad hakata kostma metallsed kolksud ja ebameeldivad helid. Seega jääb valikust välja teras ning kummi rullik. Kummi rullikute valik on kõige väiksem ning kuna neid peab tegema eritellimusel, siis on hinnaklass mitmekordselt teistest üle. Prototüüp lahenduse puhul jäi tabelis tehtud võrdluse põhjal sõelale nailon ning polüretaan rullik. Omadustelt on need kaks materjali võrdsed. Otsustamisel sai määravaks veerepinna kõvadus ning rulliku kandevõime. Kuna nailon rullikul on veerepinna kõvadus väiksem, mis näitab suuremat vibratsiooni ja heli summutamist ning kandevõime 10kg suurem, kui polüretaan rullikul siis kasutame uste rullikutena Blickle nailonrullikut FPO 25x10/6-6K. (Lisa 1)

### 3.6 Mootori võimsuse arvutus

Antud punktis leian punktis 3.3.1 leitud ukse kinemaatilise arvutuse alusel maksimaalse suurusega uksele vaja mineva mootori võimsuse ning pöördemomendi. Võimsus on füüsikaline suurus, mis näitab, kui palju tööd teeb jõud ajaühiku jooksul, seega väljendab võimsus töö tegemise kiirust. Võimsuse mõõtühik SI süsteemis on W (1 vatt). Jõumoment ehk moment on füüsikas ja teoreetilises mehaanikas jõu võime põhjustada pöörlevat liikumist ümber punkti. Jõu momendi suurus arvutatakse jõu suuruse ja jõu õla korrutisena. Jõu õlaks on jõu kandesirge kaugus vaadeldavast punktist. Momendi mõõtühik SI süsteemis on Nm (njuutonmeeter).

Algandmed:

$F_{kogu}$ - Uskse liigutamiseks vaja minev jõud.  $F_{kogu} = 20,07N$

$v$ - Kiirus ukse sulgumise hetkel (max kiirus).  $v = 0,66 \text{ m/s}$

$r$ - Ukse veoratta raadius.  $r = 0,025m$

$$P = F \cdot v \quad [16, \text{valem 2}]$$

Ühtlaselt liikuva keha liikumiseks vaja mineva võimsuse arvutamise valem, kus P tähistab võimsust (W).

$$P_{mootor} = F_{kogu} \cdot v = 20,07 \cdot 0,66 = 13,2W \quad (3.9)$$

Arvutusest 3.9 selgub, et 20kg raskuse ukse liigutamiseks kiirusega 0.66m/s on tarvis mootorit, mille võimsus on 13,2w. Sellise võimsusega mootor suudab liigutada maksimaalse raskusega ust. Ukse liikumise kiirust ning selle muutumist reguleeritakse ning kontrollitakse mikrokontrolleriga.

Arvestades seda, et ust veab mööda siini edasi veoratas läbimõõduga 5cm siis tuleks primaalselt arvestada just maksimaalset momenti, mida mootor toodab. Kui mootori jõumoment ei ületa ukse liikuma panemiseks vajalikku momenti ja võimsust piisavalt, siis ei ole süsteem toimiv. Momendi suurendamiseks kasutatakse mootoritel reduktoreid, mis suurendavad mootori enda produtseeritud momenti vastavalt vajadusele. Reduktoreid

pakutakse mootoritele paljude erinevate ülekande teguritega ning sobiva momendi leidmine ei tohiks mootori valikul probleemiks osutada.

$$M_{\text{mootor}} = F_{\text{kogu}} \cdot r \quad [16, \text{valem 1}]$$

$$M_{\text{mootor}} = F_{\text{kogu}} \cdot r = 20,07 \cdot 0,025 = 0,5 \text{ Nm} \quad (3.10)$$

Arvutusest 3.10 selgub, et meile vajalik pöördemoment, mida mootor uskse paigalt liigutamiseks peab võimaldama on 0.5 Nm. Antud arvutus on esialgne ning kui mootori valiku käigus selgub, et sobiva pöördemomendiga mootorit pole võimalik saada, siis tuleb projektis muuta ust vedava ratta läbimõõtu väiksemaks. Jõumomendi valemist selgub, et kui jõud mida ukse liigutamiseks vaja läheb on konstantne siis momendi suuruse muutmiseks piisab vedava ratta läbimõõdu vähendamisest. See tähendaks vedava konstruktsiooni uuesti projekteerimist.

## 4. ELEKTROONIKA

### 4.1 Mootor

Peatükis 4.1 käsitletakse projekti jaoks sobivate mootori tüüpide ülevaadet. Tuuakse välja erinevate mootoritüüpide lühikirjeldused, eelised ning puudused. Selgitatakse välja milline mootoritüüp on kõige sobivam ning tehakse kindel mudelivalik just selletüüpi mootorite seast.

#### 4.1.1 Elektrimootorite tüübid

Elektrimootorid on elektromehaanilised täiturmehanismid, mis muundavad elektrienergiat mehaaniliseks energiaks ja selle abil panevad liikuma mehaanilise süsteemi e masina.

Elektrimootorid on tänapäeval kõige levinumad täiturmehanismid. Elektrimootorid koosnevad paigalseisvast staatorist ja pöörlevast rootorist. Staatoris tekitatakse pöörlev magnetväli, mis on vajalik rootori pöörlema panemiseks. Rotor pöörleb laagritele toetuval võllil, mille külge on omakorda ühendatud mehhanism. Staatori ja rootori vahel eksisteerib õhupilu, mille kaudu toimub magnetvälja penetratsioon staatorist rootorisse.

Elektrimootoreid võib sõltuvalt toitepinge tüübist jagada kolmeks grupiks:

- alalisvoolumootorid,
- vahelduvvoolumootorid,
- impulsstoitega mootorid.

Lisaks toitepingele võib elektrimootoreid jagada ka liikumise järgi.

- pöörlevad mootorid
- lineaarselt liikuvad mootorid

Sobiva elektrimootori tüübi välja valimiseks olen koostanud tabeli 4.1, kus on toodud lühidalt välja tüübile omased karakteristikud koos plusside ning miinustega. Tabeli koostamisel olen lähtunud TTÜ Robotiklubi kodulehel olevast elektrimootoreid kirjeldavast materjalist. [17] Tabelisse olen lisanud mootoritüübid, mis on ka reaalselt antud projektis kasutamiseks mingil määral sobilikud ja võiks kuuluda valikusse.



<b>Mootori tüüp</b>	<b>Juhtimine</b>	<b>Plussid / miinused</b>	<b>Kasutusala</b>
Alalisvoolumootor	Juhtimine toimub pinge reguleerimisega.	Plussid: hea kontroll pöördemomendi üle, massilt kergemad.  Miinused: Ei hoia stabiilselt ühtlast kiirust.	Eri lahenduste puhul ning mobiilsetes seadmetes, kus vahelduvvoolu pole läheduses.
Vahelduvvoolumootorid sünkroonmootorid / asünkroonmootorid	Juhtimiseks kasutatakse sagedusmuundureid.	Plussid: väga hästi on võimalik hoida stabiilset kiirust, lihtne ehitus ja madal hind.  Miinused: Suured gabariidid, sõltuvus vooluvõrgust, halb kiirendada aeglustada, suur soojuskadu ja lühem mootori eluiga.	Kasutatakse peamiselt tööstuses erinevate rotatsioon liikumiste teostamiseks. (Kompressorid, ventilaatorid, pumbad jne)
Linearmootorid	Sõltub tüübist (võib olla nii alalis, kui vahelduv pingega).	Plussid: töökindel, kiire reageerimisaeg, täpne.  Miinused: kõrge hind, väike veojõud, jahutuse vajadus.	Kasutatakse automaatikas ning kohtades, kus on vaja kindla trajektooriga lineaarset liikumist.
Impulsstoitega mootorid.	Mootori pöörlemist reguleeritakse impulsside arvuga mähisel.	Plussid: hea liikumistäpsus ja stabiilsus, hea digitaalse signaaliga süsteemides, odav.  Miinused: varieeruva jõuga süsteemides raskesti kasutatav, suur vibratsioon (müra).	Kasutatakse kohtades, kus pole vaja suurt jõudu vaid täpsust.

Tabel 4.1. Elektrimootori tüübid

### 4.1.2 Elektrimootori valik

Mootori valik on antud projektis üsna kriitilise tähtsusega. Mootor hakkab liigutama uksi ning just mootorivalikust sõltub suuresti kas ja kuidas ukсед lõpuks liikuma hakkavad ning kas saadud tulemus on vastupidav ning majanduslikult jätkusuutlik. Esmase kitsenduse mootorite valikul tegin lähtudes tabelist 4.1, kus on väga üldiselt välja toodud erinevad mootoritüübid ning nende omadused. Selle põhjal sai välistada teatud mootori tüübid.

Projektis kasutatav mootor peab olema kompaktne, see tähendab mõõtmetelt küllaltki väike, et see uksi kandva siini sisse ära mahuks ja takistuseks ning lisaballastiks ei osutuks. Samuti peab mootor olema ka lihtsalt juhitav. Kuna süsteem on iseenesest väga primitiivne, siis liigset täpsust pole vaja. Ukse mass on ~20 kg ning jõud ning moment, millega ust liikuma pannakse ei pea olema suured - samas ei ole need jõud ka mikroskoopiliselt väikesed. Seetõttu tuleks valida mootori tüüp, millel jõu näitajad sobivad selliste koormustega. Oluline roll on ka mootori müra tasemel. Uksed peaksid töötama võimalikult vaikselt ja liigse mürata ja vibratsioonita. Kindlasti on tähtis ka hind, mootor peaks olema võimalikult odav, voolu tarve minimaalne ning efektiivsus sealjuures maksimaalne.

Eelneva lõigu kriteeriumite alusel on kõige mõistlikum projektis kasutada harjadega alalisvoolumootorit. Kuna mootor töötab lühiajaliselt ja ebaühtlase (mittekonstantse) kiirusega - ehk siis kiirus ning moment muutuvad ukse liikumise käigus pidevalt, siis on alalisvoolu mootor selleks ülesandeks kõige parem lahendus. Alalisvoolu mootorid on ehituselt kompaktsed, hinna poolest küllaltki odavad ning turul on erinevate tootjate vahel suur valikuvõimalus.

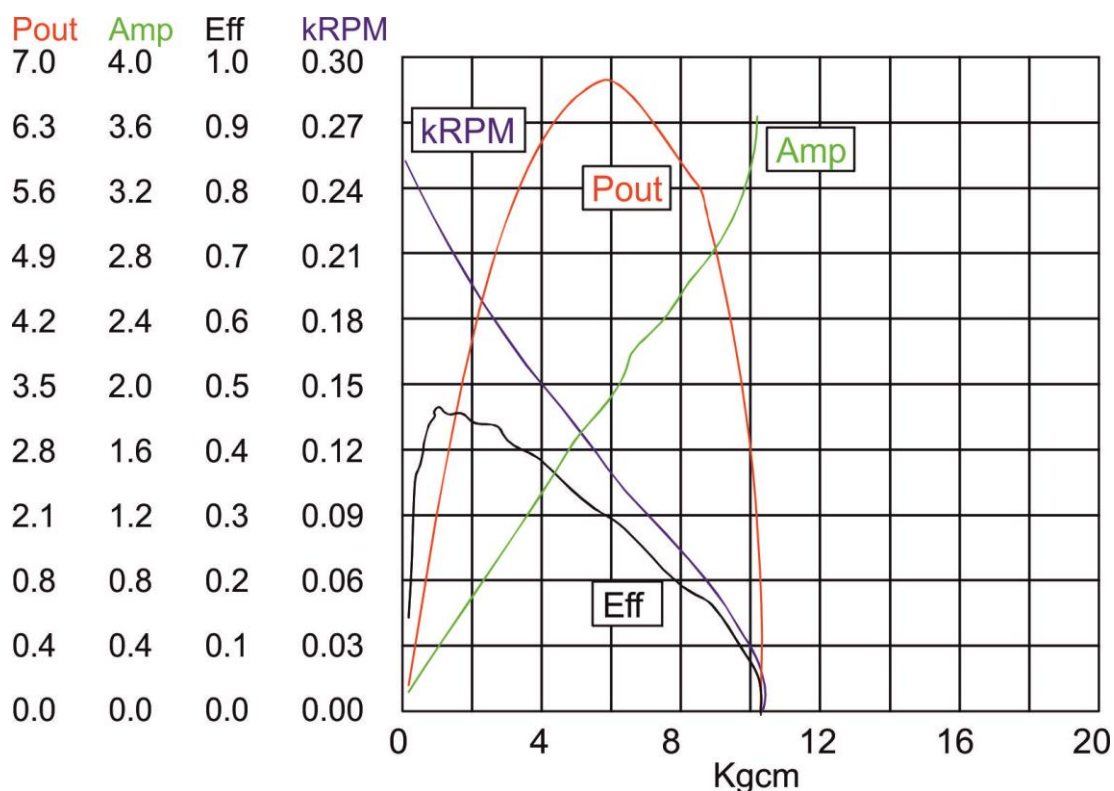
Erinevatel internetilehekülgedel DC mootorite ning nende karakteristikutega tutvudes selgus, et arvutatud võimsuse ja momendiga DC mootorid on gabariitidelt suured ja nende kasutamine on füüsiliselt üsna võimatu. Sellega seoses selgus, et lisaks mootorile tuleb kasutada ka reduktorit, mis annaks meile soovitud momendi võimalikult väikeste gabariitide juures.

Sobivate karakteristikutega mootoreid on internetist võimalik leida tuhandeid, kuid kõigi nende vahel ei ole otstarbekas valima hakata. Mootorite valim on koostatud arvestades Elfa Distrelec Elektroonika & Automaatika internetipoe valikut. Lisaks kaks googeldades leitud mootorit. Tabelis 4.2 on toodud sõelale jäänud mootorite põhi karakteristikud.

Nr.	Tootekood	Toitepinge	Mõõdud	Telje moment	Kiirus	Mass	Hind
1	Crouzet Motors 82862003	12VDC	Ø-35,4mm L-68,1mm	0,5Nm	45 RPM	160g	~96,37€
2	<b>HSIANG NENG GHM-12</b>	12VDC	<b>Ø-37mm L-58mm</b>	<b>1Nm</b>	<b>253RPM</b>	<b>205g</b>	<b>~21,53€</b>
3	Micro Motors RHE158 75:1	12VDC	Ø-37mm L-66,5mm	0,5Nm	81RPM	190g	~70,40€
4	Maxon Motor 41.040.038 00.00- 138	12VDC	Ø-40mm L-73,7mm	0,41Nm	220RPM	262g	~157€
5	Micro Motors E192.24.18	12VDC	Ø-40,5mm L-93mm	0,6Nm	226RPM	417g	~77,7€

Tabel 4.2. Elektrimootorid

Tabeli 4.2 alusel võib teha prototüübi mootori valiku. Lähtudes põhi kriteeriumitest: gabariidid, hind, võimsus, kiirus on kõige ratsionaalsem valik Hiina tootja HSIANG NENG'i pakutav reduktoriga mootor GHM-12, mis sobib kõigi näitajate poolest väga hästi. Testimise käigus tuleb välja selgitada, kas ka kvaliteet ning eluiga on piisav. Graafikul 4.1 on toodud mootori karakteristikud. Karakteristikutelt võib välja lugeda, et soovitud pööretel ~150RPM on mootori moment 0.4 Nm ning efektiivsus on maksimumi lähedane. Ukse liigutamiseks vajalik moment on arvutuslikult 0.5Nm, alla 1000p/min on see moment tagatud.



Graafik 4.1. Mootori karakteristikud

### 4.1.3 Mootori ajur

Mootorit on vaja pöörlema panna mõlemat pidi. Uks peab automaatselt nii avanema, kui ka sulguma. See tähendab mootori juhtimist nii positiivse kui negatiivse polaarsusega. Mootori juhtimiseks kahel polaarsusel töötades tuleb alalisvoolumootorite juhtimiseks kasutada H-silla-nimelist elektriskeemi.

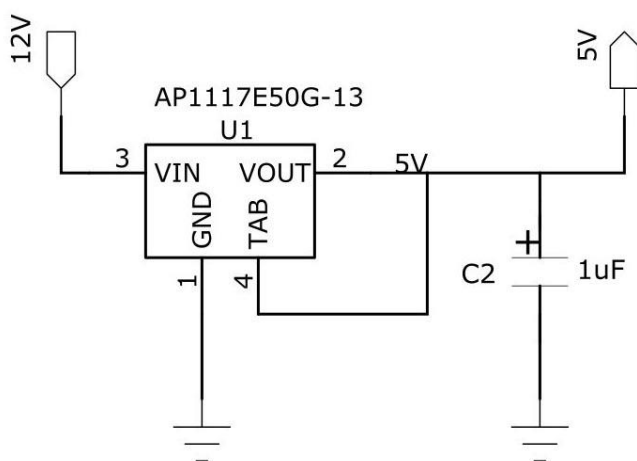
H-sillas tüürivad mootori pöörlemiseks vajalikku voolu neli transistorit (või nende gruppi). H-silla elektriskeem meenutab H-tähte - sellest ka nimi. H-silla eripära seisneb mootorile mõlemat pidi polaarsuse rakendamise võimaluses. [18]

Mootori juhtimiseks kasutatakse „Texas instruments“ L293NE H-silda. Tabelis 4.3 on toodud komponendi põhikarakteristikud ja lisas 1.6 detailsemad spetsifikatsioonid.

Maksimaalne väljundvool	2A
Toitepinge min/max	4.5V/ 36V
Töötemperatuur	0°C-70°C
Väljundeid	4tk

Tabel 4.3. L293NE karakteristikud

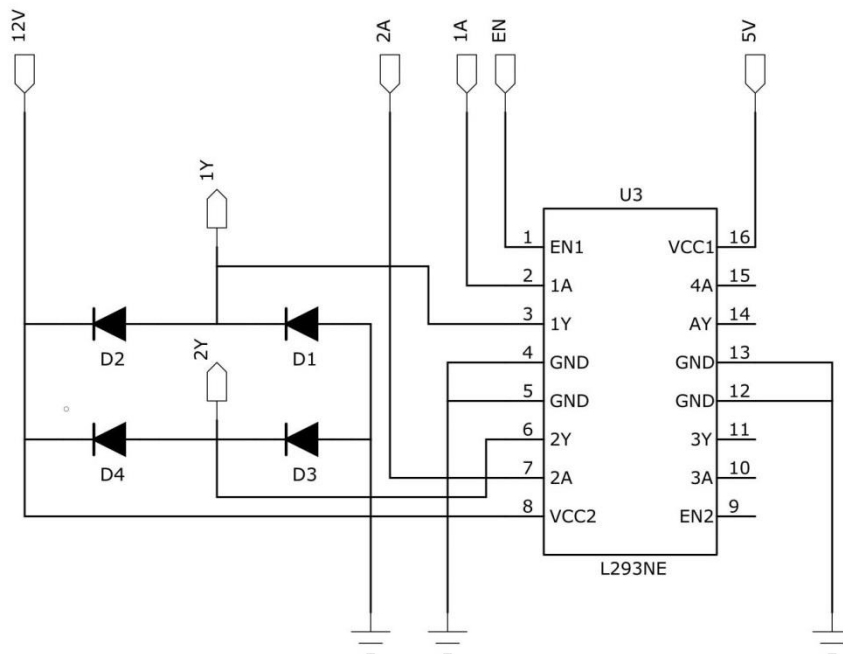
Kuna peatoiteallikana kasutatakse 12V DC pingega toiteplokki siis H-silla toiteks tuleb toite ning H-silla vahele ühendada pingeregulaator, mis muundaks 12V pinget 5V. Selleks kasutame pingeregulaatorit AP1117E50G-13 mis on toodud Selet 4.1.



Sele 4.1. PingeregulaatorH- silla elektriskeemil

Sele 4.2 on näidatud silla ühendused ülejäänud komponentidega. Mootori ajur on ühendatud järgmiste komponentidega: pingeregulaator, mikrokontroller, mootor, mootori toitepinge 12V. Lisas 1.6 on toodud ka komponendi plokk skeem.

- 12V- mootori toitepinge
- 1Y, 2Y –mootori klemmid
- 2A,1A,EN – MCU’st tulevad juhtsignaalid
- 5V- H-silla toitepinge pingeregulaatorist
- D1,D2,D3,D4- Diiod (transistorite kaitseks mähise indutseeritud pinge eest)



Sele 4.2. H-silla ühendus skeem

## 4.2 Mikrokontroller

Mikrokontroller - edaspidid MCU on arvuti, mahutatuna ühe kiibi peale. Tegemist on integraalskeemiga, mis sisaldab mälu, protsessorit ja sisend-väljundliideseid. Mikrokontroller programmeeritakse täitma mingit kindlat ülesannet nii, et kui funktsionaalsust tahetakse muuta või täiendada, siis tuleb kiibile uus programm peale laadida. Selle peamiseks ülesandeks on lihtsustatult öeldes andurite ning mootorite omavahelise suhtluse ja töö koordineerimine. Anduritelt saadud info põhjal edastatakse mootori ajuritele signaal ning ajur edastab sobiva pinge mootoritele.

MCU valiku põhiliseks argumendiks on maksimaalse tootja poolse toe olemasolu. See tähendab seda, et tootjafirmal oleks olemas oma põhi teegid ja programmeerimis ning simuleerimis tarkvara ning hästi koostatud toote spetsifikatsioonid ja juhised.

Olulisemad MCU füüsilised näitajad:

- protsessori töösagedus - määrab kiibi töökiiruse
- programmimälu - kui suure mahuga programmi on võimalik kiibile peale laadida
- andmemälu maht - kui suures mahus andmed on võimalik käsitleda programis
- sisend-väljundviikude arv ja nende funktsioon
- taimerite arv - oluline ajakriteeriumite täitmisel

Prototüüplahenduses on kasutatud firma „Atmel“ poolt toodetavat „ATXMEGA16D4“ 8bit'ist AVR MCU'd. Antud projekti jaoks on see isegi üleliia võimekas, kuid edaspidise arendamise võimalusi arvestades on see väga sobilik. Valitud on SMT kesta mudel, mis on DIP'ga võrreldes kompaktsem. Samas on SMT kiipide jootmine keerukam ning nõuab suuremat kogemust. Tabelis 4.4 on toodud protsessori põhinäitajad.

CPU taktsagedus	32MHz
I/O arv	34tk
Programmimälu	16KB
Andmemälu maht	2KB
Toitepinge min/max	1,6V/3,6V
ADC sisendite arv	12tk
Perifeeriaseadmed	ADC, Comparator, PWM, RTC, Timer
Hind	1,78 €

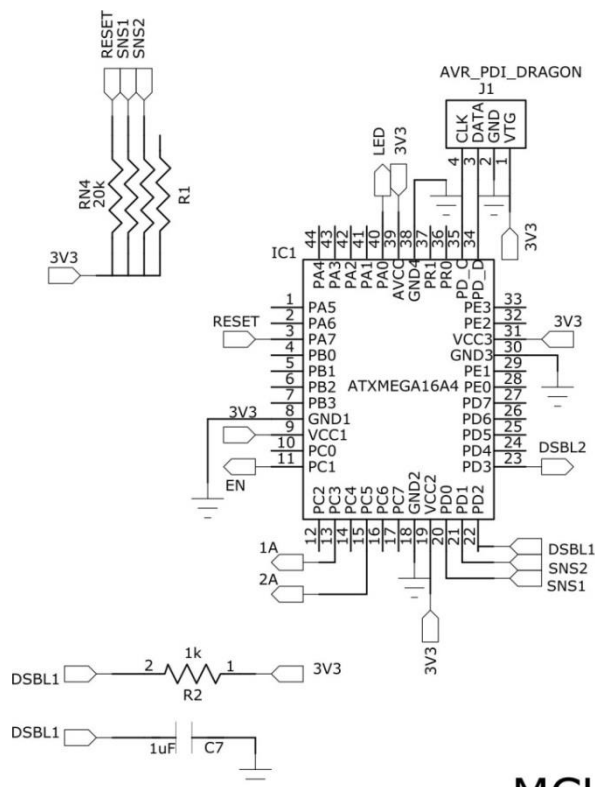
Tabel 4.4. ATXMEGA16D4MCU

toitepinge on 1.6-3.6V, sellise nominaalpinge saamiseks tuleb kasutada lisa pingeregulaatorit, mis muudaks H-silla toite pinget 12V võimalikult 3.6V lähedale. Selleks kasutatakse pingeregulaatorit AP1117E33G-13. MCU elektriskeemil sele 4.3 on mikrokontrolleri ühendused ülejäänud komponentidega. Mikrokontroller on kogu süsteemi juhtkomponent ja seetõttu ühenduses peaaegu kõigi teiste komponentidega. Lisas 1.3-1.4 on toodud ka MCU plokkiskeem ja väljaviikude plokkiskeem.

- 1,2,3,4- Sisend AVR PDI kontrolleri programmeerimiseks
- 8,9- 3.3V toitepinge sisend
- 11,13,15- väljund H-silla juhtimiseks
- 18,19- 3.3V toitepinge sisend
- 20,21- sisend IR anduritele
- 22,23- sisendid, mille rakendusel blokeeritakse mootori liikumine
- 30,31- 3.3V toitepinge sisend

Sisendite 22 ja 23 eesmärgiks on blokeerida ühe mootori töö samal ajal, kui teine lükkanduste

süsteemi ustest on juba liikumises, kuna mõlema ukse sama-aegne liikumine tähendab mootorite ning kontrolleri mooduli omavahelise kontakti tekkimist siini tsentris.



## MCU

Sele 4.2 MCU elektriskeem

## 4.3 Andurid

Peatükis 4.3 kirjeldatakse erinevaid andureid, mille abil saab mikrokontrollerile anda infot uste asendi ning liikumise kohta. Ühtlasi valitakse välja kõige sobivam andurite lahendus, ning leitakse projekti sobiv andur ning antakse põhjalikum kirjeldus anduri tööpõhimõtte kohta.

### 4.3.1 Andurite klassifikatsioon

Andureid kasutatakse juhitavatelt objektidelt seisundiinfo saamiseks. Seega nad on juhtsüsteemide elemendid, mis muudavad juhitavaid suurusid (temperatuur, rõhk, niiskus, vooluhulk jne) mugavalt mõõdetavaks, talletatavaks ja töödeldavaks signaaliks. [19]

Andurid jaotatakse suures plaanis kaheks. Füüsikalised ja keemilised andurid. Füüsikalised andurid on need, milles füüsikaliselt mõõdetav suurus muundatakse elektriliseks signaaliks. Keemilised andurid on need, milles mõõdetav suurus muundatakse elektrisignaalideks keemilise imendumise, elektrokeemilise reaktsiooni tulemusel. [19]

Arendatava projekti puhul on andurite ülesandeks muundada uste liikumine mikrokontrollerile sobivaks signaaliks. See tähendab, et andurid peaksid andma infot uste kiiruse, kiirenduse ning pidurduse kohta. Lisaks ka ukse poolt läbitud teepikkuse ning ukse asendi kohta (kas uks on lahti või kinni).

Püstitatud ülesande lahenduseks on võimalik kasutada väga palju erinevaid andureid. Allolevas kolmes punktis on kirjeldatud kolm kõige optimaalsemat lahendusviisi, millest valitakse kõige parem.

- Seisundiinfo saamiseks kasutada kõige lihtsamaid kontaktandureid ehk mikrolüliteid, mis annavad signaali kui uks neist mööda liigub. Mitmelt andurilt kogutud informatsiooni põhjal arvutab kontrolleri soovitud info.
- Seisundiinfo saamiseks kasutatakse ukse küljes ultraheli andurit, mis edastab ukse liikumise käigus info kontrolleriile.

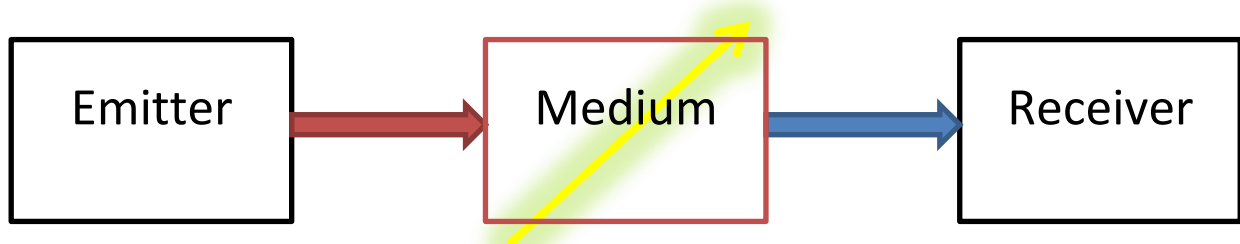
Seisundiinfo saamiseks kasutatakse optoelektronilist andurit, mis sarnaselt kontaktanduritele ning ultraheliandurile edastavad info siinile kinnitatud enkooderi abil.



### 4.3.2 Infrapuna andurid

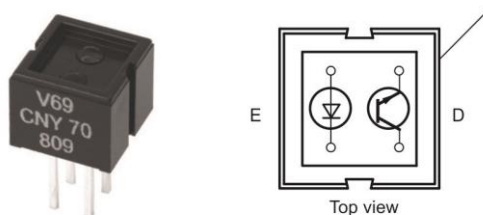
Eelmise peatüki lõpus toodud kolmest eri andurist on projektis kõige mõistlikum kasutada optoelektronilisi andureid. Mikrolülite puhul tuleb kasutada palju lüliteid, et piisavalt palju signaale saada ning sellega seoses oleks siini sees palju ebaratsionaalseid juhtmeid ja ühendusi. Ultraheliandureid pole mõistlik kasutada, sest need on hinnalt kallimad, gabariitidelt suuremad ning nende paigutamine siini sisse on keerulisem. Seetõttu kasutatakse prototüüp lahendusel optoelektronilisi IR andureid.

IR andur on füüsikaline andur, mis koosneb elementide paarist, valgusallikast ja vastuvõtjast. IR andruril on valgusallikaks infrapuna diod (sele 4.1 Emitter) ning vastuvõtjaks fototransistorist (sele 4.1 receiver), mis pinnalt (sele 4.1 medium) peegeldunud IR kiirgusest tingitult väljundsignaali reguleerib. Sele 4.1 peal on toodud infrapuna anduri tööpõhimõte. Sele 4.2 on valitud optoelektronilise anduri visuaalne pilt ning selgitav pealtvaate eskiis, millel on näha nii infrapuna LED kui ka fototransistor.



Sele 4.1. Infrapuna anduri tööpõhimõte [19]

Prototüübi projektis osutus valituks firma „Vishay“ poolt toodetav optoelektroniline andur V69 CNY70. Andur sisaldab LED diodi, mis kiirgab valgust lainepikkusega 950nm. Infrapunakiirguse lainepikkus on alates 750nm – 1mm, mis on inimsilmale nähtamatu. Et vältida päiksevalgusest tingitud häireid on sensorile lisatud ka filter, mis plopeerib päiksevalguse kiirgust. Täpsemad anduri spetsifikatsioonid on toodud töö lisas 1.5. Seel 4.2 on anduri visuaalne pilt ning pealtvaate eskiis, kus on tähistatud LED ja fototransistor.



Sele 4.2. Andur V69 CNY70

Andurite toitepinge võetakse MCU pingeregulaatorilt AP1117E33G-13. Pingeregulaatori väljastatav pinge on 3.3V. Kasutatavate andurite V68 CN70 emitteri toitepinge on aga 1.25-1.6V seega tuleb anduri ning pingeregulaatori vahele ühendada sobiva takistusega takisti R<sub>1</sub>.

Takisti R<sub>1</sub> arvutus:

$$U_1 = \text{toitepinge} = 3.3V$$

$$U_2 = \text{emitteri pinge} = 1.25V$$

$$I_{12} = \text{Emitteri voolutugevus} = 50mA = 0.05A$$

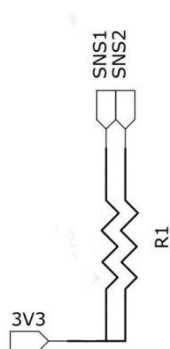
$$R_1 = \text{Takistus } (\Omega)$$

$$U_3 = \text{Vajalik pingelang}$$

$$U_3 = U_1 - U_2 = 3.3 - 1.25 = 2.05V$$

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{2.05}{0.05} = 41\Omega \quad (4.1)$$

Arvutuse 4.1 põhjal selgub, et anduri jaoks vaja mineva pingelangu tekitamiseks on pingeregulaatori ja anduri vahele vaja ühendada takisti R<sub>1</sub>= 41Ω. Anduri ning takisti ja pingeregulaatori ühendus skeem on toodud sele 4.3.



Sele 4.3. IR anduri ühendusskeem

## 4.4 LED valgustus

Valgustus on uste visuaalse osa ning disaini oluline komponent. Standardisel ukstepaketil on mõlema ukse sisse projekteeritud valgustatud paneel, mille peale on kliendil ise võimalik panna disain või mõne toote reklaam. Tänu valgustusele on need kujundused väga pilkupüüdvad ning muudavad kapi kenaks sisekujundus elemendiks. Valguspaneeli suuruse võivad kliendid ise valida kuid, ukse kabariidid määravad ka valgustatud ala maksimaalse suuruse. Punktis 3.3.1 on välja toodud optimaalsed valgustatud paneeli mõõdud 1000x600mm. Ümber paneeli perimeetri kinnitatakse LED riba, mille tulemusel valgustjuhtiva klaasi pind helendab ning valgustab paneelil olevat slaidi.

LED riba tüübi otsustab klient. Valikus on kogu turul olev LED valik:

- Valge valgus ~ 4500K (päevavalgus)
- Soe valgus ~3000K
- Külma valgus~ 6000K
- RGB LED

Maksimaalne võimsus, mida 1m LED riba tarbib on 7.5W/m. Optimaalse valgustabloo suuruse korral kulub ühele uksele 3.2m riba ehk ~25W. Kogu uste komplekti jaoks on valgusallika tarbimine siis  $2 \cdot 25 = 50W$ . Toitepingega 12V.

Soovi korral on võimalik lisada ka RGB LED (Sele 4.3) ning kontrollid, mis kuvaks tabloole soovitud valguseffekte kogu spektri ulatuses.



Sele 4.4. RGB LED [20]

## 4.5 Elektroonikakomponentide toide

Kuna tegemist on statsionaarsete uksekomplektidega, mis on mõeldud sisetingimustesse siis on kõige mugavam ustesüsteemi toide võtta vooluvõrgust. Euroopas on vahelduvvoolu võrgupinge efektiivväärtus 230V, seega on otstarbekas toiteploki sisendpingeks valida 220V.

Enamus turul pakutavaid elektrimootoreid kasutavad kas 12 või 24 VDC pinget, ka LED ribavalgusteid on võimalik saada 12V ning 24V toitepingega. Elektroonikakomponendid, kontrollid ja mootori ajurid kasutavad toiteks madalamaid pingeid. Sellest lähtuvalt tuleks ka toiteploki väljundpinge valida 12VDC. Madalamat pinget nõudvate komponentide puhul kasutatakse pingeregulaatorit.

Toiteploki võimsus tuleks valida kogu süsteemi elektroonikakomponentide poolt summaarselt tarbitava maksimaalse voolu alusel. Kuna mikrokontroller, H-sild ning andurid tarbivad võrreldes mootorite ning valgustusega kõigest ~2% kogu tarbitavast võimsusest siis on tabelis 4.4 välja toodud ainult mootorite ning LED valgustuse poolt tarbitav võimsus ning toiteploki valik on tehtud nende parameetrite alusel.

Komponent	Kogus	Max võimsus	Kogu võimsus
Mootor GHM-12	2tk	5,3W	10,6W
LED valgustus	6,4m	7,5W	48W
			<b>Kokku: 59W</b>

Tabel 4.4. Toiteploki võimsus

Toiteploki valikul tuleb arvestada maksimaalselt 60W võimsusega. Sele 4.4 on toodud firma „Elektroewerk“ poolt pakutav toiteplokk. [21] Kuna põhitoide on suunatud LED valgustusele, siis on toiteplokk mõeldud spetsiaalselt LED diodidele. Tabelis 4.5 toiteploki andmed.

Võimsus	60W
Mõõtmed	125x55x30mm
Sisendpinge	100-230V
Materjal	Plastik
IP aste	IP20
Reguleeritav	Jah
Hind	11,5 EUR

Tabel 4.5. Toiteploki karakteristikud



Sele 4.5. Toiteplokk [21]

## 5. TARKVARA

Peatükis 5 on käsitletud projekti tarkvara küsimusi ja toodud põhimõttelised plokk skeemid ning arhitektuuri loogika.

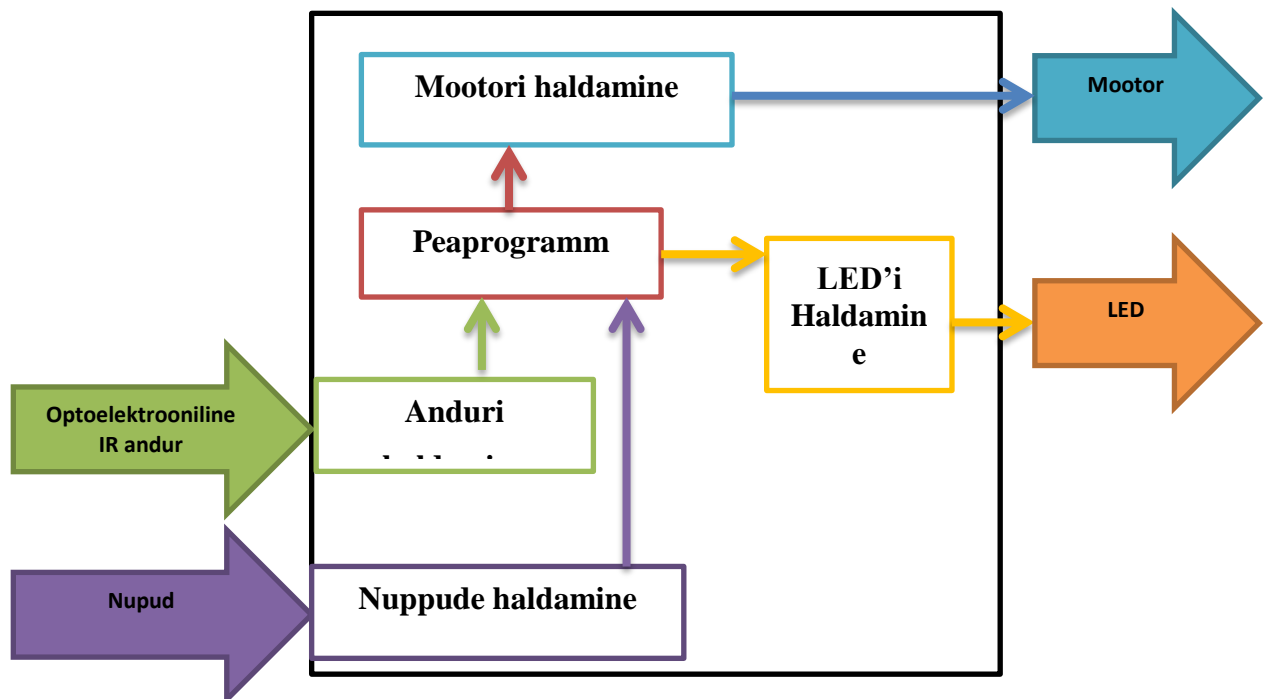
### 5.1 Tarkvara arhitektuur

Tarkvara arhitektuuri lahenduses on arvestatud nelja kriteeriumi: [22]

- realiseerimise kulutusi
- nõuded protsessori võimsusele ja mälumahule
- tarkvara struktuuri ülesehituse mugavust ja tema katsetatavust
- hooldatavust ja modifitseeritavust

Eesmärk oli programmis kasutada nii palju olemasolevaid teke kui võimalik, et programmeerimiseks kuluv aeg oleks väiksem, seega tarkvaraarendus odavam.

Parema struktureerituse ja katsetatavuse huvides on iga tarkvara funktsionaalne osa kirjutatud eraldi funktsiooni, mis kutsutakse välja peaprogrammist. Nii on võimalik vajalikke funktsioone testida üksteisest iseseisvalt.



Sele 5.1. Tarkvara arhitektuuri plokk skeem

Tarkvara plokk skeem on jaotatud viieks alajaotuseks, millest iga üks tegeleb erineva osa haldamisega.

**Peaprogramm** - tegeleb kogu süsteemi alamprogrammide töö koordineerimisega.

**Andurite haldamine** - peamine alajaotus, mida on täpsemalt kirjeldatud punktis 5.3 ning mis tegeleb optoelektronilistelt anduritelt saadud impulside töötlemisega.

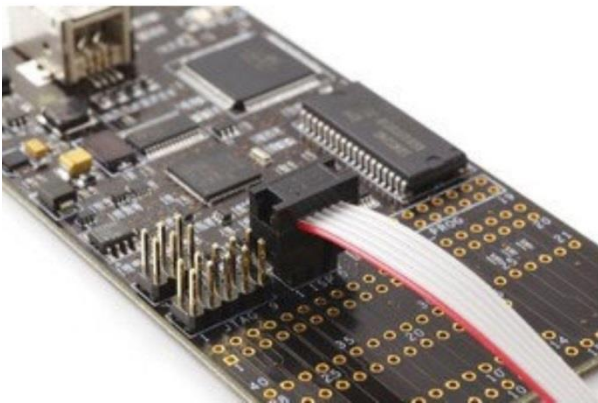
**Mootorite haldamine** - see osa tegeleb vastavalt anduritelt saadud infole mootorite töö juhtimisega

**LED'i haldamine** - programmi osa, mis juhib indikaator LED'i. (Prototüübi realiseerimisel pole ajalise ressursi puudumisel indikaator LED'i rakendatud)

**Nuppude haldamine**- prototüübi puhul see osa puudub, kuid edasi arenduse puhul juhib see programmi osa programmi resetimist, kella konfigureerimist ning näiteks uste kiiruse reguleerimist

## 5.2 Programm

Seoses riistvara tootjafirmaga on programmeerimiskeeleks valitud C-keel kuna „Atmel“ pakub oma riistvarale hulgaliselt tarkvaralist tuge ning spetsiaalseid teke. Tarkvara on arendatud „Atmel AVR Studio“ programmeerimiskeskonnas OÜ THE Systems inseneride poolt vastavalt uste mehaaniliste kriteeriumite juhistele ning punkti 5.1 skeemile. Kuna projektile kirjutatud kood on eelnimetatud firma konfidentsiaalne info, siis koodi pahatahtliku ning autoriõigusteta kasutuse huvides on toodud lisas 2 näidisenäidise koodi esimesed ning viimased read. Programmi testimiseks kasutati „AVR Dragon“ emulaatorit ning MCU programmeeriti PDI liidese kaudu (Sele 5.2). Programmeerimise riistvaralist realiseerimist kirjeldab Sele 5, millel on toodud MCU programmeerimiseks vajalikud riistvarakomponendid PC, AVR Dragon, MCU.



Sele 5.2. AVR Dragon [23]



Sele 5.3. Riistvara programmeerimine

### 5.3 Anduri rakendusmeetod

Uste lineaarse liikumise registreerimiseks on vaja IR valgusandurilt saada impulsssignaal. Selleks tuleb paigaldada uste siinidele koodiriba. Koodiriba koosneb mustadest ning valgetest segmentidest. Mustadelt pindadelt valgust tagasi ei peegelda ehk andur saab signaali väärtusega 0. Valgelt pinnalt peegeldub valgus tagasi ning andur saab signaali 1. Koodiriba on toodud Sele 5.4 peal.

Koodiriba ning IR andur moodustavad koos impulsianduri, antud juhul inkrementaalanduri. Vastavalt radade arvule on andurid  $n$  bitise. Sele 5.4 koodiriba on 2 bitine, mis võimaldab piisavat informatsiooni edastust, et ukse kõiki olekuid kirjeldada.



Sele 5.4. Koodiriba

Ukse liikuma panemiseks peab klient manuaalselt ust liigutama nii palju, et andur liiguks olekus I alale 00, mis rakendab ajami töö. Tabelis 5.1 on kirjeldatud ukse olekud kahendkoodis, kus esimene liiga tähistab ühe anduri olekut ja teine liige tähitab teise anduri olekut. Näiteks olek 10 puhul on esimene andur koodiriba valgel osal ning teine andur mustal. Ehk siis uks on seisvas olekus avatult või suletult.

Ukse liikumise tsüklit alustatakse alati suletud uksega, sealjuures on programmi mälus info ka ukse suletud või avatud oleku kohta. Tsükli algul on see alati „suletud“. Avamise puhul saab uks impulsi 00, mis alustab olekut II. Olek II tähistab kas ukse avanemist või peatumist. Saades impulsi 01, rakendub mootori ülekoormus taimer. Taimer on programmeeritud pikkusega  $s$ . Kui  $s=0$ , siis mootori töö peatatakse ja programm annab teate ukse kinni kiilumise kohta. See tähendab, et tsükli jätkamiseks tuleb ust manuaalselt liigutada alale 11. Seda tehes käivitub taas ülekoormus taimer. Kui uks jätkab liikumist ning  $s$  ei võrdu 0 on uks liikumises seni, kuni andur saab impulsi 00, mis tähistab ukse „avatud“ olekut ning ülekoormus taimer peatub ja programmi mälus muutub ukse olek „avatud“. Käivitub ukse sulgumise taimer. Sulgumise taimeri väärtus on määratud vastavalt kliendi soovile aeg, mille vältel soovitakse ust avatuna hoida. Aeg peaks olema täpselt nii pikk, et teenindaja jõuaks kapist toote välja võtta ilma kiirustamata ja ilma kätt sulguva ukse vahele jätmata. Kui sulgemise taimer  $s_t=0$  muudetakse mootori polaarsust ning algab ukse sulgemise tsükel, mis on



identne avanemis tsükliga. Tsükli lõpus saab andur impulsi 10 ning mälus muutub ukse olek „suletud“- see tähistab tsükli lõppu.

Olek	10	00	01	11
I „seisev“	-	Ukse avanemine	-	-
		Olek II		
II „avanev, peatuv“	Sulgunud uks	-	Ülekoormus taimer rakendub	-
	Olek I		Olek III	
III „liikuv 1“	-	Ülekoormus taimer peatub	-	Ülekoormus taimeri taaskäivitus
		Olek II		Olek IV
IV „liikuv 2“	-	-	Ülekoormus taimeri taaskäivitus	-
			Olek III	

Tabel 5.1.Uuste olekutabel

## 6. MAJANDUSLIK KALKULATSIOON

Tabelis 6.1 on toodud komponentide ja materjalide summaarsed hinnad ühe uste komplekti tootmiseks. Tabelisse on märgitud komponendid ja materjalid ning tööd mille maksumus oli seoses prototüübi valmistamise protsessiga teada või internetist leitav. Allolev nimekiri ei sisalda kinnitusfurnituuri ning elektroonika komponentide ühendavate materjalide (juhtmed, jootmis tina, trükiplaat jne) hindu. Lisaks ei ole hinda välja toodud ka terastoodete töötlemisele (löiketöötlus, painutamine). Ka tööjõu ning komplekteerimis aega on antud projektis raske täpselt välja arvestada. Kogu teada olevate komponentide, materjalide ning tööde hind on tabeli alusel 370,8 €, sellele hinnale lisanduvad kõik eelpool nimetatud kulutused ja lisaks logistika kulud. Hinnanguliselt võivad need kulud ulatuda -40% kogu teadaolevates kulutustest. Kuna täpselt pole võimalik kõiki kulusid hinnata, siis võib oletada, et prototüübi tootmisel kulub ~500€, mille sisse pole arvestatud mehaanika-, ning tarkvara projekteerimise hinda

Komponent	Kogus	Hind kokku	Märkus
HSIANG NENG GHM-12 DC mootor	2tk	43 €	<a href="http://www.lynxmotion.com">http://www.lynxmotion.com</a>
H-sild L293NE	2tk	6 €	<a href="http://ee.farnell.com">http://ee.farnell.com</a>
MCU ATXMEGA16D4	2tk	3.6 €	<a href="http://ee.farnell.com">http://ee.farnell.com</a>
Pingeregulaator AP1117E50G-13	2tk	0.54 €	<a href="http://ee.farnell.com">http://ee.farnell.com</a>
Pingeregulaator AP1117E33G-13	2tk	0.54 €	<a href="http://ee.farnell.com">http://ee.farnell.com</a>
IR andur V69 CNY70	4tk	4.44€	<a href="http://ee.farnell.com">http://ee.farnell.com</a>
LED riba	10jm	25.52€	<a href="http://www.ledshop.ee">www.ledshop.ee</a>
LED toiteplokk 60W, 12V DC	1tk	11.5€	<a href="http://www.elektrowerk.ee">http://www.elektrowerk.ee</a>
10mm PCV	4m <sup>2</sup>	70.2€	Lexplast, Jaanuas 2012
10mm endlighten PMMA	1.2 m <sup>2</sup>	93.9€	Proplastik, Mai 2011
Blickle nailonrullikut FPO 25x10/6-6K	4tk	25.2€	<a href="http://www.amazon.de">http://www.amazon.de</a>
2mm kuumvalts teras	2.4 m <sup>2</sup>	15 €	<a href="http://www.metallimarket.ee">http://www.metallimarket.ee</a>
Reklaamkiled Avery 500 seeria	6.5 m <sup>2</sup>	18.5 €	ProStokk
Teras detailide pulbervärv	2.4 m <sup>2</sup>	15.36 €	<a href="http://raudar.ee/pulbervarvimine/">http://raudar.ee/pulbervarvimine/</a>
Plastik detailide CNC lõikus	~45min	37.5€	<a href="http://www.eliengineering.ee/">http://www.eliengineering.ee/</a>
		<b>Projekt kokku:</b>	<b>370.8€</b>

Tabel 6.1. Komponentide hinnad

## 7. EDASINE ARENDUS

Eelnevates punktides on kirjeldatud automaatsete tubakakapi uste prototüübi arendust lähtudes sellest, et kogu mehaanika osa oleks lihtne ja odav modifitseerida ning vigade tuvastamisel need likvideerida. Samuti on lähtutud kiirest ning operatiivsest elektroonika testimise valmidusest.

Edaspidised arendused seisnevad enamasti praeguse prototüübi valmistamisel ilmnunud vigade parandustest ning uute mehaaniliste lahenduste välja töötamiset ning tootmiskulude vähendamises. Arendus on jaotatud kaheks:

- Mehanika arendus
- Tarkvaralise klienditagasiside arendamine

### 7.1 Mehaanika arendus

Prototüübi testimise käigus selgus, et lahenduses kasutatud siinisüsteemis esines mõningaid vundamentaalseid probleeme, millega kaasnes ka tarkvara osa vigane töötamine.

Probleem seines ukse veoratta ja siini seinaga vahelises kontaktis. Ukse pidurduse rakendumisel tekkis veoratta kummist pinna ning siini vertikaalpinna vahel libisemine. Libisemine toimus kaootiliselt ning tekitas programmi töös erinevaid anomaaliaid. Libisemise vältimiseks tuleks siini ja vedava ratta vahel hõõrdumist suurendada. Edaspidise mehanika arenduse käigus tuleks keskenduda just sellele probleemile. Üks võimalik lahendus, mida libisemise vältimiseks kasutada oleks hammaskontakti kasutamine, kuid see võib osutuda liiga mürarikaks.

Teiseks mehaanilise osa arendus suunaks peaks olema uste massi vähendamine. Seoses 20kg massiga tuleb kasutada küllaltki suuri ning kalleid mootoreid. Ukse mass võiks tulevikus ideaalis olla 15kg, see jätaks antud mootorile piisava varuteguri. Lisaks tuleks valida lisaks maksimaalsele ukse gabariidile ka 1-2 vahepealset standartsuurust, kus kasutatakse optimaalse võimsusega mootorit, sest praegusel juhul on väiksemate uste puhul mootori võimsus üle dimensioneeritud

## 7.2 Tarkvaralise klienditagasiside arendamine

Tegemist on mehanilise süsteemiga, mis on on teatud perioodil päevast dünaamilises liikumises. Kõik liikuvad elemendid kuluvad ning seetõttu on neid vaja ka hooldada või välja vahetada. Komplekti õigeaegseks hooldamiseks tuleb prototüübil lasta töötada teatud testperiood, mille vältel selgitatakse välja hooldusvälbad. Hooldusvälbad peaks olema seotud uste avanemiste kordustega ning tarkvara peaks olema suuteline seda jälgima ning kliendile vastavat tagasisidet andma.

Sellise tagasiside lahenduseks on mitmeid võimalusi. Esmalt tuleks välja töötada riistvaraline osa, mille alusel vastav tarkvara arendada. Riistvaraliselt on lahendusi mitmeid. Lihtsamana võiks välja tuua indikaator LED'idega lahenduse, kus trükiplaadile on lisatud LED'ide väljaviigud ning hoolduse vajalikkus siduda nendega. Samuti võib hoolduse vajalikkuse indikaatorina kasutada helisignaale.

Keerulisema lahendusena peaks riistvarale lisama SD kaardi toe ning tarkvaraliselt kirjutatakse kogu ustega seotud statistika SD kaardile ning hiljem on võimalik seda PC kaudu jälgida. Alternatiivina võiks kasutada ka etherneti või WLAN'i teel edastatavat statistikat. Selline lahendus annab müügifirmadele võimaluse teha statistikat kogu kaubandusketi müügi koguste kohta kronoloogiliselt ning seeläbi oma müügi strateegiaid kohandada.

Selleks, et süsteem registreeriks ka avanemise aegu on aga vaja täiendada riistvara lisades trükiplaadile RTC. See omakorda tähendaks ka kella konfigureerimiseks vajaliku display ja juhtnuppude lisamist.

Materiaalselt pole sellised modifikatsioonid kallid, nende rakendamiseks on vaja küllaltki palju tarkvara ning mehaanika arendust, kuid turul müügieelise saamiseks tuleb edaspidine arendus kindlasti kasuks.

## KOKKUVÕTE

Käesolevas töös on kirjeldatud automaatsete tubakakapi uste prototüübi projekteerimise mehaanilist, elektroonilist ning tarkvaralist lahendust. Käsitletav prototüüp on valmistatud ning projekteeritud 2011 – 2012 aasta jooksul.

Töö käigus projekteeriti uste mehaaniline lahendus lähtudes kliendi tellimusest, mis nägi ette nii elektroonilise kui ka mehaanilise kapi olemasolu. Projekti käigus tutvuti erinevate materjalidega ning uuriti nende kättesaadavust ning töötlemisvõimalusi. Arvestada tuli nii materjalide tugevust, visuaalset välja nägemist, hinda, kui ka optilisi omadusi seoses valgustatava tablooga. Seoses liikuvate osadega tehti ka vastavad arvutused ning veere ja hõõrdetakistuse vähendamiseks uuriti põhjalikult erinevaid rullikuid. Prototüübi mehaanilise osa testimise alusel selgus, et probleemsed kohad on ukse sulgumisel tekkiv vedava ratta ning pinna vaheline hõõrdumine ja edaspidisel arendusel tuleks just selle parendamist silmas pidada.

Elektroonika ning tarkvara osas tutvuti erinevate mikrokontrolleritega, uuriti põhjalikult elektrimootoreid ning nende turgu. Seoses arendamisega viidi läbi palju praktilisi teste ning katseid erinevate anduritega ja valiti välja sobivaim lahendus. Prototüübi katsetuse käigus avaldunud elektroonilised ning tarkvaralised probleemid olid seotud mehaaniliste probleemidega seega edaspidisel arendamisel tuleks silmas pidada ainult olemasoleva tarkvara täiendamist statistilise tagasiside osas.

Kokkuvõtteks, projekti käigus on tehtud palju arvutusi, mille abil on edaspidi võimalik lihtsa vaevaga projekteerida erinevate gabariitidega uksi ning teha vastavalt sellele ka komponentide valik. Projekti alusel on valmistatud ka reaalne prototüüp ning selle käigus selgunud vigadest ning probleemidest lähtuvalt tehtud edasi arenduse alusel võib toota ka edasi arendatud parema prototüübi. Bakalaureuse töö koostamisel on tutvunud väga paljude teooria materjalidega, konsulteeritud mitmete oma ala spetsialistidega ning omandatud palju praktilisi ja teoreetilisi teadmisi. Suur osa projekti joonistest valmis kasutades joonestustarkvara Autocad 2010. Kliendile parema visuaalse pildi andmiseks on valmistatud süsteemist ka täielik 3D mudel kasutades modelleerimistarkvara Solidworks 2012. Elektriskeemid on valminud kasutades tarkvara „PADS“ Thomas Tasuja juhendamisel.

## **SUMMARY**

The present undergraduate work describes the designing of automatic tobacco cabinet doors prototypes mechanical, electronic and software solutions. The prototype was produced and designed in the years 2011 - 2012.

In the process of designing, the solution for the mechanical doors was made considering the wishes of the client, which foresaw the electronic and mechanical availability of the doors. During the project different materials were examined and their availability and processing possibility was considered. The strength of the material, the visual appearance, price and optical properties in relation with illuminated display were taken into account. In connection with the moving parts, respective calculations were made and to lower the rolling resistance and frictional resistance different rollers were thoroughly studied. In the testing of the mechanical part of the prototype it became clear, the problematical part would be the friction between the propulsion wheel and surface when the doors close. In further developing improvement of that fact should be considered.

In the electronic and software part different microcontrollers were acquainted with, electrical motors and their market was thoroughly studied. In relation with developing many practical tests and experiments with different sensors were made and the best solution was chosen. The electronic and software problems revealed in the testing of the prototype were related to the mechanical problems. In the future development only the current software updating considering statistical feedback should be kept in mind. In summary, during designing many calculations were made, which makes future designing easier with different dimensions doors and make the adequate components choice. On the basis of the designing a actual prototype was manufactured and during the making the mistakes and problems which occurred can be used in the future development to produce a more developed better prototype. In the process of making this undergraduate work many theoretical materials were studied, many specialists of this field were consulted with and practical and theoretical knowledge was gained. A big part of the drafts of the designing was made using the drawing software Autocad 2010. To give the client a better picture, a full 3D model of the system was made using modeling software Solidwork 2012. Electrical schemes were made using software "Pads" in the guidance of Thomas Tasuja.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. 8 a § (22.12.2011/1438) [WWW] <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1976/19760693> (03.2014)
2. Liuguste süsteem: [WWW] <http://www.autoslide.com> (03.2014)
3. Liuguste süsteem: [WWW] [www.ryobi-group.co](http://www.ryobi-group.co) (03.2014)
4. Liuguste süsteem: [WWW] <http://www.evydoo.com> (03.2014)
5. Liuguste süsteem: [WWW] <http://www.smartlion.com.tw> (03.2014)
6. Liuguste süsteem:  
[WWW] <http://www.sdslondon.co.uk/product/automatic-sliding-door-system.html>  
(03.2014)
7. Liuguste süsteem:  
[WWW] <http://www.hafele.co.uk/shop/p/sliding-door-fitting-sets-for-bi-parting-doors/slider-e-35-fb-fitting-sets-for-wardrobes-with-electric-drive/77413/1355> (03.2014)
8. Liuguste süsteem: [WWW] <http://www.storagemotion.com/automatic-doors.html>  
(03.2014)
9. Eesti patendiameti kodulehekülg:  
[WWW] <http://www1.epa.ee/patent/default2.asp> (03.2014)
10. Ülemaailmne patentide tasuta andmebaas Espacenet:  
[WWW] <http://worldwide.espacenet.com/> (03.2014)
11. Elbe jaekaubandus tooted  
[WWW] [http://www.elbest.ee/?sisu=toode&cat\\_id=2&subcat\\_id=179&id=2066](http://www.elbest.ee/?sisu=toode&cat_id=2&subcat_id=179&id=2066)  
(04.2014)
12. 435 Blickle G15 Artium eestik [online] [www.artium.ee](http://www.artium.ee) (04.2014)
13. Mehaanika. (2012) / Indrek Peil : Kirjastus Maurus [online] <http://õpik.füüsika.ee>  
(04.2014)
14. Mehaaniline lõõgisummuti [WWW] [http://topcent.en.alibaba.com/product/1040688012-201007710/Sliding\\_Door\\_Soft\\_Close\\_System.html](http://topcent.en.alibaba.com/product/1040688012-201007710/Sliding_Door_Soft_Close_System.html) (04.2014)
15. Mehaanikainseneri käsiraamat ./ Priit Kulu. Teine täiendatud ja parandatud trükk. Tallinn: TTÜ, 2013
16. Võimsuse arvutamise valem: [WWW] <http://et.wikipedia.org/wiki/V%C3%B5imsus>  
(04.2014)
17. TTÜ Robotiklubi elektrimootorite konspekt [WWW]  
[http://www.robotiklubi.ee/media/kursused/robot\\_igayhele/2007/mootorid.pdf](http://www.robotiklubi.ee/media/kursused/robot_igayhele/2007/mootorid.pdf)

18. (05.2014) Teooria alalisvoolumootori kohta [WWW]  
<http://home.roboticlab.eu/et/examples/motor/dc> (05.2014)
19. Sensors for mechatronics./ Paul P. L. Regtien. London: Elsevier, 2010
20. RGB LED pilt [WWW] <http://fixled.ru/leds/smart-led.html> (05.2014)
21. Toiteplokk [WWW] <http://www.elektrowerk.ee/led-toiteplokk-60w-12v-dc-5a.html>  
(05.2014)
22. Sissejuhatus reaalaajatarkvaratehnikasse LAP 5711. Osa C. Leo Mõtus.
23. AVR Dragon datasheet [WWW] <http://www.usbmicro.com/apps/dragon.pdf> (05.2014)



## **LISAD 1**

### **komponentide spetsifikatsioonid**

# Lisa 1.1 Rulliku datasheet



Seeria: FPO

## Nailonist veerepinnaga juhtrullikud

30 - 400 kg



veerepinna/rehvi kõvadus	70° Shore D
temperatuurikindlus	-25° C - +80° C
veeretakistus	suurepärase
veeremüra	rahuldav
põranda säästmise	rahuldav

### Juhrullikute seeria FPO:

**Veerepind:** kvaliteetsest välismõjudele vastupidavast nailonist, kõvadus 70° Shore D, väga väike veeretakistus, kerge liikumine siledatel põrandatel, väga kulumiskindel, värv naturaalne beez, veerepind otse kuullaagrite valatud. (materjali kirjeldus: lehekülj 40)

### Laagri tüüp:

• Kuullaager, tihendatud, määritud kauakestva määrdega

### Muud omadused:

Hea keemiline vastupidavus paljudele agressiivsetele reageerivatele ainetele (tabel leheküljel 36-37).

Temperatuurikindlus: -25° C kuni +80° C.

Ümbritseva keskkonna temperatuuril üle +35° C väheneb kandevõime.

Toodud kandevõime väärtused on ilma takistusteta rakendustele.

Normaalsetel kasutustingimustel hooldusvaba.

Ülevaade rullikuseeriatest lehekülj 54

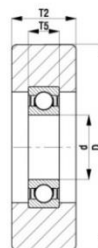
Juhrullikud	Ratta Ø (D) [mm]	Ratta laius (T2) [mm]	Kandevõime [kg]	Kuullaager	Teljeava Ø (d) [mm]	Kiammerdusosa pikkus (T5) [mm]
FPO 25x10/6-6K	25	10	30	626 2RS	6	6
FPO 30x8/6-6K	30	8	35	626 2RS	6	6
FPO 30x11/8-7K	30	11	40	608 2RS	8	7
FPO 35x11/8-7K	35	11	55	608 2RS	8	7
FPO 40x16/12-10K	40	16	80	6201 2RS	12	10
FPO 40x20/10-9K	40	20	100	6200 2RS	10	9
FPO 50x15/10-9K	50	15	100	6200 2RS	10	9
FPO 50x15/12-10K	50	15	100	6201 2RS	12	10
FPO 50x20/15-11K	50	20	130	6202 2RS	15	11
FPO 50x25/15-11K	50	25	165	6202 2RS	15	11
FPO 60x20/17-12K	60	20	165	6203 2RS	17	12
FPO 60x25/15-13K	60	25	200	6302 2RS	15	13
FPO 60x25/20-12K	60	25	200	6004 2RS	20	12
FPO 70x20/25-15K	70	20	185	6205 2RS	25	15
FPO 70x25/20-14K	70	25	225	6204 2RS	20	14
FPO 80x20/15-11K	80	20	210	6202 2RS	15	11
FPO 80x20/17-14K	80	20	210	6303 2RS	17	14
FPO 80x20/20-14K	80	20	210	6204 2RS	20	14
FPO 80x25/25-12K	80	25	265	6005 2RS	25	12
FPO 100x25/25-15K	100	25	330	6205 2RS	25	15
FPO 125x25/25-15K	125	25	400	6205 2RS	25	15

Rohkem rullikute läbimõõte tellimisel

### Lisavõimalused



	Elektrijuhtivas variandis, mittermarkeriv hall	Roostevaba kuullaagriga
Tehnilise kirjelduse lehekülj	36, 40	61
Tootekoodi lisa	-ELS	-XK
Saadavus	tellimisel	tellimisel



22

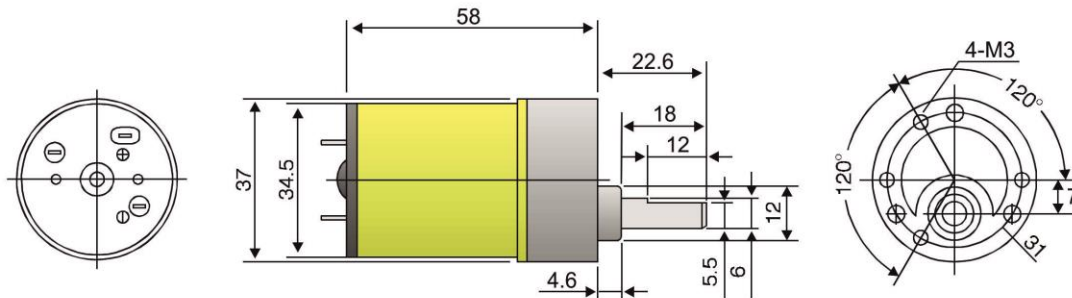
# Lisa 1.2 Mootori datasheet

Data sheet for:  
 GHM-12  
 12vdc 30:1 253rpm  
 6mm shaft

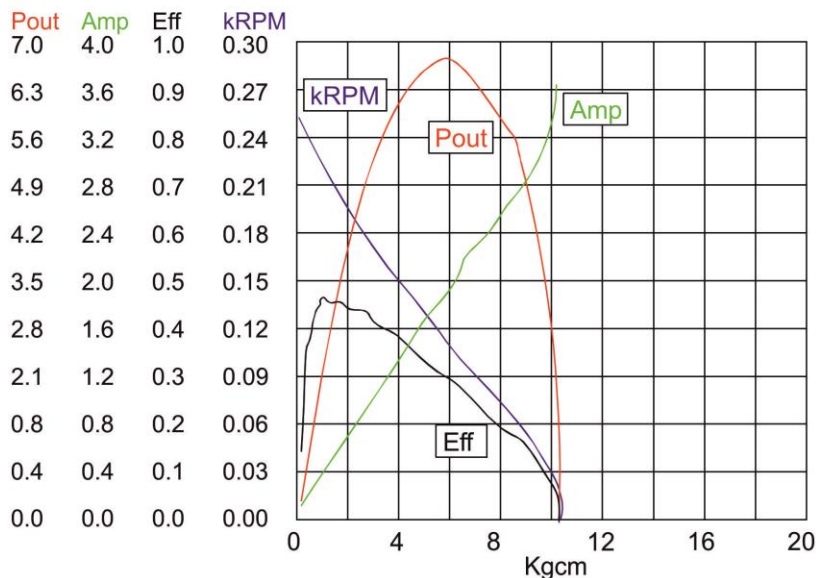


www.lynxmotion.com

## I. OUTER DIMENSIONS



## II. DRAWING OF CURVES



## III. SPECIFICATIONS

Type: HN-GH35GMC  
 Model: HN-GH12-2413T - 30:1

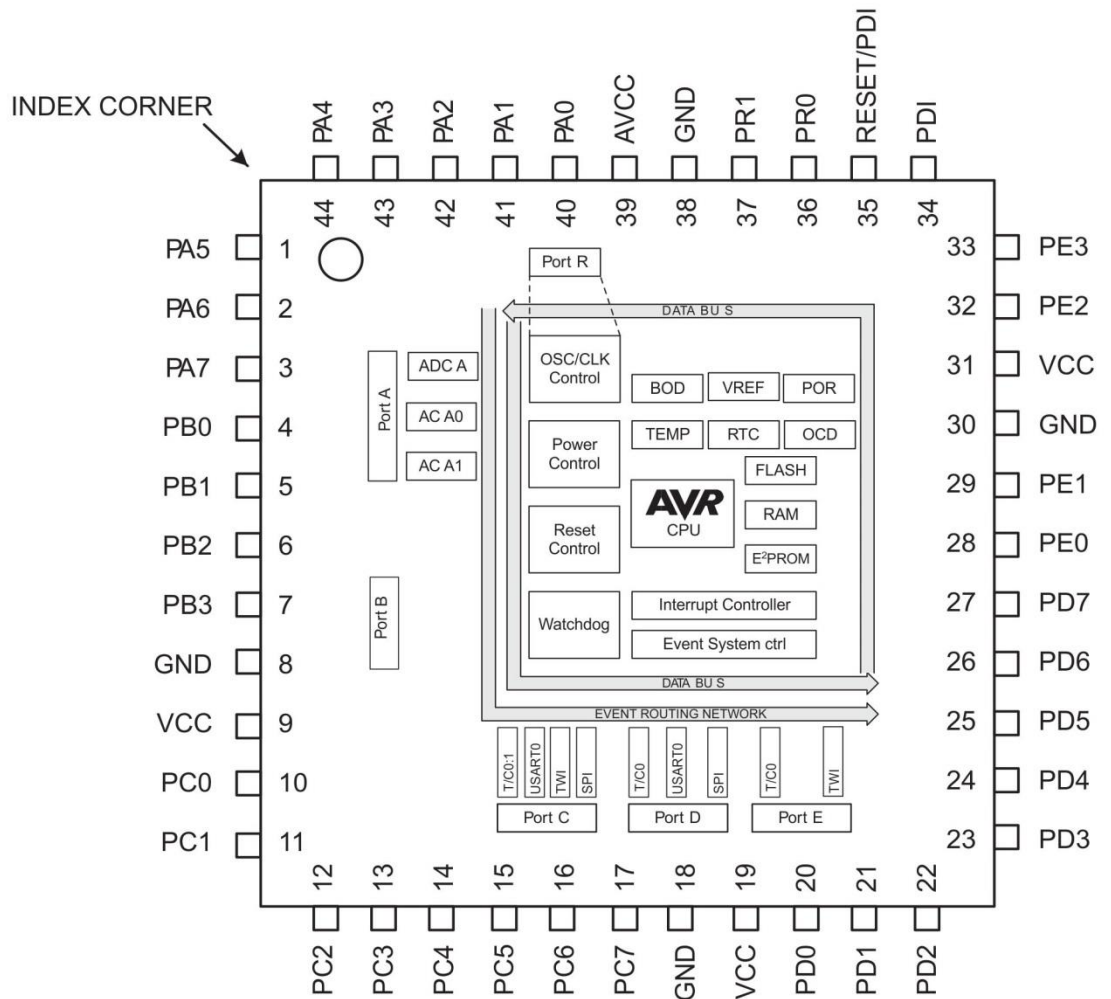
- Testing Conditions:  
 Temp: 25° Celsius  
 Humidity: 60%  
 Motor Orientation: Horizontal
- Rated Voltage: 12vdc
- Voltage Operating Range: 6-12vdc
- Rated Load at 12vdc: 1.04Kg-cm  
 Do not exceed rated load. Damage may occur!
- No Load Speed at 12vdc: 254 RPM +/- 10%
- Speed at Rated Load (1.04Kg-cm): 224 RPM +/- 10%
- No Load Current at 12vdc: < 157mA
- Current at Rated Load (1.04Kg-cm): < 443mA
- Shaft End-Play: Maximum 0.8m/m
- Insulation Resistance: 10M ohm at 300vdc
- Withstand Voltage: 300vdc for 1 Second
- The gear motor is not intended for instant reverse. The gear motor must be stopped before reversing.
- The gear motor does not include protection from water or dust etc.

# Lisa 1.3 XMEGA 4D blokkdiagramm

## XMEGA D4

### 2. Pinout/Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram and TQFP/QFN pinout

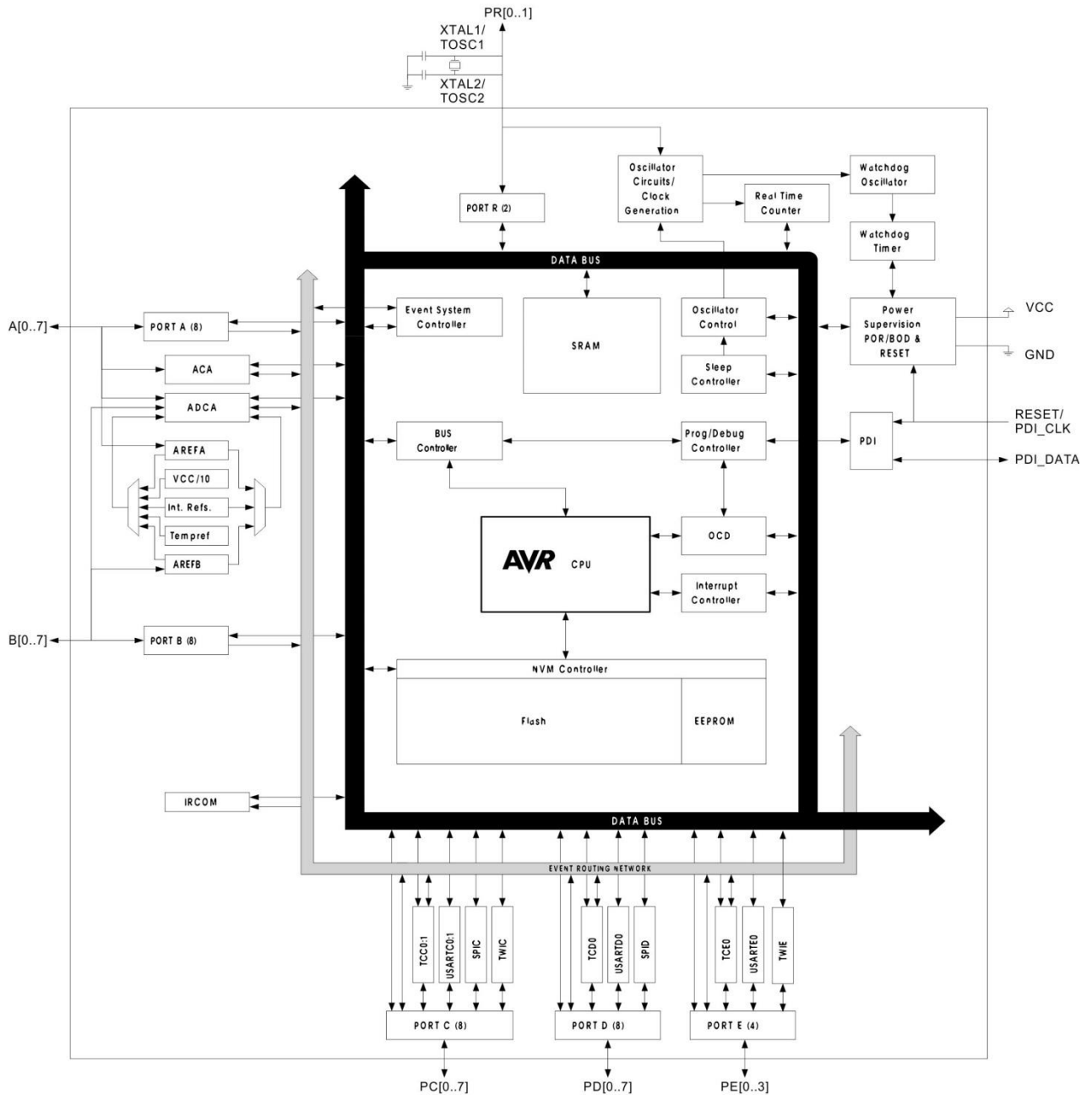


- Notes:
1. For full details on pinout and pin functions refer to "Pinout and Pin Functions" on page 46.
  2. The large center pad underneath the QFN/MLF package should be soldered to ground on the board to ensure good mechanical stability.

# Lisa 1.4 XMEGA 4D blokkdiagramm

## 3.1 Block Diagram

Figure 3-1. XMEGA D4 Block Diagram



# Lisa 1.5 Optoelektronilise anduri CNY70 datasheet



www.vishay.com

CNY70

Vishay Semiconductors

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T <sub>amb</sub> = 25 °C, unless otherwise specified)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
<b>OUTPUT (DETECTOR)</b>				
Collector emitter voltage		V <sub>CEO</sub>	32	V
Emitter collector voltage		V <sub>ECO</sub>	7	V
Collector current		I <sub>C</sub>	50	mA
Power dissipation	T <sub>amb</sub> ≤ 25 °C	P <sub>V</sub>	100	mW
Junction temperature		T <sub>J</sub>	100	°C

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

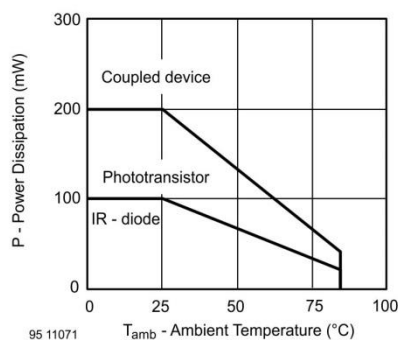


Fig. 1 - Power Dissipation vs. Ambient Temperature

BASIC CHARACTERISTICS (T <sub>amb</sub> = 25 °C, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
<b>COUPLER</b>						
Collector current	V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>F</sub> = 20 mA, d = 0.3 mm (figure 1)	I <sub>C</sub> <sup>(2)</sup>	0.3	1.0		mA
Cross talk current	V <sub>CE</sub> = 5 V, I <sub>F</sub> = 20 mA, (figure 2)	t <sub>CX</sub> <sup>(3)</sup>			600	nA
Collector emitter saturation voltage	I <sub>F</sub> = 20 mA, I <sub>C</sub> = 0.1 mA, d = 0.3 mm (figure 1)	V <sub>CEsat</sub> <sup>(2)</sup>			0.3	V
<b>INPUT (EMITTER)</b>						
Forward voltage	I <sub>F</sub> = 50 mA	V <sub>F</sub>		1.25	1.6	V
Radiant intensity	I <sub>F</sub> = 50 mA, t <sub>p</sub> = 20 ms	I <sub>e</sub>			7.5	mW/sr
Peak wavelength	I <sub>F</sub> = 100 mA	λ <sub>P</sub>	940			nm
Virtual source diameter	Method: 63 % encircled energy	d		1.2		mm
<b>OUTPUT (DETECTOR)</b>						
Collector emitter voltage	I <sub>C</sub> = 1 mA	V <sub>CEO</sub>	32			V
Emitter collector voltage	I <sub>E</sub> = 100 μA	V <sub>ECO</sub>	5			V
Collector dark current	V <sub>CE</sub> = 20 V, I <sub>F</sub> = 0 A, E = 0 lx	I <sub>CEO</sub>			200	nA

### Notes

(1) Measured with the "Kodak neutral test card", white side with 90 % diffuse reflectance

(2) Measured without reflecting medium

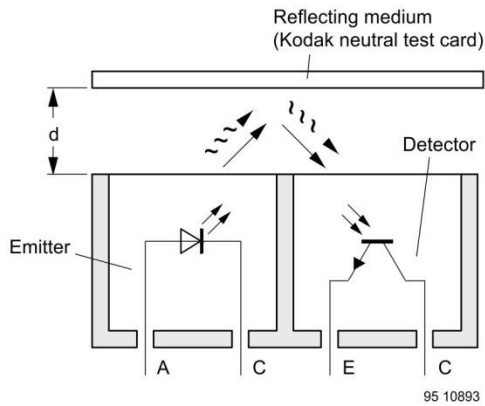


Fig. 2 - Test Condition

BASIC CHARACTERISTICS ( $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)

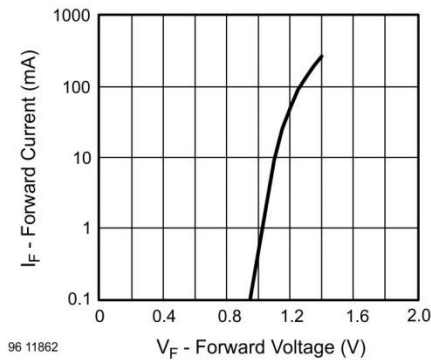


Fig. 3 - Forward Current vs. Forward Voltage

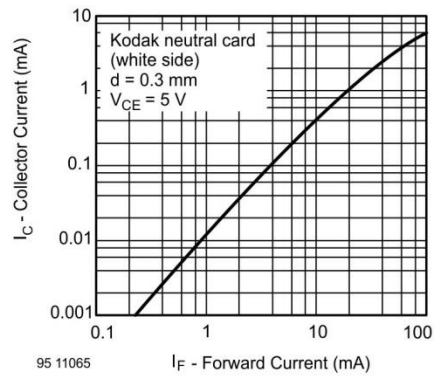


Fig. 5 - Collector Current vs. Forward Current

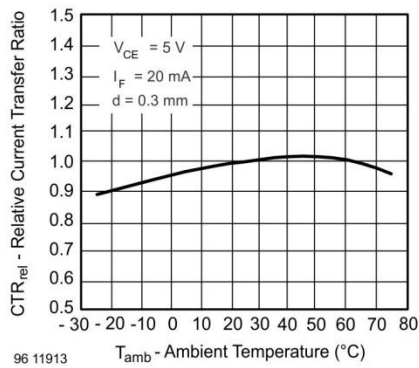


Fig. 4 - Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

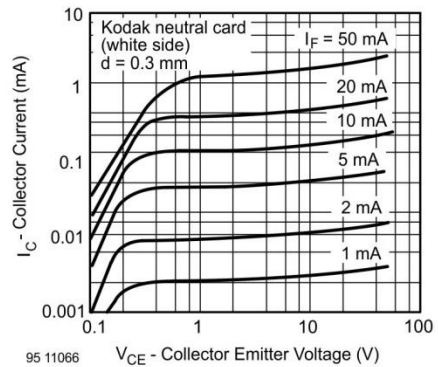


Fig. 6 - Collector Current vs. Collector Emitter Voltage



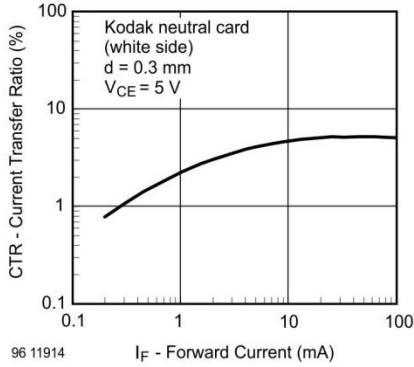


Fig. 7 - Current Transfer Ratio vs. Forward Current

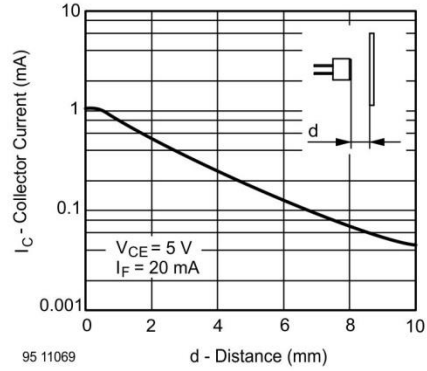


Fig. 9 - Collector Current vs. Distance

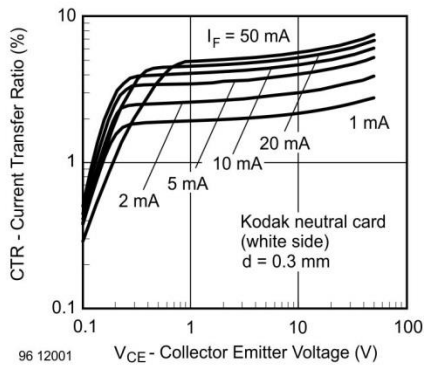


Fig. 8 - Current Transfer Ratio vs. Collector Emitter Voltage

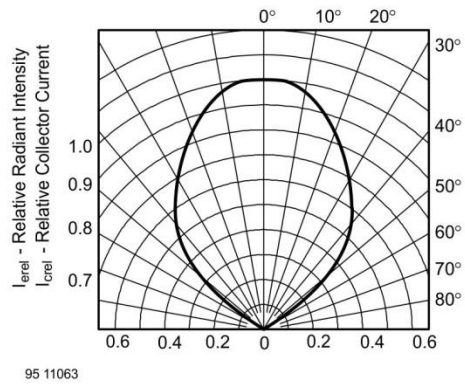


Fig. 10 - Relative Radiant Intensity/Collector Current vs. Angular Displacement

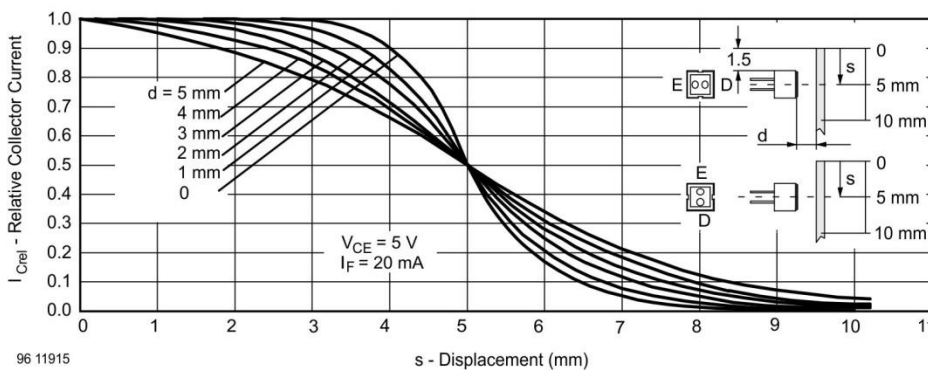


Fig. 11 - Relative Collector Current vs. Displacement



# Lisa 1.6 H-silla datasheet

## Products Now From Texas Instruments

- **Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V**
- **Separate Input-Logic Supply**
- **Internal ESD Protection**
- **Thermal Shutdown**
- **High-Noise-Immunity Inputs**
- **Functionally Similar to SGS L293 and SGS L293D**
- **Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)**
- **Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)**
- **Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)**

## description/ordering information

The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, dc and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

All inputs are TTL compatible. Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled, and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled, and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

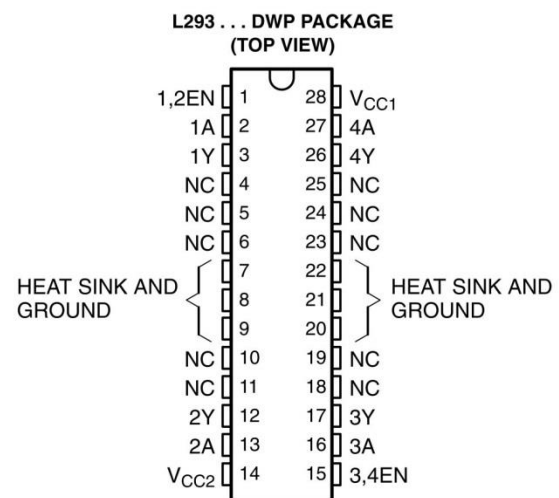
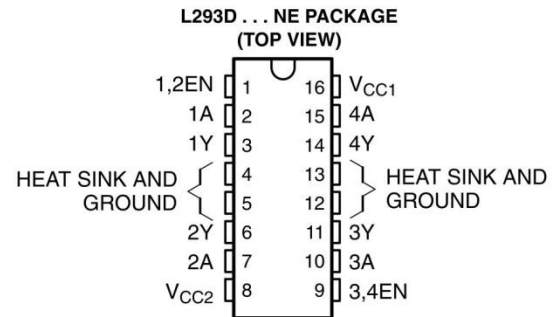
## ORDERING INFORMATION

T <sub>A</sub>	PACKAGE		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	HSOP (DWP)	Tube of 20	L293DWP	L293DWP
	PDIP (N)	Tube of 25	L293N	L293N
	PDIP (NE)	Tube of 25	L293NE	L293NE
		Tube of 25	L293DNE	L293DNE

Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at [www.ti.com/sc/package](http://www.ti.com/sc/package).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.



# L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

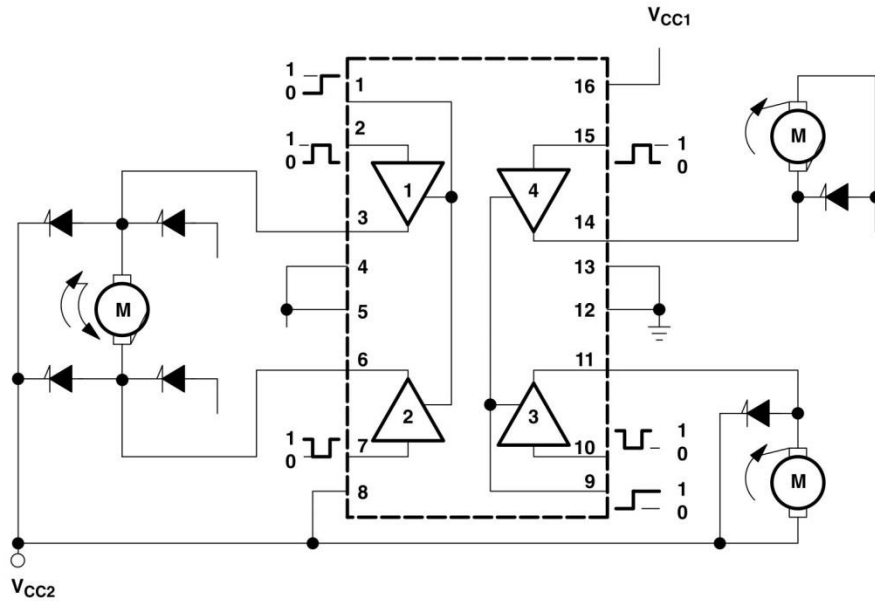
## description/ordering information (continued)

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression.

A  $V_{CC1}$  terminal, separate from  $V_{CC2}$ , is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation.

The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

## block diagram



NOTE: Output diodes are internal in L293D.

FUNCTION TABLE  
(each driver)

INPUTS		OUTPUT
A	EN	Y
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

H = high level, L = low level, X = irrelevant, Z = high impedance (off)

In the thermal shutdown mode, the output is in the high-impedance state, regardless of the input levels.

## LISA 2 (Uste iuhimis programm)

```
133
134 static void StartDoorClosingTimer ( sDOOR_DATA* psDoor )
135 {
136     if ( psDoor -> eMotorId == midMOTOR_A
137     {
138         utilExecSignalSet ( sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_CLOSING_TIMEOUT
139         utilExecCounterSet ( coDOOR_A_CLOSING_TIMEOUT uS_TO_TICKS( DOOR_CLOSING_DELAY
100000L ));
140     }
141 }
142
143 static void StartDoorOpeningTimer ( sDOOR_DATA* psDoor )
144 {
145     if ( psDoor -> eMotorId == midMOTOR_A
146     {
147         utilExecSignalSet ( sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_OPENING_TIMEOUT
148         utilExecCounterSet ( coDOOR_A_OPENING_TIMEOUT uS_TO_TICKS( DOOR_OPENING_DELAY
100000L ));
149     }
150 }
151
152 static void StartDoorClosing ( sDOOR_DATA* psDoor )
153 {
154     halOutputCtrlSetMotorDirection ( psDoor -> eMotorId , dirCLOSE );
155     halOutputCtrlSetMotorSpeed ( psDoor -> eMotorId , speedMAX);
156 }
157
158 static void SetBreakSpeed ( sDOOR_DATA* psDoor )
159 {
160     halOutputCtrlSetMotorSpeed ( psDoor -> eMotorId , speedMIN );
161 }
162
163 static void StartOverloadTimer ( sDOOR_DATA* psDoor )
164 {
165     if ( psDoor -> eMotorId == midMOTOR_A
166     {
167         utilExecSignalSet ( sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_OVERLOAD_SENSE_TIMEOUT
168         utilExecCounterSet ( coDOOR_A_OVERLOAD_SENSE_TIMEOUT uS_TO_TICKS(
OVERLOAD_SENSE_MONITOR_DELAY
169     }
170 }
171
172 static void StopOverloadTimer ( sDOOR_DATA* psDoor )
173 {
174     if ( psDoor -> eMotorId == midMOTOR_A
175     {
176         utilExecSignalClear ( sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_OVERLOAD_SENSE_TIMEOUT
177         utilExecCounterSet ( coDOOR_A_OVERLOAD_SENSE_TIMEOUT );
178     }
179 }
180
181 void StartDoorBreakReleaseTimer ( sDOOR_DATA* psDoor )
182 {
183     if ( psDoor -> eMotorId == midMOTOR_A
184     {
185         utilExecSignalSet ( sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_BREAK_RELEASE_TIMEOUT
186         utilExecCounterSet ( coDOOR_A_BREAK_RELEASE_TIMEOUT uS_TO_TICKS(
DOOR_BREAK_RELEASE_DELAY
187     }
188 }
189
190 static void StartDoorStopCheckTimer ( sDOOR_DATA* psDoor )
191 {
192     if ( psDoor -> eMotorId == midMOTOR_A
193     {
194         utilExecSignalSet ( sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_STOP_CHECK_TIMEOUT
```

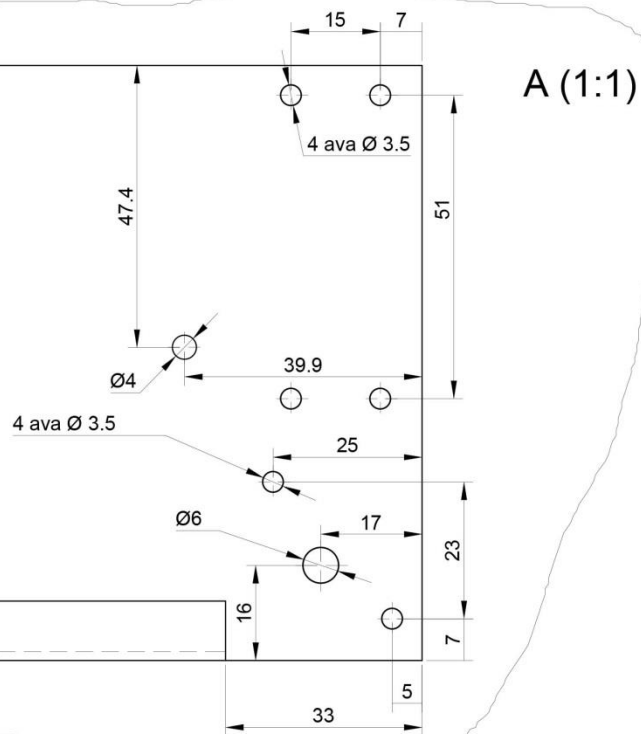
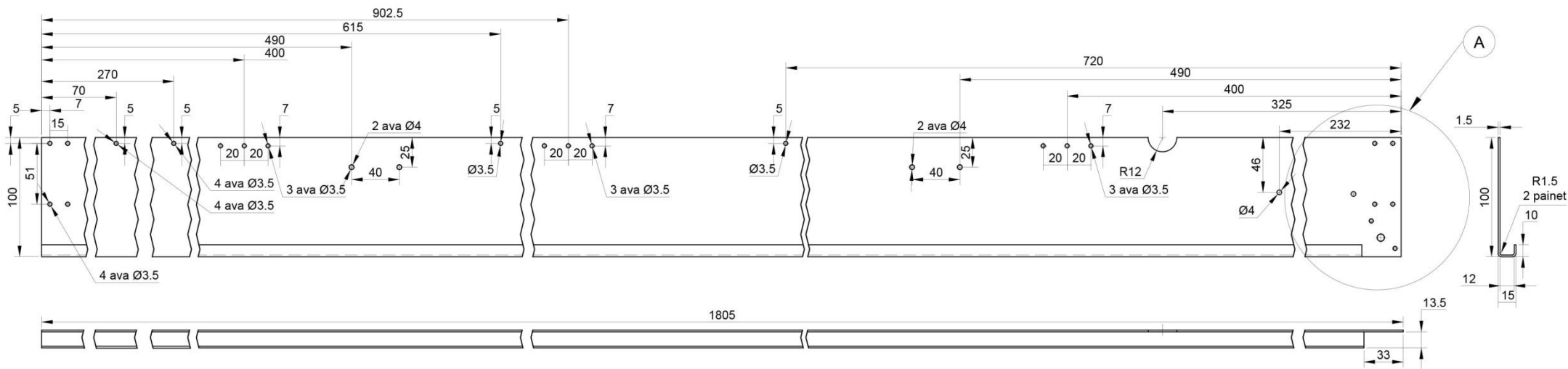
```

654     utilExecSignalClear    (sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_BREAK_RELEASE_TIMEOUT)
655     /* Handle timeout */
656     ControlDoor (&m_sDoor[ midMOTOR_A  EVENT_DOOR_BREAK_RELEASE)
657 }
658
659 /* DOOR A Stop Check timeout */
660 if (utilExecSignalGet    (sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_STOP_CHECK_TIMEOUT)
661     !utilExecCounterGet  (coDOOR_A_STOP_CHECK_TIMEOUT))
662 {
663     utilExecSignalClear    (sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_STOP_CHECK_TIMEOUT)
664     /* Handle timeout */
665     if (m_sDoor[ midMOTOR_A  eSensorState  != ssSTATE_1)
666         ControlDoor (&m_sDoor[ midMOTOR_A  EVENT_OVERLOAD)
667 }
668
669 /* DOOR A Move Check timeout */
670 if (utilExecSignalGet    (sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_MOVE_CHECK_TIMEOUT)
671     !utilExecCounterGet  (coDOOR_A_MOVE_CHECK_TIMEOUT))
672 {
673     utilExecSignalClear    (sgSYS_STATE SYS_SIGNAL_DOOR_A_MOVE_CHECK_TIMEOUT)
674     /* Handle timeout */
675     if (m_sDoor[ midMOTOR_A  eSensorState  == ssSTATE_2)
676         ControlDoor (&m_sDoor[ midMOTOR_A  EVENT_OVERLOAD)
677 }
678
679 if (utilDataMgrDataGet    ()-> awDoorCloseCount [ midMOTOR_A]>= MAX_DOOR_CLOSE_COUNT)
680 {
681     halOutputCtrlSetServiceLed    ();
682 }
683
684 if (!utilExecCounterGet    (coRESET_SCAN))
685 { /* Read current switch state */
686     BOOL bResetState    = halInputCtrlGetResetInput    ();
687
688     if (bResetState    != m_bResetState ) /* Has switch state changed? */
689     { /* Store new switch state */
690         m_bResetState    = bResetState    ;
691
692         if (!m_bResetState )
693         { /* Handle switch active */
694             utilDataMgrDataSet    ()-> awDoorCloseCount [ midMOTOR_A]= 0;
695             utilDataMgrStoreDataToEEPROM    ();
696             halOutputCtrlClearServiceLed    ();
697         }
698         /* Start switch scan timer */
699         utilExecCounterSet    (coRESET_SCAN uS_TO_TICKS( 10000L ));
700     }
701 }
702
703 {
704     /* Read current external door state state */
705     BOOL bExternalDoorState    = halInputCtrlGetExternalDoorInput    ();
706
707     if (bExternalDoorState    != m_bExternalDoorState ) /* Has External Door state
changed? */
708     {
709         /* Store new state */
710         m_bExternalDoorState    = bExternalDoorState    ;
711
712         if (!m_bExternalDoorState ) /* Is External Door opened? (low level) */
713             ControlDoor (&m_sDoor[ midMOTOR_A  EVENT_CLOSE_DOOR)
714     }
715 }
716 }
717
718 // *****



```

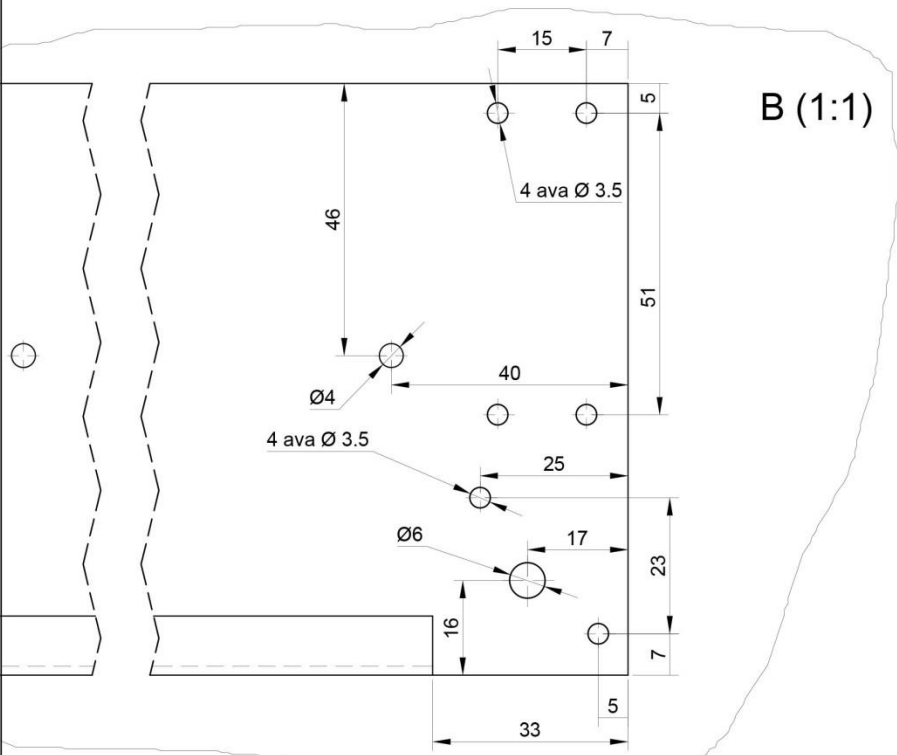
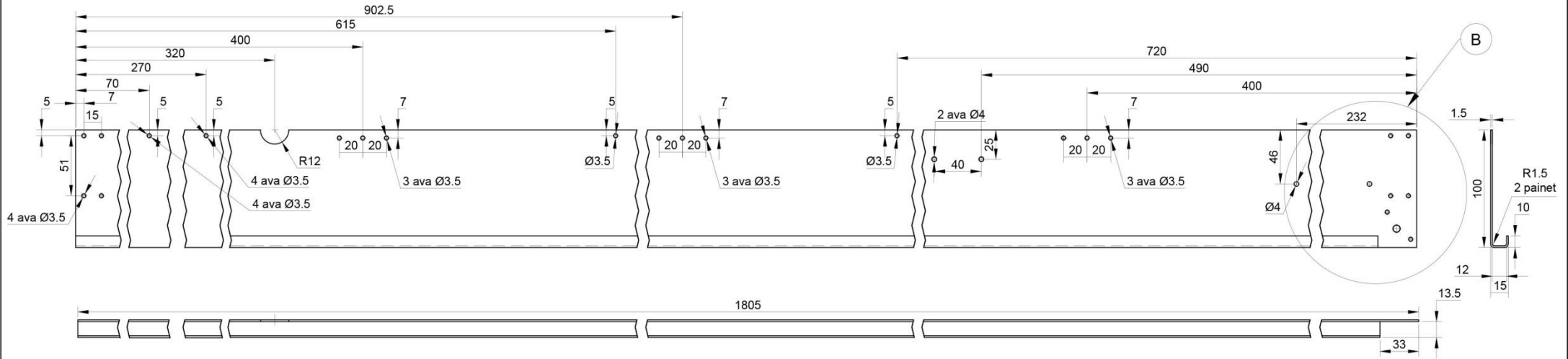
## **GRAAFILINE OSA 1**

### **Detaili- ja koostejoonised**

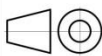



1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +IT12

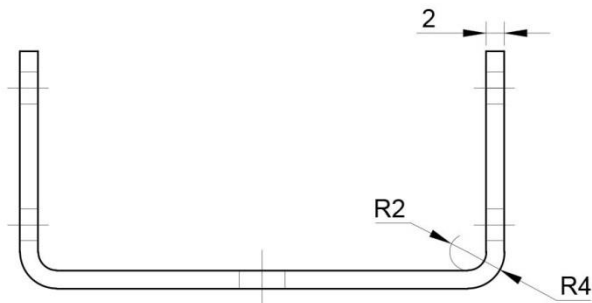
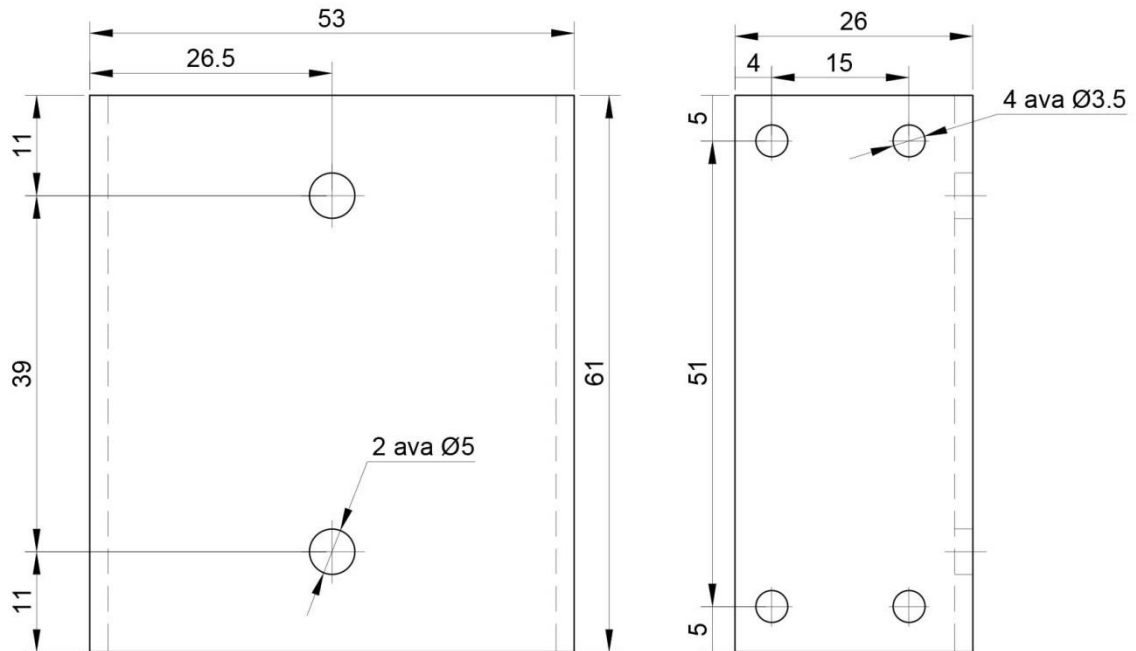
	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: Teras S235	Mõõtkava 1:3
				Mass 2.55kg
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>ESIKÜLJE SIIN</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
	TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND		A3	Tähis: 1.01
	Mehhatroonika instituut		Leht 1/18	



1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: Teras S235	Möötkava 1:3
				Mass 2.55kg
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>TAGAKÜLJE SIIN</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
	TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND		A3	Tähis: 1.02
	Mehhatroonika instituut		Leht 2/18	

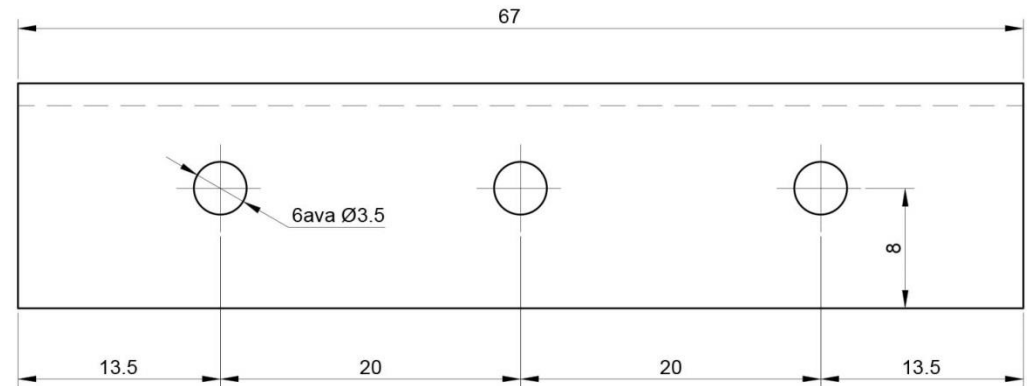






1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL
2. Valmistusviis: giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

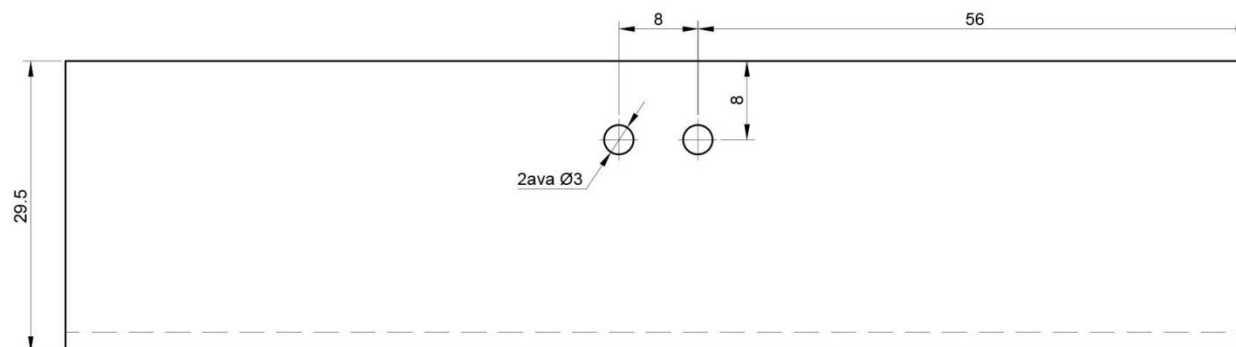
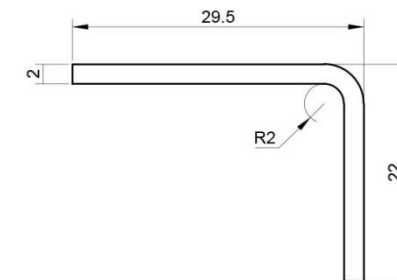
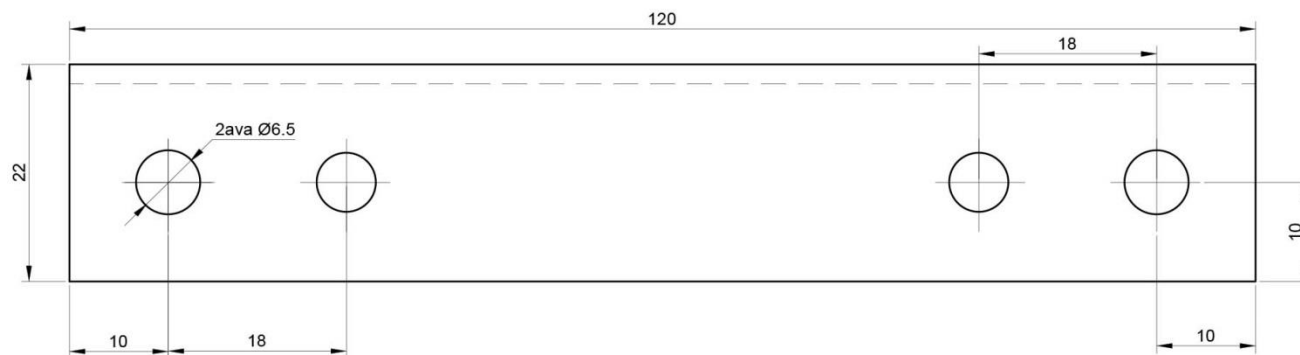
	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal:S325	Möötkava 1:1
				Mass 99g
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>JUHTSIINI KINNITUSKLAMBER</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
	TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND		A4	Tähis: 1.03
	Mehhatroonika instituut		Leht 3/18	



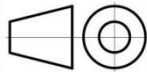



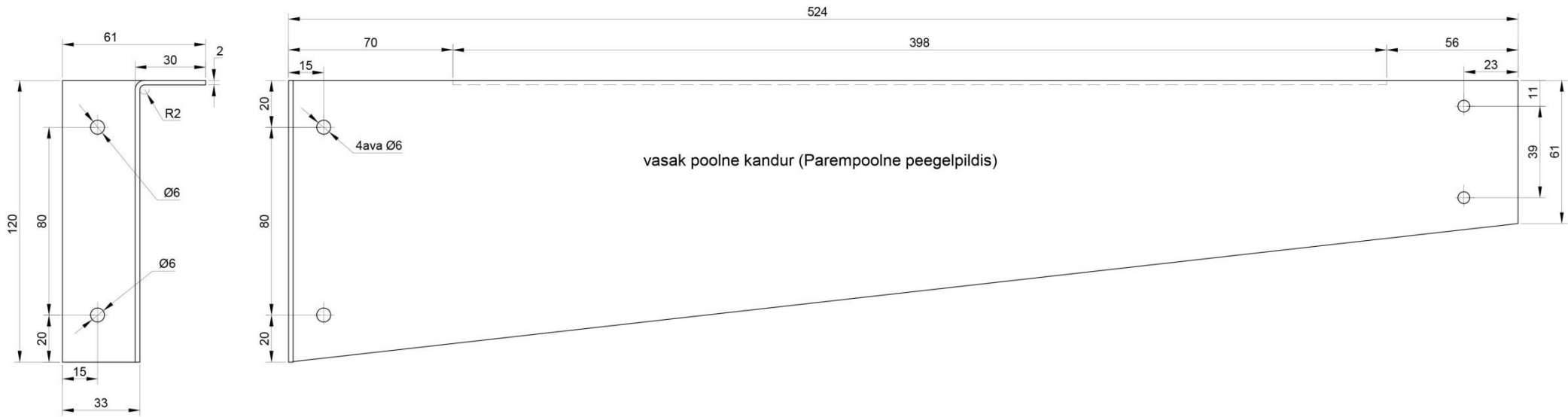
1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal:S325	Möötkava 2:1
				Mass 60g
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>JUHTSIINI VAHEKLAMBER</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
 TTÜ1918	TTÜ MEHHAANIKA- TEADUSKOND		A4	Tähis: 1.04
	Mehhatroonika instituut		Leht 4/18	

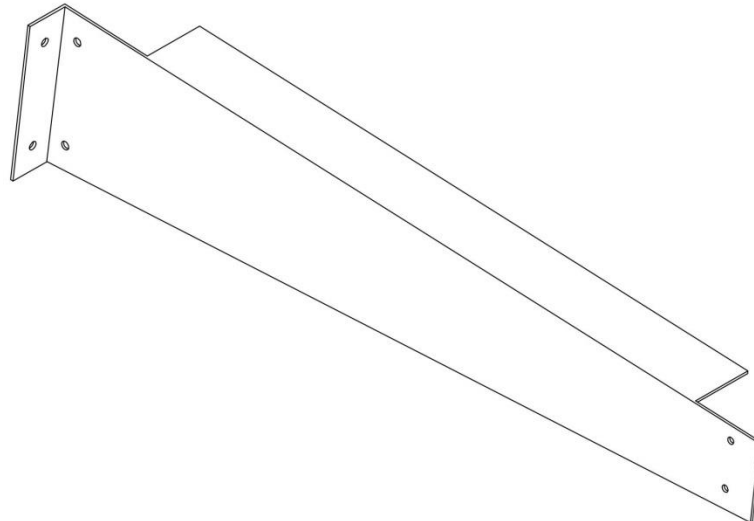


1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: S325	Möötkava 1:1
				Mass 89g
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>KAABLIKETI KINNITUS VINKEL JUHTSIINILE</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
 TTÜ1918	TTÜ MEHHAANIKA- TEADUSKOND		A4	Tähis: 1.05 Tallinn 2014
	Mehhatroonika instituut		Lehti 5/18	

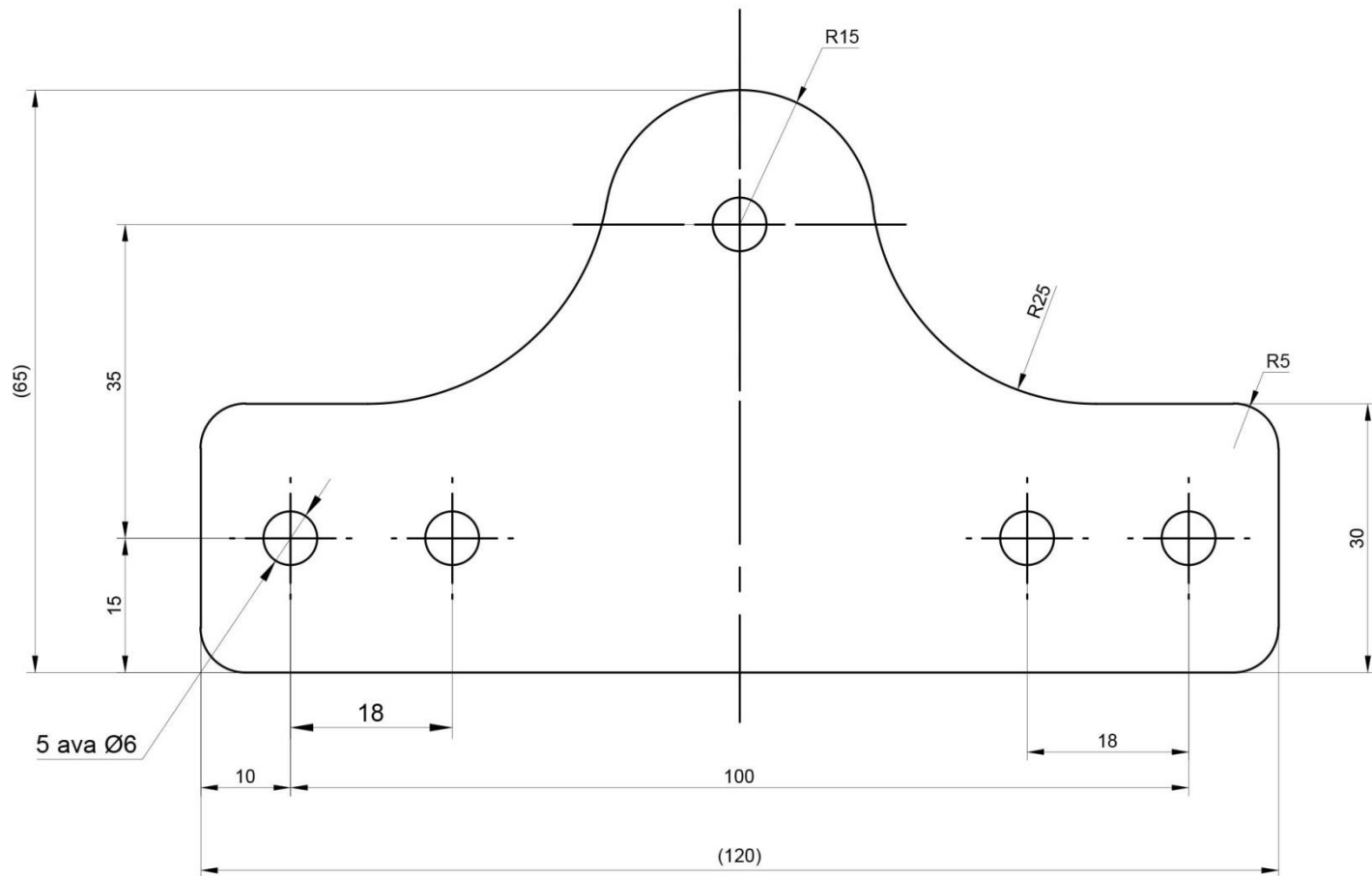




vasak poolne kandur (Parempoolne peegelpildis)



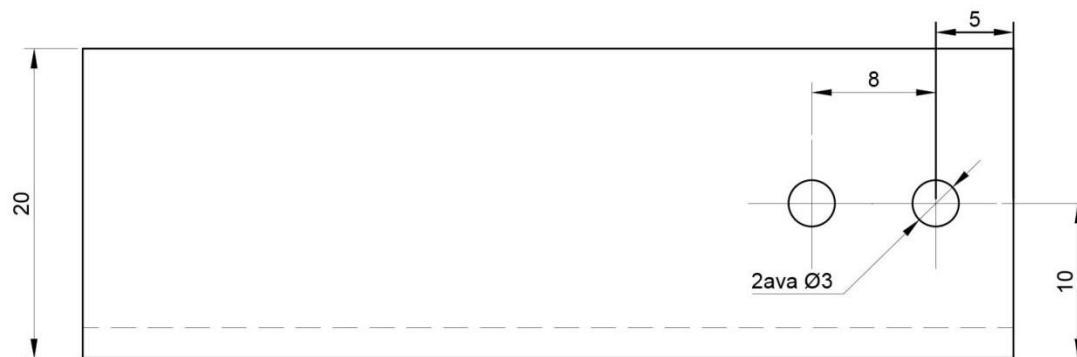
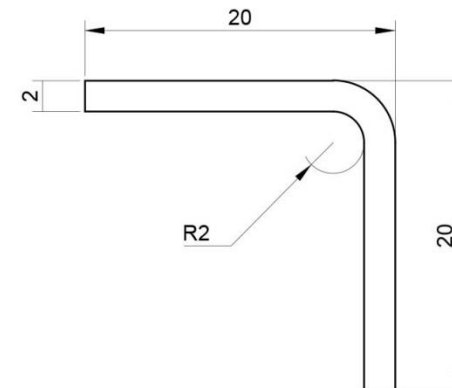
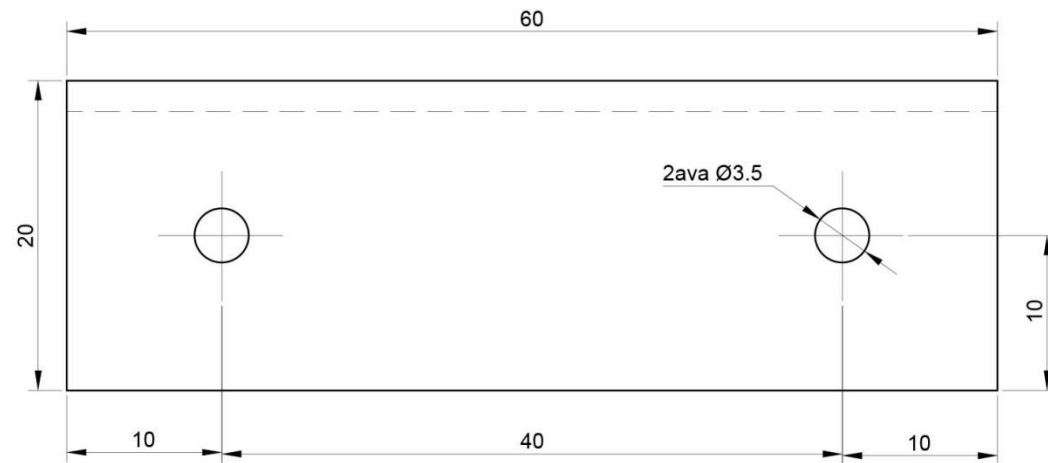
1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: Teras S235	Mõõtkava 1:2
				Mass 1.2kg
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		Raami kandur	
Juhendaja	Leo Teder			
	<b>TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND</b> Mehhatroonika instituut		A3	Tähis: 1.06
			Leht 6/18	



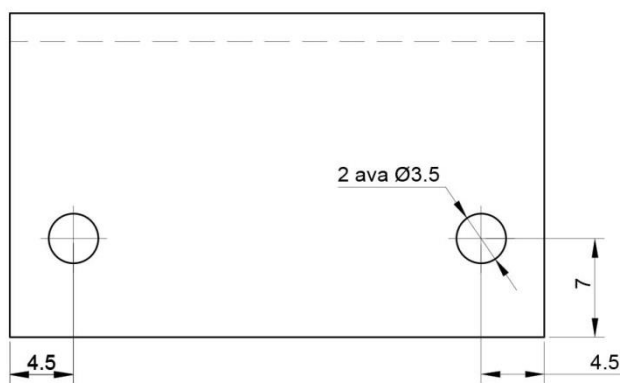
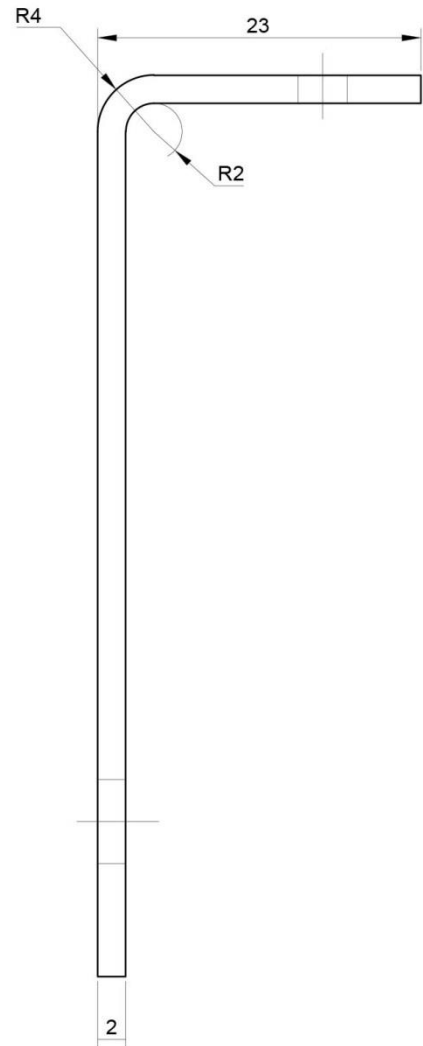
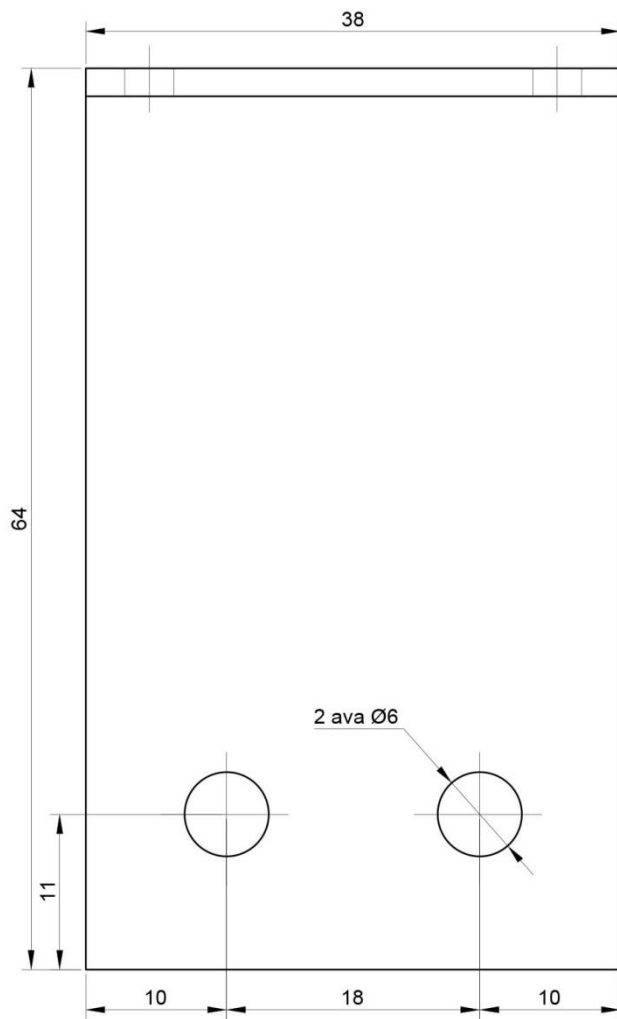
	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: S325	Möötkava 1:1
				Mass 60g
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		USTE KANDUR	
Juhendaja	Leo Teder			
 TTÜ1918	TTÜ MEHHAANIKA- TEADUSKOND Mehhatroonika instituut		A4 Leht 7/18	Tähis: 2.01 Tallinn 2014

1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Vesilõikus
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12



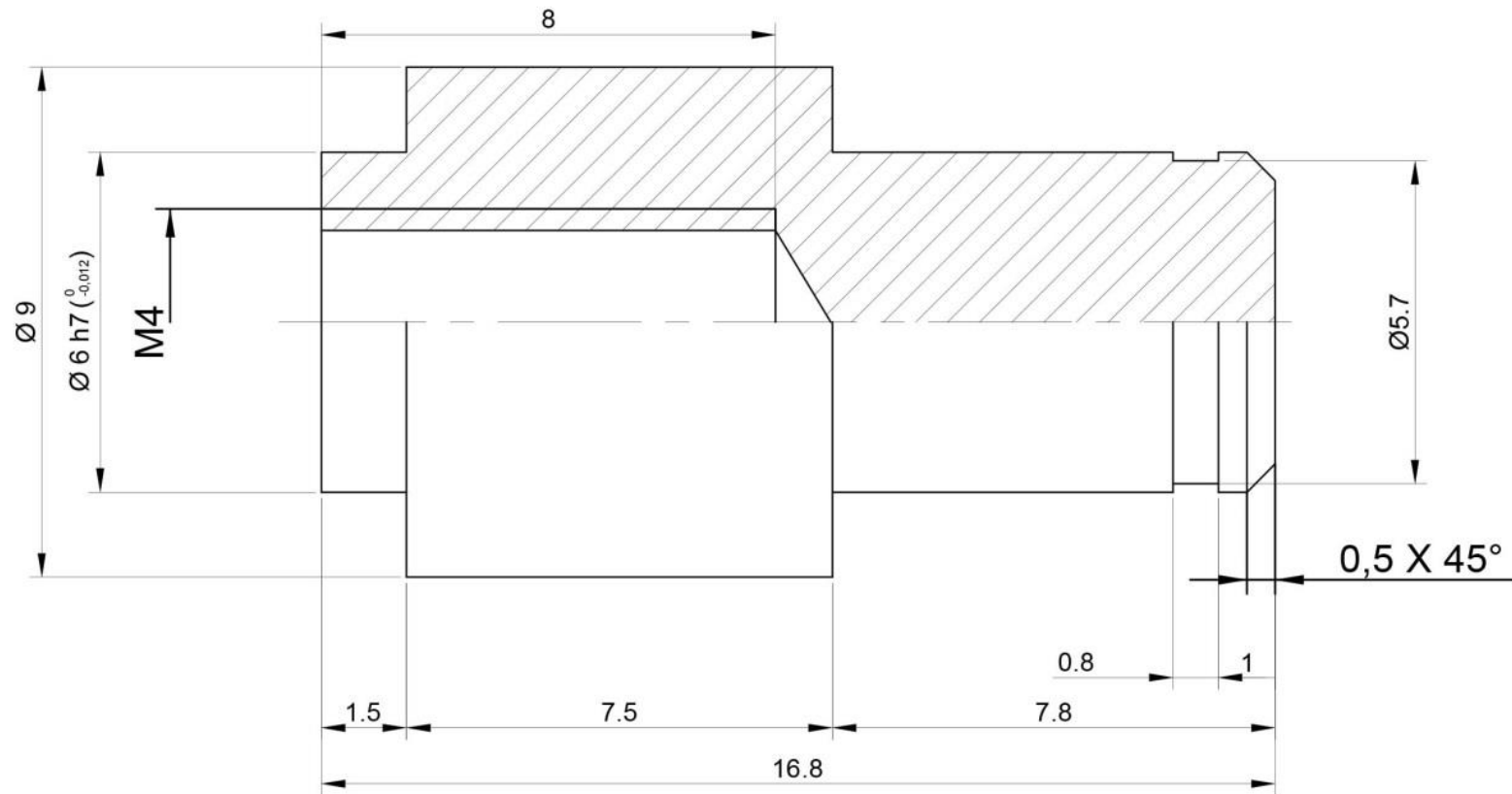
1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal:S325	Möötkava 2:1
				Mass 34g
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>KAABLIKETI KINNITUS VINKEL</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
	<b>TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND</b> Mehhatroonika instituut		A4	Tähis: 2.02 Tallinn 2014
	TTÜ1918		Leht 8/18	

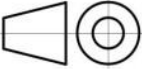



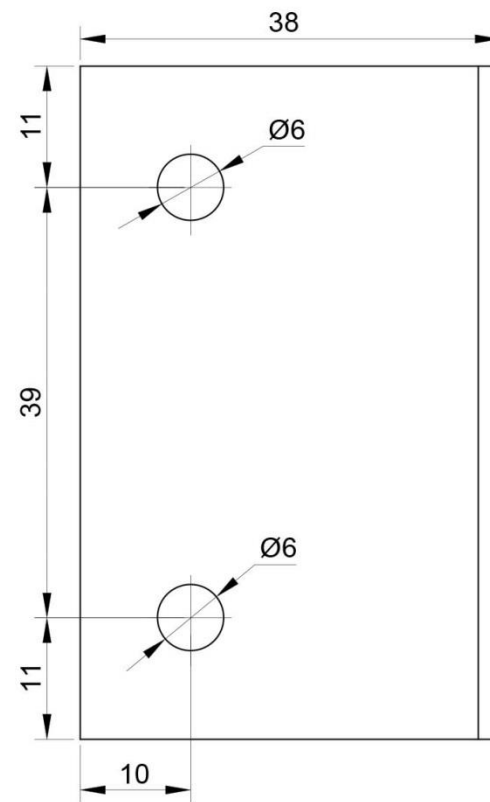
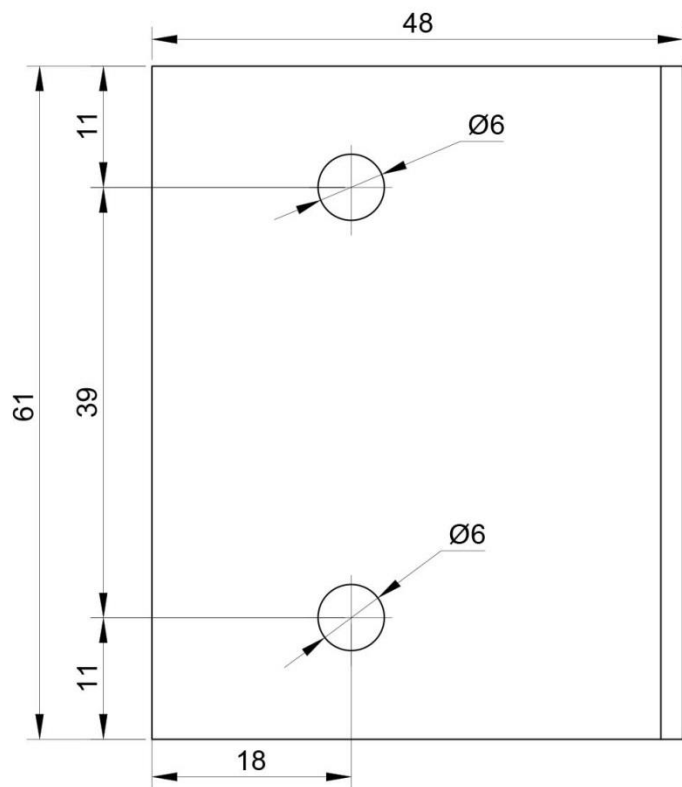
1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL
2. Valmistusviis: giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal:S325	Mõõtkava 2:1
				Mass 62g
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		STOPPERI VINKEL	
Juhendaja	Leo Teder			
	TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND		A4	Tähis: 2.03
	Mehhatroonika instituut		Leht 9/18	Tallinn 2014

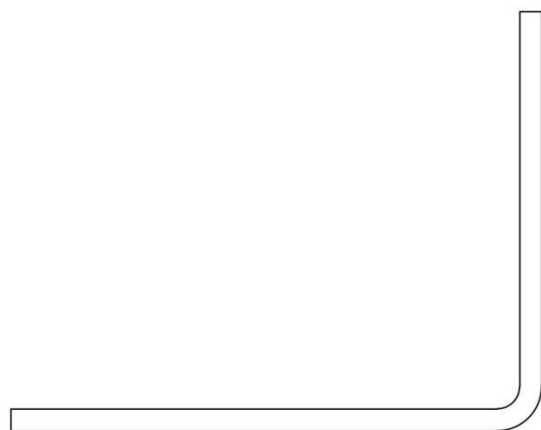


1. Pinnatöötlus: Haljas Teras
2. Valmistusviis: Treipink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid h12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: S325	Möötkava 8:1
				Mass 5,25g
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		RULLIKU TELG	
Juhendaja	Leo Teder			
 TTÜ1918	TTÜ MEHHAANIKA- TEADUSKOND		A4	Tähis: 2.04
	Mehhatroonika instituut		Leht 10/18	

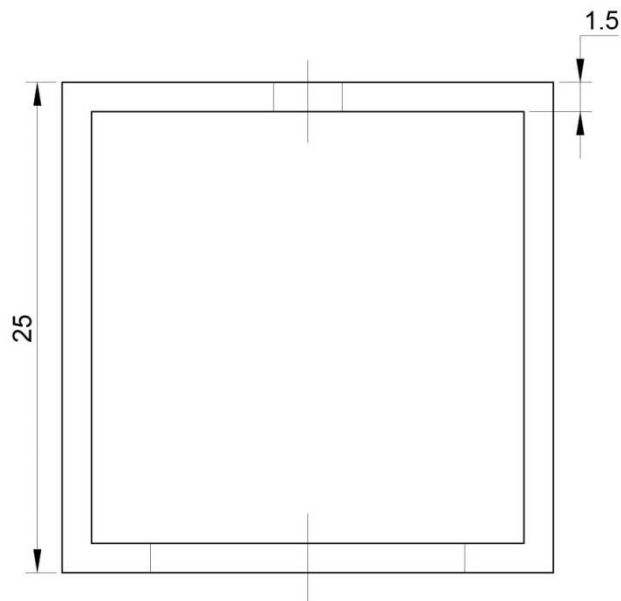
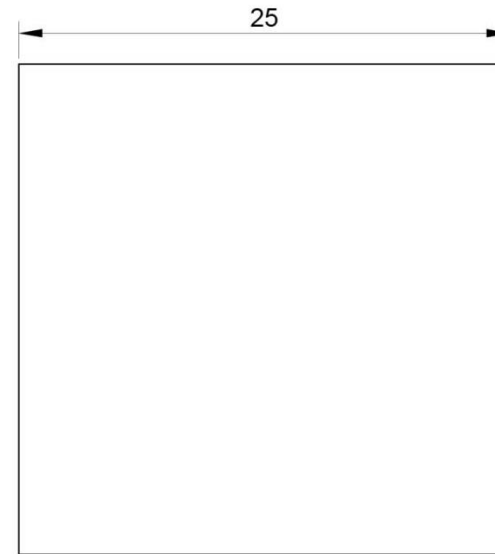
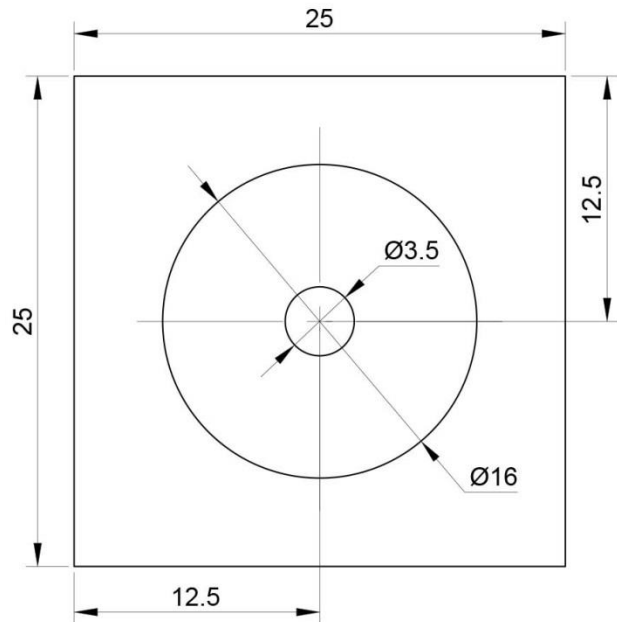


1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12





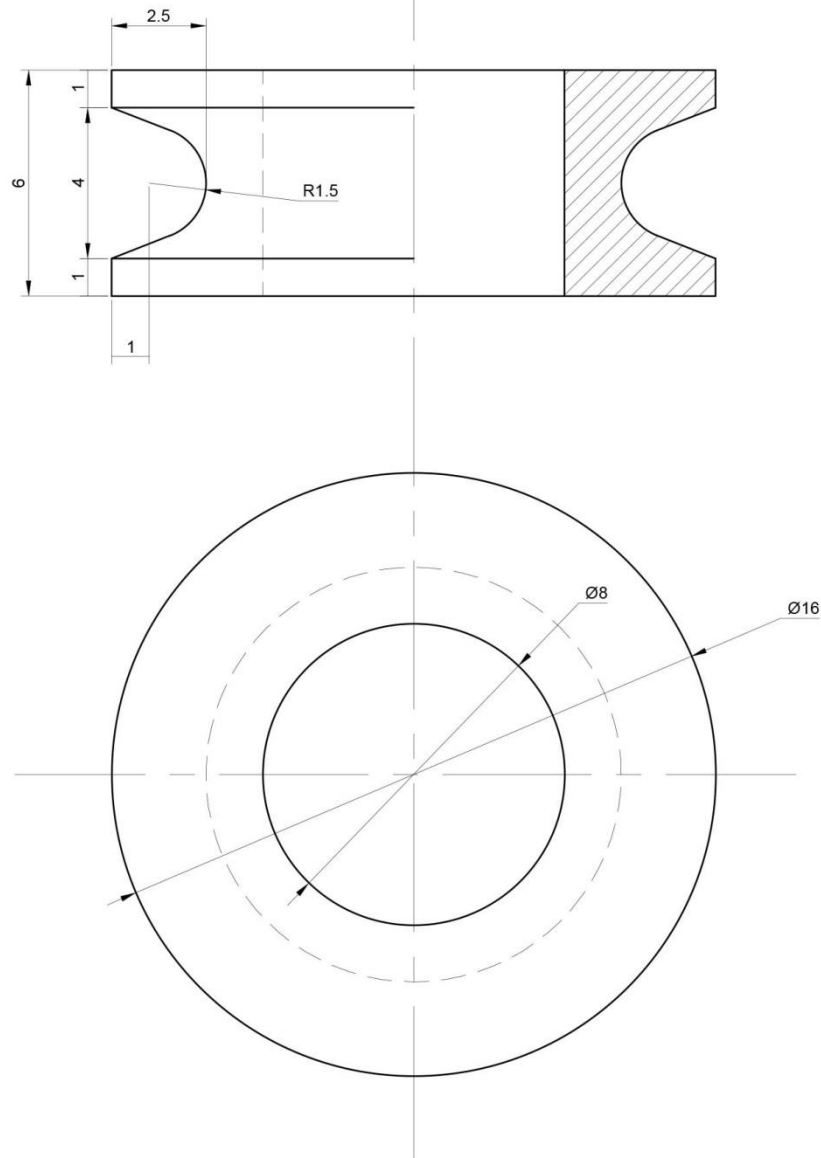
	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: Teras S235	Möötkava 1:1
				Mass 0.09kg
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>ALUMISE KANDURI KINNITUS</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
 TTÜ1918	TTÜ MEHHAANIKA- TEADUSKOND		A4	Tähis: 4.01
	Mehhatroonika instituut		Leht 11/18	



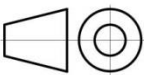



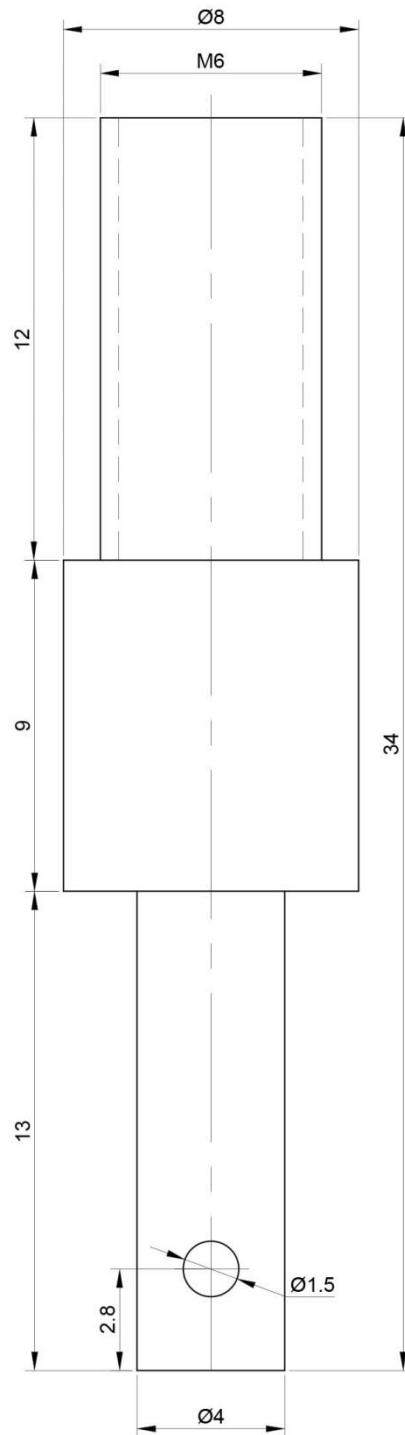
1. Pinnatöötlus: Haljas alumiinium
2. Valmistusviis: Lintsaag, puurpink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: Sapa 6060 F22-T6	Möötkava 2:1
				Mass 9g
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>VERTIKAALTORU FIKSAATOR</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
 TTÜ1918	<b>TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND</b> Mehhatroonika instituut		A4 Leht 12/18	Tähis: 3.01 Tallinn 2014

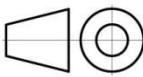



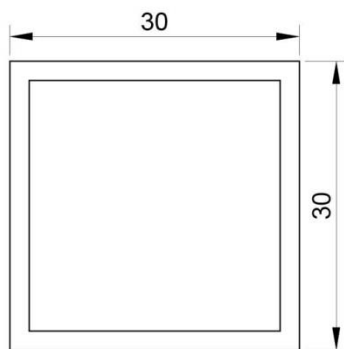
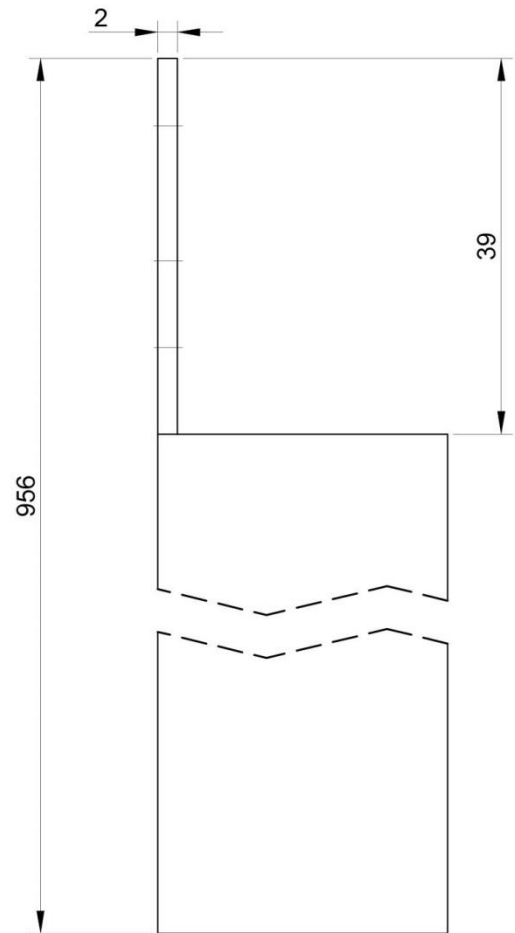
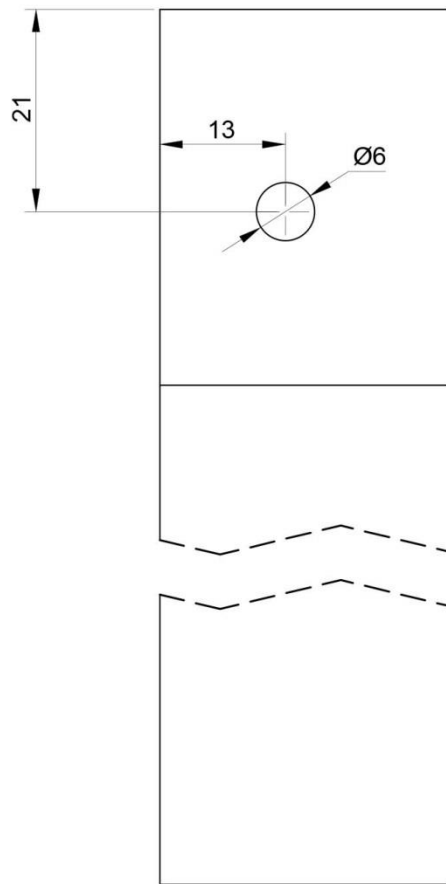
1. Pinnatöötlus: Haljas teras
2. Valmistusviis: Treipink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal:Sapa 6060 F22-T6	Mõõtkava 4:1
				Mass 5g
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>JUHTRATAS RASKUSE TROSSILE</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
	<b>TTÜ MEHHAANIKA- TEADUSKOND</b> Mehhatroonika instituut			
			Leht 13/18	Tallinn 2014

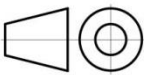



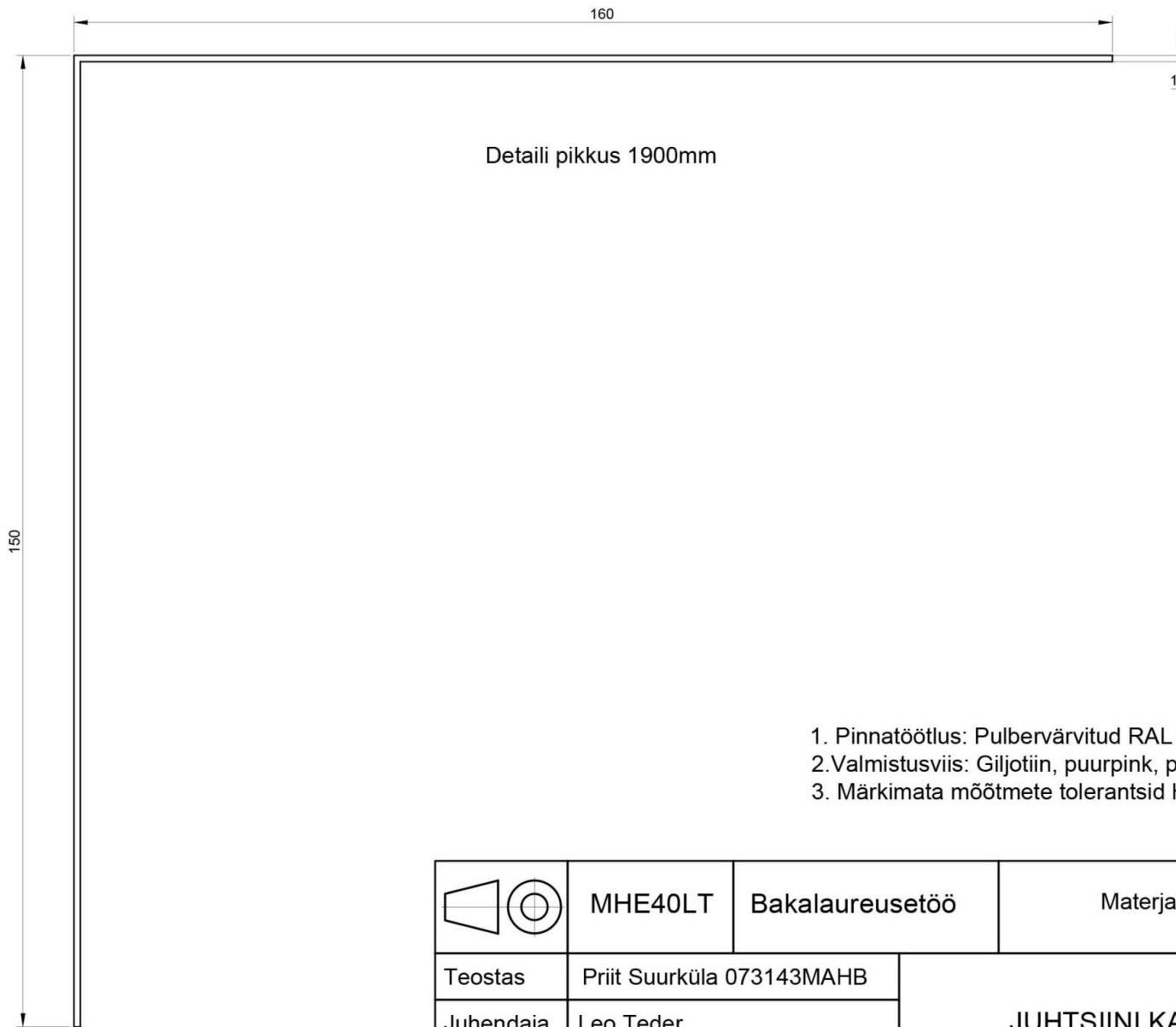
1. Pinnatöötlus: Haljas alumiinium
2. Valmistusviis: Lintsaag, puurpink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12,h12 +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal:S325	Möötkava 5:1
				Mass 0.8KG
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>RASKUSTEJUHRATTA TELG</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
 TTÜ1918	<b>TTÜ MEHHAANIKA- TEADUSKOND</b> Mehhatroonika instituut			
			Leht 14/18	Tallinn 2014





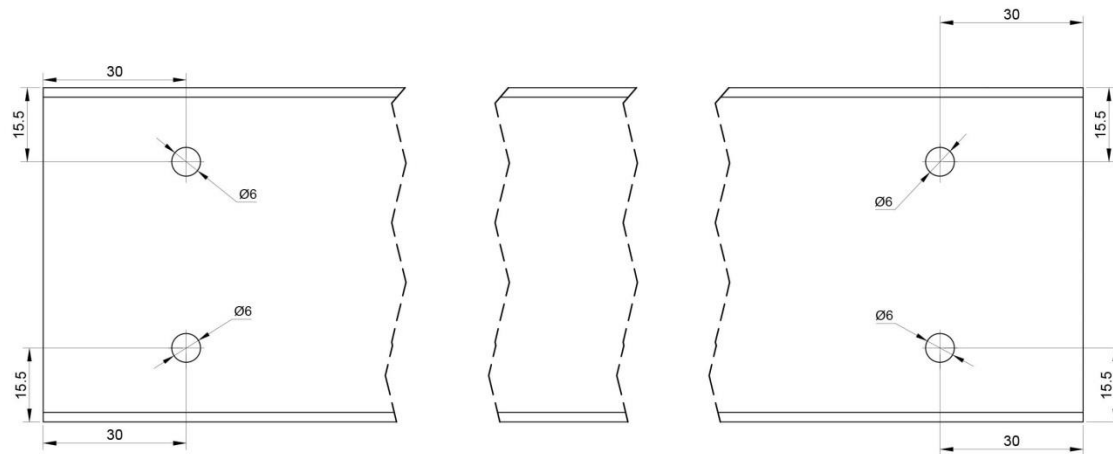
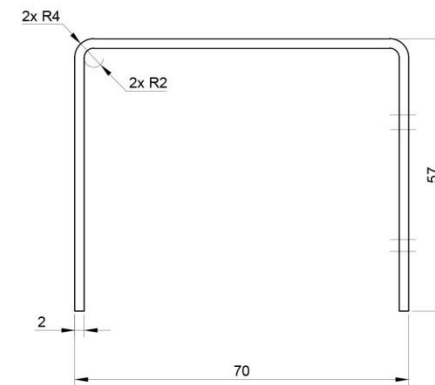
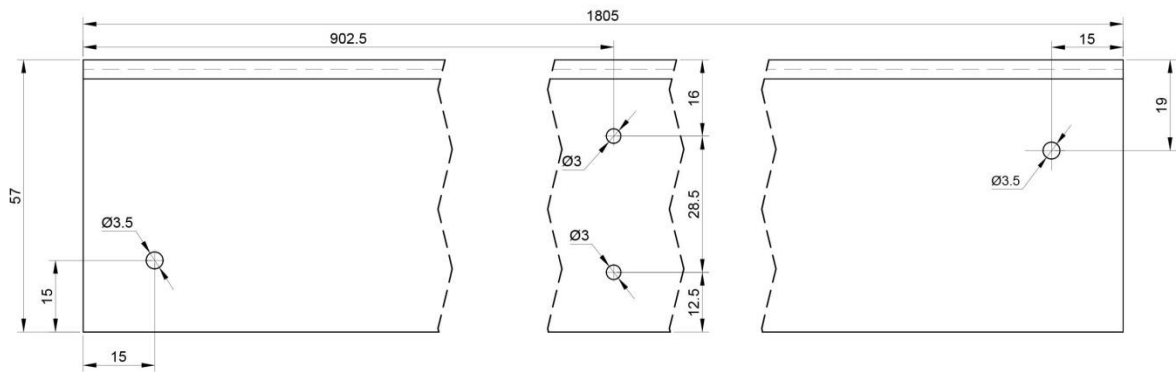
1. Pinnatöötlus: Haljas alumiinium
2. Valmistusviis: Lintsaag, puurpink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal:Sapa 6060 F22-T6	Mõõtkava 1:1
				Mass 0.8KG
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>RASKUSTE JUHIKTORU</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
 TTÜ1918	TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND		A4	Tähis: 3.04
	Mehhatroonika instituut		Leht 15/18	Tallinn 2014





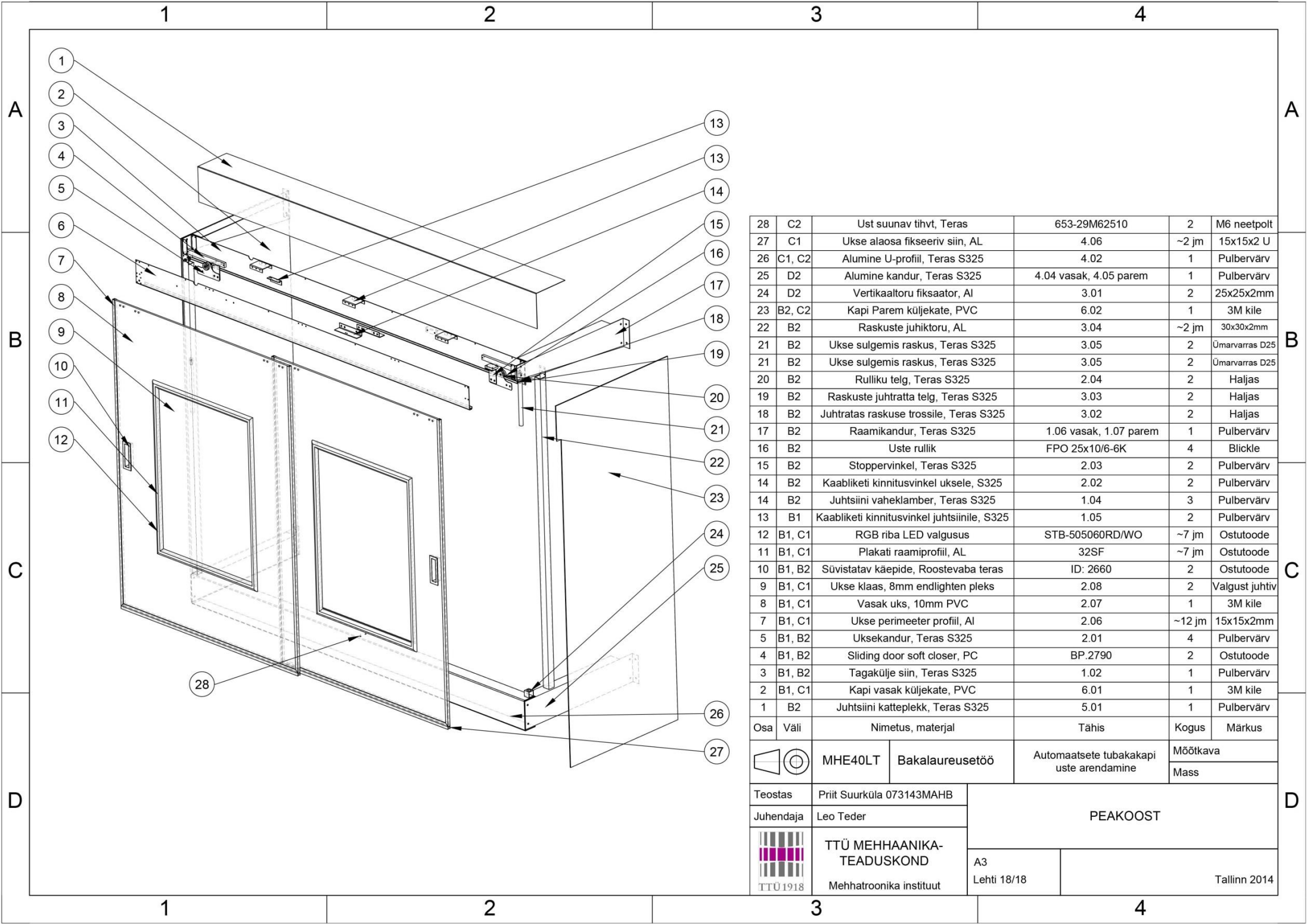
1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: S325	Möötkava 2:1
				Mass 1.5kg
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		<b>JUHTSIINI KATTEPLEKK</b>	
Juhendaja	Leo Teder			
 TTÜ1918	<b>TTÜ MEHHAANIKA- TEADUSKOND</b>		A4	Tähis: 5.01
	Mehhatroonika instituut		Leht 16/18	



1. Pinnatöötlus: Pulbervärvitud RAL (vastavalt kliendi soovile)
2. Valmistusviis: Giljotiin, puurpink, painutuspink
3. Märkimata mõõtmete tolerantsid H12, +-IT12

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: Teras S235	Mõõtkava 11
				Mass 6.2kg
Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB		ALUMINE U-PROFIIL	
Juhendaja	Leo Teder			
	TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND		A3	Tähis: 4.02
	Mehhatroonika instituut		Leht 17/18	

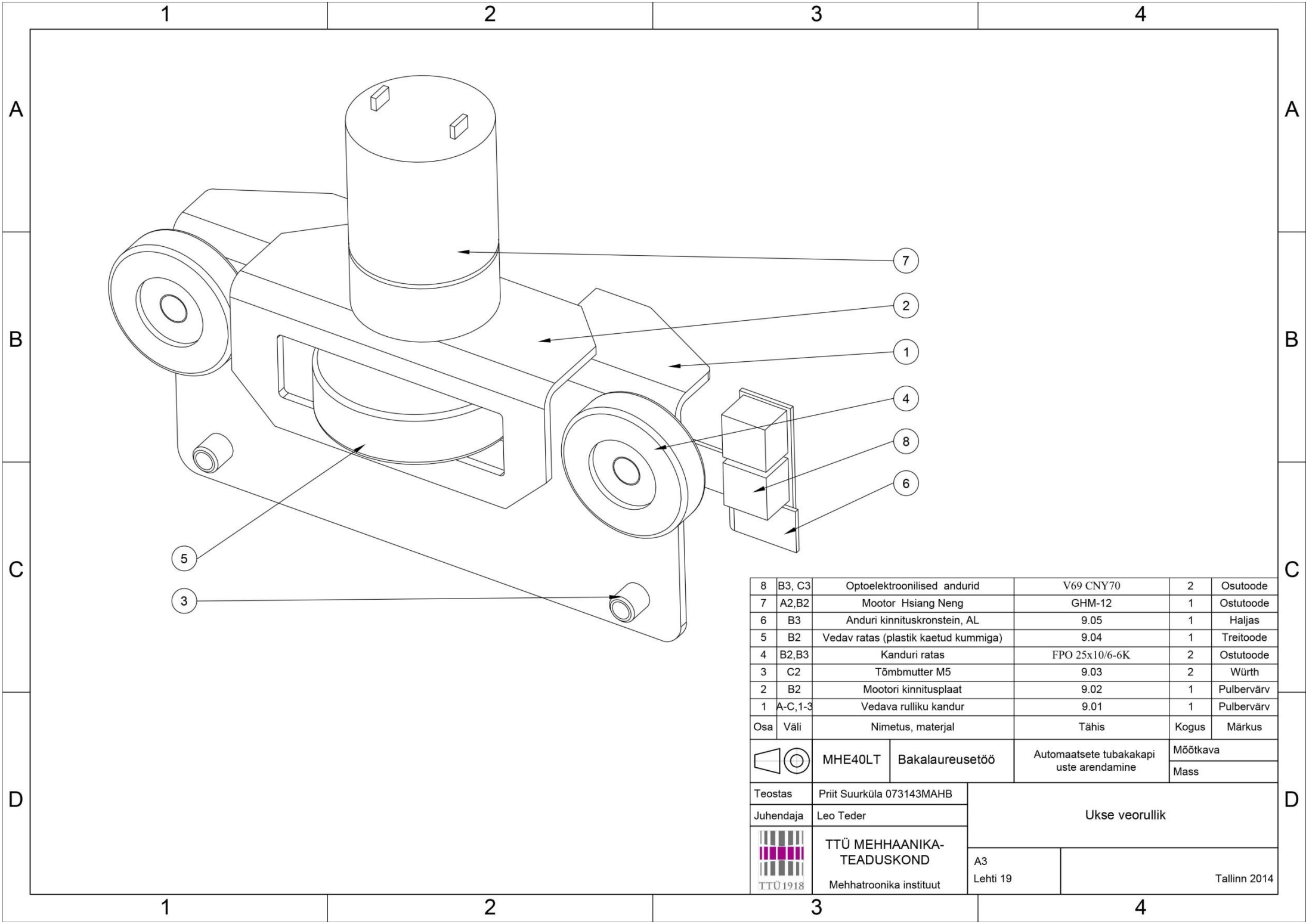


28	C2	Ust suunav tihvt, Teras	653-29M62510	2	M6 neetpolt
27	C1	Ukse alaosas fikseeriv siin, AL	4.06	~2 jm	15x15x2 U
26	C1, C2	Alumine U-profil, Teras S325	4.02	1	Pulbervärv
25	D2	Alumine kandur, Teras S325	4.04 vasak, 4.05 parem	1	Pulbervärv
24	D2	Vertikaaloru fiksaator, Al	3.01	2	25x25x2mm
23	B2, C2	Kapi Parems küljekate, PVC	6.02	1	3M kile
22	B2	Raskuste juhiktoru, AL	3.04	~2 jm	30x30x2mm
21	B2	Ukse sulgemis raskus, Teras S325	3.05	2	Ümarvarras D25
21	B2	Ukse sulgemis raskus, Teras S325	3.05	2	Ümarvarras D25
20	B2	Rulliku telg, Teras S325	2.04	2	Haljas
19	B2	Raskuste juhtratta telg, Teras S325	3.03	2	Haljas
18	B2	Juhtratas raskuse trossile, Teras S325	3.02	2	Haljas
17	B2	Raamikandur, Teras S325	1.06 vasak, 1.07 parem	1	Pulbervärv
16	B2	Uste rullik	FPO 25x10/6-6K	4	Blickle
15	B2	Stoppervinkel, Teras S325	2.03	2	Pulbervärv
14	B2	Kaabliketi kinnituskvinkl uksele, S325	2.02	2	Pulbervärv
14	B2	Juhtsiini vaheklamber, Teras S325	1.04	3	Pulbervärv
13	B1	Kaabliketi kinnituskvinkl juhtsiinile, S325	1.05	2	Pulbervärv
12	B1, C1	RGB riba LED valgustus	STB-505060RD/WO	~7 jm	Ostutoode
11	B1, C1	Plakati raamiprofil, AL	32SF	~7 jm	Ostutoode
10	B1, B2	Süvistatav käepide, Roostevaba teras	ID: 2660	2	Ostutoode
9	B1, C1	Ukse klaas, 8mm endlighten pleks	2.08	2	Valgust juhtiv
8	B1, C1	Vasak uks, 10mm PVC	2.07	1	3M kile
7	B1, C1	Ukse perimeeter profiil, Al	2.06	~12 jm	15x15x2mm
5	B1, B2	Ukse kandur, Teras S325	2.01	4	Pulbervärv
4	B1, B2	Sliding door soft closer, PC	BP. 2790	2	Ostutoode
3	B1, B2	Tagakülje siin, Teras S325	1.02	1	Pulbervärv
2	B1, C1	Kapi vasak küljekate, PVC	6.01	1	3M kile
1	B2	Juhtsiini katteplekk, Teras S325	5.01	1	Pulbervärv
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Kogus	Märkus

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Automaatsete tubakakapi uste arendamine	Möötkava
				Mass

Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB	PEAKOOST		
Juhendaja	Leo Teder			
	TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND	A3		Tallinn 2014
	Mehhatroonika instituut	Lehti 18/18		





8	B3, C3	Optoelektronilised andurid	V69 CNY70	2	Osutoode
7	A2,B2	Mootor Hsiang Neng	GHM-12	1	Ostutoode
6	B3	Anduri kinnituskronstein, AL	9.05	1	Haljas
5	B2	Vedav ratas (plastik kaetud kummiga)	9.04	1	Treitooode
4	B2,B3	Kanduri ratas	FPO 25x10/6-6K	2	Ostutoode
3	C2	Tõmbmutter M5	9.03	2	Würth
2	B2	Mootori kinnitusplaat	9.02	1	Pulbervärv
1	A-C,1-3	Vedava rulliku kandur	9.01	1	Pulbervärv
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Kogus	Märkus

		MHE40LT	Bakalaureusetöö	Automaatsete tubakakapi uste arendamine	Möötkava
					Mass

Teostas	Priit Suurküla 073143MAHB	Ukse veorullik			
Juhendaja	Leo Teder				
	TTÜ MEHHAANIKA-TEADUSKOND	A3	Tallinn 2014		
	Mehhatroonika instituut	Lehti 19			