



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut

Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHK40LT

*Sander Ziugov*

**NUTISEADMEGA JUHITAV JA PÕRANDASSE  
INTEGREERITAV JOOKSUTRENAŽÖÖR**

Bakalaureusetöö

Autor taotleb  
tehnikateaduste bakalaureuse  
akadeemilist kraadi

Tallinn  
2015

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....”.....201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....201... a.

..... allkiri

## Bakalaureusetöö ülesanne

2014. aasta sügissemester

Üliõpilane: Sander Ziugov, 112840MAHB

Õppekava: MAHB02/09

Eriala: mehhatroonika

Juhendaja: Märt Juurma, nooremteadur

Konsultandid: Jaanis Tomson, tegevjuht, 53567474

### BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Nutiseadmega juhitud ja põrandasse integreeritav jooksutrenažöör

(inglise keeles) Smart device operated and floor integratable treadmill

### ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Sarnaste toodete otsing ja olemasolevate masinate analüüs	24.11.2014
2.	Seadme mehaanika projekteerimine ja elektroonikakomponentide valik	01.12.2014
3.	Seadme elektroonika ja juhtimine	08.12.2014
4.	Tarkvaraarendus	15.12.2014
5.	Maksumusanalüüs ja majanduslik kalkulatsioon	22.12.2014
6.	Töö vormistamine ja dokumentatsiooni koostamine	06.01.2015

**Lahendatavad inseneritehnilised ja majanduslikud probleemid:** Töö eesmärgiks on luua tehniline dokumentatsioon niinimetatud targa jooksuraja prototüübi arendamiseks. Töö hõlmab endas seadme projekteerimist, mehaanika ja elektroonika komponentide valimist ning nutiseadme rakenduse loomist. Prototüübi hinnanguline maksumus 2000 EUR.

**Täiendavad märkused ja nõuded:** ei ole

**Töö keel:** eesti keel

Kaitsmistaoetus esitada hiljemalt 12.01.2015

**Töö esitamise tähtaeg:** 12.01.2015

**Üliõpilane:** Sander Ziugov /allkiri/ .....

kuupäev.....

**Juhendaja:** Märt Juurma /allkiri/ .....

kuupäev.....

# SISUKORD

Bakalaureusetööülesanne .....	3
EESSÕNA.....	5
1. SISSEJUHATUS.....	6
2. ANALOOGSED SEADMED JA TURU-UURING .....	8
3. ELEKTROONIKAKOMPONENTIDE VALIK.....	10
3.1. Mootori valik.....	10
3.1.1. Kasutatavad mootoritüübid .....	10
3.1.2. Mootori vajaliku võimsuse väljaselgitamine.....	11
3.1.3. Elektriajam ABB M3 .....	12
3.2. Sagedusmuunduri valik .....	13
3.2.1. Sagedusmuunduri ühendamine ja eelseadistamine .....	13
3.3. Elektroonika juhtploki arendus .....	15
4. MEHAANIKA KOMPONENDID JA PROJEKTEERIMINE.....	18
4.1. Jooksulint ja alusplaat .....	18
4.2. Jooksulindi trumlid.....	19
4.3. Veoülekanne.....	19
4.4. Karkassi profiilide valik ja alusraami projekteerimine .....	23
4.5. Tugikäe mehaanika ja disain .....	26
5. SEADME JUHTIMINE JA TARKVARA LOOMINE .....	28
5.1. Juhtimissüsteemi üldskeem .....	28
5.2. Arduino mikrokontrolleri programmeerimine.....	28
5.3. Android platformi rakendus .....	30
6. PROTOTÜÜBI HINNAKALKULATSIOON.....	32
KOKKUVÕTE.....	33
SUMMARY .....	34
KASUTATUD KIRJANDUS .....	35
LISAD .....	36
Lisa 1: ABB M3 ajami andmeleht.....	37
Lisa 2: ABB M3 ajami tehniline joonis .....	38
Lisa 3: Contitech Conti V-Multirib PJ-profiiliga rihmarattad .....	39

## EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema arenes välja töö autoril jõusaali seadmete remondiga tegelevas ettevõttes OÜ Ivutom hooldustehnikuna töötades. Firmal tekkis idee siseneda jõusaali seadmete turule innovaatilise kodumaise tootega. Antud eesmärki silmas pidades ja ettevõtte kogemusele toetudes otsustati luua targa jooksuraja (ing. k *Smart Treadmill*) prototüüp. Valminud lõputöö on prototüübi loomise kirjeldus ning paljud töös esitatud komponendid on valitud firma kogemusele tuginedes ettevõtte tegevjuhi Jaanis Tomsoni konsultatsioonil. Elektroonikakomponentide valimist ja katsemõõtmiste teostamist juhendas Tallinna Tehnikaülikooli energeetikateaduskonna doktorant Mairo Märss.

# 1. SISSEJUHATUS

Viimastel aastatel on spordisaalides iseseisvalt treenimine muutunud üha populaarsemaks. Inimestele meeldib oma tihedasse päevakavasse paigutada treeningud just nii, et see oleks mugav ja ei peaks sõltuma fikseeritud rühmatreeningute aegadest. Seda, et jõusaalides käijaid on pidevalt lisandunud kinnitab ka näiteks fakt, et ligikaudu iga kuue kuu järel avab spordiklubi MyFitness uue klubi [9]. Kuid mitte kõigile ei meeldi sportida ühiskasutatavates ruumides.

Olles töötanud Eesti jõusaalides seadmete remontimise ja paigaldamisega, olen täheldanud tendentsi, et keskmisest jõukamad spordihuvilised soovivad lisaks pisikest jõusaalinurka või koguni tervet treeningruumi enda koju. Paraku juhtub aga nii, et kodusesse soetatakse mitteprofessionaalsed seadmed, mille eluiga piirdub vaid mõne aastaga ning mille disain ja koostekvaliteet värskest renoveeritud dekoori juurde lihtsalt ei sobi. Sellest lähtudes tekkis OÜ Ivutomil idee: luua lihtsa disainiga, võimalikult kompaktne, ja sealjuures professionaalsete jooksuradade võimekuse ning vastupidavusega toode. Aga et seadmel oleks innovaativsus ja suhteliselt suure konkurentsiga turul võimalik silma paistab, otsustasin jooksuraja juhtimise luua läbi nutiseadme ning toote enda teha põrandaase integreeritavaks – kõik selleks, et trenaažoor oleks veelgi lihtsam ning eluruumis silmatorkamatu.

Jooksutrenaažoor ehk jooksurada on siseruumides kasutamiseks mõeldud kardioseade. Tavaline jooksurada koosneb põhiliselt kahest osast: põrandapealne osa ehk *low kit*, ning põrandapealse osaga kahe käsipuuga ühenduses olev juhtimispaneel ehk *high kit*. *Low kit* sisaldab endas lindi kiiruse ja kaldenurga mootoreid koos juhtimiseks vajaliku elektroonikaga. Samuti asetseb seal masina tõstemehhanism ja konveierlindi põhimõttel toimiv jooksmisala. Jooksmisalas kasutatakse spetsiaalselt sihtotstarbeliselt toodetud lindi ja alusplaadi kooslust. Linti veavad ringi kaks trumlit, millest esimene on läbi libiseva (tavaliselt rihm) ülekande ühendatud mootoriga. *High kit* paikneb enamasti kahe turvakäsi puuga jooksja ees, mille kaudu toimub seadme juhtimine ning kiiruse ja kaldenurga muutmine.

Minu prototüüp erineb tavalisest jooksurajast selle poolest, et põrandapealne osa on integreeritav põrandasse ning juhtimispaneeli asendab täielikult nutiseade. Et aga säiliks turvalisus ning nutiseadet oleks jooksmise ajal võimalik kuskil hoida, on trenaažoorile lisatud liigendiga üks minimalistlik käsipuu. Loodava seadme eesmärgiks on pikk tööiga ning hooldusvälp, mistõttu komponentide valikul on arvesse võetud prototüüpi arendava ettevõtte kogemus antud valdkonnas.



Sele 1.1. 3D kuvand prototüübitavast seadmest

Töö jagunes järgnevateks etappideks:

1. Sarnaste toodete uuring ja olemasolevate masinate analüüs.
2. Seadme mehaanika projekteerimine ja elektroonikakomponentide valik.
3. Seadme elektroonika ja juhtimine.
4. Tarkvaraarendus.
5. Maksumusanalüüs ja majanduslik kalkulatsioon.

Lõputöö eesmärgiks on kirjeldada põrandasse integreeritava ja nutiseadmega juhitava jooksutrenažööri prototüübi loomist. Töö keskendub võrdsel määral mehaanikaga, elektroonikaga ja programmeerimisega seonduvate probleemide lahendamisele.

Antud ideega osalesin Skeemipesa üritusel „Tehnohack“ ning pääsesime sealt meeskonnaga edasi „Ajujaht 2015“ 40 parima hulka, kus töö kirjutamise hetkel pürgisime järgmisse vooru [8].

## 2. ANALOOGSED SEADMED JA TURU-UURING

Kuigi tunnustatud kardioseadmete tootjaid on maailmas palju, ei paista veel ükski suurtootja olevat välja tulnud otsese konkureeriva lahendusega minu prototüübile. See aga ei tähenda, et neil ettevõtetel ei oleks juba olemas analoogseid lahendusi. Järgnevalt olen otsinud välja sellised seadmed ja mudelid, mis vähesel või suuremal määral sisaldavad sarnaseid tehnoloogilisi lahendusi, mis minu arendusjärgus olev jooksurada sisaldama hakkab.

Kardioseadmete tootja Bodyguard on loonud rakenduse „Imagine“, mille saab alla laadida ning installeerida nutitelefonile või tahvelarvutile. Antud tootja seadmetel on juhtkonsool pisikese ekraaniga ning nuppudega juhitud nagu enamikel tavapärastel jooksuradadel. Nüüd aga on nad välja tulnud lahendusega, mis võimaldab kasutajal seadmekasutamist kogeda personaliseeritumalt ning mitmekülgsemalt. Siiski ühildub rakendus vaid eeldusel, et kasutatakse sama tootja jooksurada ning olgugi, et kõik vajalikud funktsioonid saab läbi rakenduse teostada, ei ole võimalik seadme enda ekraani ega käsipuid elimineerida, vaid peab kasutama mõlemat korruga [11].

Tunnustatud Itaalia suurtootja TechnoGym, kelle seadmeid leiab praktiliselt igast Eesti spordiklubist, on välja arendanud kodukasutaja suunitlusega tooteseeria „Personal line“. Selle mudeliseeria seadmed erinevad tavapärastest spordisaaliseadmetest enda tehnoloogiliste lahenduste mitmekesisuse ning disaini ja materjalivaliku poolest. „Run Personal“ – jooksurada, mida edasimüüja Qicraft Estonia pakub hinnaga 10 000 EUR, on ideaalne seade keskmisest suurema sissetulekuga kodus sportijale [6, 10]. Nende hästi läbi mõeldud disain ja materjalikasutus (freesitud alumiinium, klaas jne) teevad tootest minu arvates pigem sisekujunduse elemendi kui spordiseadme. Juhtimiskonsool sisaldab Androidi operatsioonisüsteemile loodud puutetundlikku kasutajaliidest, milles on kõik kaasaegsed võimalused: jooksja andmete ning treeningajaloo salvestamine, määratud asukohaga jooksusimulatsioon, veebilehitsemine, filmide vaatamine jpm.



Aastal 2014 toimunud elektroonikamessil CES esitles TechnoGym Google Glass'iga juhitud jooksurada, mis on üsna suur samm edasi seadme minimalistlikuks muutmises ning innovaativsuses [12].

Lisaks eelpool toodud näidetele on teisigi tootjaid, näiteks USA päritolu LifeFitness, kes püüab ajaga kaasas käia ning pakub mitmesuguseid tarku lahendusi alates Iipodi ühilduvusest kuni viimse energiasäästlikkuseni välja. Lähemalt uurides on tegu siiski klassikalise jooksurajaga, mida on natuke nutilahendustega täiustatud, kuid innovaativsusest jääb siiski vajaka [5].

### **3. ELEKTROONIKAKOMPONENTIDE VALIK**

#### **3.1. Mootori valik**

##### **3.1.1. Kasutatavad mootoritüübid**

Mootori valikul käesoleva seadme jaoks on olulised kaks näitajat: esiteks võimalikult väiksed gabariitmõõtmed, et põrandasse integreeritav masin oleks maksimaalselt õhuke. Teiseks mootori töökindlus ja hooldevabadus. Mootori valiku aluseks võrdlesin kolme erinevat elektrimootori tüüpi, mida senini jooksuradade tootjad on seadmetel kasutanud.

Veel 10 aastat tagasi kasutasid suurtootjad, näiteks Cybex ja StarTrac, enamjaolt harjadega alalisvoolumootoreid. Nende positiivseteks omadusteks olid mootori väiksed mõõtmed ning lihtne kiiruse reguleerimine. Kahjuks aga kaasnes nendega sagedane harjade kulumisest tulenev hoolduse vajalikkus ning jooksmisest tulenev tsükliline koormus muutis mootori laagrite eluea suhteliselt lühikeseks. Seetõttu oleme pidanud näiteks mõnes spordiklubis välja vahetama enamik harjadega DC mootoreid.

Nüüd aga kasutavad USA tootjad juba laialdaselt harjadeta püsिमagnetiga (BLPM) mootoreid. Need on pika tööeaga ja peaaegu hooldevabad. BLPM mootori pöördemomendi ja kiirusesuhe on lineaarne ning läbi sagedusmuunduri (VFD) lihtsalt juhitav. Samas on juhtkontroller ja mootor võrdlemisi suure maksumusega.

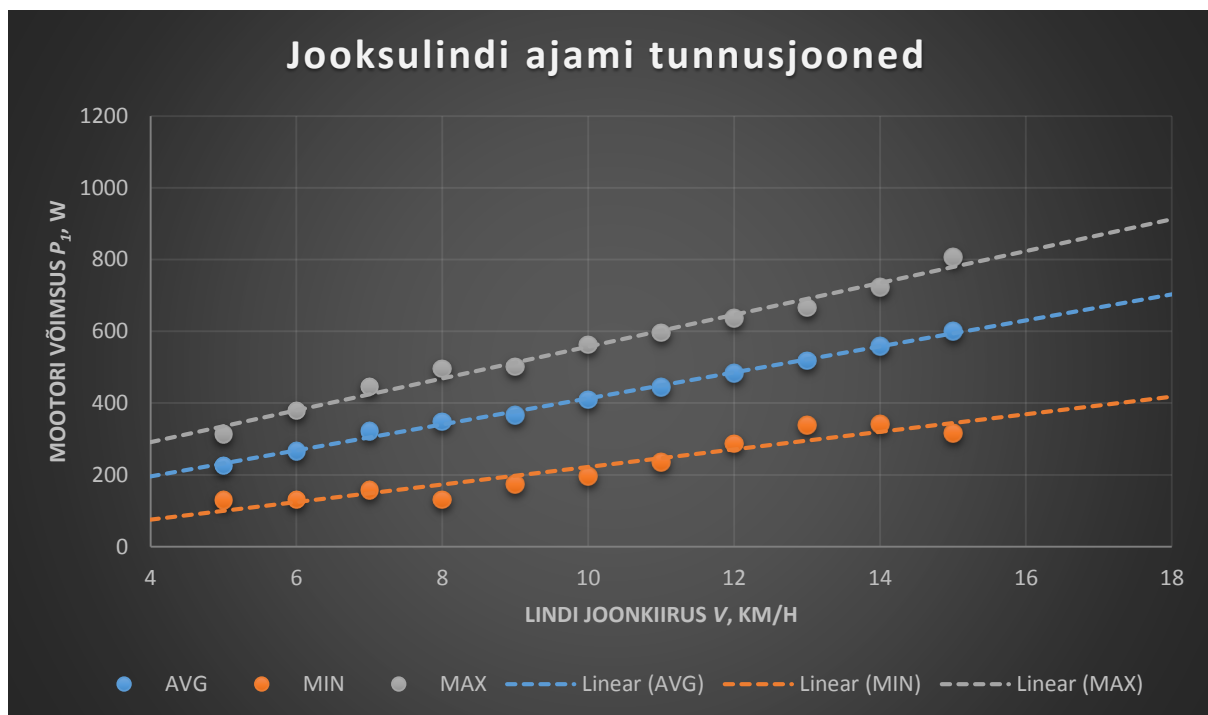
Itaalia tootja TechnoGym on oma algusaastatest alates kasutanud asünkroon vahelduvvoolumootoreid (induction AC). Nii nagu BLPM mootorid, on asünkroonmootorid hooldevabad ning läbi sagedusmuunduri lihtsalt juhitavad. Induktsioonimootorid on tunduvalt odavamad ja kättesaadavamad. Seetõttu otsustasin koostöös ettevõttega ka enda seadmel hakata kasutama asünkroonmootorit.

Olen täheldanud, et TechnoGym kasutab asünkroonmootoreid võimsusvahemikus 1,1 kuni 2,2 kW, olenevalt jooksuraja sihtgrupist. Võimsam mootor tagab stabiilsema töö jooksmise kui tsüklilise koormuse all, mistõttu kasutajakogemus muutub mugavamaks. Sealjuures aga mida võimsam on mootor, seda suuremad on selle mõõtmed. Lõpptoote sihtgrupiks on kodukasutajad, kelle maksimaalne jooksukiirus jääb enamasti vahemikku 16 - 18 km/h. Sellest lähtudes oli vaja teostada katsemõõtmisi, et teha kindlaks mootori vajalik võimsus.

### 3.1.2. Mootori vajaliku võimsuse väljaselgitamine

Käesolevas etapis tuli kindlaks määrata realselt vajalik võimsustarve. Selleks ühendasin doktorandi Mairo Märss juhendamisel Tartus spordiklubi Arctic jooksuraja LifeFitness 95T külge võrguanalüsaatori ja teostasin mõõtmisi erinevate jooksukiirustega. Arvestades, et valitud jooksuraja mehaaniline lahendus on minu prototüübiga väga sarnane, siis trumli laagrite kasutegurit ning lindi hõõrdumisest tekkivat kadu võime oletuslikult pidada identseks. Tuli aga arvesse võtta, et kasutusel olev seade oli pikka aega hooldamata, mis raskendas mootori tööd.

Testitud seadme voolutarve *stand-by* olekus oli tema puuetundliku juhtpaneeli elektroonika tõttu 0,2 A, mis seadme kogutarbest tuli maha arvestada, et saada ainult elektriajami tegelik tarbimine. Jooksmiskatseid teostasin 95 kg kaaluva inimesega kiiruste juures 5 – 15 km/h intervalliga 1 km/h. Iga intervall kestis 60 sekundit. Mõõteseadet salvestas tarbimist 60 korda minutis, fikseerides hetke suurimat ning madalaimat voolutarvet antud ajahetkel (sele 3.2.2.1).



Sele 3.1.2.1. Jooksulindi ajami tunnusjooned

Graafiku x-teljelt on näha erinevad jooksukiirused, mille juures mõõtmisi teostasin ning y-teljel on märgitud vastav võimsustarve antud kiiruse juures. Graafikult selgub tõsiasi, et kiiruse suurenedes maksimaalne ja minimaalne võimsustarve ei kasva lineaarselt, sest jooksmine avaldab seadme ajamile koormust tsükliliselt. Ajahetkel, mil jooksja ei avalda survet lindile kummagi jalaga, on võimsust vaja saavutada ainult lindi kiiruse säilitamiseks mehaaniliste sõlmede liigutamisel. Mida suurem on aga kiirus, seda rohkem takistust avaldab jooksja samm ajamile puute korral ja hetkeline maksimaalne võimsustarve kasvab.

Käesoleva projekteeritava seadme suurim jooksukiirus on 18 km/h, mis vastab kodukasutaja soovidele. Graafiku maksimaalse võimsustarve keskmistatud joonelt on näha, et sellise jooksukiiruse juures 95-kilogrammise massiga jooksja puhul on elektriajami vajalik võimsus ligikaudu 900W. Siiski oli katsetatava jooksuraja lindi kulumisvõlp ammu ületatud, mis suurendab võimsuskadu umbes 10%. Sealjuures tuleb arvestada ka sellega, et maksimaalseks lubatud jooksja kaaluks määrasin 130 kg.

Eelnevast lähtudes võime tuletada valemi vajalikule ajami võimsusele:

$$P = P_1 * k * \frac{m}{m_1} = 900 * 0,9 * \frac{130}{95} = 1100 \text{ W} \quad (3.1)$$

kus  $P_1$  – katsetulemusest saadud võimsus (W),

$k$  – kasutegur,

$m$  – jooksja lubatud mass (kg),

$m_1$  – jooksja mass katsemõõtmistel (kg)

Elektriajami vajalik võimsus peab olema 1,1 kW.

### 3.1.3. Elektriagam ABB M3

Asünkroonmootorite mõõtmed on võimsuste järgi ISO standardiga piiritletud, mistõttu tootjate erinevused on ainult disainis. Kätesaadavuse pärast otsustasin valida ABB toodangust 1,1 kW ajami. Maksumuse osas oleks M2 seeria mootor soodsam, ent sellisel juhul on klemmkarbi asetus mootori peal, mis lisab kõrgusmõõtmesse 2,2 cm. Et hoida seadme kõrgus minimaalne, valisin M3 seeria toodangu, kuna sellele saab mootorit tellides klemmkarbi asukoha ise määrata. Valitud elektriajami andmeleht on lisas 1.

## 3.2. Sagedusmuunduri valik

Sagedusmuunduri valimisel oli oluline eelkõige kompaktsus ja universaalsus. Tooteid 1,1 kW väljundiga, mida eelnevalt valitud mootori toitmiseks vaja on, turul eriti palju ei ole, mistõttu jäi valikusse kaks tootjat: Schneider Electric ja Mitsubishi. Mitsubishi FR-D700 seeria muundurid (sele 3.2.1 vasakul) on tuntud oma hinna ja kvaliteedi suhte poolest ning samuti on nende mõõtmed suhteliselt pisikesed ja mõeldud kompaktselt kasutamiseks. Alternatiivina saaks kasutada Schneider Electric mudelit Altivar 32 (sele 3.2.1 paremal), ent viimase maksumus on 2,5 korda suurem kui Mitsubishi tootel ning kinnitussügavus 25 cm. Langetasin valiku FR-D700 kasuks, olgugi, et Altivaril on vajalik *Bluetooth* saatja juba sisse ehitatud.



Sele 3.2.1. Kompaktne sagedusmuundur Mitsubishi FR-D700 (vasakul) ja sisseehitatud *Bluetooth* saatjaga muundur Altivar 32 (paremal)

### 3.2.1. Sagedusmuunduri ühendamine ja eelseadistamine

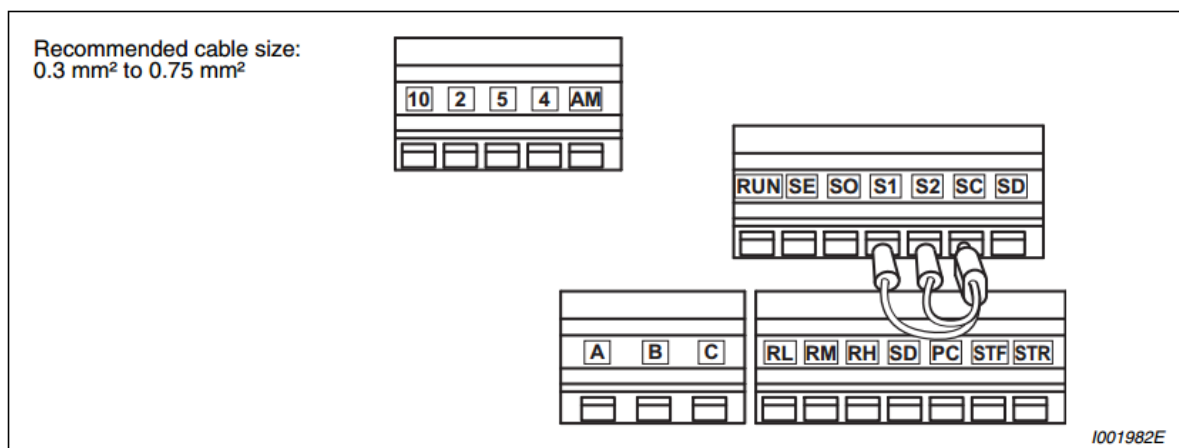
Ostes on sagedusmuundurid eelseadistatud. Parameetreid on muunduritel palju, ent enamikke neist muutma ei pea. Küll aga on mõningad sätted, mis tuleb muunduril muuta või määrata, et ajamit üldse käivitada oleks võimalik. Antud Mitsubishi muunduril tuleb esmalt siseneda parameetrisse „Pr 160“ ja seal seadistada tabelis 3.2.1.1 näidatud alamparameetrid.

Tabel 3.2.1.1. Parameetri „Pr 160“ seadistus

Parameeter:	Algsäte:	Lõppsäte:	Kirjeldus:
Pr 1	120 Hz	50 Hz	maksimaalne sagedus
Pr 2	0 Hz	X Hz	minimaalne sagedus – saadakse jooksulindi kalibreerimise tulemusena, mil lindi joonkiirus on 1 km/h
Pr 9	-	2.4 A	ülekoormuse vastane kaitse – väärtus <i>Rated Current</i> lisas 1 oleva mootori andmelehel
Pr 79	0	2	<i>External Operation Mode (EXT)</i> – juhtimine määratakse väliste klemmidega kasutamiseks

Nagu parameetriga „Pr 79“ sai määratud, toimub sagedusmuunduri juhtimine väliste klemmidega. Selel 3.2.1.1 on näidatud skeem ühendusklemmide terminalist.

### Control circuit terminals



Sele 3.2.1.1. Väliste klemmide terminalid [3]

Skeemil on algseades häire stopp-funktsioonid S1 ja S2 sillatud ühise SC terminaliga, mis kõigepealt tuli eemaldada. Et kasutada ajamit minu soovile vastavalt oli vaja teostada kolm ühendust: start-käsk, häire-stopp ja sageduse muutmine.

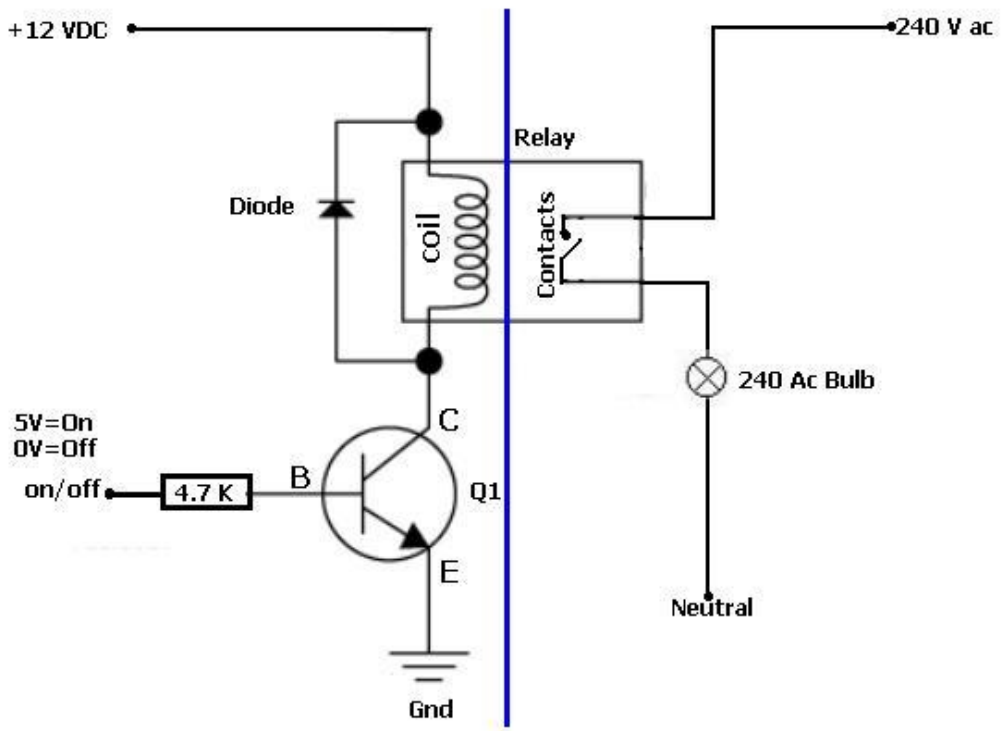
Tabel 3.2.1.1. terminali ühendused

Ühendatavad klemmid:	Kirjeldus:
SC – S1	häire stopp-lülitus
PC – STF	ajami käivitussignaali
2 – 5	sageduse muutmine

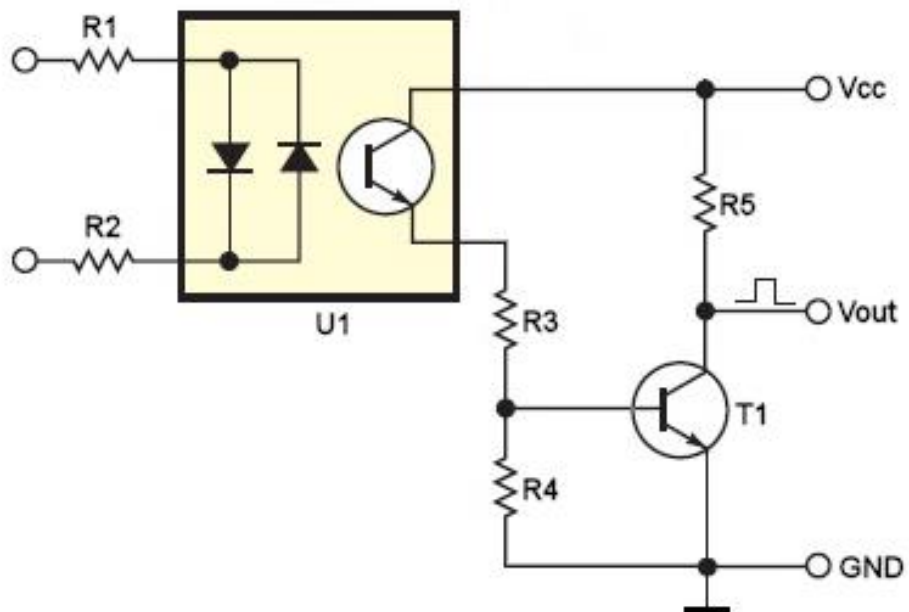
### 3.3. Elektroonika juhtploki arendus

Ajami sagedusmuunduri ja teiste elektroonikakomponentide juhtimiseks oli tarvis prototüübile välja arendada juhtplokk, kus oleks kõik Arduino mikrokontrolleri tulev informatsioon jagatav käsklusteks erinevatele komponentidele. Et ma soovisin prototüübil kasutada standardset sagedusmuundurit, on mainitud lisaploki arendamine möödapääsmatu. Kui prototüüp läheb edasi väiksemahulisse seeriatootmisse, siis on tarviklikum lasta allhankena valmistada sagedusmuundur, mis omaks ainult kõiki vajalikke funktsioone ning eraldi juhtploki kasutamist ei vajaks.

Välja töötatud juhtplokk koosneb Arduino Uno mikrokontrollerist ja releedega elektriskeemist makettplaadil, kus saadud käsklused edastatakse juhitavatele komponentidele. Sagedusmuundurile antav start-käsklus mootori käivitamiseks teostatakse 5 V normaalselt avatud releega, mille ühendusskeem on näha seel 3.3.1. Lisades prototüübivale seadmele kaldenurgafunktsiooni, saab sama releskeemi kopeerides sooritada nii lindi tõstmise kui langetamise. Mootori kiiruse reguleerimine saadakse PWM (pulsilaiusmodulatsiooni) meetodiga Arduino digitaalväljundist ning juhitakse sagedusmuunduri terminalis klemme 2 – 5 skeemiga seel 3.3.2. Loodud toiteskeem on kompaktselt mahutatud 3D-prinditud korpusesse (sele 3.3.4).

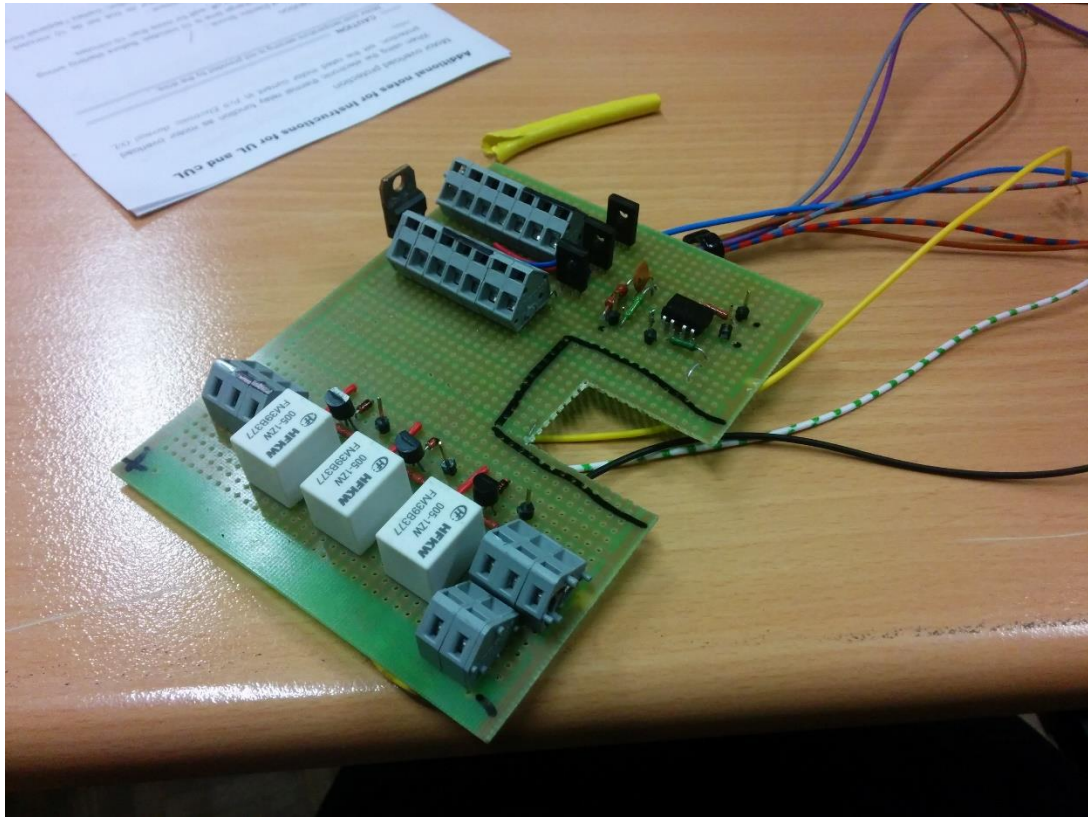


Sele 3.3.1. Releeskeem start-käskluse realiseerimiseks

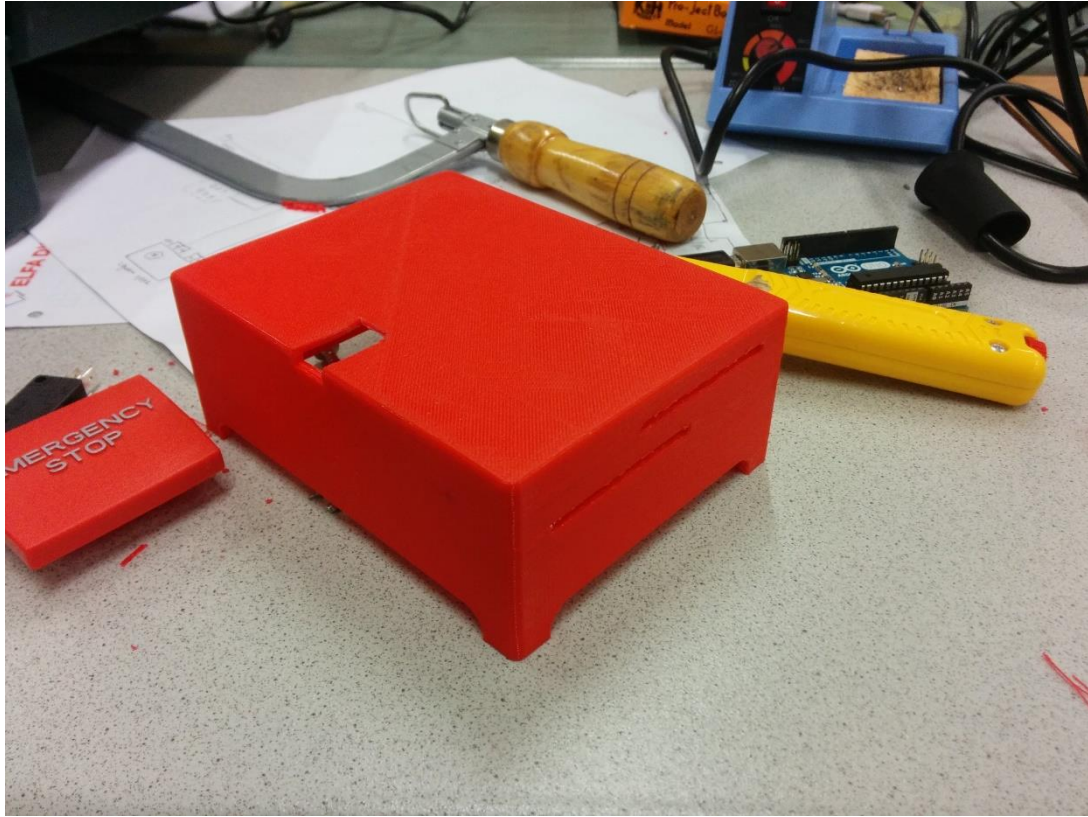


Sele 3.3.2. Mootori sageduse reguleerimise loogika





Sele 3.3.3. Makettplaat koos komponentidega



Sele 3.3.4. 3D-prinditud korpus elektroonikale

## 4. MEHAANIKA KOMPONENDID JA PROJEKTEERIMINE

### 4.1. Jooksulint ja alusplaat

Jooksulindi ja alusplaadi valimisel on kõige tähtsam silmas pidada kasutajat. Et inimese füüsiline kontakt toimub lindi ja seda toetava alusplaadi koosluse vahendusel, on oluline tugineda järgmistele aspektidele:

1. Jooksupinna gabariitmõõtmed. Jooksmispind peab olema piisavalt lai, et jooksjale ei tunduks, et ta astub kogemata lindilt kõrvale, ning piisavalt pikk, et ta ei jookseks sellest üle ega jääks maha.
2. Spetsiaalselt sihtotstarbelise ja eelnevalt määrdeainega immutatud lindi sobivus alusplaadiga.
3. Plaadi paksus ja amortiseeriv läbipaine.

Jooksupinna gabariitide valimisel lähtusin jooksuradade hoolduste käigus tehtud erinevate tootjate lintide mõõtmisest ja omapoolsest hinnangust. Arvesse võtsin seadme maksimaalset kompaktsust, kuid üritasin vältida jooksmisel tekkivat ahistatuse tunnet.

Professionaalsete radade lindi laiused on üldjuhul 450 – 550 mm ning lintide üldpikkused 2800 – 3500 mm. Kodukasutajate seadmetel on linnid küll väiksemad, kuid sellisel juhul on kasutaja selle üle kurtanud. Niisiis leidsin kompromissi ja minu dimensioneeritava raja lindi mõõtmed on 480 x 3020 mm.

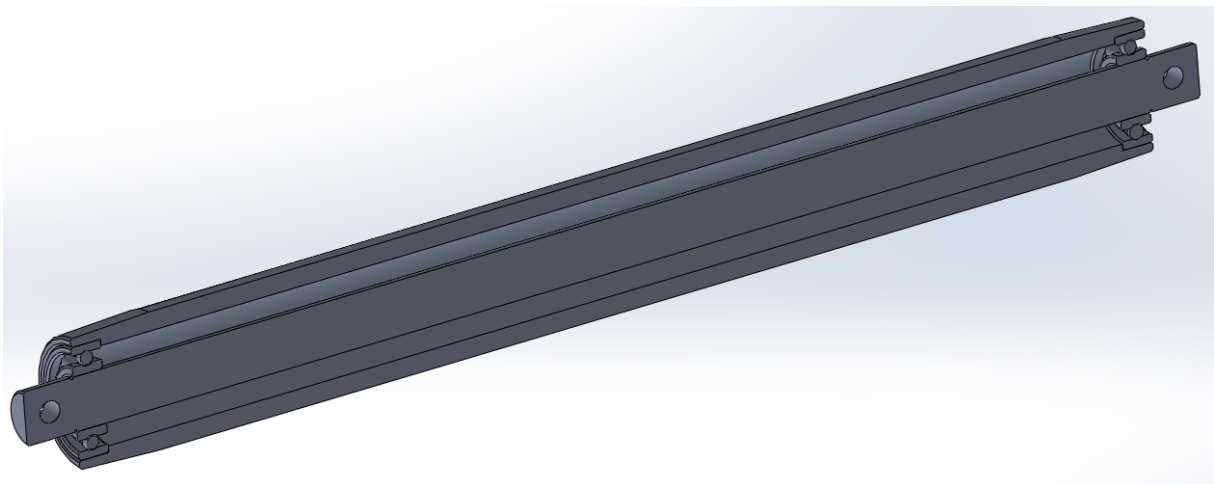
Oleme ettevõttega mitmeid aastaid teinud tihedat koostööd Suur-Britannias paikneva jooksulintide ja alusplaatide tootjaga GB Belting. Antud firma pakub lindivahetuskomplekte nii kõigile levinumatele mudelitele, kui ka võtab vastu eritellimusi. Oleme korduvalt kasutanud nende teenuseid ning kõik erivajadused on saanud lahenduse. Nende poolt toodetavad neljast kihist koosnevad linnid on osutunud väga vastupidavaks ning jätkame seetõttu ka firma toodete edaspidist kasutamist [4].

GB Beltingu valmistatud alusplaadid on 25 mm paksusest MDF-plaadist, mis mõlemalt poolt on lamineeritud libisemist soodustava ja kuumust eraldava kihiga, tehes plaadi kogupaksuseks 26,6 mm [4].

## 4.2. Jooksulindi trumlid

Jooksulindi trumli läbimõõdust sõltub lindi eluiga: mida peenem on trummel, seda teravamalt lint üle rulli jookseb ning seda kiiremini tekivad lindile mikropraod. Professionaalsete jooksuradade trumlid on enamasti 70 – 90 mm diameetriga, samal ajal kui odavamad kodukasutaja seadmed omavad 30 – 50 mm trumleid. Kuna soovin seadme luua võimalikult õhukese, kuid sealjuures säilitada lindi pikka (umbes 30 000 km) eluiga, otsustasin valida konveierliini trumli läbimõõduga 70 mm, mida pakub eritellimusel ettevõtte Eurolaager OÜ [2].

Valitud trummel pikkusega 520 mm on mõlemast otsast ühendatud kinnise 6205 kuullaagriga 25 mm võlli külge. Võllid kinnituvad projekteeritava raami külge poltidega M10 – esimene veovõll jäigalt, tagumine pingutusmeetodiga reguleeritavalt. Trumli koostu ristlõiget on näha seel 4.2.1.



Sele 4.2.1. Lindi trumli mudeli ristlõige

## 4.3. Veoülekanne

Kui on valitud nii mootor, kui ka linti vedavad trumlid, on vaja need kaks komponenti omavahel ühendada. Et jooksmine tõlgendub seadme jaoks tsüklilise koormusena, siis on kaks võimalust, kuidas ülekanne lahendada:

1. Reduktorülekanne sidurleevendiga.
2. Rihmülekanne aktiivpingutusrulliga või eelpingutusmeetodiga.

Ülekande valimisel on oluline meeles pidada mugavust jooksjale, sealjuures imiteerimaks võimalikult reaalselt jooksmiskogemust. See tähendab, et iga samm, mis treenija lindile astudes sooritab, avaldab masinale jõudu ja koormus suureneb. Jäiga veoülekande puhul on väändemoment aga konstantne ja seetõttu tekib jooksjale olukord, kus iga sammu ajal teda justkui rebitakse lindi poolt kaasa.

Seega on radade tootjad põhiliselt kasutanud mitmik-kiilrihm ülekannet, kuna siduriga reduktorülekanne lisab seadmele liigset keerukust ja massi, mis tähendab suurenenud finantskulutusi. Soonrihmülekanne puhul on tarvis kõigest rihma, kahte rihmaratast ning vajadusel aktiivpingutit.

Tänapäevani on erinevad tootjad kasutanud nii pingutiga, kui ka ilma pingutita süsteeme. Põhiline erinevus seisneb pinguti puhul lisaruumi vajalikkusega *low kit*'is, kuid suurendab hooldusvälpa, kuna rihma venimine ja soonte kulumine kompenseeritakse igal ajahetkel, st aktiivselt. Et ühe veorihma eluiga on umbes kaks korda suurem kui eelnevalt mainitud jooksulindi eluiga, ehk ligikaudu 60 000 kilomeetrit, siis aktiivpinguti kasutus on põhjendatav ainult olukordades, kus jooksurajad on vahetpidamata kasutuses ning sellest tulenevalt rihma pingutuse vajadus pingutita süsteemi korral oleks 2 – 3 korda aastas. Tootjad kasutavadki poolprofessionaalsetel ja kodukasutaja toodetel eelpingutusega süsteemi, kus rihma pingutust reguleeritakse mootori pikisuunalise nihutamisega.

Minu sätestatud kriteeriumite kohaselt on sobivaim lahendus eelpingutusega kiilrihmülekanne. Et aga DIN 7753 kohaselt minimaalne kitsaskiilrihmaratta diameeter on 71 mm, siis piisava ülekandesuhte saavutamiseks läheks veetava rulliku poolse rihmaratta diameeter meile sobimatult suureks. Seetõttu valin mitmik-kiilrihma profiiliga PJ standardist DIN 7867, kuna antud rihma profiil lubab väikseimat rihmaratta kasutust (minimaalselt 20 mm). Kätesaadavuse tõttu valin rihma tootja Contitech'i toodangu seeriast Conti-V Multirib ning järgnev arvutus on teostatud nende kataloogist pärit lähteandmete ja valemite tuginedes [1].

### **Lähteandmed:**

Jooksulindi maksimaalne kiirus:  $v_{\max} = 18 \text{ km/h} = 5 \text{ m/s}$

Trumli läbimõõt:  $D_T = 70 \text{ mm}$

Mootori tegelik pöörlemissagedus:  $n_M = 2875 \text{ min}^{-1}$

Maksimaalne ülekantav võimsus  $P = xx \text{ kN}$

### Trumli maksimaalne vajalik pöörlemissagedus:

$$n_T = \frac{v_{max}}{D_t * \pi} * 60 = \frac{5}{0,07 * \pi} * 60 = 1365 \text{ min}^{-1} \quad (4.1)$$

### Ülekandearv:

$$i = \frac{n_M}{n_T} = \frac{2850}{1365} = 2,08 \quad (4.2)$$

Trumlipoolse rihmaratta  $D_{bg}$  valikul lähtun minimaalse diameetri vajalikkusest antud aplikatsioonil. Valik on tehtud Contitech'i kataloogi väljavõttest lisa 3.

$$D_{bg} = 75 \text{ mm}$$

### Vedav rihmaratas arvutuslikult:

$$D_{bk} = \frac{75}{2,08} = 36,1 \text{ mm} \quad (4.3)$$

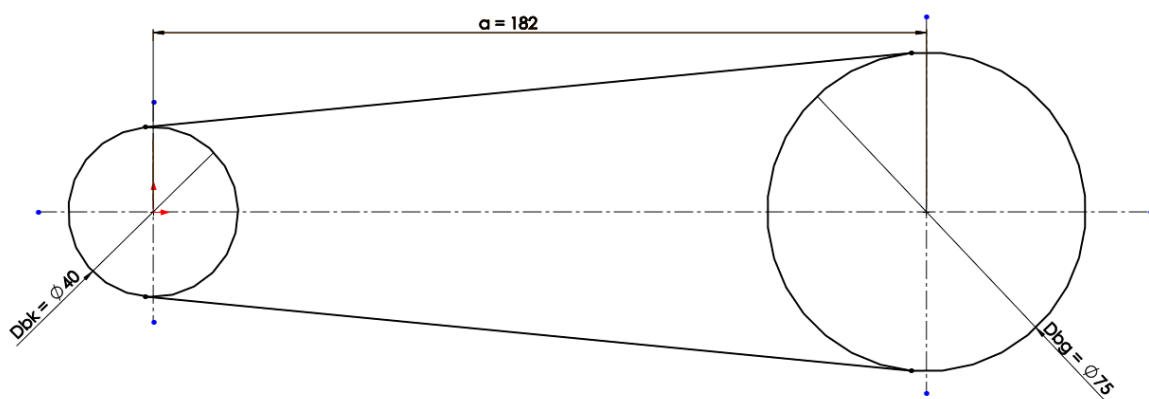
Valin võimaliku lähima diameetri:  $D_{bk} = 40 \text{ mm}$ .

### Rihma pikkuse valik:

Rihma pikkus on valitud kataloogist selliselt, et mootor asetseks veetavale trumlile võimalikult lähedal.

Efektiivpikkus  $L_b = 483 \text{ mm}$

Kahe rihmaratta tsentrite vahe  $a = 182 \text{ mm}$



Sele 4.3.1. Rihmülekande efektiivpikkuse skeem

### Rihma ribide arvu valimine:

Vajalik ribide arv  $z_{er}$  saadakse valemist [1]

$$z_{er} = \frac{P * c_2}{P_R * c_1 * c_3} = \frac{1,1 * 1,2}{0,43 * 0,97 * 0,85} = 3,72 \quad (4.4)$$

Kus  $P_R$  – ühe ribi võimsuse kasutegur

$c_1$  – vedava rihmaratta kasutegur

$c_2$  – hooldusfaktor

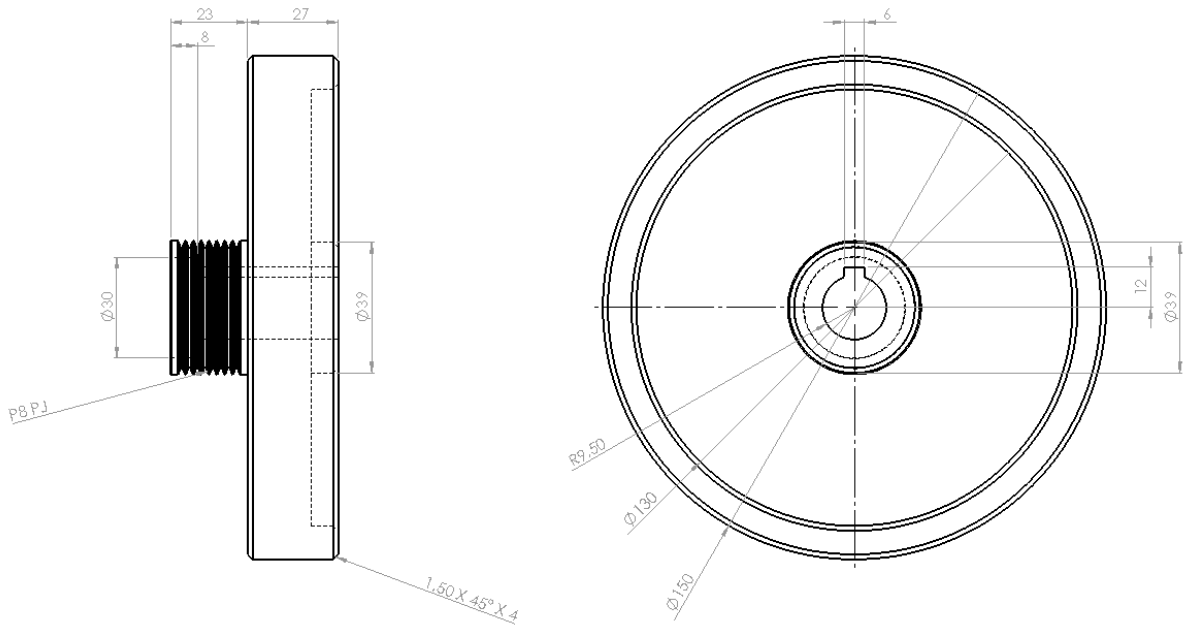
$c_3$  – rihma pikkuse kasutegur

Et arvutuslik ribide arv on väga ligilähedane järgmisele täismõõdule ( $z = 4$ ), siis piisava varu tagamiseks valin tegelikuks ribide arvuks järgmise pakutava võimaluse:  $z = 8$ . Seetõttu osutub trumli rihmaratta valikuks Contitech'i kataloogist toode P8PJ/71-1108 [1].

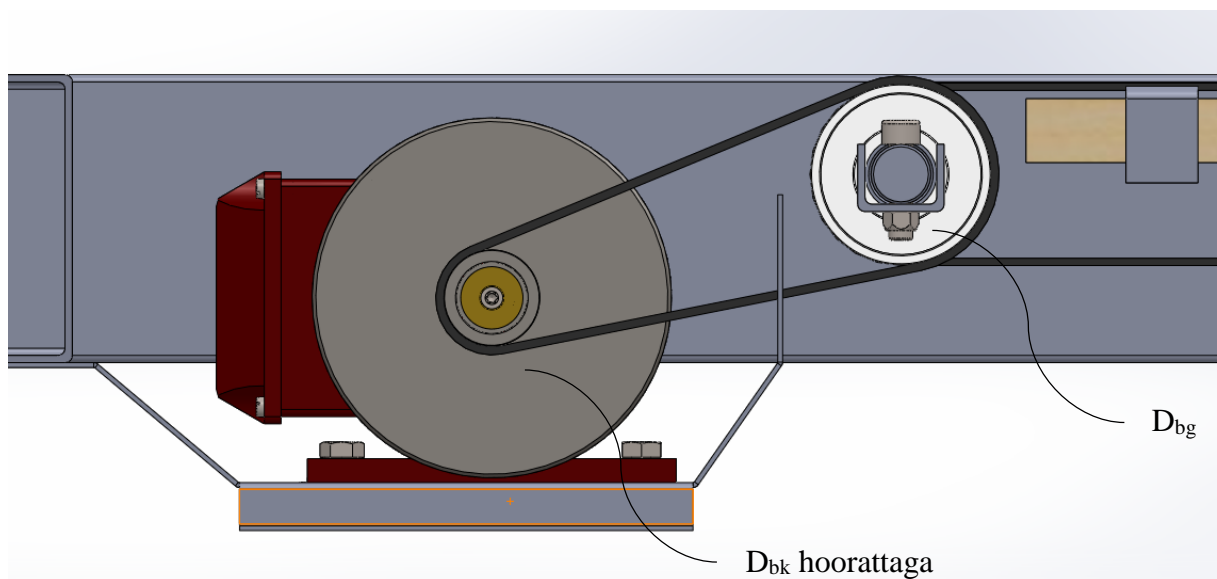
Mootoripoolset rihmarattast on kasulik dimensioneerida koos hoorattaga, et salvestada ajami pöördliikumise energiat. Seda saab jooksukiiruse suurendamisel kasutada, et saavutada soovitud kiirus lühema ajaga. Hooratta projekteerimisel oli oluline pidada silmas kolme olulist näitajat:

1. Dimensioneeritava hooratta diameeter ei tohi olla suurem mootori kõrgusmõõtmest.
2. Hoorattal asetsev rihmarattas peab olema läbimõõduga vastavalt arvutustele punktis 4.3.1.
3. Hooratta ja rihmaratta koosluse paksus ei tohi ületada oluliselt ajamist välja ulatuva võlli pikkust.

Contitech'i kataloogist saadaolevate rihmaprofiilide andmetele ja ABB mootori joonistele lisas 2 tuginedes sai dimensioneerida hooratta, mis malmvalu korral on massiga 2790 grammi.



Sele 4.3.2. Hooratta kaksvaade

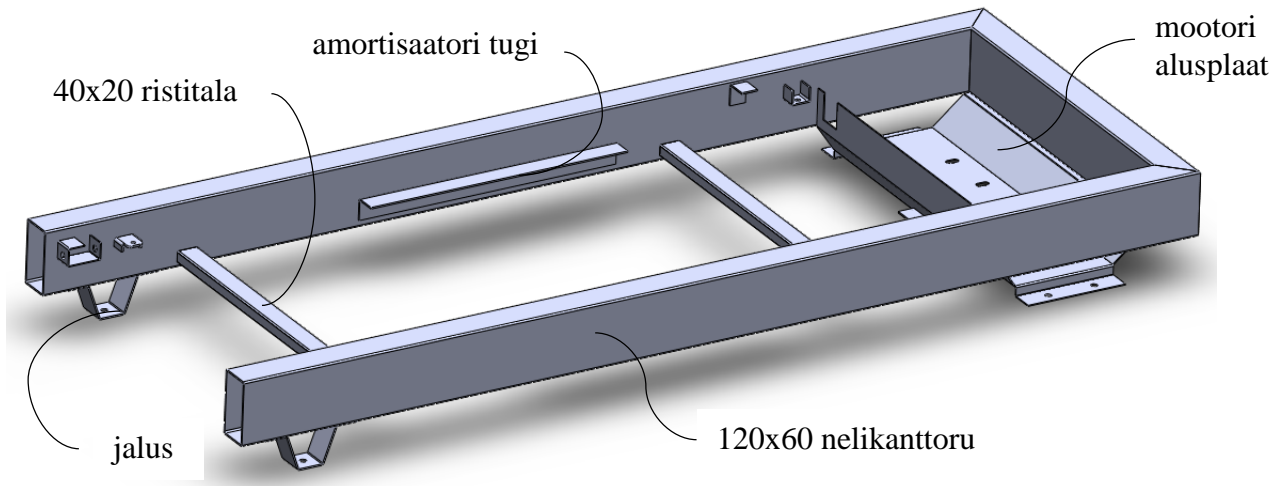


Sele 4.3.3. Ülekande väljavõte CAD mudelist

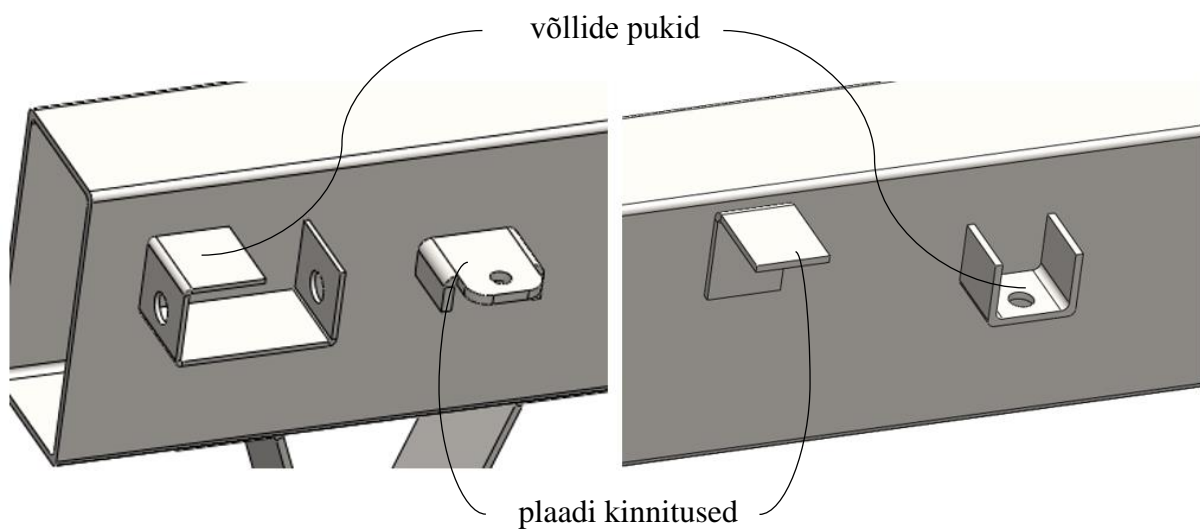
#### 4.4. Karkassi profiilide valik ja alusraami projekteerimine

Karkassi põhitallade valimisel on oluline, et toru kõrgus „h“ oleks suurem trumlipoolse rihmaratta diameetrist ja omakorda jääks piisavalt ruumi lindialusesse alasse ristitalade jaoks. Valituks osutus Ruukki kalatootmist nelikanttoru profiiliga 120x60 mm [7]. Samast kataloogist valisin ristitaladeks U-profiili 40x20x2 mm ning amortisaatorite alustagedeks ning lindi alusplaadi fiksaatoriteks L-profiili 40x40x3 mm (sele 4.4.2) [7].

Mootori alusplaat (sele 4.4.4) ja trumli võllide pukid on valtsitud 2-millimeetrisest terasplekist ning raami tagumised jalused omakorda 3-millimeetrisest. Selel 4.4.1 on näha kogu seadme alusraam kõikide keevisliidetega ühendatavate detailidega. Põhiraami pikkus, laius ja kõrgus on vastavalt 1863, 720 ja 190 millimeetrit, ning kogu alusraami mass on 43 kg.



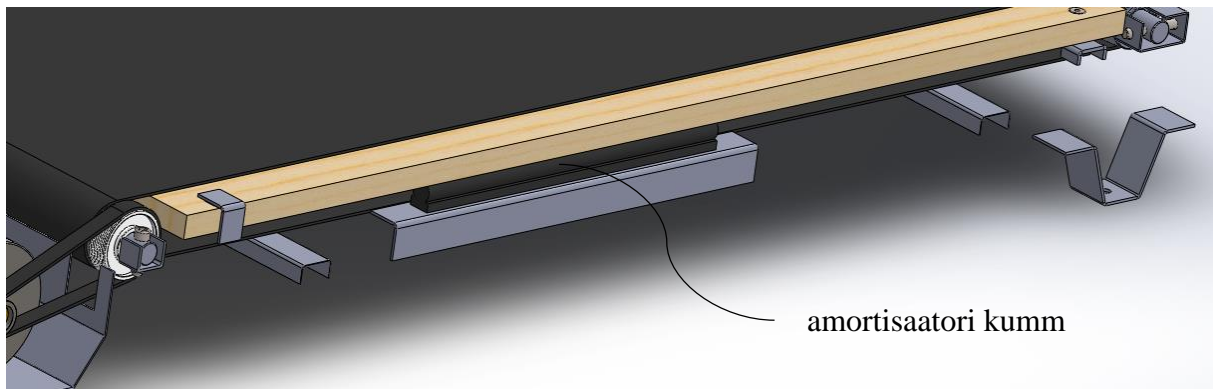
Sele 4.4.1. Prototüübi alusraam



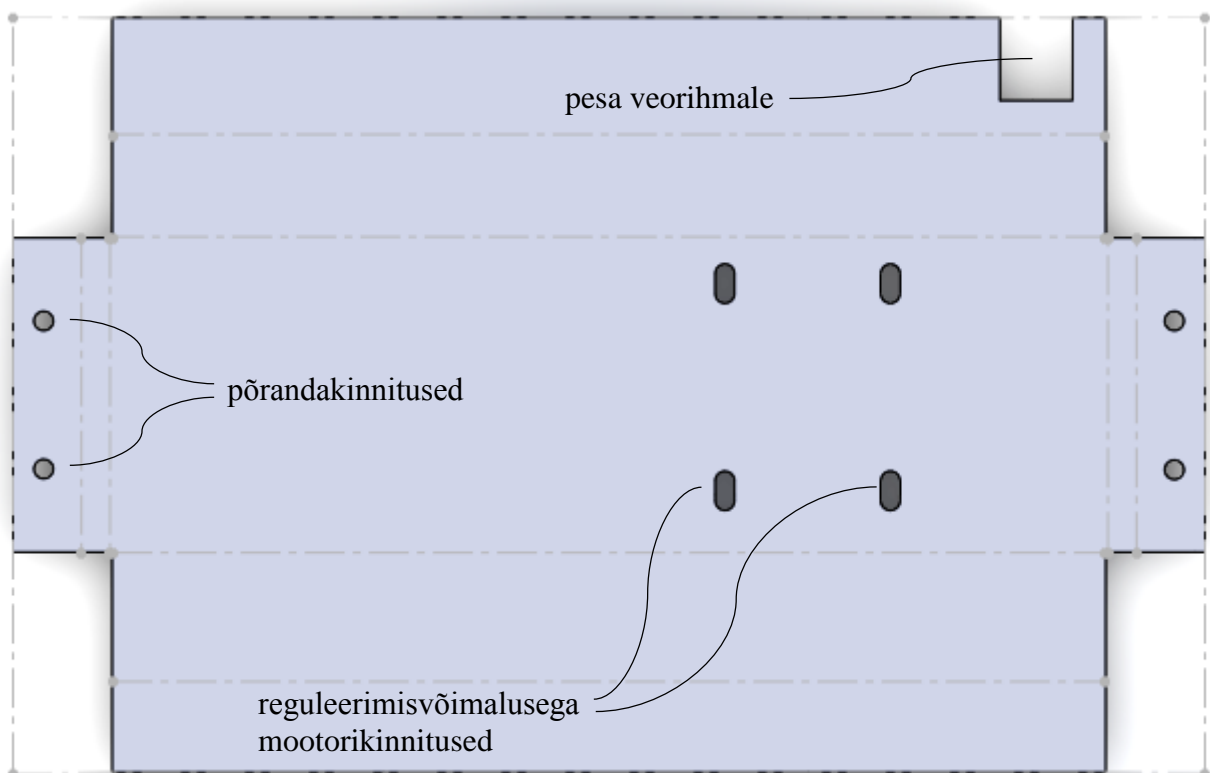
Sele 4.4.2. Tagumise võlli pukki ja plaadi kinnitust (vasakul) ning esimese võlli pukki ja plaadi fiksaatorit (paremal)

Jooksulindi alusplaat kinnitub tagumisest otsast jäigalt kahe poldiga M8 ning keskest toetub see mõlemast servast amortisaatoritele. Esimesest otsas on mõlemal pool vinkelnurk, et pärast plaadile astumist see tahtmatult kõrgele tagasi ei tõuseks ja linti liigselt ei kulutaks. Kirjeldatud amortisaatori lahendus on näha selel 4.4.3.

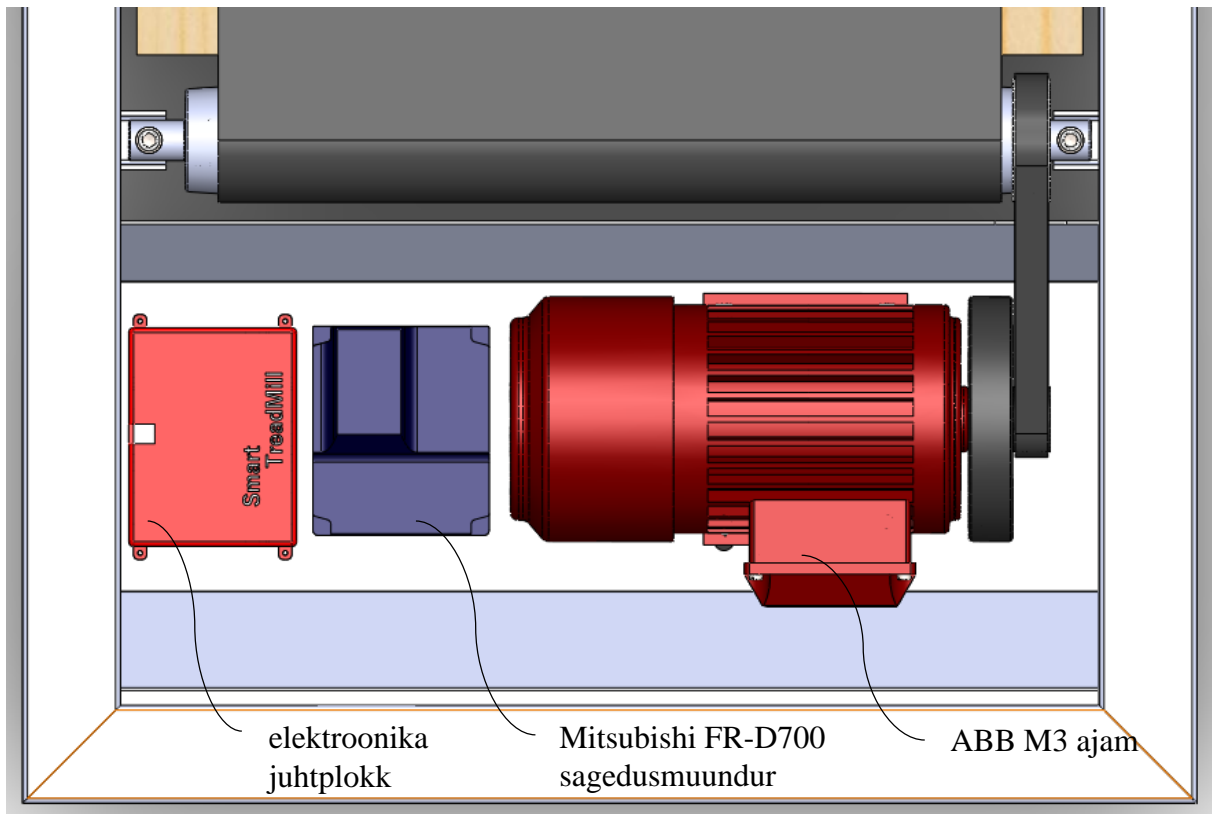




Sele 4.4.3. Alusplaadi amortisaatori skeem ilma alusraami külgtalata



Sele 4.4.4. Elektrimootori ja juhtelektroonika alusplaat valtsimata kujul

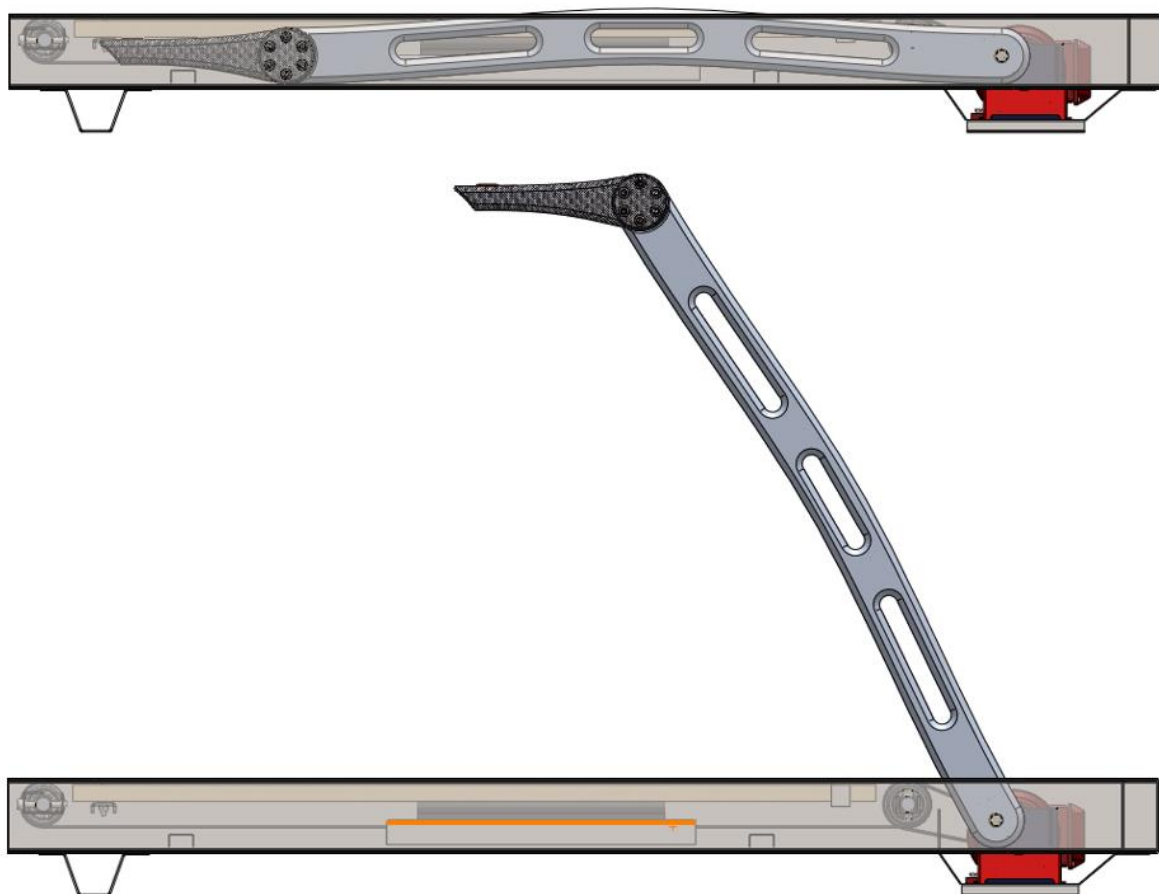


Sele 4.4.5. Alusplaat valtsitud kujul karkassi küljes koos komponentidega

## 4.5. Tugikäe mehaanika ja disain

Kuigi minu eesmärk on kogu seade integreerida põrandasse, ei saa tähelepanuta jätta turvaregulatsioonid. See tähendab, et olenemata juhtimispuldi tüübist ja kasutajaliidesest peab aparaadil olema käeulatuses mehaaniline turvalüliti ning turvakäsi, kust jooksjal tasakaalu kadumise korral oleks võimalik ennast toetada. Pean oluliseks, et mainitud turvakäel oleks olemas ka pesa nutiseadme ning joogitopsi hoidmiseks. Turvakäe disainimisel ja projekteerimisel on oluline silmas pidada järgmist:

1. Kogu käe maksimaalne laius ei tohi olla suurem kui alusraami toru sisemine läbimõõt, et kokkupakitult mahuks käsipuu raami toru sisse.
2. Käsi peab olema kahe liigendiga jadas nii, et kokkupakitud olekus mahub see raami sisse, kuid valmisolekus oleks käeosa põrandaga paralleelne (sele 4.5.1).
3. Turvakäsipuu peab olema seadme sihis mõlemalt poolt identse disainiga, et klient saaks tellimuse esitamisel valida, kas soovib seda parema või vasaku käe poole.



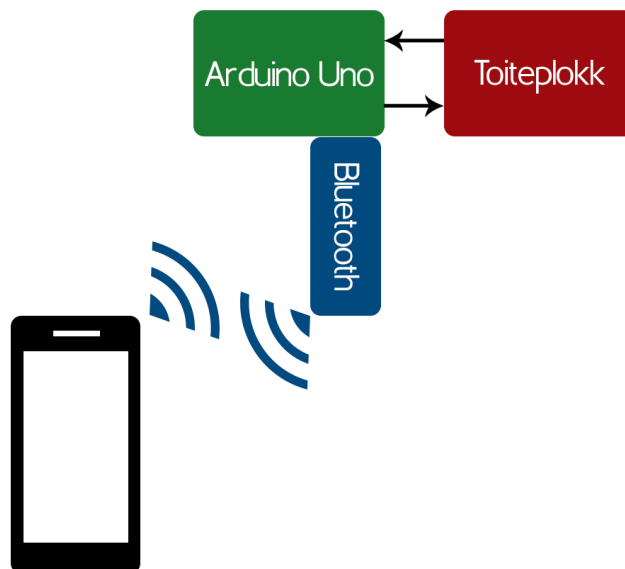
Sele 4.5.1. Tugikäe asend alumises asendis (üleval) ja jooksmisvalmis olekus (all)

Jooksmise ajal on tugikäe kõrgus jooksupinnast ligikaudu ühe meetri kõrgusel, mis on piisavalt mugav telefoni asetamiseks ning stopp-nupu vajutamiseks. Käepide ise on süsinikkiust vormitud seest tühi monotükk, samal ajal kui käsipuu post on 6000 seeria alumiiniumvalust. Käsipuu alumises asendis ei ole jooksurada turvakaalutluste tõttu võimalik kasutada – voolu lülitab seadmesse sisse käsipuu posti allotsas asetsev peallüliti, kui käsipuu on fikseeritud kasutusasendisse.

## 5. SEADME JUHTIMINE JA TARKVARA LOOMINE

### 5.1. Juhtimissüsteemi üldskeem

Juhtimissüsteem saab alguse Androidi rakendusest, mis on kirjutatud programmiga Adobe Flash. Hilisemalt on see lihtsasti porditav ka iOS platformile. Rakendus saadab käsklusi ja võtab vastu andmeid eelnevalt programmeeritud Arduino Uno mikrokontrollerilt juhtmevaba andmeside *Bluetooth* vahendusel. Saadud käsklused edastatakse toiteplaadile, kuhu on ühendatud kokku kõik vajalikud seadmed: elektriajam, andurid, lõpulülitid ja turvalüliti. Seel 5.1.1 on esitatud piltlik skeem juhtimisest.



Sele 5.1.1. Juhtimise üldskeem

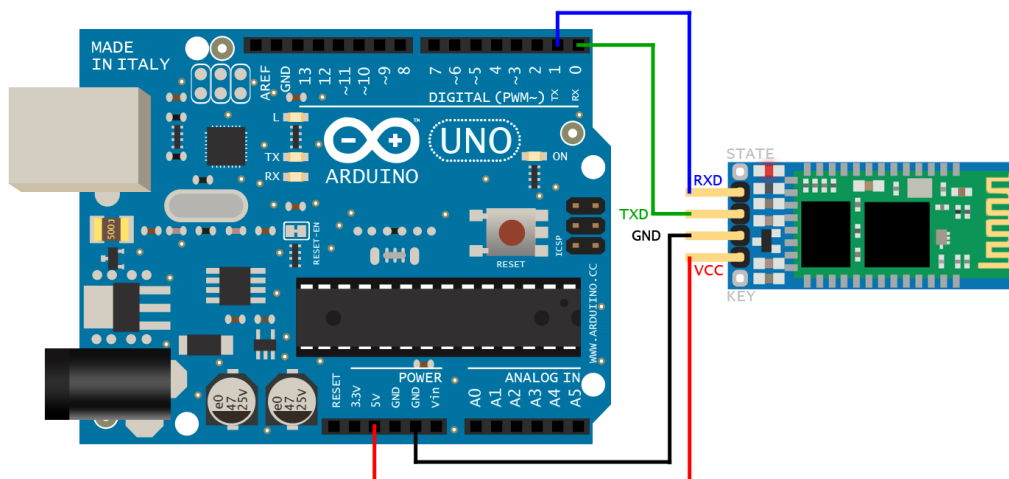
### 5.2. Arduino mikrokontrolleri programmeerimine

Arduino Uno ülesanne on juhtida loogikat ja saada nutiseadmest käsklusi ning edastada neid peatükis 3.3 kirjeldatud toiteplaadile. Seel 5.2.1 on esitatud graafiline ühendusskeem *Bluetooth* transiiverile Arduino Uno jaoks ning seel 5.2.2 on näha mikrokontrolleri asukoht elektroonika juhtplokis. Mikrokontrolleri kontaktidest oli tarvis ära defineerida tabelis 5.2.1 välja toodud väärtused.

Tabel 5.2.1. Arduino kontaktid ja väärtused

I/O kontakt:	Omistatud väärtus:
A0	lindi kõrguse tagasiside
A1 – A5	(kasutamata)
0	BT andmeedastus
1	BT andmetagastus
2	lindi tõstmine
3	lindi langetamine
4	lindi mootori kiirus
5	lindi mootori start
6 - 13	(kasutamata)

Märkus: lindi tõstmise ja langetamise funktsioonid koos tagasisidega on valmidus prototüübi edasiarendamiseks, mis ei kajastus käesolevas lõputöös.



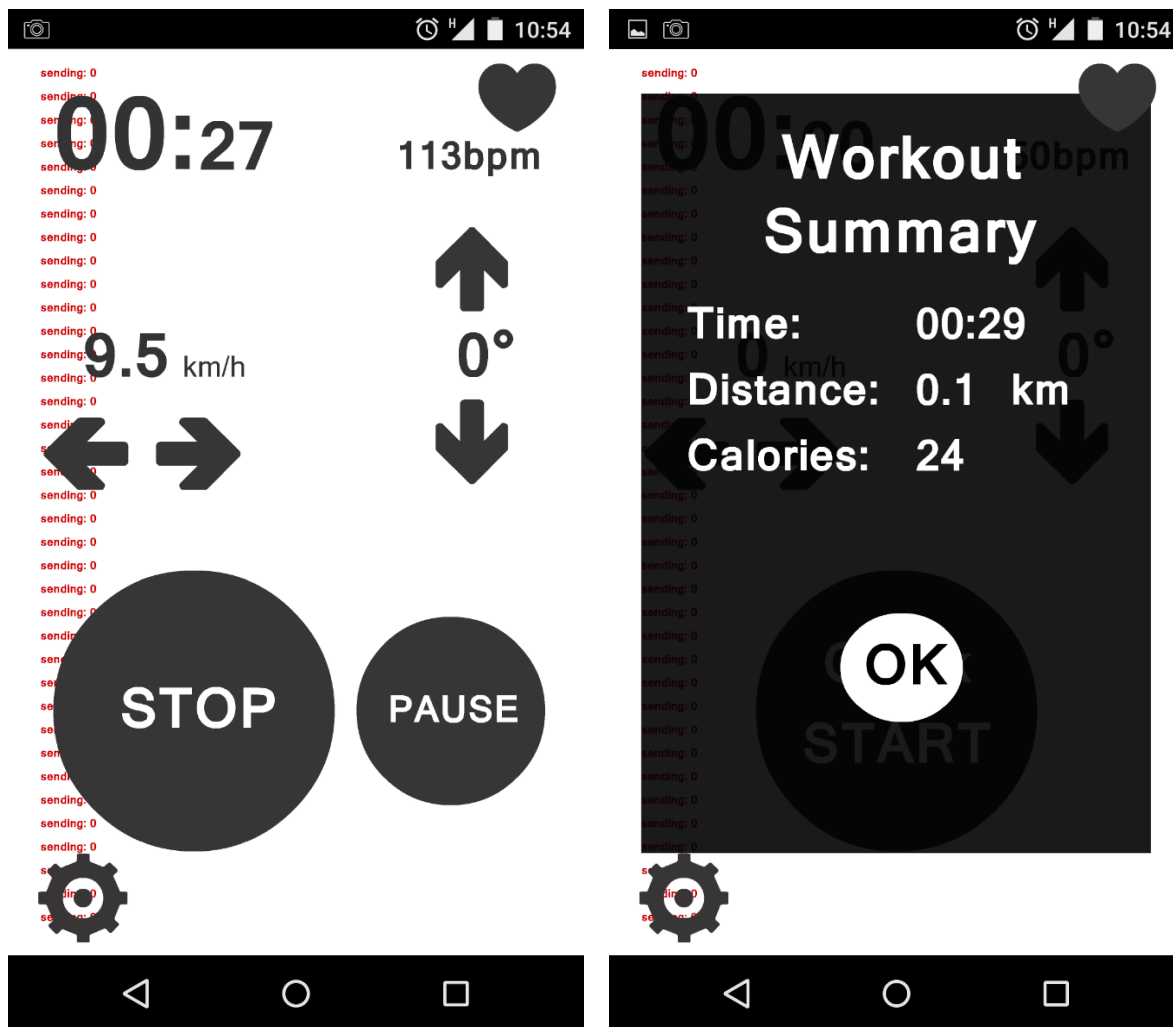
Sele 5.2.1. Arduino Uno mikrokontroller koos *Bluetooth* transiiveriga



Sele 5.2.2. Mikrokontrolleri asetus juhtploki korpuses

### 5.3. Android platformi rakendus

Android operatsioonisüsteemi platformile lootud rakendus on koostatud programmi Adobe Flash abil. Oluline on kasutajaliidese mugavus ja selgus, et olemas oleks kõik vajalik ning kasutaja harjuks rakenduse kasutamisega kiiresti. Põhiekraanil on suur *quick start* nupp, mis käivitab jooksulindi kolme sekundi möödudes kiirusele 1 km/h, samuti alustab tööd taimer. Kasutajal on võimalik muuta kiirust vahemikus 1 – 18 km/h sammuga 0,5 km/h (ja tulevikus kaldenurka 0 - 15°) ning peatada või seistada kogu protsess. Kasutades *Bluetooth*’iga pulsivööd, aktiveerub ekraani üleval paremas servas südame ikoon, mille kõrval kuvatakse jooksja pulsinäit. Kui jooksmine on lõplikult peatatud, kuvatakse ekraanil kokkuvõtte tehtud treeningust: joostud aeg, läbitud kilometraaz ning kulutatud kalorid, samuti salvestatakse sessioon rakenduse ajalukku. Kirjeldatud funktsioonid on näha seel 5.3.1.



Sele 5.3.1. Rakenduse vaade jooksmise ajal (vasakul) ja rakenduse teavitus pärast treeningu lõppu (paremal)

Menüüs, mis avaneb libistades näpuga ekraanil vasakult paremale, on võimalik sisestada kasutaja kehakaal, et kalorikulu arvutused oleksid adekvaatsed, ning vaadata eelnevalt ajalukku salvestunud treeningsessioone. Samuti on võimalik manuaalselt valida eelseadistatud intervallprogramme, seda juhul kui *quick start* režiimist treenijale ei piisa. Valikus on 8 standardset programmi, milles igäühes muudetakse kaldenurka ja lindiikiirust erinevalt. Võimalik on sätestada personaalseid programme ning salvestada need teistele lisaks.

Seadetes on ka administraatori juurdepääs, kust näeb ja saab muuta jooksuraja parameetreid nagu kogu läbisõit, kogu tööaeg, kiiruse kalibreerimine, veakoodide lugemine ning kustutamine jne. Sellele puudub ligipääs tavakasutajal ja on oluline vaid hooldustehniku jaoks.

## 6. PROTOTÜÜBI HINNAKALKULATSIOON

Majanduskalkulatsiooni arvutamisel tuleb silmas pidada, et tegu on toote kõige esimese prototüübiga, mistõttu selle seos lõpptoote hinna kujunemisega on minimaalne. Lõpptoote hind peab olema konkurentsivõimeline juba turul olevate sarnaste toodetega.

Prototüübi maksumuskalkulatsiooni on sisse arvestatud kõik ostutooted ning sisse ostetavad tööd ümardatult. Tabelis 6.1 on välja toodud kõik hinnad koos käibemaksudega.

Tabel 6.1. majanduskalkulatsiooni ülevaade

Komponent:	Hind: (€)
ABB M3 elektriajam	360,00
GB Belting lint	123,00
GB Belting plaat	129,00
lindi trumlid (paar)	390,00
FR-D700 sagedusmuundur	240,00
juhtmooduli komponendid	~100,00
raami torud ja profiilid	~200,00
kinnituspoldid ja mutrid	~50,00
Contitech 483 PJ8 kiilrihm	23,00
Contitech 75 mm PJ rihmaratas	39,00
hooratas	0,00 (olemasolev teiselt seadmelt)
tugikäe valmistamine	~300,00
keevitus-, painutus- ja lõikustööd	~200,00
<b>Kokku:</b>	<b>2154,00</b>

Saadud arvutuslik hind, ligi 2200 EUR, on prototüübi teoreetiline maksumus, millesse ei ole arvestatud ettevõtte tööliste ajakulu. Samuti tuleb arvestada, et võib tekkida ootamatuid väljaminekuid ning mõningaid komponente on majanduslikult tõhusam soetada suuremas kvantiteedis.



## KOKKUVÕTE

Käesolev bakalaureusetöö teema arenes välja töö autoril jõusaali seadmete remondiga tegelevas ettevõttes Ivutom OÜ hooldustehnikuna töötades ja on kirjutatud Tallinna Tehnikaülikoolis nooremteaduri Märt Juurma juhendamisel, doktorandi Mairo Märss konsultatsioonil ning ettevõtte kogumusele tuginedes. Töö eesmärgiks oli välja arendada kodusesse kasutusse mõeldud jooksuraja prototüüp, mis oleks integreeritav eluruumi põrandasse ja juhitud kasutaja poolt valitud nutiseadmega.

Esimeses etapis anti lühiülevaade turul olevatest lahendustest. Selgus, et otsest konkureerivat toodet hetkel antud treanžöörile ei ole, kuid ettevõtte kogemusest lähtudes on klientuur olemas. Prototüübi loomise kirjeldus sisaldas esmalt elektrimootori ja sagedusmuunduri valimist, millele järgnes elektroonika juhtploki väljatöötamine. Järgmises etapis valiti jooksurajale jooksulint, veotrumlid ja alusplaat. Seejärel valiti Ruukki kataloogist seadme karkassi projekteerimiseks terasprofiilid, millele järgnes tugikäe disainimine CAD süsteemis. Viimase osana loodi Android operatsioonisüsteemile rakendus, läbi mille toimub kogu seadme juhtimine. Seadme kirjelduse lõpus on välja toodud hinnakalkulatsioon ostutoodetele ning sisseostetavatele teenustöödele.

Loodud prototüüpi on võimalik parendada lisades seadmele kaldenurga muutmise mootor ja mehhanism, et imiteerida muutlikul maastikul jooksmist. Lisaks on võimalik optimeerida seadme integreeritava osa paksust, et see ei nõuaks nii suurt kinnitamissügavust. Samuti on võimalus laiendada juhtimisrakendust kõikidele suurematele ja tuntumatele nutiseadmete operatsioonisüsteemidele.

Kokkuvõtteks võib öelda, et jooksuraja prototüübi loomisega on ära tehtud suur töö ning viies sisse arendusettepanekud, on hilisemalt võimalik jõusaali masinate turule siseneda tootega, mis vastab sihtgrupi soovidele.

## SUMMARY

The idea for the given Bachelor's thesis arose when the author was working in a small company Ivutom OÜ, which specializes in installations, maintenance and repairs of gym and cardio machinery in Estonia. The thesis was written in Tallinn University of Technology under the supervision of junior researcher Märt Juurma. Electrical support was given by PhD student Maido Märss and the company's long time knowledge in the specific field was taken into account. The aim of the thesis was to develop a prototype for an innovative treadmill for home usage, which would be integrated to the floor and controlled via smart device of users' choice.

On the first phase a research about the market was conducted. It became evident that there is no direct competitive solution for the idea; however, based on company's experience a market for such a device exists. The prototype development description begun with choosing the electrical drive and frequency inverter, after which a control unit was developed. On the next step the necessary components such as treadmill belt, deck and pulleys were chosen, followed by the selection of steel profiles from Ruukki catalog. Then a CAD model including a support-arm was created. In the last part of the process an application for Android operating system was developed and quotas with prices for all components and services were given.

This prototype can be developed even further by adding elevation motor and mechanism for more environment-like running experience. Moreover, the integrated part of the device can be optimized to require less installation depth. As well it is advised to make the control application available for all the common smart devices' operating systems.

To conclude, significant amount of work as been carried out to develop the basis for construction of the prototype. In the future if suggestions for improving the device are implemented, it will be easier to enter the market of gym machinery with a product which meets the clients' expectations.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Contitech Multirib [E-kataloog] [http://www.contitech.de/pages/produkte/antriebsriemen/antrieb-industrie/download/TD\\_Multirib\\_de\\_en.pdf](http://www.contitech.de/pages/produkte/antriebsriemen/antrieb-industrie/download/TD_Multirib_de_en.pdf) (12.12.2014)
2. Eurolaager kodulehekülg [WWW] <http://www.eurolaager.ee/index.php?page=2001&lang=1&id=904&cat=8921> (10.12.2014)
3. FR-D700 Frequency Inverter Instruction Manual [E-kasutusjuhend] [http://www.hiflexonline.nl/products/mitsubishi/freq/documentatie/FR\\_D700\\_instruction\\_manual\\_09\\_2010.pdf](http://www.hiflexonline.nl/products/mitsubishi/freq/documentatie/FR_D700_instruction_manual_09_2010.pdf) (17.12.2014)
4. GB Belting kodulehekülg [WWW] <http://www.gbbelting.co.uk/front> (07.12.2014)
5. LifeFitness kodulehekülg [WWW] <https://www.lifefitness.com/home/cardio/treadmills/f1-smart-treadmill.html> (21.11.2014)
6. Qicraft Estonia kodulehekülg [WWW] <http://www.qicraft.ee/> (22.11.2014)
7. Ruukki terasprofiilid [E-kataloog] <http://www.mh.ttu.ee/alina/Tugevus6petus/Tugevus6petus%20I/terasprofiilide%20kataloog/RUUKKI%20kataloog.pdf> (15.12.2014)
8. Skeemipesa kodulehekülg [WWW] <http://www.skeemipesa.ee/tehnohackil-said-paljud-ideed-reaalsuseks/> (22.11.2014)
9. Spordiklubi MyFitness kodulehekülg [WWW] <https://myfitness.ee/ettevottest> (21.11.2014)
10. TechnoGym kodulehekülg [WWW] <http://www.technogym.com/ee/products/cardio-machines-workout-equipment/treadmills-running-machines/personal/run-personal/4699> (21.11.2014)
11. The Complete Runner [E-blogi] <http://www.thecompleterunner.com/2012/10/31/imagine-the-ipad-app-that-controls-your-treadmill/> (21.11.2014)
12. The Wellness Blog [E-blogi] <http://www.technogym.com/blog/en/2014/01/english-technogym-unveils-google-glass-controlled-treadmill-at-ces/> (21.11.2014)

**LISAD**

# Lisa 1: ABB M3 ajami andmeleht

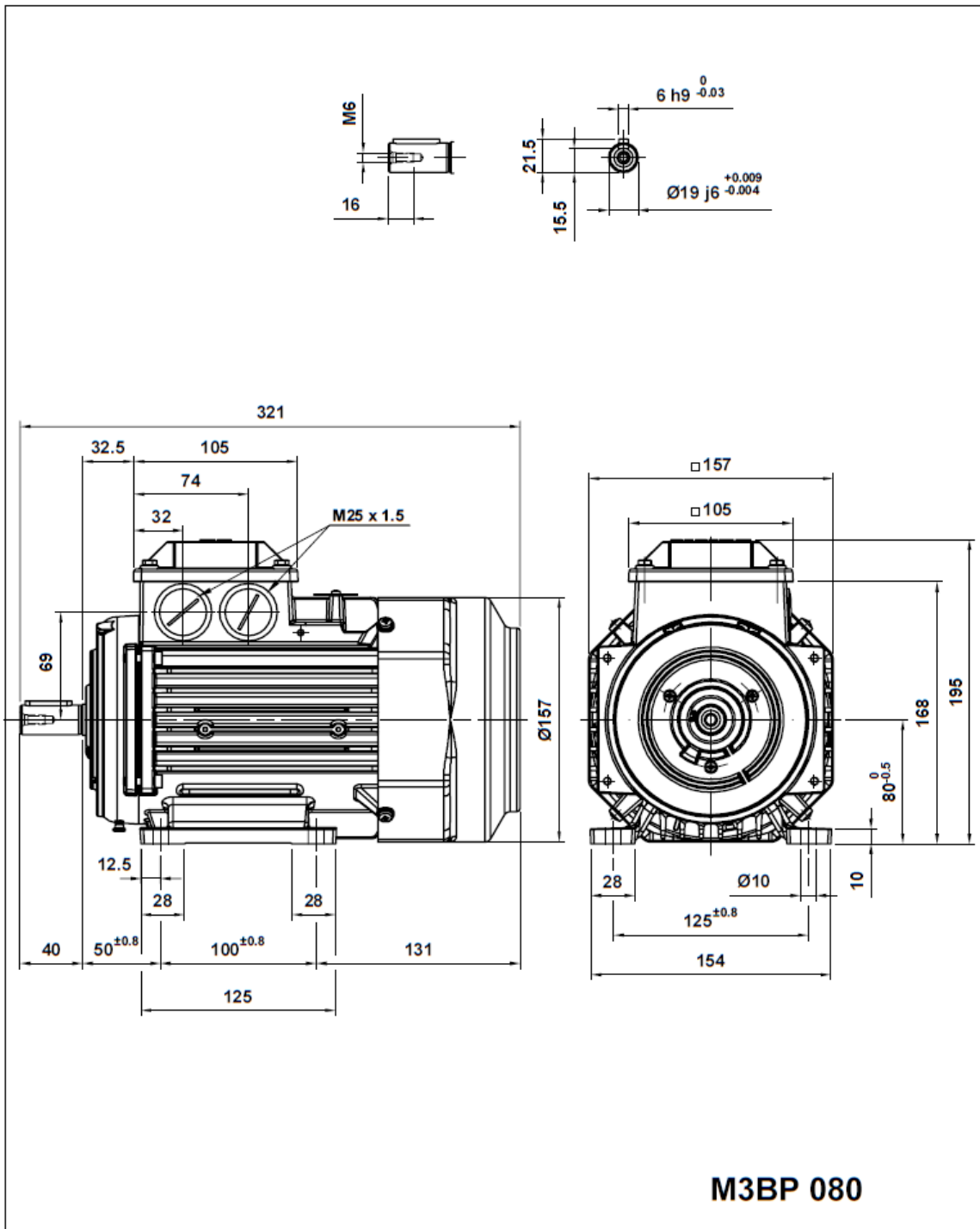
ABB Motors and Generators
EU - MEPS

## Motor data sheet

### M3BP 80 MC 2

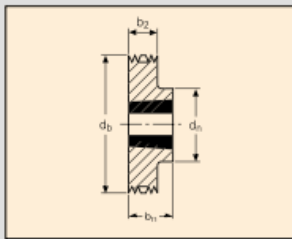
Definition	Data	Unit	Remarks
Product code	3GBP 081 323-**B		
Voltage code	5		
Type/Frame	M3BP 80 MC 2		
Design	CENELEC		
Efficiency class	IE2		
Rated output $P_N$	1.1	kW	
Rated voltage $U_N$	400	V Y	± 5 % (IEC 60034-1)
Rated frequency $f_N$	50	Hz	± 2 % (IEC 60034-1)
Rated speed $n_N$	2870	r/min	
Rated current $I_N$	2.4	A	
Starting current $I_S/I_N$	7.5		
Nominal torque $T_N$	3.6	Nm	
Locked rotor torque $T_l/T_N$	2.7		
Maximum torque $T_b/T_N$	3.5		
Efficiency - full load 100%	81.8	%	Acc. to IEC 60034-2-1
Efficiency - 75%	82.4	%	
Efficiency - 50%	80.2	%	
Power factor - full load 100%	0.8		
Bearing DE/NDE	6204-2Z/C3 6203-2Z/C3		
Sound pressure level $L_{pA}$ dB	60	dB(A)	+3dB(A)
Moment of inertia $J = \frac{1}{4} GD^2$ kgm <sup>2</sup>	0	kg-m <sup>2</sup>	
Weight	18	kg	

## Lisa 2: ABB M3 ajami tehniline joonis

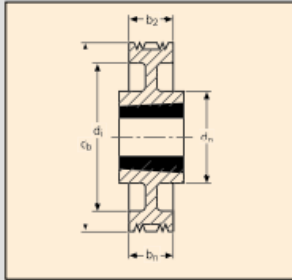


<b>Motor Dimension Print</b>		Motor Type : <b>M3BP 080</b>	Document N° : <b>3GZE 500 080-905</b>
Description : <b>Motor foot mounted IM1001/ Motor con patas IM1001</b>			
Unit : <b>Discrete Automation &amp; Motion - Fábrica Motores</b> Date : <b>2012-03-14</b>	Issued by : <b>ERM / L. Moreno</b> Approved by : <b>ERM / G. Blanes</b>	Replaces :	Replaced by :
<b>Asea Brown Boveri, S.A.</b>	Customer Reference :	<b>ABB</b>	

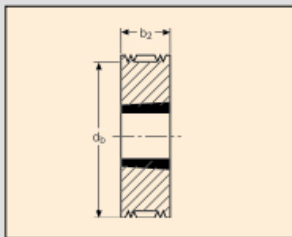
# Lisa 3: Contitech Conti V-Multirib PJ-profililiga rihmarattad



Ausführung / Type 1R



Ausführung / Type 6



Ausführung / Type 2

Profil PJ – Anzahl der Rillen 4 / Profile PJ – With 4 Grooves

Tab. 9

Kranzbreite 13,5 mm / Face width 13.5 mm

Keilrippenscheibe  
Multi-grooved pulley

Taperspannbuchse  
Taper bush

Bezugs- Ø Effective Ø $d_b$	Wirk- Ø Pitch Ø $d_w$	Naben- Ø Hub Ø $d_n$	Kranz- innen-Ø Recess Ø $b_1$	Naben- breite Hub width $b_n$	Bezeich- nung Design- nation	Bohrungs-Ø		Scheiben- bezeichnung Pulley designation	Aus- führung Type
						Bore Ø max, $d_{v \max}$	min, $d_{v \min}$		
56	58,4	50	-	23	1108	24	10	P4PJ56-1108	1R
60	62,4	50	-	23	1108	24	10	P4PJ60-1108	1R
63	65,4	50	-	23	1108	24	10	P4PJ63-1108	1R
67	69,4	50	-	23	1108	24	10	P4PJ67-1108	1R
71	73,4	60	-	23	1108	24	10	P4PJ71-1108	1R
75	77,4	60	-	23	1108	24	10	P4PJ75-1108	1R
80	82,4	70	-	26	1310	32	14	P4PJ80-1310	1R
85	97,4	70	-	26	1310	32	14	P4PJ85-1310	1R
90	92,4	82	-	26	1610	38	14	P4PJ90-1610	1R
95	97,4	82	-	26	1610	38	14	P4PJ95-1610	1R
100	102,4	82	-	26	1610	38	14	P4PJ100-1610	1R
112	114,4	92	-	26	1610	38	14	P4PJ112-1610	1R
125	127,4	92	-	26	1610	38	14	P4PJ125-1610	1R
140	142,4	92	-	26	1610	38	14	P4PJ140-1610	1R
160	162,4	112	-	32	2012	48	19	P4PJ160-2012	1R
180	182,4	112	164	32	2012	48	19	P4PJ180-2012	6
200	202,4	112	184	32	2012	48	19	P4PJ200-2012	6
250	252,4	112	234	32	2012	48	19	P4PJ250-2012	6

Profil PJ – Anzahl der Rillen 8 / Profile PJ – With 8 Grooves

Tab. 10

Kranzbreite 23,0 mm / Face width 23.0 mm

56	58,4	-	-	23	1108	24	10	P8PJ56-1108	2
60	62,4	-	-	23	1108	24	10	P8PJ60-1108	2
63	65,4	-	-	23	1108	24	10	P8PJ63-1108	2
67	69,4	-	-	23	1108	24	10	P8PJ67-1108	2
71	73,4	-	-	23	1108	24	10	P8PJ71-1108	2
75	77,4	-	-	23	1108	24	10	P8PJ75-1108	2
80	82,4	70	-	26	1310	32	14	P8PJ80-1310	1R
85	97,4	70	-	26	1310	32	14	P8PJ85-1310	1R
90	92,4	82	-	26	1610	38	14	P8PJ90-1610	1R
95	97,4	82	-	26	1610	38	14	P8PJ95-1610	1R
100	102,4	82	-	26	1610	38	14	P8PJ100-1610	1R
112	114,4	92	-	26	1610	38	14	P8PJ112-1610	1R
125	127,4	92	-	26	1610	38	14	P8PJ125-1610	1R
140	142,4	92	-	26	1610	38	14	P8PJ140-1610	1R
160	162,4	112	-	32	2012	48	19	P8PJ160-2012	1R
180	182,4	112	164	32	2012	48	19	P8PJ180-2012	6
200	202,4	112	184	32	2012	48	19	P8PJ200-2012	6
250	252,4	112	234	32	2012	48	19	P8PJ250-2012	6