

TTÜ Mehhatroonikainstituudi direktorile

Taotlus

Ettevõtte ABB AS (Reg. kood: 10095355) palub lubada üliõpilasel Mihkel Karu kirjutada magistritöö „Tark riulisüsteem“ eesti keeles.

Ettevõtte: ABB AS

Reg. kood: 10095355

Allkiri

Kuupäev 27.03.2015

Mikko Tervaskari

27.03.2015



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty on Mechanical Engineering

Department of Mechatronics
Chair of Mechanosystem Components

MHE70LT

Mihkel Karu

SMART SHELF SYSTEM

Author applies
for the degree of
Master of Science
in Engineering

Tallinn
2015



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

MHE70LT

Mihkel Karu

TARK RIULISÜSTEEM

Autor taotleb
tehnikateaduse magistri
akadeemilist kraadi

Tallinn
2015

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2015 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Mihkel Karu, 132653MAHM (nimi, üliõpilaskood)

Õppekava: MAHM02/13

Eriala: Mehhatroonika

Juhendaja: Assistent, PhD Alina Sivitski (amet, nimi)

Konsultandid: (nimi, amet, telefon)
.....

MAGISTRITÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Tark riulisüsteem

(inglise keeles) Smart Shelf System

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Probleemi püstitus, turu-uuring, erinevate lahendusvariantide kavandite loomine, parima lahenduse leidmine	27.03.15
2.	Valitud lahenduse mehaanika- ja elektroonikaosa välja arendamine	10.04.15
3.	Valitud lahenduse kontrollsüsteemide ja infotehnoloogilise osa välja arendamine	01.05.15
4.	Majandus-, ohutus- ja keskkonnaalaste probleemide analüüs, kokkuvõtte, tulemuste analüüs ja hinnang leitud lahendusele	15.05.15
5.	Lõputöö vormistamine	18.05.15

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid: Lahendada tootmises olev probleem, mis seisneb liiga pikas väiketarvikute riulist õige tarviku otsimise ajas. Läbi analüüsida ja arendada sobilik süsteem, mis oleks võimalikult lihtsasti ümberseadistatav ja piisavalt universaalne, et sobiks ka teistesse rakendustesse kasutamiseks. Hinnata leitud lahendust.

Täiendavad märkused ja nõuded:

Töö keel: Eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt 12.05.15

Töö esitamise tähtaeg 20.05.15

Üliõpilane Mihkel Karu

/allkiri/

kuupäev 27.03.15

Juhendaja Alina Sivitski

/allkiri/

kuupäev 27.03.15

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

Magistritöö ülesanne.....	3
Lõputöö keele taotlus.....	4
Sisukord.....	5
Eessõna.....	7
1. SISSEJUHATUS.....	8
2. TRIIPKOODI SKANNERIT KASUTAV SÜSTEEM.....	12
2.1 Skanner.....	12
2.2 Juhendamise süsteem.....	14
2.2.1 Kood riiulil.....	14
2.2.2 Juhendamine LED valgustite abil.....	16
2.3 Kontroller.....	22
2.4 Kokkuvõte skanneri süsteemist.....	23
3. PUUTETUNDLIKU EKRAANIGA LAHENDUS.....	24
3.1 Ekraanide tüübid.....	24
3.2 Ekraani valikud ja süsteemi tööpõhimõte.....	25
4. RFID TEHNOLOOGIAL PÕHINEV SÜSTEEM.....	27
4.1 RFID tehnoloogia.....	27
4.2 Süsteemi ülesehitus ja tööpõhimõte.....	28
5. TORNLAGU JA DOSAATOR.....	31
6. SÜSTEEMI VALIK.....	34
7. SÜSTEEMI ÜLESEHITUS.....	38
7.1 Elektroonikaosa.....	38
7.1.1 Skannerisüsteemi osad.....	38
7.1.2 RFID süsteemi osad.....	40
7.2 Mehaanikaosa.....	42
7.2.1 Kontrolleri korpus.....	42
7.2.2 Teised mehaanikaosad.....	45
7.3 Kontrollsüsteemide ja juhtimise osa.....	46
8. TASUVUSANALÜÜS.....	50
9. SÜSTEEMI OHUTUS.....	53
10. KESKKONNAPROBLEEMIDE ANALÜÜS.....	55
KOKKUVÕTE.....	56
SUMMARY.....	59
KASUTATUD KIRJANDUS.....	63

LISAD 71

EESSÕNA

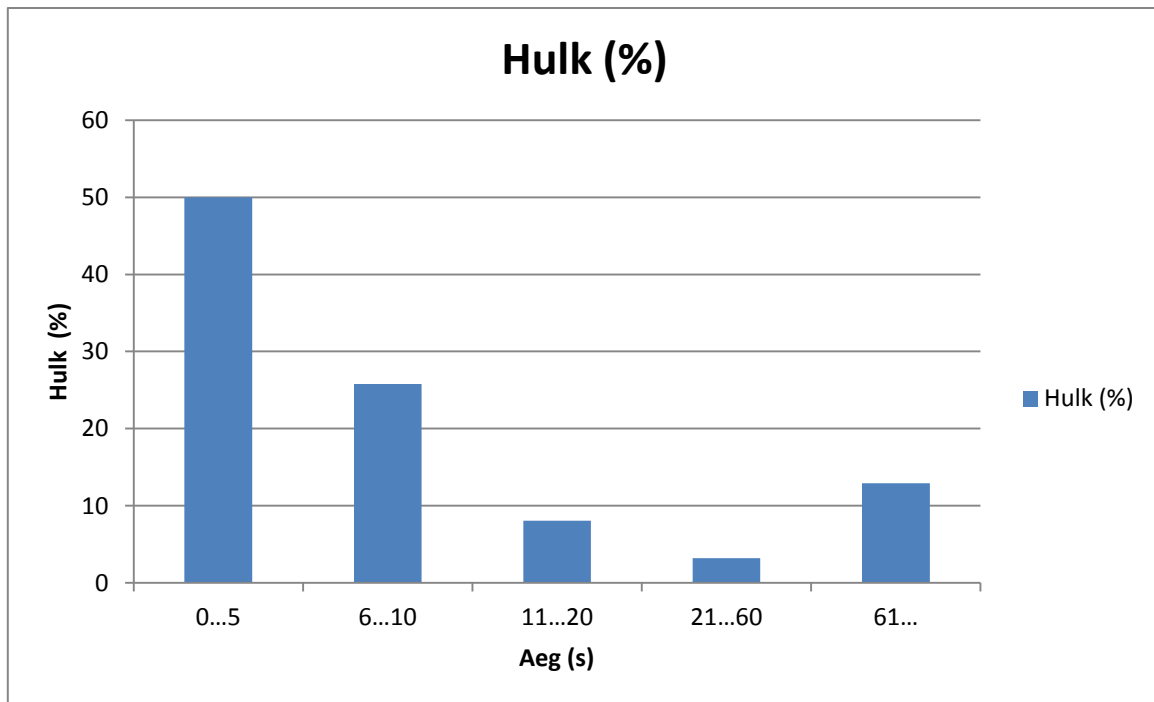
Käesoleva magistritöö teema on toodud AS ABB-st, kus montöörid tegid ettepaneku riiulisüsteemi parendamiseks, kuna olemasolevast väiketarvikute riulist õige tarviku leidmine võtab liiga kaua aega. Töö koostamine ja info hankimine toimus suures osas AS ABB-s ning samuti soovin informatsiooni ja konsultatsioonide eest tänada ABB töötajaid Viktor Laurmaad ja Viktoria Bashkitet.

1. SISSEJUHATUS

Lõputöö teema on väljakasvanud reaalsest tootmises olevast problemist, mis seisneb selles, et montööridel kulub väiketarvikute riiuli juures õige tarviku leidmiseks liiga kaua aega. Tehases on 15 riiulit ja ligikaudu 700 erinevat tarvikut, millest moodustavad arvuliselt suurima osa erinevad poldid ja mutrid. Üldiselt on iga tootmisliini jaoks oma riiul ja erinevates riiulites on ka korduvaid detaile. Ühe liini riiulis on alates paarikümnest kuni ligi saja tarvikute karbini. Probleemile viidanud montööri nägemuses võiks lahendus olla midagi Smartpost-i pakiautomaadi sarnast, mille puutetundlikult ekraanilt saaks valida vajaliku toote ja õige karbi juures hakkaks põlema LED valgusti. Aeg-ajalt tarvikute riiulid ka kolivad ja muutub tehase asetus, seega peab uus süsteem olema lihtsasti ümberseadistatav.

Kuna probleemile oli viidanud ainult üks montöör, ei olnud ettevõttel rohkem andmeid probleemi ja selle suuruse kohta. Seega oli esimeseks ülesandeks leida probleemi suurus ja põhjused, mis tähendas otsimisaegade mõõtmist. Lõputöö autor jälgis kolme päeva jooksul (17.12.14 – 19.12.14) olulisematel kellaaegadel pika väiketarvikute riiuli (koosneb nelja liini riiulitest) juures montööride otsinguid.

Montööride jälgimise käigus selgus, et kõige rohkem käiakse väiketarvikute riiuli juures esimese vahetuse lõpus, kell 13.50 – 14.40 (5 - 7 montööri). Ajavahemikus 09.45 – 13.30 käib riiulite juures vähe montööre (0 – 2 montööri tunnis). Samuti selgus, et uue vahetuse alguses on riiuli juures otsimist vähem ja teise vahetuse ajal on vähem montööre. Lisaks jäi veel silma, et ligikaudu 1/3 montööridest võtab tarvikuid peoga, mitte ei tule karbiga riiuli juurde. Samuti võtab üle poole montööridest korraga ainult üht tüüpi tarvikuid. Päeva jooksul on 1 – 2 montööri, kes võtavad korraga 4 – 7 erinevat tüüpi tarvikuid. 62 mõõdetud ajast on koostatud graafik (sele 1.1).



Sele 1.1. Montööride otsimise ajad

Selelt 1.1 on näha, et 50 % montööridest leiab tarviku 5 sekundi jooksul ning ligikaudu 75 % montööridest 10 sekundi jooksul. 13 % montööridest kulutab tarvikute otsimisele üle minuti ja käivad läbi kõikide liinide tarvikute riulid, kolmandik neist ei leiagi tarvikut. 16 % montööridest otsib tarvikut kaua (üle 20 s), kaua otsivad veel insenerid ja ehitajad (neid ei mõõdetud). Seega kulutab iga päev üle minuti tarviku otsimisele pika riuli juures keskmiselt 4 montööri ja tehase peale seega ligikaudu 15 montööri.

Antud tulemustele tuginedes ei tundu probleem suur olevat, kuid protsessiinseneride sõnul on suvel olukord teistsugune. Hetkel on tööd vähe, kuid suvel on palju tööd ja seega ka rohkem töötajaid, sealjuures palju uusi ja ajutisi töötajaid, kellel kulub tõenäoliselt üsna kaua tarvikute leidmiseks. Tõenäoliselt on kaua tarvikut otsijate arv siis kuni kolm korda suurem. Peale tehase asetuse muutmist ja riulite kolimist otsivad arvatavasti ka vanad töötajad oluliselt kauem sobivat tarvikut. Seetõttu tuleks täpsemate andmete saamiseks mõõtmisi suvel korrata.

Protsessiinseneride kogemustele tuginedes võib eeldada, et suvekuudel otsib montööridest kaua tarvikut ligikaudu 45 montööri päevas. Samuti võib eeldada, et sarna probleem on ka teistes ABB tehastes Eestis ja ka välismaal. Veelgi enam, suure tõenäosusega on sarnane probleem ka paljudes teistes tootmisasutustes, seega võib antud lõputöös väljatöötatav lahendus osutada kasulikuks ka paljudele teistele firmadele.

Montööride jälgimise ja esimese koosolekuga tulid lisaks välja ka probleem, et montöörid panevad vahel karbi riiulil valesse kohta tagasi või viskavad peoga ülejäänud tarvikuid valesse karpi tagasi. Samuti on juhtunud, et tarvikud saavad enne järgmist täitmist riiulilt otsa, kuid selle probleemi lahendamiseks on ühel riiulil juba kasutusele võetud kaaludega süsteem. Riiulil on nelja eri suurusega karpe, kokku 89 tk ja iga karbi all on kaal. Kaks korda päevas kaalutakse tooteid ja kui süsteem leiab, et mõnda tarvikut on vähe, tellitakse vastavat tarvikut juurde. Esialgu tundub süsteem toimivat ja probleemi lahendavat. Sama riiulit on plaanis ka tarvikute otsimisaegade lühendamise süsteemi puhul kasutada.

Esimesel kollektiivsel koosolekul ajurünnaku käigus väljapakutud lahendusvariandid hõlmasid LED valgusteid või numbri-värvi koodi karbi kohal otsingute lihtsustamiseks ning riiulil triipkoodi skannerit või puuetundlikku ekraani tarvikute identifitseerimiseks. Süsteem oleks võimalik ühendada ka RFID tehnoloogiaga, tänu millele oleks võimalik omada ülevaadet karpide asukohast, välistada karbi valesse kohta panemine ning lihtsustada seadistamist riiuli asetuse muutumise korral. Alternatiivseteks lahendusvariantideks on koneier või dosaator.

Turu-uuringute tulemusena selgus, et hetkel Eesti turul sellist valmistoodeid ei pakuta. OÜ Smartfid pakkus Eestis aastaid tagasi RFID tehnoloogial põhinevaid tarku riiuleid, kuid tänaseks firma ja sellega seotud olnud isikud enam sellega ei tegele. Seetõttu saatis autor Eestis asuvatesse firmadesse (sh nii suuremad firmad nagu Hansab AS kui ka väiksemad erilahendustele keskendunud bürood) hinnapäringud, mille tulemustest selgus, et ükski nendest firmadest ei ole huvitatud või ei suuda sellist süsteemi pakkuda. Ka AS ABB poolt sai küsitud hinnapakumist Soomest firmalt Bufab Finland OY, kes peale mitmeid meeldetuletusi ütles, et on võimeline tootma triipkoodi skannerit ja LED-e sisaldavat lahendust ja pakkus selle ligikaudseks hinnaks 5000 eurot ühe riiuli kohta.

Ka välismaa firmade kodulehti uurides ei leidunud sellist lahendust, mis kasutaks triipkoodi skannerit või puuetundlikku ekraani õige kohani juhatamiseks. Küll aga pakutakse palju RFID tehnoloogial põhinevaid riiulisüsteeme, mis on enamjaolt mõeldud kasutamiseks poodides, raamatukogudes või laos. Taolised lahendused on näiteks Barcoding's Active Shelf System [1], Beiyang RFID Smart Shelf BY-Sj5111 [2], Venture Research Smart Shelf Cabinets [3], Impinj Smart Stockroom [4] ja ShelfX [5]. Oma universaalsuse poolest oleks sobivaim Shenzhen VANCH Intelligent Technology Co., Ltd. poolt pakutav lahendus [6], mille komponentide hind meie riiulile on 3162 eurot (sisaldab 22 antenni, 3 multiplekserit,

lugejat ja kaableid). Antud RFID süsteem on ainult asukoha info haldamiseks ja ei sisalda otsimise lihtsustamise süsteemi.

Kõigil nendel RFID süsteemidel on aga puuduseks see, et ühe riiulivahe kohta kasutatakse üht suurt antenni, mis tähendab, et on küll võimalik kontrollida, kas kõik tarvikute karbid on olemas, kuid ei ole võimalik kontrollida, kas nad on õiges järjekorras. Raamatukogude süsteemides kasutatakse õige järjekorra kontrollimiseks käeshoitavat RFID lugejat ja kontrollitakse järjekorda manuaalselt [7]. Väiketarvikute riiulisüsteemile ei looks see aga erilist lisaväärtust, kuna sel juhul oleks vaja lisa tööjõudu, puuduks automaatne asukoha kontrollimine ja teade valesti paigutamise tuleks liiga suure hiline misega. Seega turul saadaolevad RFID lahendused ei sobi meie süsteemile ja otsingute kiirendamise süsteemi ei pakuta turul üldse.

Antud lõputöö eesmärgiks ongi lahendada tootmises olev probleem, mis seisneb liiga pikas tarvikute otsimise ajas töötades välja selleks parima lahenduse, mis peaks olema võimalikult kiire, kergesti ümberseadistatav, töökindel ning firmale vastuvõetava hinnaga. Seade peaks olema ka piisavalt universaalne, et seda oleks võimalik vastava huvi korral mujal firmades rakendada.

Peatükkides 2 – 5 tuuakse erinevate lahenduste ideed ja visandid, 6. peatükis valitakse nende hulgast parim süsteem ning 7. peatükis arendatakse see lõpuni. Peatükid 8, 9 ja 10 keskenduvad ohutusele, keskkonnaprobleemidele ja süsteemi tasuvuse analüüsile. Töös on elektriskeemide joonestamisel kasutatud programme NI Multisim 11.0 ja CadSoft Eagle 6.4.0 ning mehaanika 3D mudelite ja jooniste puhul programmi PTC Creo Parametric 2.0.

2. TRIIPKOODI SKANNERIT KASUTAV SÜSTEEM

2.1 Skanner

Ühemõõtmeline triipkood koosneb tumedatest ja heledatest eri laiustega triipudest, kus tumedad triibud on kõrged ja heledad madalad väärtused. Triipkoodi lugeaja edastab tagasipeegeldunud valguse intensiivsusest lähtuvalt need elektrilised väärtused dekoodrisse, mis annab väärtuse, mida antud triipkood edasi annab. Enamlevinud ühemõõtmelise triipkoodi tüüpe on umbkaudu 10, neist üks levinuim on ainult numbreid sisaldav poodides ja toiduainetööstuses kasutatav EAN (*European Article Number*), mis on edasiarendus U.P.C. (*Universal Product Code*) triipkoodist. Triipkoodi lugemiseks kasutatakse palju laserskannereid, mis liigutavad laserkiirt kiiresti edasi-tagasi või projekteerivad pinnale joone ning loevad seejärel peegeldunud kiirgusest tulemuse. [8, 9, lk 2-3]

ABB tehases on kõik tarvikute karbid varustatud triipkoodidega, seega oleks lihtne kasutada ka riiuli juures triipkoodi skannerit, millega saaks karbilt koodi skanneerida ja seejärel juhataks süsteem montööri õige kohani. Skanneri kasuks räägib ka kiirus, kuna CCD (*charge-coupled device*) või laserskanner suudab teha eduka lugemise vähem kui sekundiga [8].

Odavamate Eestis müüdavate triipkoodi skannerite hinnad jäävad vahemikku 70 - 100 eurot [10, 11, 12]. Välismaalt on võimalik sarnaste parameetritega toode aga kordi odavamalt tellida. Näiteks 21 euro eest saab koos toega käeshoitava USB ühendusega laserskanneri, mis toetab suuremat osa triipkoodi tüüpidest ja ei vaja tööle hakkamiseks draiverit [13]. Seadet on kujutatud seel 2.1.



Sele 2.1. Käeshoitav USB laserskanner [13]

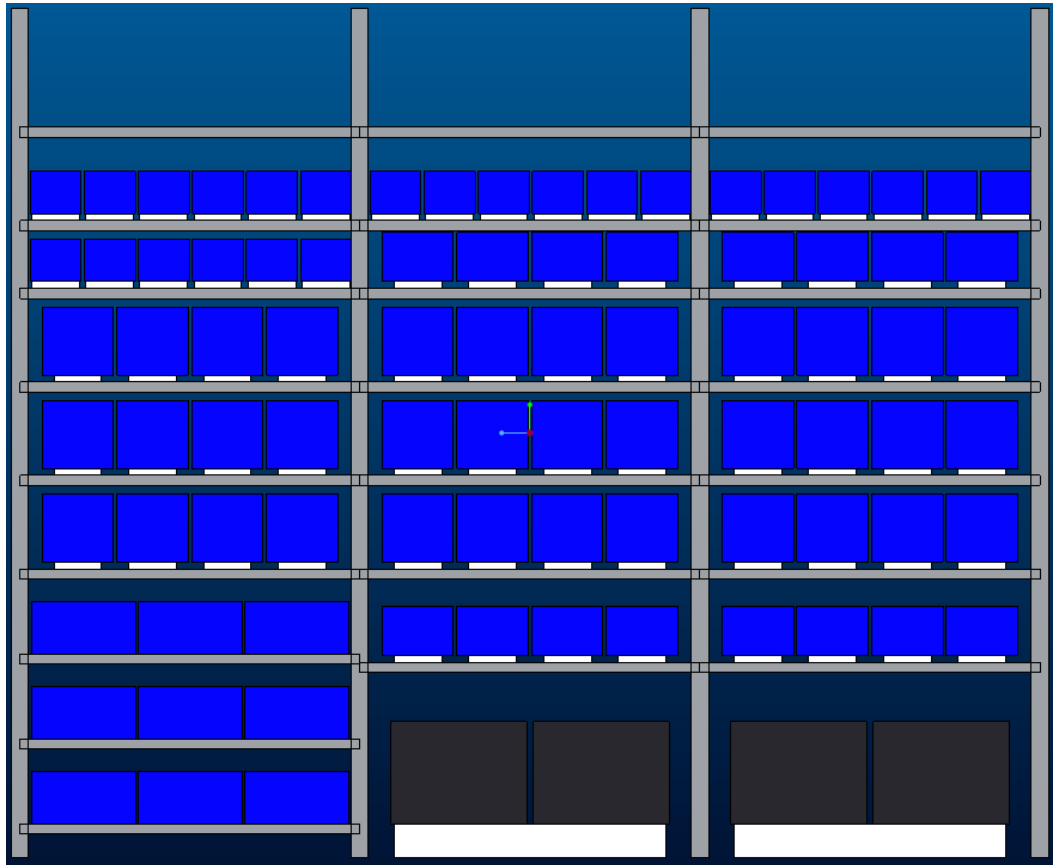
USB pordi kaudu on lihtne skanner ühendada arvutiga. Samuti on võimalik skanner ühendada mikrokontrolleriga, nt Arduinoga, kui kasutada Arduino USB lisamoodulit [14]. Teine võimalus skanneri Arduinoga ühendamiseks on kasutada RS232 liidesega triipkoodi skannerit ja Arduino vastavat lisamoodulit [15]. Võimalik on ka ise luua vahemoodul, mille peamiseks osaks on MAX232 kiip ja mis teisendaks RS232 standardi pinged (-15...+15 V) TTL süsteemile sobivasse pingevahemikku 0 - 5 V [16, 17, 18]. Nii USB kui RS232 ühenduse jaoks on Internetis mitmeid näitekoode [14, 19, 20, 21].

Alates 45 eurost on saadaval *Bluetooth* sidega triipkoodiskanner, mida saab kasutada näiteks tahvelarvutiga [22]. Android või IOS operatsioonisüsteemiga tahvelarvuti puhul oleks võimalik kasutada ka triipkoodi skanneri rakendust [23, 24], kuid sellega kannataks süsteemi ergonoomika ja kiirus. Sel puhul peaks lisaks tahvelarvuti ekraanile olema ka kaameraesine kergesti ligipääsetav ning montööridel oleks keerulisem karpe ükshaaval kaamera ette tõsta ja sobivas kohas hoida. Tõenäoliselt oleks ka süsteemi täpsus kehvem.

2.2 Juhendamise süsteem

2.2.1 Kood riiulil

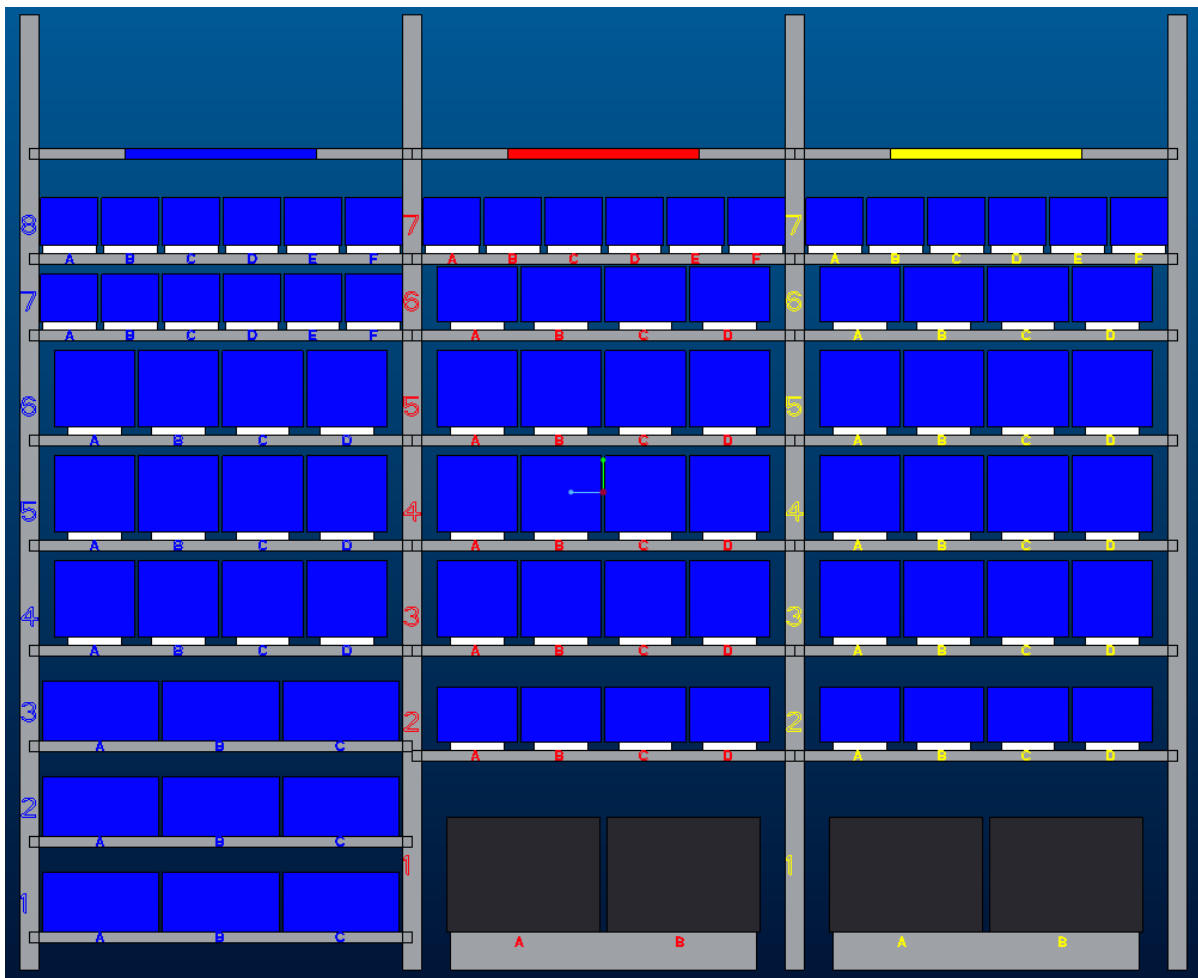
Väiketarvikute riiulit on kujutatud seel 2.2.



Sele 2.2. Riili asetus

Selelt 2.2 on näha, et riiulil on 3 vahet ja 7 - 8 korrust. Kuna inimene suudab oma lühimälus hoida korraga 3 – 5 erinevat objekti [25, 26], siis oleks maksimaalne koodielementide arv 3. Samuti võiksid elemendid olla eritüübilised (nt täht, number ja värv), et vältida segamini ajamist. Mõistlik oleks näiteks iga riiulivahe tähistada eri värviga (sinine, punane, kollane), iga korrus numbriga (1 – 8 alates alumisest vahest) ja iga karp tähega (a – f vasakult alustades). Sellise süsteemi puhul piisaks ainult sellest, kui skanneerimise tulemusena kuvataks ekraanil kood ja riiulitele paigutatakse näiteks magnet- või kleepsiltidega õiged koodid. Kui ekraanil näidata ainult tähe-numbri kood ja värv näidata vastavat värvi LED-i süütamisega ekraani kõrval, oleks võimalik kasutada väiksemat ekraani ja süsteem muutuks

lihtsamini jälgitavaks, kuid mitte tehniliselt keerukamaks. Kuna sama toode võib esineda mitmes erinevas karpis, oleks üheks võimaluseks kasutada piisavalt suurt ekraani, et näidata ära kõik karbid, kus antud toode asub. Teine lahendus lahendus oleks ära näidata ainult esimene karp, sest sama sisuga karbid on riiulis alati kõrvuti paigutatud. Seega on teine lahendus sama suure funktsionaalsusega, kuid tehniliselt lihtsam, seega eelistatum. Süsteem oleks veelgi lihtsam ja visuaalsem, kui kasutada ühes riiulivahe ainult ühe värviga karpe, kuid sel juhul oleks süsteem ümberkolimiste korral üsna paindumatu. Seega oleks lihtsam samasuguse värvi, numברי ja tähega kood karbile kleepida. Seega on igal karbil alati oma pesa riiulis olemas ning selle asukoht on lihtsalt ja kiirelt leitav. Tähistega riiulit on kujutatud seel 2.3.



Sele 2.3 Riiul tähistega

2.2.2 Juhendamine LED valgustite abil

Riiuli jaoks läheb vaja 89 LED lampi, mille hind Hiinast tellides oleks suurusjärgus 8 eurot 10 mm läbimõõduga hajusalt näitava punase LED-ide puhul [27]. LED valgusti andmed on toodud seel 2.4.

10mm Diffused LED Description

	Forward Voltage(V)		Dominant wavelength(mm)K		MCD		Reverse current(uA)	Power Angle (deg)
	If=20mA		If=20mA		If=20mA		Vr=5V	
	Min	Typ	Min	Typ	Min	Typ	Max	
Orange	1.8	2.1	580	590	3000	4000	10	100-120
Red	1.8	2.1	620	630	3000	4000	10	100-120
Yellow	1.8	2.1	580	590	3000	4000	10	100-120
Green	3.0	3.4	520	530	7000	9000	10	100-120
Blue	3.0	3.4	460	465	3000	4000	10	100-120
White	3.0	3.4	6000	6500	8000	9000	10	100-120
Warm- White	3.0	3.4	3000	3500	5000	7000	10	100-120

Sele 2.4. LED valgusti andmed [27]

Sobiva takistusega takisti leidmiseks Oomi seadusest:

$$I = U/R \rightarrow R = U/I = (5-1,9)/0,02 = 155 \Omega, \quad (2.1)$$

kus I – voolutugevus (A)

U – pinge (V)

R – takitus (Ω)

Lähim sobiva standardväärtusega takisti on takistusega $R=180 \Omega$ [28].

Takisti vajaliku võimsuse leidmiseks:

$$P=I \cdot U= 0,02 \cdot (5-1,9)= 0,062 \text{ W}, \quad (2.2)$$

kus P – võimsus (W)

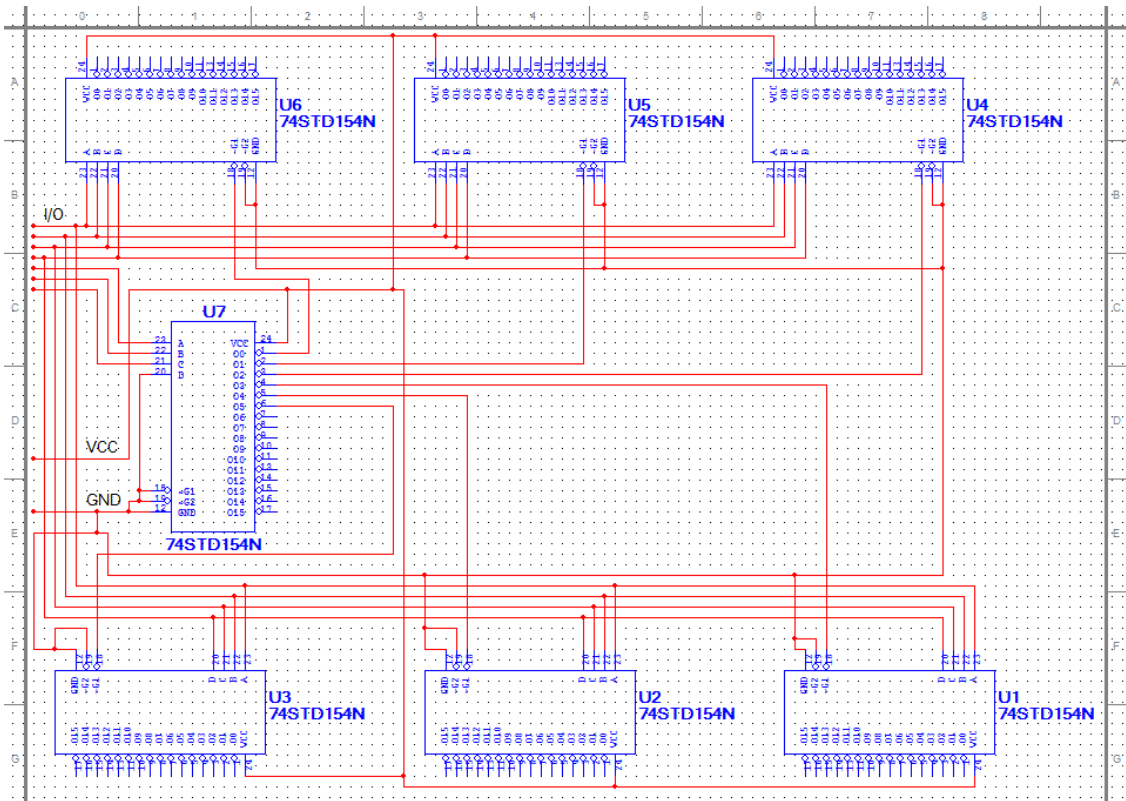
I – voolutugevus (A)

U – pinge (V)

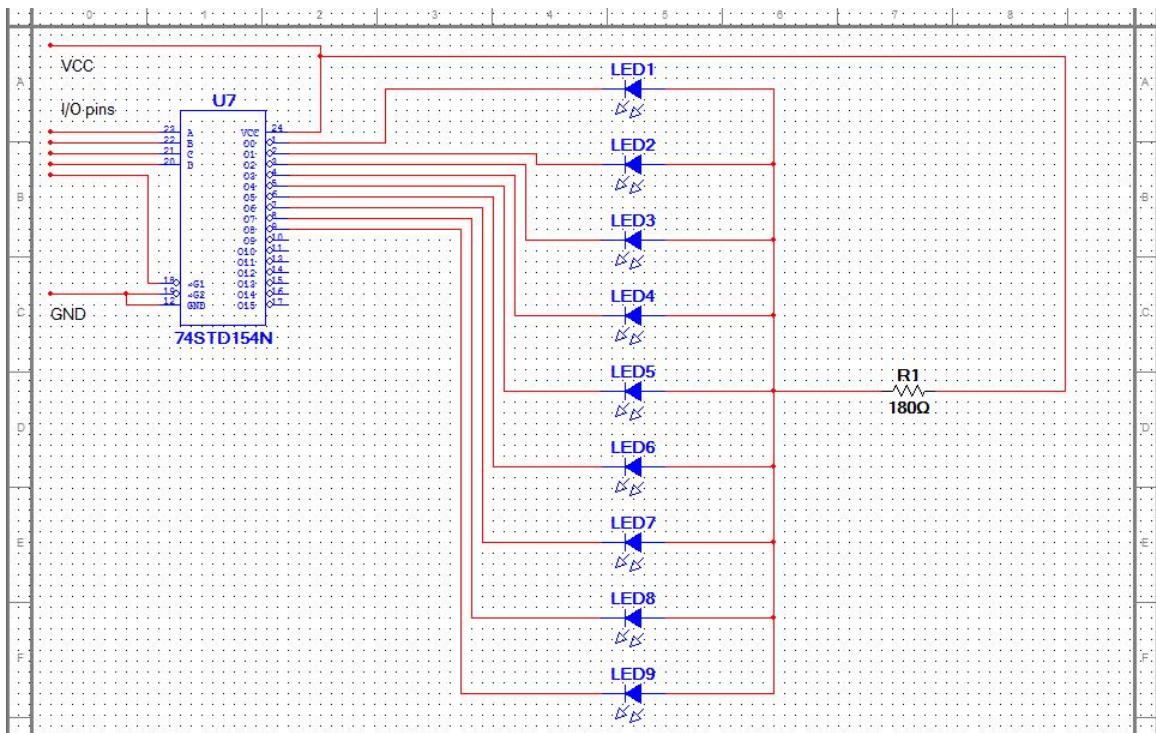
Lähim takisti standardväärtusega takisti on võimsusega $P= 0,125 = 1/8 \text{ W}$ [29].

Takisti hind Eestis on mõni sent [29].

LED valgusteid on võimalik mikrokontrolleriga, näiteks Arduinoga, ühendada, kuid kuna mikrokontrolleri sisend-väljundviikude arv ei ole piisavalt suur, tuleb kasutada demultipleksereid. Demultiplekser on seade, mis võimaldab ühe sisendiga juhtida mitut väljundit ja seega võimaldab suurendada mikrokontrolleriga ühendatavate seadmete arvu. Enam levinumad on 3 to 8 ja 4 to 16 demultiplekserid [30]. Demultipleksereid kasutades kasutatakse meie lahenduses ära kontrolleri 7 digitaalset sisend-väljundviiku, kuna arvu 89 kahendkoodis esitamiseks on vaja 7 kohta $[(89)_{10} = (1011001)_2]$ [31]. Kuna üle 16 väljundiga demultipleksereid eriti ei toodeta [30, 32], tuleks kasutada kuut 16 kanaliga demultipleksert, mis võimaldaks $n= 6 \cdot 16= 96$ väljundit. Sellega jääks ka varu $n_2= 96 - 89= 7$ väljundit lisa LED-ide jaoks. 4 sisend-väljundviiku tuleb ühendada paralleelselt iga demultiplekseriga ja esimest 3 sisend-väljundviiku kasutatakse vastava demultiplekseri tööle rakendamiseks. Kuna demultipleksereid on 6 ja vabu väljundviike 3, tuleb ühte lisa demultipleksert kasutada. 16 kanalise demultiplekseri SN74154N andmelehel [33] selgus, et valitud kanali väärtus muudetakse madalaks. Seega peavad LED-id olema pidevalt toitepingega ühendatud ja demultiplekser ühendab valitud LED-i teise klemmi maaga tänu millele vasav LED süttib. Arvestades SN74154N elemendi tõeväärtustabelit [33] on koostatud demultiplekserte ühendamise skeem, mida on kujutatud seel 2.5. Ühe demultiplekseri ja LED-ide ühendust on kujutatud seel 2.6, kusjuures on kujutatud viimast elementi, kus 7 väljundklemmi jäävad tühjaks (tagavaraks).



Sele 2.5. Demultiplexerite ühendamise skeem

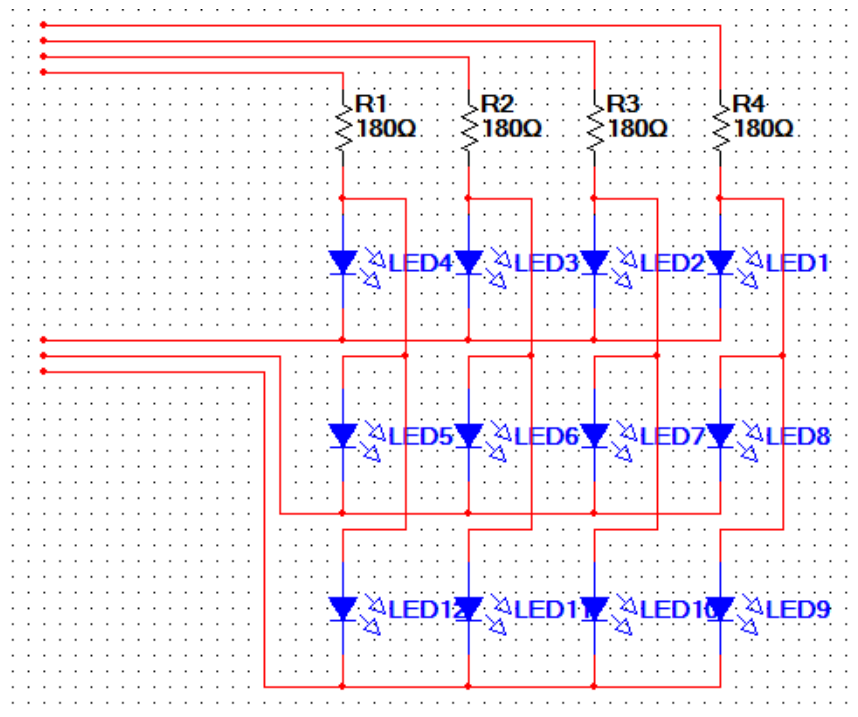


Sele 2.6. LED-ide ühendamise skeem

Selel 2.5 on esimese demultiplekserina (U7) kasutatud 16 kanalist, kuid sobiks ka 8 kanaline demultiplekser, kuna selle kasutatavate väljundviikude arv antud lahenduse puhul on 6. Kuna SN74154N demultiplekseri puhul on suurim lubatav voolutugevus $I = 16 \text{ mA}$ [33], tuleks need elemendid suuremat voolu lubavate mikroskeemidega asendada, näiteks komponentidega 74HC154, mille puhul suurim lubatav voolutugevus on $I = 50 \text{ mA}$ [34]. Arvestades LED-i 20 mA voolutarvet (sele 2.4), jääb varutegur üle kahe korra. Tõeväärtustabeli ja sisend-väljundviikude poolest on antud elemendid identsed [34].

Antud lahenduse peamiseks puuduseks võib lugeda seda, et igale LED-ile on vaja eraldi juhe vedada. Arvestuslikult kuluks LED-ide positiivsete klemmide ühendamiseks 30 m juhet ja negatiivsete ühendamiseks 215 m, seega kokku ligemale 250 m. Ristlõike $0,35 \text{ mm}^2$ puhul oleks sellisel juhul juhtme hinnaks 18,8 eurot [35]. Sellise hulga juhtmete monteerimine on ajakulukas, võtab juhtmete suure hulga tõttu üsna palju ruumi ja lihtne on teha viga.

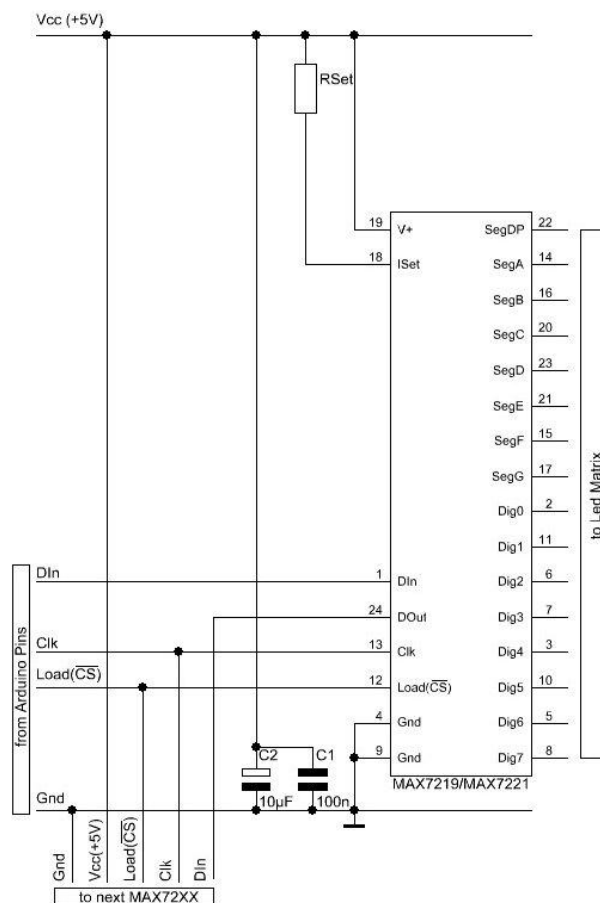
Teine lahendus LED-ide mikrokontrolleriga ühendamiseks oleks maatriksüsteemi kasutamine. Tuleks valida välja üks rida ja üks veerg, anda neile toitepinge ja vastav LED süttib. Seega ei pea iga LED-i tarbeks individuaalset juhet vedama ja ka demultipleksereid läheb vähem tarvis ja seega süsteem lihtsustub. 4x3 maatriksi põhimõttelist skeemi on kujutatud selel 2.7.



Sele 2.7. LED maatriksi põhimõtteline skeem

Selel 2.7 on ridades olevate LED-ide negatiivsed viigud omavahel ühendatud ja veergudes olevate LED-ide positiivsed viigud omavahel ühendatud. Kuna meie riiuli puhul oleks tarvis 8 rida ja 18 veergu, on tarvis jällegi demultipleksereid kasutada. Kuna aga suurem osa demultipleksereid on negatiivse loogika peale üles ehitatud [30], tuleb positiivsete klemmide ühendamisel kasutada positiivse loogikaga demultiplekserit või transistore iga väljundi juures. Kui ühendada LED-ide positiivsed viigud ridadesse, saab nende juhtimiseks kasutada näiteks 8 väljundiga positiivse loogikaga demultiplekserit 54AC11238 või 74HC238 [36, 37].

Veelgi lihtsam võimalus oleks maatriksi juhimiseks kasutada mikroskeemi MAX7219 või MAX7221. Mikroskeem on mõeldud 8x8 LED maatriksi juhtimiseks, kuid võimalik on ühendada rohkem kui üks skeem järjestikku ja seega saada kontroll piisava arvu LED-ide üle [38]. Tarvikute riiulile piisaks kahest MAX7219 mikroskeemist, kuna maatriksi elementide arv sellisel juhul oleks $n=2 \times 8 \times 8 = 128$, mis on suurem meie karpide kogusest (89 tk). MAX7219 suudab anda ka piisavalt suurt voolu [39], seda enam, et meie lahenduses ei põle kunagi rohkem kui üks LED korraga. Süsteem vajab ainult kolme mikrokontrolleri sisendväljundviiku [38]. Näiteks Arduino puhul on Internetis mitmeid programmeerimisnäiteid [40, 41, 42, 43, 44]. Arvestuslikult kulub ridade ühendamiseks 30 m ja veergude ühendamiseks 150 m juhet. Kahe MAX7219 skeemi ühendamist on kujutatud selel 2.8.



Sele 2.8. Mikroskeemide MAX7219 ühendamine [38]

Alternatiivne lahendus oleks kasutada wifi abil juhitavaid LED valgusteid. Turul pakutavad tooted kasutavad igas lambis ZigBee moodulit ja on mõeldud 230 V võrgupingele ning on tüüpiliselt E27 pesaga [45, 46]. Toitekaablite arv ja pikkus väheneks oluliselt, kuna kõik lambid saab sel juhul sama kaabliga ühendada. Lampide juhtimiseks saab kasutada pulti või nutiseadet Android või IOS rakendusega [45, 46]. Rakendus on aga mõeldud käsitsi LED-ide kontrollimiseks, automaatse süsteemi puhul tuleks luua täiesti uus programm. Wifi lisamooduliga Arduino kontrolleriiga võib samuti olla võimalik neid valgusteid juhtida, kuid Internetist näitekoode ei leia ja tootjad ise sellise lahenduse peale mõelnud ei ole ja sellealast infot ei jaga. Seega oleks programmeerimine keeruline ja aeganõudev ja ei pruugiks tulemust anda. Selle lahenduse eeliseks võib lugeda monteerimise lihtsust ja kaablite vähesust, puuduseks aga väga keerulist programmeerimist ning hinda, kuna ühe sellise LED valgusti hind on suurusjärgus 5 – 20 eurot [45, 46] ehk terve riikli puhul üle 500 euro, mis on ligikaudu 10 korda suurem summa, kui MAX7219 kiipidega lahenduse kasutamise puhul.

Samuti võib suurema toitepinge tõttu väheneda süsteemi ohutus, eiriti juhul, kui juhtme vigastuse tõttu metallriiul voolu alla sattuma peaks.

2.3 Kontroller

Kuna paljud Internetis olevad näitekoodid on tehtud Arduino baasil ja Arduinole on saada ka USB [47] või RS232 lisamooduleid [48], on kõige mõistlikum valik Arduino mikrokontroller. Kuna programm ei oleks ülemäära mahukas ja sisend-väljundviikude arv näiteks MAX7219 mikroskeemi kasutamise korral on ainult 3, siis sobib mõni lihtsam ja odavam mudel, näiteks Arduino Uno või Leonardo, mis on oma hindade ja parameetrite poolest üsna sarnased [49], [50]. Uno hind Eestis on 20 - 22 eurot [51, 52]. USB lisamooduli hind on ligikaudu 28 eurot, olles seega kallimgi kui Arduino arendusplaat ise [47]. Küll aga on saadaval mitte originaale, kuid siiski Arduinoga ühilduvaid USB lisamooduleid, mille hinnad on kordi soodsamad. Ebay-st leiab sellise lisamooduli ligikaudu 8 eurose hinnaga [53]. Arendusplaati Arduino Uno on kujutatud seel 2.9.



Sele 2.9. Arduino Uno mikrokontrolleri arendusplaat [51]

2.4 Kokkuvõte skanneri süsteemist

Skanneriga süsteemi puuduseks võib lugeda seda, et süsteem vajab ümberprogrammeerimist iga muudatuse korral. Samuti ka seda, et hetkel käib ligikaudu 1/3 montööridest riuli juures ilma karbita, seega nende puhul skanneriga süsteem elu mugavamaks ei muudaks. Võib eeldada, et osa neist muudab oma harjumusi uue süsteemi korral ja hakkab karbiga riuli juures käima, kuid kindlasti on ka neid, kes jätkavad ainult mälu järgi otsimist.

Süsteemil puudub ka tagasiside selle kohta, kas kõik karbid on õigesti asukohtades. Siiski on piisavalt pika USB juhtme ja LED juhendamissüsteemi korral üsna lihtne kontrollida, kas karbid on riulis õiges kohas. Kui skanneerida karbil olevat triipkoodi, peab kohe selle karbi kohal olev LED süttima.

Parim lahendus oleks kasutada Ebay-st tellitud USB laserskannerit, Arduino Uno mikrokontrollerit, USB lisamoodulit ja LED valgusteid MAX7219 mikrokiibiga. Vajalikest komponentidest ja nende hindadest on koostatud tabel 2.1. Tabelist on näha, et süsteemi komponentide kogumaksumus on 86,4 eurot. Kui tööraha mitte arvestada ja antud summale varu liita, peab arvestama vähemalt 100 euroga.

Tabel 2.1. Skannersüsteemi komponentide maksumus

Komponent	Hind	Kogus	Summa (€)
Laserskanner	24,81	1 tk	24,8 [13]
Skanneri juhe	2,48	1 tk	2,5 [54]
Arduino Uno	20	1 tk	20,0 [51]
USB lisamoodul	8,03	1 tk	8,0 [53]
10 mm punased LED-id (100 tk)	8,55	1 tk	8,6 [27]
MAX7219 mikroskeem	0,88	2 tk	1,8 [55]
Makettplaat	5,5	1 tk	5,5 [56]
Juhtmed Arduinole (10 tk)	0,88	1 tk	0,9 [57]
180 Ω takistid	0,05	18 tk	0,9 [29]
LED-ide juhtmed	0,075	180 m	13,5 [35]
			86,4

3. PUUTETUNDLIKU EKRAANIGA LAHENDUS

3.1 Ekraanide tüübid

Enim kasutatavad puutetundliku ekraani tüübid on takistuslik, mahtuvuslik, akustiline ja optiline ekraan [58].

Takistuslik tehnoloogia põhineb ekraani peal asetseval kilel, kusjuures nii ekraan kui kile on kaetud õhukese metallikihiga. Kile ja ekraani vahel on väikene vahe ja kui kasutaja ekraani puudutab, siis vajutab ta need kaks metallkihti kokku, millega muutub ekraani takistus ja antud asukoht on võimalik välja arvutada. Tehnoloogia on odav ning töötab igasuguse esemega vajutamise korral, kuid pilt ei ole väga selge ja ekraan on lihtsasti kriimustatav. [56]

Mahtuvusliku ekraani tüübi puhul on ekraan kaetud õhukese elektrodiga, mis on elektriliselt laetud. Kui inimsõrm ekraani puudutab, siis omandab ta mahtuvuse tõttu osa laengust ja seda on võimalik igas nurgas olevate andurite abil mõõta ja täpne asukoht leida. Projekteeritud mahtuvuslik ekraan on oma tööpõhimõtelt üsna sarnane, kuid koosneb mitmest elektrodikihist ja mikroskeemist, tänu millele saavutatakse kolmemõõtmeline elektrostaatiline väli. See tehnoloogia võimaldab ekraani puudutada ka õhukeste puuvillast kinnastega ja teha üheaegseid puudutusi (nt kujutise suurendamiseks ekraanil). Ekraan on selgem ja kriimustustekindlam kui takistuslik ekraan, kuid töötab ainult näpu, õhukese kinda või mõne muu mahtuvusliku esemega puudutades. Antud süsteem on tahvelarvutite ja mobiilide puhul valdav, kuid odavamad ja vanemad tahvelarvutid ja nutitelefonid kasutavad ka takistuslikku puuteekraani. [58, 59]

Akustilised ekraanid põhinevad ultrahelisaatjatel ja vastuvõtjatel. Kui ekraani puudutada, summutatakse osa ultraheli lainetest ja on võimalik leida näpu asukoht ekraanil. Süsteem tagab selge pildi ja hea kriimustustekindluse, kuid ei tööta kõvade esemetega puudutamisel ja võib halvasti töötada veepiiskade korral. [58]

Optiline ekraan kasutab infrapuna kiirgureid ja kaameraid, mis asetsevad ekraani peal ja seega on ekraan ise väga selge. Kui näpp või mõni muu ese asetada ekraanile, tekitab see infrapuna kiirgusele varju ja ekraani nurkades asuvate kaameratega on võimalik näpu asukoht leida. Ka optiline ekraan lubab üheaegseid puudutusi. Sellist süsteemi kasutatakse palju suuremate ekraanide puhul. [58, 60]

3.2 Ekraani valikud ja süsteemi tööpõhimõte

Puuetundlikku ekraani kasutamine riulisüsteemi puhul oleks kasutajale mugav lahendus, ekraanilt saaks ta valida sobiva toote ja süsteem juhataks ta õige karbini. Kõige lihtsam ja odavam variant oleks selleks otstarbeks kasutada tahvelarvutit. Tahvelarvutile saab kirjutada vastava programmi ja kogu süsteem on kompaktne. Odavamate tahvelarvutite operatsioonisüsteemiks on tavaliselt Android, kuid on ka Windowsiga tahvelarvuteid [61, 62, 63, 64, 65]. Android süsteemi kasuks räägib see, et Internetis on mitmeid Androidile mõeldud rakenduste loomise keskkondi [66, 67], mis põhinevad Eclipse ja Android SDK programmidel, kuid eeldavad siiski mõningast programmiga tutvumist ja programmeerimisoskust. Tahvelarvuti kasutamise puuduseks on see, et nende ekraani diagonaal ei ületa tavaliselt 10,1 tolli [61, 62, 63, 64, 65]. Kuna montöörade hulgas on ka vanemaid ja kehvema silmanägemisega inimesi, võib ekraan liiga väikseks jääda. Kui ekraanile vähem kujutisi kuvada ja programmi rohkem liigendada, võib aga programm ise kasutajatele liiga keeruliseks ja aeganõudvaks osutuda. Tõenäoliselt oleks otstarbekas kõigepealt kuvada tootegrupid (nt poldid, mutrid jne), seejärel alammenüüs jagada tooted suuruste järgi (M6 jne) ja järgmises alamenüüs peaks olema võimalik juba õige tarvik leida. Tõenäoliselt võib näiteks poldide puhul alammenüüsi rohkem tulla (sõltuvalt poldi pikkustest, poldi peadest jne), aga näiteks isolaatorite puhul hoopiski vähem. Tootegrupid peamenüüs ja tooted alammenüüdes oleks otstarbekas järjestada sõltuvalt nende kasutamise sagedusele ja hoida sellega menüüdes otsimisele kuluvat aega kokku. Windows-i puhul sobib prototüübi programmi tegemiseks näiteks Microsoft Visual Studio. Küllaltki lihtne on programm panna näitama vastava tarviku koodi (pn 2.2.1), kuid LED-ide süsteemiga ühildamine on juba märksa keerulisem, kuna eeldaks tõenäoliselt lisakontrollerit ja mingisugust suhtlust arvuti ja kontrolleri vahel (nt bluetooth). Kuna skannerisüsteemis on juba LED-id ja kontroller kasutusel (ptk 2), võib olla mõistlik ekraaniga süsteem skannerisüsteemiga ühildada. 10,1 toillise ekraaniga tahvelarvutite hinnad algavad 100 - 200 eurost [61, 62, 63, 64, 65].

Teine võimalus oleks ekraanina kasutada eraldi puuetundlikku ekraani, mis tuleb ühendada arvutiga. Sel juhul oleks võimalik kasutada oluliselt suuremat ekraani, mis muudaks tarviku ekraanilt leidmise lihtsamaks. Sellised ekraanid on üldjuhul suurusega vahemikus 15 - 23 tollini, kuid pakutakse ka nii suuremaid kui väiksemaid ekraane [68, 69, 70, 71]. Odavaim Eestis pakutav on Asuse 19,5 tollise ekraaniga monitor, mille hind on 209 eurot [72].

Lihtsamate arvutite hinnad jäävad samuti 200 euro ligidale [73]. Programmi tegemiseks sobiks tõenäoliselt samuti Microsoft Visual Studio.

Kompaktsem lahendus oleks kasutada puuetundliku ekraaniga kõik ühes arvutit (*all-in-one computer*), mida pakutakse nii Android kui ka Windows operatsioonisüsteemiga. Selliste arvutite hinnad algavad 400 euro ligidalt, seega hinna poolest on nad sarnased eelneva variandiga. [74, 75]

4. RFID TEHNOLOOGIAL PÕHINEV SÜSTEEM

4.1 RFID tehnoloogia

RFID (*Radio Frequency IDentification*) on tehnoloogia, mis kasutab raadiolaineid objektide tuvastamiseks. RFID tehnoloogiat kasutati juba Teise maailmasõja ajal sõjaväetööstuses ja esimesed patendid pärinevad 1970. aastatest. RFID süsteem koosneb kolmest põhiosast, milleks on märk (*tag*), lugeja (antenn) ja andmete kogumise seade (kontroller). Lugeja saadab välja elektromagnetlaineid, mida märk oma vastavale sagedusele mõeldud sisseehitatud antenni abil püüab. Passiivne märk kasutab seda energiat märgis sisalduva mikrokiibi toiteks ja mikrokiip saadab välja oma moduleeritud signaali, mille lugeja kinni püüab ja saab sellest vajaliku info. Triipkoodiga võrreldes on RFID eelisteks lugemise kiirus, loetavus liikumisel, loetavus läbi mittemetalsete materjalide ja see, et lugeja ei pea märki otseselt nägema. [76, 77, lk 42 – 52, 55, 56]

Märgid jaotatakse passiivseteks ja aktiivseteks. Kui passiivsed märgid saavad vajaliku energia lugeja saadetavatest elektromagnetlainetest, siis aktiivsetel märkidel on oma energiaallikas, milleks on tavaliselt patarei. Selle tõttu on aktiivsed märgid oluliselt suurema lugemiskaugusega (10 – 50 m), kuid on ka oma gabariitidelt suuremad ja hinnalt kallimad (20 – 100 USD). Passiivmärkide lugemiskaugus jääb tüüpiliselt alla 1 m ja hind vahemikku 0,05 – 2 USD. [77, lk 57 – 60; 78, 79]

Töösageduste poolest eristatakse madalsageduslikke (30 – 300 kHz, tüüpiliselt 125 – 134 kHz), kõrgsageduslikke (3 – 30 MHz, tüüpiliselt 13,56 MHz) ja ülikõrgsageduslikke (300 MHz – 3 GHz, tüüpiliselt 900 MHz või 2,45 GHz) märke. Madalsageduslikud märgid on odavad, vajavad vähe energiat ja nende lugemiskaugus on väike kuni keskmine. Kõrgsageduslikud märgid vajavad rohkem energiat, on natukene kallimad, võimaldavad salvestada suuremat andmemahut ja nende lugemiskaugus on suurem. Väikse antenniga madal- ja kõrgsageduslike märkide lugemiskaugus jääb 10 cm piiresse. Ülikõrgsageduslike passiivmärkide tegevuskaugus võib ulatuda 10 meetrini. [77, lk 61 – 63; 78]

Mälu mahu järgi võib märke jagada märkideks, mis annavad vastuseks ühe biti informatsiooni (jah/ei); märkideks, mis annavad vastuseks oma unikaalse ID numbriga; märkideks, mis sisaldavad lisaks täiendavat mälu ja märkideks, mille mäluosa on kaitstud salajase võtmega. Samuti on märke, mis on ainult loetavad ja märke, mis on ka kirjutatavad. [80, lk 4 - 5]

NFC (*Near Field Communication*) ehk lähiväljaside on oma tööpõhimõttelt väga sarnane RFID tehnoloogiaga. NFC töötab samuti elektromagnetilise induktsiooni põhimõttel, süsteem koosneb samasugustest osadest ja kasutatav sagedus (13,56 MHz) vastab ISO standardiga [81] reguleeritud RFID sagedusele [82]. NFC lugemiskaugus on väga väike (reaaloludes maksimaalselt 4 cm) [83]. Kui RFID on mõeldud esemete identifitseerimiseks, siis NFC on mõeldud eeskätt kahepoolseks andmevahetuseks, seetõttu leiab see süsteem kasutust näiteks kontaktivabades maksekaartides ja piletites [81]. Samuti käib NFC puhul suhtlemine ainult ühe märgiga korraga [84].

4.2 Süsteemi ülesehitus ja tööpõhimõte

RFID tehnoloogiat kasutades oleks võimalik alati kõikide tarvikute karpide asukohtadest ülevaadet omada. Kui varustada iga karp RFID märgiga ja iga karbi taha riulile kinnitada üks RFID lugeja, oleks võimalik alati teada, kas riulist on mõni karp puudu või sisaldub riulis mõni karp, mis seal olema ei peaks. Samuti on võimalik alati teada, kas karbid on õiges kohas või valesti paigutatud ja kui palju on karpe, mis sisaldavad sama tarvikut. Uue toote integreerimine süsteemi, riuli suurendamine või asetuse muutmine oleks samuti lihtsam ja vajaks vähem manuaalset programmi muutmist, kuna süsteemil oleks alati teada millised tarvikud ja kus kohas riulis asuvad.

Kui olemasolevad lahendused (ptk 1) pakuvad tooteid, mis kasutavad üht antenni ühe riulivahe kohta ja seetõttu ei oma infot toodete järjekorra kohta, siis kavandatavas riulisüsteemis tuleks kasutada iga karbi jaoks oma antenni. Kuna karpide vahemaa on ainult paarkümmend sentimeetrit, siis tuleks kasutada passiivseid märke. Samal põhjusel oleks parem kasutada NFC tehnoloogiat ja välistada sellega olukord, kus üks lugeja loeks ka teiste karpide märke. Tõenäoliselt sobiks ka madalsageduslik või kõrgsageduslik RFID tehnoloogia, kuid veelgi kindlam oma väikse lugemiskauguse tõttu on NFC tehnoloogia. RFID tehnoloogia kasutamise puhul aitaksid mitme märgi korraga lugemise ohtu vähendada metallist vaheseinad, kuna metall üldiselt peegeldab RFID signaali ja halvendab lugemist [85]. Kuna NFC puhul on maksimaalne lugemisulatus on ligikaudu 4 cm, ei ole tõenäoliselt metallist vaheseinad häiringute vältimiseks olulised. Kuna lugejate arv peaks olema 89, oleks hea kasutada *Bluetooth* sidega lugejaid ja vähendada sellega kaablite arvu riulis ning

lihtsustada suhtlust. USB ühendusega NFC lugeja hind on 22 - 50 eurot [86, 87, 88]. Odavamate *Bluetooth* ühendusega RFID/NFC lugejate hinnad on vahemikus 71 – 90 eurot [89, 90]. Kuigi USB lugejad on odavamad, on üsna keeruline nende süsteemi ühendamine, kuna ei ole olemas seadet (USB jagur või USB multiplekser), mis ühendaks 89 USB kaablit üheks. Selline seade oleks ka mõõtmetelt väga suur ja peaks suutma rahuldada ka kõikide USB ühenduste energiavajaduse. Tõenäoliselt suudaks personaalarvuti sellise hulga USB seadmeid hallata, kuid kontrolleri ei ole selliseks rakenduseks mõeldud, selliseid näitekoode ei ole ja tõenäoliselt ei oleks sellise hulga USB seadmetega info vahetamine kontrolleri puhul isegi mitte võimalik. Mõistlik oleks kasutada tsentraalset toiteplokki, mis laeks läbi USB sisendi kõikide *Bluetooth* lugejate akusid. Kuna USB pordid kasutavad pinget 5 V ja üks lugeja tarbib kuni 150 mA [89], peaks toiteplokk olema 5 V pinget ja ligikaudu 13,5 A voolutugevusega. Kuigi NFC lugeja suudab lugeda ka 13,56 MHz sagedusega RFID märke, on parem kasutada spetsiaalseid NFC märke, mille puhul on lugemiskaugus maksimaalselt 50 mm RFID 100 mm vastu [91]. 100 märgi hind on 22 - 40 eurot [91, 92].

Kontrollerina on võimalik kasutada Arduino kontrolleri, millele on juurde lisatud *Bluetooth* lisamoodul. Arduino pakub lisamoodulit, mille saab ühildada XBee mooduliga [93]. Müüakse ka mitte originaale, kuid sarnaseid ja juba XBee mooduliga ühendatud lisamooduleid. Sellise lisamooduli hind Ebay-s on 11 eurot [94].

RFID tehnoloogia võimaldab pidevalt omada karpide asukohainfot, kuid süsteemi on vaja ka juhendamise süsteem integreerida. Kasutades Arduino kontrolleri on suhteliselt lihtsa vaevaga võimalik süsteemi lisada punktis 2 kirjeldatud skannerisüsteem. Punktis 3 kirjeldatud puuetundliku ekraaniga süsteemi lisamine on aga mõnevõrra keerulisem, kuna eeldab suhtlust arvuti ja kontrolleri vahel.

Komponentidest on koostatud nimistu, mis annab ligikaudse süsteemi komponentide kogumaksumuse (tabel 4.1.).

Tabel 4.1. Komponentide maksumus

Komponent	Hind	Kogus	Summa (€)
Bluetooth RFID lugeja	71	89 tk	6319,0 [89]
NFC märk (100 tk)	22	1 tk	22,0 [92]
Arduino bluetooth moodul	11	1 tk	11,0 [94]
Toiteplokk	27,5	1 tk	27,5 [95]
USB kaablid (1,8 m)	3,4	89 tk	302,6 [96]
USB jagaja	6,7	9 tk	60,3 [97]
Toitekaabli pistik	0,9	1 tk	0,9 [98]
Toitekaabel (2 m)	2	1 tk	2,0 [99]
Skannerisüsteem	86,4	1 tk	86,4 (pn 2.4)
			6832

Tabelist 4.1. on näha, et komponentide kogumaksumus on ligemale 7000 eurot, mis tuleneb suuresti suurest RFID lugejate hulgast. Antud lahenduse puuduseks võibki lugeda suurt hinda.

5. TORNLADU JA DOSAATOR

Alternatiivne võimalus oleks kasutada konveieriliini, mille kohal oleks kõikide tarvikute jaoks oma dosaator. Mööda konveieri liini toodaks tööliseni õige kogus tooteid. Tööpõhimõtte poolest on levinuimad lint-, rull-, anum-, tigu-, silinder- ja taldrikdosaatorid [100, lk 93]. Kui arvestada väiksemat sorti odavama vibratsiooni põhimõttel detailide ettesöötja või tigudosaatori hinnaks vähemalt 500 eurot [101, 102] ja konveieri hinnaks 1500 eurot [103], kujuneks masinate lõppsummaks umbkaudu 45 000 eurot, millele lisanduks veel paigalduse, juhtelektronika ja seadistamise hind, seega oleks süsteem väga kallis. Selline lahendus vajab palju ruumi, veelgi parem, kui täiesti eraldatud tootmispinna osa. Samuti tuleks sellise lahenduse korral tarvikute koguseid laotöötaja poolt visuaalselt hinnata ja sellega võib tekkida oht, et tarvikud saavad otsa (erinevalt kaaludega riiuli süsteemist). Lisaks võtab mööda pikka konveieriliini tarvikute montöörini jõudmine üsna kaua aega ja ajavõit on küsitav. Seega on antud lahendus väga kallis ja väheste eelistega. Sellise lahendus oleks piisav terve tehase tarvis, kuid sellega pikeneks mõnevõrra montööride teekond tarvikute täitmisel. Terve tehase puhul suurenekas tarvikute arv ligemale 10 korda, seega ka süsteemi hind ligemalt 10 korda, samuti suureneks ruumivajadus ja ooteaeg. Seega ei ole antud lahendus meie süsteemi puhul otstarbekas.

Teine võimalus oleks kasutada tornlao süsteemi, mis tooks montöörini just selle riiuliplaadi, millel asub karp soovitava tarvikuga. Turul pakutakse ka horisontaalseid riiulite karusselle, kuid hoone piisava kõrguse korral on vertikaalne lahendus oma väiksema pindala tõttu siiski eelistatum. Põhiliselt kasutavad tornlaod kas karussellsüsteemi, kus riiulid liiguvad ringiratast, või keerukamat kuid kiiremat sahtel-lift süsteemi, mille puhul liikuv alus valib tornist vasakult või paremalt õigelt kõrguselt sobiva riiuli, mis tuuakse tööliseni. Selliste süsteemide põhimõtet on kujutatud seledel 5.1 ja 5.2.



Sele 5.1. Karussellsüsteemiga tornlao tööpõhimõte [104]



Sele 5.2. Sahtel-lift süsteemiga tornlao tööpõhimõte [105]

Arvestades keskmise tarvikute karbi pindalaks $S = 0,36 \cdot 0,21 = 0,076 \text{ m}^2$, saame kogu riuli karpide poolt vajatavaks pindalaks $S = 0,076 \cdot 89 = 6,76 \text{ m}^2$. Liites sellele väikse ohutusvaru, mis tuleneb sellest, et tõenäoliselt riuliplaadi kuju tõttu ei saa kõike pinda optimaalselt ära kasutada, võtame riuli poolt vajatavaks pindalaks ligikaudu 8 m^2 . Kõikide tehases olevate riulite puhul oleks summaarseks pindalaks seega $S = 8 \cdot 15 = 120 \text{ m}^2$. Võttes võrdluseks firma kesklaos kasutusel olevad tornlaod, millega autor tutvumas käis, on ühe torni riulite kogupindala $S = 130 \text{ m}^2$ üsna sobiv meie lahenduse korral. Sellises tornis on 37 riuliplaati, seega ühel plaadil oleks korraga umbkaudu 40 karpi. 40 karbi seast õige leidmine oleks endiselt ajakulukas otsimise töö, kuid tornlaol on juba sisse ehitatud süsteem, mis näitab nii ekraanil kui LED valgusribal õige riulipesa asukohta ja lihtsustab sellega otsimist. Samuti mõõdab süsteem automaatselt riuli kõrgust ja arvestab seda kauba paigutamisel. Kontrolli eesmärgil kaalutakse iga kord automaatselt ka riul üle. Tornlao tööiga on vähemalt 10 aastat ja hooldusvajadus üks kord aastas. Ühe sellise torni maksumus on suurusjärgus 50 000 eurot. Tornlaol kulub õige riuli tööliseni toomiseks maksimaalselt 27 ja keskmiselt 22 sekundit, mis lähtudes punktis 1 tehtud uuringutele, oleks juba suurem aeg, kui praegu 84 % montööride ajakulu karbi otsimisel. Karussellsüsteemiga tornlao puhul oleks see aeg veelgi pikem, kuid kuna karussellsüsteemiga tornlaod on eelmise generatsiooni tooted, siis neid tänapäeval enam väga palju ei pakutagi. Tehase peale ühe tornlao paigutamiseks hoitaks küll kokku väärtuslikku tootmispinda, kuid montööride teekond tarviku karpide täitmisel pikeneks tunduvalt. Samuti tekiks järjekorra oht ja oleks vaja leida spetsiaalne tootmispinna osa, mis tornile eraldada. Tornlaol on küll eelised klassikalises ja suures laos, kuid väiketarvikute riuli puhul ei muudaks ta tarviku karpide täitmisele kuluvat aega kiiremaks vaid hoopis veelgi pikemaks.

6. SÜSTEEMI VALIK

Autor esitles oma väljapakutud süsteeme koosolekul võrdlustabeli 6.1 abil.

Tabel 6.1. Erinevate lahendusvariantide võrdlus

	Triipkoodi skanner + LED	Puutetundlik ekraan + nr-värvi kood	RFID + skannerisüsteem	Dosaator	Tornladu
Ligikaudne hind (€)	100 - 300	150 - 500	7000 - 10 000	> 50 000* (*tehase peale ühe puhul u 500 000)	3500* (*tehase peale ühe puhul kuni 50 000)
Funktsionaalsus	Karbi skanneerimisel LED põlema õiges kohas	Ekraanilt õige toote valides kuvatakse karbi kood	Karpide asukohainfo (valesti paigutamine), automaatne ümberseadistamine	Õige kogus tooteid montöörini	Õige karp montööri ette
Plussid	Hind, piisav funktsionaalsus, kiirus	Saab tarviku leida ka ilma karbita tulles	Asukohainfo, (osaliselt) automaatne ümberseadistamine	Kasutajale kasutamise mugavus ja lihtsus. Võimalik tehase peale ainult üks panna	Kasutamise lihtsus. Võimalik tehase peale ainult üks panna
Miinused	Vajab manuaalset ümberprogramm eerimist iga muudatuse korral. Hetkel 1/3 montööre käib ilma karbita	Natukene kallim ja natukene aeglasem eelmisest, vanemate inimeste kartus ja silmanägemine, manuaalne ümberseadistamine	Hind (89 lugejat + toide), keerukam teostus, palju juhtmeid	Väga suur hind, suur ruumitarve, küsitav ajavõit, tarvikute lõppemise oht. Tehase peale üks pannes vaja tootmispinna osa leida, teekond pikeneb, järjekorra oht	Üsnagi suur hind. Küsitav ajavõit (riiuli liikumise aeg + teekonna pikenedamine)
Otsus	Odavaim ja kiireim, 1/3 montööre harjub ümber?	Mõnevõrra kallim ja aeglasem. Lisada skanneri süsteemi?	Tehniliselt parim lahendus, kuid oluliselt kallim	Väga kallis ja väheste eelistega	Eelmisest tundvalt odavam, kuid siiski väheste eelistega

Presentatsioonis selgitati erinevate lahendusvariantide olemust ja pakuti ligikaudsed hinnad, mis olid võetud piisava ohutusvaruga. Skanneriga süsteem on kiireim ja odavam lahendus, mis on sobiva funktsionaalsusega. Puutetundliku ekraaniga süsteem on mõnevõrra kallim ja aeglasem. LED-idega juhendamine lisab hinnale ligikaudu 30 – 50 eurot. Leiti et 1/3 montööride jaoks, kes ilma karbita riiuli juures käivad, ei ole otstarbekas skannerisüsteemi puutetundliku ekraaniga integreerida. RFID süsteem on küll tehniliselt parim lahendus, kuid ka oluliselt kallim. Samuti aitab RFID pigem hankija firmat, kuna riiulite ümberkorraldused ja karpide õige asukoha tagamine on nende kohustus, seega puudub firmal huvi nii palju kallima süsteemi vastu, mis loob küll eeliseid hankijale, kuid mitte nii palju firma enda töölistele. Dosaator ei ole sobilik ei ajavõidu ega hinna poolest. Tornladu ei too ajavõitu.

Koosolekul selgus ka, et karpidel on kas tarnija või ABB tarviku kood ja vahel ka mõlemad ning ei ole olemas ühtset tabelit, mille kaudu oleks võimalik erinevaid koode omavahel siduda. Seega tuleks kõigepealt kõikidele karpidele kleepida ABB koodid ning eelnevalt välja selgitada, milline ABB kood tarnija koodile vastab. Seega on eeltöö üsna suur.

Firma teises tehases kasutatakse väiketarvikute riiuli puhul RFID süsteemi, kus igal karbil on märk ja ülemine riiul on tühi ning varustatud antenniga. Kasutatakse kahe karbi süsteemi ning tühjaks saanud karp asetatakse RFID alasse, tänu millele tellitakse automaatselt tarvikuid juurde. Selline süsteem ei lihtsusta küll otsimist, aga välistab tarvikute otsa lõppemise. Meie tehases aga selline süsteem ei toimiks, kuna tarvikuid täidetakse korra nädalas, mis on sellise süsteemi jaoks liiga pikk aeg. Seega on meil kaaludega riiul eelistatum.

Koosolekul pakuti ka välja variant, mis kasutaks numbri-värvi kombinatsiooni nii karbil kui riiulil. Alati oleks lihtsa vaevaga leitav karbi asukoht riiulis ja otsimisele kuluv aeg lüheneks. Süsteem oleks kõige odavam (ligikaudu 40 – 50 eurot), kuna eeldab ainult karpidele ja riiulitele koodide kleepimist. Kuna sellise lahenduse korral puuduks elektroonika, oleks süsteem häirekindel rikete ja elektrikatkestuste korral ega vajaks ümberprogrammeerimist ega operaatorit. Sellisel juhul ei oleks olemas programmi ega andmebaasi ja muudatuste korral tuleb käsitsi kleebised vahetada, kuid siiski on süsteem kõige lihtsam ja odavam ning häirekindel, lühendades seejuures piisavalt otsingute aegasi.

Valiku tegemise lihtsustamiseks on koostatud hindamismatriks. Matriksisse on valitud autori arvates olulisimad omadused ja olulisusest sõltuvalt võetud kaalukoefitsendid (kõige olulisem omadus on kõige suurema kaaluga skaalal 1-5). Punkte on antud 10 palli skaalal ja korrutatud vastava omaduse kaalukoefitsendiga läbi. Matriks on esitatud tabeli 6.2 kujul.

Tabel 6.2. Hindamismaatriks

	Kaal	Triipkoodi skanner + LED	Puuetundlik ekraan + nr-värvi kood	RFID + skannerisüsteem	Dosaator	Tornladu	Värvikood
Hind	3	9	8	6	0	6	10
Funktsionaalsus	3	6	7	10	10	10	5
Kiirus/ ajavõit	5	10	7	10	1	1	9
Kasutamise lihtsus	4	10	8	10	8	9	10
Ruumitarve	2	9	8	9	1	10	10
Ümberseadistamise lihtsus/ universaalsus	4	5	5	9	3	8	8
Süsteemi keerukus/ töömahukus	2	8	7	5	1	7	10
Süsteemi eeldatav töökindlus	3	7	7	7	9	10	9
Võimalik ühendada koguse jälgimise süsteemiga?	3	10	10	10	2	2	10
Vajadus treenitud personali järgi?	2	3	3	3	2	4	9
Summa (€):		246	219	259	120	199	277

Maatriksisse on lisatud ka ainult värvikode kasutatav lahendus, mis oma väga odava hinna, lihtsuse ja piisava funktsionaalsusega osutus hetkel parimaks lahenduseks. 277 punkti näitab väga head tulemust, kuna maksimaalne tulemus selle maatriksi puhul on 310 punkti. RFID lahendust kasutatav süsteem ei jää tulemuse poolest väga palju maha ja talle omakorda on üsna lähedal triipkoodi skanneriga lahendus. Dosaator ja tornladud on kehva tulemusega ja ei sobi meile eelkõige seetõttu, et nad pigem pikendavad tarvikute karbi täitmisele kuluvat aega.

Seega antud hetkel on oma hinna, lihtsuse ja piisavalt suure funktsionaalsuse tõttu parim lahendus nii karpidel kui riiulitel ainult värvikode kasutatav süsteem. Mõistlik on kasutada sama koodilahendust, mida on kujutatud seel 2.3. Kuigi igal tootmisliinil on oma riiul ja montöörid ei peaks vale riiuli juurde täitma minema, võib osutada mõistlikuks iga riiuli puhul eri värve kasutada ja välistada sellega montööri vale riiuli juurde minemine. See lihtsustab ka otsimist selliste riiulite puhul, mis koosnevad mitme liini riiulitest. Samuti puudub eeltöö andmebaaside korrastamise näol ja vajadus väljaõppinud töölise järgi, kelle kohustuseks oleks

elektroonilist süsteemi hallata ja töös hoida. Antud lahendus läheb tõenäoliselt lähiajal tootmises realselt käiku.

Küll aga võib eeldada, et tehases tõenäoliselt suureneb töökoormus ja hooajatöölise osakaal, ning samuti on tootmisliinide ümberkorraldused ja asetuse muutmised üsna tõenäolised. See aga tähendab, et süsteemi kasutaks kordades rohkem töölisi. Seega tulevikus võib hetkel paremuselt teisele kohale jäänud RFID süsteem kasulikuks osutada ja suurema vajaduse korral käiku minna. Seda eelkõige suurenenud kasutusmugavuse, elektroonilise andmebaasi ja lihtsama ümberseadistamise tõttu. Samuti on eedlatud, et tõenäoliselt oleks väljatöötatav süsteem huvipakkuv ja kasu toov ka teistele firmadele. Seetõttu on edaspidises töös arendatud just RFID süsteemi, kuna see on tehniliselt täiuslikum ja hindamismatriksi alusel väga heade omadustega süsteem.

7. SÜSTEEMI ÜLESEHITUS

7.1 Elektroonikaosa

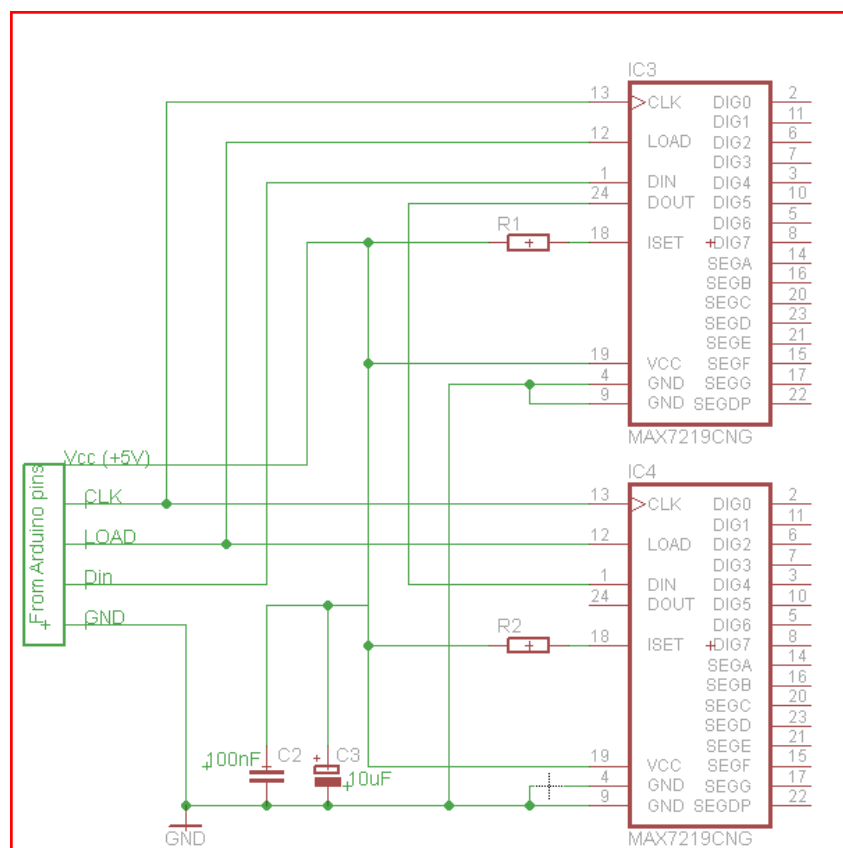
7.1.1 Skannerisüsteemi osad

Triipkoodi skanneri süsteemi on kirjeldatud punktis 2 ning selle komponente ja hindu punktis 2.4. Nimekiri võib muutuda peale prototüübi ehitamist ja katsetamist, kuna prototüübiga võivad välja tulla kitsaskohad või parendusideed. Samuti võib peale prototüüpi reaalse toote puhul olla mõistlik kasutada tuntumaid ja Eestis müüdavaid ning garantiiga tooteid, seda enam et skannerisüsteemi hind on üsna väike võrreldes RFID süsteemi hinnaga. Siiski antud hetkel süsteemi katsetamiseks on komponendid sobivad. Täpsemad parameetrid ja fotod laserskanneri kohta on välja toodud müügikuulutuses [13], kontrolleri kohta kodulehel [49], USB lisamooduli kohta müügikuulutuses [53], LED valgustite kohta müügikuulutuses [27] ja MAX7219 mikroskeemi kohta andmelehel [39].

Kuigi Arduino kontrolleri on hea prototüübi ehitamisel oma lihtsuse, universaalsuse, laia kasutatavuse ja näitekoodide hulga ning hinna poolest, võib osutada mõistlikuks hiljem see asendada mõne muu kontrolleri. Seda eelkõige seetõttu, et Arduino ei ole kaitstud tolmu ja niiskuse eest, selle juhtmeühendused on mõeldud prototüüpimiseks ja ei ole väga kindlad, komponendid ja süsteem tervikuna ei ole mõeldud taluma tööstuslikke tingimusi nagu vibratsioon, temperatuur jne ega mõeldud töötama pikalt ja töökindlalt nagu näiteks PLC kontrolleri. Mõnevõrra töökindlam on Arduino baasil tehtud Ruggeduino kontrolleri [106]. Tööstuslikesse tingimustesse mõeldud PLC kontrolleri kasutavad aga enamasti redel loogikat programmeerimiseks ja seega tuleks nende puhul luua täiesti uus programm ja olemasolevaid näiteid kasutada ei saaks ning neile pakutakse ka vähem bluetooth-i või USB-ga ühendamise võimalusi. Siiski võttes arvesse ABB tehase keskkonna, mis ei nõua kontrolleri erist kaitset, kuna tootmises valitseb toatemperatuur ja normaalne õhuniiskus, ei ole erist mustust, tolmu ega vibratsiooni, sobib ka Arduino.

Lisaks skannerisüsteemi USB lisamoodulile tuleb Arduino kontrolleri liita ka veel RFID süsteemi jaoks vajalik *Bluetooth* lisamoodul ning juurde lisada ka prototüüpimisplaat. Makettplaadi [56] asemel võib kasutada ka Arduino prototüüpimismoodulit [107], mis teeb plaatide omavahelise liitmise lihtsamaks ja kindlamaks ja lisab hinnale mõne euro, kuid veelgi

parem valik oleks Arduino kruvipesa laiendusplaat [108], mis on samuti mõeldud prototüüpimiseks, kuid sisaldab juba ka kindlmaid kruviühendusi ning on piisavalt suur meie valgustuse süsteemi komponentide jaoks. Lisaks on mõttekas kasutada mikroskeemi pesasi [109] ja juhtmetena mitte enam punktis 2.4 pakutud Arduino jaoks mõeldud juhtmeid, vaid tavalisi juhtmeid, mida saab näiteks LED juhtmete ülejääkidest. Elektriliselt on võimalik need kolm lisamoodulit kontrolleriile lisada, kuna *Bluetooth* lisamoodul kasutab Arduino Uno viike D0 ja D1 (*serial* ühendused) [110] ja USB lisamoodul viike D10, D11, D12 ja D13 [111]. Sellega jääb piisav arv viike vabaks prototüüpimisplaadi jaoks, kuna antud süsteem vajab kolme digitaalset viiku [38] lisaks toiteühendustele. Kuna lahenduses ei põle korraga üle ühe LED-i, siis ei ole vool kunagi suurem kui 20 mA ja seega on toide võimalik võtta kontrolleriilt. Kahe MAX7219 mikroskeemi ühendamise elektriskeem on toodud seel 7.1. Mikroskeemide väljundid tuleb ühendada riili LED valgustitega nii, et esimese (joonisel ülemine) mikroskeemi DIG0 oleks ühendatud riili esimese reaga, DIG1 teise reaga jne ning alates 8. reast kasutatakse juba järgmise mikroskeemi väljundeid alates DIG0. Analoogselt tuleb toimida ka riili veergudega, kasutades nende jaoks väljundeid SEGA, SEGB jne.



Sele 7.1. Kahe MAX7219 mikroskeemi ühendamine

7.1.2 RFID süsteemi osad

RFID asukohainfo haldamise süsteemi on kirjeldatud punktis 4 ning süsteemi komponente ning hindu tabelis 4.1. Kuna nimistu sai koostatud töö uurimuslikus osas süsteemi ligikaudse hinna leidmiseks, võib komponentide valikul parendusi teha.

USB portide jagajate kohta ei ole tootjal toodud eriti andmeid ega suurimat lubatavat voolutugevust. Kuna tegu on USB jagajaga, mitte spetsiaalse USB liidestega laadijaga, tuleks arvestada standardse USB liidese voolutugevusega, milleks on 500 mA [112], ehk USB jagaja maksimaalne voolutugevus oleks $I_{max} = 13 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 6,5\text{ A}$. Tõenäoliselt on suurim lubatav voolutugevus väiksem, kuna võib eeldada, et tootja ei arvesta projekteerimisel, et kõik USB liidesed oleksid maksimaalse voolutugevusega laadimas. Seega sobib valitud jagaja RFID lugejate ühendamiseks, kuna nende maksimaalne voolutugevus $I_{max2} = 12 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 1,8\text{ A}$ jääb piisava varuteguriga alla seadme arvutatud maksimaalsele. Küll aga oleks vaja esimene USB jagaja, mis jagab ainult voolu edasi järgmistele USB jagajatele (mitte otse RFID lugejatele) vahetada välja suurema voolu jaoks mõeldud seadmega. Selleks sobib näiteks spetsiaalne võrgust toidetav 80 W võimsuse ja 16 USB liidestega laadija [113]. Igale USB jagurile võimaldatakse maksimaalselt 2 A [113] voolutugevust, mis on piisav. Sellega kaob ära ka toiteploki ja totekaabli vajadus. Seadet on kujutatud seel 7.2 ja seadme põhilised parameetrid toodud tabelis 7.1.



Sele 7.2. 16 väljundiga USB laadija [113]

Tabel 7.1. USB laadija parameetrid

Parameetrid		Ühik
Võimsus	80	W
Liideste arv	16	tk
Sisendpinge	230	V AC
Suurim väljundvool	8·2	A
Gabariitmõõtmed	173x105x55	mm
Mass	1,2	kg

RFID lugejat on kujutatud seel 7.3 ja seadme põhilised parameetrid toodud tabelis 7.2.



Sele 7.3. RFID lugeja [89]

Tabel 7.2. RFID lugeja parameetrid

Parameetrid		Ühik
Kasutatav sagedus	13,56	MHz
Maksimaalne lugemiskaugus (olenevalt märgi tüübist)	6	cm
Gabariitmõõtmed	82x52,3x25,8	mm
Mass	<98	g
Bluetooth suhtluskaugus	>10	m
Lugemisaeg	0,1	s
Voolutarve	<0,8	W
Pinge	3,7 - 4,2	V
Kommunikatsioonikanal	USB või Bluetooth	
Sobivus standarditega	ISO 15693 või ISO 14443A/B	
Bluetooth standard	Klass 2	
Kommunikatsiooni kiirus	9600	bps

Aku	950 mAh, 3,7 V DC	
Lubatud suhteline õhuniiskus	5...90	%
Lubatud töötemperatuur	-20...65	°C

Samuti saab hinnasäästu eesmärgil välja vahetada RFID lugejaid laadivad USB kaablid. Esialgses tabelis (tabel 4.1) on valitud USB 3.0 kaablid, kuid peenemad ja USB 2.0 standardile vastavad kaablid on hinna poolest soodsamad. Lähemal uurimisel selgus ka, et seadmepoolne ühendus peab olema mini-B USB standardile vastav [114]. Valitud kaablid [115] on 47 % soodsamad esialgu valitutest, andes 89 kaabli puhul kokkuhoiu 122 eurot.

Tabelist olid puudu ka need USB juhtmed, mis peavad toiteplokki USB jaguritega ühendama. Selleks otstarbeks on valitud 8 kaablit pikkusega 3 m [116].

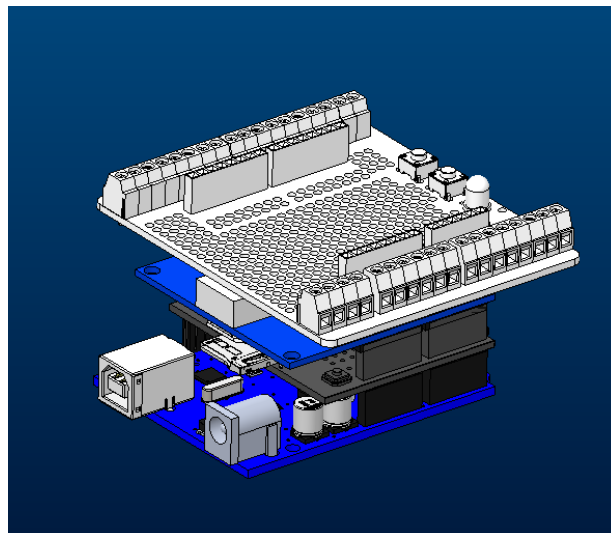
Kuna RFID lugeja toetab nii ISO 15693 kui ka ISO 14443A/B standardeid ja ka märke on võimalik tellida mõlemale standardile vastavaid, on parem valida ISO 14443, kuna antud standard on mõeldud just väiksemate distantside puhul kasutamiseks [77, lk 76 – 80, 111, 112] ja seega on ka märgi lugemiskaugus väiksem ning väiksem on ka lugemisvigade oht.

7.2 Mehaanikaosa

7.2.1 Kontrolleri korpus

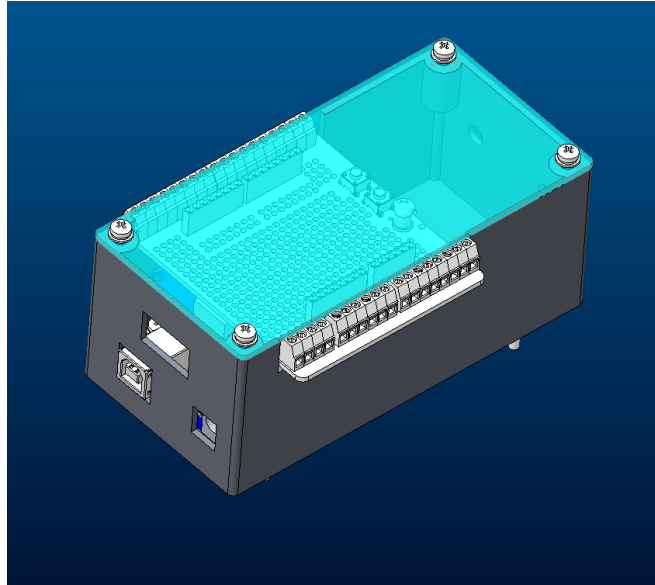
Kuna Arduino kontrolleri on ilma korpuseta, oleks mõistlik valida kontrolleri jaoks korpus, mis kaitseb seda tolmu, niiskuse ja mehaaniliste puudutuste eest, andes sellega juurde töökindlust pikema kasutamise tootmises. Arduino müüb ise korpus [117] ja turul pakutakse ka muid sarnaseid tooteid, näiteks tööstuslikes tingimustes mõeldud Huntel Automation'i korpus [118]. Siiski on kõik pakutavad korpused mõeldud Arduino ja maksimaalselt ühe lisamooduli jaoks. Loodav süsteem koosneb aga lisaks Arduino kontrolleri jaoks veel kolmest lisamoodulist. Seega tuli ise luua korpus, mis kaitseks kontrolleri keskkonnatingimuste eest ja oleks turul pakutavatest kõrgem, et sinna saaks lisaks kontrolleri mahutada ka kontrolleri peal olevad lisamoodulid.

Korpuse loomiseks loodi kõigepealt 3D mudel kontrollerist lisamoodulitega. Kuna Arduinol ei ole oma kontrolleritest ja lisamoodulitest CAD mudeleid ega isegi gabariitmõõtmega jooniseid Internetis saadaval ja autoril ei olnud ligipääsu nendele füüsilistele moodulitele, on 3D koostu mudeli loomisel kasutatud Internetist leitud lisamoodulite mudeleid. GrabCad keskkonnas [119] amatööride poolt loodud mudelid ei ole aga täiesti täpsed, kuid vastavad siiski suuremas osas oma ehituse ja gabariitmõõtude poolest originaalidele [120, 121]. Lisamoodulitega kontrolleri koostu mudeli tegemisel tekkisid siiski sellest tingituna mõningad ebakõlad (nt erinevad plaadi laiused, lisamooduli kõrgused, avade ja viikude asukohad, lisaavad), kuid eksimus jäi suurusjärku paar millimeetrit. Kuna *Bluetooth* lisamooduli mudelit ei leidunud, kasutati *SD* lisamoodulit, muudeti natukene selle kuju ja mõõte ning lisati sellele *XBee* plaat. Oma suurema laiuse tõttu oli mõistlik kõige ülemiseks lisamooduliks jätta kruviühendustega prototüüpimismoodul. Alguses sai kontrolleri peale paigutatud USB lisamoodul ja sellele *Bluetooth* lisamoodul, kuid disaini käigus selgus, et sellega jääks liiga väike vahe kontrolleri USB ühenduse ja USB lisamooduli USB ühenduse vahele. Seega sai nende kahe lisamooduli järjekord ära vahetatud. Kontrollerit koos lisamoodulitega on kujutatud seel 7.4, kust on ka näha, et mehaaniliselt ei teki nende moodulite ühendamise probleeme.



Sele 7.4. Kontroller koos lisamoodulitega

Korpuse disainimisel ei olnud eesmärgiks luua kindlale IP klassile vastavat korpust ja kõrgemat IP klassi ei eeldaks ka tootmiskekskkond. Eesmärgiks oli kaitsta kontrolleri suurema tolmu ja mehaaniliste puudutamiste eest. Korpuse disainil on võetud eeskujuks turul pakutavad [117, 118, 122] ja seejuures on enim eeskujuks võetud TuxCASE [122] korpuse ehitust, kuid materjaliks on valitud plastik, kuna metallkorpus võib *Bluetooth* signaalide saatmist segama hakata. Korpuse ülemisesse ossa on tehtud väljalõiked ja sealt ulatuvad välja kaablite kruviühendused sarnaselt Huntel Automation'i korpusega [118], mis lihtsustab ka kaablite ühendamist. Lisaks on korpuses avad kontrolleri USB ja toitekaabli jaoks ning USB lisamoodi USB kaabli ühendamise jaoks, kusjuures selle ava suuruse puhul on lähtutud tüüpilistest USB pistikute mõõtudest [123]. Kontrolleri on kinnitatud korpuse põhja poltide ja distantspukside abil ning samuti poltide ja distantspukside abil saab korpuse kinnitada seinale või mõne muu eseme külge (antud rakenduses riivli plaadi külge). Korpuse seinte ja kontrolleri vahele on jäänud 3 mm ja põhja ning kontrolleri vahele 5 mm suurune õhuvahe. Kuigi turul pakutavatel korpustel [117, 118] ei ole eriti jahutusele rõhku pandud, on loodava korpuse tagumine osa suurem, tagades suurema õhuhulga, ning samuti on tagaseinas väikesed avad. Kuna ka eesmised avad ei ole täiesti õhutihedad, võimaldab selline lahendus mõningast õhu liikumist. Korpuse seinapaksuseks on võetud 2 mm ja põhja paksuseks 3 mm. Pealt on korpus kaetud 2 mm paksuse polükarbonaadist lehega, mis on kinnitatud nelja M3 poldiga. Poldide jaoks on korpuse nurkadesse pressitud M3 plastiku pressmutrid. Korpuse valmistustehnoloogiaks on valitud 3D printimine, mis on prototüübi puhul lihtne ja kiire võimalus. Konkreetne hinnapakkumine firma Eli Engineering poolt oli 79 eurot, millele lisandub käibemaks. Suuremate tootmiskoguste korral oleks ilmselt mõistlik disaini natukene sobivamaks muuta ja tehnoloogia survealuvormimisega asendada, mis peaks suuremate tootmiskoguste juures tükihinda märgatavalt alandama. Korpust koos kontrolleri-ga on kujutatud seel 7.5.

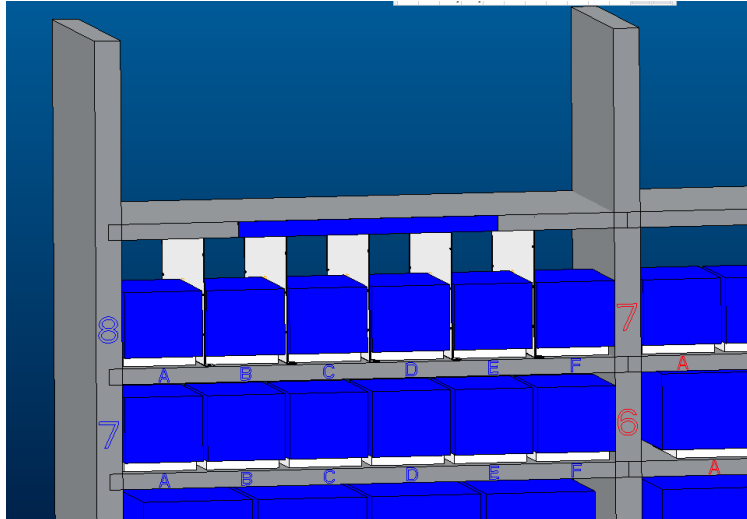


Sele 7.5. Lisamoodulitega kontrolleri korpusega

7.2.2 Teised mehaanikaosad

Kuna RFID lugeja [89] komplekt ei sisalda kinnitust, on tarvis lugejate riiuli külge kinnitamiseks klambrit või tuge. Kuna lugejal ei ole ühtegi kinnitusava või muud süsteemi kinnitamiseks [124], saab lugeja klambri külge kinnitada näiteks kahepoolse teibiga. Üks võimalus lugeja riiuli külge kinnitamiseks oleks ise CAD programmiga lehtmetailist kinnitustükk luua, kuid kõige lihtsam ja odavam on kasutada selleks otstarbeks tavalisi ehitusnurkasi kõrgusega ligikaudu 50 – 70 mm.

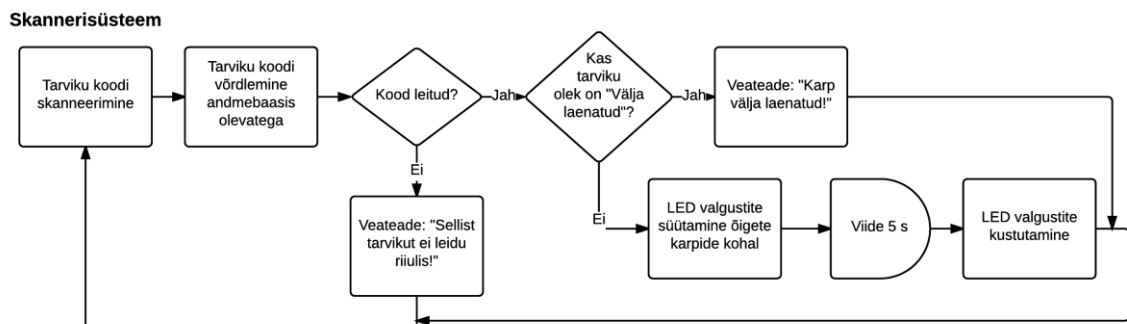
Kuna RFID lugejate häireid (mitme karbi korraga lugemine) on raske ette prognoosida, oleks mõistlik luua punktis 4.2 mainitud plekist vaheseinad karpide vahele ja nende efektiivsust ja vajalikkust prototüübi peal katsetada. Samuti aitaksid need vaheseinad vähendada kaalumise vigasi, kuna üks karp ei saaks enam teise peale toetama jääda. Ka LED valgustitele mõeldud vergude ühendamise juhete kuluks $u\ 115\ m$ ehk $u\ 35\ m$ võrra vähem, kuna juhtmed saaks siis vedada mööda vaheseinu. Riiuli tarbeks on loodud kaks eri kõrgusega vaheseina tüüpi 1,5 mm paksusest lehtmetailist. Vaheseintega riiuli osa on kujutatud seel 7.6.



Sele 7.6. Vaheseintega riuli osa

7.3 Kontrollsüsteemide ja juhtimise osa

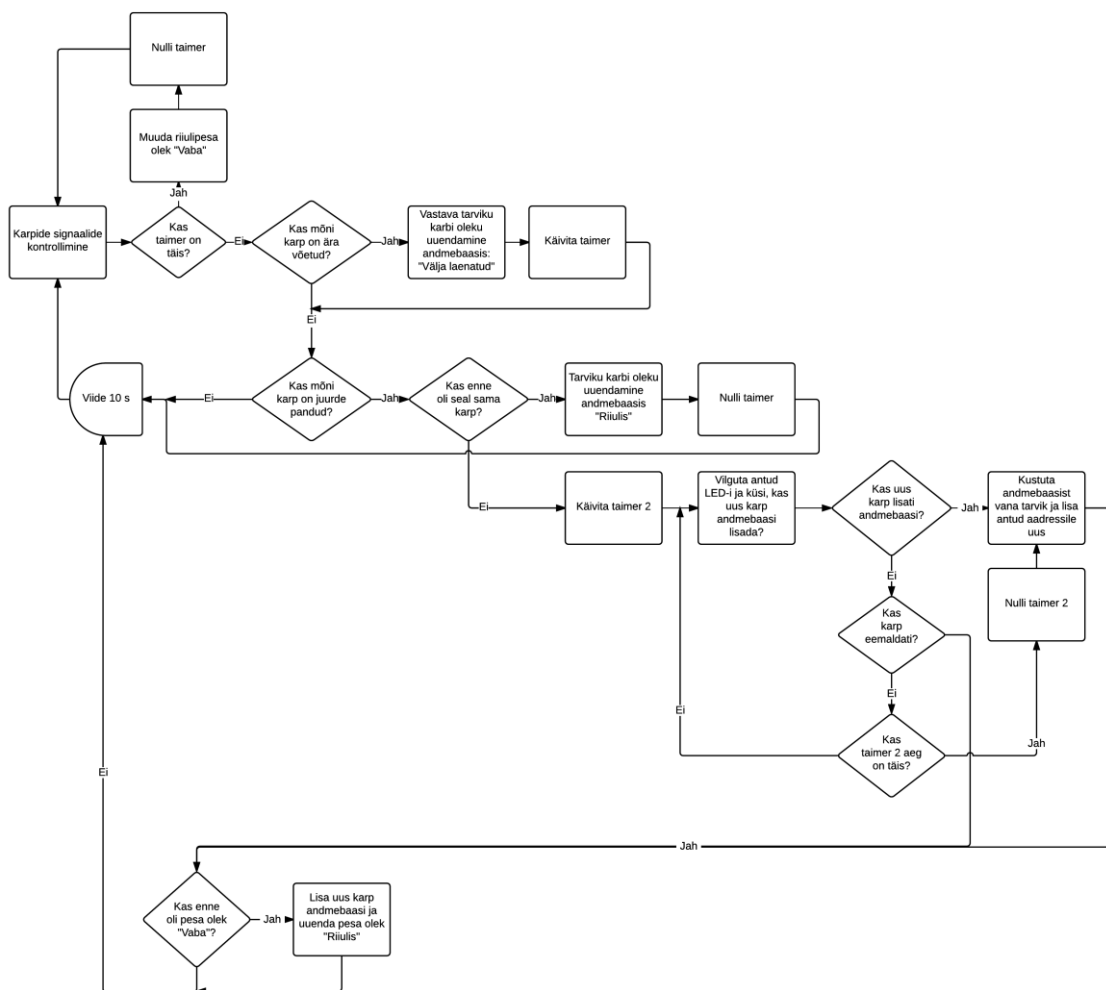
Arendatav lahendus kasutab otsimise lihtsustamiseks peatükis 2 kirjeldatud skannerisüsteemi ning asukohainfo haldamiseks ja lihtsama seadistamise tarvis peatükis 4 kirjeldatud RFID süsteemi. Seega koosneb süsteem kahest paralleelselt töötavast alamsüsteemist, mis omavad ühist andmebaasi. Süsteemi põhimõtet on kirjeldatud plokk skeemidel (vt sele 7.7 ja sele 7.8).



Sele 7.7. Skannerisüsteemi plokk skeem

Selelt 7.7 on näha, et skannerisüsteemi tööpõhimõte on lihtne ning RFID süsteemiga on ta seotud ainult sellega, et RFID süsteem muudab reaalajas andmebaasi (st lisab süsteemi uue tarviku karbi või eemaldab andmebaasist karbi, mida enam riulis ei sisaldu ning samuti muudab ka riulipesa aadressi, kui karp on uue koha peale paigutatud). Triipkoodi skanneerimisel võrreldakse antud koodi andmebaasis olevatega ja kui seda koodi andmebaasis ei leidu, antakse veateade ning peale seda suunatakse kasutaja avalehele, kus ta saab teha järgmise skanneerimise. Kui aga tarvik leidub andmebaasis, süüdatakse antud karpide kohal olevad valgustid ning kustutatakse need mõne aja pärast, et oleks võimalik teha järgmine skanneerimine. Kui tarvik on hetkel riulist välja võetud, kuvatakse vastav veateade.

RFID asukoha haldamise süsteem



Sele 7.8. RFID süsteemi plokk skeem

Selekt 7.8 on näha, et RFID süsteem kontrollib iga natukese aja tagant, kas kõik kapid on endiselt riiulis. Võrreldakse andmebaasis olevaid eelmise skanneerimise andmeid ja vaadatakse, kas mõni karp on vähemaks jäänud või juurde lisandunud. Kui riiulist on mõni karp eemaldatud, muudetakse selle karbi olek andmebaasis välja laenatuks. Kui karp mõne aja jooksul tagastatakse, muudetakse selle olek jällegi riiulis olevaks. Kui mõne aja möödudes ei ole karpi sama koha peale tagastatud, siis eeldatakse, et muudeti riiulil tarvikute karpide asetust ja eemaldatakse see tarvik andmebaasist ning riiulipesa vabastatakse. Kui aga tagastatakse samasse kohta uus karp, siis süsteem vilgutab antud karbi kohal olevat LED valgustit ja küsib, kas uus tarvik süsteemi lisada. Kui vajutada nuppu, lisatakse uus tarvik süsteemi ja vana kustutatakse. Kui aga karp eemaldatakse, läheb programm edasi (nt juhul, kui tööline pani korra kogemata tarviku karbi valesse pesasse). Kui aga mõne aja jooksul ei tehta midagi, võetakse uus tarvik automaatselt süsteemi ja vana kustutatakse. Kui mõnda tühja riiulipesasse lisatakse uus tarvik, siis võtab süsteem selle automaatselt oma andmebaasi.

Lisaks oleks võimalik luua süsteem, mis tuvastaks, milline töötaja milliseid tarvikuid võttis. ABB töötajatel on triipkoodiga töötõend, seega oleks tuvastamine lihtne, selleks saaks kasutada sama skannerit. Võimalik oleks lisada ka mõni muu tuvastamise seade. Antud hetkel ei ole see aga mõttekas, kuna see info ei ole hetkel firmale oluline ning ei ole inimest, kes neid andmeid uurima ja töötlemata hakkaks. Samuti võib iga tööline võtta ka tarvikut ilma skanneerimata, seega oleks saadav info poolik ja puuduks ka info võetud koguste kohta.

Kuna osa näitekoode tuleb kaasa lisamoodulitega ning RFID lugejate *Bluetooth* suhtlemise ja SDK (*software development kit*) kohta ei jaga tootja kuulutuses [89] täiendavat infot, selgub lõplik kood alles komponentide olemasolul ja prototüübi katsetamise käigus. Seetõttu ei ole ka antud lõputöös koostatud täielikku süsteemi programmi koodi, vaid on antud ülevaade näitekoodidest, vajatavatest muudatustest ning lisatavate osade ülesandest.

Arduino kontrolleri programmi tegemisel saab triipkoodi skanneri ja USB laiendusplaadi osas kasutada Interneti näitekoode [14] ja seda muuta, eemaldades sealt kõik LCD ekraaniga seotud käsud ning lisades käsud, mis skaneeritud väärtuse andmebaasi lisaks. *Bluetooth* mooduli puhul saab aluseks võtta näitekoode [125, 126, 127] ja RFID lugeja annab arvatavasti läbi *Serial* käsu vastuseks juba numbrikoodi, mida *tag* endas kannab, kuid lõplikult selgeks saab see alles katsetamise käigus. Samuti tuleb näitekoode muutes lisada sinna tsükkel, mis iga natukese aja tagant suhtleks kordamööda kõikide RFID lugejatega ning lisaks need andmed andmebaasi. Prototüübi plaadile koostatava MAX7219 skeemide programmeerimiseks saab kasutada näiteid [40, 44] valides seal süütamiseks sobiva rea ja veeru või panna vastav LED

vilkuma. Kõik need muudetud näitekoodid on tarvis üheks koodiks kokku kirjutada ning lisada sinna andmebaasi osa ning mõni loogikalause, mis aitab automaatselt riiulit seadistada karpide ära võtmisel või juurde lisamisel (lähtudes seel 7.8 esitatud plokk skeemist). Kuna programmeerimise osa on üsna suur ja autor ei ole enne Arduino programmeerimisega kokku puutunud, võib olla vajalik selleks otstarbeks välist abi kasutada.

8. TASUVUSANALÜÜS

Süsteemi komponentidest koostatud nimistu on toodud tabelis 8.1.

Tabel 8.1. Komponentide hinnad

Komponent	Hind (€)	Kogus	Summa (€)
Skanneri süsteem			
Laserskanner	24,8	1 tk	24,8 [13]
Skanneri juhe	2,5	1 tk	2,5 [54]
Arduino Uno kontrolleri	20	1 tk	20 [51]
Arduino USB lisamoodul	8	1 tk	8 [53]
10 mm punased LED-id (100 tk)	8,6	1 pakk	8,6 [27]
MAX7219 mikroskeem	0,9	2 tk	1,8 [55]
Arduino kruvipesa laiendusplaat	12	1 tk	12 [108]
Mikroskeemi pesa	0,1	2 tk	0,2 [109]
Kondensaator 10 uF	0,1	1 tk	0,1 [129]
Kondensaator 100 nF	0,1	1 tk	0,1 [130]
Takisti 27 kΩ	0,13	1 tk	0,1 [128]
180 Ω takistid	0,05	18 tk	0,9 [29]
Juhtmed LED valgustitele	0,075	180 m	10,9 [35]
USB üleminek	2,08	1 tk	2,1 [131]
Kokku:			92,1
RFID süsteem			
Bluetooth RFID lugeja	71	89 tk	6319,0 [89]
NFC märk (100 tk)	22	1 tk	22,0 [92]
Arduino <i>bluetooth</i> lisamoodul	11	1 tk	11,0 [94]
Toiteplokk	46,7	1 tk	46,7 [113]
USB kaablid (1,8 m)	1,89	89 tk	168,2 [115]
USB jagaja	6,7	8 tk	53,6 [97]
USB kaablid (3 m)	2,32	8 tk	18,6 [116]
Surunupp lüliti	1	1 tk	1,0 [137]
Kokku:			6640,1

Mehaanikaosad			
Korpuse alumine osa	94,8	1 tk	94,8 (vt pn 7.2.1)
Korpuse kaas	6,55	1 tk	6,5 [132]
Pressmutter	0,13	4 tk	0,5 [134]
Distantspuks	0,12	8 tk	1,0 [133]
Kinnitusvahendid	0	14 tk	0 (väiketarvik)
Ehitusnurgad	0,6	89 tk	53,4 [135]
Kahepoolne teip	4	2 rulli	8,0 [136]
Kokku:			164,2
Summa kokku			6896,4
Ümardus koos varuga			7000

Tabelist 8.1 on näha, et süsteemi kogumaksumus ümardatuna ja varuteguriga võetuna on 7000 eurot. Tabelisse ei ole arvestatud väiketarvikuid, kuna paari väiketarvikut prototüübi ehitamiseks on võimalik tehase riiulitest võtta. Samuti ei ole arvesse võetud materjale (nt jootetina) ega tööjõukulu, kuna töös eeldasime, et prototüüp valmib lõputöö raames. Tabelis ei sisaldu ka vaheseinte hinnad, kuna nende vajalikkust tuleb alles katsetada. Süsteemi hind langeb natukene suuremate tootmismahdade korral eelkõige korpuse hinna tõttu ning korpuse kaane ja muude materjalide parema ärakasutamise ja suuremate kogustest tulenevate odavamate materjalide hindade tõttu. Siiski ei ole see langus suur, kuna ligikaudu 90 % komponentide maksumusest moodustab RFID lugejate hind. Tõenäoliselt saab suuremate koguste puhul ka tootjalt soodustust, kuid siiski jääb see osa konkurentsilt kalleimaks süsteemi osaks ning odavamaid *Bluetooth* sidega RFID lugejaid turul paraku praegusel hetkel ei pakuta.

Loodud lahendus aitab kõiki töölisi, kes kulutaksid muidu otsimisele üle 10 sekundi. Ptk 1 lähtudes on selliseid töölisi 24 % ehk tehase peale talvekuudel ligikaudu 22 ja suvekuudel ligikaudu 65. Antud riiuli korral oleks vastavad arvud 2 ja 7 arvestades tehase riiulite arvu ja suurust. Võttes keskmiseks tarviku leidmise ajaks skannerisüsteemi korral 4 sekundit, on keskmine ajavõit 13 sekundit arvestades hetke keskmiseks ajaks 17 sekundit lähtudes ptk 1 läbiviidud uuringule. Seega oleks ühe riiuli puhul ajavõit kuus $t = 13 \cdot 2 \cdot 20 = 520 \text{ s} = 8,7 \sim 9 \text{ min}$ talvel ja 30 min suvel ja aastane ajavõit ligikaudu $t = 4 \cdot 30 + 8 \cdot 9 = 192 = 3,2 \sim 3,5 \text{ h}$. Võttes tööliste palga maksumuseks firmale 10 eurot tunnis, on rahaline sääst 35 eurot aastas.

Arvestades asjaolu, et süsteemi RFID osa on mõeldud abistama süsteemi seadistamisel, asukohainfo haldamisel ja üldise andmebaasi muutmisel ja skannerisüsteemi osa mõeldud otsingute kiirendamiseks, saame tööliste otsese ajavõiduga leida tasuvusaja ainult skannerisüsteemi osale. Skannerisüsteemi ja kontrolleri korpuste hinnaks kokku on ligi 200 eurot ning seega tasuvusaeg $t = 200/35 = 6$ a. Kuigi hinnaarvestuses ei ole arvesse võetud süsteemi hoolduse- ja remondikuludid (mida ei ole küll ette nähtud, kuid prototüübi tõttu võib siiski ette tulla) ja süsteemi häiretest ja katkestustest tulenevaid kahjusi, on süsteemi elueaks 10 aastat võttes süsteem siiski tasuv.

Lisaks peab arvestama, et arvutustes on arvesse võetud keskmised ajad ja ei saa unustada, et 13 % tööliste jaoks tähendab selle süsteemi kasutamine 1 minutilist ajavõitu ühe kasutuskorra kohta. Lisaks võib arvata, et uutele töölistele on see süsteem väga suureks abiks.

Süsteemi RFID osa aitab tööd vähendada ja lihtsustada firmal ja tarnijal. Samuti võimaldab selline süsteem omada digitaalset andmebaasi kõikides riiulites olevate tarvikute kohta, mis muudab uue tarviku lisamise või tootmisliini kolimise oluliselt lihtsamaks ja kiiremaks tegevuseks. Logistikafirma ei pea enam iganädalaselt manuaalselt karpide õiget asetust üle kontrollima ja jäävad ära vead, mis on tingitud karpide vales asukohast riiulis. Lisandunud hüvede kasulikkuse ja majandusliku tasuvuse hindamine on aga juba kerulisem protsess, kuna ei ole võimalik leida tööliste otsesest ajavõitu ja seetõttu peab lõpliku otsuse tasuvuse kohta langetama koosolek, kuhu on kasatud oma valdkondade juhid. Siiski on süsteem näiteks tornlaost ligi kaks korda kallim, olles ka suuremate ja firmale olulisemate eelistega (ptk 6) ning hindamismatriksi järgi (tabel 6.2) väga hea tulemusega, millest võiks eeldada, et süsteemi lisandväärtused kaaluvad firma jaoks selle süsteemi hinna üles.

9. SÜSTEEMI OHUTUS

Kuna käesoleva aasta 1. juulist jõustub seadme ohutuse seadus, mis muudab muuhulgas kehtetuks masina ohutuse seaduse ja elektriohutusseaduse, on käesolevas töös lähtunud uue seaduse nõuetest [138]. Seadus seab eelkõige üldised ohutusnõuded seadmetööle (nt süsteemi projekteerimine ja ehitamine), kaitsevahendite kasutamisele, Euroopa Liidu standarditele vastavusele, töö- ja ohutusjuhenditele, koolitustele, inimeste pädevusele ja auditile või enesekontrollile. Projekteerimine toimub lõputöö raames ja sellega on autori pädevus ja kontroll tagatud. Ehitamisel tuleb järgida üldiseid ohutusnõudeid, konkreetse operatsiooni või töövahendiga seotud ohutusnõudeid ning asutuse ohutusnõudeid. Need määravad ka kaitsevahendite kasutamise. Toode on mõeldud kasutamiseks siseruumides tootmis- või eluhoonetes ega ole mõeldud töötama meditsiinilise aparatuuri lähedal või plahvatusohtlikes või muudes ohtlikes keskkondades. Seadmega töötamisel ei ole kaitsevahendite kasutamine kohustuslik, kuna peale laserkiirguse puuduvad muud ohutegurid [139]. Tootmistöötajaid ja muid asjaosalisi inimesi on kavas instrueerida seadmega töötamise kohta ja kurssi viia võimalike ohtuteguritega. Seadme kohta tuleb läbi viia riskianalüüs.

Tootja ei ole müügikuulutusel laserskanneri võimsust välja toonud [13], kuid Eestis müüdavate analoogide [11] näitena võib arvestada võimsusega alla 1 mW ja kuna valgus on silmale nähtav (650 nm), siis liigitub laserseade ohutuse seisukohast klass 2 seadmete alla [140], mis tähendab, et seade on tavalise kasutamise korral ohutu. See tähendab, et prillide kasutamine ei ole kohustuslik, kuid siiski tuleb töötajaid instrueerida ja teavitada laseri ohtlikkusest silmale ning sõidukijuhtidele.

Elektriohutuse seisukohalt kuulub antud seade kolmandasse ehk kõige ohutumasse liiki [141] ning kaitseviisina kasutatakse ka veel kaitsevõi kepinget, mis tagab selle, et inimesele ei tekiks ohtu ka seadme vigastuste ning metallriiuli voolu alla sattumise korral. Nii RFID lugeja [142] kui Arduino arendusplaadid [143] omavad CE (*Conformité Européenne*) märki, mis tagab vastavuse Euroopa liidu nõuetele ja ka nende elektromagnetilise ühilduvuse (EMC) direktiivi nõude täitmise [144]. See tagab, et seade ei kiirgaks sellisel hulgal elektromagnetlainet, et see häiriks teiste seadmete tööd ning samas peab seade ise olema töökindel teiste seadmete tekitatud elektromagnetväljas.

Riivõlvi puhul tuleb jälgida üldiseid riivõlville kehtivaid reegleid ja ohutusnõudeid. Riivõlvi lubatud kandevõimet ei tohi ületada. Riivõlvi peab olema paigaldatud siledale pinnale ning kindlalt

fikseeritud. Vajadusel tuleb paigutada vertikaalsetele postidele lisakaisted, mis kaistevad riiulit mehaaniliste vigastuste (eelkõige tõstukiga otsa sõitmine) eest. Karbid tuleb ladustada riiulile selliselt, et oleks välistatud nende maha kukkumine. Muljutud või kahjustatud riiuliosadest tuleb teada anda ning need tuleb välja vahetada. Tugipostide parandamine (näiteks keevitusel) on keelatud. Riiuli korrasolekut tuleb regulaarselt kontrollida. [145]

Seadme ohutust keskkonnale on käsitletud järgnevas peatükis.

10. KESKKONNAPROBLEEMIDE ANALÜÜS

Arduino kontrollid ja lisamoodulid [142] ning samuti RFID lugeja [143] vastavad ROHS (*Restriction of Hazardous Substances*) direktiivile, mis seab piirangud ohtlike ainete kasutamisele elektroonikatoodetes [146]. Direktiiv piirab kuue aine kasutamist, nende seas näiteks plii, elavhõbeda, kaadiumi ja kroomi kasutamist. Näiteks kasutatakse nende nõuete täitmiseks jootmisel pliivaba tina. Samuti on Arduino kontrollil märges „Zero Carbon Footprint“ [142], mis tähendab, et kogu toote tootmisel tekkinud süsihappegaasi (CO₂) hulk on võrdne nulliga (mis on enamasti saavutatud taastuvenergia kasutamise, CO₂ kvootide ostu või CO₂ projektides osalemisega, nt puude istutamise) [147]. Süsihappegaasi peetakse üheks suurimaks kliima muutuste põhjustajaks.

Laoriuli enda eluiga on normaalse kasutamise ja mehaaniliste vigastuste puudumise korral vähemalt 10 - 15 aastat ning kuna riul on valmistatud tsingitud terasest, saab eluea lõppedes riuli lihtsa vaevaga lahti monteerida ning vanametalli kokkuostu kaudu ümbertöötlemisele saata. Riul koosneb paljudest elektroonikaseadmetest (89 RFID lugejat ning kontrollid lisamoodulitega) ning elektroonikajäätmed on tänapäeval üsna suureks keskkonnaprobleemiks ja nende jäätmete kogus on pidevalt tõusnud [148]. Elektroonikaseadmed sisaldavad ka mitmeid ohtlike esemeid ja aineid, näiteks trükkplaadid, kondensaatorid ja akud. Trükkplaadid sisaldavad mitmeid erinevaid ja ka väärtuslikke metalle, mistõttu on nende ümbertöötlemine majanduslikult kasulik ja aitab ka vältida ohtlike jäätmete ja metallide prügimäele jõudmist [149]. Tänapäeval jõuab taaskasutusse ainult 12,5 % elektroonikajäätmetest [148]. Seetõttu tuleb eluea lõppedes kõik süsteemi elektroonikaosad ja kaablid lahti monteerida ja elektroonika jäätmejaama viia (tegevus on juba tänapäeval tasuta) [150]. Ümbertöötlemise käigus eemaldatakse ka plastikust korpused, mis on üsna hästi taaskasutatavad ja aitavad säästa kuni 88 % energiat võrreldes nafta produktidest valmistatud toodetega [151].

Tõenäoliselt on kõik ostutooted pakitud nii kile- kui pappümbrisesse, mis tuleb peale lahtipakkimist ja sorteerimist viia vastavasse konteinerisse (ABB tehases on sellised konteinerid olemas).

KOKKUVÕTE

Käesolevas lõputöös on lähemalt uuritud tootmistööliste poolt väljatoodud probleemi, mille kohaselt kulub neil väiketarvikute riiulist õige tarviku leidmiseks liiga kaua aega. Vaatluse käigus on leitud probleemi tegelik suurus, keskmised tarviku leidmisele kulunud ajad ja ajakaod. Tulemust on hinnatud erinevate tootmismahude ja uute tööliste osakaalu korral ning aasta lõikes. Ajurünnaku käigus on leitud esialgsed tehnoloogiad ja seadmed, mis probleemi kõrvaldama peaks ning on teostatud turu-uuring. Turu-uuringu tulemusena selgus, et selliseid otsingute kiirendamiseks mõeldud seadmeid turul ei pakuta. Konkreetsele hinnapakumisele vastas ainult üks firma, et on nõus sellist süsteemi arendama ja pakkus triipkoodi skannerit ja valgusteid kasutava juhendamise süsteemi ligikaudseks hinnaks 5000 €. Turul pakutakse palju RFID tehnoloogial põhinevaid tarku riiuleid, kuid neil kõikidel puudub info esemete järjekorra kohta ning nad ei sisalda otsingute kiirendamiseks mõeldud süsteemi ja seetõttu ei ole ükski neist antud probleemi lahendamiseks sobiv. Seega sai lõputöö eesmärgiks lahendada tootmises olev probleem, luua selleks sobiv seade ja hinnata selle tasuvust. Loodav seade või süsteem pidi olema lihtsasti ümberseadistatav, et tehase asetuse muudatuste korral oleks süsteemi ümberseadistamine kiire, ja piisavalt universaalne, et seda saaks ka teiste riiulite puhul ja teistes firmades kasutada.

Lõputöö uurimuslikus osas anti teoreetiline ülevaade triipkoodilugejatest ja valiti sobiv seade. Valiti välja riiulile sobivad valgustid ja parim lahendus nende juhtimiseks. Samuti pakuti välja tähe – numbri – värvi kood, mis aitaks riiulist karbi lihtsa vaevaga leida. Lisaks valiti välja kontrollid ja selle lisamoodul ning hinnati programmi loomise keerukust. Töös hinnati antud süsteemi tervikuna, valiti välja selle jaoks vajalikud komponendid ja leiti ligikaudne hind. Samuti uuriti probleemi lahendamiseks ja tööliste otsimise kiirendamiseks puuetundliku ekraaniga lahenduse loomise keerukust ja hinda ning RFID tehnoloogia kaasamist süsteemi. Lähemalt on räägitud RFID ja NFC tehnoloogiatest, peamistest osadest ja kasutatavatest sagedustest. Töös kirjeldati, kuidas RFID tehnoloogia abistaks tarvikute karpide asukoha jälgimist, valiti sobivad komponendid, loodi süsteemi visand ja uuriti, kuidas see süsteem ühildada skannerisüsteemiga. Lõputöös anti ka ülevaade sellistest probleemi lahendamiseks sobivatest süsteemidest nagu tornladu ja dosaator.

Kõiki uuritud variante hinnati nende omaduste, keerukuse, hinna ja ajavõidu seisukohast ning esitati uurimusliku osa tulemused firma koosolekul. Koosolekul välistati dosaator, mis oleks

väga kallis ega tooks ajavõitu ning tornladu, mis ei tooks ajavõitu (küll aga ruumivõidu). Samuti leiti, et puutetundliku ekraani lisamine süsteemi ei ole otstarbekas vähese lisandväärtuse tõttu ning valgustite süsteemi hind on vastuvõetav. Triipkoodi skannerit kasutav lahendus on kiire, tulemuslik ja sobiva hinnaga. RFID tehnoloogiat kasutav lahendus on tehniliselt täiuslikum, kuid ka oluliselt kallim. Otsuse langetamise lihtsustamiseks koostati hindamismatriks, mida esitleti järgmisel koosolekul. Parimaks lahenduseks osutus karpidel ja riiuli pesadel ainult värvikoode kasutav lahendus, mis ei sisalda elektroonikat ja on seetõttu kõige odavam ja eelduste kohaselt tööliste jaoks piisavalt suure ajavõidu toov. Kuigi hetkel läks käiku valitud variant, otsustati edasises töös arendada paremuselt teisele kohale jäänud RFID tehnoloogiat sisaldavat triipkoodi skanneriga süsteemi, kuna leiti, et see süsteem on tehniliselt täiuslikum, kiire ja paindlik, omades lihtsamat ümberseadistamist, asukohainfo haldamist ja elektroonilist andmebaasi ja vältides sellega inimvigu. Töös eeldati ka tootmise kasvupotentsiaali ja teiste firmade huve.

Edasises töös on eraldi välja toodud valitud lahenduse elektroonika-, mehaanika- ja kontrollsüsteemide osad. Elektroonikaosas on täpsustatud komponentide valikut ja põhjendatud võimalikku komponentide muutmist peale prototüübi ehitamist. Lähemalt on kirjeldatud kontrolleri valikut ja probleeme, lisamoodulite valikut ja ühendamist ning valgustite juhtimissüsteemi koostamiseks prototüübi plaadile on koostatud elektriskeem. Kontrolleriks on valitud Arduino Uno ning RFID lugejaks kesksageduslik bluetooth sidega lugeja DI990. Valitud on uus USB toitemoodul ning USB kaablid on vahetatud odavamate vastu. Kinnitati komponentide nimistu ja valiti sobiv RFID suhtlusstandard.

Mehaanikaosas räägiti korpuse vajalikkusest ning loodi CAD keskkonnas lisamoodulitega kontrolleri mudel ning projekteeriti sellele korpus, kuna turul pakutavad korpused ei sobinud. Korpus on valmistatud 3D printimise tehnoloogial plastikust. Samuti valiti välja väiksemad mehaanikaosad ja projekteeriti riiulile lehtmetailist valmistatud vaheseinad, mille vajalikkust tuleb prototüübi peal katsetada.

Juhtimise osas loodi plokk skeemid, mis kirjeldavad täpselt süsteemi tööpõhimõtet ja funktsionaalsust. Seade koosneb kahest alamsüsteemist, milleks on skannerisüsteem ja RFID süsteem. Skannerisüsteem süütab karbil asuva triipkoodi skanneerimisel riiulis vastava tarviku karbi juures asuva valgusti ning kustutab selle mõne aja jooksul. Kui tarvikut riiulis ei leidu või see on hetkel välja laenutatud, antakse vastav veateade. RFID süsteem jälgib pidevalt karpide olemasolu. Kui riiulist mõni karp ära võetakse või juurde pannakse, saabub see info koheselt kontrollerile. Vastavalt sellele karp kas lisatakse automaatselt süsteemi,

eemaldatakse sealt või muudetakse selle asukoht. See muudab süsteemi paindlikuks ja ümberseadistamise väga lihtsaks. Juhtimise osas on antud ka näitekoodide nimistu ning kirjeldatud nende koodide muutmist. Programmi koodi koostatud ei ole, kuna eeldati, et lihtsam on seda teha reaalsete toodete olemasolul ning prototüübi peal katsetades.

Tasuvusanalüüsi osas on leitud süsteemi hind, milleks on 7000 €, millest omakorda u 90 % moodustab RFID lugejate hind. Hinnatud on tööliste ajakulu vähenemisest saadavat majanduslikku tulu ning selle põhjal saadud seadme skannerisüsteemi osa tasuvusajaks 6 aastat. Eraldi on mainitud suurt abi 13 % töolistest, kes tarvikut kaua otsivad ja abi uutele töölistele. Kuna seadme RFID osa ei lühenda otseselt tööliste ajakulu, vaid on abiks firmale ning tarnijale, ei ole võimalik selle osa tasuvust arvutada, vaid sellele peab firma juhtkond andma finnaugu. Eelduste kohaselt ja hindamismaatriksist lähtudes peaks aga süsteemi kulu olema vastuvõetav.

Töös on lähemalt räägitud seadme ohutusest, keskkonnaprobleemidest, utiliseerimisest ning rahvusvahelistel standarditele ja direktiividele vastavusest. Toonitatud on elektroonikajäätmete ümbertöötlemise vajalikkust.

Seega on lõputöös leitud lahendus sissejuhatuses püstitatud probleemile, on koostatud uurimuslik osa, valitud välja parim süsteem, seda firmale esitletud ja põhjendatud. Loodud süsteemi kuvand on uudne, kuna turul ei pakuta otsingute kiirendamiseks mõeldud süsteeme ning pakutavad RFID süsteemid ei oma infot riivulis olevate toodete järjekorra kohta. Süsteemi jaoks on valitud vajalikud komponendid, projekteeritud korpus, kirjeldatud süsteemi ülesehitust ja tööpõhimõtet. Arvutatud on süsteemi hind ja hinnatud tasuvust ning ohutuse ja keskkonnaga seostuvaid probleeme. Loodud süsteem vastab nõutule ja sobib ka teistesse firmadesse. Süsteemi saab täiendada prototüübi ehitamise ja katsetamise käigus, kus võib tõenäoliselt tulla parandusettepanekuid. Siis selgub ka täpne programmi kood.

SUMMARY

In this Master's Thesis the problem pointed out by production workers that it takes them too much time to find the right small accessory from accessory shelf was examined. During observation the magnitude of the problem was found as also average times it takes to find the accessory and production time losses were calculated. Observation result was evaluated in case of different production volumes and in case of larger number of new production workers and also the differences during a year were examined. As a result of brainstorming some first thoughts of technologies and devices needed were found and a market survey was carried out. The survey indicated that no one on the market offered a system that would shorten the time it takes to find the right accessory. Only one company replied to quotation and said that they are willing to develop a system which consists of barcode reader and lights and which gives directions to right bin and therefore shortens the time it takes to find the bin. The company said that the estimated price for this kind of system is 5000 €. There are many smart RFID shelves in the market, but none of them could check the correct order of the articles and also none of them includes a system that could shorten the time of finding the bin with the right accessory. This is why none of these systems is good for our needs. For this reason the aim of the thesis was to find a solution to the problem in production, develop a suitable device for that and evaluate its payback period. The system had to be quick and easy to reconfigure and universal so it could be used with other shelves or in other companies.

A small theoretical overview of bar code readers was given in the research part of the thesis and also a suitable reader for that purpose was chosen. Lights for guidance were selected and the best way for controlling them was given. In addition, a code consisting of a letter, a number and a colour was introduced for helping to find the right bin quickly. A controller and its shields were selected and a small introduction of their programming was given. The system as a whole was critically evaluated, all the components for it were selected and an approximate price was found. Using a touch screen system to find a solution for the problem in production was studied, especially its complexity and price. Including RFID to our system was also studied. Some further theoretical information about RFID and NFC technologies was given, including its main parts and frequencies used. A small description of how RFID technology could help to track bins location was given, all the components needed were selected, sketch of the system was designed and also the way how to combine it with bar code

scanner system was described. A small overview about using vertical storage systems, part feeders or conveyors to solve the small accessory finding time problem was given.

All the solutions examined that could solve this problem were evaluated based on their characteristics, complexity, price and time winnings and were presented in meeting. Parts feeder was excluded as it would be expensive and would not make accessory finding faster. Vertical storage system would not make finding faster either (although it would take less room in production area), so it was also excluded. It was determined that adding the solution using a touch screen would not be practical and that the price of a system using lights for guidance was acceptable. System that uses barcode scanner is fast, effective and has a reasonable price. System that uses RFID technology is technically the most advanced, but also requires more resources to develop. To help making the decision easier an evaluation matrix was made and introduced in the next meeting. With the help of the matrix the best system for that application was chosen. The best system uses only colour codes on bins and on shelf sockets and does not include any electronic parts and is therefore the cheapest solution, which gives the necessary time savings. Although at the moment the solution chosen was executed, in further work it was decided to continue developing the RFID system with barcode reader, which at the moment was the second best in evaluation matrix. Decision was done mainly because it is technically the best and most advanced system, it is fast and flexible, simple to reconfigure, it has data about bins location and it is connected to electronic database. That helps to reduce human errors. Also some growth in production was assumed and the interests of other companies were considered.

In further work the mechanical, electronic, and control system parts have been separately brought out. In electronic part some changes in electrical BOM were made and it was said that there might come some more changes after the first prototype. Some details were given about controller and its shields selection, some description about their connection and for the prototype board an electrical scheme for light control unit was made. Arduino Uno was selected for controller and D1990 medium frequency Bluetooth device for our RFID reader. New USB power source was selected and USB cables were replaced for cost cut. Electrical BOM was approved and RFID standard was chosen.

In mechanical part of the work there was an explanation of the need for a box for controller and a CAD model of a controller with shields was made. That helped to design a box for controller. The box had to be designed, because there was no suitable box in the market. The box is produced from plastic using 3D printing technology. Also some smaller mechanical

parts were selected and sheet metal screens between bins were designed. Their purpose is to ensure that one RFID reader could not read more than one tag. If they are necessary or not will be decided after they are tested on the first prototype.

In control part of the work block diagrams were made to describe the exact working principle and functionality of the system. There are two subsystems, which are barcode scanner system and RFID location management system. If someone scans a barcode, which is on the accessory bin, then the system will turn on the light under the shelf where the bin with the same accessory is and turns the light off again in some time. If there is no such accessory in the shelf or the accessory has just been checked out, the system will tell it. RFID system constantly checks if all the bins are still in the shelf. If a bin is removed or added to the shelf, the info will go to the controller. Then the bin might be automatically added to the system or removed from it or the location of it in the shelf might be automatically changed. This makes the system flexible and also makes reconfiguring easy. The list of sample codes is given in this part of the work with some advices, which part of them needs changing. The main program code was not developed because it is easier to make it when all the components and their accessories are physically arrived and when they can be tested on a prototype.

In the payback part the price of the system was calculated and it is approximately 7000 € and about 90% of it is the price of 89 RFID readers. The payback period of the bar code scanner part of the system is 6 years and it is calculated considering the time it helps to save a worker when searching for the right accessory and the cost of that time to a company. It is also great help for 13% of the workers who would otherwise spend more than a minute on right accessory finding, but even more help for new workers. As the RFID part of the system does not shorten the time workers spend to find the right accessory, but it is instead a help for the company and supplier, the payback period of it can not be directly calculated, but instead the company management should give a decision to it. However it could be assumed on the bases of evaluation matrix that the price of the system should be acceptable.

The main safety and environmental concerns have been discussed in the thesis, as well as utilization of the product after its lifetime and the compliance of the main parts with international standards and directives was assured. The importance of electronic waste recycling was brought out.

The result of the thesis gives the solution to the problem raised in the introduction, also research part has been carried out, the best system was chosen, presented and explained to the company. The developed design is novel, as no one in the market offers anything similar for

shortening time it takes to find the right bin from the shelf and also all RFID systems on the market do not have any information about the right order of the goods in the shelf. All the components for the system were selected, a box for controller was designed and the principle of the system work was described. The price of the system was calculated and its payback period was found. Environmental and safety problems were also discussed. It was concluded that the system developed meets the terms it was expected and the idea is also suitable for use in other companies. Some further development might be done in the system during the first prototype building and testing. This is also when the exact program code must be developed.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Barcoding's Active Shelf System. [WWW] <http://www.barcoding.com/rfid/active-shelf.shtml> (12.01.2015)
2. Beiyang's RFID Smart Shelf BY-SJ5111. [WWW] <http://en.beiyang-rfid.com/Products/indexshow.asp?SortID=117&ID=156> (12.01.2015)
3. Venture Research's Smart Shelf Cabinets. [WWW] <http://www.ventureresearch.com/products/smart-shelf-cabinets> (12.01.2015)
4. Impinj's Smart Stockroom. [WWW] <http://www.tersosolutions.com/improving-research-efficiency-rfid-smart-rooms/> (12.01.2015)
5. ShelfX RFID system. [WWW] <http://www.shelfx.com/#!/videos/c1766> (12.01.2015)
6. Shenzhen VANCH Intelligent Technology Co., Ltd's RFID Smart Shelf System. [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/Files-Documents-management-tracking-by-RFID_1814756304.html (12.01.2015)
7. 3M Handheld Digital Library Assistant. [WWW] <http://www.systemslibrarian.co.za/rfid.html> (12.01.2015)
8. A Bar Code Primer. [WWW] <http://www.barcodehq.com/primer.html> (12.01.2015)
9. Finkenzeller, K., translated by Rachel Waddington . RFID handbook : Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. 2nd ed. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd, 2003.
10. Vöotkoodilugejad : Enetto e-pood. [WWW] <http://www.enetto.eu/et/products/barcode-readers/hand-scanners.html> (14.01.2015)
11. Vöotkoodilugejad : Rovico e-pood. [WWW] <http://pood.alkomeeter.com/ribakoodilugejad> (14.01.2015)
12. Vöotkoodilugejad : Mark-Line Systems e-pood. [WWW] <http://www.markline.ee/tooted/vootkoodiseadmed-132.htm> (14.01.2015)
13. Shenzhen TOMTOP Technology Co., Ltd. USB Barcode Scanner. [WWW] http://www.ebay.co.uk/itm/USB-Automatic-Sensing-Laser-Barcode-Scan-Scanner-Bar-Code-Reader-with-Stand-/111309170176?pt=UK_BOI_Retail_Shop_Fitting_POS_Equipment_ET&hash=item19ea8b2600 (14.01.2015)
14. Mazurov, O. Connecting barcode scanner to Arduino using USB Host Shield. [WWW] <http://www.circuitsathome.com/mcu/connecting-barcode-scanner-arduino-usb-host-shield#more-6624> (14.01.2015)
15. Android Arduino Bluetooth RS232 Barcode Scanner Project. [WWW] <https://github.com/riis/AndroidArduino/wiki/Android-Arduino-Bluetooth-RS232-Barcode-Scanner-Project> (14.01.2015)
16. RS-232 Arduino tutorial. [WWW] <http://arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoSoftwareRS232> (14.01.2015)
17. Serial connection for your Arduino/Atmega. [WWW] <https://arduino diy.wordpress.com/2012/03/19/serial-connection-for-your-arduino-atmega/> (14.01.2015)
18. Sillmann, K. Applied Data Communication, Lecture 8: loengumaterjal. [WWW] <http://www.dcc.ttu.ee/LAP/ISP0051/loengud/Loeng08.pdf> (15.01.2015)
19. Serial Barcode Scanner. [WWW] <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=21168.0> (15.01.2015)
20. Maus, B. PS/2 barcode scanner with Arduino. [WWW] <http://playground.arduino.cc/ComponentLib/BarcodeScanner> (15.01.2015)

21. Bar Code Scanner and USB Host Shield. [WWW] <https://github.com/maox21/Arduino/blob/master/Bar%20Code%20Scanner%20and%20USB%20Host%20Shield> (15.01.2015)
22. Bluetooth Barcode Scanner. [WWW] http://www.ebay.com/itm/Bluetooth-Wireless-USB-Port-Laser-Barcode-Bar-Code-Scanner-for-Apple-IOS-Android-/111510031312?pt=LH_DefaultDomain_15&hash=item19f6840bd0 (15.01.2015)
23. ScanLife Barcode & QR Reader. [WWW] <https://itunes.apple.com/us/app/scanlife-barcode-qr-reader/id285324287?mt=8> (15.01.2015)
24. Barcode Scanner. [WWW] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.zxing.client.android> (15.01.2015)
25. Hill, J. The Limits of Memory: We Can Only Remember Four Thing at a Time. [WWW] http://www.dailygalaxy.com/my_weblog/2008/04/the-limits-of-m.html (22.01.2015)
26. Cowan, N. The Magical Mystery Four: How Is Working Memory Capacity Limited, and Why? [WWW] http://www.psychologicalscience.org/journals/cd/19_1_inpress/Cowan_final.pdf?q=the-recall-of-information-from-working-memory (22.01.2015)
27. 10 mm Round Red LED lights. [WWW] http://www.ebay.com/itm/50-100-200-pcs-10mm-Round-Diffused-white-Red-Green-Blue-Yellow-Orange-Light-LED-/111443043371?pt=US_Light_Bulbs&var=410431090958&hash=item19f285e42b (22.01.2015)
28. Standard Resistor Values. [WWW] <http://ecee.colorado.edu/~mcclurel/resistorsandcaps.pdf> (22.01.2015)
29. Takistid, massivid. [WWW] <http://www.oomipood.ee/category/takpote/takistid-massivid/> (22.01.2015)
30. Products of Analog Mux/Demux. [WWW] <http://www.ti.com/lstds/ti/switches-multiplexers/analog-mux-demux-products.page> (22.01.2015)
31. Understanding Binary, Decimal and Hexadecimal – A Tutorial. [WWW] http://east82.com/howto/ip_addressing/bin_dec_hex.htm (22.01.2015)
32. Multiplexers and Demultiplexers. [WWW] http://www.oomipood.ee/category/farnell_043026126/multiplexers-demultiplexers/?_cat (22.01.2015)
33. SN74154N Datasheet (PDF) – Texas Instruments.[WWW] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/27371/TI/SN74154N.html> (22.01.2015)
34. 74HC154; 74HCT154 4-to16 line decoder/demultiplexer, Product data sheet. [WWW] http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT154.pdf (22.01.2015)
35. Kõlarikaabel 2*0.35 punane-must CCA. [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/lsp-cca-0.35br/kolarikaabel-2-0-35mm-punane-must-cca> (22.01.2015)
36. 54AC11238, 74AC11238 3-line to 8-line decoders/demultiplexers. [WWW] http://www.ece.usu.edu/ece_store/spec/74AC11238.pdf (22.01.2015)
37. 74HC238; 74HCT238 3-to-8 line decoder/demultiplexer; Product data sheet. [WWW] http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT238.pdf (22.01.2015)
38. The MAX7219 and MAX7221 Led drivers. [WWW] <http://playground.arduino.cc/Main/MAX72XXHardware> (29.01.2015)
39. Maxim, SeriallyInterfaced, 8-Digit LED Display Drivers. [WWW] <http://www.ee.mut.ac.th/datasheet/doc/max7219.pdf> (29.01.2015)
40. Boxall, J. Tutorial – Arduino and the MAX7219 LED Display Driver IC. [WWW] <http://tronixstuff.com/2013/10/11/tutorial-arduino-max7219-led-display-driver-ic/> (29.01.2015)

41. LEDControl, a Arduino library for the MAX7221 and MAX7219. [WWW] <http://playground.arduino.cc/Main/LedControl> (29.01.2015)
42. MAX7219. [WWW] <http://playground.arduino.cc/LEDMatrix/Max7219> (29.01.2015)
43. Archive for „MAX7219“ Category. [WWW] <http://www.planetarduino.org/?cat=432> (29.01.2015)
44. Matrix & Sprite Libraries. [WWW] https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_Matrix.html (29.01.2015)
45. Energy saving 8W E27 RGBW Led ZigBee Light Bulb. [WWW] http://sonerlux.en.alibaba.com/product/60207452819-801219707/Energy_saving_8w_e26_e27_e14_gu10_rgbw_led_zigbee_light_bulb_clear_shell.html (29.03.2015)
46. ZigBee WI-FI LED Bulb 6W E27. [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/zigbee-home-automation-wifi-led-bulb_2018545492.html?s=p (29.03.2015)
47. Arduino USB laiendusplaat. [WWW] <http://www.ittgroup.ee/et/arduino-lisamoodulid/468-arduino-usb-laiendusplaat.html> (23.01.2015)
48. Arduino RS232 Shield V2. [WWW] <https://www.sparkfun.com/products/13029> (23.01.2015)
49. Arduino UNO Rev3. [WWW] <http://store.arduino.cc/product/A000066> (23.01.2015)
50. Arduino Leonardo with Headers. [WWW] <http://store.arduino.cc/product/A000057> (23.01.2015)
51. Arduino Uno. [WWW] <http://www.ittgroup.ee/et/arduino-arendusplaadid/85-arduino-uno.html> (23.01.2015)
52. Microcontroller board, Uno Atmega328, A000066. [WWW] https://www.elfa.se/elfa3~ee_et/elfa/init.do?item=10-389-19&toc=0&q=arduino (23.01.2015)
53. Arduino UNO USB Host Shield. [WWW] http://www.ebay.com/itm/New-USB-Host-Shield-Support-Google-Android-ADK-UNO-MEGA-Duemilanove-2560-Arduino-/141392947363?pt=AU_B_I_Electrical_Test_Equipment&hash=item20ebad28a3 (23.01.2015)
54. 3m USB Extension Cable. [WWW] http://www.ebay.com/itm/Hot-Retractable-Spring-type-A-3M-USB-2-0-male-to-female-Extension-Cable-Cord-/351259564073?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item51c8b39829 (23.01.2015)
55. IC Maxim MAX7219CNG. [WWW] http://www.ebay.com/itm/1PCS-IC-MAXIM-MAX7219CNG-IC-DRIVER-LED-DISPLAY-8DGT-24DIP-/370999242697?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item5661472fc9 (23.01.2015)
56. Makettplaat 100*200mm 3-sed saared. [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/h25ps200/makettplaat-100-200mm-3-sed-saared> (23.01.2015)
57. Male to male Breadboard Jumper Wire. [WWW] http://www.ebay.com/itm/10pcs-20cm-Dupont-Male-to-Male-Breadboard-Jumper-Wire-Raspberry-Pi-Arduino-/331404859329?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item4d2944d7c1 (23.01.2015)
58. The 5 Types Of Touch Screen Technology. Which One Is Best For You? [WWW] http://www.tru-vumonitors.com/images/Touch_Screen_Basics.Comparisons.pdf (27.01.2015)
59. Kendrick, J. Everything You Need to Know About Touchscreen Tablets. [WWW] <https://gigaom.com/2010/03/08/touchscreen-tablets/> (27.01.2015)

60. Feltges, H. Optical touchscreens benefits from compact, high-power infrared LEDs. [WWW] <http://www.ledsmagazine.com/articles/print/volume-10/issue-9/features/optical-touchscreens-benefit-from-compact-high-power-infrared-leds-magazine.html> (27.01.2015)
61. Tahvelarvutid – Klick. [WWW] <https://www.klick.ee/tahvelarvutid.html#limit=36> (28.01.2015)
62. Tahvelarvutid ja Ipad : Euronics. [WWW] http://www.euronics.ee/tooted/s/525/p/142_4859 (28.01.2015)
63. Tahvelarvutid 10“ ekraaniga : Hansapost. [WWW] <http://www.hansapost.ee/c/elektroonika/tahvelarvutid/10-ekraaniga/970/sorteeri-soodsamad/> (28.01.2015)
64. Tahvelarvutid : 1a. [WWW] http://www.1a.ee/arvutitehnika/tahvelarvutid/filter/42-2235,50341,56072/max_price/200 (28.01.2015)
65. Tahvelarvutid : ONOFF. [WWW] http://www.onoff.ee/arvutid-jalisd/tahvelarvutid/#sort_by=price&sort_method=asc&&price=0-215&onpage=23&list=1&Ekraani%20diagonaal=10%2C1%7C%7C10%2C1" (28.01.2015)
66. App Engine. [WWW] <https://cloud.google.com/appengine/?gclid=CMGA-Yz1s8MCFaHHtAodYmcALA> (28.01.2015)
67. Building Your First App. [WWW] <https://developer.android.com/training/basics/firstapp/index.html> (28.01.2015)
68. Monitorid: Digizone. [WWW] [https://www.digizone.ee/et/106/Arvutikaubad/117/Monitorid#cat=117&listmode=list&p=0&sort=currentprice_asc&perpage=20&filter\[1964\]=258](https://www.digizone.ee/et/106/Arvutikaubad/117/Monitorid#cat=117&listmode=list&p=0&sort=currentprice_asc&perpage=20&filter[1964]=258) (28.01.2015)
69. 23“ LED-monitor LG 23ET83 : Elion. [WWW] <https://pood.elion.ee/productInfo/28/23-led-monitor-lg-23et83/23ET83V-W> (28.01.2015)
70. Puutetundlik monotor : POS Elektroonika. [WWW] http://www.pos.ee/Kaalud_Tooted/Monitorid/Puutetundlik%2015*LCD%20monitor (28.01.2015)
71. Monitorid : Hinnavaatlus. [WWW] <http://www.hinnavaatlus.ee/products/Arvutikomponendid/Monitorid/?search=ae073be08dbc746c1eae48b1174fede5> (28.01.2015)
72. Asus monitor VT207N 19.5“ LED must : Digizone. [WWW] [https://www.digizone.ee/et/106/Arvutikaubad/117/Monitorid/205347/Asus-monitor-VT207N-19-5%22-LED-must#cat=117&listmode=list&p=0&sort=currentprice_asc&perpage=20&filter\[1964\]=258&iid=205347](https://www.digizone.ee/et/106/Arvutikaubad/117/Monitorid/205347/Asus-monitor-VT207N-19-5%22-LED-must#cat=117&listmode=list&p=0&sort=currentprice_asc&perpage=20&filter[1964]=258&iid=205347) (28.01.2015)
73. Laaarvutid : Dreamline. [WWW] <http://dreamline.ee/index.php?route=product/category&path=20> (28.01.2015)
74. Kõik ühes arvutid : Datagate. [WWW] <http://www.datagate.ee/arvutid/koik-uhes-arvutid/aio-215-fhd-1920x1080p-2-ptouch-wantiscratch-coating-android-41-15ghz-dc-8gb-wifirj45bt40-webcammicspeakers-hdmi-usb2xa-1-otg-viewsonic/> (28.01.2015)
75. Ordi Aio 119e + Win8.1B. [WWW] <http://www.ordi.ee/EPood/Product.aspx?MC=ARVUTID&IC=9950&ItemID=9950-1045> (28.01.2015)
76. RFID Journal. [WWW] <http://www.rfidjournal.com/site/faqs> (30.01.2015)
77. Shepard, S. RFID : Radio Frequency Identification. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2005.

78. Kuusik, A. Sissejuhatus RFID temaatikasse (ja kasutusvõimalustesse logistikas). [WWW] <http://elin.ttu.ee/elikohei/?id=1035> (30.01.2015)
79. RFID Journal forum. [WWW] <http://www.rfidjournal.com/blogs/experts/entry?10684> (30.01.2015)
80. Joandi, E., Kuusik, A., Tammet, T. RFID kasutusvõimaluste analüüs ning soovitud eesti ID-kaardi täiendamise kontekstis : analüüs. Tallinn, Tallinna Tehnikaülikool, 2008.
81. Information technology – Radio frequency identification for item management – Part 3: Parameters for air interference communications at 13,56 MHz : ISO/IEC 18000-3:2010. Geneva, Switzerland: ISO copyright office, 2010.
82. Trasher, J. RFID vs. NFC: What's the Difference? <http://blog.atlasrfidstore.com/rfid-vs-nfc> (30.01.2015)
83. NFC – Near Field Communication Technology – Insights. [WWW] <http://idlebrains.org/technology/wireless-technology/nfc-near-field-communication-technology/> (30.01.2015)
84. The Difference Between NFC and RFID – Explained. [WWW] http://rapidnfc.com/blog/72/the_difference_between_nfc_and_rfid_explained (30.01.2015)
85. How does metal affect RFID read ranges? [WWW] <http://support.simplyrfid.com/product-support/asset-management/nox-rfid-tagging/nox-rfid-tagging-faq/how-does-metal-affect-rfid-read-ranges> (30.01.2015)
86. USB NFC Reader. [WWW] http://www.ebay.com/itm/Mini-USB-Mifare-RFID-reader-with-NFC-sticker-IC-card-keyfob-Windows-Mac-Android-/151420796906?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item234161ffea (06.03.2015)
87. NFC Contactless Smart Reader. [WWW] http://www.ebay.com/itm/NFC-ACR122U-RFID-Contactless-Smart-Reader-Writer-USB-5X-Mifare-IC-Card-GA-/181657719324?pt=LH_DefaultDomain_15&hash=item2a4ba4d21c (01.04.2015)
88. NFC USB reader. [WWW] http://goldbridgesz.en.alibaba.com/product/60013504095-221677348/Best_professional_iso14443a_iso15693_nfc_bluetooth_reader.html?edm_src=sys&edm_type=fdbk&edm_grp=0&edm_cta=read_msg&edm_time=realtime&edm_ve=r=e (01.04.2015)
89. NFC Bluetooth Reader. [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/HF-Bluetooth-RFID-Reader-for-Portable_493207922.html (06.03.2015)
90. Wireless Bluetooth RFID Reader. [WWW] http://www.ebay.com/itm/Wireless-Bluetooth-RFID-Card-Reader-Support-ISO14443-A-Cards-Android-OS-/281533648996?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item418cb69064 (06.03.2015)
91. NFC Tags Sticker. [WWW] http://www.ebay.com/itm/100pcs-NTAG203-25mm-Circle-NFC-RFID-Tags-Sticker-for-All-NFC-Devices-SS-TECH-/121585781541?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item1c4f13cb25 (06.03.2014)
92. RFID Tag. [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/Wholesale-100-pcs-lot-Rfid-Library_60105151492.html (06.03.2014)
93. Arduino Proto Wireless Shield. [WWW] <http://store.arduino.cc/product/A000064> (06.03.2015)
94. Bluetooth Shield Arduino. [WWW] http://www.ebay.com/itm/HC-06-Wireless-Bluetooth-Bee-V2-0-Slave-Module-Xbee-V03-Shield-Board-Arduino-W-/221636440865?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item339a8fb321 (06.03.2015)
95. 5V 15A Power Supply. [WWW] http://www.ebay.com/itm/New-5V-15A-Switching-Power-Supply-Transformer-for-CCTV-LED-Light-/221551656040?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item339581fc68 (06.03.2015)

96. USB 3m Extension Cable. [WWW] http://www.ebay.com/itm/USB-3-0-1-5Ft-6Ft-10Ft-1-8m-3m-A-Male-To-Male-Plug-Extension-Adapter-Cable-Char-/121341587521?pt=LH_DefaultDomain_0&var=&hash=item1c4085b041 (06.03.2015)
97. USB Adapter. [WWW] <http://www.ebay.com/itm/New-Black-13-Ports-High-Speed-USB-2-0-Powered-Adapter-Hub-Splitter-for-Laptop-PC/390867804233?trksid=p2047675.c100005.m1851&trkparms=aid%3D222007%26algo%3DSIC.MBE%26ao%3D1%26asc%3D27705%26meid%3Df729736c73a64d18a226c8366bd41fc9%26pid%3D100005%26rk%3D2%26rkt%3D6%26sd%3D161276764798&rt=nc> (06.03.2015)
98. DC Power Cable Connector. [WWW] http://www.ebay.com/itm/Hot-Male-Plug-3-5mm-x-1-0mm-DC-Power-cable-Connector-Adapter-black-Head-For-CCTV-/281496019092?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item418a786094 (06.03.2015)
99. Kõlarikaabel 2*2.5mm läbipaistev CCA. [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/lsp-0511c/kolarikaabel-2-2-5mm-labipaistev-cca> (06.03.2015)
100. Eesti maaelu entsüklopeedia : [I], A-K / M. Aasmäe, E. Linask, A. Nõunik, A. Sillaots. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus, 2008.
101. Mini Screw Conveyor. [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/Mini-Screw-Conveyor-for-Lab-Extruder_1234295015.html (07.03.2015)
102. Parts Feeder Bowl. [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/Parts-feeder-bowl_514380052.html?s=p (07.03.2015)
103. Belt Conveyot. [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/High-abrasion-resistant-belt-conveyor_60025306644.html (12.03.2015)
104. Hänel Rotomat storage carousel. [WWW] <http://www.automated-systems.com/hanelproducts.htm> (17.03.2015)
105. Lean Lift Vertical Lift Module. [WWW] http://otc.hanelstoragesystems.com/Lean_Lift_Vertical_Lift_Module.html (17.03.2015)
106. Rugged circuits. [WWW] <http://www.ruggedcircuits.com> (08.05.2015)
107. Arduino proto Shield. [WWW] <http://store.arduino.cc/product/A000077> (08.08.2015)
108. Arduino kruvipesa laiendusplaat. [WWW] <http://www.ittgroup.ee/et/arduino-lisamoodulid/229-arduino-kruvipesa-laiendusplaat.html> (08.05.2015)
109. 24 M/S pesa ICVT24P. [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/icvt%2024p/24-m-s-pesa-icvt24p> (11.05.2015)
110. Xbee Shield V.1.1.[WWW] <http://www.robotshop.com/media/files/pdf/datasheet-shd005.pdf> (11.05.2015)
111. Arduino USB Host Shield. [WWW] <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoUSBHostShield> (11.05.2015)
112. Lendino, J. How USB charging works, or how to avoid blowing up your smartphone. [WWW] <http://www.extremetech.com/computing/115251-how-usb-charging-works-or-how-to-avoid-blowing-up-your-smartphone> (05.05.2015)
113. Universal 80W 16A 16 Ports USB Wall Charger [WWW] http://www.ebay.com/itm/Universal-80W-16A-16-Ports-USB-Wall-Charger-Multi-Port-for-USB-Powered-Devices-/131451741140?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item1e9b2263d4 (05.05.15)
114. RFID Bluetooth reader. [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/iso14443a-rfid-bluetooth-reader-with-USB_60153029943.html?s=p (06.05.15)
115. 1.8M USB 2.0 A Male to Mini B Cable. [WWW] http://www.ebay.com/itm/High-Speed-6FT-1-8M-USB-2-0-A-male-plug-to-MINI-B-5-PIN-5P-male-data-leads-Cable-/321599396914?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item4ae0d15c32 (06.05.15)

116. 3M USB 2.0 A Male to Female Cable. [WWW] http://www.ebay.com/itm/3M-5M-USB-2-0-A-Male-to-A-Female-M-F-Extension-Cable-Cord-for-PC-Laptop-Notebook-/151270673033?pt=LH_DefaultDomain_0&var=&hash=item23386f4a89 (06.05.15)
117. Box for Arduino. [WWW] <http://store.arduino.cc/product/A000009> (08.05.2015)
118. Huntel Automation OstovBox. [WWW] <https://www.hunter-automation.com/ProductPage.aspx?prod=1000> (08.08.2015)
119. GrabCAD. [WWW] <https://grabcad.com/library?query=arduino> (12.05.2015)
120. Arduino Uno. [WWW] <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> (12.05.2015)
121. Arduino Mega. [WWW] <https://www.adafruit.com/products/191> (12.05.2015)
122. TuxCASE for Arduino DUE. [WWW] <http://www.irodeo.com/content/tuxcase-arduino-due> (12.05.2015)
123. USB Overview. [WWW] <https://www.accesscomms.com.au/reference/usb.htm> (12.05.2015)
124. Bluetooth RFID Reader DL990. [WWW] <http://www.rfid-in-china.com/13-56mhz-hf-bluetooth-rfid-reader-dl990.html> (14.05.2015)
125. Communication between Android and Arduino with Bluetooth (2). [WWW] <http://www.electfreaks.com/829.html> (17.05.2015)
126. Bluetooth Shield. [WWW] http://www.seeedstudio.com/wiki/Bluetooth_Shield (17.05.2015)
127. Bluetooth tutorial 1. [WWW] <http://arduinobasics.blogspot.com/2013/01/arduino-basics-bluetooth-tutorial.html> (17.05.2015)
128. 27k takisti : Oomipood. [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/1w%2027k/27k-1w> (18.05.2015)
129. 10 uF kondensaator : Oomipood. [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/10/50pht/10uf-50v-105c-5-11mm> (18.05.2015)
130. 100 nF kondensaator : Oomipood. [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/c100n0/100nf-50v-5mm> (18.05.2015)
131. USB Type A Female to USB Type B Male Adapter. [WWW] http://www.ebay.com/itm/USB-Type-A-Female-to-USB-Type-B-Male-Adapter-New-/301599298138?pt=LH_DefaultDomain_2&hash=item4638b8125a (18.05.2015)
132. 2 mm Lexan Polycarbonate Sheet. [WWW] http://www.ebay.com/itm/2MM-LEXAN-POLYCARBONATE-SHEET-A5-SIZE-210MM-X-148MM-/121002572741?pt=LH_DefaultDomain_3&var=&hash=item1c2c50bbc5 (18.05.2015)
133. Plastik-distantspuks. [WWW] http://www.ronex.ee/Tootekataloog/Distantspuksid_must_polustureen/plastik_distantspuks_5mm_m3_bus05 (18.05.2015)
134. Brass Inserts fot Plastic. [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/Brass-Straight-knurl-press-fit-inserts_457137199.html (18.05.2015)
135. Nurgik : K-Rauta. [WWW] <https://www.k-rauta.ee/ehituspood/tooriistad-ja-rauakaubad/rauakaubad/naelutus--ja-nurgaplaadid/nurgik-70x70x55x2-0> (18.05.2015)
136. Valge kahepoolne kinnitusteip : Pakendikeskus. [WWW] <http://www.pakendikeskus.ee/p/valge-kahepoolne-kinnitusteip-tesa-19mm-lai-rullis-5m/662405> (18.05.2015)
137. Lüliti ON-OFF : Oomipood. [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/r1823a/luliti-on-off-250v-1a-punane-pbs12a> (19.05.2015)
138. Seadme ohutuse seadus. (Vastu võetud 18.02.2015, jõustub 01.07.2015). – Elektrooniline Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/SeOS> (19.05.2015)

139. Töötervishoiu ja tööohutuse seadus. (Vastu võetud 16.06.1999, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 01.03.2015). – Elektrooniline Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/126022015017> (19.05.2015)
140. Laser Safety Facts. [WWW] <http://www.lasersafetyfacts.com/laserclasses.html> (19.05.2015)
141. Elektriohutusseadus. (Vastu võetud 24.01.2007, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 01.01.2014). – Elektrooniline Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/129062014015> (19.05.2015)
142. RFID reader. [WWW] http://www.china-rfid-readers.com/Bluetooth_RFID_Readers/products-1176.html (19.05.2015)
143. Arduino Uno – R3. [WWW] <https://www.sparkfun.com/products/11021> (19.05.2015)
144. CE Testing. [WWW] <http://www.compeng.com.au/ce-testing/> (19.05.2015)
145. Installation, use and maintenance, risk assessment manual. Slot-in shelves System Light Bi-Bloc. [WWW] http://www.marcegaglia.it/ponteggi/pdf/manualeLightBibloc/man_monLIGHTBIBLOC_EN_febb10.pdf (19.05.2015)
146. RoHS Guide. [WWW] <http://www.rohsguide.com/> (19.05.2015)
147. National Carbon Offset Standard Carbon Neutral Program, [WWW] <http://www.environment.gov.au/climate-change/carbon-neutral/carbon-neutral-program> (19.05.2015)
148. 11 Facts About E-Waste. [WWW] <https://www.dosomething.org/facts/11-facts-about-e-waste> (20.05.2015)
149. Hadi, P., Xu, M., Lin, S. K. C., Hui C.-W., McKay G. Waste printed circuit board recycling techniques and product utilization. – *Journal of Hazardous Materials*, 2015, 283, 234 – 243. [Online] ScienceDirect (20.05.2015)
150. Elektroonika jäätmed : Ragn - Sells. [WWW] <http://www.ragnsells.ee/vanaelektroonika> (20.05.2015)
151. Põnevaid fakte taaskasutamisest : Ragn – Sells. [WWW] <http://www.ragnsells.ee/keskkonnafaktid> (20.05.2015)

LISAD

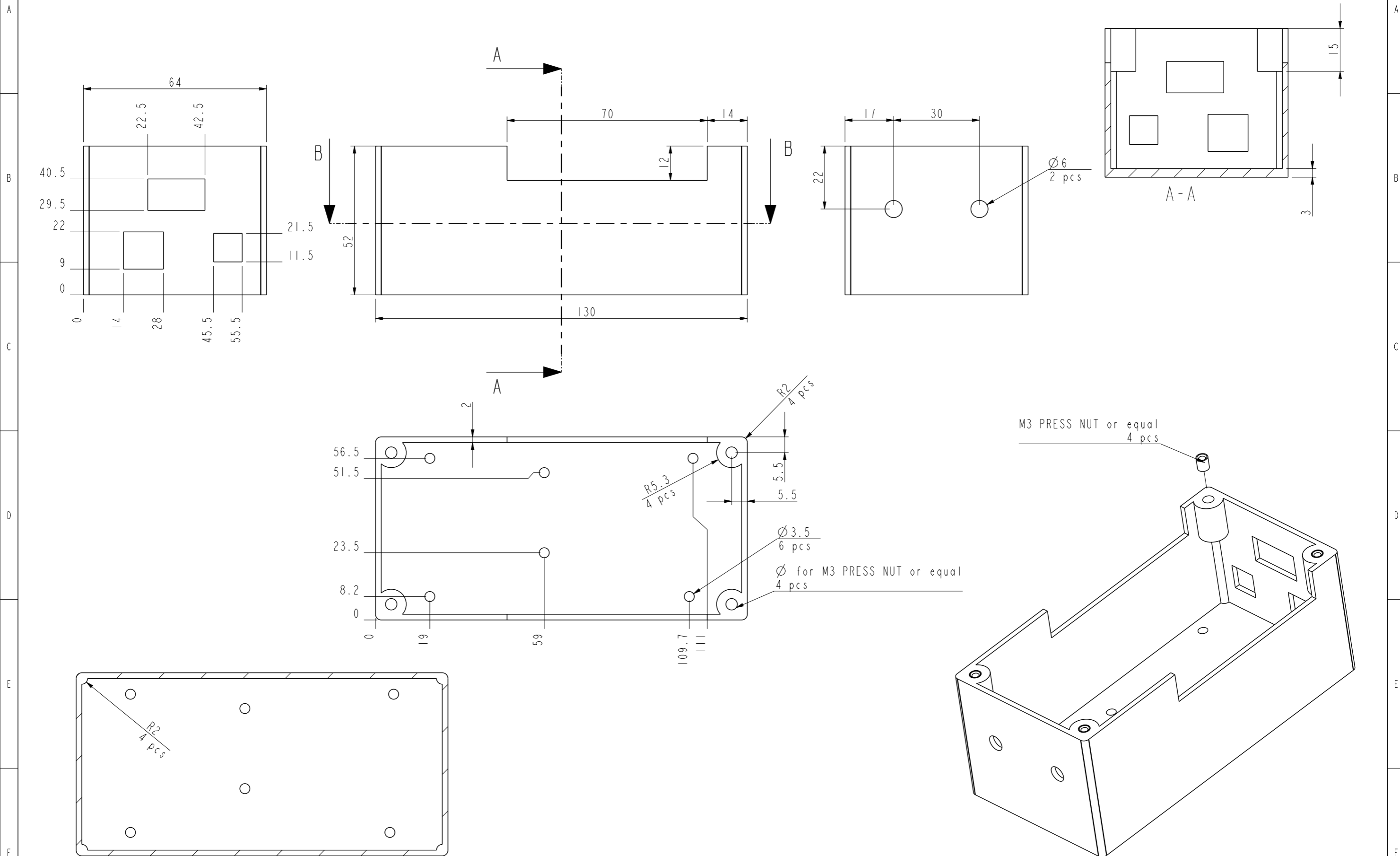
LISA 1. KORPUSE JOONIS.....	72
LISA 2. KORPUSE KAANE JOONIS.....	73
LISA 3. KORPUSE KOOSTEJOONIS.....	74
LISA 4. RIIULI VAHEPLAADI JOONIS.....	76

KORPUSE_ALUS
KORPUSE_ALUS (ASSEM)

0+
- .0+

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.
© ABB Oy. PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION. CONFIDENTIAL

First angle projection. Original drawing made with 3D CAD. Set the correct scale factor when adding dimensions after DWG/DXF conversion.

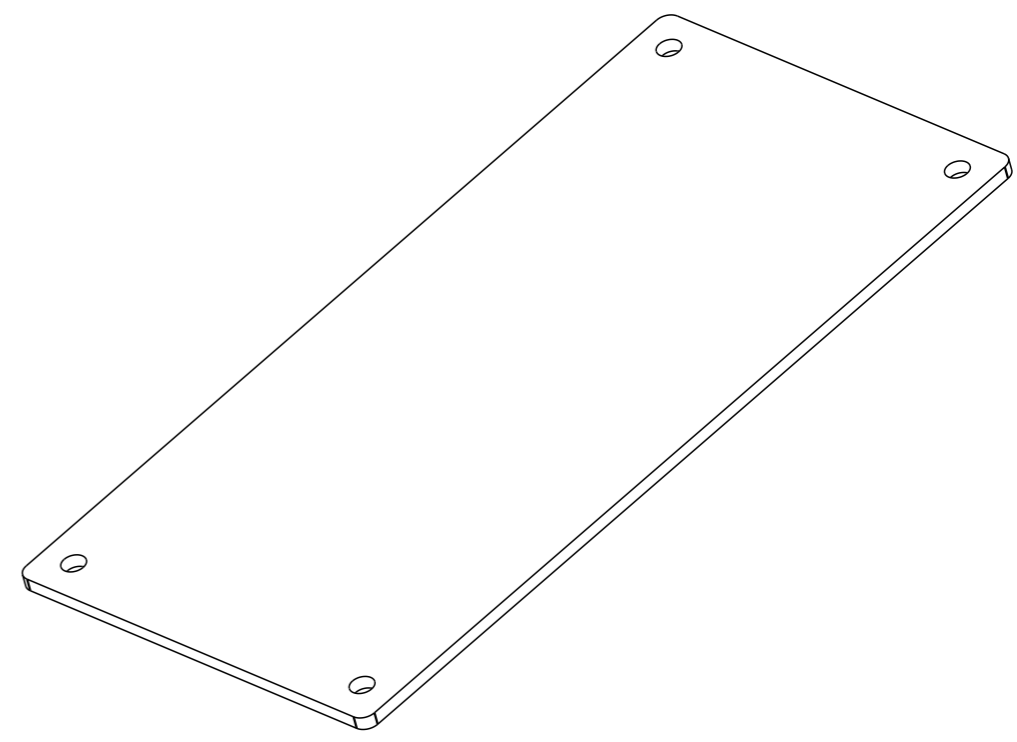
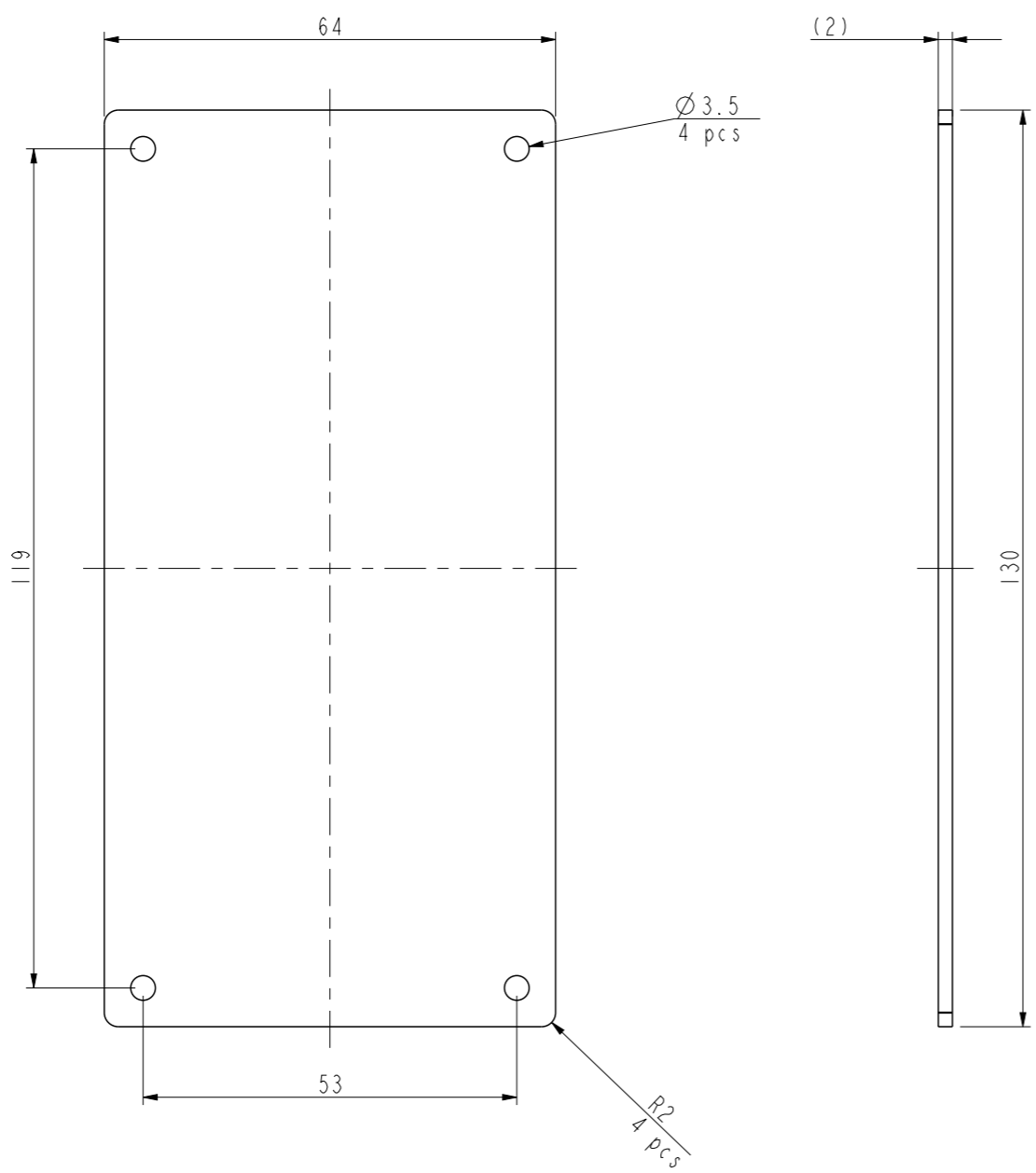


Based on	Prepared	Title	Doc. des.	Scale	Form	
Customer	Check.			4:5	A3	
	Appr.		Resp.dept.	Rev.ind.	.0 ()	Lang. EN
Cust. Doc. No.	Project name		Doc. No.			Sheet 1
DMS Number	Weight kg 0.49		Total 1			

KORPUSE_KAAS	-.0+	We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. © ABB Oy. PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION. CONFIDENTIAL
KORPUSE_KAAS (PART)	-.1	

First angle projection. Original drawing made with 3D CAD. Set the correct scale factor when adding dimensions after DWG/DXF conversion.

A	Initial Approval	15-May-15	M. Karu
---	------------------	-----------	---------



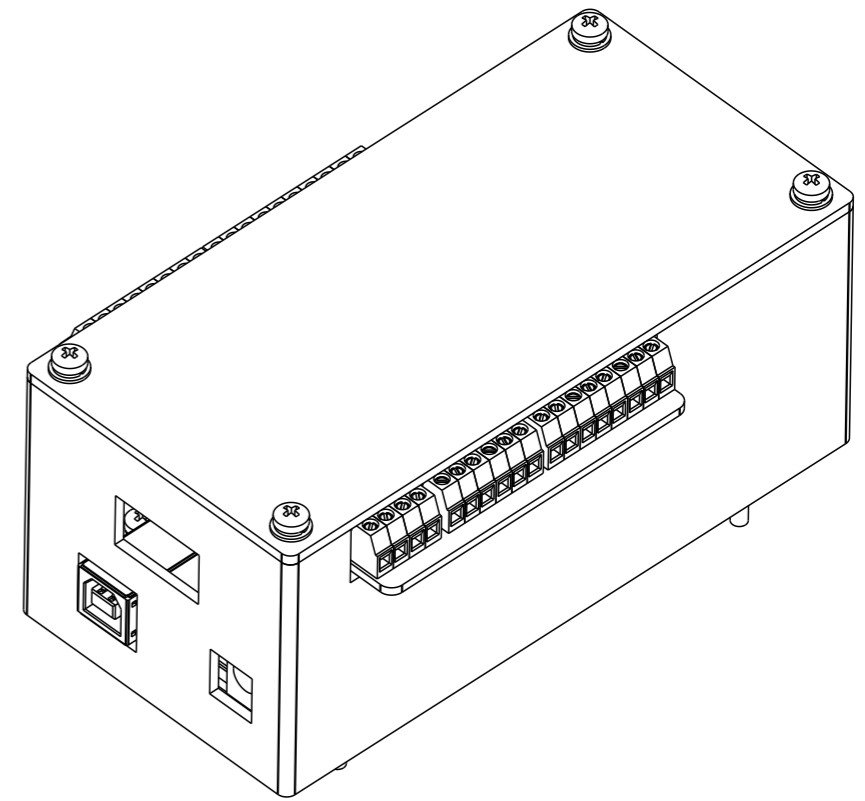
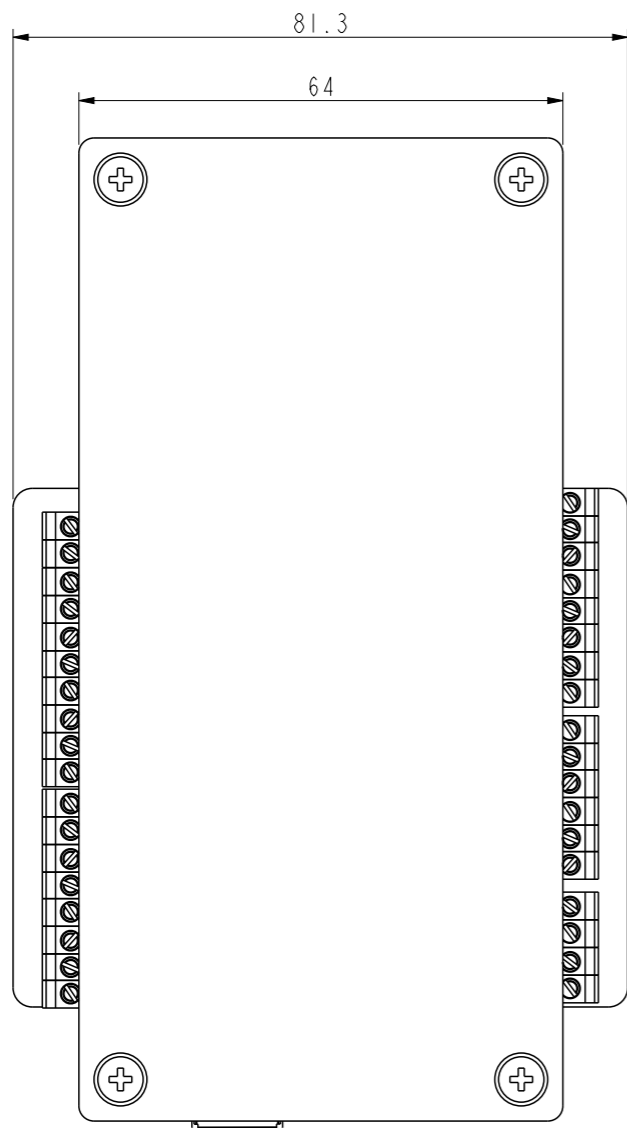
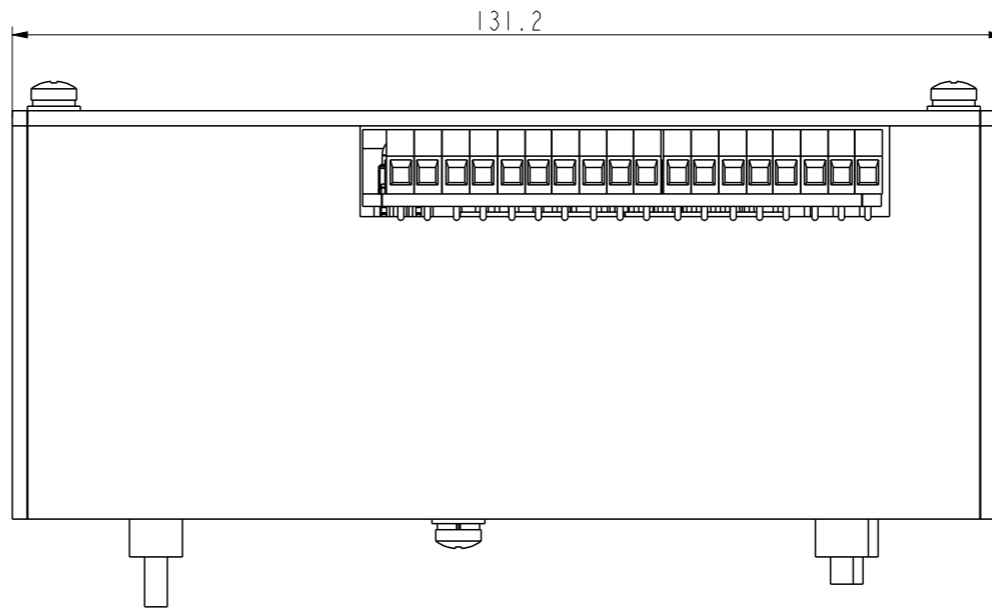
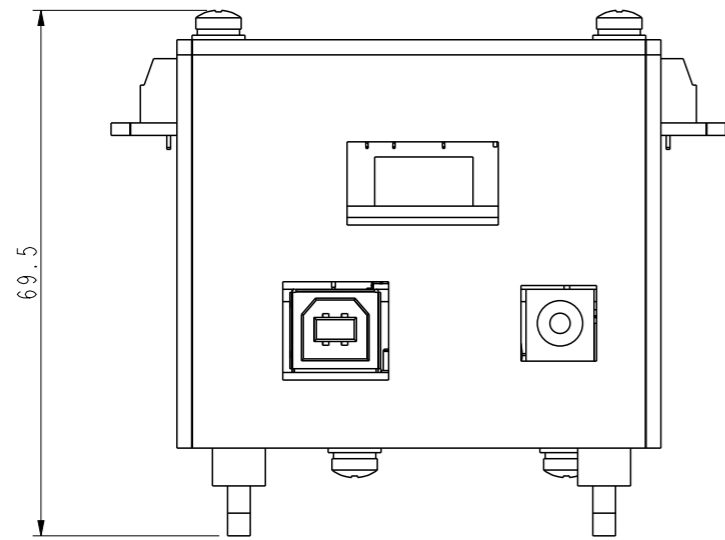
Material: POLYCARB. (PC) SHEET 2,0mm
 SABIC LEXAN 9030
 UL94 V2
 UNMARKED BEND RADII R=0,6MM
 Coating: COLOR: CLEAR
 Gen Tol: ISO 2768-m

Based on	Prepared	M. Karu	15-May-15
Customer	Check.		15-May-15
	Appr.		15-May-15
Cust. Doc. No.	Project name		
DMS Number	Weight kg	0.02	

Title SHROUD, PLASTIC BOX COVER	
ABB	

Doc. des.	DETAIL DRAWING	Scale	1:1	Form	A3	Lang. EN
Resp.dept.		Rev.ind.	-.0 (DR)			
Doc. No.				Sheet	1	Total

1	2	3	4	5	6	7	8	
ARDUINO_W_3_JA_KORPUS		0+	We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.		First angle projection. Original drawing made with 3D CAD. Set the correct scale factor when adding dimensions after DWG/DXF conversion.			
ARDUINO_W_3_JA_KORPUS (ASSEM)		-.0+	© ABB Oy. PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION. CONFIDENTIAL					



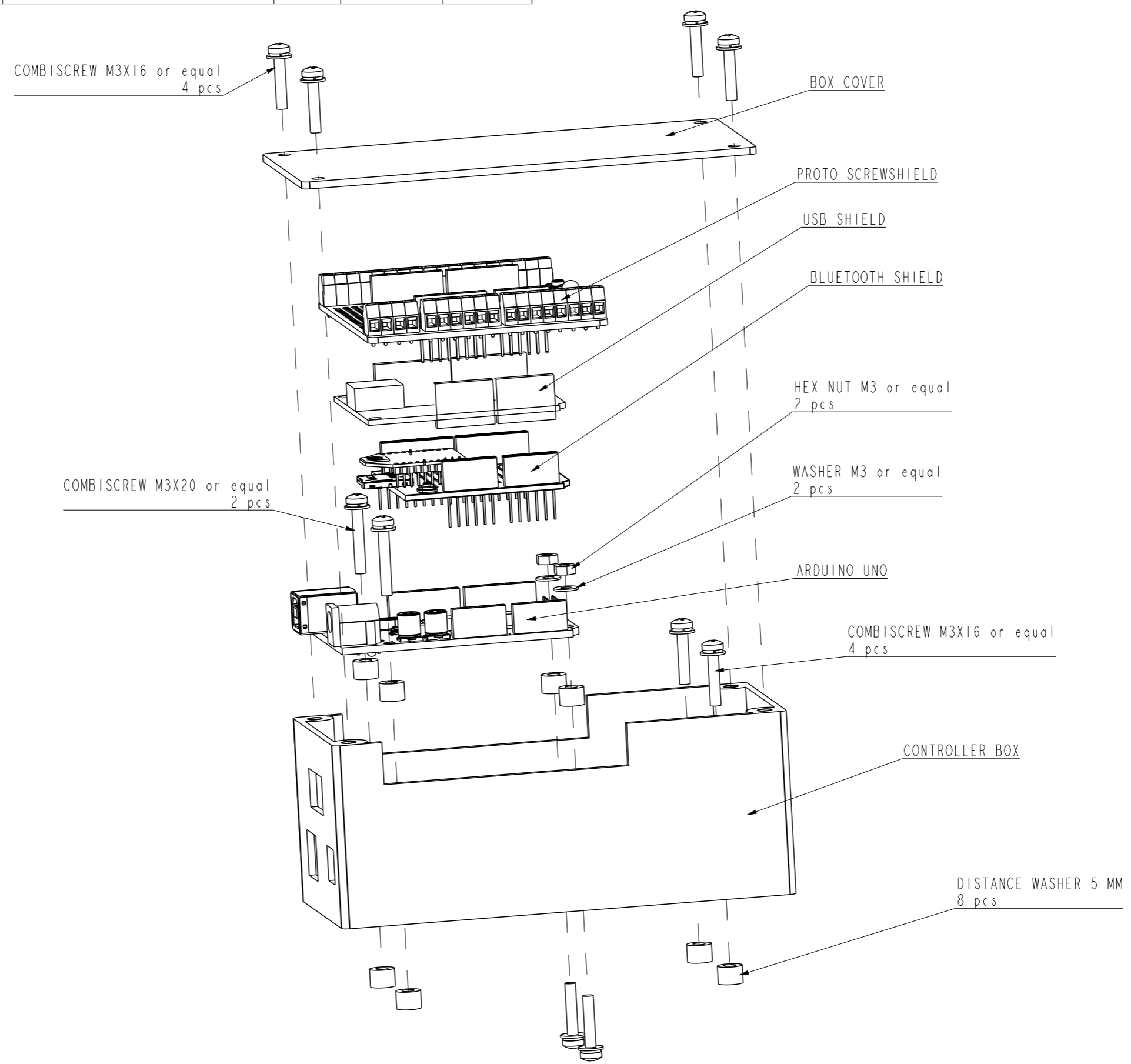
Based on	Prepared	Title	Doc. des.	Scale	Form	
Customer	Check.			1:1	A3	
	Appr.		Resp.dept.	Rev.ind.	.0 ()	Lang. EN
Cust. Doc. No.	Project name		Doc. No.			Sheet 1
DMS Number	Weight kg 0.97					Total 2

ARDUINO_W_3_JA_KORPUS
 ARDUINO_W_3_JA_KORPUS (ASSEM)

0+
 -.0+

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.
 © ABB Oy. PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION. CONFIDENTIAL

First angle projection. Original drawing made with 3D CAD. Set the correct scale factor when adding dimensions after DWG/DXF conversion.

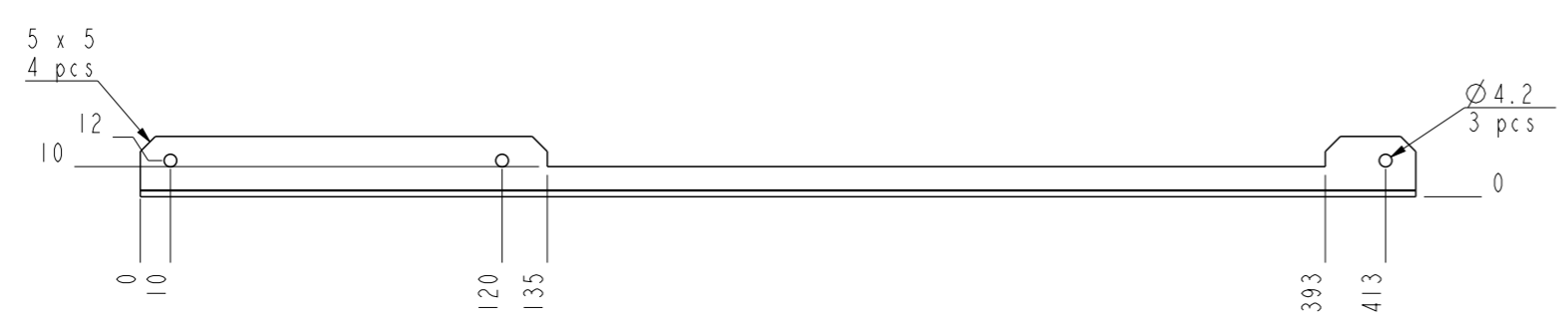
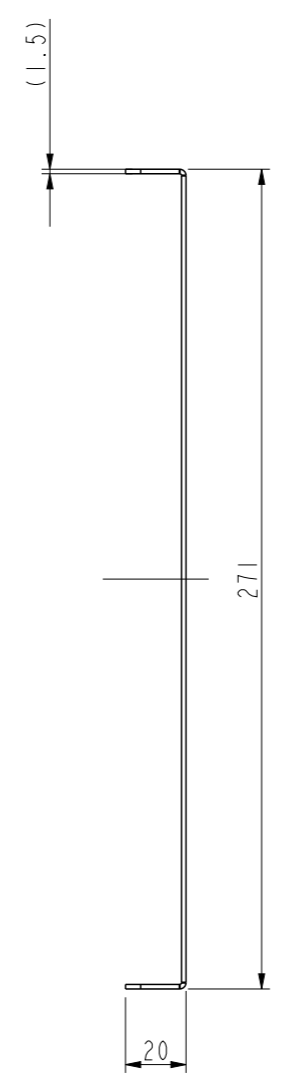
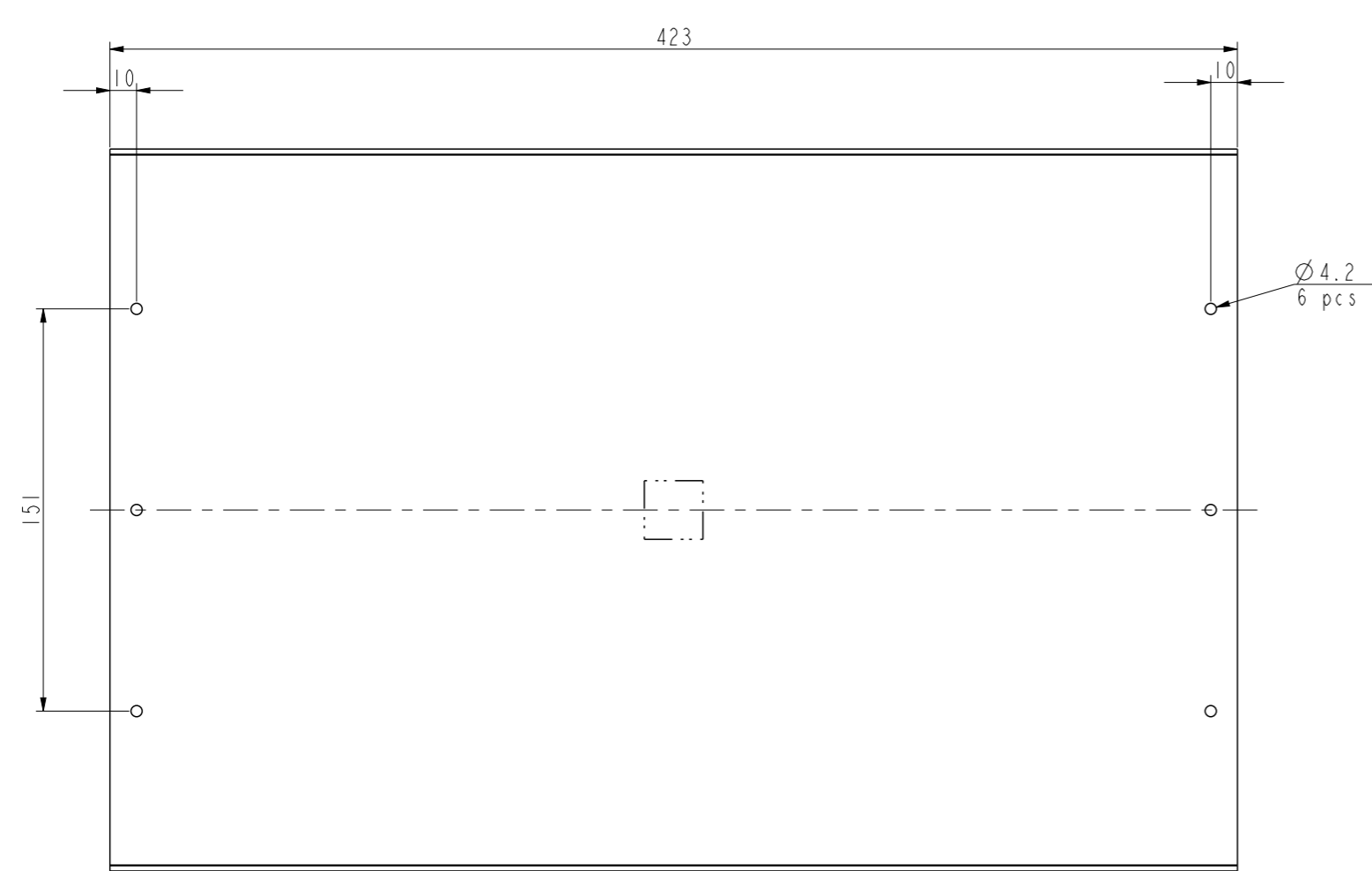


4:5

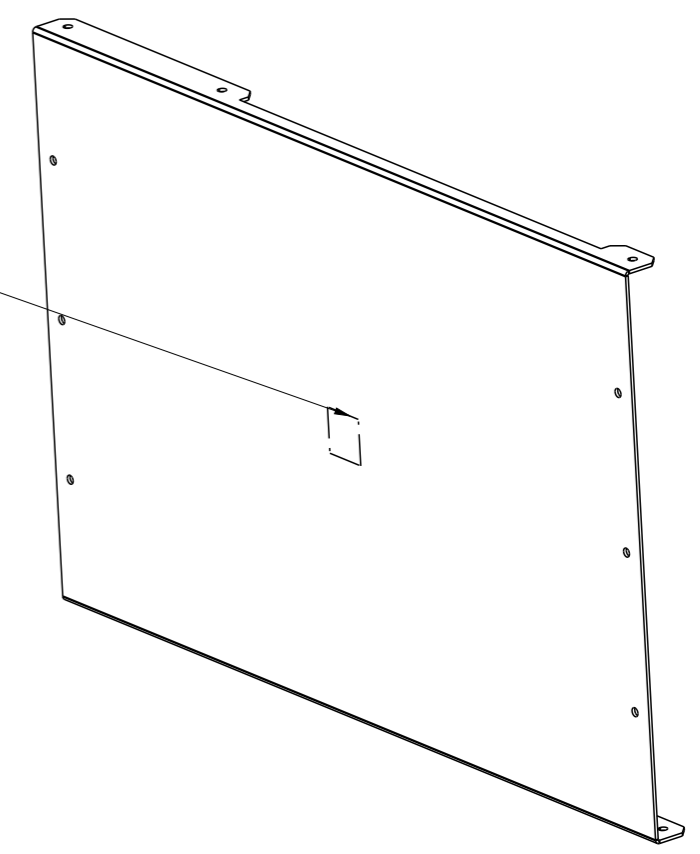
Based on	Prepared	Title	Doc. des.	Scale	Form	
Customer	Check.			1:1	A3	
	Appr.		Resp.dept.	Rev.ind.	.0 ()	Lang. EN
Cust. Doc. No.	Project name		Doc. No.			Sheet 2
DMS Number	Weight kg 0.86		Total 2			

VAHEPLAAT_1 0+ We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. © ABB Oy. PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION. CONFIDENTIAL First angle projection. Original drawing made with 3D CAD. Set the correct scale factor when adding dimensions after DWG/DXF conversion.

A	Initial Approval	16-May-15	M. Karu
---	------------------	-----------	---------



Identification mark inside marked area (min size 22x22 mm)



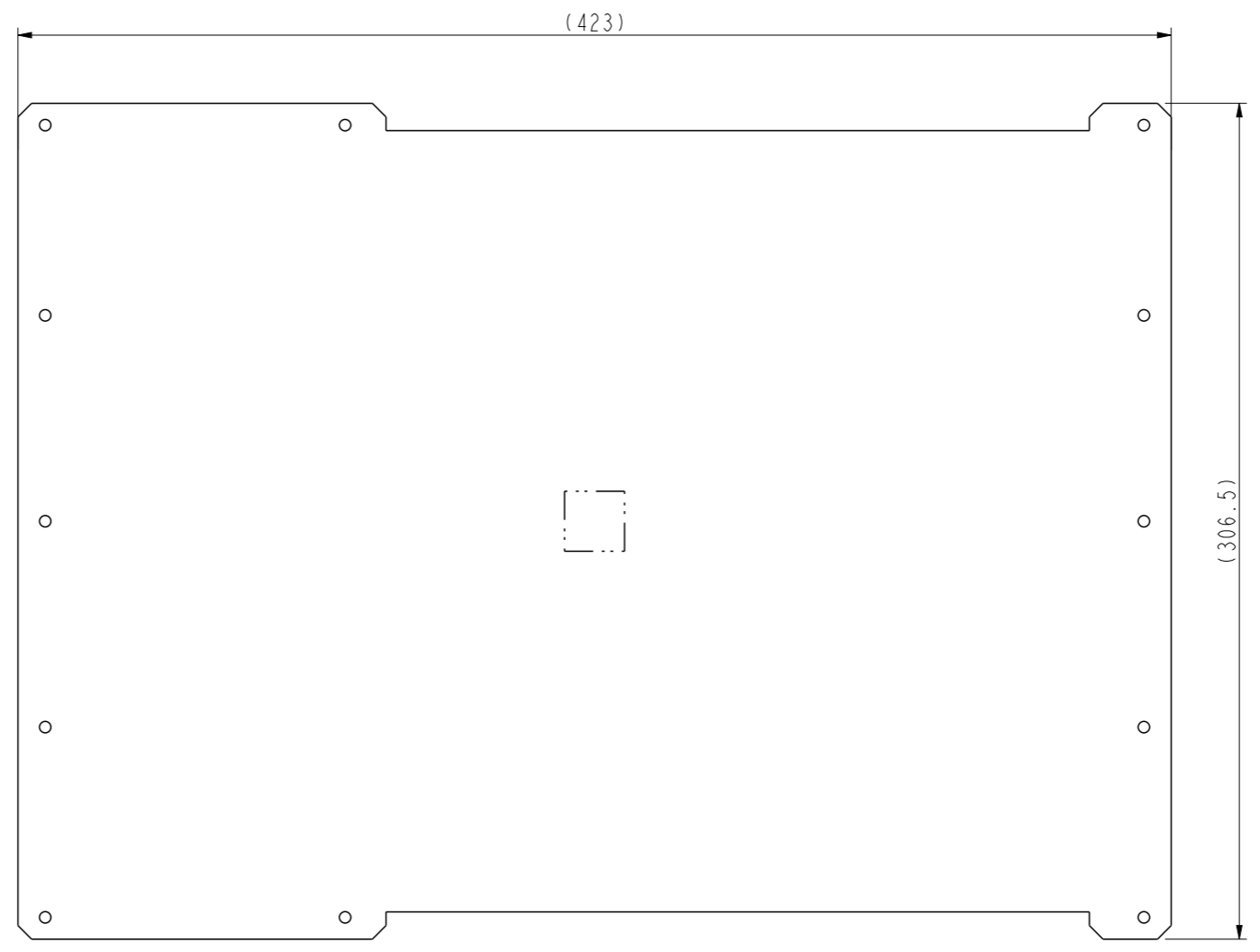
Material: HDG STEEL SHEET 1,5mm
 DX51D+Z275-M-A-C
 EN 10327
 UNMARKED BEND RADII R=0,6MM
 Coating: Degreasing cleaning
 Gen Tol: ISO 2768-m

Based on	Prepared	M. Karu	16-May-15	Title SUPPORT, STEEL VAHEPLAAT 1
Customer	Check.		16-May-15	
	Appr.		16-May-15	
Cust. Doc. No.	Project name			ABB
DMS Number	Weight kg	1.46		

3:10		Doc. des.	Scale	Form	Lang. EN
		DETAIL DRAWING	2:5	A3	
Resp.dept.	Rev.ind.	.0 ()		Sheet	1
Doc. No.				Total	2

VAHEPLAAT_I	0+	We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. © ABB Oy. PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION. CONFIDENTIAL
VAHEPLAAT_I (PART)	0+	
A	Initial Approval	16-May-15 M. Karu

First angle projection. Original drawing made with 3D CAD. Set the correct scale factor when adding dimensions after DWG/DXF conversion.



FLAT STATE FOR REFERENCE ONLY

Material: HDG STEEL SHEET 1,5mm
 DX51D+Z275-M-A-C
 EN 10327
 UNMARKED BEND RADII R=0,6MM
 Coating: Degreasing cleaning
 Gen Tol: ISO 2768-m

Based on	Prepared M. Karu	16-May-15
Customer	Check.	16-May-15
	Appr.	16-May-15
Cust. Doc. No.	Project name	
DMS Number	Weight kg	1.46

Title SUPPORT, STEEL	Doc. des.	Scale	Form
VAHEPLAAT I	DETAIL DRAWING	2:5	A3
	Resp.dept.	Rev.ind.	Lang. EN
	Doc. No.	.0 ()	Sheet 2
			Total 2

