



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Tartu kolledž

**INVAVANNITOA KRAANIKAUSI JA PEEGLI
KÕRGUST REGULEERIVA MEHHANISMI
AUTOMATISEERIMINE
DISABLED BATHROOMS WASHBASIN AND
MIRROR HEIGHT ADJUSTMENT SYSTEM
AUTOMATION**

RAKENDUSKÕRGHARIDUSE TÖÖ

Üliõpilane: Tarmo Kuusk

Üliõpilaskood: 180445EDTR

Juhendajad: Aime Ruus, programmijuht/direktor
Taavi Kase, insener

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"15" jaanuar 2023

Autor: /Allkirjastatud digitaalselt/

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 202.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Tarmo Kuusk (sünnikuupäev: 08.03.1980)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Invavannitoa kraanikausi ja peegli kõrgust reguleeriva mehhanismi automatiseerimine, mille juhendaja on Taavi Kase,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

/allkirjastatud digitaalselt/

_____ (kuupäev)

TalTech Tartu kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Tarmo Kuusk, 180445EDTR

Õppekava, peeriala: EDTR17/17 - Telemaatika ja arukad süsteemid, peeriala 2 -
Küberfüüsikalised süsteemid

Juhendaja(d): Aime Ruus, Taavi Kase

Lõputöö teema:

Invavannitoa kraanikausi ja peegli kõrgust reguleeriva mehhanismi automatiseerimine.

Disabled bathrooms washbasin and mirror height adjustment system automation.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Süsteemi komponentide valiku analüüs
2. Süsteemi kasutaja ohutuse tagamise elemendid ja analüüs
3. Süsteemi testimine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Komponentide analüüsimine, valimine ja komplekteerimine lõpetatud	15.10.2022
2.	Mikrokontrolleri programmeerimine ja terviksüsteemi testimine lõpetatud	15.11.2022
3.	Lõputöö analüüsimine ja kirjutamine lõpetatud	15.12.2022

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "04" jaanuar 2023 a

Üliõpilane: Tarmo Kuusk ".....".....202....a
/allkiri/

Juhendaja: Taavi Kase ".....".....202....a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....202....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....202....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

SISUKORD	5
EESSÕNA.....	6
SISSEJUHATUS	7
1 NÕUDED KRAANIKAUSI JA PEEGLI KÕRGUSELE NING KASUTATAVAD LAHENDUSED	8
1.1 MANUAALSED SÜSTEEMID	8
1.2 POOLAUTOMAATSED SÜSTEEMID	9
1.3 TÄIELIKULT AUTOMAATNE SÜSTEEM	10
1.4 SÜSTEEMIDE VÕRDLUSTABEL.....	11
2 SÜSTEEMI PROTOTÜÜP	13
2.1 ELEKTRIKOMPONENTIDE KORPUS.....	16
2.2 MUUNDUR.....	18
2.3 ARDUINO UNO MIKROKONTROLLER.....	19
2.4 MOOTORI DRAIVER L298N	20
2.5 INFRAPUNA LÄHEDUSANDUR E18-D80NK.....	20
2.6 LINEAARMOOTOR HY01-12-250	22
3 PROTOTÜÜBI TÖÖLOOGIKA JA LOOGIKASKEEM	24
4 PROTOTÜÜP SÜSTEEMI TESTIMINE	26
5 SÜSTEEMI OHUTUS.....	29
KOKKUVÕTE.....	31
SUMMARY.....	32
VIITED.....	33
LISA 1 SÜSTEEMI PROGRAMMIS KASUTATUD KOOD	37

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö pealkirja sõnastas töö autor Tarmo Kuusk. Töö teoreetiline osa on kirjutatud ja praktiline osa on kokku pandud Tartu linnas autori kodus. Autorit on heade nõuannete ja konsultatsioonidega toetanud Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži insener Taavi Kase ning direktor ja programmijuht Aime Ruus.

Autor tänab kõiki, kes on teda käesoleva töö koostamisel suunanud.

Märksõnad: Invavannitoa automatiseerimine, tark maja, rakenduskõrghariduse töö.

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teema arenes välja autori soovist leida lahendus reaalelulisele probleemile. Kuivõrd tarkade eluruumide automatiseerimine pakub autorile huvi, siis otsis ta lõputöö teemat, mis oleks antud valdkonnast.

Töö käigus leiti edasist uurimist vajav väljakutse invavannitubades lahendustes, mida sooviti lõputööga paremaks muuta. Nimelt on võimalik ratastooli kasutavate inimeste elu mugavamaks muuta, automatiseerides vannitoa kraanikausi ja peegli kõrguse tõstmise ja langetamise. Valdkonda uurides selgub, et praegusel ajal on invavannitubades pigem kasutusel manuaalsed tõstemehhanismid, kus kasutaja füüsiliselt liigutab tõstemehhanismi või siis elektrilise mootoriga mehhanismid, mida kasutaja ise nupust reguleerib. Laialdast kasutust ei ole veel leidnud täisautomaatsed süsteemid, mis tuvastavad läbi sensor-automaatika kasutajale sobiva kraanikausi ja peegli kõrguse ning reguleerivad kõrguse automaatselt vastavalt vannitoa kasutajale.

Leidmaks uurimisprobleemile lahendust, viis töö autor ennast esmalt kurssi analoogsete mehhanismide, süsteemide ja seni levinud praktikatega. Neid aluseks võttes, liiguti edasi invavannitoa kraanikausi ja peegli kõrguse reguleerimise automatiseerimiseks sobivate võimaluste määratlemisega. Edasiselt seati töö autorile eesmärgiks analoogne täisautomaatne süsteem praktiliselt kokku panna, kogu protsess teoreetiliselt kirjeldada ning süsteemi automaatika osa testida.

Töö esimeses pooles annab autor ülevaate juba turul olevatest lahendustest ja toob välja täisautomaatse lahenduse positiivsed ning negatiivsed küljed. Edasi kirjeldatakse prototüübiks loodud automaatset süsteemi ja põhjendatakse süsteemis kasutatud komponentide valikut.

Töö teises osas tutvustatakse prototüübi mikrokontrolleris kasutatud programmi ja tema funktsioone ning kirjeldatakse lähemalt, mida erinevad programmi osad teevad. Lisaks põhjendatakse, miks konkreetset programmi loogikat on kasutatud. Täiendavalt tutvustatakse süsteemi ohutu kasutamise aspekte ning analüüsitakse võimalikke turvariske, pakkudes välja lahendusi nende riskide maandamiseks.

1.NÕUDED KRAANIKAUSI JA PEEGLI KÕRGUSELE NING KASUTATAVAD LAHENDUSED

Erivajadustega inimeste elu lihtsustamiseks on ehitusseadustikus ning ettevõtlus- ja kommunikatsiooni ministri vastavas määruses toodud nõuded invavannitubadele. „Kraanikauss peab asuma põrandast 800 mm kõrgusel ja seinast sellisel kaugusel, et kraanikausi alla jääks vähemalt 300 mm sügavune ja 670 mm kõrgune ruum põlvedele. Kraanikausi suurus peab olema valitud selliselt, et oleks tagatud 1,5 m läbimõõduga manööverdamisruum. Peegli alumise serva kõrgus peab olema põrandast maksimaalselt 900 mm kõrgusel“[4].[28] Antud seadustest tuleneb, et vajadus invavannitubade nõuetekohaseks ja kasutajasõbralikumaks tegemiseks on olemas.

Invavannitubade kraanikausi ja peegli kõrguse tõstmise süsteeme on kolme liiki: manuaalsed, poolautomaatsed ja automaatsed. Järgnevalt analüüsib töö autor erinevaid lahendusi ja toob välja nende positiivsed ja negatiivsed küljed.

1.1 MANUAALSED SÜSTEEMID

Manuaalsed süsteemid on ülesehituselt lihtsamad. Nende lahenduste puhul peab kasutaja ise vajutama reguleerivat hooba, mis vastavalt tõstab või langetab kraanikaussi. Näidetena on võrdluses välja toodud firmade Gustavsberg ja Pressalit manuaalsed lahendused, kus reguleerivat hooba kasutades tõstetakse ja langetatakse kraanikauss. Üldjuhul kasutavad manuaalsed süsteemid pneumo või hüdraulika põhimõtetel tuginevaid tõstemehhanisme. Manuaalse süsteemi positiivseks küljeks on tema lihtsus ja töökindlus ning puudub vajadus elektriühenduse järele. Samas ei sobi manuaalne süsteem kõigile, sest kasutaja, kes ei jõua või ei saa hooba liigutada, pole suuteline ka kõrgust reguleerima (vaata joonist 1.1).



Joonis 1.1: Gustavsberg valamuraam koos valamuga. [5]

1.2 POOLAUTOMAATSED SÜSTEEMID

Poolautomaatselt kasutatava valamuraami lineaarmootori täiturmehhanisme kontrollib kasutaja, valides juhtpuldil soovitud kõrguse. Sellise süsteemi peamiseks eeliseks on see, et kasutaja ei pea jõudu rakendades tõstehoovaga kõrgust reguleerima, vaid saab mugavalt valamu kõrval olevat nuppu vajutades kõrgust tellida. Sarnaselt manuaalse süsteemiga on ka poolautomaatse süsteemi nõrgaks küljeks asjaolu, kõik kasutajad ei ole oma erivajaduse tõttu suutelised nupule vajutama. Mistõttu ei ole nende jaoks see lahendus kasutajasõbralik. Täiendavalt võib välja tuua riskid, mis tulenevad elektrisüsteemi kasutamisest niiskes ruumis ja liikuvate osade riskid. Põhjalikult analüüsib autor erinevaid turvariske ja nende riskide maandamise võimalusi töö punktis nr 5 (vaata joonist 1.2).



Joonis 1.2: Granberg poolautomaatne süsteem. [6]

1.3 TÄIELIKULT AUTOMAATNE SÜSTEEM

Täielikult automaatsed invavannitubade kraanikausside ja peeglite reguleerimise süsteemid ei ole avalikus kasutuses väga levinud ja seetõttu ei leidnud töö autor sellise lahenduse pakkujaid turul. Kuna tegu on spetsiifilisele sihtgrupile suunatud ja vajaliku lahendusega, on siiski tõenäoline, et leidub ettevõtteid, kes seda turuosa mingil määral juba katavad.

Automaatne süsteem määratleb ise, kas vannituba kasutab ratastoolis kasutaja või püsti seisev täiskasvanu. Süsteemi lineaarmootorit juhib mikrokontroller, mis saab vajaliku info infrapuna sensorilt. Vastavalt saadud infole annab mikrokontroller käsu lineaarmootorile, mis tõstab või langetab valamut koos peegliga. Alternatiivselt oleks võimalik kasutada radarsensoril põhinevat süsteemi, mida vee aur ja päikesevalgus ei sega. Selline sensor töötab 20-60 GHz lainepikkusel ja suudab täpselt aru saada

kasutaja kõrguse ruumis ning lugeda ka kasutaja käeviipeid. Käeviibete lugemine võimaldab süsteemi vajadusel ka manuaalselt kontrollida. Töös on võrdlusena kasutatud kirjandusallikast pärinevat radarsensoril põhinevat süsteemi. [7]

Täielikult automaatse süsteemi plussid on loetletud järgnevalt:

- kasutaja ei pea ise valamu kõrgust reguleerima, vaid seda teeb süsteem automaatselt;
- võimalus on süsteem ühendada internetiga lisades mikrokontrollerile näiteks ESP8266 Wi-Fi mooduli. Selline lahendus võimaldab koguda andmeid vannitoa kasutajate arvu kohta avalikes invavannitubades;
- edasiarenduses on võimalik süsteemi liidestada Amazon Alexa või Google Home süsteemidega, et kasutada hääljuhtimist või vajadusel kutsuda abi.

Täielikult automaatse süsteemi miinused on:

- sensori rikke korral ei saa kasutaja soovitud kõrgusel kraanikaussi kasutada;
- kasutajat võib esmakasutamisel automaatselt liikuv süsteem hirmutada;
- risk vigastusele, kuivõrd lahenduse liikuvaid osasid kontrollib automaatika.

1.4 SÜSTEEMIDE VÕRDLUSTABEL

Süsteemide võrdlustabelis on võrreldud erinevaid süsteemide liike: a) manuaalseid süsteeme, b) poolautomaatseid süsteeme, c) automaatseid süsteeme (vaata tabelit 1.1). Tabeli vaatlemisel selgub, et kõrguse reguleeritavuse vahemik jääb kõigil süsteemidel 250-315 mm piiresse. Erinevalt teistest süsteemidest vajab automaatsüsteem andureid nii kasutaja kõrguse kui kauguse tuvastamiseks. Samas on see ainuke süsteem, kus pole tarvidust vajutada nuppu või hooba kõrguse muutmiseks.

Kindlasti tuleb täheldada, et mootorina on poolautomaatsetes ning automaatsetes süsteemides kasutusel lineaarmootor. Lisaks on nendel süsteemidel olemas või võimalik lisada ohutustaset tõstev hädaseiskamise lüliti. Tabelist selgub ka asjaolu, et maksimaalne lineaarmootori poolt tõstetav kaal prototüübis jääb reaaleluliselt kasutatavas süsteemis liiga madalaks ja prototüüp süsteem tuleks ümber disainida võimsamale lineaarmootorile, mis suudaks tõsta vähemalt 100 kg.

Sellise tõstevõimekusega süsteem võimaldab paigaldada raskemat valamut ja peeglit mille taga on ka peeglikapp. Suurem valamut, mis on täidetud veega, kaalub sõltuvalt mudelist ligikaudu 50 kg ja peeglikapp koos sisuga 30 kg.

Tabel 1.1 valamu kõrguse reguleerimise süsteemide võrdlus

* Antud süsteem on toodud võrdlusesse ühe võimaliku näitelahendusena, mida realselt ei ole kokku pandud.

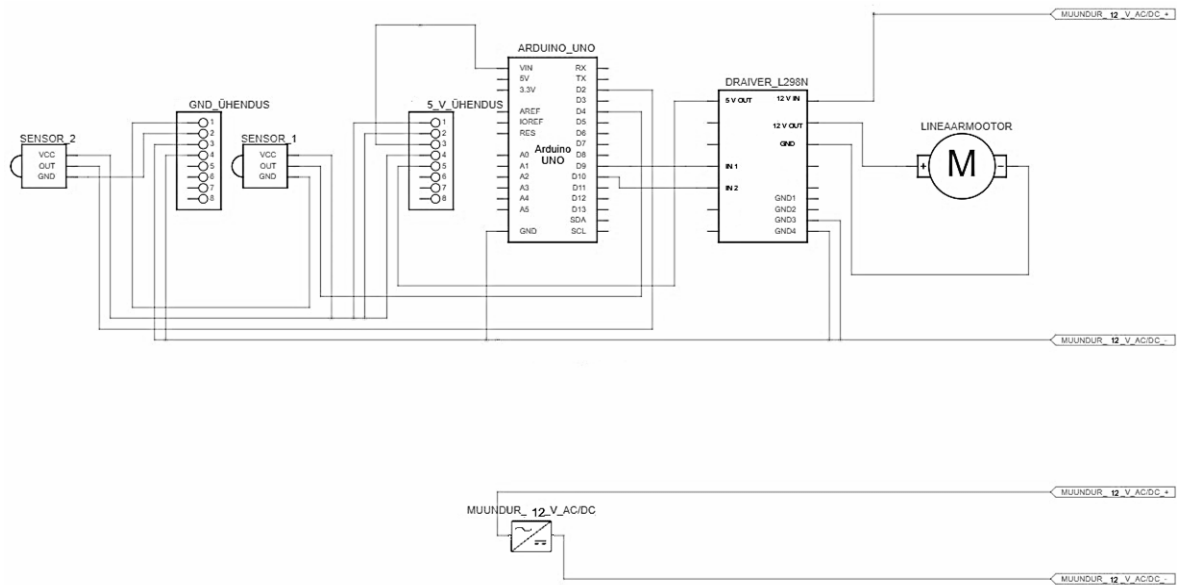
Süsteemi nimi	Manuaalsed süsteemid		Poolautomaatsed süsteemid		Automaatsed süsteemid	
	Gustavsberg 1704 [1]	Pressalit R4750 [8]	Grandberg 417-15 [3]	Pressalit R4751 [9]	Süsteem, mille osa on kontrollid ja 24 - 60 GHz radarsensor [7]*	Töös kavandatav prototüüp, mille osa on kontrollid ja infrapunase sensor
Kasutaja peab vajutama hooba või nuppu, et kõrgust reguleerida	Jah	Jah	Jah	Jah	Ei	Ei
Reguleeritava kõrguse vahemik	315 mm	300 mm	250 mm	300 mm	*	250 mm
Sensor kasutaja kõrguse ja kauguse tuvastamiseks	Ei	Ei	Ei	Ei	Jah	Jah
Sensorit on võimalik kontrollida käeviipega	Puudub sensor	Puudub sensor	Puudub sensor	Puudub sensor	Jah	Jah
Sensorit võib segada vee aur ja päikesevalgus	Puudub sensor	Puudub sensor	Puudub sensor	Puudub sensor	Ei	Jah
Kasutatakse lineaarmootorit	Ei	Ei	Jah	Jah	Jah	Jah
Maksimaalne tõstetav kaal	19 kg	22 kg	100 kg	104 kg	*	20 kg
Häda-seiskamise lüliti olemasolu	Ei	Ei	Võimalik lüliti lisada lisatellimisel.	Reguleer-nupu lahti laskmisel lülitub mootor välja.	*	Võimalik lisada. Ohutusanalüüsi kirjeldatakse töö punktis nr 5

2 SÜSTEEMI PROTOTÜÜP

Antud töös koostatud süsteemi prototüüp on mõeldud kasutamiseks täisautomaatse süsteemina. Lisavõimalusena on jäetud kasutajale käeviipe abil kontrollimise võimalus, juhuks, kui on soov automaatikat mitte kasutada. Prototüüp süsteemina on koostatud täisautomaatse kõrgust muutva kraanikausi ja peegli süsteemi tõstemehhanismi osa.

Antud süsteemi prototüübi loomiselt on lähtunud eesmärgist luua prototüüp ainult süsteemi automaatika funktsionaalsest osast. Prototüübina on koostatud täisautomaatne süsteem, mis tuvastab automaatselt kasutaja pea kõrguse põrandast ning vastavalt tõstab või langetab 250 mm ulatuses lineaarmootori hooba (vaata tabelit 1.1). Kõrvale on jäetud visuaal- esteetiline aspekt ja rõhu asetus on tehnilise lahenduse välja töötamisel ja testimisel.

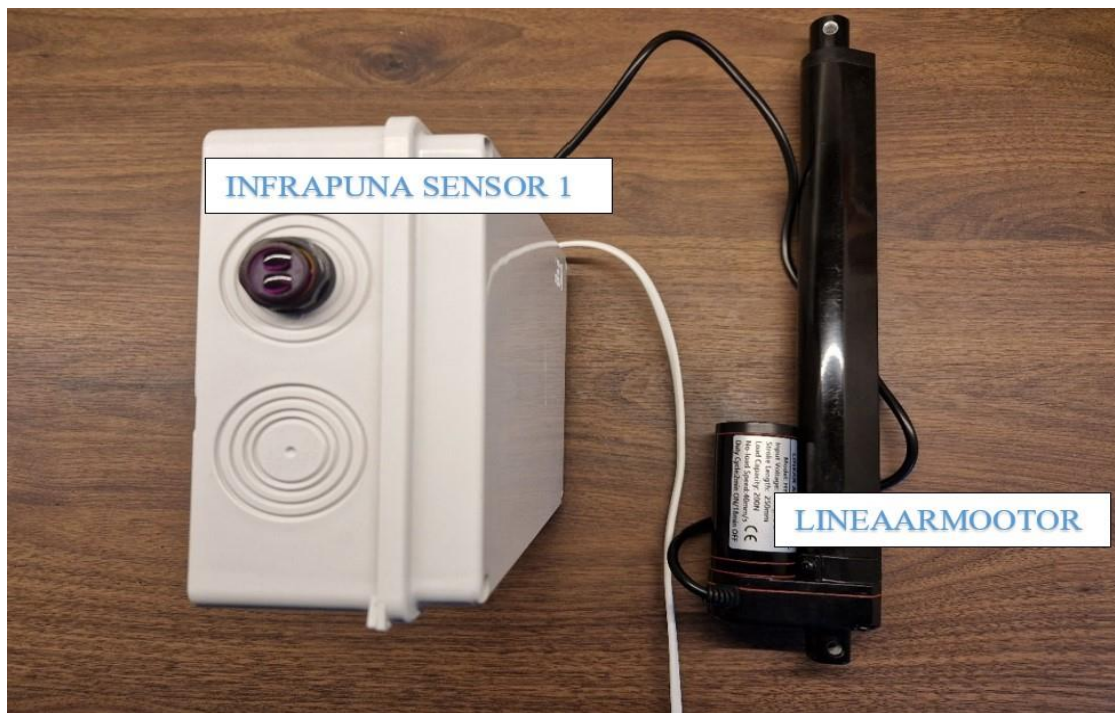
Antud töö prototüüp on loodud keskendudes automaatika osale terviksüsteemist. Kõrvale on jäetud ka konstruktsiooni osa ja kinnitused mille külge kinnitub mootor ja sealt edasi valamu ja peegli raam ning nende kinnitused. Antud töö ei kajasta valamu vee- ja äravoolu süsteemi lahenduse kirjeldust. Lisaks eraldi ei ole näiteprototüübile lisatud lülitit, mis võimaldaks kasutajal lineaarmootori välja lülitamist hädaolukorras. Sellise lülitusmehhanismi lisamine ohutuse eesmärgil, on kindlasti realses elus kasutatavale süsteemile vajalik. Prototüübi juhtmestiku ühendustes on kasutatud kiirühenduspesasid, et oleks vajadusel lihtne süsteemi täiendada või lisamooduleid lisada (vaata joonist 2.1 ja 2.5).



Joonis 2.1 Prototüübi juhtmestiku skeem.



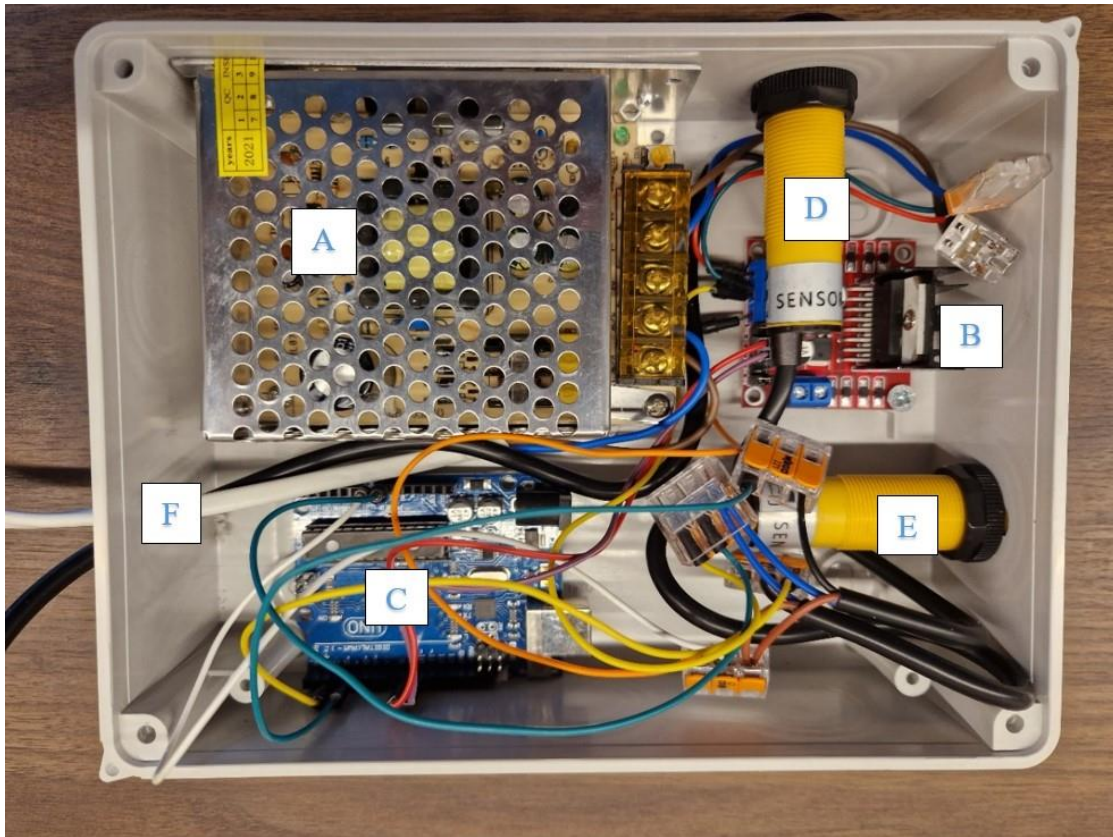
Joonis 2.2 Prototüüp pealtvaates.



Joonis 2.3 Prototüübi vaade sensorist 1 joonisel 2.5 tähistatud tähisega E.



Joonis 2.4 Prototüübi vaade sensorist 2 joonisel 2.5 tähistatud tähisega D.

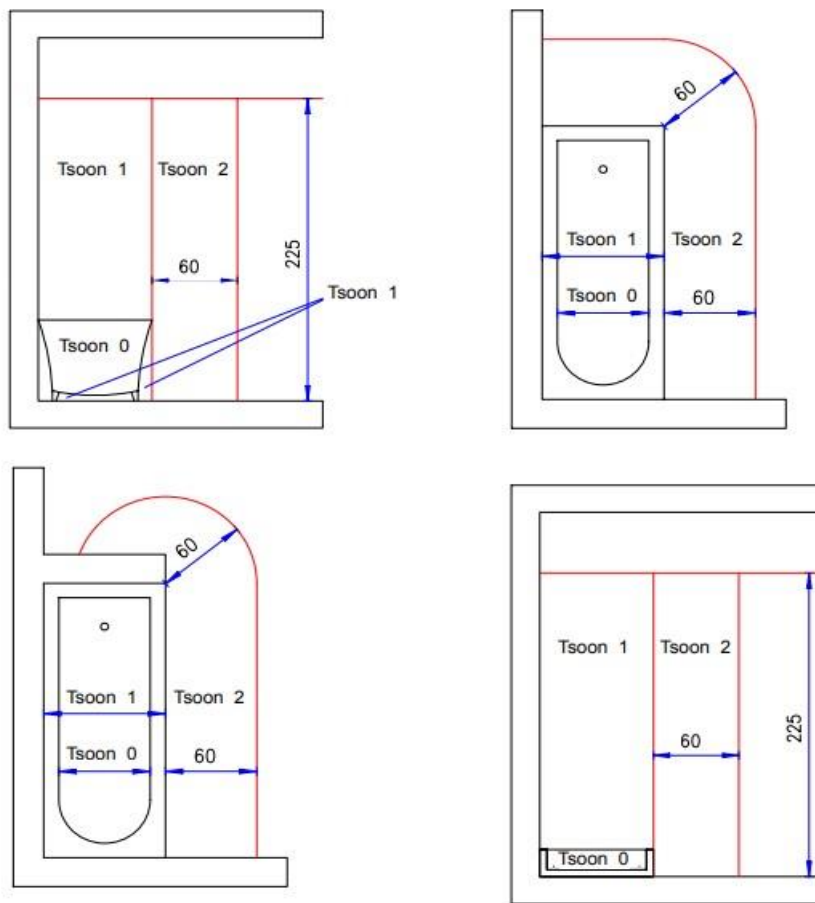


Joonis 2.5 Prototüübi sisemuse komponendid: A) Muundur 230 V AC/DC 12 V 3 A, B) Mootori draiver L298N, C) Mikrokontroller Arduino UNO Rev3, D,E) Infrapuna lähedusandur E18-D80NK, F) Korpus Malanvil.

2.1 ELEKTRIKOMPONENTIDE KORPUS

Elektrikomponentide korpus on mõeldud kasutamiseks niiskes ruumis ja selles on 230 V vahelduvpinge. Sellest tulenevalt on oluline kasutada kvaliteetset korpust, mis hoiaks elektrikomponentide töökindlust. Prototüübi korpuseks on kasutatud Marlavin 009.PL elektrielementide jaoks mõeldud karpi. Selle karbi peamiseks eeliseks on veekindlustase, mis on IP66 ja ta vastab CE kvaliteedi standardile. CE märgistus tähendab, et toode vastab Euroopa majandustsoonis kehtestatud ohutus- ja kvaliteedireeglitele.[4] IP66 kaitsetase lühend tähistab, et tootel on täielik tolmu- ja veepritsmete eest. Eestis kehtestatud ohutusstandardite kohaselt peab korpus asuma vähemalt niiske ruumi tsoonis nr 2. Tsoon nr 2 algab sealt, kus on tsoon nr 1 lõpp ja ulatub sellest 60 cm kaugusele (vaata joonist 2.6). Lisaks võib sellisel juhul olla ka madalam veekindlustase aga mitte madalam kui IP44.[10] Lisaks niiskuskindlusele on kasutatud korpust tehtud tuld hülgavast plastmassist, mis ei sulata temperatuuril kuni 650 kraadi.[11]

Kasutatud korpuse mõõdud on järgnevad: 200 mm laius, 150 mm pikkus ning 80 mm kõrgus (vaata joonist 2.5, tähistatud joonisel tähega F). [11]



Joonis 2.6 Niiske ruumi tsoonide jaotus elektriohutuse tagamiseks. [10]

Kaalutud alternatiivsed lahendused:

- Kasutades 3D printimise tehnoloogiaid on võimalik disainida ja printida täpselt õige suuruse ja disainiga korpuse. Printimise peamiseks puudusteks on see, et printitava korpusele puuduvad CE ja veekindlusklassi standardid. Kehtestatud nõuetele korpuse vastavusse viimine on antud projekti raames liiga kulukas ja aega nõudev protsess ning seetõttu 3D printimise tehnoloogiat ei ole mõistlik kasutada.
- Valmistada metallist, veekindlast vineerist või plastikust õigete parameetritega korpuse. Sellise lahenduse puuduseks on vastavate kvaliteedistandardite puudumine ja seepärast jäeti see võimalus kõrvale.

2.2 MUUNDUR

Süsteemis kasutatava muunduri puhul on oluline sobiv suurus, et ta mahuks elektrikomponentide korpusesse. Lisaks on oluline, et muunduri väljundpinge oleks 12 V ja vool 3 A, et tagada ülejäänud komponentidele vajalik pinge ja vool. Töös kasutatud muundur on järgmiste mõõtmetega: 110 mm laius, 800 mm pikkus ja 35 mm kõrgus (vaata joonist 2.5). Muunduri tootja poolt märgitud parameetriteks on:

- sisendpinge AC 100 - 260 V;
- väljundpinge DC 12 V ja vool 3 A;
- liigvoolu - ja lühise kaitse;
- töötemperatuur 0 - 40 °C;
- suhteline õhuniiskus maksimaalselt 90%;
- kvaliteedi ohutusklass CE ja RoHS standard. [12]

RoHS on ohtlike ainete sisaldust kontrolliv standard, mis on kehtestatud Euroopa liidus müüdavatele elektroonika komponentidele ja seadmetele. Alates aastast 2006 ei tohi ilma RoHS standardita elektroonikat Euroopa Liidus müüa. [3]

Kaalutud alternatiivsed lahendused:

- Alternatiiviks on kasutada korpusevälist adapterit, mis ühendatakse otse pistikupesasse. Antud lahenduse nõrgaks küljeks on olukord, kui kasutaja soovib tõsta raskemat kraanikaussi ja peeglit. Sellisel juhul tuleb süsteemis kasutada võimsamat lineaarmootorit, mille võimsus on tõstemomendil suurem kui 36 W. Selliste parameetritega niiskuskindlaid ja otse pistikusse ühendatavaid adaptoreid hetkel turul veel ei pakuta.
- Üks alternatiivne lahendus oleks kui elektri muundamine toimuks juba hoone elektrikilbis ja niiskesse ruumi jõuaks maksimaalselt 12 V pingega elekter. See tagaks hea turvalisuse kasutajatele. Sellise lahenduse miinuseks on see, et elektrisüsteem peab olema juba hoone ehituse nõrkvooluprojektis selliselt lahendatud. Hilisem selliselt juhtmete vedamine võib tuua kaasa kulukaid ümberehitustöid.

2.3 ARDUINO UNO MIKROKONTROLLER

Süsteemi sobivale mikrokontrollerile seatud kriteeriumiks on tema suurus, Wi-Fi liidese lisamise võimalus, mälu maht ja protsessori kiirus. Kontrolleril peab olema võimekus piisavalt kiirelt temale seatud ülesanded täita. Prototüübis kasutatakse mikrokontrollerit Arduino Uno V3, kuivõrd see kontroller oli töö autoril juba olemas ja ta on sobilik nii oma mälumahult kui kiiruselt. Lisaks sellele Arduino UNO kontrollerit mugav arendustöö eesmärgil kasutada, sest tal on vastupidavad ühendused, mis nii lihtsalt katki ei lähe. Arduino Uno V3 peamised tehnilised parameetrid on järgmised:

- mõõdud - pikkus 68,6 mm, laius 53,4 mm;
- protsessor - ATmega328P;
- tööpinge - 5 V;
- sisendpinge - 7 – 12 V;
- välmälu - 32 kB;
- EEPROM mälu - 1kB;
- CPU taktsagedus - 16 MHz;
- Ühendused - USB A/B;
- analoogpesasid - 6 tk;
- digitaalseid ühenduspesasid - 14 tk. [13]

Antud töös kaaluti alternatiivsete lahendustena mõõtmetelt väiksemaid ja hinnalt odavamaid mikrokontrollereid, mida kirjeldatakse järgnevalt.

- Arduino Nano – Antud kontroller on väga sarnane Arduino UNO kontrolleriga. Peamine erinevus on suuruses. Arduino Nano on ligikaudu 4 korda väiksem, kui Arduino UNO. Mälu mahult ja protsessori kiiruselt on nad võrdsed. [18]
- ESP32 – Väga võimekas mikrokontroller, millele on juba sisse ehitatud Wi-Fi ja bluetooth moodulid. Protsessori kiirus 240 MHz ja SRAM mälu 520 KB ning ROM mälu 448 KB. Kindlasti antud kontroller on süsteemi edasiarenduste võimaldamiseks hea alternatiiv, sest juhtmevabad liidesed on juba kontrollerisse sisse ehitatud. [15]

2.4 MOOTORI DRAIVER L298N

L298N draiver on prototüüp süsteemis, et oleks võimalik kontrollida mootori tööd. Vajadusel võimaldab antud draiver kontrollida kokku 4 DC mootorit või 2 samm-mootorit ning nende kiirust ja suunda. Kuivõrd antud süsteemi lineaarne DC mootor liigub 40 mm sekundis, mis on piisavalt aeglane siis kiiruse kontrollimiseks põhjust ei olnud.

Draiver L298N peamised parameetrid on:

- kiip - topelt H-sild L298N;
- sisendpinge 5 - 35 V;
- väljundvõimsus maksimaalselt 92 W;
- mikrokontrollerile eraldi välja toodud toide 5 V. [16]

Kaalutud alternatiivsed lahendused on järgnevad:

- TB6612FNG draiver – antud kontroller on väiksem kui L298N draiver, sest tal ei ole suurt passiivjahutuse radiaatorit nagu L298N draiveril. Jahutus radiaatori suuruse vahe võib olla mõningail juhtudel määravaks teguriks.

Miinuseks võib välja tuua tema väljundvoolu tugevuse 1,2 A, mis jääb paljude mootorite kontrollimiseks liialt nõrgaks. Sellel põhjusel ei kasutata ka prototüübis seda draiverit.

- DBH 12 V H-Bridge – Selle draiveri eeliseks on tema võimsus, mis võimaldab ka suuremaid mootoreid kontrollida. Tema väljundvoolu tugevus võib olla kuni 20 A, mis tähendab, et kui mingil põhjusel on süsteemi vaja ühendada võimsam mootor, siis saab antud draiveriga mootori tööle. Miinuseks on draiveri mõõtmed, mis on järgnevad: laius 62 mm, pikkus 53 mm ja kõrgus 18 mm. [17]

2.5 INFRAPUNA LÄHEDUSANDUR E18-D80NK

Reguleeritava kaugusega infrapuna lähedusandur E18-D80NK võtab vastu ja saadab infrapuna valgust ning on võimeline tunnetama objekti sensori ulatuses 3 cm kuni 80 cm kaugusel. Vastavalt süsteemi vajadusele on võimalik seda kaugust sensoril asetseva potentsiomeetri kaudu muuta.

Antud sensori peamised parameetrid on:

- toitepinge DC 5 V;
- tuvastusvahemik 3-80 cm;
- mõõtmed – diameeter 17 mm, pikkus 70 mm;
- tööraadius 17 kraadi. [18]

Infrapuna anduri kasutamise peamiseks positiivseteks külgedeks on:

- tarbivad vähe voolu 15 mA – 50 mA;
- sensor töötab hästi nii pimedas kui ka valges keskkonnas;
- pole vaja kontakti mõõdetava objektiga;
- sensorit ei mõjuta korrosioon ega oksüdeerimine. [19]

Negatiivseteks külgedeks on:

- sensori ulatus on maksimaalselt 80 cm;
- sensorit võib mõjutada tolm, udu ja vihm. [19]

Kaalutud alternatiivsed lahendused on järgnevad:

- GP2Y0A41SK0F SHARP – Antud sensori tugevaks küljeks on täpsus ja töökindlus lähedal asuvate objektide tuvastamisel, milleks on 4-30 cm. Tema väljundsignaaliks on analoog signaal, mis võimaldab täpselt aru saada tuvastatud objekti kaugusest. Kuivõrd prototüüp lahenduses on vaja tuvastada objekt ka 80 cm kaugusest, siis antud sensor kasutuseks ei sobinud. [20]
- Ultrasonic Sensor HC-SR04 – Ultraheli kaugusanduri positiivseteks küljeks on võime täpselt töötada ka eredas päikesevagus, mida infrapuna sensor ei suuda. Lisaks ei sega ruumis olev kerge aur ja tolm sensori tööd ning tal on hea tööraadius, milleks on 2- 400 cm.

Prototüüpsüsteemis ultraheli sensorit ei kasutatud, kuivõrd tema disainist tulenevalt on sellel sensoril saatja ja vastuvõtja paigutatud üksteisest eraldi ja

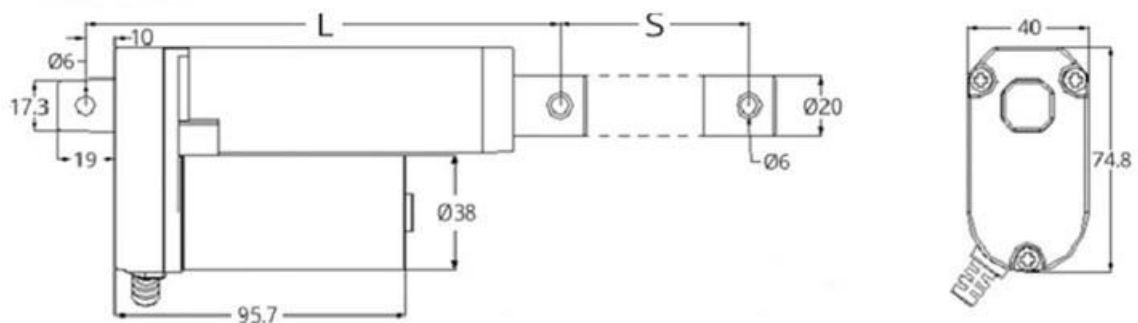
selle kasutamiseks oleks tulnud korpusesse freesida lisaaugud. See omakorda oleks vähendanud korpuse niiskuse ja pritsmekindluse kaitse omadusi. [24]

2.6 LINEAARMOOTOR HY01-12-250

Prototüübis kasutatud lineaarmootor on valitud süsteemi tänu tema kompaksetele mõõtudele ning süsteemi esmaseks portotüübiks sobivatele parameetritele. Kuivõrd prototüübi koostamisel ei suudetud kõiki asjaolusid ette näha, siis prototüübis kasutusel oleva lineaarmootori tõstevõime on madalam, kui oleks vajalik. Tabelis 1.1 selgus, et poolautomaatsed süsteemid kasutavad vähemalt 100 kg raskuse tõstejõuga lineaarmootoreid. Põhjalikumalt uurides selgus, et selle põhjuseks on suurem kaal, mis tuleneb valamu ja peegli võimalikust kaalust ja sellest tulenevalt on mõistlik prototüübi järgnevas versioonis võimsamat lineaarmootorit kasutada.

Lineaarmootori HY01-12-250 peamised parameetrid on:

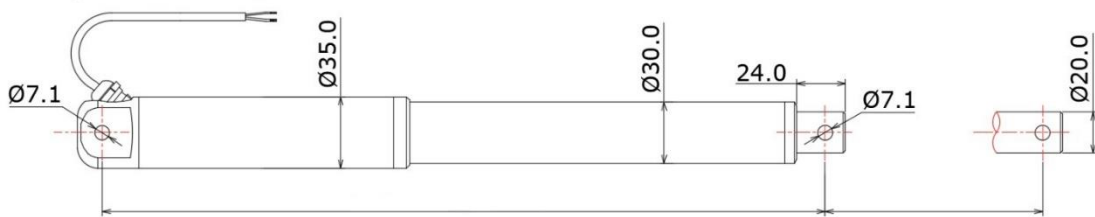
- mõõdud – pikkus kinniselt 355 mm (joonisel 2.7 tähistatud tähega L);
- pikkus liikuva hoob väljaulatuvas asendis 605 mm;
- väljaulatuva osa pikkus 250 mm (joonisel 2.7 tähistatud tähega S);
- IP54 veekindluse klass;
- liikuva osa kiirus 40 mm/s;
- jõud 200 N ehk tõstetav maksimaalne kaal 20,3 kg. [12]



Joonis 2.7: Lineaarmootor HY01-12-250. [12]

Kaalitud alternatiivne lahendus on järgmine:

- Silindriline lineaarmootor LA60 – Antud mootoril on mitmeid positiivseid külgi võrreldes prototüübis kasutatud lineaarmootoriga. Antud mootori ülesehitus on selline, et elektrienergia muudetakse otse lineaarseks mehhaaniliseks liikumiseks, ilma vahepealse muundamise mehhanismita.[26] Selline omadus tähendab, et tal pole mootorisest ülekanderihma nagu HY01-12-250 prototüübis kasutataval lineaarmootoril. Nendest omadustest tulenevalt töötab ta vaiksemalt, täpsemalt, sujuvamalt ja ei lähe nii kuumaks, kui prototüübis kasutatav mootor. Sellel mootoril on ka väiksemad mõõtmed tänu tema kompaktsale mootori disainile (vaata joonist 2.8). Antud mootorit ei ole prototüüp süsteemis kasutatud, kuivõrd alles põhjalikuma uurimise käigus selgusid antud mootori head omadused ja selleks hetkeks oli prototüübis kasutatud lineaarmootor juba soetatud.



Joonis 2.8 Silindriline lineaarmootor LA60. [27]

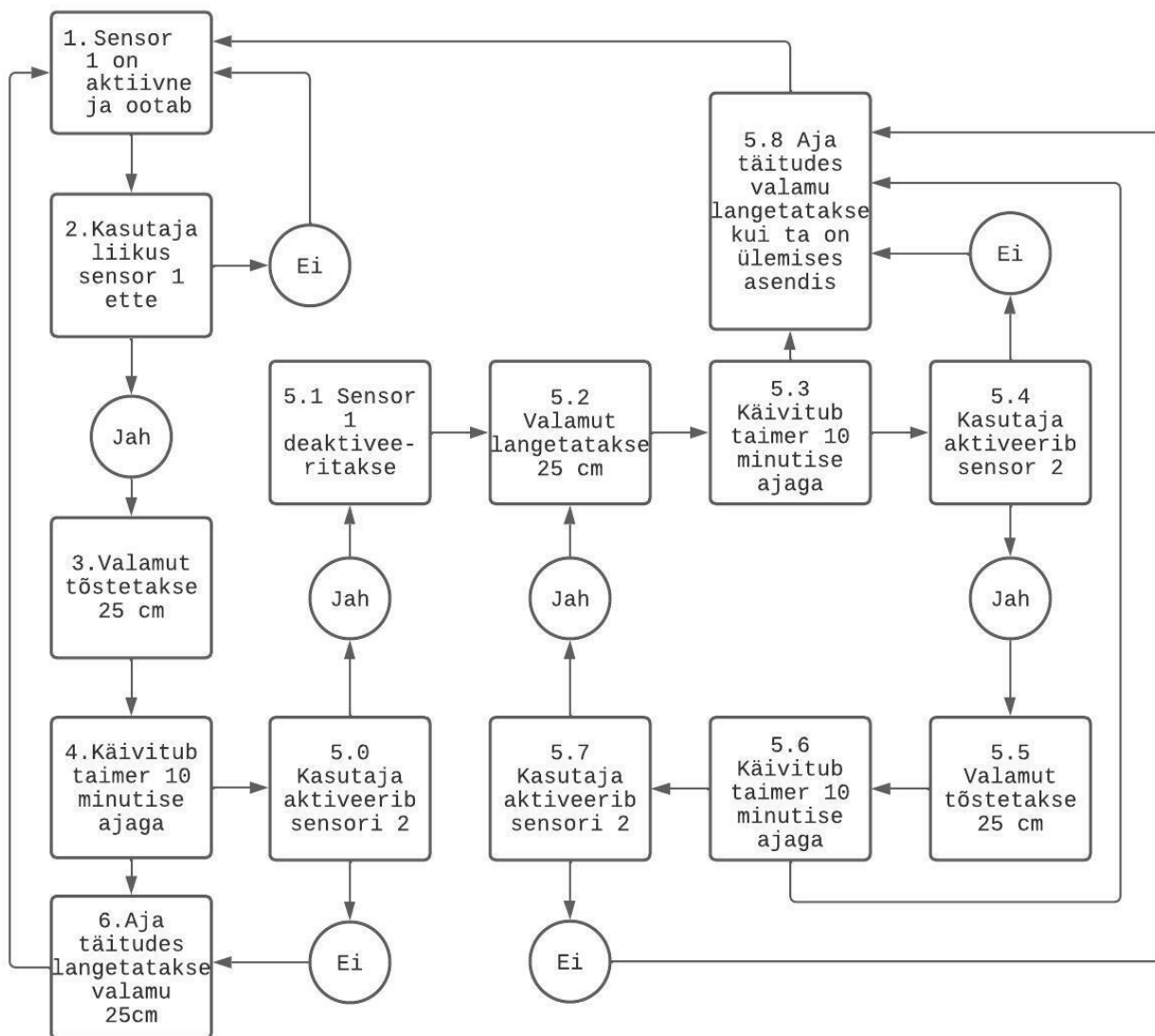
3 PROTOTÜÜBI TÖÖLOOGIKA JA LOOGIKASKEEM

Valamul tõsteautomaatikal on ainult kaks asendit, milleks on alumine asend ja ülemine tõstetud asend. Süsteem on kasutaja ooterežiimil alumises asendis ja reageerib ainult siis, kui kraanikausi ette liigub sensor 1 kõrgusel olev kasutaja. Kui vannituppa tuleb ratastoolis kasutaja, siis temale süsteem ei reageeri, välja arvatud kui ta aktiveerib sensori 2 (vaata joonist 4.1).

Loodud prototüüp on võimeline tuvastama kasutaja kõrguse, sest infrapuna sensor 1 on paigutatud 1,5 m kõrgusele ja ta annab signaali kraanikausi tõstmiseks ainult tingimusel, kus sensori ette jääb püsti seisev kasutaja, kes on vähemalt 1,5 m kõrgune. Kui sensori ees on ratastoolis kasutaja, kes on madalam kui 1,5 m siis temale sensor ei aktiveeru. Sensori 1 aktiveerimise kaugus on reguleeritud 80 cm kaugusel seinast kraanikausi ette.

Peale lineaarmootori käivitamist tõstetakse kraanikauss ja peegel 25 cm algsest positsioonist kõrgemale. Süsteem on programmeeritud nii, et kraanikauss püsib kõrgemas asendis 10 minutit ning seejärel käivitub lineaarmootor ja langetab kraanikausi algasendisse tagasi. Kui kasutajale on vannitoas kauem kui 10 minutit ja ta aktiveerib uuesti 1. sensori, siis tõstetakse kraanikauss uuesti 10 minutiks kõrgele tasemele (vaata joonist 3.1 ja Lisa 1).

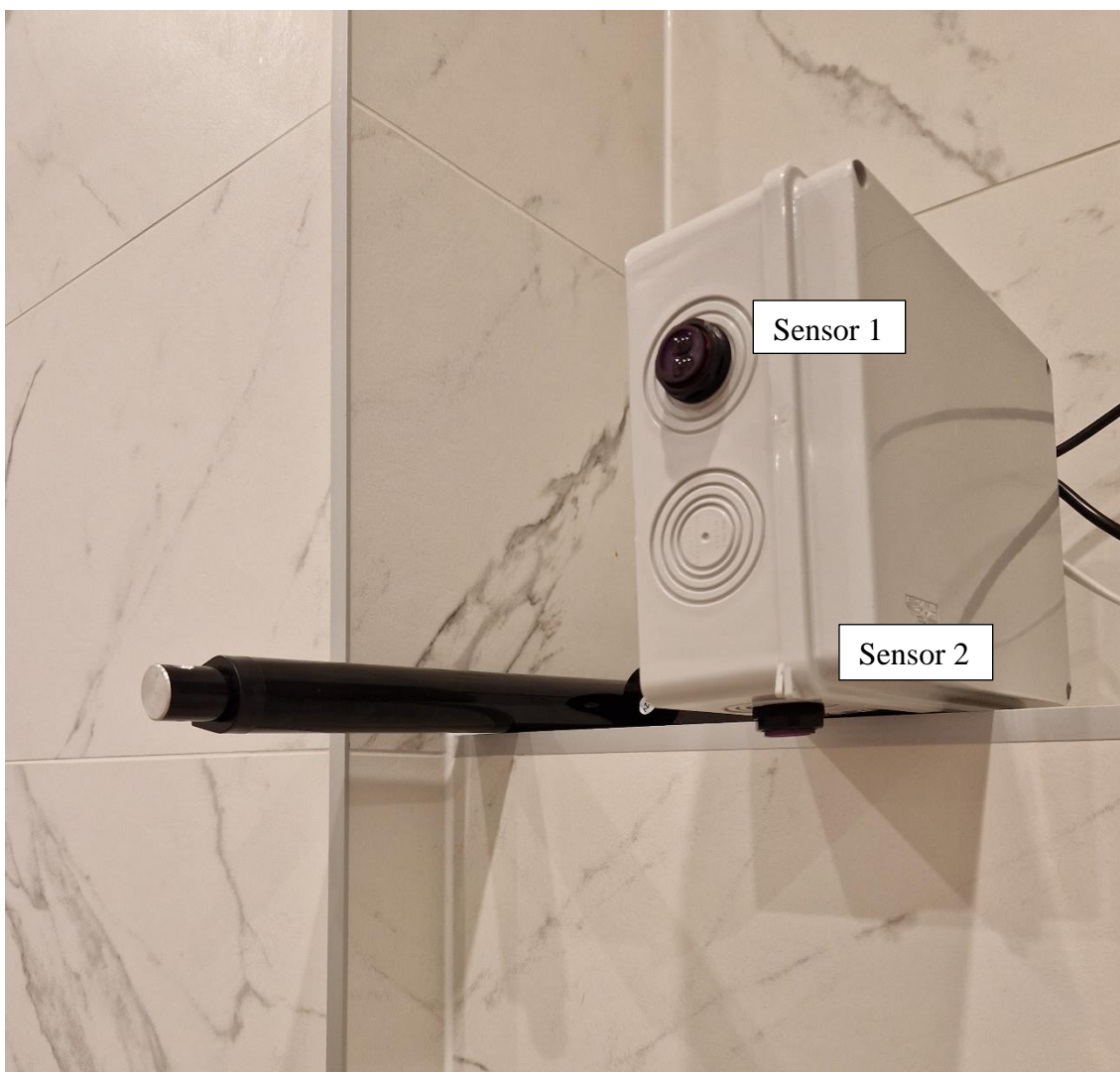
Lisaks täisautomaatsele tõstmise ja langetamise funktsioonile on kontrollis ka sensor 2, mis võimaldab kasutajal ise kraanikaussi soovi korral tõsta või langetada. Antud puutevaba infrapuna sensor on suunatud alla ja ta aktiveerub ainult siis, kui kasutaja viipab sellest kuni 4 cm lähedusel käega. Selline loogika on lisatud mõeldes ratastoolis kasutajale, kellega tuleb kaasa saatja, kes soovib kraanikaussi iseenda jaoks või siis ratastoolis kasutaja jaoks reguleerida. Programmi kood, mida mikrokontrolleris kasutatakse ja mille loogikat joonis 3.1 selgitab on välja toodud töö lisa 1.



Joonis 3.1 Prototüübi programmi loogikaskeem.

4 PROTOTÜÜP SÜSTEEMI TESTIMINE

Kõigepealt testiti prototüüp süsteemi koostööd, et selguksid loogikavead programmis. Selleks paigutati korpus nii, et sensor asuks 1,5 meetri kõrgusel ning, et sensor 1 oleks suunatud kasutaja poole ja sensor 2 oleks suunatud alla maapinna suunas (vaata joonist 4.1). Peale kasutaja sensor 1 ette liikumist pidi süsteemi mootor käituma täpselt selliselt nagu oli ette nähtud programmi loogikas. Lisaks katsetati ka sensor 2 tööd, kus käega viibates sensori all lineaarmootor vastavalt siis tõstis või langetas liikuvmehhanismi. Algselt selgusid mitmed loogikavead programmis, mida järk-järgult programmis parandati. Üheks parandatud loogikaveaks oli see, et taimerit ei pandud uuesti 10 minutiks lugema peale sensor 2 aktiveerimist. See põhjustas vea, kus kraanikauss langetati isegi siis, kui kasutaja oli just kraanikaussi tõstnud kasutades sensorit 2. Antud viga parandati koodis selliselt, et lisati aja lugemise uuendus peale igat sensor 2 kasutamist.



Joonis 4.1 Süsteemi loogika testimine.

Süsteemi jälgimise eesmärgil on programmi koodis kasutatud EEPROM-i salvestamise võimalust, mis säilitab informatsiooni ka peale Arduino toite kadumise. Töö kirjutamise hetkeks on lineaarmootor teinud kokku 285 töösükli, mis on salvestunud EEPROM mälusse. Sellisel kujul töösükli salvestamine annab süsteemi rikke korral vajalikku infot, et mõista millisel süsteemi kulumishetkel tekib süsteemi häiring või tõsisem viga.

Peamine süsteemi testimine viidi läbi 20 kg koormusega, mis näitas positiivset tulemust, ehk süsteem tervikuna töötas stabiilselt, ning vaadeldud komponentidel tootjapoolsetest soovituslikest parameetritest kõrvalekaldeid ei olnud. Mõõtmiseid tehti 70 järjestikul korral selliselt, et iga tsükli vahele ei jäänud rohkem kui 30 sekundit. Mõõtetulemused märgiti tabelisse iga 5 tsükli järel. Sellise ajaliselt sagedate intervallidega testimise eesmärgiks oli näha, kas süsteemis tekib mõne komponendi tootja poolt lubatud piirmäära ületamine või isegi tuleohtlik ülekuumenemine (vaata tabelit 4.1). Reaaleluliselt töötaval süsteemil nii tihedat süsteemi kasutust üldjuhul ei tohiks tekkida v.a olukorras kus keegi on sihikindlalt ja järjepidevalt otsustanud sensor 2 aktiveerida.

Kindlasti tuleb siinkohal märkida, et süsteemi korpuse kaas oli testimise ajal avatud mis annab süsteemi komponentidel enam õhkjahutust kui kinnises korpuses. Koormusega testimisel jälgiti järgmiseid süsteemi parameetreid:

- lineaarmootori tarbitavat voolutugevust;
- lineaarmootori korpuse pinnatemperatuuri;
- draiveri radiaatori pinnatemperatuuri;
- muunduri korpuse pinnatemperatuuri.

Temperatuuri mõõtmisel on kasutatud infrapuna termomeetrit CRX XK6304, mille mõõtemääramatus võib olla $\pm 3^{\circ}\text{C}$, kui keskkonna õhutemperatuur on $< 0^{\circ}\text{C}$ või $\pm 2^{\circ}\text{C}$, kui keskkonna õhutemperatuur on $\geq 0^{\circ}\text{C}$.

Voolutugevust mõõdeti digitaalse multimeetriga Tesatek 8019. Antud multimeetri tulemus vastab näidikul kuvatule, kui keskkonna õhutemperatuur on vahemikus 18°C kuni 28°C . Käesolev testimine viidi läbi keskkonna õhutemperatuuril 24°C .

Antud prototüüpi ei ole testitud üle 20 kg raskusega, sest antud olukorras võib läbi põleda mootor ja mootori draiver (vaata tabelit 4.1). Tulevikus tuleb kindlasti ka tehase poolt määratud maksimaalkaalu ületades süsteemi testida, et teada saada, mis sellises olukorras täpselt juhtub. Kui on teada, kuidas süsteem ülekoormusele reageerib, on

võimalik erinevaid turvakomponente vajadusel lisada või kasutada mootorit, millele on juba sisse ehitatud ülekoormamise kaitsemehhanism. Üheks ülekoormuse eest kaitsvaks komponendiks on mootori voolu tarbimist jälgiv sensor, millest lähemalt räägitaks selle töö punktis nr 5. Ülekoormuskaitsemega lineaarmootor jääb ülekoormuse korral lihtsalt seisma ja peale ülekoormuse eemaldamist töötab ta ilma probleemideta edasi. Selles töös ehitatud prototüüpi pole lisatud ülekoormust jälgivat sensorit ja lisaks puudub ka lineaarmootoril sisseehitatud ülekoormuse kaitsemehhanism. Sellel põhjusel piirduti süsteemi testimisel lineaarmootori tootja poolt märgitud 20 kg maksimaalse kaalu testimisega.

Tabel 4.1 Prototüüpsüsteemi testimeine.

	Lineaar- mootori tarbitav vool	Lineaarmootori pinna- temperatuur	Draiveri radiaatori pinna- temperatuur	Muunduri korpuse pinna- temperatuur
Näidud enne käivitamist	0 A	23,4°C	23,4°C	23,5°C
Näidud ilma koormuseta Järjestikused testid nr: 1 / 5 / 10	1,2 A / 1,2 A / 1,2 A	24,1°C / 24,8°C / 25,2°C	27,4°C / 31,4°C / 32,3°C	25,2°C / 25,8°C / 25,9°C
Näidud koormusega Testi nr: 1 / 5 / 10	2,8 A / 2,8 A 2,8 A	26,1°C / 27,2°C / 27,4°C	42,6°C / 48,2°C / 49,8°C	30,2°C / 32,3°C / 34,7°C
Testi nr: 15 / 20 / 25	2,8 A / 2,8 A 2,8 A	32,5°C / 33,7°C / 34,4°C	51,2°C / 52,2°C / 53,4°C	36,5°C / 36,8°C / 37,5°C
Testi nr: 30 / 35 / 40	2,8 A / 2,8 A 2,8 A	37,3°C / 39,5°C / 39,6	55,2°C / 55,4°C / 55,5	38,8°C / 40,2°C / 42,4°C
Testi nr: 45 / 50 / 55	2,8 A / 2,8 A 2,8 A	40,1°C / 40,4°C / 40,4°C	55,6°C / 55,6°C / 55,8°C	43,2°C / 43,8°C / 43,9°C
Testi nr: 60 / 65 / 70	2,8 A / 2,8 A 2,8 A	41,4°C / 42,3°C / 43,6°C	56,3°C / 57,5°C / 57,8°C	44,0°C / 44,2°C / 44,4°C

5 SÜSTEEMI OHUTUS

Eesti riigis ja laiemalt Euroopa Liidus on kasutusel erinevad regulatsioonid ja seadused, mis peavad tagama seadmete ohutu kasutamise. Selleks, et Euroopa Liidus oleks võimalik mingit seadet müüa ja kasutusele võtta, peab antud seade vastama Euroopa Liidu masinadirektiivile.[21] Lisaks kehtib Eestis ka seadme ohutuse seadus, mille eesmärk on tagada seadmete ja nendega seotud protsesside ohutus. Selle seadusega reguleeritakse seadme kasutusele võtmist, kasutamist ning seadmetööd.[10] Antud seadustest ja regulatsioonidest johtuvalt, on mõistlik tellida kolmandalt poolt erapooletu põhjalik riskianalüüs. Tihtipeale ongi tootearenduse peamiseks komistuskiviks ebapiisav riskianalüüs, mis pärsib toote edukat turule toomist. Potentsiaalsel kliendil võib sellisel juhul puududa usaldus toote vastu ja võimaliku õnnetusjuhtumi korral kaasnevad trahvid ning moraalne- ja varaline kahju.

Prototüübina kokku pandud süsteemi ohutuse tagamiseks on võimalik rakendada mitmeid erinevaid meetmeid. Peamisteks ohuallikateks on elektri kasutamine niiskes ruumis ja liikuvatest osadest tulenevad ohutegurid. Nagu selle töö eelnevates osades on mainitud, aitab elektriohutusele kaasa IP 44-67 veekindlusklassis olevate süsteemi komponentide kasutamine niisketes ja märgades ruumides. Lisaks on tähtis, et niiskes ruumis oleks kasutusel rikkevoolukaitse süsteem.[10] Kindlasti ei tohi 230 V pingega süsteemi elemendid, nagu muundur, paigutada niiske ruumi tsooni 0. Kui elemendid asuvad tsoonis 1 või 2 siis nad peavad olema kaitstud korpuses veekindlusklassiga mis on vähemalt IP44 (vaata joonist 2.6). [10]

Liikuvate osade nagu lineaarmootori küljes olevad valamu kinnituselemendid ja teised osad, tuleks kindlasti eraldada kaitsekorpusega selliselt, et kasutajal ei oleks võimalik nendega ennast vigastada (vaata joonist 1.2).

Lineaarmootori ülekoormusest tekkiva ohu vältimiseks tuleks kasutusele võtta liigvoolu kaitse. Süsteemi ülekoormus võib esile kerkida olukorras, kus kasutaja toetab oma keha raskusega valamule või mingil põhjusel muul moel takistatakse liikuvosade liikumist. Sellise olukorra lahenduseks on võimalik süsteemi elektroonikasse ühendada liigvoolu kaitse sensor. Üheks liigvoolu mõõtvaks sensoriks on WCS1800 DC 5V (vaata joonist 5.1). [25]



Joonis 5.1 Liigvoolu sensor WCS1800. [25]

Antud sensor mõõdab mootori poolt tarbitavat voolu ja kui voolu hulk ületab etteantud piirmäära lülitab mikrokontroller lineaarmootori välja. Sama kaitsemehhanism käivitub ka siis, kui valamut langetatakse ja liikumist segab valamu all olev takistus.

Edasiarenduses tuleks süsteemi kindlasti paigaldada ka hädaseiskamise võimalus. Üheks selliseks turvaelemendiks, mis kaitseb kasutaja vigastuse eest on nii öelda stopp plaat, mis töötab hädaseiskamis nupu põhimõttel. Plaat asub valamu all terve kraanikausi aluse pinna ulatuses. Selline lüliti peatab süsteemi koheselt, kui keegi on valamu all ja ta läheb sellele vastu. Olukorras, kus valamut tõstetakse ja mingil põhjusel ja on vaja koheselt süsteem seisma panna, saab samuti selle lüliti abil süsteemi töö peatada.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli analüüsida ühte võimalikku prototüüp lahendust invavannitoa kraanikausi tõstemehhanismi automatiseerimiseks.

Kokku pandud prototüüp süsteem kasutab kasutaja kõrguse kohta info saamiseks infrapunasensorit ning vastavalt saadud infole lineaarmootor, kas tõstab või langetab valamut. Lisaks võimaldab süsteemi liidetud teine infrapunasensor käeviibet tuvastades süsteemi töö kontrollimist.

Töö käigus saadud informatsioon ja kogemus võimaldab järgmises süsteemi edasiarenduses juba läbikäidud teekonnast õppida ja täiuslikum süsteem kokku panna. Järgmises prototüübi edasiarenduses tuleks kasutada võimsamat silindrilise mootori tüübi ja omadustega lineaarmootorit ning kaaluda võimalust muunduri ja mikrokontrolleri viimist väljaspoole niisket ruumi. Lisaks Wi-Fi võimekuse lisamine võimaldaks reaalajas statistika kogumise ruumide kasutuse kohta. Antud süsteemi edasiarenduse kasutamine invavannitubades ja wc-des, mis asuvad: haiglates, vanadekodudes, tanklates ja linnaruumis, oleks suureks abiks erivajadustega inimeste elu kvaliteedi tõstmiseks.

Lõputöö kirjutajale oli antud prototüübi välja töötamine ja programmeerimine põnev väljakutse, mis pani n-ö silma särama. Tööle lahenduste leidmine hõlmas mitmeid läbitud aineid ja teemasid mida aastate lõikes on Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna Tartu kolledžis omandatud.

SUMMARY

The aim of this work was to construct and analyze a working prototype for automating the lifting mechanism of a sink and mirror in a disabled bathroom. The assembled prototype system uses an infrared sensor to obtain information about the user's height, and according to the received information, the linear actuator either raises or lowers the sink and mirror. In addition, the second infrared sensor connected to the system allows for the user to overtake the automation and to operate the system using a hand swipe.

The information and experience gained during the work will allow to learn from it, and in the next further development of the system to assemble better version. The main system parts that need to be changed are a more powerful tubular motor type linear actuator and if possible, to move the microcontroller and electric converter outside the damp environment. Furthermore, by including Wi-Fi connectivity to the system, it would give valuable information about the usage of the room.

By using the final completed version of this system in disabled bathrooms located in hospitals, care homes and public buildings would be a great help in improving the quality of life of people with special needs.

For the writer of the thesis, developing and programming this prototype was an exciting challenge. Finding solutions for the work included several subjects and topics that he has learned over the years at Tallinn University of Technology Tartu College.

VIITED

- [1] Polycase "IP65 vs. IP66 Enclosure Ratings" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.polycase.com/techtalk/ip-rated-enclosures/ip65-vs-ip66.html> [Kasutatud: 03.11.2022]
- [2] Assent "A Guide to CE Marking Certification of Electrical Equipment" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: [https://www.assent.com/blog/ce-marking-electrical-equipment/#:~:text=A%20Conformit%C3%A9%20Europ%C3%A9enne%20\(C%20E\)%20marking,\(EU\)%20regulations%20and%20directives.](https://www.assent.com/blog/ce-marking-electrical-equipment/#:~:text=A%20Conformit%C3%A9%20Europ%C3%A9enne%20(C%20E)%20marking,(EU)%20regulations%20and%20directives.) [Kasutatud: 03.11.2022]
- [3] RoHS Guide "Welcome to RoHS guide" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.rohsguide.com/> [Kasutatud: 03.11.2022]
- [4] Riigi Teataja "Puudega inimeste erivajadustest tulenevad nõuded ehitisele" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.riigiteataja.ee/akt/131052018055> [Kasutatud: 11.11.2022]
- [5] Gustavsberg „Valamuraam 1704" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.gustavsberg.com/ee/tooted/wc/erivajadustegainimestevannituba/invalamud/product/gb88170401/valamuraam-1704#pid=1> [Kasutatud: 21.10.2022]
- [6] Granberg „Electric height adjustable washbasin system with mirror and lighting - DESIGNLINE 417-15" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: https://www.granberg.se/en/our-products/accessible-bathroom/electric-height-adjustable-washbasin/designline-417/electric-height-adjustable-washbasin-system-with-mirror-and-lighting-designline-417-15/?tab_id=32 [Kasutatud: 21.10.2022]
- [7] Socionext " Why Radar Sensors are Ideal for Smart Bathrooms" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://socionextus.com/blogs/why-radar-sensors-are-ideal-for-smart-bathrooms/> [Kasutatud: 14.11.2022]
- [8] PRESSALIT " PLUS sink bracket with lever control, manually height adjustable with pneumatic cylinder" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://pressalit.com/en-us/accessible-bathrooms/sink-brackets/plus-sink-bracket-with-lever-control-manually/p-r4650/> [Kasutatud: 14.11.2022]

- [9] PRESSALIT " PLUS sink bracket with wired hand control, electrically height adjustable" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://pressalit.com/en-us/accessible-bathrooms/sink-brackets/plus-sink-bracket-with-wired-hand-control-ele/p-r4751-93/> [Kasutatud: 14.11.2022]
- [10] Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit "Elektripaigaldustööd 2" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: https://eetel.ee/wp-content/uploads/1999/11/www.ekk.edu.ee_vvfiles_0_elektripaigaldustood_2.pdf
- [11] Omega "Marlavin enclosure" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.omegapower.com.au/product/marlanvil-enclosure-h150-x-w110-x-70mm-opaque-poly-ip66/3009455> [Kasutatud: 03.11.2022]
- [12] Aliexpress DC12V Wifi Linear Actuator Linear Motor" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: https://www.aliexpress.com/item/1005002651220300.html?spm=a2g0o.order_list.0.0.7be118028pvRPG [Kasutatud: 08.11.2022]
- [13] Arduino store " Arduino UNO REV 3 " [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>. [Kasutatud: 07.11.2022]
- [14] Arduino store "EEPROM Library" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/EEPROM> [Kasutatud: 07.11.2022]
- [15] ESP-IDF Programming guide store " ESP32-DevKitC V4 Getting Started Guide" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/get-started-devkitc.html> [Kasutatud: 07.11.2022]
- [16] Components 101 " L298N Motor Driver Module" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://components101.com/modules/l293n-motor-driver-module> [Kasutatud: 07.11.2022]
- [17] DroneBot Workshop " DBH-12 Arduino Hookup" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://dronebotworkshop.com/dc-motor-drivers/> [Kasutatud: 07.11.2022]

- [18] Project Hub " Interfacing E18-D80NK IR Proximity Sensor with Arduino" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: https://create.arduino.cc/projecthub/ashish_cd/interfacing-e18-d80nk-ir-proximity-sensor-with-arduino-a4bbd0 [Kasutatud: 07.11.2022]
- [19] ELProCUS " What is an IR Sensor : Circuit Diagram & Its Working" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.elprocus.com/infrared-ir-sensor-circuit-and-working/> [Kasutatud: 07.11.2022]
- [20] SHARP " GP2Y0A41SK0F" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a41sk_e.pdf [Kasutatud: 07.11.2022]
- [21] Tööstusuudised " Masina ohutuse hindamine peab käima käsikäes tootearendusega" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.toostusuudised.ee/sisukurundus/2020/11/16/masina-ohutuse-hindamine-peab-kaima-kasikaes-tootearendusega> [Kasutatud: 21.11.2022]
- [22] Riigi Teataja " Seadme ohutuse seadus" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.riigiteataja.ee/akt/113032019153> [Kasutatud: 21.11.2022]
- [23] Circuit Digest " Arduino Multitasking Tutorial - How to use millis() in Arduino Code" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/arduino-multitasking-using-millis-in-arduino> [Kasutatud: 15.10.2022]
- [24] PROJECT HUB " Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://projecthub.arduino.cc/Isaac100/7cabe1ec-70a7-4bf8-a239-325b49b53cd4> [Kasutatud: 29.12.2022]
- [25] MICRO ROBOTICS " WCS1800 Hall 35A Current Sensor" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.robotics.org.za/HW-671> [Kasutatud: 30.12.2022]
- [26] TAPAN " Mis on torukujuline lineaarne mootor?" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <http://ee.smarttapan.com/info/what-is-a-tubular-linear-motor-48020815.html> [Kasutatud: 02.01.2023]

- [27] GOMOTRWORLD "LA60 Linear Actuator" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: http://www.gomotorworld.com/pd?product_id=16 [Kasutatud: 02.01.2023]
- [28] Riigi Teataja "Ehitusseadustik" [Võrgumaterjal]. Saadaval asukohast: <https://www.riigiteataja.ee/akt/109082022013> [Kasutatud: 02.01.2023]

LISA 1 SÜSTEEMI PROGRAMMIS KASUTATUD KOOD

```
#include <EEPROM.h>
#define SENSOR1 2
#define SENSOR2 4
#define PIKENDA 10
#define LYHENDA 9

int counter=0;
const unsigned long eventInterval = 600000;
unsigned long previousTime1 = 0;
unsigned long previousTime2 = 0;
bool upDownSensor2 = false;
float pressLenghtMilliseconds = 0;
const int optionOneMilliseconds = 100;
const int optionTwoMilliseconds = 1500;

void setup() {

    pinMode(SENSOR1, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SENSOR2, INPUT_PULLUP);
    pinMode(PIKENDA, OUTPUT);
    pinMode(LYHENDA, OUTPUT);
    digitalWrite(PIKENDA, LOW);
    digitalWrite(LYHENDA, LOW);
    Serial.begin(9600);
    counter = EEPROM.read(0);

}

void loop() {

    int UP = digitalRead(SENSOR1);
    int DOWNUP = digitalRead(SENSOR2);
    unsigned long currentTime = millis();

    if(UP == 0 && upDownSensor2==false){

        Serial.println("SENSOR1 active, extending linear actuator");
        digitalWrite(PIKENDA, HIGH);
        digitalWrite(LYHENDA, LOW);
        counter++;
        EEPROM.write(0,counter);
        Serial.print("Counter: ");
        Serial.println(counter);
        delay(5000);
    }
}
```

```

    previousTime1=currentTime;
    upDownSensor2 = true;
}

if(currentTime - previousTime1 >= eventInterval && upDownSensor2==true) {

    digitalWrite(PIKENDA, LOW);
    digitalWrite(LYHENDA, HIGH);
    delay(5000);
    upDownSensor2 = false;
}

while(digitalRead(SENSOR2)==LOW) {

    delay(100);
    pressLenghtMilliseconds = pressLenghtMilliseconds + 100;
    Serial.print("MS: ");
    Serial.println(pressLenghtMilliseconds);
}

if (pressLenghtMilliseconds >= optionTwoMilliseconds){

    digitalWrite(PIKENDA, LOW);
    digitalWrite(LYHENDA, HIGH);
    delay(5000);
    previousTime1 = currentTime;
    upDownSensor2 = true;
}

else if (pressLenghtMilliseconds >= optionOneMilliseconds){

    digitalWrite(PIKENDA, HIGH);
    digitalWrite(LYHENDA, LOW);
    delay(5000);
    previousTime1 = currentTime;
    upDownSensor2 = true;
}

pressLenghtMilliseconds = 0;
} [23][14]

```