



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Tauno Terve

**UKSE AVAMISMEHCHANISM ELEKTRILISELE
RATASTOOLILE**

DOOR OPENING MECHANISM FOR POWER WHEELCHAIRS

Magistritöö
Ergonoomika õppekava

Juhendaja: Eugen Kokin, *DSc*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Tauno Terve		Õppekava: Ergonoomika	
Pealkiri: Ukse avamismehhanism elektrilisele ratastoolile			
Lehekülgi: 42	Jooniseid: 20	Tabeleid: 1	Lisaid: 2
Õppetool: Biomajandustehnoloogiate õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika, 4.14. Tootmistehnika ja tootmisjuhtimine; T500 Tööohutustehnoloogia Juhendaja(d): Eugen Kokin, <i>DSc</i> Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2018			
Töös antakse ülevaade ratastooli kasutajate probleemist, milleks on uste avamine ratastoolis ning sellele otsitakse lahendust. Varasemalt on välja pakutud mitmeid lahendusi uste avamiseks, aga vähem on uuritud elektrilise ratastooliga uste avamist. Töö eesmärgiks oli analüüsida erinevaid uste avamismehhanisme ning välja pakkuda autoripoolne prototüüp. Töös uuriti üheksat erinevat võimalust, neist neli olid mehaanilised ja viis elektroonilised. Uuriti ka ust ning ukseulgurit ja mõõdeti ukse avamiseks vajalikku jõudu. Töö tulemuseks loodi autoripoolsest ideest prototüüp, mis ei ole lõplikult valmis. Eelnevalt ei ole elektrilisele ratastoolile mehaanilist uste avamisseadist loodud. Kõik on keskendunud robotkäppade arendamisele. Tulemustest selgus, et hetkel on kõige efektiivsem ukse avamisseadis robotkäpp Jaco, mis on spetsiaalselt elektrilisele ratastoolile konstrueeritud. Autoripoolset lahendust tuleb edasi arendada.			
Märksõnad: ukseulgur, robotkäpp, puuetega inimesed			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Tauno Terve		Curriculum: Ergonomics	
Title: Door opening mechanism for power wheelchairs			
Pages: 42	Figures: 20	Tables: 1	Appendixes: 2
Chair: The Chair of Biosystems Engineering Field of research and (CERC S) code: 4. Natural sciences and engineering 4.14. Industrial engineering and management, T500 Safety Technology Supervisors: Eugen Kokin, <i>DSc</i> Place and date: Tartu, 2018			
<p>In the study the problem, of opening doors in a wheelchair, is reviewed and solutions for that problem are researched. Formerly several solutions for opening doors have been offered, but fewer for power wheelchair users. The purpose of this study was to analyse different door opening mechanisms and to present the authors prototype. Nine different possibilities were researched, of which four were mechanical and five electronic. Also the door and the door-closing device were researched and the force, used to open a door, was measured. In result of the study, a prototype, which is not finished, based on the authors idea was created. Formerly a mechanical door-opening device for power wheelchairs has not been developed. Everything is focused on developing robotic arms. In conclusion the most effective device for opening doors is a robotic arm, Jaco, which is specially constructed for electric wheelchairs. The solution given by the author needs to be developed further.</p>			
Keywords: door closer, robotic arm, handicapped			

SISUKORD

SISUKORD	4
SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1. Ratastooli sattumise põhjused.....	6
1.2. Ukse avamise seade puuetega inimestele (patent US7938464B1)	7
1.3. Ukse avamise ja sulgemise seade puuetega inimestele (patent US5540468).....	8
1.4. Ukse avamise seade (patent US8353546B1).....	9
1.5. Seade ukse avamiseks (patent US20120042475A1).....	10
1.6. Piero - elektrooniliselt avaneva ukse seade	11
1.7. Robotkäpp <i>Dora</i>	12
1.8. Robotkäpp <i>iARM</i>	13
1.9. Robotkäpp <i>Jaco</i>	14
1.10. Robot <i>SpotMini</i>	16
2. UKS	22
2.1. Uksesulgur	22
2.2. Uksesulguri tööpõhimõte.....	22
2.3. Ukse käepide.....	23
2.4. Uksekeele takistus.....	24
2.5. Ukseautomaatika.....	25
3. AUTORIPPOOLNE UKSE AVAMISMEHCHANISM	26
3.1. Konstruktsiooni prototüüp.....	26
3.2. Ukse avamine autoripoolse lahendusega.....	27
3.3. Arutelu.....	30
KOKKUVÕTE	31
KASUTATUD KIRJANDUS	32
SUMMARY	34
LISAD	35
Lisa A. Koosteskeem.....	36
Lisa B. Autoripoolse lahenduse skeemid	37

SISSEJUHATUS

Ratastooli kasutajad jagunevad kahte suuremasse gruppi, esimeseks manuaalse ratastooli kasutajad kelle käed on tugevad ja suudavad ise ratastooli lükata ning teine grupp on elektrilise ratastooli kasutajad kelle käed on nõrgad ja kes ei suuda manuaalse ratastooliga sõita. Maailma Terviseorganisatsiooni uuringud näitavad, et umbes 65 miljonit inimest kogu maailma rahvastikust vajavad igapäevaselt toimetulekuks ratastooli [1]. Iga aastaga suureneb see arv. Ratastooli jäämise põhjused võivad olla väga erinevad, suure osa nendest moodustavad lihashaigused, nendele haigustele pole veel maailmas ravi leitud. Ning seetõttu tuleb luua uusi abivahendeid, et suurendada inimeste toimetulekut ja iseseisvust. Nii saavad ka elektrilise ratastooli kasutajad paremini panustada ühiskonda. Väga aktuaalne on see hetkel Eestis, kus tahetakse, et kõik vähenenud töövõimega inimesed saaksid anda oma panuse ühiskonda. Selleks, et see ka võimalikuks saaks tuleb luua pidevalt uusi lahendusi ja personaalseid abivahendeid.

Töö eesmärgiks oli analüüsida erinevaid ukse avamismehhanisme ja välja selgitada kõige efektiivsem. Lisaks luua autori nägemusel tõmmatavate välisuste avamismehhanism hingedega ustele. Püstitatud eesmärgi saavutamiseks on lahendatud järgmised ülesanded:

1. Anda ülevaade erinevatest ukse avamismehhanismidest.
2. Tutvuda ukse ja ukse sulguriga ning mõõta ukse avamiseks vajaminevat jõudu.
3. Luua autoripoolne ukse avamismehhanism.

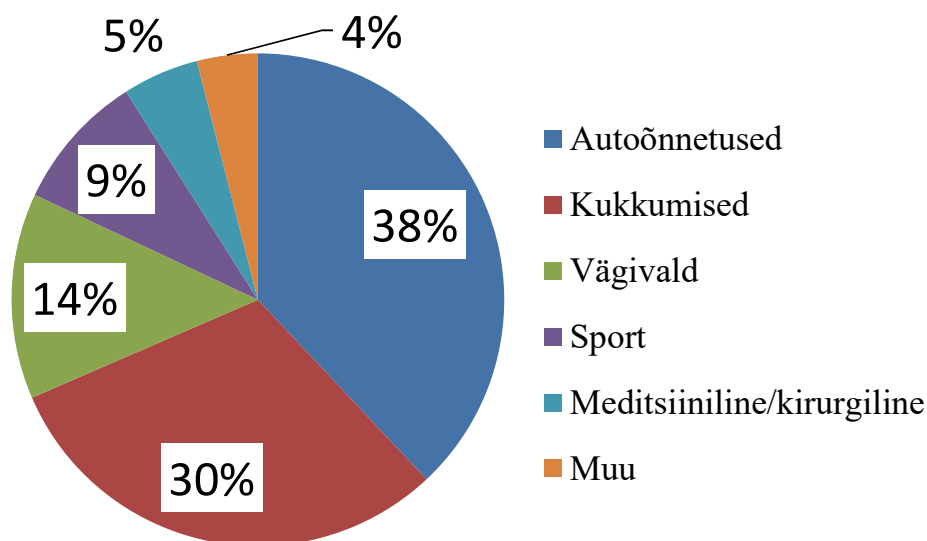
Uurimistöö on aktuaalne kuna päästeamet paigaldab kõikidele välisustele ukse sulgurid ning need teevad ratastooli kasutajatele ukse avamise väga raskeks. Tänu millele piiratakse ratastooli kasutajate vabadust liikuda endale sobival ajal vajaminevasse kohta.

Töö uudsus seisneb uuenduslikus ukse avamismehhanismis, mis oleks lihtsalt kasutatav, kerge kaasas kanda ja hinnaklassilt paljudele kättesaadav. Sihtsuunitlusega elektrilise ratastooli kasutajatele.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Ratastooli sattumise põhjused

Ratastooli jäämise põhjused võivad olla väga erinevad. Jooniselt 1 selgub, et kõige rohkem seljaaju traumasid on põhjustatud autoõnnetustest 38%, ning sellele järgneb 30,5% erinevad kukkumised [2]. Uuring on läbi viidud Ameerika Ühendriikides. Seljaaju vigastuse korral on kahjustuse koha pealt keha allapoole lõtv ja tundetu, see tähendab et vigastuse asukoht määrab halvatus suure. Kui viga on saanud esimese seitsme kaelalüli piirkond siis on inimene halvatu kaelast allapoole, ning nende käed liiguvad halvasti või koguni üldse mitte. Kui viga on saanud rinnalülid siis on inimene halvatu rinnast allapoole. Kõik kellel pole jõudu manuaalse ratastooliga liikuda kasutavad selleks elektrilist ratastooli, mis on juhitud juhtpuldist ja liigub akudelt saadava voolu abil. Tulenevalt sellisest puudest on raskendatud paljude uste avamine.



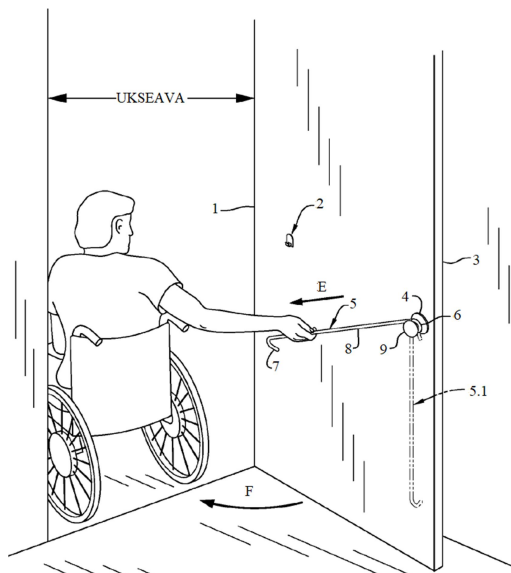
Joonis 1. Seljaaju vigastuste põhjused 2010 aasta seisuga Ameerika ühendriikides [2].

Kirjandusest selgub, et ukse avamiseks on tehtud erinevaid abivahendeid. Paljud abivahendid on mõeldud manuaalse ratastooli kasutajatele, kellel on käed tugevad ning

saavad kasutada spetsiaalselt selleks valmistatud varda otsas olevat konksu millega uks lahti tõmmata. Elektrilise ratastooli kasutajale kelle käed on nõrgad ja ei ole suuteline sellist abivahendit kasutama on välja pakutud robotkäpad, mis on kahjuks väga kallid ja pole paljudele kättesaadavad. Hinnanguliselt elab kogu maailmas raskelt toime tuleva puudega inimesi 151–302 miljonit, see teeb 2–4 % kogu maailma rahvastikust [3].

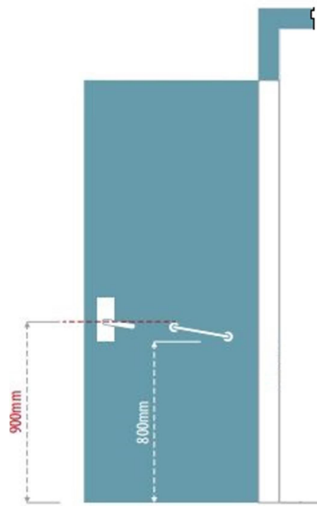
1.2. Ukse avamise seade puuetega inimestele (patent US7938464B1)

Ukse avamise seade puuetega inimestele (Patent US7938464B1 *Door opening device for a handicapped person*). Käsitsi manipuleeritav abivahend, mis hõlbustab hingedega ukse avamist ja sulgemist. Läbipaistvast jäigast plastikust vardal on ühel pool konks ning teisel pool käepide. Konks on kohandatud klammerduma haardumiseks ukse käepideme kaelapiirkonnast (joonis 2) [4]. Konks on kohandatud nupuga ustele, mis Euroopas pole väga levinud.



Joonis 2. Ratastoolis inimene kasutamas ukse sulgemise abivahendit. 1 – hingedega uks; 2 – ukse külge kinnitatud aas abivahendi horisontaalseks hoidmiseks; 3 – avatud uks; 4 – ukse käepide; 5 – abivahend; 5.1 – kasutusvalmis abivahend; 6 – konks; 7 – abivahendi kasutaja käepide; 8 – plastikvarras; 9 – ukse käepideme nupp; E – abivahendit tõmmates ukse liikumissuund; F – ukse liikumissuund suletud asendisse. [4]

Konks haardub ukse käepideme kaelaosale. Tänu vardale ei ole vaja paigaldada ustele spetsiaalseid käepidemeid mille abil saab ratastooli kasutaja ukse sulgeda iseseisvalt. Varda saab jätta ka ukse nupu külge rippuma või kinnitada uksele oleva aasa külge. Samas saab ka vajadusel varda kaasa võtta. [4] Seade sobib paremini ukse sulgemiseks, kui avamiseks. Uksele spetsiaalse käepideme (joonis 3) paigaldus omaks sarnast efekti, kus tugevate kätega ratastooli kasutajad saaksid ukse avamise ja sulgemisega hakkama. Kellel näppude liikuvus on piiratud ei saa antud vardast hästi haarata.



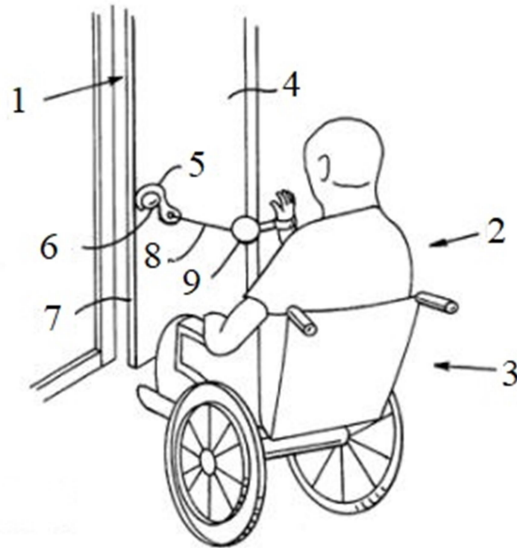
Joonis 3. Uksele paigaldatud spetsiaalne käepide ukse sulgemiseks [5].

Joonisel 3 toodud käepidemed ei ole kallid ning on igas invaabivahendite müügipunktis kergesti kättesaadavad. Kuna need võtavad vähe ruumi on neid kerge paigaldada ja kasutada.

1.3. Ukse avamise ja sulgemise seade puuetega inimestele (patent US5540468)

Ukse avamise ja sulgemise seade puuetega inimestele (Patent US5540468 *A Door opening and closing device for handicapped persons*). Ukse avamise ja sulgemise seade puuetega inimestele kes kasutavad ratastooli või karke. Paremaks käes hoidmiseks on seadme käepide reguleeritava avaga, kust saab kasutaja käe läbi panna. Seadmel on rull, mille sees

liigub plastnöör, mis pikeneb ja lüheneb vastavalt vajadusele. Kui plastnöör on rullist välja tõmmatud siis rull tõmbab plastnööri rullile tagasi. Haardekonks on ühendatud plastnööri teise otsa, mis on hõlpsasti haaramiseks ukse nupust ning mis ei libise, kui ukse avamiseks või sulgemiseks plastnööri tõmmatakse. Üheks oluliseks omaduseks on seadme kinnitamine kasutaja randme külge või ratastooli raamile (joonis 4). [6] Raamile kinnitades jäävad ratastooli kasutaja käed vabaks, mis teeb ratastooli juhtimise mugavaks. Antud seade on hea, sest ei vaja hooldust ning on võrdlemisi odav.



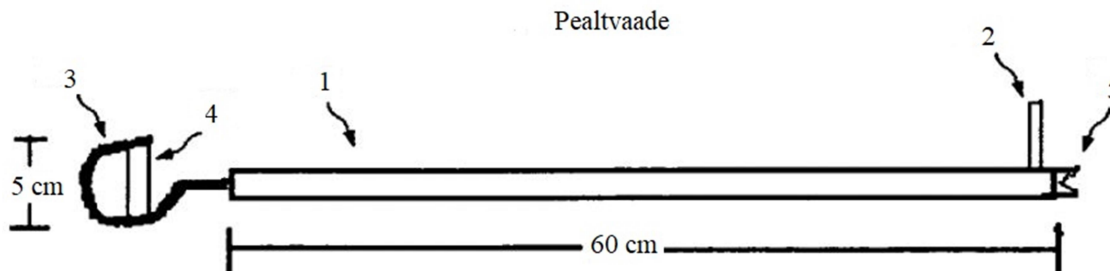
Joonis 4. Ukse avamine ukse avamis- ja sulgemisseadmega. 1 – ukseava; 2 – kasutaja; 3 – ratastool; 4 – uks; 5 – konks; 6 – ukse nupp; 7 – ukse välisserv; 8 – plastnöör; 9 – nööripool koos ümbrisega. [6]

Ukse avamiseks tuleb paigaldada konks ukse nupule, kui uks avatud siis tuleb konks paigaldada vastaspoole ukse nupule, et uks enda järel kinni tõmmata. Tänu rullile mis plastnööri kompaktselt kokku kerib on seadet hea endaga kaasas kanda.

1.4. Ukse avamise seade (patent US8353546B1)

Ukse avamise seade (Patent US8353546B1 *Apparatus for opening doors*). Seade mis on mõeldud puudega isiku abistamiseks ukse avamisel, sulgemisel ja lukustamisel ning lukust avamisel. Seadmel on metall konks, mis tuleb uste avamiseks asetada ukse nupule ja

pöörata varrast ning siis tõmmata või lükata varrast ukse avamiseks. [7] Eelkõige lihtsustab see seade ukse lukustamist või lukust avamist. Ühes varda otsas on silikoonist ribaga konks, varda teises otsas aga ukse lukust avamiseks või lukustamiseks lukustusseadis (joonis 5).



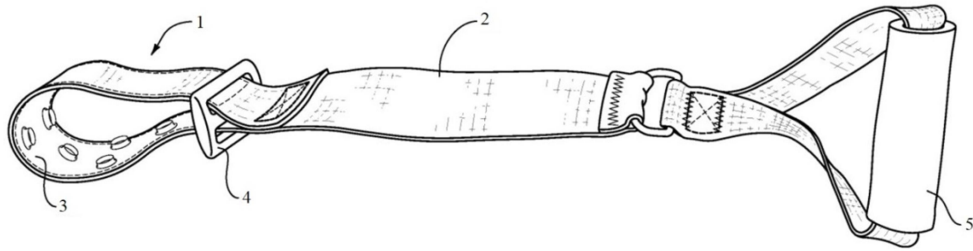
Joonis 5. Pealtvaates ukse avamise seade. 1 – puidust 60 cm varras; 2 – 7,5 cm pikkune väike varras ukse avamiseadme pööramiseks; 3 – metallist konks; 4 – silikoonist riba; 5 – lukust avamiseks või lukustamiseks lukustusseadis. [7]

Varda abil saab ratastooli kasutaja avada ja sulgeda ukse piisavast kaugusest, mis ei takista ukse avamist või sulgemist. Lisaks saab seadme kinnitada ratastooli külge. Varras on puidust ja neljakandiline, et oleks mugavam ukse avamiseks varrast keerata. Konks on varda suhtes 30 kraadise nurga all. Seade on mõeldud ukse avamiseks. [7] Seade on hea, kuna omab võimalust ka ust lukustada, aga seade on mõeldud tugevate kätega inimestele.

1.5. Seade ukse avamiseks (patent US20120042475A1)

Seade liigesepõletikus olevatele inimestele ja teiste puuetega inimeste abistamiseks ukse avamisel (Patent US20120042475A1 *Device to assist arthritics and other invalids in opening a door*). Seade ukse avamiseks, ukse avamiseks. Seade on valmistatud kummist, et haardumine käepidemega oleks võimalikult hea. Rihm on konstrueeritud piklikust kummist, mida võib keerata ümber ukse avamiseks. Uksenuppi ei pea kasutaja randmega ise keerama ja saab kummi linti ukse avamiseks tõmmata allapoole või ülespoole, mille tagajärjel ukse avamiseks saab lahti keeratud ning uks avaneb. Seade on

mõeldud kõigile kellel on liigese põletik ja uste avamine raskendatud. Rihm on 60 cm pikk ja 5 cm lai. Lisaks on rihmal reguleeritav avaus (joonis 6). [8]



Joonis 6. Ukse avamiseks mõeldud rihm. 1 – reguleeritav rihma silmus; 2 – rihm; 3 – hea haarduvusega materjal; 4 – rihmapannal; 5 – käepide. [8]

Seade on mõeldud ukse nupuga varustatud ukse avamiseks. Ratastooli kasutajate jaoks ei ole see hea lahendus kuna selle paigaldus ukse nupule on tülikas ja võib võtta palju aega. Antud rihm on mõeldud osalise käe liikuvuse kaotanud inimestele.

1.6. Piero - elektrooniliselt avaneva ukse seade

Piero on seade, mis ühendatakse automaatselt avatavale ukse mootorile. Seade tuvastab kasutaja telefoni sinihamba signaali kaudu, ning uks avaneb automaatselt (joonis 7). Seade on mõeldud olemasolevatele ukseavamise seadmetele, mis avanevad spetsiaalsele nupule vajutades aga kuna nõrkade kätega ratastooli kasutajad ei pruugi suuta nuppu vajutada siis on välja mõeldud lahendus, kus sinihamba kaudu edastatakse käsklus ukse avamiseks. Enne kasutamist on vaja ukse sinihamba *ID*-d, need saadakse näiteks asutuse kodulehelt. Kui uks saab signaali siis ka uks avaneb. [9]

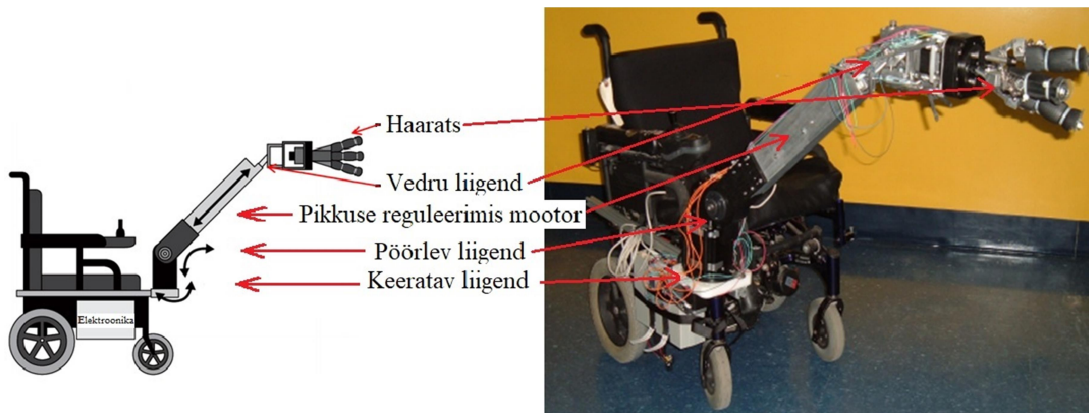


Joonis 7. Automaatselt avanev uks [10].

Seade sobib hoonete ustele, kus tuleb ratastooli kasutajatel regulaarselt käia. Samas sobiks antud lahenduse asemele ka liikumisanduriga ukse avamismehhanism. Siis ei tuleks eelnevalt otsida sinihamba *ID*-d. Antud lahendus sobib ka nõrkade kätega ratastooli kasutajatele.

1.7. Robotkäpp *Dora*

Robotkäpp *Dora* (*door opening robotic arm*), avab ukсед ratastooli kasutajatele. Massachusettsi Ülikoolis Lowelli robotika üliõpilaste grupp töötas välja taskukohase robotkäpa, et aidata ratastooli kasutajaid ukse avamisel. Robotkäppa kutsutakse *Dora*-ks (*door opening robotic arm*) ja maksab 2000\$. Robotkäpp ühendatakse elektrilise ratastooli külge ning töötab neljal mootoril ning omab kolme plastiksõrme (joonis 8), mis on mõeldud haaramaks ukse käepidet. Plastiksõrmed hoiavad ukse avamisel käepidemest kinni ning vastavalt vajadusele keeravad ukse nuppu, suruvad ukse linki või tõmbavad käepidet või nuppu. Testide käigus suutis robotkäpp avada 14 erineva käepideme tüübiga ust. [11]



Joonis 8. Robotkäpp *Dora*. [12].

Hea lahendus uste avamiseks, kuna ratastooli kasutaja ei pea enda käte jõudu üldse kasutama ning seega sobib ka nõrkade kätega ratastooli kasutajatele. Hea on ka see, et robotkäpaga saab avada 14 erineva käepidemega ust. Halvaks küljeks on robotkäpa suurus ning aeg, mis kulub ukse avamiseks.

1.8. Robotkäpp *iARM*

iARM (*intelligent Assistive Robotic Manipulator*) on intelligentne abivahend sügava puudega ratastooli kasutajatele, kes tahavad iseseisvalt süüa ja juua. Seade on väga laialdase funktsionaalsusega ning sellega saab väga mitmeid igapäevaseid tegevusi teha, mida nõrkade kätega ratastooli kasutajad muidu teha ei saa (joonis 9). Sellega saab ka muuhulgas maast asju ülesse võtta. [13]



Joonis 9. *iARM* abiga saab kõrvarõngad kõrva [13].

Robot käsi kaalub 9 kg ja kasutab funktsioneerimiseks elektrilise ratastooli akusid. Maksimaalne siruulatus on 70 cm. Robotkäe saab vajadusel ka ruumi kokkuhoiuks kokku pakkida. *iARM*-i saab juhtida vastavalt vajadusele kas juhtpuldiga, spetsiaalse klaviatuuriga või ühe nupu vajutusega. Seade on mõeldud tegemaks paljusid toiminguid, mida ratastooli kasutaja piiratud käte tegevuse puhul teha ei saa. *iARM*-i saab vajadusel ise lihtsalt ümber programmeerida, ning saab salvestada kuni 12 kindlat käsklust. Käsklusi saab ise ümber kirjutada ja muuta vastavalt vajadusele. [13] Antud robotkäpp on täpsem, kui *Dora* kuna haaratsi sõrmed on väiksemad, see küll ei tähenda, et ust parem avada oleks aga muid tegevusi on kindlasti mugavam teha.

1.9. Robotkäpp Jaco

Kinova Robotic poolt loodud robotkäpp Jaco aitab ratastooli kasutajaid mitmesugustes ülesannetes nagu söömine, joomine, erinevate esemete liigutamine, raamatu lehtede pööramine, ukse avamine ja sulgemine ning elektrooniliste süsteemide sisse- ja väljalülitamine. Seade on mõeldud elektrilisele ratastoolile. Robotkäpale saab vastavalt vajadusele valida kolme või kahe sõrmega haaratsit (joonis 10). [14]



Joonis 10. Kahe ja kolme sõrmega haaratsid [14].

Kolme sõrmega haarats võimaldab tugevamat haaret ja kahe sõrmega haarats on täpsem. Jaco saab kokku pakkida ühe nupu vajutusega, kus robotkäpp ei sega ratastooliga sõitmist. Seadmele on sisseehitatud turvalisuse tagamiseks kaks tsooni, kus robotkäpp liigub aeglasemalt või sootuks peatub. Aeglaselt liigub näo ja keha piirkonnas ja peatub kui jõuab kehale või näole liiga lähedale. Kui robot tuvastab kokkupõrke siis peatub automaatselt. Iga kasutaja õppimiskõver ja osavus sõltub paljudest muutujatest, näiteks vanusest, kognitiivsest võimekusest, käsitsemisoskusest, ratastooli tehnoloogiast, ajami juhtimisest ja muust. Roboti maksimaalse kiiruse muutumine võimaldab kohandada neid muutujaid ja võimaldab kogenematule kasutajale suuremat ohutust. Haaratsi lineaarne kiirus võib olla 4–20 cm/s. [14] Karbonfiibrist valmistatud robotkäpp teeb 16 erinevat liigutust ja on ilmastikukindel (joonis 11). Kaalub 5,2 kg ja siruulatus on 90 cm. Maksimaalselt jõuab tõsta kuni 1,8 kg raskusi. Robotkäpa juhtimiseks saab kasutada elektrilise ratastooli pulti. [15]



Joonis 11. Elektrilisele ratastoolile paigaldatud robotkäpp Jaco [16].

Jaco on spetsiaalselt välja töötatud elektrilisele ratastoolile mõeldud abivahendiks, mis kergendaks inimeste elu igapäevastes toimingutes. Jaco robotkäppa saab kasutada lisaks ukse avamisele väga mitmeteks erinevateks toiminguteks. Suureks puuduseks on robotkäpa hind, mis jääb 40 000 \$ juurde. Osade inimeste jaoks võib robotkäpa juhtimine osutada keeruliseks.

1.10. Robot SpotMini

Boston Dynamics on Ameerika Ühendriikides asuv robotikafirma, kes muuhulgas töötab välja roboti mis suudab uksi avada. SpotMini on neljajalgne robot, mis sobib abimeheks kontorisse või kodu. Tegemist on robotiga, mis oskab avada uksi. Avamiseks kasutatakse hästi liikuvat robotkäppa millega haaratakse ukseingist (joonis 12) [17]. Antud roboti eeliseks on väga hästi liikuv robotkäpp, mis teeb ukse avamise hõlpsaks ja kiireks. Lisaks oskab robot ust lahti hoida, et ka keegi teine uksest läbi saaks.

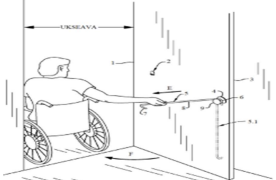
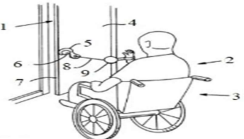
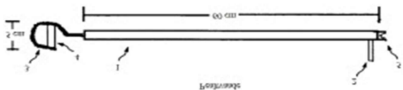
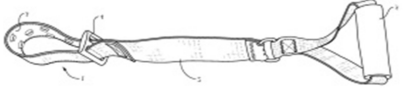



Joonis 12. SpotMini ust avamas [18].


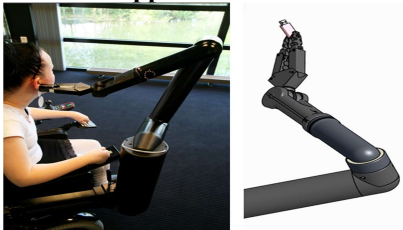


Robot on 0,84 meetri pikkune ning kaalub 30 kg, ning omab 17 liigendit. Maksimaalne tööaeg on 90 minutit olenevalt tegevusest. [19] Robot oleks heaks abiliseks ratastooli kasutajale aga kui abi läheb vaja erinevates kohtades, siis võib takistuseks saada roboti kaasa vedamine. Lisaks võib roboti aku tühjaks saada. Antud robot sobiks abiliseks koju või kontorisse aga mitte igapäevaseks ringi sõitmiseks ja erinevate kohtade külastamiseks.

Tabelis 1 on toodud kõikide eelnevalt kirjeldatud seadmete ja lahenduste olulisemad tunnused, mis selgitavad välja parima võimaliku lahenduse ukse avamiseks nõrkade kätega ratastooli kasutajale. Võrdlemiseks võeti seitse kõige olulisemat tunnust elektrilise ratastooli kasutajate jaoks, mis on kõige olulisemad ukse avamise seadme juures. Kokku oli üheksa lahendust, millest neli olid mehaanilised ja mõeldud manuaalse ratastooli kasutajatele ja viis elektrilised lahendused, mis sobivad nõrkade kätega ratastooli kasutajatele. Viiest elektrilisest lahendusest oli neli robotkäpa baasil.

Tabel 1. Ukse avamismehhanismide võrdlus

Tunnus	Nõrkade kätega ratastooli kasutajale	Elektrilise ratastooliga ühilduv	Avatava ukse lingi tüüp	Kaasaskantav	Elektriline või mehaaniline mehhanism	Kokkupakitult tooli gabariitidesse jääv	Juhtiv elektrilise ratastooli puldiga
A	1	2	3	4	5	6	7
1. Patent US7938464 	Ei sobi	Ei ühildu	Sobib ukseupuga ustele	Jah	Mehaaniline	Jah	Ei
2. Patent US540468 	Ei sobi	Ei ühildu	Sobib ukseupuga ustele	Jah	Mehaaniline	Jah	Ei
3. Patent US353546 	Ei sobi	Ei ühildu	Sobib ukseupuga ustele	Jah	Mehaaniline	Jah	Ei
4. Patent US20120042475 	Ei sobi	Ei ühildu	Sobib ukseupuga ustele	Jah	Mehaaniline	Jah	Ei
5. Piero - elektrooniliselt avaneva ukse seade 	Sobib	Ei ühildu	Sobib olemasolevatele ukseavamise seadmetele, mis avanevad spetsiaalsele nupule vajutades	Ei	Elektriline	Jah	Ei

Tabeli 1 järg

A	1	2	3	4	5	6	7
6. Robotkäpp Dora 	Sobib	Ühildub	Robotkäpp suudab avada 14 erinevat käepideme tüübiga uksi	Jah	Elektriline, toite saab ratastooli akudelt	Ei	Jah
7. Robotkäpp iARM 	Sobib	Ühildub	Lingid, tõmmatavad käepidemed	Jah	Elektriline, toite saab ratastooli akudelt	Ei	Jah
8. Robotkäpp Jaco 	Sobib	Ühildub	Lingid, tõmmatavad käepidemed	Jah	Elektriline, toite saab ratastooli akudelt	Jah	Jah
9. Robot SpotMini 	Sobib	Ei ühildu	Lingid, tõmmatavad käepidemed	Ei	Elektriline, omab ise akut	Ei	Ei

Tabelist 1 selgub, et uste avamiseks erinevad lahendused jagunevad peamiselt kaheks. Esimesed, mis on mõeldud manuaalse ratastooli kasutajatele, kellel on jõudu iseseisvalt enda käsi liigutada ning teised mis põhinevad elektrilise ratastoolidele mõeldud robotkäppade süsteemil, kus ukse avamiseks juhitakse elektrooniliselt robotkäppa. Tabelis võrreldi üheksat lahendust seitsme tunnuse alusel, esimeseks oli kas seade sobib nõrkade kätega ratastooli kasutajale, kuna töös otsitakse lahendusi ukse avamiseks just nõrkade kätega ratastooli kasutajatele. Selgus, et kõik viis elektrilist seadet sobivad. Teiseks tunnuseks oli kas seade ühildub elektrilise ratastooliga, kuna nõrkade kätega inimesed kasutavad liikumiseks just elektrilist ratastooli siis on vaja seadet, mis sobiks ka nende tooliga. Selgus, et ühilduvad ainult robotkäpad *Dora*, *iArm* ja *Jaco*. Kolmandaks tunnuseks oli milliseid ukse linki saab avada, töös keskendutakse tõmmatavatele uksekäepidemetele. Mehaanilised lahendused olid kõik mõeldud ukse nuppudega ustele aga robotkäpad see-eest linkidega ja tõmmatavate käepidemetega ustele. Neljandaks tunnuseks oli kaasaskantavus, väga oluline just sellepärast, et saaks ligi võimalikult paljudele ja erinevates asukohtades olevatele hoonetele. Selgus, et Piero-elektroniliselt avaneva ukse seade ja robot *SpotMini* ei olnud kaasaskantavad. Viiendaks tunnuseks oli elektriline või mehaaniline mehhanism, kust selgus, et neli lahendust olid mehaanilised ja viis elektrilised. Väga oluline tunnus oli kuues, kus uuriti kas antud seade mahub tooli gabariitidesse. Kõik, mis jääb tooli gabariitidest välja takistab sõitmist kitsastest kohtadest ning seeläbi piirab liikumisvabadust. Elektrilistest lahendustest mahtus tooli gabariitidesse ainult robotkäpp *Jaco* ja Piero-elektroniliselt avaneva ukse seade. Viimaseks tunnuseks oli kas seade on juhitav ratastooli puldiga, mis oleks mugav lahendus. Selgus, et ratastooli puldiga on juhitavad robotkäpad *Dora*, *iArm* ja *Jaco*.

Kuna töös otsitakse lahendust ukse avamiseks, nõrkade kätega elektrilise ratastooli kasutajale, siis sobivad võrdlemiseks elektroonilised lahendused. Piero-elektroniliselt avaneva ukse seade on lisa võimalus juba olemasolevale automaatselt avanevale uksele. Kui uksele on paigaldatud ratastooli kasutajatele mõeldud ukseautomaatika, mis avab ukse spetsiaalsele nupule vajutamisega. Aga kuna kõik ratastooli kasutajad pole võimelised nuppu vajutama siis on loodud telefoni rakendus, mis sinihamba kaudu suhtleb ukse avamismehhanismiga, ning avab ukse automaatselt. Selle lahenduse puuduseks on, et süsteem avab ainult antud seadmega varustatud uksi ning ka telefoni peab enne objekti juurde jõudmist vastavalt seadistama. Otstarbekam on uks varustada liikumisanduriga, mis fikseerib inimese jõudmise selle juurde ning avaneb automaatselt. *Dora* on Massachusettsi

Ülikoolis Lowelli robotika tudengite poolt loodud robotkäpp. Kuna robotkäpad on väga kallid ja pole paljudele kättesaadavad, siis otsustati luua odavam lahendus, mis oleks abiks paljudele. Odavam ei pruugi tähenda alati head, nii ei saa ka *Dora* robotkäpp vastu Jaco ja *iARM* robotkäppadele, kuna *Dora* on suurem ja kohmakam. Samas *Dora* ei ole ka veel masstootmises, ning seda alles arendatakse. Nimelt *Dora* suurimaks puuduseks on kohmakus ja suurus. Robotkäpa *Dora* kasutamisel suurenevad märkimisväärselt tooli gabariidid ning see ei ole mõeldud kasutamiseks muudel elutoimingutel. Kõige paremaks süsteemiks on Jaco robotkäpp. Kuna Jaco robotkäpp on hästi liikuv ja seda saab kasutada ka teisteks elutoiminguteks, näiteks pudelist vee joomiseks. Väga heaks omaduseks on ka asjaolu, et see ei suurenda tooli gabariite. Väga sarnane Jaco robotkäpale on ka *iARM*, tabelist 1 selgub, et nende suurimaks erinevuseks on robotkäpa suurus kokkupakitult, kus *iARM* jääb tooli gabariitidest välja aga Jaco mitte. Jaco eeliseks on ka täiuslikum haarats, mida saab vajadusel vahetada kolme või kahe sõrmelise vastu. Hästi saab ukse avamisega hakkama Boston Dynamicsi poolt loodud eraldi seisev robot SpotMini. SpotMini-le paigaldatud robotkäpp on väga liikuv. Antud lahenduse puuduseks on eraldi aku pealt töötav robot, teised robotkäpad kasutavad tooli akusid. Kuna tegemist on prototüübiga siis antud hetkel pole veel teada mitu korda ta ühe laadimisega uksi jõuab avada. Elektrilise ratastooliga sõidetakse mitmeid kilomeetreid, ning SpotMini-l poleks mõtet liikumisele energiat kulutada. Seadme peaks saama paigaldada kompaktselt ratastooli külge ja vajadusel nupule vajutamiselega ukse avamiseks aktiveerida. SpotMini pole otseselt mõeldud ratastooli kasutajatele uste avamise lihtsustamiseks.

Jaco abivahend on mõeldud spetsiaalselt elektrilisele ratastoolile. Tänu millele on ka see kõige otstarbekam lahendus ukse avamiseks. Lisaks ukse avamisele on Jaco võimeline abistama elektrilise ratastooli kasutajat ka muude eluks vajalike toimetustega. Jaco on ainuke robotkäpp, mis kokkupakitult ei suurenda tooli gabariite, mis on väga oluline kitsastest kohtadest läbimiseks. Jaco kasutab minimaalselt elektrilise ratastooli akusid, mis on hea ja mugav, sest siis ei ole tarvis robotkäppa eraldi laadida. Kindlasti tuleb eelnevalt robotkäppa õppida oskuslikult juhtima, et kasutusmugavus oleks võimalikult kõrge.

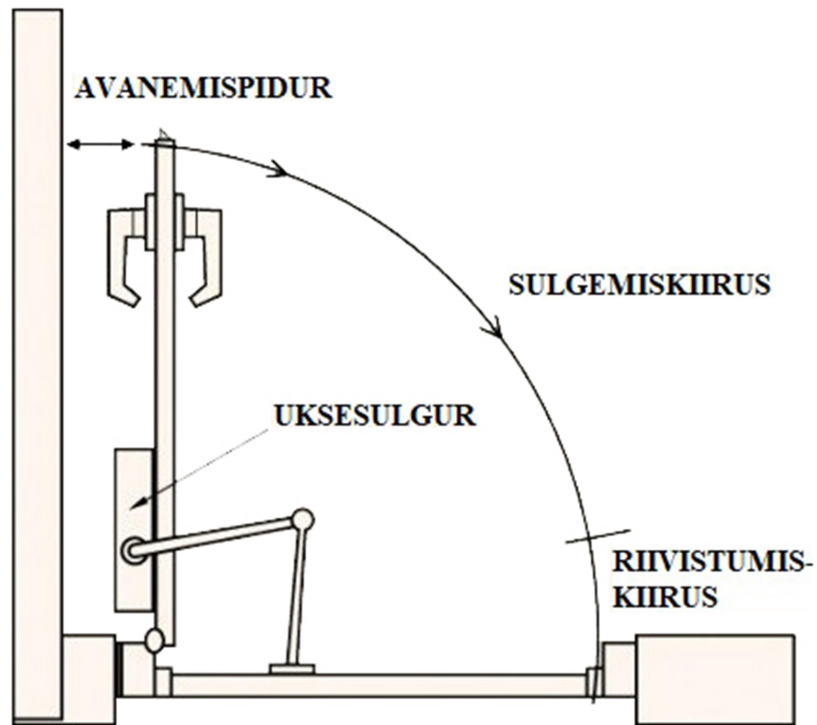
2. UKS

2.1. Uksesulgur

Tulenevalt tuleohutusnõuetest tuleb ustele paigaldada ukksesulgurid. Kui hoones tekib tulekahju, siis tule leviku tõkestamiseks ja tuuletõmbusest tulekahju suurenemise ohu vältimiseks on ukсед suletud. Selleks, et uks tihedalt suletud oleks on vajalik rakendada ukksesulguri poolt uksele jõudu. Mida suurem on mõõtmelalt uks seda rohkem jõudu on ka ukksesulguripoolt vaja. Briti standard BS 8300:2009 (*Design of buildings and their approaches to meet the needs of disabled*) soovib puuetega inimeste kasutatavate uste avanemisjõuks mitte rohkem kui 30 N [20].

2.2. Uksesulguri tööpõhimõte

Uksesulgur koosneb lihtsamalt öeldes kahest osast milleks on ukksesulguri mehhanism ja hoovastik. Hoovastik ühendab ukksesulguri ja ukselehti või ukselehe olenevalt ruumi olemasolust. Tavaliselt siiski kinnitatakse ukksesulgur ukselehe külge, kuna lendid on tihti peale võrdlemisi kitsad ning ukksesulgur ei mahu sellele kinnitamiseks. Uksesulguri sees on tugev vedru, kolb mehhanism, õli ja hoovastikuga ühenduses silindriline hammasratas, mis on hammasülekanne abil ühenduses kolviga. Ust avades hakkab silindriline hammasratas pöörlema ja vedru surutakse kokku ning õli liigub läbi düüside kolvi õlimahutist vedru mahutisse. Ukse sulgemisel lükkab vedru hammasülekanne abil ühendatud kolvi tagasi, mille tagajärjel silindriline hammasratas hakkab pöörlema ja hoovastiku abil sulgeb ukse. Uks sulgub aeglaselt, kuna õli mis liigub läbi düüside tõkestab ukse vabalt liikumist. Düüside reguleerimisel saab muuta ukse sulgemiskiirust ja riivistumiskiirust. [21] Sulgemiskiiruse reguleerimisega saab reguleerida avatud ukse sulgemis kiirust, kuni enne riivistumiskiirust (joonis 13). Riivistumiskiirus on sulgemiskiirusest erinev, see reguleerib kui kiiresti uks sulgub riivistamiseks [22]. Avanemispidur takistab ukse kokkupõrget seinaga.

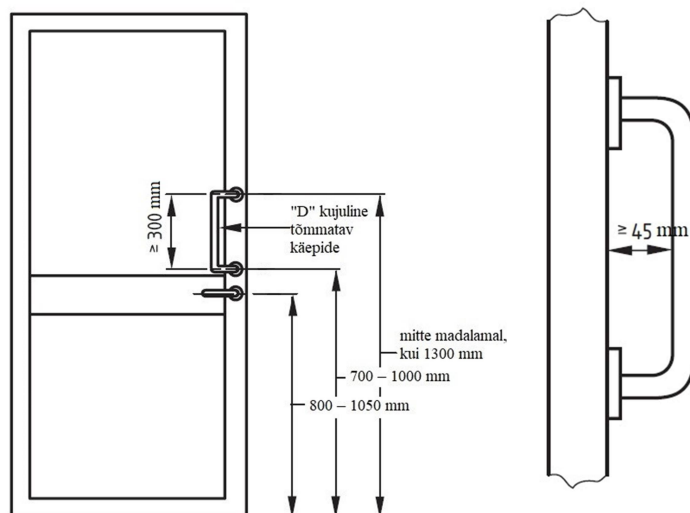


Joonis 13. Ukse sulguri tööpõhimõte [22].

Kõik kiirused on reguleeritavad ukse sulguril olevate düüside abil. Ukse sulgurid peavad olema reguleeritud nii, et sulgemiskiirus oleks reguleeritud võimalikult optimaalseks, et ka puuetega inimesed saaksid ukseava turvaliselt läbida.

2.3. Ukse käepide

Tõmmatava „D“ kujulise käepideme alumine kinnitus ei tohi asuda madalamal kui 700 mm ja kõrgemal, kui 1000 mm põranda pinnast. Ülemine kinnitus koht ei tohi olla madalamal kui 1300 mm põranda pinnast. Käepide peab olema vähemalt 300 mm pikk. Käepideme läbimõõt peab olema 19–35 mm (joonis 14). [20]

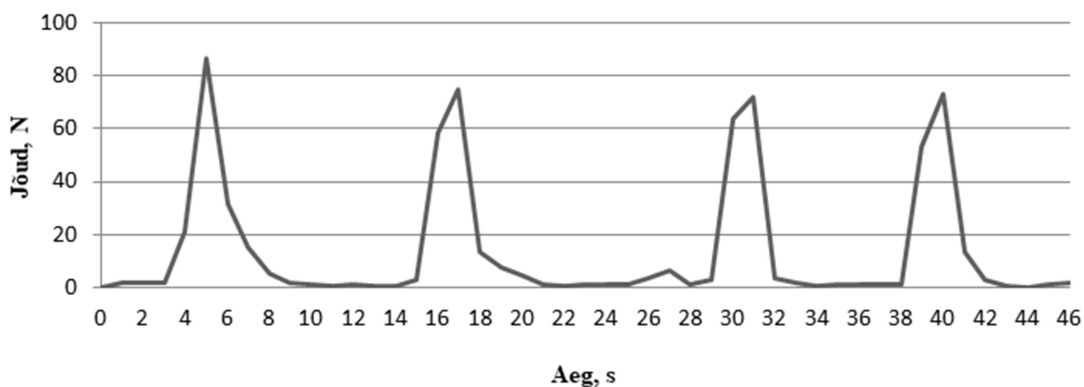


Joonis 14. Ukse „D“ kujulise käepideme mõõdud. [20]

Uksesulguriga varustatud hingedega välisüksed on üldjuhul kõik tõmmatava „D“ kujulise käepidemega.

2.4. Uksekeele takistus

Ukse mõõtmistest selgus, et uksekeele takistus on ukse avamisel kõige suurem. Peale uksekeele takistuse ületamist hakkab jooniseköver langema (joonis 15).



Joonis 15. Ukse avamiseks mõõdetud jõud.

Mõõtmised on läbi viidud Eesti Maaülikooli tehnikamaja välisüksel 13.02.2018. Dünamomeetriks oli Phidgets RB-Phi-123, mis eelnevalt kalibreeriti kaalu vihtidega 0–100 N. Kuna andurilt tulnud impulsid olid väga väiksed siis kasutati Arduino Leonardo

mikrokontrolleriga võimendit. Mõõte seade paigaldati rihma abil ukse käepideme külge, ning teisest otsast tõmmati, kuni uks oli täielikult avatud. Jooniselt 15 on näha, et sooritati neli katset ning katsetulemused on väga ühtlased. Maksimaalne jõud mida tuli rakendada oli 86 N.

Kui reguleerida ukse avamiseks vajaminev jõud 30 N, siis suureneks juba osaliselt ratastooli kasutajate ligipääsetavus. Paraku ust ei reguleerita teadmatusest, et kuidas seda teha või teadmatusest, et kellelegi võiks sellest suur abi olla. Põhjuseks võib olla ka see, et puudub vastav tehnika millega mõõtmisi läbi viia, ning tänu sellele ei olda kursis ukse avamiseks vajamineva jõuga.

2.5. Ukseautomaatika

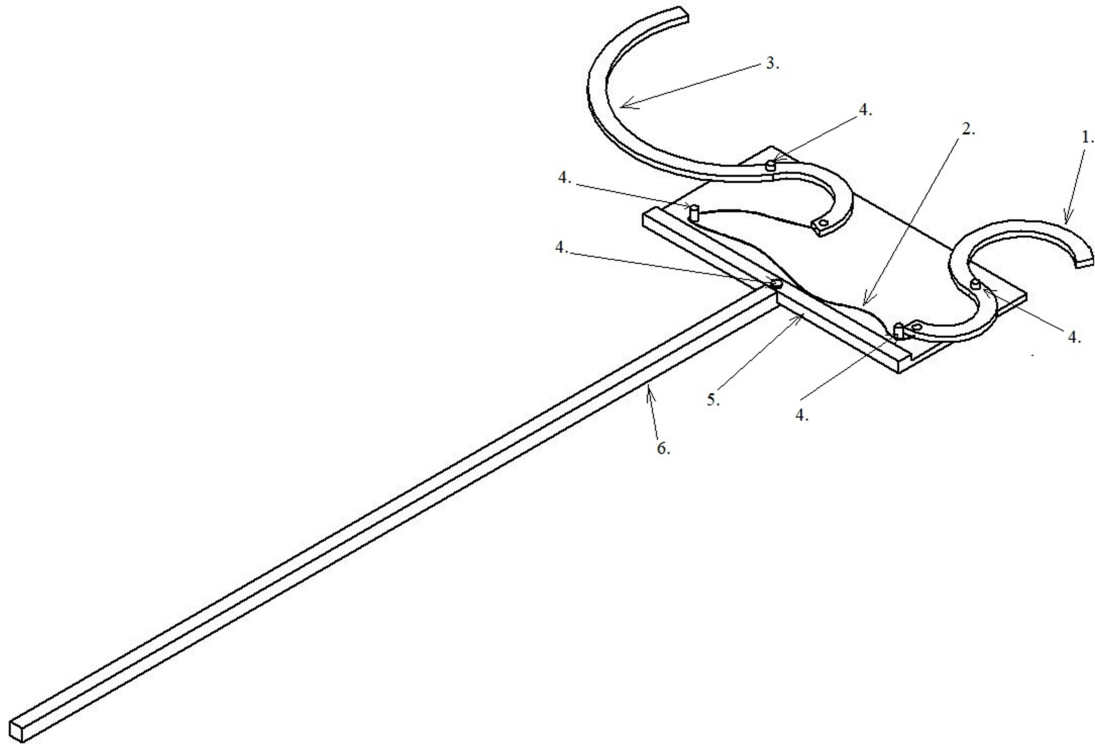
Automaatselt avanev uks on abiks kohtades, kus inimesed peavad palju asju kandma või lükkama ning neil pole võimalik kätega ust avada. Sellisteks kohtadeks on näiteks haiglad ja suuremad kauplused. Ukseautomaatikaid pakutakse Eesti turul kahe erineva anduri põhjal, esimene on liikumisanduriga ukseautomaatika, mis avab ukse, kui andur registreerib liikumise. Teine tüüp on infrapunase anduriga ukseautomaatika, mis registreerib ka liikumise, aga see liikumine peab olema andurile lähemal. Liikumisanduriga ukseautomaatika ei sobi kitsastele ruumidele, kus uks võib avaneda valedel põhjustel, kui inimene lihtsalt möödub uksest. Infrapunase anduriga uks on selles suhtes parem, kuna see reageerib 10 cm kauguselt lülitist [23]. Mõlemad süsteemid sobivad ka ratastooli kasutajatele, aga kuna ukseautomaatika peab olema kõikidel ustel siis võib see kujuneda väga kalliks lahenduseks ning, kui ratastooli kasutaja soovib minna hoonetesse, kus pole ukseautomaatikaga ligipääs tagatud siis võib jääda ikkagi ukse taha. Pole mõistlik ka kõik hoonete ukсед varustada ukseautomaatikatega, kuna see võib kujuneda kulukaks. Selleks on ikkagi parem, kui ratastooli kasutajal on endal uste avamiseks abivahend endaga kaasas. Nii võidavad kõik, hoonete omanikud saavad hoida kulutusi kokku ning panustada muudele ligipääsetavuse probleemidele nagu näiteks nõuetele vastavate parameetritega lävepakud või pandused. Ratastooli kasutajad võidavad, sest ei pea muretsema kas ukseautomaatika on paigaldatud ja töökorras või mitte, mis tähendab, et nad on kaasas kantava ukse avamismehhanismiga sõltumatud.

3. AUTORIPPOOLNE UKSE AVAMISMEHCHANISM

3.1. Konstruksiooni prototüüp

Puuetega inimesed ei saa tööl käia või sotsiaalselt aktiivsed olla mitmetel põhjustel, üheks selliseks põhjuseks on see, et töökoht või avalik hoone pole ligipääsetav. Kuigi kaldteesid paigaldatakse tänapäeval üha rohkem võib takistuseks saada uksest läbipääs, kuna automaatseid ukse avamismehhanisme paigaldatakse väga vähestele ustele. Üheks võimaluseks on varustada kõik ukSED automaatikaga, mis poleks aga rentaabel ega ka otstarbekas. Eesti kliimast tulenevalt on paljudes majades topeltuksed, mis teeks antud lahenduse topelt kallimaks. Üks ukse avamise automaatika maksab ~1300–2000 € [24]. Teise võimalusena ja universaalsema lahendusena tuleb luua uus abivahend, mille abil saab tagada hea ligipääsetavuse töökohale või muule hoonele. Teadaolevalt pole ühtegi mehaanilist ukse avamismehhanismi elektrilisele ratastoolile konstrueeritud.

Konstruksioon on mõeldud töötama kahe konksuga, kus väiksem neist haakub käepideme külge ning kui tooliga tagurdada siis tamiil pingestub ning suurem konks liigub ukse tagumisele küljele ning lukustub oma asendisse jättes ukse avatuks ning tooli keerates on see võimalik avada täielikult. Kui uks lahti, saab väiksema konksu käepideme tagant ära ning uks toetub suuremale konksule, mis hoiab ust lahti. Sisenedes, suurem konks enam ei toeta ust ning uks hakkab toetuma ratastooli käetoole (joonis 17–20). Konstruksioon on toodud joonisel 16, täpsemad joonised on lisas A ja B. Jooniste tegemiseks kasutati *SolidEdge ST8* programmi.



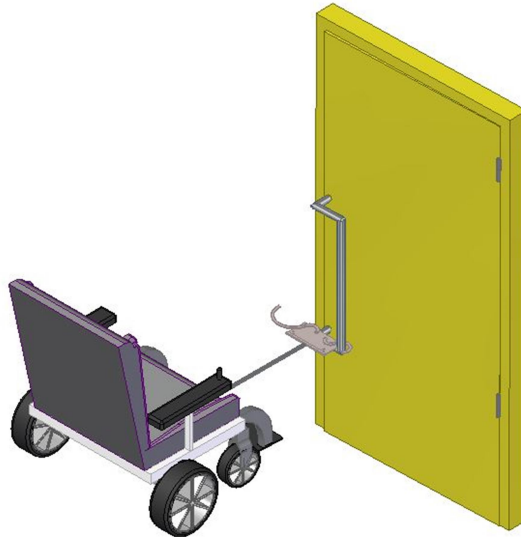
Joonis 16. Autoripoolne ukse avamismehhanismi prototüüp. 1 – väiksem konks, ukse käepidemest haarmaiseks; 2 – tamiil; 3 – suurem konks, ukse avamiseks; 4 – kinnitusvahend; 5 – alumine plaat; 6 – vars

Konksud, tamiil ja kinnitusvahendid peavad olema piisava tugevusega et vastu pidada kuni 100 N tõmbejõule. Konksud ja korpus tuleb valmistada polüamiid plastist, mis on jäik ja kõrge vastupidavusega löökidele. Lisaks on antud materjalil suurepäraseid töötlemisomadused. Plastik on ka sellepärast hea, et see on ilmastikukindel. Polüamiidi töötemperatuur on $-40...+100$ °C. [25] Varda ots kinnitatakse selleks spetsiaalselt enne valmistatud kohale ratastooli külge. Konksude ja varda kinnitamiseks alumisele plaadile konstruktsioonis kasutatakse neete. Tamiil peab olema vähemalt 0,33 mm läbimõõduga ja kannatama kuni 10 kg.

3.2. Ukse avamine autoripoolse lahendusega

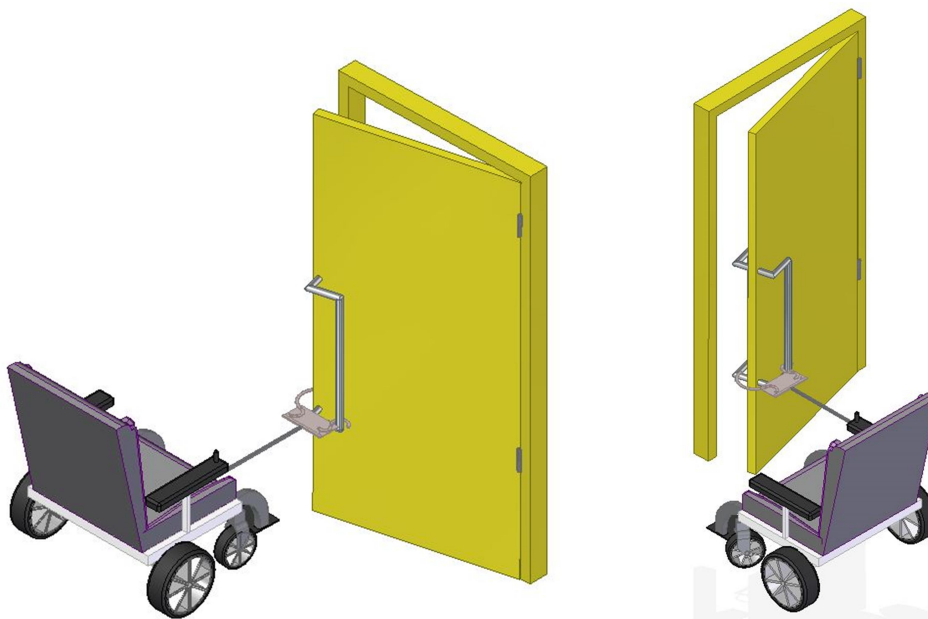
Mehaanilist ukse avamiseaset on vaja elektrilise ratastooli kasutajatel, kellel on käed nõrgad. Seade paigaldatakse ratastooli külge ning töötab ilma kõrvalise abita. Seade

kasutab ukse avamiseks elektrilise ratastooli jõudu. Esimeseks sammuks ukse avamiseks tuleb ukse käepideme külge elektrilise ratastooli juhtimise abil sobitada väiksem konks (joonis 17).



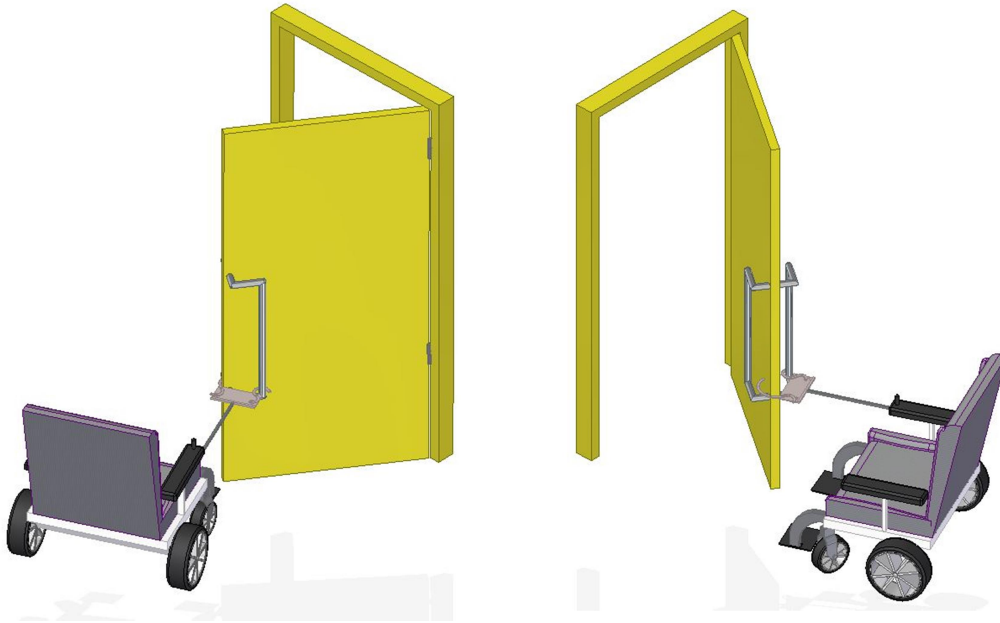
Joonis 17. Esimene samm ukse avamiseks

Teiseks tuleb ületada uksekeele takistus, ning ukse paigal hõõrdejõud. Ukse paigal hõõrdejõud oleneb ukse laiuselt ja kaalust. Joonisel 18 on näha et tooli tagurdamisel on aktiveeritud suurem konks, mis ulatub ukse tagumisele küljele.



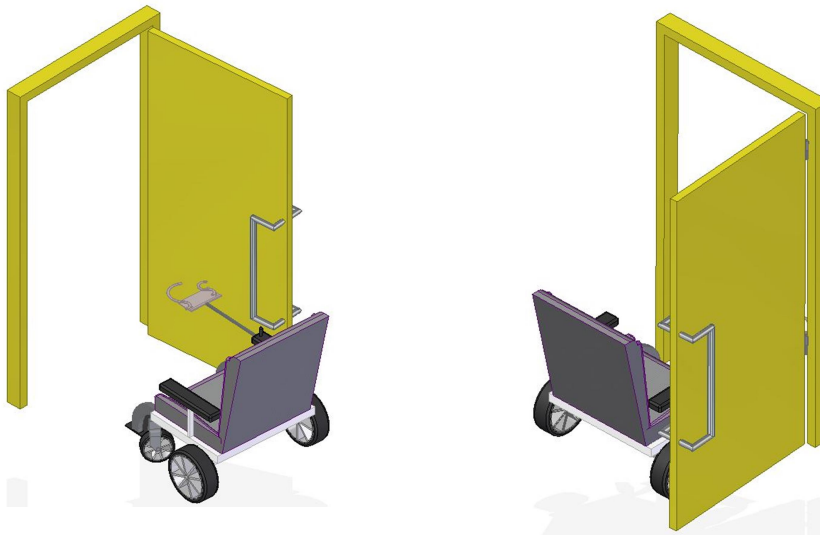
Joonis 18. Teine samm ukse avamiseks vaadatuna paremalt ja vasakult poolt

Kolmandaks sammuks on ukse lahti tõmbamine ratastooli abiga. Selleks tuleb tagurdada ja olla veendunud, et väiksem konks on korralikult ukse käepideme küljes (joonis 19).



Joonis 19. Kolmas samm ukse avamiseks vaadatuna paremalt ja vasakult poolt

Neljandaks sammuks on väiksema konksu ära võtmine ukse käepideme küljest ning ukse lahti hoidmine. Uks toetub ratastooli käetoet vastu. Uks on avatud ning läbitav ratastooliga (joonis 20).



Joonis 20. Neljas samm, uks on lõplikult avatud vaadatuna paremalt ja vasakult poolt

Ukse avamiseks kulub seadet kasutades kuni üks minut. Ilma seadet kasutamata on nõrkade kätega ratastooli kasutajal raske ust iseseisvalt avada.

3.3. Arutelu

Varasemalt pole teada, et elektrilisele ratastoolile oleks mehaanilisi ukse avamismehhanisme loodud, kuigi seda võiks teha. Kuna mehaanilised lahendused on kindlasti odavamad, kui elektroonilised. Hetkel pakutakse elektrilise ratastooli kasutajatele ukse avamise probleemi lahendamiseks ainult elektrilisi lahendusi ja nendest suurem osa on robotkäpad. Selgus, et puudusi on kõikidel lahendustel. Robotkäppade puhul hind ja nende käsitletavus. Autoripoolses lahenduses on puuduseks tooli gabariitidesse mahtumine ja lisaks pole mehhanism kokkukäiv, mis teeb selle lahendusega igapäevaseid sõite tehes manööverdamise ebamugavaks. Mõlemad puudused on lahendatavad, kui välja töötada mehhanism, mis keerab seadise vertikaalseks ning vars peaks oleks keskliigendiga kokkukäiv, et mehhanism tooli gabariitidesse ära mahuks. Autoripoolset lahendust edasi täiendades saaks kindlasti tõhusa ja vajaliku abivahendi, mis oleks rahaliselt kõigile kättesaadav ja kergesti käsitletav.

Tööst selgus, et hea ja kiire lahendus ustest läbimiseks on liikumisanduriga ukсед, mis on varustatud elektroonilise ukse avamismehhanismiga ja on ka tänaseks päevaks laialt levinud, näiteks kaubanduskeskuste ustel. Sellist seadist saab paigaldada nii hingustele kui lükandustele, aga see ei lahenda veel probleemi, kuna neid ei paigaldata kõikide hoonete ustele. Hooned kus tuleb ratastooli kasutajatel tihti käia on varustatud selliste seadistega, näiteks firmad mis pakuvad abivahendeid puuetega inimestele. Praegusel juhul on parimaks lahenduseks Jaco robotkäpp, aga selle puuduseks on kõrge hind, ning osade inimeste jaoks võib osutada keeruliseks ka selle juhtimine. Kindlasti tuleb edasi arendada autoripoolset ukse avamismehhanismi, mis on odavam ja lihtsamini käsitletav kui robotkäpp.

KOKKUVÕTE

Töö eesmärgiks oli analüüsida erinevaid ukse avamismehhanisme ja välja selgitada kõige efektiivsem. Lisaks luua autori nägemusel tõmmatavate välisuste avamismehhanism hingedega ustele. Lähtuvalt eesmärgi püstitusest on tuletatud järgmist:

1. Töös on põhjalikult uuritud erinevaid variante puuetega inimeste võimalustest uste avamisel. Töös on eraldi välja toodud abivahendid nii tavalise- kui ka elektriliste ratastoolide jaoks. Selgub, et seadmed mida kasutatakse manuaalsete ratastoolide puhul ei pruugi sobida elektrilise ratastooli kasutajale. Töös on põhjalikult analüüsitud elektrilistele ratastoolidele lisatavaid elektroonilisi abivahendeid, millega on võimalik teha erinevaid toiminguid ja ka uksi avada.
2. Tutvuti ukseautomaatikaga ja lisaks uuriti ukseulguri tööpõhimõtet ning viidi läbi tõmbejõu mõõtmised Eesti Maaülikooli tehnikamaja välisuksel.
3. Tulenevalt tehtud uurimistest selgus, et olemasolevad abivahendid on tihtipeale liialt kallid ja enamusele abivajajatele kättesaamatud, samuti selgus, et puudub mehaaniline ukse avamise alternatiiv elektrilisele ratastoolile. Viimases osas konstrueeriti autoripoolne mehaaniline ukse avamismehhanism, mis oleks oluliselt odavam ja kättesaadavam enamikele abivajajatele. Antud mehhanismi tuleb veel edasi arendada, et see oleks lõppkasutaja jaoks võimalikult töökindel ja mugav.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Guidelines on the Provision of Manual Wheelchairs in Less Resourced Settings. (2008). W. Armstrong, J. Borg, M. Krizack, A. Lindsley, K. Mines, J. Pearlman, K. Reisinger, S. Sheldon: World Health Organization. [on-line] ebrary (08.03.2018).
2. Spinal Cord Injury Facts and Figures at a Glance. (2016). Hispaania: National Spinal Cord Injury Statistical Center. <https://www.nscisc.uab.edu/Public/Facts%202016.pdf> (10.03.2018).
3. World Report On Disability. (2011). Šveits: World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70670/WHO_NMH_VIP_11.01_eng.pdf (18.03.2018).
4. **Hielm, E. A.** (2011). Door opening device for a handicapped person: Ameerika Ühendriikide patent US7938464B1. [veebileht] <https://patents.google.com/patent/US7938464B1/en> (20.03.2018).
5. Best Practice Access Guidelines Designing Accessible Environments. (2014). Iirimaa: Irish Wheelchair Association. <https://www.iwa.ie/downloads/about/iwa-access-guidelines.pdf> (20.03.2018).
6. **Fassmann, A.** (1996). A Door opening and closing device for handicapped persons: Ameerika Ühendriikide patent US5540468. [veebileht] <https://patents.google.com/patent/US5540468A/en> (20.03.2018).
7. **Cacas, C. T.** (2013). Apparatus for opening doors: Ameerika Ühendriikide patent US8353546B1. [veebileht] <https://patents.google.com/patent/US8353546> (28.03.2018).
8. **Chiang, M. T., Shaheen, G., Wiygul, T. J.** (2012). Device to assist arthritics and other invalids in opening a door: Ameerika Ühendriikide patent US20120042475A1. [veebileht] <https://patents.google.com/patent/US20120042475> (08.04.2018).
9. **Field, A.** (2017). A Startup That's (Literally) Opening Doors For Wheelchair Users. – *Forbes* [e-ajakiri] <https://www.forbes.com/sites/annefield/2017/07/30/opening-doors-literally-for-wheelchair-users/#3f8da77f53d4> (10.04.2018).
10. **Glessing, M.** (2017). Piero Demo. <https://www.youtube.com/watch?v=pGjvLtJU8vc> (08.05.2018).
11. **Rapacki, Erin.** 2007. The design of an underactuated wheelchair mounted robotic arm to unlatch door knobs and handles. Bakalaureusetöö. Northeastern University. Ameerika Ühendriigid.

12. Rapacki, E. (2009). The Design of an Underactuated Wheelchair-Mounted Robotic Arm to Unlatch Door Knobs and Handles. <https://users.wpi.edu/~nems/Rapacki.pdf> (10.04.2018).
13. Exact Dynamics. Products iArm. [veebileht] <http://www.exactdynamics.nl/site/?page=iarm> (11.04.2018).
14. **Campeau-Lecours, A., Maheu, V., Lepage, S., Lamontagne, H., Latour, S., Paquet, L., Hardie, N.** (2016). JACO Assistive Robotic Device: Empowering People With Disabilities Through Innovative Algorithms. https://www.resna.org/sites/default/files/conference/2016/other/campeau_lecours.html (18.04.2018)
15. Kinova Robotics. (2017). JACO²- Assistive user guide. [veebileht] <http://www.kinovarobotics.com/wp-content/uploads/2017/06/JACO%C2%B2-User-Guide-Assitive-Robotics-April-2017.pdf> (18.04.2018).
16. Kinova Robotics. Products robot arms. [veebileht] <http://www.kinovarobotics.com/assistive-robotics/products/robot-arms/> (19.04.2018).
17. **Kane, S.** (2018). Boston Dynamics robots can now hold the door for its friends. – *The Verge*. [e-ajakiri] <https://www.theverge.com/tldr/2018/2/12/17005060/boston-dynamics-robot-dog-open-door> (19.04.2018).
18. Boston Dynamics (2018). Hey Buddy, Can You Give Me a Hand? https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=fUyU3IKzoio (20.04.2018).
19. Boston Dynamics. SpotMini. [veebileht] <https://www.bostondynamics.com/spot-mini> (20.04.2018).
20. Design of buildings and their approaches to meet the needs of disabled. (2009). Briti standard BS 8300:2009.
21. Saku Metall. Uksesulgurite kasutus- ja hooldusjuhend. [veebileht] <https://sakumetall.ee/uksetehas/wp-content/uploads/sites/2/2015/06/17.00.88-Uksesulgurite-kasutus-ja-hooldusjuhend.pdf> (28.04.2018).
22. **Rubenoff, T.** (2015). How to Adjust Your Door Closer. – *dengarden*. [e-ajakiri] <https://dengarden.com/home-improvement/Door-Closer-Adjustment> (28.04.2018).
23. Luku Expert. (2012). Ukseautomaatika. [veebileht] <https://www.lukuexpert.ee/et/soovitused/45/Ukseautomaatika> (29.04.2018).
24. Valnes. Ukseautomaatika. [veebileht] https://valnes.ee/tooted/et/ukseautomaatika/593-kaandukseautomaatika-valnes-neptis.html?search_query=neptis&results=1 (29.04.2018).
25. Kumex. Tööstuslikud plastid. [veebileht] <http://www.kumex.ee/toostuslikud-plastid/> (29.04.2018).

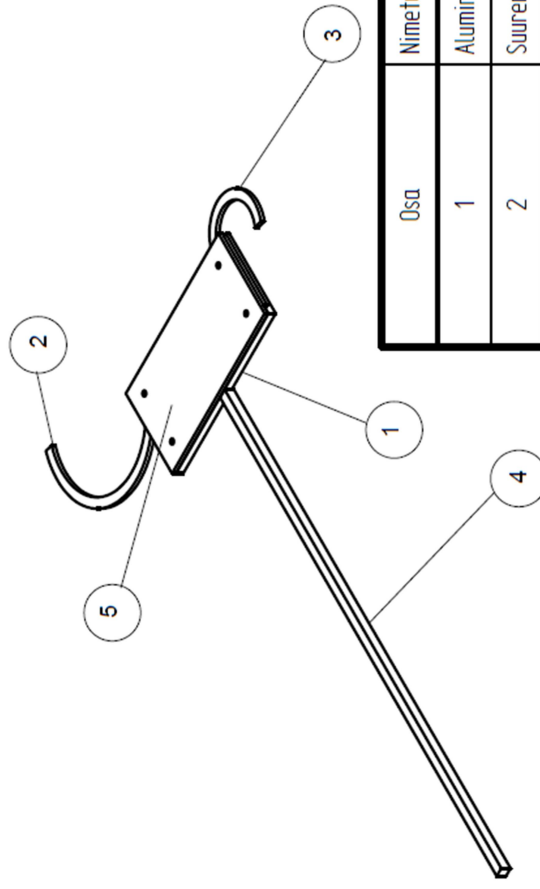
SUMMARY

The aim of this study is to analyse different door-opening mechanisms and to find out the most effective one. In addition, create an opening mechanism for pulldoors on hinges. Objective in setting concludes the following:

1. In the study, different opportunities for opening doors for disabled people are researched. There are different assistive devices, for regular and power wheelchairs, presented in the paper. It turns out that devices that can be used on manual wheelchairs do not necessarily fit to be used on power wheelchairs. Different electrical devices for electric wheelchairs are thoroughly analysed in the study. The devices allow to open doors and do other operations.
2. To examine the door and the door-closing device and also to measure the force for opening a door. The door automatics, in addition to researching the door-closing device's work principles, were examined. Tensile force measurements were carried out on the front door of the technical house of the Estonian School of Life Science.
3. According to the research, assistive devices provided are often too expensive and unobtainable for most people in need. Also it turned out that there is no mechanical alternative door-opening device for power wheelchairs. In the last part of the study, the author constructed a mechanical door-opening device, that would be more affordable and obtainable for the people in need. The device mentioned before needs to be developed so, that it would be dependable and comfortable for the end-user.


LISAD

Lisa A. Koosteskeem



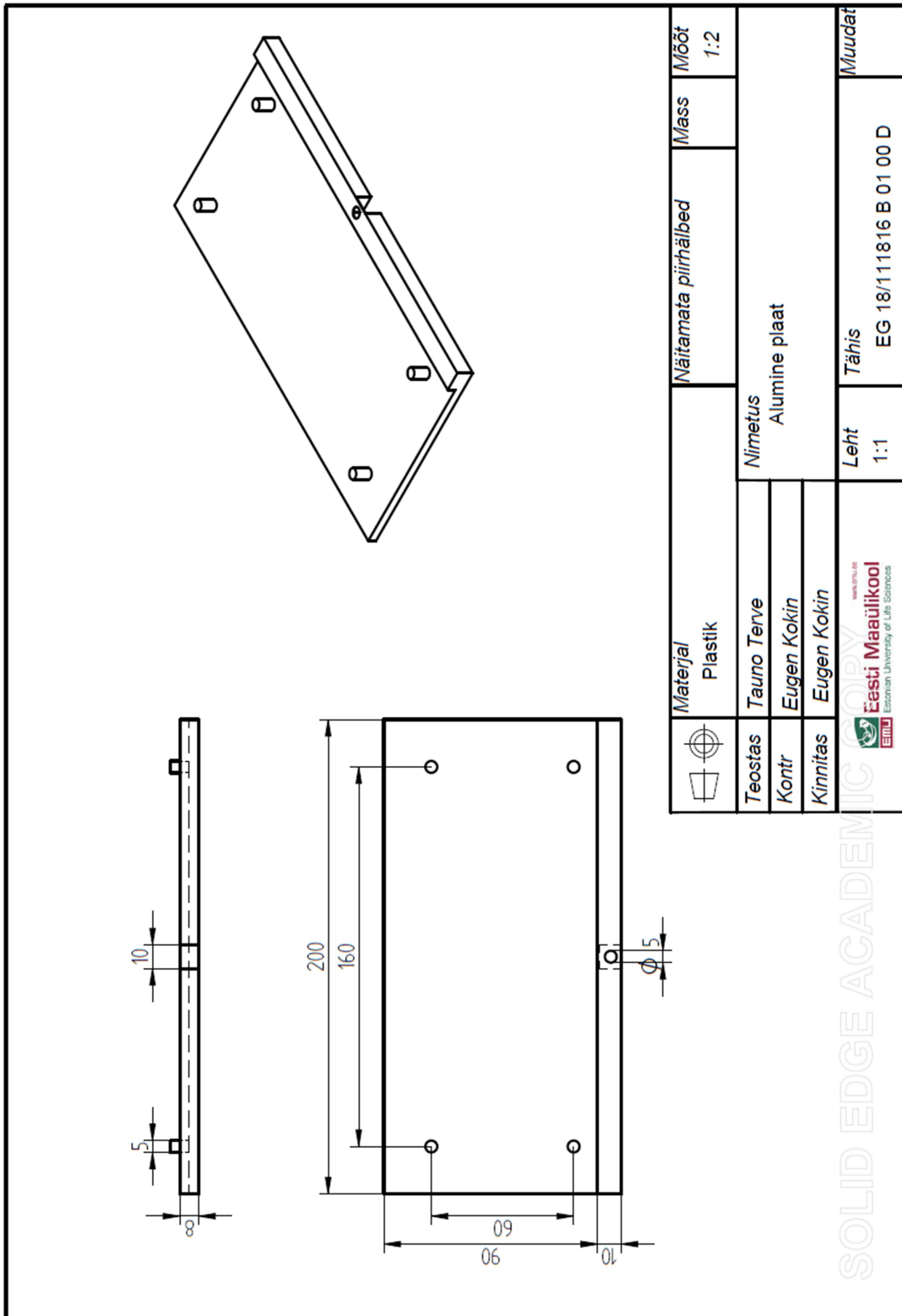
Osa	Nimetus	Tähis	Hulk
1	Alumine plaat	EG 18/111816 B 01 00 D	1
2	Suurem konks	EG 18/111816 B 02 00 D	1
3	Väiksem konks	EG 18/111816 B 03 00 D	1
4	Vars	EG 18/111816 B 04 00 D	1
5	Ülemine plaat	EG 18/111816 B 05 00 D	1
6	Tammiil		1

Materjal		Näitamata piirhälbed	Mass	Mööd
Teostas	Tauno Terve			1:5
Kontr	Eugen Kokin			
Kinnitas	Eugen Kokin			
		Nimetus		
		Autoripoolne ukse avamismehhanism		
		Leht		Muudat
		1:1	Tähis	
			EG 18/111816 A 01 00 K	


Eesti Maaülikool
 Estonian University of Life Sciences

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Lisa B. Autoripoolse lahenduse skeemid



Lisa B järg

	Materjal Plastik	Näitamata piirhälbed	Mass	Mööd 1:2
Teostas	Tauno Terve	Nimetus Suurem konks		
Kontr	Eugen Kokin			
Kinnitas	Eugen Kokin			
 Eesti Maaülikool <small>Estonian University of Life Sciences</small>		Leht 1:1	Tähis EG 18/11816 B 02 00 D	Muudat

Lisa B järg

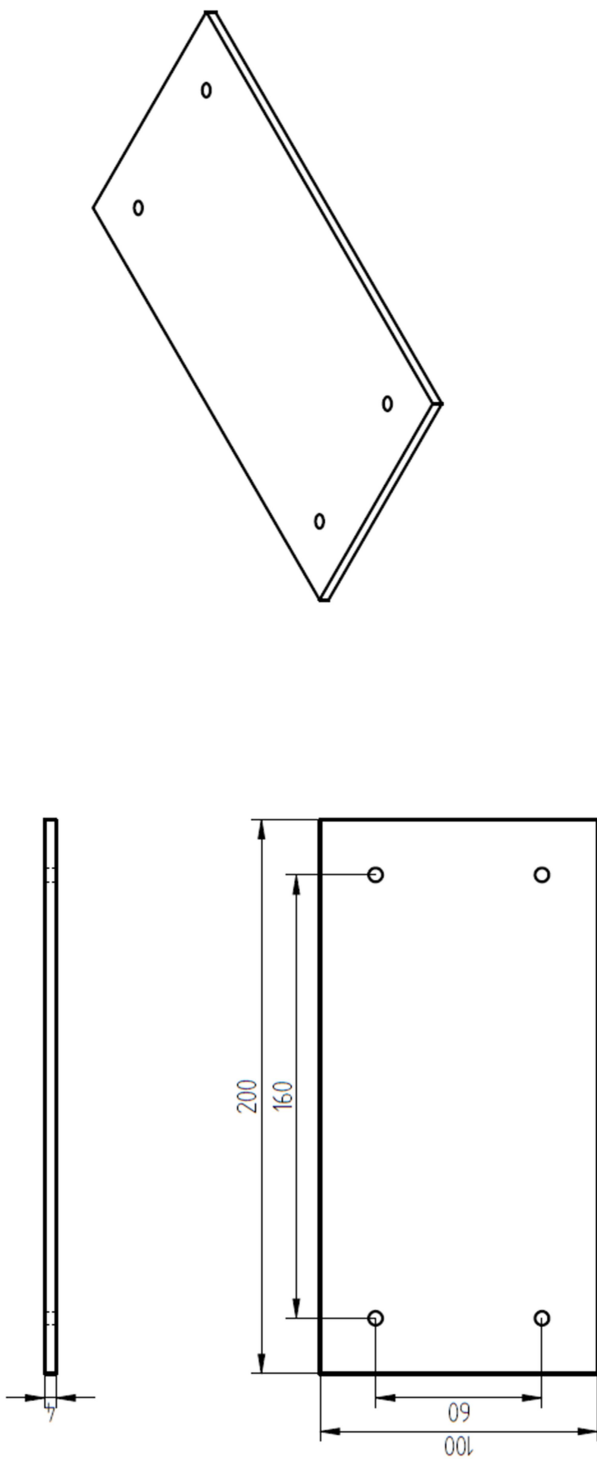
	Materjal Plastik	Mõõtmata piirhälbed	Mass	Mõõt 1:2
Teostas	Tauno Terve	Nimetus Väiksem konks		
Kontr	Eugen Kokin			
Kinnitas	Eugen Kokin			
Eesti Maaülikool <small>www.ttu.ee</small> <small>Estonian University of Life Sciences</small>		Leht 1:1	Tähis EG 18/11816 B 03 00 D	Muudat

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Lisa B järg

	Materjal Teras	Näitamata piirhälbed	Mass	Mööd 1:5
Teostas	Tauno Terve	Nimetus Vars		
Kontr	Eugen Kokin			
Kinnitas	Eugen Kokin			
 <small>Eesti Maaülikool</small> <small>Estonian University of Life Sciences</small>		Leht 1:1	Tähis EG 18/111816 B 04 00 D	Muudat

Lisa B järg



The drawing shows a rectangular plate with the following dimensions: total length 200, inner length 160, and width 100. There are four circular holes, two on each long side, with a diameter of 60. A perspective view shows the plate with a double-line border and four small circles on its surface.

	Materjal	Näitamata pihhalbed	Mass	Mööb
Teostas	Plastik			1:2
Kontr	Tauno Terve	Nimetus Ülemine plaat		
Kinnitas	Eugen Kokin			
	Eugen Kokin			
 Eesti Maailikool <small>Estonian University of Life Sciences</small>		Leht	Tähis	Muudat
		1:1	EG 18/11816 B 05 00 D	

Mina, Tauno Terve _____, (autori nimi)

sünniaeg 03.10.1987,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Ukse avamismehhanism elektrilisele ratastoolile

_____,
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on Eugen Kokin _____,
(juhendaja(te) nimi)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(allkiri)

Tartu, _____
(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Eugen Kokin _____ (kuupäev)
(juhendaja nimi ja allkiri)

_____ (kuupäev)
(juhendaja nimi ja allkiri)