

Tartu Ülikool  
Loodus- ja täppisteaduste valdkond  
Tehnoloogiainstituut

Kert Männik

## **Õppetööl osalemise registreerimise elektroonilise süsteemi edasiarendus**

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Arvutitehnika eriala

Juhendajad:  
vanemteadur Heiki Kasemägi  
kaasjuhendaja Heikki Saul

Tartu 2019

## **Resümee/Abstract**

### **Õppetööl osalemise registreerimise elektroonilise süsteemi edasiarendus**

Tartu Ülikoolil puudub õppetööl osalemise registreerimise süsteem, mis oleks automatiseeritud ning võimaldaks autentimist mitme vahendiga. 2017. aastal tegi Heikki Saul oma bakalaureusetöö raames antud probleemi lahendamiseks registreerimissüsteemi, mida ei võetud erinevate puudujääkide pärast laiemalt kasutusele.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on arendada edasi juba mainitud õppetööl osalemise elektroonilist registreerimist võimaldavat lahendust, mis lihtsustaks õppejõudude ning assistentide töökorraldust. Töö käigus täiustatakse loodud kaasakantavat registreerimisseadme prototüüpi, mis oleks ühilduv õppeplatvormiga Moodle ja selle mooduliga Attendance. Auditoorses õppetööl osalemise registreerimine on võimalik kasutades järgnevaid vahendeid: ID-kaart või nutiseade koos kaamera ning QR-koodi lugemistarkvaraga. Antud bakalaureusetöö on Heikki Sauli bakalaureusetöö raames valminud registreerimissüsteemi edasiarendus.

Antud bakalaureusetöö raames valmis kaasaskantava registreerimisseadme prototüüpi edasiarendus, mis on ühilduv õppeplatvormiga Moodle ja selle mooduliga Attendance.

**CERCS:** T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia; T125 Automatiseerimine, robotika;

**Märksõnad:** arvutid, automatiseerimine, osalus, Eesti ID-kaart, QR-kood, Moodle.

## **Electronic attendance registration system further development**

The University of Tartu does not have an attendance registration system, which is automated and supports different authentication devices. In 2017, an automated attendance registration system was created by Heikki Saul, but had several shortcomings.

The goal of this thesis is to further develop the electrical student attendance tracking solution, which is easy to use and relieves the teacher from coming up with an attendance tracking system.. The solution is compatible with study platform Moodle and its module Attendance. For registration, students can use Estonian ID-card or QR-code.

As a result of this thesis, an electrical student attendance tracking prototype was created, which is compatible with study platform Moodle and its module Attendance.

**CERCS:** T120 System engineering, computer technology; T125 Automation, robotics, control engineering;

**Keywords:** computers, automation, attendance, Estonian ID-card, QR-code, Moodle.

## Sisukord

Resümees/Abstract.....	2
Jooniste loetelu.....	6
Tähised, lühendid ja definitsioonid .....	7
1 Sissejuhatus.....	9
1.1 Teema tutvustus .....	9
1.2 Töö eesmärk.....	9
2 Valdkonna ülevaade.....	10
2.1 Turul eksisteerivad lahendused.....	10
3 Nõuded loodavale lahendusele .....	13
4 Registreerimissüsteemi ja selle komponentide ülevaade.....	14
4.1 Ühilduvus mooduliga Attendance.....	14
4.2 Tarkvara .....	19
4.3 Riistvara .....	24
4.4 Registreerimiseks kasutatav Eesti ID-kaart .....	27
4.5 Registreerimiseks kasutatav QR-kood.....	27
5 Testimine .....	29
5.1 Testimisplaan .....	29
5.2 Testide ülesehitus.....	29
5.3 Testimiste tulemused .....	30
5.4 Testimistulemuste analüüs ja järeldused.....	30
5.5 Riistvaralised muutused võrreldes esialgse lahendusega.....	31
5.6 Testimistulemuste võrdlus esialgse lahendusega.....	32
6 Süsteemi kasutatavad omadused.....	33
7 Kokkuvõte.....	34
Tänuavaldused.....	35
Viited .....	36

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	39
Lisa 1. Registreerimisseadme omahind ja alternatiivid .....	40

## Jooniste loetelu

Joonis 1. Mooduli Attendance õppeaine sessioonide vaade .....	15
Joonis 2. Mooduli Attendance kasutamine veebiliideses registreerimiseks .....	15
Joonis 3. Õppesessiooni loomine moodulis Attendance .....	16
Joonis 4. Registreerimise alustamise registreerimisseadmes algoritm.....	17
Joonis 5. QR-koodi skaneerimisel õppetööle registreerimise algoritm.....	18
Joonis 6. Üliõpilase registreerimine õppetööle Eesti ID-kaardiga algoritm .....	18
Joonis 7. Vabakuulaja registreerimine õppetööle Eesti ID-kaardiga algoritm.....	19
Joonis 8. Õppejõu registreerimine õppetööle Eesti ID-kaardiga algoritm.....	19
Joonis 9. Eesti ID-kaartide lugemise väljundid.....	21
Joonis 10. Graafilise kasutajaliidese vaated .....	22
Joonis 11. Näidispäring MySQL-andmebaasi teeki PyMySQL kasutades .....	23
Joonis 12. Raspberry Pi koos ühendatud puutetundliku ekraaniga .....	26
Joonis 13. Registreerimisseade korpusega .....	27

## Tähised, lühendid ja definitsioonid

**USB** (*Universal Serial Bus*) - universaalne järjestiksin [1].

**RFID** (*Radio Frequency Identification*) – raadiosagedustuvastus. Andmekogumistehnoloogia, kus passiivsele andmekandjale salvestatakse tuvastusandmed ja need on loetavad ühilduva vastuvõtja abil [1].

**NFC** (*Near Field Communication*) – lähiväljaside. Kõrgsagedusside, mis töötab sagedusel 13,56 MHz ja võimaldab seadmetevahelist sidet maksimaalselt kuni 20 cm kauguselt [1].

**LCD** (*Liquid Crystal Display*) – vedelkristallekraan [1].

**GPIO** (*General-Purpose Input/Output*) - üldotstarbeline sisend-väljundliides.

**QR** (*Quick Response*) – kahemõõtmeline vöötkood, mis sisaldab masinloetavat informatsiooni [2].

**Distributsioon** – Linux-i ressursijaotust ja muid põhifunktsioone hõlmavat operatsioonisüsteemi keskset osa kasutatav operatsioonisüsteemi väljalaskeversioon.

**Driver** – välisseadet operatsioonisüsteemiga liidestav juhtimisprogramm [1].

**SQL** (*Structured Query Language*) - enimkasutatav päringukeel, mida toetavad kõik klient-server keskkonnale projekteeritud relatsioonandmebaasid [1].

**MySQL** - avatud lähtekoodiga relatsioonbaasihaldur, mis kasutab struktureeritud päringukeelt [1].

**TFT LCD** (*Thin-Film Transistor*) - TFT-tüüpi vedelkristallkuvarites ehk nn. aktiivmaatrikskuvarites kasutatakse iga piksli juhtimiseks eraldi transistori, mille valmistamiseks kasutatakse nn. kiletehnoloogiat [1].

**ISO/IEC** (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*) - Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon/Rahvusvaheline Elektrotehnika

Komisjon. ISO/IEC on üldtähistus tehniliste standardite kohta, mille on välja arendanud

Rahvusvahelise Standardiorganisatsiooni ja Rahvusvahelise Elektrotehnika Komisjoni meeskonnad [3].

**PHP** - platvormist sõltumatu skriptikeel [1].

**Python** - interpreteeritav objektorienteeritud programmeerimiskeel [1].

**Shelliskript** – skriptikeel, mida kasutatakse laialdaselt interaktiivse käsuinterpretaatorina [1].

**Vabakuulaja** - isik, kel on luba osa võtta (kõrg)kooli õppetööst, ilma et tal oleks (üli)õpilase õigusi [4].

**HTML** (*Hyper Text Markup Language*) - enimlevinud kodeerimissüsteem (tekstivorming) veebidokumentide loomiseks [1].

**Javascript** - skriptikeel, mis võimaldab veebiautoritel luua interaktiivseid veebisaitide. Javascript suudab suhelda HTML-keeles kirjutatud lähtekoodiga ja võimaldab muuta veebilehed dünaamiliseks [1].

**ARM** (*Advanced RISC Machine*) - odavate ja väikese energiakuluga mikroprotsessorite sari [1].

# 1 Sissejuhatus

## 1.1 Teema tutvustus

Auditoorse õppetöö registreerimine on tihti vajalik, kuna võib anda osalejatele õppeaine lisapunkte, olla eelduseks eksamile pääsemisel või õppeaine edukal lõpetamisel. Hetkel on levinud lahenduseks õppetööl osalevate üliõpilaste käsitsi märkimine paberile kasutades allkirju ning hiljem osaluse käsitsi elektroonilisse süsteemi kandmine. Eksisteeriv lahendus on töömahukas ning soodustab sisestusvigade tekkimist andmete ülekandmisel paberilt elektroonilisse süsteemi. Üliõpilastel puudub ka ülevaade osalusest, kui õppejõud pole enda loodud süsteemi neile avalikuks teinud.

Tartu Ülikoolis on kasutusel õppeplatvorm Moodle [5], mida kasutatakse õppetöö korralduseks ja haldamiseks. Moodle'le on paigaldatud ka lisamoodul Attendance [6], mis pakub elektroonilist õppetöö osaluse registreerimise võimalust, aga pakutavad registreerimisviisid pole automatiseeritud. Moodulil on ka puudujääk, et vabakuulaja kasutajat on võimalik registreerida moodulisse ainult õppejõul käsitsi ning loodud kasutaja osalust ei saa vabakuulaja ise registreerida, vaid see on võimalik ainult õppejõul.

Antud probleemi lahenduseks oleks elektrooniline õppetööl osalemise registreerimissüsteem, mida on mugav kasutada, mis toetaks mitut autentimisseadet ning vähendaks õppejõudude ajakulu ning vaeva õppetööl osaluse märkimisel.

## 1.2 Töö eesmärk

Töö eesmärk on luua elektroonilise õppetööl osalemise registreerimissüsteemi prototüüp, mis on Heikki Sauli bakalaureusetöö [7] raames valminud lahenduse edasiarendus. Loodav edasiarendus on ühilduv õppeplatvormiga Moodle ja selle mooduliga Attendance. Süsteem koosneb registreerimisseadmest ja seda toetavast veebikeskkonnast koos andmebaasiga [5-6].

Süsteem peab võimaldama kasutajal iseseisvat õppetööle registreerimist kasutades ID-kaarti registreerimisseadmest või QR-koodi skaneerimist nutiseadmega.

## **2 Valdkonna ülevaade**

Turul leidub erinevaid osaluse registreerimise või kasutajate identifitseerimise põhimõttel töötavaid süsteeme [6, 9-12]. Levinumad on piletisüsteemid ühistranspordis, püsiklientide tuvastamine kauplustes või läbipääsusüsteemide kasutamine turvalisuse tagamiseks [6, 9-12].

Auditoorsele õppetööle registreerimise süsteeme on vähe ning analüüsitud lahendustes leidub puudujääke, näiteks nõuavad lahendused tülikat riistvara paigaldamist hoone seintele või sissepääsude kõrvale [10]. Mitu turul eksisteerivat lahendust pakuvad ka olemasolevatele seadmetele tarkvaralisi lahendusi, milleks on kas veebileht või rakendus [6, 9, 11]. Ka neil leidis puuduseid, kuna registreerimine polnud automatiseeritud ning seda pidi tegema õpetaja, mille tulemusena ei vähenenud tema registreerimisest tuleneva töökoormuse hulk [6, 9-12].

Eestis otseselt õppetööle registreerimise süsteemi tooteid ja teenuseid ei leidnud, kuid on mitu teenusepakkujat, kes pakuvad turvasüsteemina läbipääsusüsteeme, kus kasutusel on ka kontaktivabad kiipkaardid. Üheks teenusepakkujaks on Hansab AS, kes pakub terviklahendusi turva-, makse- ja automaatsete süsteemide näol. Nende valve- ja läbipääsusüsteem Inner Range Concept 4000 [8] võimaldab kasutajate tuvastamist sissepääsudes NFC- ja RFID-kaartidega. Neilt on veel võimalik osta teenusena toodete paigaldamist, mille käigus tehakse ka koolitus lõppkasutajale [8].

### **2.1 Turul eksisteerivad lahendused**

#### **2.1.1 Attendance**

Tartu Ülikooli õppeplatvormis Moodle on kasutusel moodul Attendance, mis võimaldab üliõpilaste õppetöö osaluse registreerimist. Osalust on võimalik märkida veebilehel käsitsi õppejõu või üliõpilase poolt. Moodul võimaldab ka õppetööle registreerimist QR-koodi skaneerimisel nutiseadmega. Antud QR-koodi on võimalik kuvada õppejõu poolt brauseris. QR-kood sisaldab veebiaadressi, mis suunab moodulisse Attendance, kus üliõpilane saab käsitsi ennast registreerida toimuvale õppesessioonile. Antud moodul võimaldab ka vabakuulajate registreerimist õppesessioonile, aga selleks tuleb õppejõul käsitsi lisada süsteemi uus vabakuulaja kasutaja ning käsitsi märkida loodud kasutaja osalus õppetööl. Vabakuulajaid ei ole võimalik registreerida QR-koodi skaneerimisel [6].

#### **2.1.2 Attendance Taker**

Attendance Taker [9] on arendaja Ferid Caferi loodud tasuta Androidi rakendus. Tegemist on õppejõududele suunatud rakendusega, mis võimaldab nutiseadmega luua õppeaineid ning

nende sessioone. Loodud sessioonidele saab registreerida osalejaid kahe staatusega: kohal või puudub. Pole võimalust valida muid staatuseid, näiteks hilinenud, vabandatud vms. Õppejõud saab vaadata minevikus toimunud sessioonide registreerimisi ning nende põhjal suudab rakendus ka kuvada statistikat ning graafikuid. Rakendus võimaldab ka osaluse andmeid eksportida. Õppetööl osalejatel pole võimalik jälgida enda osalust õppetööl.

### **2.1.3 Campus365 RFID Smart Attendance**

Campus365 on Indias eksisteeriv ettevõtte, mis pakub erinevaid tooteid ning teenuseid õppeasutustele. Üks nende teenustest on RFID Smart Attendance [10], millele on võimalik lisaks paigaldada seade Keelo Wall-E. Antud lisaseade võimaldab kasutajal RFID-kaardiga registreerida ennast õppetööl ning kui tegemist on õppeasutusega, kus kasutajad on alaealised, siis on võimalik registreerimisel teavitada kasutaja vanemaid, et nende laps saab õppeasutusse. Registreeringuid on võimalik jälgida reaalajas veebikeskkonnas, kus eksisteerivad erinevad vaated õppejõududele, lapsevanematele ning õpilastele. Teenuse kasutamiseks on vaja maksta kuumaksu vastavalt õppeasutuse suurusele. Teenuse puudujäägiks on uue süsteemi paigaldamine, kuna antud lahendus on iseseisev süsteem ega ühildu olemasolevate süsteemidega.

### **2.1.4 Chalk Classroom Attendance**

Chalk on Kanadas registreeritud ettevõtte, mis pakub õpetajatele suunatud tarkvara. Nad pakuvad platvormi, millega on võimalik õpetajatel koostada õppekavasid, hinnata õppetööd ning jätta õpilastele tagasisidet. Üheks alamteenuseks on Classroom Attendance [11], mis võimaldab õpetajal märkida õpilasi õppetööl osalenuks. Tarkvara võimaldab vaadata osalustrende ja –statistikat. Tarkvara on mugav kasutada, sest võimaldab näiteks õpilase haigestumisel panna puuduja ühe nupuvajutusega terveks õppepäevaks vastavasse staatusesse. Osalust saavad registreerida ainult õpetajad, mille tulemusena ei vabasta antud lahendus neid käsitsi registreerimise vaevast.

### **2.1.5 Ridango elektroonilised kontopõhised piletisüsteemid**

Ridango AS on Eestis registreeritud ettevõtte, mis pakub piletimüügiseadmeid ning nende haldustarkvara. Nende sihtrühmaks on ühistransport ning sõidukitesse paigaldatakse registreerimisseaded, mis võimaldavad reisijate registreerimist. Nende tooted on Eestis väga levinud ning nad pakuvad teenust ka Rootsis ning Gröönimaal. Nende teenus „Elektroonilised kontopõhised piletisüsteemid“ [12] võimaldab registreerida reisijaid kasutades selleks kontaktivaba pangakaarti, nutiseadet Ridango rakendusega QR-koodi lugemiseks või

NFC-tehnoloogiaga varustatud plastkaarti. Registreerimisraporteid saab käsitsi genereerida vastavalt perioodile või muude parameetrite alusel. Kõiki raporteid on võimalik salvestada erinevates failivormingutes (xls, csv, pdf jne).

### **2.1.6 Elektrooniline õppetöös osalemise registreerimise süsteem**

Heikki Saul tegi bakalaureusetöö teemal „Elektrooniline õppetöös osalemise registreerimise süsteem“, mille raames valmis elektroonilise õppetöös osalemise registreerimissüsteemi prototüüp. Seade võimaldab õppetööl osaleja osavõtu registreerimist Eesti ID-kaardi ja elamisloakaardiga ning ühilduvate NFC-kaartidega (Tallinna ja Harjumaa Ühiskaart, Tartu Bussikaart, Elroni Sõidukaart ning muud NXP MIFARE® kaardid). Seade on kaasaskantav ja akutoitel töötav vähemalt 4 tundi ja 30 minutit. Registreerimised on nähtavad bakalaureusetöö raames valminud veebilehel. Seadme puudujääkideks on eraldiseisva andmebaasi ja veebilehe kasutamine, kuna süsteem pole ühilduv õppeplatvormiga Moodle. Prototüübil esines testimisel ka ebastabiilsust [5, 7].

### 3 Nõuded loodavale lahendusele

Tulenevalt töö eesmärgipüstitusest ning turul leiduvate lahendustega konkureerimiseks peab valminud lahendus vastama järgmistele nõuetele:

- registreerimisseade peab ühilduma õppekeskkonnaga Moodle ning selle mooduliga Attendance;
- registreerimisseade peab võimaldama õppetööl osalejate registreerimist Eesti ID-kaardi sisestamisel lugerisse ja nutiseadmega QR-koodi skännides;
- loodava lahenduse registreerimisseadme tarkvara ja teegid on lihtsasti paigaldatavad shelliskripte kasutades;
- registreerimisseadme tarkvara tähtsamad funktsioonid on kaetud ühiktestidega;
- vabakuulajate lisamise võimalus. Vabakuulajate lisamine on võimalik ainult Eesti ID-kaardiga;
- registreerimisseadme kasutajaliides on arusaadav ja lihtsasti kasutatav;
- osaleja saab registreerimisseadmelt tagasisidet, kui kasutab registreerimiseks Eesti ID-kaarti;
- Eesti ID-kaardiga õppetööl registreerimisel kontrollitakse loetud andmete korrektsust;
- registreerimistulemuste salvestamine andmebaasi;
- Eesti ID-kaardi registreerimistulemused salvestatakse lokaalselt faili, mis kustutatakse pärast kontolli, mis toimub õppetöö sessiooni lõpetamisel. Kontrolli eesmärk on veenduda, et kõik Eesti ID-kaardi registreerimistulemused oleksid olemas andmebaasis;
- õppetöö registreerimist on võimalik alustada Eesti ID-kaardiga ainult õppejõul ning õppeaine valimisel kuvatakse registreerimist alustanud õppejõu juhendatavad ained;
- õppeaine sessiooni lõpetamine on võimalik ainult õppejõul, kes alustas antud sessiooni;
- registreerimisseadme töökoormus ning eralduv soojus ei või tõusta seadme töökindlusele või kasutajate mugavusele negatiivselt mõjuvale tasemele (ebamugavusi ja võimalikke seadmekahjustusi põhjustab autori hinnangul temperatuur üle 75°C, seadme töökoormus üle 50%);
- registreerimisseade peab olema kaasaskantav ning akutoitel töötama vähemalt 4 tundi ja 30 minutit (kolm tavakestvusega loengut).

## 4 Registreerimissüsteemi ja selle komponentide ülevaade

Töö käigus valminud edasiarendus koosneb kolmest suuremast funktsionaalsest komponendist:

- registreerimisseade;
- andmebaas;
- veebiliides.

Registreerimisseade on kaasaskantav akutoitel toimiv seade, millega on õppejõul võimalik alustada auditoorse õppetöö sessiooni ning salvestada õppeaine osalejaid ja vabakuulajaid õppetööle kasutades selleks Eesti ID-kaarti. Registreerimise ajal kuvatakse kasutajatele ka QR-kood, mille skaneerimisel suunatakse veebiliidesesse, kus on võimalik ennast käsitsi registreerida.

Andmebaas on vajalik kogu vajalikku informatsiooni talletamiseks, et kogu süsteem oleks kasutatav. Andmebaas sisaldab näiteks erinevaid andmeid õppetöö, kasutajate ning ka registreeritud osalejate kohta.

Veebiliides on vajalik, et luua uusi õppetöö sessioone, hallata registreerinuid ja vabakuulajaid. Veebiliides võimaldab ka õppejõul käsitsi üliõpilasi õppetööle registreerida. Veebiliideses on õppejõul võimalik näha kõiki registreerimisi terve õppeaine toimumisaja jooksul. Õppetööl osaleja saab ka osalust kontrollida, aga näeb ainult enda registreerimisi.

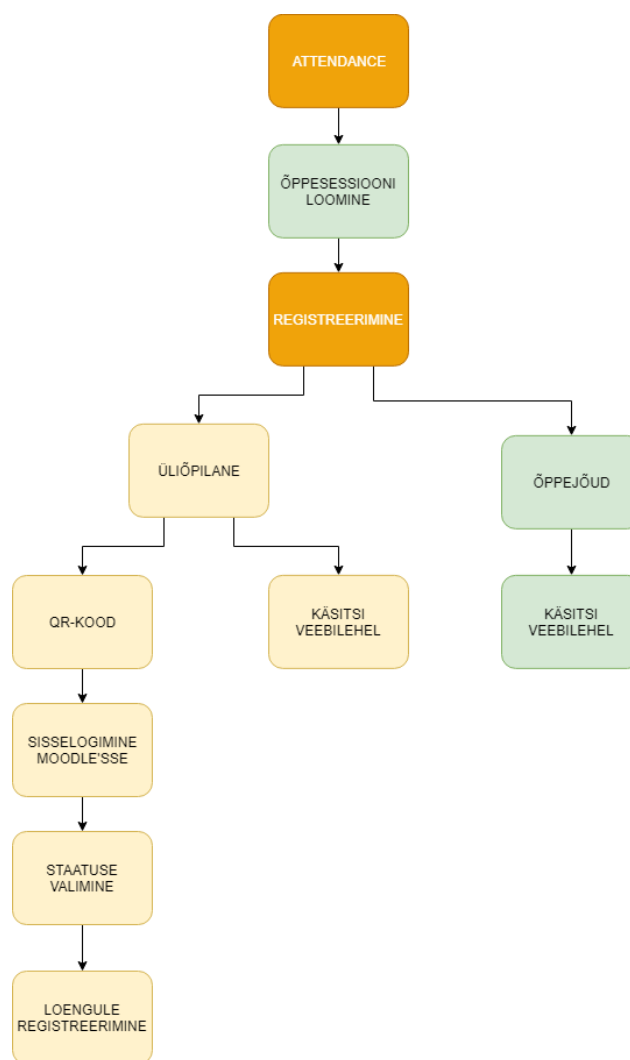
### 4.1 Ühilduvus mooduliga Attendance

Eelmises töö loodud registreerimisseade on edasiarenduse raames tehtud ühilduvaks õppeplatvormiga Moodle ja selle mooduliga Attendance (joonis 1). Kui moodul Attendance pakub osaluse registreerimist käsitsi veebilehel või QR-koodi kasutades (joonis 2), siis antud töö raames loodud seadme edasiarendus suudab registreerida ka Eesti ID-kaardiga [5-7].

The screenshot shows the Moodle Attendance module interface. On the left is a sidebar with navigation options: Test course, Participants, Badges, Competencies, Grades, General (selected), Topic 1, Topic 2, Topic 3, Topic 4, and Dashboard. The main content area displays a table of sessions for the period May 6 - May 12, 2019. The table has columns for #, Date, Time, Type, Description, and Actions. There are five sessions listed, all for 'All students' and 'Nutilahendused' (Attendance).

#	Date	Time	Type	Description	Actions
1	Mon 6 May 2019	8AM - 10AM	All students	Testimine nr.7: Nutilahendused	[Search] [Refresh] [Settings] [Delete]
2	Tue 7 May 2019	10AM - 12PM	All students	Testimine nr.8: Nutilahendused	[Search] [Refresh] [Settings] [Delete]
3	Wed 8 May 2019	8:15AM - 10AM	All students	Testimine nr.9: Nutilahendused	[Search] [Refresh] [Settings] [Delete]
4	Thu 9 May 2019	8AM - 10AM	All students	Testimine nr.10: Nutilahendused	[Search] [Refresh] [Settings] [Delete]
5	Fri 10 May 2019	8:15AM - 10AM	All students	Testimine nr.11: Nutilahendused	[Search] [Refresh] [Settings] [Delete]

Joonis 1. Mooduli Attendance õppeaine sessioonide vaade



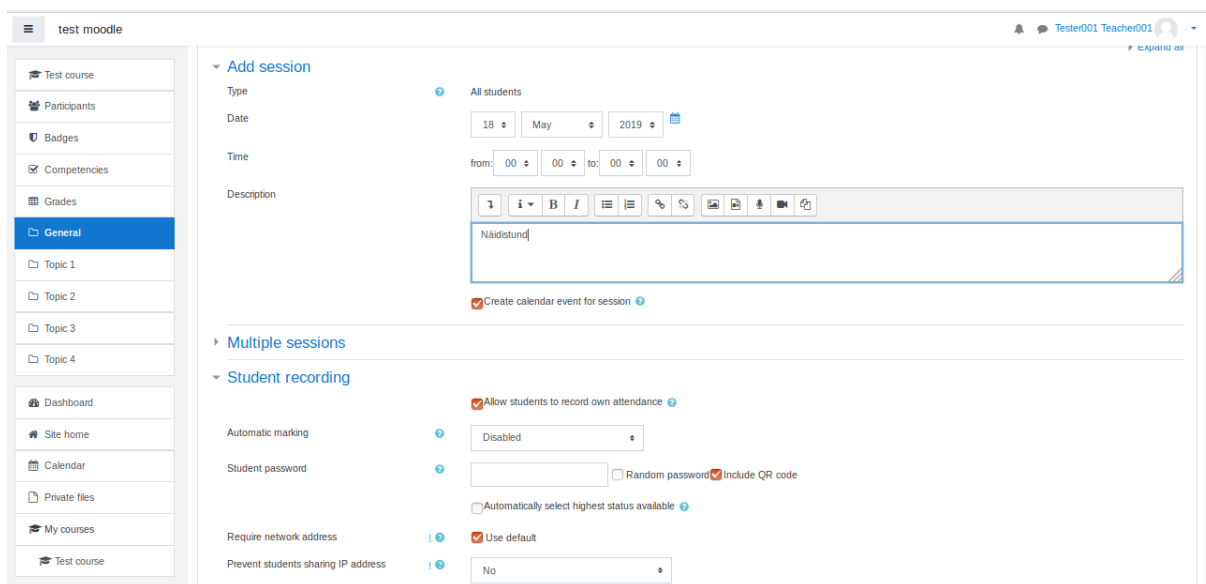
Joonis 2. Mooduli Attendance kasutamine veebiliideses registreerimiseks

### 4.1.1 Õppesessiooni loomine moodulis *Attendance*

Enne registreerimisseadme kasutamist on vajalik algava õppesessiooni loomine moodulis *Attendance*. Sessioonide loomisel (joonis 3) saab panna algus- ja lõpuaja ning lisada ka kirjelduse, mida kuvatakse registreerimisseadmel. Võimalik on muuta õppesessioon korduvaks, näiteks antud sessioon kordub igal esmaspäeval kella 8-st 10-ni. Moodul võimaldab ka osalejatele staatuse määramist registreerimata, näiteks panna vaikeväärtusena kõik osalejad puudujaks [6].

Takistamaks õppesessioonile registreerimist mooduli kaudu õppetööl viibimata, saab lisada õppetööle parooli, mida kuvatakse õppetööl osalejatele. Antud parooli kuvatakse veel registreerimisseadmel ning parool sisaldub ka QR-koodi veebiaadressis. Veel üheks takistusmeetodiks registreerimisel on veebipiirangute lisamine, mis takistab välisvõrgus registreerimist.

Sessioonide loomisel peab meeles pidama, et registreerimisseade ei ole kasutatav, kui sessioonis pole lubatud kasutajatel iseseisvalt ennast õppetööle registreerida ning pole lubatud ka QR-koodi kasutamine. Antud funktsionaalsused on vajalikud registreerimisseadme kasutamiseks, sest muidu saab auditoorsele õppetööle osalejaid märkida ainult Eesti ID kaarti kasutades.

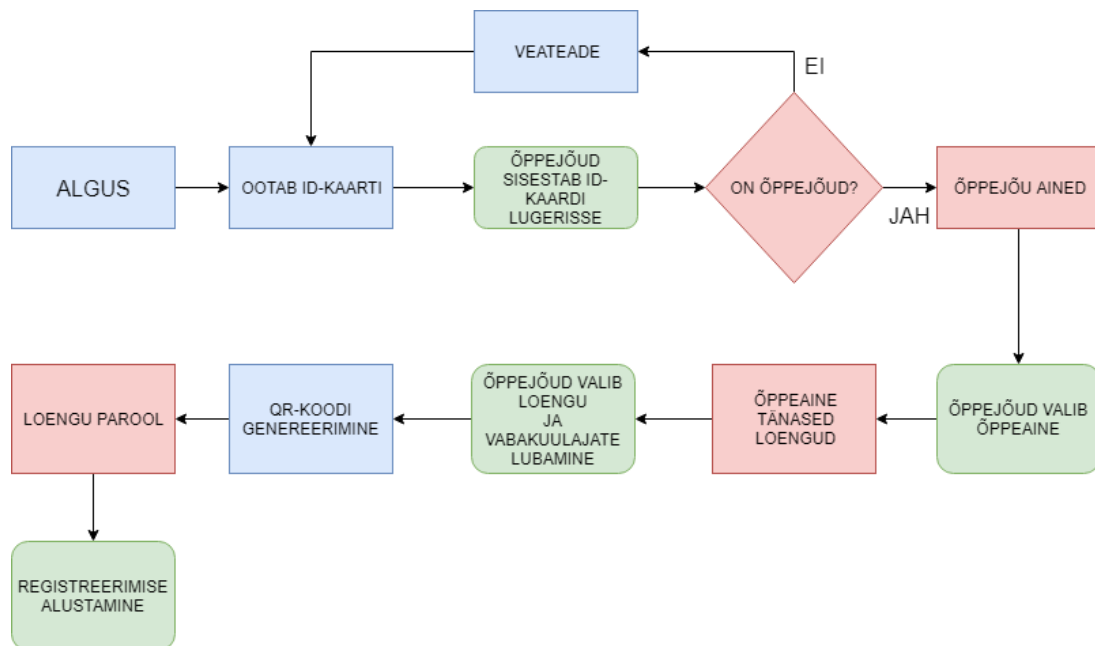


Joonis 3. Õppesessiooni loomine moodulis *Attendance*

### 4.1.2 Õppesessiooni alustamine registreerimisseadmel

Õppejõud (joonistel 4-8 kujutatud helerohelisega) saab registreerimisseadmel (joonistel 4, 6-8 kujutatud helesinisega) alustada õppesessiooni registreerimist (joonis 4) sisestades ID-kaardi

lugerisse. Vastavalt isikukoodile kontrollitakse andmebaasist (joonistel 4, 6-8 kujutatud punasega), kas kasutaja on õppejõud. Kui on õppejõud, siis kuvatakse hetkel õpetavad õppeained. Pärast õppeaine valikut täidetakse õppesessioonide menüü samal päeval toimuvate sessioonidega, mis ei ole juba lõppenud. Õppejõul on võimalik keelata või lubada ka vabakuulajate registreerimine õppetöle. Pärast valikute tegemist saab alustada õppetöö registreerimist.



Joonis 4. Registreerimise alustamise registreerimisseadmes algoritm

### 4.1.3 QR-koodi kuvamine registreerimisseadmel

Moodul Attendance võimaldab QR-koodiga õppetöle registreerimist (joonis 5). QR-kood sisaldab veebiaadressi, mis on igal õppesessioonil unikaalne. Unikaalseks teeb selle veebiaadressis sisalduv number, mis saadakse andmebaasist ning see number on igal sessioonil teistest sessioonidest erinev. Veebiaadress võib ka sisaldada sessiooni parooli, mille lisamine on võimalik õppesessiooni loomisel. Antud parooli lisamine ei ole nõutav sessiooni loomisel [6].

Et kuvada registreerimisseadmel õppesessiooni QR-koodi, siis järgitakse eelnevalt kirjeldatud loogikat ning tehti vastavad andmebaasipäringud sessiooni numbrile ja parooli saamiseks. Nendest liideti kokku veebiaadress, millest genereeriti QR-kood ning loodud koodi kuvatakse registreerimisel osalejatele.

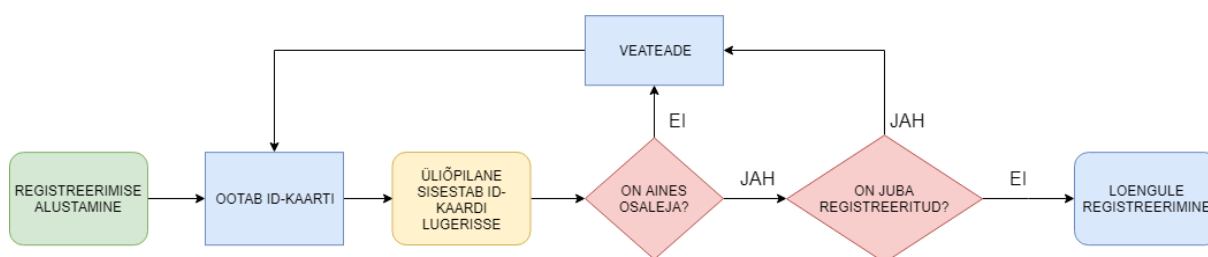


Joonis 5. QR-koodi skaneerimisel õppetöele registreerimise algoritm

#### 4.1.4 Osaluse registreerimine registreerimisseadmel

Kui õppejõud on alustanud registreerimisseadmel registreerimist, siis õppesessioonis osalejatel on võimalik registreerida õppetöele kasutades Eesti ID-kaarti või QR-koodi skaneerides. QR-koodi skaneerimisel on sama kasutusloogika, nagu oli registreerimine moodulis Attendance. Eesti ID-kaardi kasutamisel registreerimisel (joonis 6) otsitakse osalejat (joonisel 4 ja 5 kujutatud kollasega) isikukoodi põhjal andmebaasist ning kasutaja leidmisel kontrollitakse, et ta on antud õppeainele registreeritud üliõpilane. Kui üliõpilane on õppeainele registreeritud, siis registreeritakse ta toimuvale õppesessioonile, kui ta ei ole juba eelnevalt registreeritud.

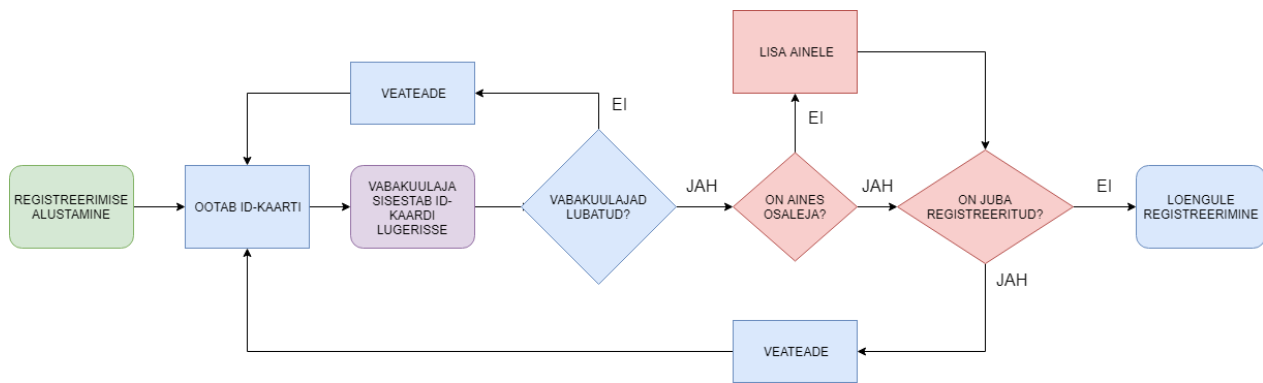
Registreerimisseadmega saavad õppetöele registreerida ainult üliõpilased, õppejõud saab osalejaid lisada ainult veebikeskkonna kaudu.



Joonis 6. Üliõpilase registreerimine õppetöele Eesti ID-kaardiga algoritm

#### 4.1.5 Vabakuulajate lisamine ja registreerimine õppetöele

Antud töö võimaldab vabakuulajate (joonisel 7 kujutatud kasutaja violetsena) registreerimist õppesessioonile ning see on muudetud automaatseks. Moodulis Attendance on võimalik õppetöele registreerida vabakuulajaid, kuid eelnevalt tuleb käsitsi lisada vabakuulaja kasutaja süsteemi. Registreerimisseade suudab vabakuulajate kasutajaid automaatselt lisada süsteemi ning need siis õppesessioonile registreerida. Vabakuulajate kasutajate lisamine süsteemi tehakse automaatselt, kui kasutaja on sisetanud ID-kaardi lugerisse ja õppejõud on lubanud vabakuulajate registreerimine õppesessioonile. Vabakuulajate lisamise funktsionaalsus on võimalik ainult Eesti ID-kaarti kasutades, kuna vajalik informatsioon kasutaja lisamiseks süsteemi on ID-kaardil olemas. QR-koodiga registreerimine ei võimalda vabakuulajate registreerimist [6].



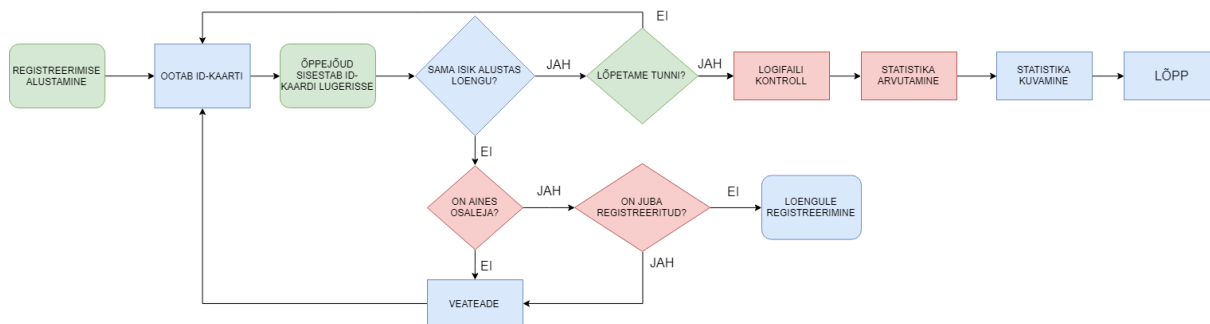
Joonis 7. Vabakuulaja registreerimine õppetöole Eesti ID-kaardiga algoritm

#### 4.1.6 Õppesessiooni lõpetamine

Kui õppesessioonile registreerimine on toimumas ning õppejõud soovib seda lõpetada (joonis 8), siis tuleb tal selleks sisestada Eesti ID-kaart lugerisse. Kui kasutaja isikukood on sama, mis sessiooni alustanud isikul, siis on võimalik õppesessioonile registreerimine peatada. Peatamisel kuvatakse seadmel osalusstatistika, kus arvetatakse ka vabakuulajate osalust.

Kui õppejõud ei ole sessiooni lõpetanud ning antud õppesessioon on kellaajaliselt lõppenud, siis lõpetab rakendus automaatselt sessiooni. Automaatselt lõpetades avatakse viimane vaade ehk statistikavaade. Sessiooni lõppemist kontrollitakse iga 30 sekundi järel.

Õppesessiooni osaluse registreerimised on nähtavad moodulis Attendance [6].



Joonis 8. Õppejõu registreerimine õppetöole Eesti ID-kaardiga algoritm

## 4.2 Tarkvara

Loodud lahenduse tarkvara koosneb 4. peatüki alguses mainitud kolmest suuremast osast (registreerimisseade, veebiliides, andmebaas). Veebiliidese tarkvara ülesandeks on olla vahelüli kasutaja ja andmebaasi vahel: kuvab kasutajale andmebaasi informatsiooni inimloetaval kujul ning laseb sisestada uusi või muuta vanu andmeid. Andmebaasitarkvara ülesandeks on talletada andmeid. Registreerimisseadme tarkvara on vajalik andmebaasiga suhtlemiseks, kasutajale graafilise liidese kuvamiseks ning sisendinfo töötlemiseks.

## 4.2.1 Registreerimisseadme tarkvara

Registreerimisseadme tarkvara on paigaldatud miniarvutile Raspberry Pi 3 Model B [13], mis kasutab Raspbian Stretch operatsioonisüsteemi versiooninimega 2019-04-08.

Registreerimisseadme tarkvara on kirjutatud programmeerimiskeeles Python ning on testitud Pythoni versiooniga 3.5.3, mis oli kasutatava operatsioonisüsteemiga eelpaigaldatud. Loodud tarkvara ei ole ühilduv Python 2.x versioonidega, kuna esinevad süntaksi erinevused, mis takistavad tarkvara toimimist.

Registreerimisseadme tähtsaimad funktsioonid on kaetud ühiktestidega, mille kirjutamiseks kasutati eelpaigaldatud Pythoni teeki unittest [14].

## 4.2.2 Eesti ID-kaardi informatsiooni lugemine

Eesti ID-kaardi informatsiooni lugemiseks kasutatakse OpenSC näidisfaili Persofile.java [15]. Antud faili on ID-kaardi kiirema lugemise jaoks muudetud, kuna fail sisaldab ka sertifikaate, mida pole antud töö raames vaja lugeda. ID-kaardi lugemine käivitatakse eraldi lõimes rakenduse avavaates õppejõu tuvastamisel ja registreerimisvaates osalejate registreerimisel. Eelnevalt on faili Persofile kompileeritud ning kompileerimise väljund Smartcard.class käivitatakse, kasutades selleks eelpaigaldatud Pythoni teeki Subprocess [16]. Antud programm tagastab ID-kaardil olevad isikuandmed.

Kuna 2018. aastal tuli välja uus versioon Eesti ID-kaardist, siis muutus ka struktuur, kuidas kaardil hoitakse isikuandmeid [17]. Kuna registreerimiseks on vajalik lugeda isikukoodi ning vabakuulajate andmebaasi lisamiseks ka täisnime, siis uute kaartidega tekkis probleem, et registreerimise jaoks vajalikud isikuandmed paiknevad uuel [18] ja vanal kaardil [19] erinevates struktuurides. Et tuvastada, kas tegemist on uue või vana ID-kaardiga, võrreldakse andmete 4. rea pikkust, mis uue kaardi korral on 3 tähemärki pärast koolonit ning vanema kaardi puhul on 1 tähemärk [18-19].

Pärast kaardi versiooni kindlaksmääramist loetakse vastavatelt ridadelt nimi ja isikukood.

Joonisel 9 on kujutatud vana ja uue ID-kaardi lugemise väljundid.

```
kert@testmoodle:~/lecture-scanner$ java Smartcard
Row 1: MÄNNIK
Row 2: KERT
Row 3:
Row 4: M
Row 5: EST
Row 6: 24.08.1996
Row 7: 39608246013
Row 8: AA2261158
Row 9: 27.08.2023
Row 10: EESTI / EST
Row 11: 27.08.2018
Row 12:
Row 13:
Row 14:
Row 15:
```

(a)

```
kert@testmoodle:~/lecture-scanner$ java Smartcard
Row 1: JÕEORG
Row 2: JAAK-KRISTJAN
Row 3: M
Row 4: EST
Row 5: 08 01 1980 EST
Row 6: 38001085718
Row 7: AS0013836
Row 8: 09 01 2024
Row 9: 09 01 2019
Row 10:
Row 11:
Row 12:
Row 13:
Row 14:
Row 15:
```

(b)

Joonis 9. Eesti ID-kaartide lugemise väljundid: (a) ID-kaardi andmed enne andmestruktuuri muudatust; (b) ID-kaardi andmed pärast andmestruktuuri muudatust.

### 4.2.3 QR-koodi genereerimine

QR-koodi genereerimiseks kasutatakse Pythoni teeki PyQrCode [20], mis loob algava sessiooni jaoks unikaalse QR-koodi. Iga QR-kood on unikaalne, sest koosneb algava sessiooni numbrist ja paroolist. Parooli saab õppejõud sessiooni loomisel moodulis Attendance lisada. Loodud QR-kood paigutatakse pildifailina kataloogi, kuhu on paigaldatud rakendus. QR-kood kustutatakse pärast loengu lõpetamist.

### 4.2.4 Andmete esmane tötlus ja logifaili kasutamine

Eesti ID-kaardi lugemisprotsessist saadud info esmane tötlus toimub vastavas alamklassis. Kontrollitakse loetud andmete korrektsust [21], vea korral lõpetatakse töötlemine ja käivitatakse uuesti ID-kaardi lugemine. Kui loetud andmed on terviklikud, siis jätkatakse selle kasutamist rakenduses ning andmed salvestatakse andmebaasi ja ka logifaili, mille sisu kontrollitakse registreerimise lõpetamisel.

### 4.2.5 Registreerimisseade graafiline kasutajaliides

Graafiline kasutajaliides on vajalik rakenduse mugavaks kasutamiseks. Kasutajaliidese põhifunktsiooniks on õppejõul algava õppetöö registreerimise alustamine (joonis 10 a, b) ning osalejatele registreerimisel tekkivate teavituste ning QR-koodi kuvamine (joonis 10 c). Lisaks on võimalik graafilisel liidesel näha kellaaega, sessiooni parooli ning vigade tekkimisel ka veateateid, näiteks ühenduse katkemist andmebaasiga. Rakenduse viimases vaates pärast registreerimise lõpetamist kuvatakse õppesessiooni osalusstatistika (joonis 10 d).

Graafilise kasutajaliidese loomisel järgiti erinevaid piiranguid, millest suurimad olid puutetundliku ekraani suurus ja eraldusvõime. Liidesele polnud võimalik lisada palju nuppe ja tekste, millest tulenevalt on valminud disain minimalistlik ja automaatne, näiteks avavaates õppejõu tuvastamisel suunatakse koheselt kasutaja õppeaine ja sessiooni vaatesse.

Graafilise kasutajaliidese vaated on näha joonisel 10.

Graafilise kasutajaliidese loomiseks kasutati Pythoni teeki PyQt5 [22], mis on üks võimekamaid graafilise kasutajaliidese teeki Pythoni programmeerimiskeeles. PyQt5 on saadaval Python 2.x ja 3.x versioonidele.



Joonis 10. Graafilise kasutajaliidese vaated: (a) avaleht; (b) õppeaine ja sessiooni valimine ning vabakuulajate lubamise valik; (c) registreerimisvaade; (d) sessiooni lõpetamisel kuvatav statistikavaade.

#### 4.2.6 Andmevahetus andmebaasiga

Kuna kasutatav andmebaas on MySQL-andmebaas, siis sellega suhtluseks kasutatakse Pythoni teeki PyMySQL. Antud teek võimaldab edastada SQL-päringuid andmebaasi. Joonisel 11 on

kujutatud näitena sessiooni parooli küsimine vastavalt sessioonilt. SQL-päringu turvalisuse tagamiseks kasutatakse sisendite jaoks parameetreid [23].

```
def get_attendance_session_password(self, session_id):
    conn = self.connect_to_database()
    cur = conn.cursor()

    sql = \
        "SELECT mas.studentpassword FROM moodle.mdl_attendance_sessions AS mas " \
        "WHERE " \
        "mas.id = %s;"

    cur.execute(sql, session_id)

    cur.close()
    conn.close()

    result = cur.fetchone()
    if result is None:
        return None
    else:
        return result[0]
```

*Joonis 11. Näidispäring MySQL-andmebaasi teeki PyMySQL kasutades*

## 4.2.7 Teekide, lähtekoodi ja draiveri paigaldamiskriptid

Et registreerimistarkvara kasutamine oleks lõppkasutajale mugav ja tarkvara lihtsasti levitatav seadmete vahel, siis on võimalik kasutada erinevaid shelliskripte, mis paigaldavad puuduvad Pythoni teegid ja puuetundliku ekraani draiverid. On olemas 3 skripti: puuduvate teekide lisamine, puuetundliku ekraani draiverite paigaldamine ning rakenduse käivitamise skript. Viimane skript on kasulik, kuna enne rakenduse käivitamist kontrollitakse, et seadmele oleks paigaldatud uusim rakenduse versioon. Kui koodihoidlas on uuem versioon, siis seadmele paigaldatakse automaatselt uusim versioon rakendusest.

## 4.2.8 Andmebaas

Andmebaasiks on MySQL-andmebaas, mis lisati Moodle'i õppekeskkonna paigaldamisel. Antud andmebaasis on ka mooduli Attendance tabelid [5-6].

### 1. Õppekeskkonna Moodle'i tabelid:

1.1. sisaldab kõiki tabeleid, mis on vajalikud Moodle'i toimimiseks. Tabelid sisaldavad andmeid õppeainete, kasutajate, hinnete vms kohta [5].

### 2. Mooduli Attendance tabelid:

2.1. sisaldab kõiki tabeleid, mis on vajalikud mooduli Attendance toimimiseks. Antud mooduli teatud tabelitel on relatsioonid Moodle'i tabelitega, kuna antud moodul on

Moodle'i keskkonna laiendus. Mooduli tabelites on talletatud informatsiooni sessioonide, vabakuulajate ja registreerimiste kohta [6].

Andmebaas kasutab MySQL-raamistiku versiooni 5.7.25.

#### **4.2.9 Veebikeskkond**

Veebikeskkond on Moodle õppeplatvorm, mis on mõeldud õpetajatele, administraatoritele ja õppijatele ühtne turvaline ja integreeritud süsteem. Platvorm on vabavara ning loodud programmeerimiskeeltes PHP ja Javascript [5].

Õppetöö osaluse registreerimise lihtsustamiseks lisati Moodle'i platvormile moodul Attendance, mis võimaldab luua õppeainetele sessioone, lisada vabakuulajaid ning märkida osalejaid õppetööle. Moodul on suuteline ka kuvama raporteid osalusest ning antud raporteid eksportima soovitud failivormingus. Moodul võimaldab ka lisada staatuseid, mida kasutatakse osalejate registreerimisel, näiteks hilinenud, vabandatud vms [6].

Veebiplatvormi Moodle versiooniks on 3.6, moodulil Attendance 3.6.5.

### **4.3 Riistvara**

#### **4.3.1 Raspberry Pi 3 Model B**

Raspberry Pi on väike, ühel trükkplaadil paikev arvuti. Seadmel on 4-tuumaline ARMv8 protsessor ning mitmed sisend- ja väljundpesad. Loodud lahenduses on kasutusel Raspberry Pi 3 Model B, mis ei ole hetkel uusim saadaolev Raspberry Pi arvuti, kuid on ikkagi piisavalt võimekas ja piisavate sisend- ja väljundpesadega antud töö eesmärkide saavutamiseks [13].

Käesoleva töö jaoks valiti Raspberry Pi Model B, kuna sel on kompaktne disain ja mitmed sisend- ja väljundliideseid. Antud mudelil on ka traadita internetiühenduse võimalus ning võimalik paigaldada puutetundlik ekraan, mis teeb välise ekraani lisamise üleliigseks. Lisaks võimaldab puutetundlik ekraan hoida registreerimisseadme mõõtmed väikesena.

Võimalikeks alternatiivideks on erinevad Raspberry Pi mudelid [24], mis eristuvad teineteisest välismõõtmete, sisend- ja väljundiideste arvu ning protsessori võimsuse poolest. On olemas ka teiste tootjate seadmeid, näiteks Banana Pi [25], mida on võimalik antud lahenduse jaoks kasutada.

### **4.3.2 Gemalto ID-kaardilugeja CT30 USB**

Eesti ID-kaardi andmete lugemiseks kasutatakse antud töö raames Gemalto IDBridge CT30 kaardilugerit [26]. Antud lugerit kasutatakse selle madala hinna 6,63 € ja ühilduvuse tõttu Raspberry Pi operatsioonisüsteemiga Raspbian.

Antud lugeri maksimaalne voolutarve on 100 mA ning ühenduseks Pi-ga kasutatakse USB-pesa. Luger toetab ISO/IEC 7816 standardiga kaartide lugemist [26].

### **4.3.3 Waveshare 3,5-tolline RPi LCD (A) puuetundlik ekraan**

Kasutaja ja registreerimisseadme vaheline suhtlus toimub 3,5-tollise puuetundliku LCD ekraani [27] kaudu. Ekraanile kuvatakse rakenduse graafiline kasutajaliides, mis on vajalik õppejõul õppetöö osaluse haldamiseks ning osalejatel auditoorsele õppetööle registreerimiseks.

Waveshare 3,5-tolline TFT LCD puuetundlik ekraan on spetsiaalselt Raspberry Pi tooteperekonna jaoks loodud ekraan, mille tulemusena on ekraani seadistamine ja paigaldamine võimalikult lihtsasti lahendatud. Ekraani saab väikese vaevaga Raspberry Pi-ga ühendada (joonis 12) ning ka draiverite paigaldamine on lihtne. Viimast tegevust lihtsustab ka autori loodud shelliskript, mis automaatselt paigaldab puuduvad draiverid. Ekraani voolutarve kasutamisel on 150 mA ning eraldusvõime on 480x320 pikslit. Ekraan kasutab toitevoolu ja infovahetuseks Raspberry Pi-ga GPIO-liidest, hõivates viigud 1 kuni 26 [27].

Töö jaoks valiti see ekraan, kuna on puuetundlik ja sel on mugavad ekraani välismõõtmed, mis on sarnased kasutatava Raspberry Pi omadele.



*Joonis 12. Raspberry Pi koos ühendatud puutetundliku ekraaniga*

#### **4.3.4 MiniWalker PB-5600 akupank**

Et antud töö käigus valminud prototüüp oleks kaasaskantav, siis seade saab toitevoolu USB-ühenduse kaudu akupangalt.

Antud MiniWalker akupank sai töö jaoks valitud, kuna on välismõõtmetelt sarnane Raspberry Pi välismõõtmetega ning pakub piisavalt kauaks voolu, et registreerimisseade oleks järjest kasutatav mitme õppetöö sessiooni ajal. Lisaks on käepärane akupanga kaal, mis on umbes 150 grammi. Antud akupanga mahutavus on 5600 mAh, väljundpinge 5 V ja maksimaalne voolutarve on 2,1 A [28].

#### **4.3.5 Seadme korpus**

Registreerimisseadme korpus [29] on läbipaistev ja plastikust. Korpus on vajalik, et kaitsta Raspberry Pi-d ja selle liideseid kukkumise korral ning pahatahtliku käitumise tagajärgede minimaliseerimiseks ja ennetamiseks.

Antud korpus sobitub puutetundliku ekraaniga ning piirab ligipääsu Raspberry Pi sisemistele komponentidele [29].

Joonisel 13 on nähtav registreerimisseade koos ID-kaardilugeja ja akupangaga.



*Joonis 13. Registreerimisseade korpuseta*

#### **4.4 Registreerimiseks kasutatav Eesti ID-kaart**

Registreerimisseadet kasutades on võimalik õppetööle registreerida mitmel viisil, millest üks on Eesti ID-kaardi kasutamine. See isikutunnistus on kohustuslik igale Eestis elavale Eesti või Euroopa Liidu kodanikule, kes on vähemalt 15-aastane [30]. Sellest tulenevalt on see enamikul Eestis elavatel inimestel olemas ID-kaart ning nad saaksid kasutada seda õppetöö alustamiseks või sellele registreerimiseks. Kui antud autentimisvahend puudub, saab alternatiivina kasutada QR-koodi skännimist nutiseadmega.

2018. aastal muutus Eesti ID-kaardi isikuandmete struktuur PersonalData failis, kuna vahetus senine kaartide tootja [17]. Registreerimisseade suudab lugeda nii vana tootja kui ka uue tootja ID-kaarte.

#### **4.5 Registreerimiseks kasutatav QR-kood**

Eesti ID-kaardi kasutamise alternatiivina on võimalik kasutada nutiseadet koos QR-koodi lugemistarkvaraga. QR-kood on kahemõõtmeline vöötkood, mis sisaldab masinloetavat informatsiooni. Antud töö raames on informatsiooniks iga õppetöö sessiooni jaoks loodud unikaalne veebiaadress, kus on kasutajal võimalik ennast käsitsi märkida õppetööl kohalolijaks. Võimalik oleks ka veebiaadressi käsitsi sisestamine brauserisse, kuid see oleks aeganõudev ja võivad tekkida sisestusvead [2].

QR-koodi kasutamine õppetööle registreerimisel sai valitud, kuna nõuab kasutajalt vaid seadme olemasolu, millel on kaamera ning internetiühendus. Kasutamiseks on vajalik eelnevalt tarkvara paigaldamine, mis suudaks masinloetavast koodis lugeda välja veebiaadress. Selleks leidub erinevaid tasuta rakendusi Androidi või iOS-i operatsioonisüsteemiga seadmetele, näiteks „QR code reader“ [31] või „QR Reader for iPhone“ [2, 32].

## **5 Testimine**

### **5.1 Testimisplaan**

Veendumaks, et loodud lahendus vastab seatud nõuetele, kontrollitakse nende täitmist järgnevate testidega. Testide eesmärk on jälgida prototüüpi jõudlust ning selle kasutust reaalsel õppetööl.

#### 1) Jõudlustestid:

1. voolutarbe testimine teoreetilise koormusmaksimumi juures;
2. registreerimiste hulga testimine teoreetilise koormusmaksimumi juures;
3. ressursihalduse testimine teoreetilise koormusmaksimumi juures;
4. registreerimisseadme protsessori temperatuurimuutuste mõõtmine koormustesti ajal;
5. katastroofiliste vigade hulk koormustesti ajal.

#### 2) Kasutatavuse testid:

1. registreerimisele kuluva aja testimine erinevates loengutes ja praktikumides.

### **5.2 Testide ülesehitus**

Testide läbiviimiseks paigaldati välisseadmesse õppeplatvorm Moodle ja moodul Attendance [5-6].

Jõudlustestid viidi autori poolt läbi 14.05.2019. Testide käigus hoiti pidevalt registreerimiseks ID-kaarti lugeris. Kuigi reaalsel osaluse registreerimisel ei ole võimalik korduvalt registreerida osalejat samale õppesessioonile, siis lähtekoodis tehtud muudatus võimaldas sama kasutaja korduvat registreerimist. Tehtud lähtekoodi muudatus taastati pärast jõudlustesti lõppemist. Seadmel oli ka kasutusel traadita Internetiühendus ja puutetundlik ekraan. Testi kestvuseks oli 5 tundi 7 minutit 31 sekundit, mis oli registreerimisseadme tööaeg akupangaga Miniwalker PB-5600.

Kasutatavuse testid toimusid ajavahemikus 23.04.2019 kuni 17.05.2019. Testid toimusid „Nutilahenduste praktikumi“ (LOTI.05.060) praktikumis ja testimiskordi tuli kokku 15. Õppetööle registreerimine toimus Tartu Ülikooli Tehnoloogiainstituudi õppehoone õpperuumis B140. Kõik testides osalenud kasutajad, kes registreerisid ennast Eesti ID-kaardiga, andsid oma kirjaliku nõusoleku isikuandmete käitlemiseks antud testide läbiviimise jaoks. QR-koodiga registreerimise testimiseks lisas autor Moodle'i testkeskkonda 100 õpilast ja 2 õpetajat, kes lisati testimise jaoks loodud õppeainele. Kui testis osalenud üliõpilane soovis kasutada

registreerimiseks QR-koodi, siis veebilehe avanedes sooritas ta õppetöle registreerimise ühe testkasutajaga.

### **5.3 Testimiste tulemused**

Jõudlustesti käigus registreeriti 2479 osalust ja keskmiseks osaluse registreerimiseks kulunud ajaks oli 7,4 sekundit. Testis jäi Raspberry Pi protsessori temperatuur vahemikku 47,2 kuni 50,5 °C, ruumi temperatuur oli 22 °C. Protsessori töökoormus oli vahemikus 4,8% kuni 6,2% ning seadme mälu kasutus jäi vahemikku 104 kuni 155 MB. Jõudlustestil ei esinenud mitte ühtegi veateadet ega probleemi, mis oleks takistanud registreerimiseseadme töötamist või registreerimist. Keskmise voolutarve testi jooksul oli 1,0029 amprit.

Kasutatavuse testide raames registreeriti kokku 203 osalust. Neist 118 oli tehtud kasutades registreerimiseks QR-koodi ja 85 kasutades ID-kaarti. Registreerimiste käigus tekkis kolm dokumenteerimata olukorda.

Esimeseks olukorraks oli üliõpilase määrdund ID-kaardi kiip, mistõttu ning ei õnnestunud isikuandmeid lugeda. Olukord sai lahendatud ja üliõpilane õppetöle registreeritud, kui kiip ära puhastati.

Teine dokumenteerimata olukord tekkis sellest, et õppetöö sessiooni parool oli jäetud autori poolt täitmata, mis ei tohiks olla probleem, kuna sessiooni loomisel on tegemist valikulise andmeväljaga. Registreerimise loogika on ühildatud Moodle'i mooduliga Attendance ning antud mooduli lähtekood ei olnud arvestanud olukorraga, kus parool jäetakse täitmata ning näitas testkasutajatega registreerimisel veateadet. Olukord sai lahendatud sessioonile parooli lisamisega. Olukorra hilisemal uurimisel avastati, et teised mooduli paigaldanud inimesed on sama probleemi täheldanud [33].

Kolmas olukord tekkis, kui autor oli pannud sessiooni parooliks tühikut sisaldava sõna ning kuigi QR-kood sisaldas korrektset veebiaadressi koos parooliga, siis teatud QR-koodi lugemise rakendused ei suutnud lugeda veebiaadressi pärast tühikut ning jätsid aadressi poolikuks. Probleem sai lahendatud paroolist tühiku eemaldamisega.

### **5.4 Testimistulemuste analüüs ja järeldused**

Jõudlustesti tulemused on rahuldavad ning tulemused vastavad 3.peatükis püstitatud nõuetele. Keskmiseks osaluse registreerimiseks kulunud ajaks oli 7,4 sekundit, mis sisaldas ka registreerimise õnnestumise teate kuvamist. Igal õnnestunud registreerimisel kuvati teadet 5

sekundit. Antud teate kuvamist ei soovitud eemaldada ega ajaliselt lühendada, kuna see ei jäljendaks enam reaalsel olukorda seadme kasutamisel õppetöö registreerimisel.

Kasutatavuse testides kulus keskmiselt kokku 24 minutit, et registreerida õppetööle kõik üliõpilased. Ühe registreerimise tegemine QR-koodiga kestis keskmiselt 46 sekundit ja Eesti ID-kaardiga 16 sekundit. Ajakulu tekkis suuresti sellest, et oli vaja seletada testgrupile süsteemi ja selle eesmärki ning vastata tekkinud küsimustele. Mida rohkem oli autor teinud praktikumis testimisi, seda vähem aega kulus kõikide üliõpilaste registreerimisele, kuna registreerimine oli testijatele juba tuttav tegevus ning puudus vajadus autori seletustele.

Kasutatavuse testide ajal esines vigu, mis vajasis autori sekkumist. Enamik vigu oli põhjustatud internetiühenduse katkestustest või selle kvaliteedi langemisest. See raskendas andmebaasiga suhtlust ning teatas kasutajale puuduvast ühendusest andmebaasile. Internetiühenduse probleemid tekkisid asjaolust, et Tartu Ülikooli avalikult kättesaadavates internetivõrkudes eduroam ja utpublic polnud klientidel võimalik ühenduda testserveriga. Tehnoloogiainstituudi õppehoone õpperuumis B140 olev lokaalne internetivõrk ei tööta piisava stabiilsusega, mis tekitab ühendumisprobleeme.

## **5.5 Riistvaralised muutused võrreldes esialgse lahendusega**

Antud töö on 2017. aastal valminud Heikki Sauli bakalaureusetöö edasiarendus [7].

Võrreldes esialgse lahendusega on riistvaras muutunud:

1. eemaldati RFID-lugeja;
2. asendati korpus ja ID-kaardilugeja teiste mudelitega.

Riistvara komponentide hulgas ei vahetunud Raspberry Pi, akupank ega puutetundlik ekraan.

Võrreldes turul eksisteerivate süsteemidega, on loodud lahendus ka soodsama hinnaga, kuid hinda oleks võimalik veel alandada, kui kasutatakse alternatiivseid komponente (Lisa 1) [9-12].

## 5.6 Testimistulemuste võrdlus esialgse lahendusega

	Esialgne lahendus	Edasiarendus
Voolutarve	0,995 amprit	1,0029 amprit
Protsessori temperatuur	43,0 kuni 64,0 °C	47,2 kuni 50,5 °C
Ressursihaldus	100 MB kuni 125 MB	104 MB kuni 155 MB
Protsessori töökoormus	2,0% kuni 20,0%	4,8% kuni 6,2%
Katastroofiliste vigade hulk koormustesti ajal	5	0
Registreerimiste hulk	16749	2479
Keskmiseks registreerimisele kulunud aeg	1,21 sekundit	7,40 sekundit
Kestvus	5 tundi 37 minutit 40 sekundit	5 tundi 7 minutit 31 sekundit

Tabel 1. Esialgse lahenduse ja edasiarenduse jõudlustestide tulemuste võrdlus

Kuigi voolutarve, ressursihaldus ja testi kestvus oluliselt ei muutunud võrreldes esialgse lahendusega, siis tähelepanuväärne on katastroofiliste vigade puudumine edasiarenduse tulemustes. See on kriitiline seadme kasutamisel ja usaldusväarsuse tekitamisel. Registreerimiste hulga ja keskmiseks registreerimiseks kulunud aja erinevust saab põhjendada, et edasiarenduse keskmiseks registreerimisele kulunud aja arvutamisel ei eemaldatud tulemustest igal registreerimisel kuvatud õnnestumisteate näitamiseks kulunud aega 5 sekundit [7].

	Esialgne lahendus	Edasiarendus
Registreeritud osalusi	20	203
Keskmiseks registreerimisele kulunud aeg	63 sekundit	16 sekundit (Eesti ID-kaart) ja 46 sekundit (QR-kood)

Tabel 2. Esialgse lahenduse ja edasiarenduse kasutatavuse testide tulemuste võrdlus

Võrreldes esialgse lahendusega, suurenes edasiarendatud registreerimissüsteemi kasutatavuse testimisel registreeritud osaluste hulk pea 10 korda ja vähenes keskmiseks registreerimisele kulunud aja hulk [7].

## 6 Süsteemi kasutatavad omadused

Süsteemi kasutatavad omadused on:

1. ühilduvus õppeplatvormiga Moodle ja selle mooduliga Attendance;
2. registreerimisvõimalus Eesti ID-kaardiga;
3. kuvatakse registreerimiseks sessiooni QR-kood ja parool;
4. vabakuulajate kasutajate lisamine ja registreerimine;
5. automaatne õppesessiooni lõpetamine, kui sessioon saab kellaajaliselt läbi;
6. võimalus alustada ning lõpetada õppetöö registreerimist ainult õppejõududel;
7. ühiktestid tähtsamatele funktsioonidele;
8. Eesti ID-kaardi lugemistulemuste lisamine logimisfaili;
9. õppesessiooni osalusprotsendi arvutamine ja kuvamine registreerimisseadmel õppesessiooni lõpetades;
10. Eesti ID-kaardiga õppetööle registreerides lisatakse osaleja automaatselt andmebaasi hilinenud staatusega, kui registreerimishetkel on möödunud kindel ajaperiood sessiooni algusest;
11. andmebaasi kontroll, mis teatab ühenduse puudumisest andmebaasiga;
12. puuduvate tarkvarateekide ja puuetundliku ekraani draiverite paigaldamiseks shelliskriptid;
13. uuemate Eesti ID-kaardi lugemise võimalus;
14. kellaaja kuvamine registreerimisseadmele;
15. automaatselt sulguvad teated;
16. õppeaine sessiooni lõpetamisel on koheselt võimalik alustada uut sessiooni rakendust sulgemata;
17. õppeaine sessiooni valimisel registreerimisseadmel kuvatakse ainult tol päeval toimuvad auditoorsed õppetunnid, mis ei ole antud ajahetkeks lõppenud;
18. kui õppeainel puuduvad tänasel kuupäeval toimuvad sessioonid, siis teavitatakse õppejõudu sellest veateatega.

## **7 Kokkuvõte**

Töö eesmärgiks oli luua elektroonilise õppetööl osalemise registreerimissüsteemi prototüübi edasiarendus, mis oleks ühilduv õppeplatvormiga Moodle ja selle mooduliga Attendance.

Antud töö käigus täiendati registreerimissüsteemi prototüüpseadet, mis on ühilduv õppeplatvormiga Moodle ja selle mooduliga Attendance. Antud seade sobib töö eesmärgi täitmiseks ning läbis edukalt kõik jõudlus- ja kasutatavuse testid.

Võrreldes esialgse lahendusega on antud töö raames valminud edasiarendus töökindlam, stabiilsem ja rohkemate võimalustega. Lisaks on edasiarendus ühilduv Moodle ja selle mooduliga Attendance.

Töö käigus selgusid erinevad puudused ja arendusvõimalused, mis täiustaksid loodud prototüüpi. Puudustele vaatamata vastab valminud seade töö 3. peatükis seatud nõuetele ning on sobilik auditoorse õppetöö haldamiseks.

Valminud süsteemi edasiarendus võiks eemaldada loodud süsteemi puudused, olla mitmekeelne ning kasutatav ka väljaspool õppeasutusi, näiteks kasutada piletisüsteemina üritustel ja ühistranspordis või püsikliendi tuvastussüsteemina kauplustes.

## Tänuavaldused

Autor soovib tänada Kait Krulli abi eest Moodle testimiskeskonna ja selle andmebaasi seadistamisel.

Autor soovib tänada Anne Villemisit nõuannete eest registreerimisseadme prototüübi edasiarenduse loomisel.

Autor soovib avaldada tänu kõikidele kasutatavuse testides osalenud Tartu Ülikooli üliõpilastele ja õppeainete õppejõududele, et nad lubasid läbi viia kasutatavuse teste.



## Viited

- [1] „e-Teatmik: IT ja sidetehnika seletav sõnaraamat,“ [Võrgumaterjal]. <http://www.vallaste.ee/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [2] Denso Wave, „What is a QR Code“ [Võrgumaterjal]. <https://www.qrcode.com/en/about/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [3] International Organization for Standardization, „All about ISO“ [Võrgumaterjal]. <https://www.iso.org/about-us.html/>. [Kasutatud 19.05.2019].
- [4] Eesti Keele Instituut, „Eesti keele seletav sõnaraamat“ [Võrgumaterjal]. <http://eki.ee/dict/ekss/index.cgi?Q=&F=M/>. [Kasutatud 19.05.2019].
- [5] Moodle, „About Moodle“ [Võrgumaterjal]. [https://docs.moodle.org/36/en/About\\_Moodle/](https://docs.moodle.org/36/en/About_Moodle/). [Kasutatud 11.05.2019].
- [6] Dan Marsden, „About Moodle“ [Võrgumaterjal]. [https://moodle.org/plugins/mod\\_attendance/](https://moodle.org/plugins/mod_attendance/). [Kasutatud 11.05.2019].
- [7] Heikki Saul, „Elektrooniline õppetöös osalemise registreerimise süsteem“ [Võrgumaterjal]. <https://dspace.ut.ee/handle/10062/56561>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [8] Hansab, „Tooted“ [Võrgumaterjal]. <https://www.hansab.ee/et/tooted/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [9] Ferid Cafer, „Attendance Taker“ [Võrgumaterjal]. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ferid.app.classroom/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [10] Campus365, „RFID Smart Attendance“ [Võrgumaterjal]. <https://www.campus365.io/rfid-attendance/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [11] Chalk, „Classroom Attendance“ [Võrgumaterjal]. <https://www.chalk.com/attendance/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [12] Ridango AS, „Elektroonilised kontopõhised piletisüsteemid“ [Võrgumaterjal]. <https://www.ridango.com/tooted/transpordi-piletisusteemid/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [13] Raspberry Pi Foundation, „Raspberry Pi 3 Model B“ [Võrgumaterjal]. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [14] Python Software Foundation, „Unit testing framework“ [Võrgumaterjal]. <https://docs.python.org/3.5/library/unittest.html/>. [Kasutatud 19.05.2019].
- [15] id, „Isikuandmete faili info“ [Võrgumaterjal]. [https://installer.id.ee/media/id2019/isikuandmete\\_faili\\_info/](https://installer.id.ee/media/id2019/isikuandmete_faili_info/). [Kasutatud 11.05.2019].
- [16] Python Software Foundation, „Subprocess management“ [Võrgumaterjal]. <https://docs.python.org/3.5/library/subprocess.html/>. [Kasutatud 12.05.2019].

- [17] id, „Uue ID-kaardi muudatused“ [Võrgumaterjal]. <https://www.id.ee/index.php?id=38674/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [18] id, „Estonia ID1Chip/App 2018 Technical Description“ [Võrgumaterjal]. <https://installer.id.ee/media/id2019/TD-ID1-Chip-App.pdf/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [19] id, „TB-SPEC-EstEID-Chip-App-20120611“ [Võrgumaterjal]. <https://www.id.ee/public/TB-SPEC-EstEID-Chip-App-v3.4.pdf/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [20] Python Software Foundation, „PyQRCode 1.2.1“ [Võrgumaterjal]. <https://pypi.org/project/PyQRCode/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [21] Riigi Teataja, „Isikukoodide moodustamise ja andmise kord“ [Võrgumaterjal]. <https://www.riigiteataja.ee/akt/122122017017/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [22] Python Software Foundation, „PyQt5 5.12.2“ [Võrgumaterjal]. <https://pypi.org/project/PyQt5/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [23] PyMySQL, „Pure Python MySQL Client“ [Võrgumaterjal]. <https://github.com/PyMySQL/PyMySQL/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [24] Raspberry Pi Foundation, „Products“ [Võrgumaterjal]. <https://www.raspberrypi.org/products/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [25] Banana Pi, „Open Source Hardware Products“ [Võrgumaterjal]. <http://www.banana-pi.org/product.html/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [26] Epsys, „IDBridge CT30“ [Võrgumaterjal]. <http://www.epsys.no/readers/scardreaders/gemalto/>. [Kasutatud 11.05.2019].
- [27] Waveshare, „3.5inch RPi LCD (A), 480x320“ [Võrgumaterjal]. <https://www.waveshare.com/product/mini-pc/raspberry-pi/displays/gpio-touch-display/3.5inch-rpi-lcd-a.htm/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [28] Miniwalker, „MiniWalker PB-5600“ [Võrgumaterjal]. <http://www.miniwalker.com.tw/admin/product/front/index3.php?upid=43&upid2=&id=49/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [29] Aliexpress, „3.5 Inch TFT LCD Display Touch Screen Monitor for Raspberry Pi 3 2 Model B Raspberry Pi 1 model B+ 480x320 RGB Pixels with case“ [Võrgumaterjal]. <https://www.aliexpress.com/item/3-5-Inch-TFT-LCD-Display-Touch-Screen-Monitor-for-Raspberry-Pi-3-2-Model-B/32838753943.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.196c4c4dOq1hAc/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [30] Riigi Teataja, „Isikut tõendavate dokumentide seadus“ [Võrgumaterjal]. <https://www.riigiteataja.ee/akt/122032017002/>. [Kasutatud 12.05.2019].

- [31] Google Play Store, „QR code reader“ [Võrgumaterjal].  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=tw.mobileapp.qrcode.banner/>. [Kasutatud 12.05.2019].
- [32] iTunes, „QR Reader for iPhone“ [Võrgumaterjal].  
<https://itunes.apple.com/us/app/qr%20reader%20for%20iphone/id368494609?mt=8/>.  
[Kasutatud 12.05.2019].
- [33] Github, „Cannot enable QR Code without filling Student Password field“ [Võrgumaterjal].  
[https://github.com/danmarsden/moodle-mod\\_attendance/issues/378/](https://github.com/danmarsden/moodle-mod_attendance/issues/378/). [Kasutatud 12.05.2019].

# **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Kert Männik

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Õppetööl osalemise registreerimise elektroonilise süsteemi edasiarendus“

mille juhendaja on Heiki Kasemägi ja kaasjuhendaja Heikki Saul,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Kert Männik

20.05.2019

## Lisa 1. Registreerimiseadme omahind ja alternatiivid

	Loodud prototüüp	Odavam ja sarnase funktsionaalsusega alternatiiv
<b>Arvuti</b>	Raspberry Pi 3 Model B 30,99 € (Farnell EE)	Orange Pi Zero Plus 13,47 € (Aliexpress)
<b>Ekraan</b>	Waveshare 3,5-tolline RPI LCD (A) 21,36 € (Waveshark)	3.5 Inch TFT LCD Display Touch Screen Monitor 12,20 € (Aliexpress)
<b>ID-kaardilugeja</b>	Gemalto ID-kaardilugeja CT30 USB 6,63 € (Photopoint)	Gemalto ID-kaardilugeja CT30 USB 6,63 € (Photopoint)
<b>Korpus</b>	Raspberry Pi 3 Acrylic Case Transparent 2,36 € (Aliexpress)	(Tuleb kaasa ekraaniostuga)
<b>Akupank</b>	MiniWalker PB-5600 15€ (Hansapost)	Blun Power Bank 5600 mAh Lime 5,35 € (1a)
<b>SUMMA</b>	76,34 €	37,65 €

\*Valuuta konverteerimisel eurodesse on arvestatud Euroopa Keskpannga kurssi 12.05.2019 seisuga.

\*Hindade arvutamisel ei arvetatud makse ega transpordikulusid.