

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Jens Jaagup Jäger

Võistlusserveri integreerimine Moodle'iga
Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja(d): Juhan Oskar Hennoste,
Ahti Põder, PhD

Tartu 2025

Võistlusserveri integreerimine Moodle'iga

Lühikokkuvõte:

Bakalaureusetöö eesmärk on edasi arendada olemasolevat veebirakendust, mis on mõeldud Tartu Ülikooli kursustele: „Algoritmid ja andmestruktuurid“ (LTAT.03.005) ning „Programmeerimine II“ (LTAT.03.007). Nendes kursustel kasutatav boonuspunktide süsteem premeerib tudengeid, kellel on parimad kodutööd, boonuspunktidega ning bakalaureusetöö eesmärk on seda süsteemi tõhusamalt rakendada. Veebirakendusele lisatakse Moodle'iga ühenduv moodul, mis põhineb Learning Tools Interoperability (LTI) standardil. Töö käsitleb arendusnõuete määratlemist, kasutatud tehnoloogiate kirjeldusi, Moodle integreerimist LTI standardiga, andmebaasi kujundust, rakenduse ülesehitust ja testimist. Töö lõpus pakutakse välja võimalikud edasiarendused.

Võtmesõnad:

Moodle, Python, AIOHTTP, Jinja, PostgreSQL, LTI (Learning Tools Interoperability), veebirakendus

CERCS: P175 Informaatika, süsteemiteooria

Integration of a competition server with Moodle

Abstract:

The aim of the thesis is to further develop an existing web application that is designed for University of Tartu courses „Algorithms and Data Structures“ (LTAT.03.005) and „Programming II“ (LTAT.03.007). These courses use a bonus point system that rewards students with the best assignments, and this thesis aims to make that system more efficient. The web application will be enhanced with a module that connects to Moodle using the Learning Tools Interoperability (LTI) standard. The thesis covers the definition of development requirements, descriptions of the technologies used, LTI integration with Moodle, database design, application architecture, and testing. Finally, potential future improvements are suggested.

Keywords:

Moodle, Python, AIOHTTP, Jinja, PostgreSQL, LTI (Learning Tools Interoperability), Web Application

CERCS: P175 Informatics, systems theory

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Mõisted ja terminid.....	5
2. Veebirakenduse nõuded.....	7
2.1 Funktsionaalsed nõuded.....	7
2.2 Mittefunktsionaalsed nõuded.....	8
3. Kasutatud tehnoloogiad.....	10
3.1 Python.....	10
3.2 Veebiraamistik AIOHTTP.....	10
3.3 Jinja.....	11
3.4 PostgreSQL.....	11
4. Learning Tools Interoperability integreerimine Moodle'iga.....	13
4.1 Learning Tools Interoperability ülevaade.....	13
4.2 LTI 1.3.....	13
4.3 LTI Advantage.....	14
4.4 LTI tööriista registreerimine Moodle'is.....	14
4.5 LTI tööriista paigutamine Moodle'i kursusele.....	15
4.6 LTI teenused Moodle'is.....	15
5. Andmebaasi disain ja struktuurid.....	16
5.1 Tabelid ja nende seosed.....	16
5.2 Seosed ja andmete terviklikkus.....	17
5.3 Disaini põhjendus.....	17
6. Loodud rakendus.....	18
6.1 Päis.....	18
6.2 Vaated.....	19
6.2.1 Ülevaade.....	19
6.2.2 Harjutuse vaade.....	20
6.2.3 Kasutajate vaade.....	21
6.2.4 Seadete vaade.....	22
6.3 Ligipääsuta vaated.....	23
7. Testimine.....	24
8. Võimalikud edasiarendused.....	25
Kokkuvõte.....	26
Kasutatud kirjandus.....	27

Sissejuhatus

Tänapäeva haridussüsteemis mängivad tehnoloogilised lahendused olulist rolli õppetöö korraldamisel ning ka õpilaste tulemuste hindamisel. Platvormid, nagu Moodle, on muutunud oluliseks vahendiks õppejõududele ning tudengitele, pakkudes paindlikku ja ligipääsetavat õppimis- ja hindamiskeskonda. Kuid Moodle'i sisseehitatud funktsionaalsus ei pruugi alati vastata konkreetsete kursuste vajadustele, mistõttu on sageli vajalik täiendavate tööriistade ja rakenduste loomine.

Käesoleva bakalaureusetöö on rakenduslik töö ning selle eesmärk on täiustada olemasolevat veebipõhist tööriista, lisades sellele Moodle'i õpiahaldussüsteemiga integreeruva osa, et toetada hindamisprotsessi Tartu Ülikooli kursustel „Algoritmid ja andmestruktuurid“ (LTAT.03.005) ning „Programmeerimine II“ (LTAT.03.007). Selleks loodi boonuspunktide süsteem, kus premeeritakse tudengeid, kellel on märkimisväärselt hea kodutöö. Süsteem töötab edetabeli-süsteemina, kus järjestatakse kodutööd paremuse põhjal ning parimad lahendajad saavad boonuspunkte sõltuvalt positsioonist edetabelis.

Olemasolevas rakenduses on igal kodutööl avalik edetabel pseudonüümidega, kust tudengid saavad jälgida oma edetabeli positsiooni võrreldes teistega. Käesolev töö keskendub Moodle'i integreerimisele ning uutele haldusvaadetele, mille kaudu saavad tudengid vaadata oma positsioone ja tulemusi kõigis kodutöödes individuaalselt ühes isiklikus vaates. Õppejõududel on võimalik hallata tudengite esitusi, sealhulgas eemaldada õpilase esitusi boonuspunktide süsteemist, keelata õpilasel teatud harjutustel boonuspunktide saamine või kehtestada üldkeeld kõikidele ülesannetele. Lisaks saavad õppejõud kursusel boonuspunktide süsteemi algatada ja lõpetada ning hallata kasutajaid.

Bakalaureusetöö koosneb kaheksast sisulisest peatükist. Esimeses peatükis tuuakse välja töös kasutatavad mõisted ja terminid. Teises määratletakse rakenduse arendusnõuded, sealhulgas funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded. Kolmas keskendub kasutatud tehnoloogiatele. Neljandas käsitletakse täpsemalt Learning Tools Interoperability (LTI) standardi rakendamist ja Moodle'iga integreerimist ning viiendas kirjeldatakse andmebaasi disaini ja struktuure. Kuues peatükk tutvustab loodud rakenduse uusi vaateid ja funktsionaalsust. Seitsmes peatükk keskendub rakenduse testimisele ning kaheksas pakub välja võimalikke edasiarendusi.

Lõputöö koostamisel kasutati teksti korrastamiseks tehisintellekti ChatGPT mudeleid GPT-4o ja GPT-4o mini, mis aitasid sõnastuse ning grammatiliste vigade parandamisel.

1. Mõisted ja terminid

Autentimine (ingl *authentication*): identiteediväite kontrolli protsess [1].

Autoriseerimine (ingl *authorization*): protsess, mis annab (või keelab) õiguse ligi pääseda võrguressurssidele [2].

Adaptiivne veebilahendus (ingl *responsive web design*): veebilehe konstrueerimise meetod, mis tuvastab kasutaja ekraani suuruse ja orientatsiooni ning muudab selle põhjal dünaamiliselt küljendust [1].

Raamistik (ingl *framework*): loodavat platvormi, tarkvara, riistvara, protokolle vms toetav struktuur [2].

Server (ingl *server*): programm, mis pakub teenuseid teistele programmidele [2].

Õpiahaldussüsteem (ingl *learning management system*): tarkvarasüsteem, mis on kavandatud e-õppega seotud halduslike ja tehniliste abiprotsesside sooritamiseks [1].

Sisselogimine (ingl *login*): identifitseerimise ja autentimise protseduur, mis võimaldab loalisel kasutajal alustada kasutamisseansi ja tõkestab lubamatud [1].

SQL-süüst (ingl *SQL injection*): rünne andmebaasipõhisele rakendusele (millel enamasti on veebipõhine liides), kasutab ära tarkvara nõrkusi, eeskätt sisendandmete valideerimise puudulikkust [1].

JSON: lihtne andmevahetusvorming, mis põhineb JavaScripti alamhulgal, on hõlbus inimplugamiseks ja -kirjutuseks [1].

Asünkroonne (ingl *asynchronous*): kaks protsessi on asünkroonsed, kui nad toimuvad küll samaaegselt, kuid mitte samas taktis [2]

Teek (ingl *library*): infoobjektide kogu, üldiseks korduvaks kasutamiseks [1].

Seansihaldus (ingl *session management*): kasutaja interaktsiooniseansside korraldus arvutisüsteemis [1].

Rakendusliides, programmiliides, API-liides (ingl *Application Programming Interface*): arvuti operatsioonisüsteemiga või rakendusprogrammiga määratud reeglistik, mille alusel rakendusprogramm kasutab operatsioonisüsteemi või teise rakendusprogrammi teenuseid [2].

Mallimootor, malliprotsessor (ingl *template engine*): dokumendimalli(de)st ja neisse paigutatavatest andmetest dokumenti (näiteks veebilehte) genereeriv instrument [1].

Võõrvõti (ingl *foreign key*): relatsioonandmebaasis ühe tabeli väli (veerg) või väljarühm, mis üheselt määrab mingi rea teises tabelis, luues sideme nende kahe tabeli vahel [1]

Multiversioon-konkurentsjuhtimine, MVCC (ingl *Multi-Version Concurrency Control*): meetod ühiskasutusega andmebaaside jõudluse tõstmiseks [2].

Sidus tehingutöötlus, OLTP (ingl *On-Line Transaction Processing*): tehingute tegemine reaalajas, sellistes andmebaasides, kus on palju kasutajaid, pöördused ja uuendused on sagedad ning andmemahud on väikesed [1].

Sidusanalüüs, OLAP (ingl *Online Analytical Processing*): andmebaasis olevate mitmemõõtmeliste andmete analüüsimine nõustussüsteemi toetuseks eritarkvaraga, näiteks aegriidade ja trendivaadete abil [1].

Spetsifikatsioon (ingl *specification*): tehniline detaildokument või dokumendiosa [1].

Avalik võti (ingl *public key*): suvalisele olemise krüpteeritud suhtluseks vastava privaatvõtme omanikuga määratud võti [1].

Privaatne võti (ingl *private key*): asümmeetrilises krüptosüsteemis: ühe suhtluspoolle mitteavalik krüptovõti, mis kuulub selle süsteemi võtmepaari [1];

Konfiguratsioon (ingl *configuration*): süsteemi riistvara ja/või tarkvara korraldus ja ühendusviis [2].

Relatsiooniline andmebaas (ingl *relational database*): andmebaas, milles andmed ja nende poole pöördumine on korraldatud vastavalt relatsioonidele [1].

Terviklus (ingl *integrity*): infosüsteemi või andmete täielikkus ja vastuolude puudumine [1].

Veebiaadress, URL (ingl *Uniform Resource Locator*): vahend ressursside identifitseerimiseks Internetis, näiteks veebilehtede adresseerimiseks, määrab ressursi aadressi domeeninime, katalooginimed, failinime ning pöördusprotokolli [1].

Indikaator (ingl *indicator*): seade, mis annab visuaalselt või muul viisil märku mingi ettemääratud oleku ilmnemisest [1].

2. Veebirakenduse nõuded

Käesolevas peatükis määratletakse lõputöö veebirakenduse nõuded, mis on koostatud projekti eesmärkidest ja vajadustest lähtudes. Nõuete määratlemine on tarkvaraarenduse keskne etapp, millel on otsene mõju tarkvaralahenduse kvaliteedile ja kasutajakogemusele. Nagu Panigrahi [3] märgib, on nõuete tehnostuse (ingl *requirements engineering*) protsess dünaamiline, hõlmates nõuete kogumist, dokumenteerimist ja haldamist, tagades süsteemi toimivuse ja kasutajasõbralikkuse. Selles peatükis käsitletakse nii funktsionaalseid kui ka mitte-funktsionaalseid nõudeid, et luua selge alus arendusprotsessile.

2.1 Funktsionaalsed nõuded

Jaak Tepandi [4] sõnul funktsionaalsed nõuded kirjeldavad, millised teenused ja funktsioonid peavad tarkvarasüsteemis olema, et see täidaks oma eesmärgi ja vastaks kasutajate ootustele. Lõputöö raames loodud veebiserver peab vastama alljärgnevalt kirjeldatud süsteemi funktsionaalsetele nõuetele:

- **Kasutajate autentimine** - Veebiserver peab toetama Learning Tools Interoperability (LTI) põhist autentimist, mis võimaldab kasutajatel siseneda veebiserverisse Moodle'i kaudu, kasutades Moodle'is olevaid kasutajaandmeid, vältides vajadust luua veebiserverisse eraldi kontosid. LTI protokolliga toimub kasutaja isikutuvastus ja veebiserver saab vajaliku info kasutaja kohta, nagu nimi, kasutaja ID (identifikaator) ja roll. Autentimisprotsess peab olema turvaline ning võimaldama sujuvat ja katkestusteta sisselogimist Moodle'i keskkonnast.
- **Kasutajate autoriseerimine** - Pärast autentimist peab süsteem määrama kasutajale tema rollile vastavad õigused. Veebiserveris on kaks rolli, milleks on õppejõud ja tudeng. Mõlemal rollil on kindlaks määratud ligipääs konkreetsetele funktsioonidele ja andmetele. Autoriseerimise eesmärk on tagada, et kasutaja saab kasutada ainult neid süsteemi võimalusi, mis on tema rolli jaoks ette nähtud.
- **Esituste haldamine** - Veebiserver peab võimaldama õppejõududel hallata ülesannete esitusi. Selleks on olemas igal ülesandel oma leht, kus on tabel kõikide tudengite esituste kohta. Õppejõududel on õigus eemaldada esitusi või vajadusel keelata tudengeid, kelle tegevus ei vasta reeglitele. Lisaks on iga esituse kõrval otsetee

Moodle'i lehele, kus on võimalik tutvuda tudengite kirjutatud koodiga, et hinnata selle vastavust ülesande nõudmistele. Tudengitel esituste haldamisõigust pole.

- **Kasutaja ülevaade** - Igal tudengil, kes on esitanud kodutöid, on olemas enda kasutaja ülevaateleht. Seal saab ülevaate iga tudeng enda poolt esitatud ülesannetest. Kasutaja ülevaates on iga ülesande kohta teave, mis näitab, mitmenda koha edetabelis saavutati ning kui palju boonuspunkte sellega teeniti. See aitab jälgida edusamme ja tuvastada valdkondi, kus oma oskusi veelgi parandada. Õppejõududel on ligipääs kõikide kasutajate tulemuste ülevaadetele.
- **Veateate ja sisselogimata külastaja lehed:** Süsteem peab sisaldama veateate lehte, mis kuvatakse kasutajatele, kui ilmneb tehniline probleem või kasutajal pole juurdepääsu vastavale funktsioonile. Samuti peab veebiserveris olema sisselogimata külastajate leht, mis teavitab neid, et teenuste kasutamiseks tuleb Moodle'i kaudu sisse logida.
- **Seadete haldamine** - Veebiserver peab võimaldama õppejõududel hallata kursuse seadeid. See hõlmab võimalust kursust aktiveerida, et tudengid saaksid esitada oma ülesandeid ja vaadata tulemusi. Samuti peab olema võimalik tühjendada olemasolevad andmed ja tulemused, et valmistada süsteem ette järgmise kursuse jaoks.
- **Hindamissüsteem** - Veebiserver peab automaatselt sünkroonima tudengite tulemused ja tagasiside Moodle'iga, tuginedes ülesande esituse pingerea kohale. See tagab, et kõik tulemused ja tagasiside kantakse üle täpselt ja ajakohaselt, elimineerides käsitsi sisestamise vajadust ning minimeerides vigade tekkimise võimalusi.

2.2 Mittefunktsionaalsed nõuded

Mittefunktsionaalsed nõuded Jaak Tepandi [4] sõnul määratlevad tarkvarasüsteemi omadusi ja piirangud, mis defineerivad tarkvara jõudluse, kasutusmugavuse, turvalisuse ja hooldatavuse. Erinevalt funktsionaalsetest nõuetest, mis kirjeldavad veebiserveri pakutavaid teenuseid ja funktsioone, keskenduvad mittefunktsionaalsed nõuded sellele, kuidas need teenused peavad toimima. Lõputöö tagab järgmiseid nõudeid:

- **Kasutatavus** - Veebiserver peab olema intuiitiivne ja lihtsasti kasutatav. Kasutajaliides peab olema loogiline ning võimaldama kiiret ligipääsu vajalikele funktsioonidele. Veebiserveril peab olema adaptiivne veebilahendus, sealhulgas täielikult mobiilsõbralik, pakkudes sujuvat ja täiuslikku kasutajakogemust mobiilseadmetes.
- **Turvalisus** - Veebiserver peab tagama kõrge turvalisuse taseme, et kaitsta kasutajate andmeid ja süsteemi terviklikkust:
 - **Krüpteeritud küpsised:** Kõik sessiooniküpsised peavad olema krüpteeritud, et kaitsta kasutajaandmeid volitamata pealtkuulamise ja muutmise eest.
 - **Sisu turvapoliitika:** Veebiserver peab lisama sisu turvapoliitika (ingl *Content-Security-Policy*, CSP) päise vastustesse, et piirata lubatud sisu ja skriptide allikaid.
 - **Rollipõhine juurdepääs:** Enne tundlikule teabele juurdepääsu andmist peab veebiserver kontrollima kasutaja rolli, tagades, et ainult volitatud kasutajad saavad teha toiminguid.
 - **JWT valideerimine:** JWT (JSON Web Token) [5] on turvaline, allkirjastatud JSON-formaadis andmestruktuur teabe edastamiseks. LTI käivituste puhul tuleb kontrollida JWT kehtivust, et tagada andmete autentsus ja terviklikkus.
 - **SQL-süstimise ennetamine:** Süsteem peab valideerima SQL identifikaatoreid ja vältima dünaamilistes päringutes SQL süstimist.
- **Jõudlus** - Veebiserver peab olema võimeline teenindama korraga vähemalt 500 aktiivset kasutajat, säilitades vastuseaja alla 3 sekundi iga päringu puhul. Hindamisüsteem peab suutma töödelda suure hulga esitusi kiiresti ja sujuvalt, isegi kõrge koormuse korral.
- **Hooldatavus** - Süsteem peab olema kergesti hooldatav, võimaldades lihtsat andmete varundamist ja taastamist rikete korral. Samuti peab olema toetatud sujuv versiooniuuendus ja veaotsing, et tuvastada ja lahendada probleemid kiiresti.

3. Kasutatud tehnoloogiad

Selles peatükis antakse ülevaade tehnoloogiatest ning raamistikest, mida kasutati lõputöö tegemisel. Tehnoloogiate valik tugines vajadustele, eesmärkidele ning eelnevalt kasutusel olevale koodile. Järgnevalt kirjeldatakse põhjalikumalt iga tehnoloogia ja raamistikku ning nende rakendamist lõputöö kontekstis.

3.1 Python

Python on avatud lähtekoodiga kõrgetasemeline, paindlik ja tõhus programmeerimiskeel, mis on laialdaselt kasutusel programmeerimise õppeainetes, teaduslikes töödes, andmeanalüütikas ja tehisintellekti (ingl *AI*) rakendustes. Selle lihtne süntaks, madal koodimahu nõudlus ja objektorienteeritud omadused muudavad Pythoni kasutamise populaarseks [6]. Tänu oma mitmekülgusele on Python tänapäeval kõige populaarsem programmeerimiskeel maailmas. Tiobe indeksi kohaselt on Python 2025. aastal juhtiv keel, edestades keeli nagu C ja Java [7].

Python oli lõputöös valitud tänu oma paindlikkusele ja lihtsusele. Süsteemide arendamisel pakkus Python ulatuslikku tuge kolmandate osapoolte teekidele, näiteks asünkroonsetele protsessidele teegiga Asyncio, mis oli vajalik LTI-integratsiooni ja andmete vahetamise jaoks [8]. Lisaks võimaldas Python sujuvat koostööd teiste tehnoloogiatega nagu AIOHTTP ja Jinja, ning ühendust PostgreSQL andmebaasiga, muutes arendamise kiiremaks ja efektiivsemaks. See andis tuge arenduse jätkusuutlikkusele ja hooldatavusele.

3.2 Veebiraamistik AIOHTTP

AIOHTTP, mille nimi tuleneb sõnade “asünkroonne” (ingl *Asynchronous*), “sisend-väljund” (ingl *Input-Output, I/O*) ja “hüperteksti edastusprotokoll” (ingl *HyperText Transfer Protocol, HTTP*) akronüümist, on ametlikus dokumentatsioonis [9] defineeritud kui asünkroonne veebiraamistik, mis põhineb Python'il ja toetab nii serveri- ja kliendirakenduste loomist, pakkudes paindlikkust ja võimekust kaasaegsete veebirakenduste arendamisele. Asünkroonsus tagab, et operatsioonid ei blokeeri süsteemi ega oota ühe ülesande lõppemist enne järgmise alustamist. See võimaldab süsteemidel samal ajal hallata mitmeid päringuid ilma viivitusteta. AIOHTTP sobib reaalajas süsteemide arendamiseks, kuna see pakub kiiret reageerimisajaga ja optimaalset ressursikasutust. Lisaks toetab raamistik täiendavaid turvafunktsioone, nagu kasutaja autentimist, autoriseerimist ja seansihaldust, kasutades väliseid teeke „aiohttp-security“ ja „aiohttp-session“ [10]. Kuigi käesolevas töös neid teeke ei kasutata, pakub AIOHTTP head alust turvaliste, ressursitõhusate ja kiire reageerimisajaga reaalajas süsteemide loomiseks.

Lõputöö veebirakenduses kasutati AIOHTTP raamistikku, et luua täisfunktsionaalne veebileht, mille kaudu saab sujuvalt hallata kasutaja päringuid. AIOHTTP kasutab RESTful API, ehk rakendusliidest (ingl *Application Programming Interface*, API), mis pakkus mitmesuguseid teenuseid, sealhulgas eelnevalt mainitud autentimise ja lisaks andmehalduse funktsioone. Teegi „aiohttp-session“ abil tagati turvaline kasutajate sessioonihaldus, mis kaitseb süsteemi volitamata juurdepääsu eest. Kõik need omadused parandasid rakenduse töökindlust, suurendades kasutajakogemuse sujuvust ja süsteemi usaldusväarsust.

3.3 Jinja

Jinja dokumentatsioonis [11] kirjeldatakse Jinjat kui paindlikku Pythonis töötavat malliprotsessi, mida kasutatakse veebirakendustes andmete dünaamiliseks kuvamiseks hüperteksti märgistuskeele (ingl *HyperText Markup Language*, HTML) lehtedel, mis lahutab kasutajaliidese äriloogikast, võimaldades arendajatel hallata HTML-i, andmete töötlemise ja kasutajaliidese vahelist suhtlust. Jinja pakub tuge muutujatele, tsüklitele, tingimustele ja makrodele, mis muudab veebilehtede arendamise paindlikumaks ja lihtsamaks. Selle eelised seisnevad tugevas dokumentatsioonis, mis teeb arendamise sujuvamaks. Lisaks on Jinja tuntud oma kiire töötlemise võimekuse poolest, kuna see kompileerib ja salvestab mallikoodi Python'i koodiks, mis väldib mallide korduvat genereerimist iga päringu puhul [12].

Jinja võimaldas lõputöös dünaamiliselt veebilehti kuvada interaktiivsete elementidega ning lihtsustas mallitöötlust ja pakkus selgeid veaotsingu võimalusi, sest veateated osutavad otseselt mallikoodi ridadele. Tänu sellele võimsale ja paindlikule lähenemisele oli võimalik luua keerukaid malle, mis on samal ajal hooldatavad ja loetavad.

3.4 PostgreSQL

PostgreSQL ametlikul kodulehel [13] selgitatakse, et PostgreSQL on relatsioonilise andmebaasisüsteem, mis loodi aastal 1986 POSTGRES projekti osana California Ülikoolis Berkeley's. PostgreSQL on avatud lähtekoodiga, millel on tugev tugi SQL standarditele. PostgreSQL toetab keerukaid päringute ning võõrvõtmete (ingl *foreign key*) kasutamist, vaadete uuendamist ja multiversioon-konkurentsjuhtimist (ingl *multiversion concurrency control*, MVCC). MVCC võimaldab korruga mitmel kasutajal samaaegselt andmeid lugeda ja kirjutada ilma, et toimuksid lukustamisega seotud konfliktid [13].

Conrad [14] selgitab, et PostgreSQL eristub oma võime poolest hallata samaaegselt palju väikseid tehinguid, teisisõnu kasutades sidusat tehingutöötlust (OLTP). Lisaks toetab PostgreSQL sidusanalüüsi (OLAP), mis keskendub suurte andmehulkade analüüsimisele ja keerukate päringute täitmisele, et pakkuda andmepõhist ülevaadet ja toetada strateegilist otsuste tegemist. Tema sõnul OLTP keskendub igapäevastele operatsioonidele, mis nõuavad palju väikeseid andmemuudatusi reaalajas, nagu kliendiinteraktsioonide või raamatupidamis-süsteemide haldamises. Allika järgi on PostgreSQL ridadepõhine andmebaas (ingl *row-store database*), kus andmed salvestatakse ridade kaupa, kus iga rida sisaldab kõiki veergude väärtusi. PostgreSQL on optimeeritud OLTP jaoks, kuid OLAP seevastu võimaldab analüüsida keerulist andmehulka, kasutades mitmemõõtmelisi vaateid ja hierarhilist andmete korraldust [14].

Lõputöö raames kasutatakse PostgreSQL-i andmebaasisüsteemi kursuse ülesannete esituste, tulemuste ja kasutajate haldamiseks. Andmebaas talletab teavet kursuste, ülesannete ja nende tulemuste kohta, võimaldades seoste loomist ja keerukate päringute teostamist. PostgreSQL tagab andmete terviklikkuse ja turvalisuse, toetades kasutajate rollide määramist ning võimaldades juurdepääsu piirangute rakendamisele.

4. Learning Tools Interoperability integreerimine Moodle'iga

Selles peatükis käsitletakse, kuidas Learning Tools Interoperability (LTI) standard võimaldab lõputöös väljatöötatud veebirakendusel sujuvalt integreeruda Moodle'i õpiahaldussüsteemiga. Kirjeldatakse LTI põhikontseptsioone ja standardit, seejärel selgitatakse, kuidas toimub tööriista registreerimine, paigutamine ning teenuste kasutamine.

4.1 Learning Tools Interoperability ülevaade

LTI [15] on standard, mille on välja töötanud 1EdTech [16], rahvusvaheline organisatsioon, mis arendab haridustehnoloogia standardeid. LTI [15] eesmärk on võimaldada erinevate väliste rakenduste või teenuste ühendamist õpiahaldussüsteemidega (ingl *Learning Management Systems*, LMS), nagu Moodle. Võimalus ühenduda turvaliselt ning integreerida kolmanda osapoole õppevahendeid õpikeskkondadesse on kasulik, sest see võimaldab õppijatel ja õppejõududel kasutada neid väliseid rakendusi või teenuseid ilma, et peaks iga välise rakenduse juures looma eraldi konto ning hiljem tegelema sisselogimisega.

4.2 LTI 1.3

LTI 1.3 [17] raames nimetatakse õpiahaldussüsteemi platvormiks ning välist rakendust või teenust tööriistaks. See on kõige uuem versioon LTI standardist, mis rakendab täiustatud mehhanisme autentimiseks ja autoriseerimiseks võrreldes varasemate versioonidega.

LTI 1.3 turvalisus põhineb 1EdTech Security Frameworkil, mis on üldine turberaamistik kõigi 1EdTech-i teenuspõhiste spetsifikatsioonide jaoks [15,18]. See raamistik määratleb standardid ja juhised turvalise autentimise ja autoriseerimise tagamiseks.

LTI 1.3 protokoll põhineb kahel olulisel komponendil, milleks on OAuth 2.0 ja OpenID Connect (OIDC). Need tagavad turvalise autentimise ja autoriseerimise, mis on oluline tänapäeva veebiteenuste integreerimise ja andmevahetuse turvalisuse tagamiseks.

OAuth 2.0 [19] on autoriseerimise raamistik (ingl *authorization framework*), mille kaudu õpiahaldussüsteem, nagu Moodle, saab lubada välistööriistal juurdepääsu kasutaja andmetele ja teenustele. OAuth 2.0 toimib järgmiselt: õpiahaldussüsteem esitab välistööriistale volituse andmise (ingl *authorization grant*), mis võimaldab teenusel kasutada teatud kasutajaandmeid, ilma, et oleks vaja selleks otsest kasutaja parooli. OAuth 2.0 annab teenusele piiratud juurdepääsuõigused, määrates täpselt, milliseid andmeid ja teenuseid saab kasutada. Selline autoriseerimine on paindlik ja turvaline, kuna iga teenus saab ainult need õigused, mida on eelnevalt määratud.

Che-Hao Hsu jt [20] defineerib OpenID Connect'i identiteediautentimise protokollina, mis lisab OAuth 2.0 protokollile täiendava kihina kasutaja identiteedi kinnitamise funktsionaalsuse, ehk kui õpilane või õppejõud logib sisse Moodle'isse või mõnda teisse õpiahaldussüsteemi, toimub autentimine OIDC kaudu. Õppeplatvorm saadab autentimistaotluse, mida kasutab OIDC kasutaja identiteedi ja juurdepääsuõiguste kinnitamisemiseks. Kui autentimine on edukas, saadetakse vastus, mis sisaldab teavet kasutaja kohta, näiteks tema nime, e-posti aadressi ja muid andmeid. See tagab süsteemi usaldusväärsuse ja turvalisuse, kuna kogu autentimine ja andmevahetus toimub standardiseeritud ja krüpteeritud kanalite.

Lõputöö raames kasutati LTI 1.3 ning OAuth 2.0 ja OpenID Connect (OIDC) standardite rakendamiseks PyLTI1p3 teeki [21], mis pakub valmis ja usaldusväärset tuge protokollide nõuete täitmiseks ning tagab turvalise autentimise ja autoriseerimise.

4.3 LTI Advantage

LTI Advantage [22,23] on laiendus LTI 1.3 protokollile, mis lisab funktsionaalsust õppeinfo-süsteemidele. LTI Advantage koosneb kolmest olulisest teenusest.

- 1) Teenus Names and Role Provisioning Services (NRPS) [22,24], nagu nimi ütleb, võimaldab pärida nimekirja kasutajatest, nende rollidest ja muudest kasutajaandmetest. Selle kaudu saab tuvastada õppijad ja juhendajad ning hallata turvaliselt kasutajate ligipääsu tööriistadele.
- 2) Teenus Assignment and Grade Services (AGS) [22,25] toetab välistööriistadel hindamisteavet edastada, sealhulgas punktisummasid ja tagasisidet otse õpiahaldussüsteemi. See on kasulik, kuna võimaldab tööriista hindamissüsteemi automeerida.
- 3) Deep Linking [22,26] teenus võimaldab lisada ja hallata õppesisu õpikeskkonnas tõhusamalt, pakkudes turvalist ja standardiseeritud meetodit välistest tööriistadest pärit sisu kasutamiseks. See lihtsustab sisu haldamist ning aitab tagada, et õppijad pääsevad vastava õppematerjalile alati ligi.

4.4 LTI tööriista registreerimine Moodle'is

LTI tööriista registreerimine Moodle'is [27] algab tööriista loomisega Moodle'i administratiiv-paneelis. Moodle'i administraatori õigustega isik loob „Väline tööriist“ tüüpi tegevuse ja sisestab tööriista parameetrid, mille hulgas on tööriista nimi, veebiaadress (ingl *uniform resource locator*, URL), kliendi ID, avalik ja privaatne võti ning OAuth 2.0 autentimis-

parameetrid. Moodle loob seejärel LTI tööriista jaoks vastava ühenduse, mis võimaldab tööriistal suhelda Moodle'i platvormiga.

4.5 LTI tööriista paigutamine Moodle'i kursusele

Pärast LTI tööriista registreerimist saab seda lisada Moodle'i kursusele [27]. Kursuse toimetamisrežiimis saab õppejõud valida „Lisa tegevus või ressurss“, seejärel „Väline tööriist“ ning lõpuks määrata, millises kursuse osas ja milliste sätetega tööriista kasutada [28]. Tööriista saab konfigureerida nii, et see kuvaks tulemusi, suudaks hindeid muuta ja toetada kasutajate autoriseerimist sõltuvalt kasutaja rollist.

4.6 LTI teenused Moodle'is

LTI tööriista haldamine Moodle'is hõlmab tööriista seadete ja teenuste konfigureerimist. Moodle toetab erinevaid LTI teenuseid, sealhulgas AGS ja NRPS [27]. Teenuseid saab hallata Moodle'i administraatorivaates, kus määratakse, millised teenused on tööriistale lubatud ja kuidas need on konfigureeritud. See võimaldab hallata nii kasutajaandmeid kui ka hinnete edastust ja sünkroniseerimist Moodle'i ja LTI tööriista vahel.

5. Andmebaasi disain ja struktuurid

Tõhus andmebaasi disain on oluline rakenduse, kuna see tagab töökindluse ning andmete terviklikkuse ja turvalisuse [29]. PostgreSQL-i [13] põhine relatsiooniline andmemudel pakub struktureeritud andmete salvestust, toetades kursuste, kasutajate ja tulemuste haldust. Kõik tabelid ja nendevahelised seosed on määratletud, tagades andmete terviklikkuse võõrvõtmete ja unikaalsuspiirangutega (ingl *unique constraint*). Indeksid on rakendatud olulisematele veergudele, et optimeerida päringute kiirust suuremate kursuste puhul, võimaldades efektiivset ja skaleeritavat andmehaldust.

5.1 Tabelid ja nende seosed

Andmebaasis on kokku kuus põhitähtsusega tabelit: `courses`, `users`, `exercises`, `bans`, `messages`, `pseudonyms` ning siis ülejäänud tabelid on harjutused, mis on märgistatud algusega “e_” (vt joonis 1). Iga tabel on loodud kindla ülesande täitmiseks ning nende vahel on loodud seosed, mis tagavad andmete sidususe ja terviklikkuse.

- **courses** - sisaldab kursuste teavet, sealhulgas kursuse nime, unikaalset ID-d, Slacki teavituste URL-i ja muid LMS-i (Learning Management System) spetsiifilisi parameetreid.
- **users** - hallatakse kõiki kasutajaid, sealhulgas nende täisnimesid, pseudonüüme ja rolli, mis on meie rakenduses on kahendmuutuja, mis tõe korral tähistab õppejõudu ning vastasel korral õppijat.
- **exercises** - kirjeldab ülesandeid, määrates nendele unikaalse ID, formaadid ja lõppkuupäeva.
- **bans** - sisaldab keelde, mis on määratud konkreetsetele kasutajatele konkreetsetes ülesannetes, põhjendusega.
- **messages** - jututoa sõnumid, kus on talletatud sõnumi sisu, postitaja ID ja saatmise aeg.
- **pseudonyms** - anonüümsed pseudonüümid, mis on igal kasutajal, mida kasutatakse avaliku edetabelis kasutaja näitamiseks.
- **e_harjutus1** ja **e_harjutus2** - formaadiga “e_” tabelid hoiavad konkreetsete ülesannete tulemusi, mida kasutatakse andmete haldamiseks ja hindamiseks. Näite puhul tekitasin neid kaks, kuid tegelikult esindavad need kodutöid, kus iga tabel on üks kodutöö harjutus.

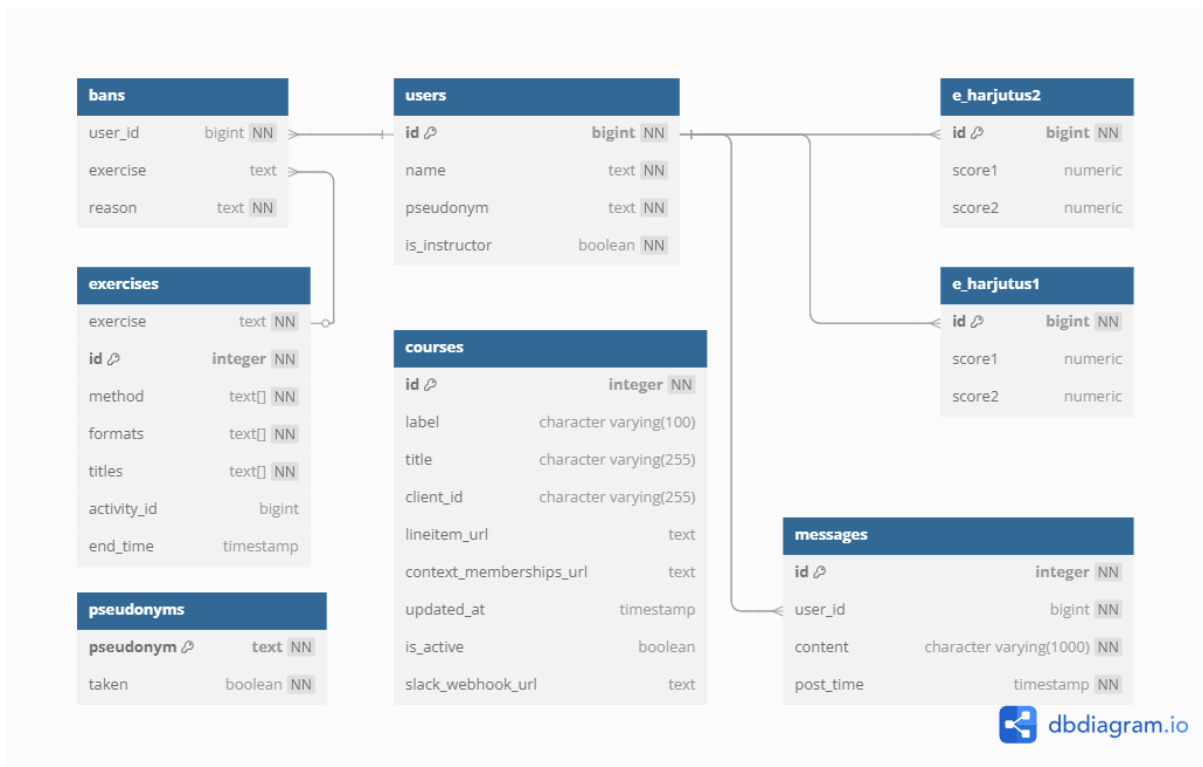
5.2 Seosed ja andmete terviklikkus

Andmebaasis on määratud võõrvõtmed, mis tagavad andmete seotuse:

- **bans.user_id** ja **messages.user_id** viitavad **users.id**-le, mis tähendab, et keeld ja sõnumid on seotud konkreetsete kasutajatega.
- **bans.exercise** viitab **exercises.exercise-le**, seostades keelu konkreetse ülesandega.
- **e_harjutus1.id** ja **e_harjutus2.id** ning ülejäänud harjutuse tabelid viitavad **users.id**-le, seostades tulemused kindla kasutajaga.

5.3 Disaini põhjendus

Selline struktuur võimaldab paindlikult hallata kursuseid ja ülesandeid, jälgida kasutajate tegevusi ja tulemusi ning säilitada anonüümsust pseudonüümide kaudu. Võõrvõtmed ning indeksid tagavad jõudluse ja andmete terviklikkuse.



Joonis 1. Andmebaasi struktuur, diagramm tehti leheküljel „dbdiagram.io“

6. Loodud rakendus

Pei Yan [30] rõhutab, et kasutatavus on üks peamisi tarkvarasüsteemi kvaliteedinäitajaid, mis hõlmab süsteemi lihtsust, selgust ja kasutajamugavust. Lähtudes sellest põhimõttest on loodud rakendus keskendunud kasutatavusele. Selles peatükis kirjeldatakse valminud veebiserveri funktsionaalsust ja kasutajaliidest. Esitatud on kasutajavaated nii õppejõu kui ka õppija rollis ning selgitatud süsteemi kasutamise põhilisi kasutusvoogusid.

6.1 Päis

Kõigil vaadetel on ühtne päis (vt joonis 2), mis tagab kasutajale kiire ligipääsu navigeerimisvõimalustele ja kontekstualsele teabele. Päise vasakus servas kuvatakse LTI abil Moodle'ist saadud kursuse nimi, võimaldades kasutajal kiiresti kinnitada, millise kursuse lehel ta viibib, ning pakkudes võimalust naasta Moodle'i kursuse esilehele, vajutades kursuse peale. Paremas servas on kasutaja nimi, mis lihtsustab isikustamist. Õppejõududele kuvatakse päises juurde navigeerimislingid „Üldvaade“, „Tulemused“ ja „Edetabel“, mis vastavad nende rollipõhiste ülesannetele (vt joonis 3). Mobiilivaates kohandub päis kitsale ekraanile, peites vaikimisi navigeerimislingid ja kasutaja nime (vt joonis 4). Nende kuvamiseks tuleb kasutajal avada „hamburgerimenüü“, mida tähistavad kolm horisontaalset joont (vt joonis 5). Päise kujundus on visuaalselt minimalistlik ja funktsionaalne, vältides kasutajale liigset visuaalset koormust ning pakkudes sujuvat kasutuskogemust nii lauaarvutis kui ka mobiiliseadmes.



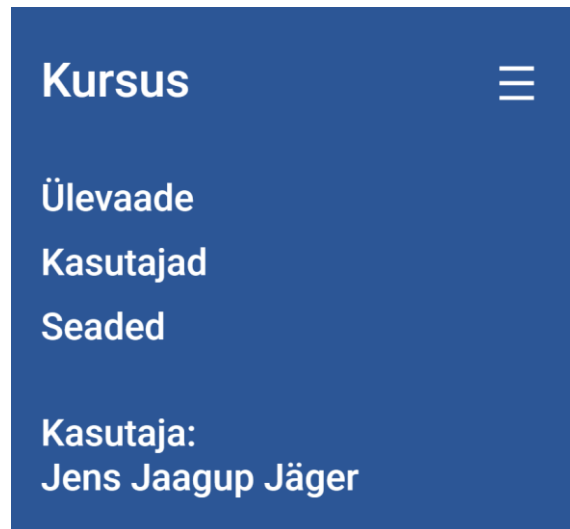
Joonis 2. Vaate päis tudengi arvutis



Joonis 3. Vaate päis õppejõu arvutis



Joonis 4. Mobiili-vaate suletud päis



Joonis 5. Õppejõu mobiilvaate avatud päis

6.2 Vaated

Veebirakendus koosneb mitmest erinevast vaatest, mis on kohandatud vastavalt kasutaja rollile, kus õppijad saavad vaadata oma isiklike tulemusi ja jälgida oma edasiminekut, samas kui õppejõududel on juurdepääs kogu kursuse andmete haldamisele, sealhulgas tulemuste ja edetabelite haldamisele. Rakendus sisaldab järgmisi vaateid.

6.2.1 Ülevaade

Ülevaade on rakenduse peamine vaade, mille kaudu õppejõud saab kiiresti tutvuda kõigi kursuse harjutustega (vt joonis 6). Iga harjutus on esitatud eraldi vajutatava elemendina, mis viib detailvaatesse, kus on nähtavad õppijate esitused ja tulemused. Vaate ülaosas on eelnevalt kirjeldatud päis. Selle vaate eesmärk on tagada lihtne ja intuitiivne navigeerimine erinevate harjutuste vahel, paigutades harjutuste elemendid sümmeetriliselt, kus iga rea elementide arv kohandub vastavalt ekraani laiusele adaptiivse veebilahenduse abil.

Harjutused



Joonis 6. Ülevaate vaade.

6.2.2 Harjutuse vaade

Harjutuse vaade kuvab ülesande tulemused tabelina, kus on näha kõigi osalejate esitused (vt joonis 7). Tabeli veerud sisaldavad järgmisi andmeid: koht, nimi, pseudonüüm ja harjutusest sõltuvad tulemused. Tulemused on järjestatud vastavalt hindamiskriteeriumile, mis on sõltuv harjutusest. Näiteks algoritmi efektiivsus võib olla harjutuses mõõdetud ajaga, seega sellisel juhul on mida kiirem, ehk väiksem aeg, seda parem. Iga rida esindab ühe kasutaja esitust, mille juurde kuulub link, mis viib Moodle'i esituse lehele, kus saab vaadata kasutaja kirjutatud koodi. Samuti on olemas link esituse eemaldamiseks, mis annab õppejõule võimaluse konkreetne esitus edetabelist kustutada. Esimeses veerus on paremad tulemused teise tausta värviga esile tõstetud. Õppejõu positsioon ei ole edetabelis numbriliselt arvestatud, kuna teda ei arvestata boonuspunktide süsteemis. Õppejõud on eristatav lühendi "Juh" abil, et teda õppijatest eristada. See vaade on loodud õppejõu töö lihtsustamiseks tulemuste jälgimisel ja vajadusel ka andmete korrigeerimiseks.



HARJUTUS1						
Koht	Nimi	Pseudonüüm	Teepikkus	Aeg	Esituse Link	Eemalda Esitus
1	Õpilane1	O1P1LANE	4324	120 ms	Esitus	Eemalda
Juh	Juhendaja2	JUH2ND4JA	4325	10.0 ms	Esitus	Eemalda
Juh	Juhendaja1	JUH1ND4JA	4325	10.0 ms	Esitus	Eemalda
2	Õpilane2	O2P1LANE	4325	17.2 ms	Esitus	Eemalda
3	Õpilane4	O4P1LANE	4327	75 ms	Esitus	Eemalda
4	Õpilane5	O5P1LANE	4328	80 ms	Esitus	Eemalda
5	Õpilane6	O6P1LANE	4329	112 ms	Esitus	Eemalda
6	Õpilane7	O7P1LANE	4330	103 ms	Esitus	Eemalda
7	Õpilane8	O8P1LANE	4331	95 ms	Esitus	Eemalda
8	Õpilane9	O9P1LANE	4332	89 ms	Esitus	Eemalda
9	Õpilane10	O10P1LANE	4333	65 ms	Esitus	Eemalda
10	Õpilane11	O11P1LANE	4334	70 ms	Esitus	Eemalda
11	Õpilane12	O12P1LANE	4335	55 ms	Esitus	Eemalda
12	Õpilane13	O13P1LANE	4336	110 ms	Esitus	Eemalda
13	Õpilane14	O14P1LANE	4337	85 ms	Esitus	Eemalda

Joonis 7. Harjutuse vaade

6.2.3 Kasutajate vaade

Kasutajate vaade annab õppejõule ülevaate kõigist kursuse osalejatest, kes on vähemalt ühe kodutöö esitanud (vt joonis 8). Kasutaja vaates kuvatakse iga kasutaja pseudonüüm ja nimi, võimaldades õppejõul vajadusel pseudonüümi muuta. Lisaks saab igale kasutajale määrata keelud, mis takistavad neil boonuspunkte teenimast, keelu lisamisel tekib neile keeldude lahtrisse nimekiri keelatud harjutustest. Keeldude lisamisel on kohustuslik lisada igale keelatud harjutusele keelu põhjus (vt joonis 9). Kui kasutajale tuleb rakendada keeld kõigile harjutustele, kuvatakse see punase värviga ning tekstiks on üldkeelu põhjus. See funktsionaalsus võimaldab õppejõul kiiresti rakendada piiranguid õppijatele, kes on rikkunud reegleid, tagades aususe ja läbipaistvuse hindamissüsteemis. Kasutajate vaate selge struktuur toetab tõhusat haldust, isegi suurema osalejate arvu korral.

Kursus			Ülevaade	Kasutajad	Seaded	Kasutaja: Jens Jaagup Jäger
Kasutajad						
Pseudonüüm		Nimi	Keelud			
JUH1ND4JA	<input type="button" value="Muuda"/>	Juhendaja1	<input type="button" value="Keela"/>			
JUH2ND4JA	<input type="button" value="Muuda"/>	Juhendaja2	<input type="button" value="Keela"/>			
O1P1LANE	<input type="button" value="Muuda"/>	Õpilane1	<input type="button" value="Keela"/> harjutus4 harjutus6			
O2P1LANE	<input type="button" value="Muuda"/>	Õpilane2	<input type="button" value="Keela"/>			
O3P1LANE	<input type="button" value="Muuda"/>	Õpilane3	<input type="button" value="Keela"/> Üldkeelu põhjus			

Joonis 8. Kasutajate vaade

Kursus			Ülevaade	Kasutajad	Seaded	Kasutaja: Jens Jaagup Jäger
Kasutajad						
Pseudonüüm		Nimi	Keelud			
JUH1ND4JA	<input type="button" value="Muuda"/>	Juhendaja1	<input type="button" value="Keela"/>			
JUH2ND4JA	<input type="button" value="Muuda"/>	Juhendaja2	<input type="button" value="Keela"/>			
O1P1LANE	<input type="button" value="Muuda"/>	Õpilane1	<input type="button" value="Keela"/> harjutus4 harjutus6			
O2P1LANE	<input type="button" value="Muuda"/>	Õpilane2	<input type="button" value="Keela"/>			
O3P1LANE	<input type="button" value="Muuda"/>	Õpilane3	<input type="button" value="Keela"/> Üldkeelu põhjus			

Keelud

- HARJUTUS1 Põhjus
- HARJUTUS2 Põhjus
- HARJUTUS3 Põhjus
- HARJUTUS4 Harjutus4 keelu põhjus
- HARJUTUS5 Põhjus
- HARJUTUS6 Harjutus6 keelu põhjus
- HARJUTUS7 Põhjus
- HARJUTUS8 Põhjus
- Keela Kõik Põhjus

Joonis 9. Kasutajate keeldude modaalaken (ingl *modal window*)

6.2.4 Seadete vaade

Seadete vaade annab õppejõule täieliku kontrolli veebiserveri oluliste seadete üle, võimaldades teha vajalikke muudatusi vastavalt kursuse vajadustele (vt joonis 10). Vaates saab määrata veebiaadressi, mis ühendub kommunikatsiooniplatvorm Slack rakendusliitega, võimaldades õppejõududel saada teavitusi edetabeli aktiivsetest muudatustest. Lisaks sisaldab vaade andmete kustutamise funktsionaalsust, kus õppejõul on võimalus eemaldada õpilaste kasutajad, ülesannete esitused ja jututoa sõnumid. Kursuse kustutamisel eemaldatakse alati kõik esitused (vt joonis 11). Andmete kustutamise toimingut peab kinnitama, sisestades teksti „KUSTUTA“. See on vajalik, et vältida juhuslikku andmekao tekkimist. Seadete vaade on loodud intuiitseks ja turvaliseks, pakkudes õppejõule kiiret juurdepääsu olulistele funktsioonidele.

Kursus Ülevaade Kasutajad Seaded Kasutaja: Jens Jaagup Jäger

Seaded

Teavituste URL-i muutmine

https://app.slack.com/client/XXXXXXXX/XXXXXXXX

Muuda

Andmete kustutamine

Õpilaste Kasutajad
 Ülesannete Esitused
 Jututuba

Kirjutage 'KUSTUTA' Kustuta

Joonis 10. Seadete vaade aktiveeritud kursusel

Kursus Ülevaade Kasutajad Seaded Kasutaja: Jens Jaagup Jäger

Seaded

Teavituste URL-i muutmine

https://app.slack.com/client/XXXXXXXX/XXXXXXXX

Muuda

Uue kursuse aktiveerimine

Vali andmed, mida kustutada

Õpilaste Kasutajad
 Ülesannete Esitused (kustutatakse alati)
 Jututuba

Kirjutage 'KUSTUTA' Aktiveeri kursus

Joonis 11. Seadete vaade mitteaktiivsel kursusel

6.3 Ligipääsuta vaated

Veebirakenduse sisselogimata vaade on minimalistlik ja selge, pakkudes kasutajale ühemõttelist teavet juurdepääsu kohta (vt joonis 12). Kui kasutaja ei ole Moodle'i kaudu autentunud, kuvatakse teade: „Logige sisse Moodle keskkonda.“ See selgitab, et juurdepääs rakendusele eeldab Moodle'i autentimist.

Kui kasutajal puudub juurdepääsuõigus konkreetsele kursusele või vaatele, esitatakse teade: „Teil puudub õigus seda lehte näha.“ (vt joonis 13) See tagab, et juurdepääs on piiratud ning juurdepääs on ainult volitatud kasutajatele, kaitstes sellega kursuse sisu ja funktsionaalsust.

Logige sisse Moodle keskkonda, et näha seda lehte.



Joonis 12. Sisselogimata vaade

Kursus

Teil puudub õigus seda lehte näha.

Kasutaja:
Jens Jaagup Jäger



Joonis 13. Juurdepääsuõiguseta vaade

7. Testimine

Yi Zhao jt [31] on kirjutanud, et testimine on oluline protsess tarkvaraarenduses, kuna see on seotud tarkvaratoote kvaliteedi, töökindluse ja kasutajakogemuse ülevaatega. Tarkvara kvaliteet on määrav tegur, mis mõjutab nii kasutajate rahulolu kui ka süsteemi toimivust. Tema sõnul võib madala kvaliteediga tarkvara põhjustada tõsiseid probleeme, alates kasutajakogemuse halvenemisest kuni kriitiliste süsteemi riketeni. Seetõttu on testimine oluline vahend tarkvara kvaliteedi tagamisel.

Kasutajasõbralikkuse testimiseks viidi läbi mitmeid katseid erinevatel seadmetel ja ekraanisuurustel, sealhulgas lauarvutil, sülearvutil ja mobiilil. Testimist täiendas Google Chrome veebilehitseja poolt Developer Tool, mis võimaldas ekraanisuurust muuta virtuaalselt erinevateks seadmeteks. Sellele lisaks kontrolliti rakendust Chrome, Firefox ja Edge veebilehitsejates. Samuti testisid veebiserverit kursuse õppejõud, kes andsid otsest tagasisidet. Nende soovitude põhjal täiustati veebidisaini ja parendati kasutajakogemust.

Arendusprotsessi käigus testiti süsteemi pidevalt, tagamaks iga funktsionaalsuse töökindlust. Kokku testiti töökindluse tagamiseks iga võimalik kasutajategevus veebiserveris käsitsi, et veenduda nende korrektse toimimises. LTI tööriista testimine viidi läbi spetsiaalsel testkursusel, kus katsetati Moodle'i kursuse ja veebiserveri ühendust LTI abil, tagades, et autentimine ja autoriseerimine toimiksid tõrgeteta. Testkursus võimaldas mugavalt kontrollida LTI Advantage teenuseid, nagu Names and Role Provisioning Services (NRPS) ja Assignment and Grade Services (AGS). Kuna tegemist oli eraldiseisva testkeskkonnaga, sai kõiki funktsioone ja seadistusi turvaliselt katsetada, mõjutamata aktiivseid kursusi. Moodle võimaldab kursuse administraatorina lülitada ennast ajutiselt teisse rolli, seega oli võimalik kergelt kontrollida mõlema rolli töökindlust.

Iga suurema funktsionaalsuse arendamise ja integreerimise järel viidi need üle aktiivsele Tartu Ülikooli kursusele juurutamisega (ingl *deployment*), kus rakendus on olnud kasutusel peaaegu kaks semestrit, töötades selle aja jooksul tõrgeteta.

8. Võimalikud edasiarendused

Edasistes arendusversioonides võiks rakendusse integreerida täiustatud teavitussüsteemi, mis hõlmab õppejõudude teavitamise kõrval ka õpilaste teavitamist. Näiteks võiks iga õppija saada valida, kas ta eelistab teavitust e-posti või Slack'i kaudu, kui keegi ületab tema tulemuse. Selline lähenemine looks reaalses konkurentsi- ja eneseületuse tunnet, pakkudes õppijatele vahetut tagasisidet nende edusammude kohta. Lisaks võimaldaks see õppijatel paremini jälgida oma positsiooni võrreldes teistega, soodustades motivatsiooni kasvu ning suurendades nende kaasatust ja aktiivsust.

Õppejõud on näidanud huvi lisada edetabelitesse nähtavad positsiooni muutuse indikaatorid. Iga õppija rida edetabelis võiks sisaldada noolt ning numbrit, mis näitks võrreldes eelmise sünkroniseerimisega, mitu kohta edetabelis on tema positsioon tõusnud, langenud või hoopis püsinud samal kohal. See annaks õppejõule kohese ülevaate, kelle sooritus on viimase aja jooksul silmapaistvalt paranenud ning keda võib olla vaja eraldi motiveerida või aidata. Positsioonimuutuste visuaalne väljatoomine aitaks kiirelt tuvastada õppijate arengut tervikuna.

Veebirakenduse kasvades muutub käsitsi testimine järjest keerulisemaks ja aeganõudvamaks. Seetõttu on automaatsete testide loomine oluline samm, mis võimaldab tagada paremini süsteemi stabiilsuse ja funktsionaalsuse ka edasises arengus. Automaattestid võimaldavad korrapäraselt kontrollida rakenduse erinevaid osi, vähendades inimlike eksimuste võimalust ning võimaldades kiiret vigade avastamist ja parandamist. See suurendab arendusprotsessi efektiivsust ning aitab hoida tarkvara kvaliteeti keerukamate muudatuste korral.

Lisaks funktsionaalsusele väärriks tähelepanu rakenduse visuaalse kujunduse edasiarendus, et liides muutuks visuaalselt veelgi kaasahaaravamaks. Näiteks võiks lisada sujuvad ülemineku-animatsioonid, millega harjutuse nupu või tabeli laadimine tunduks loomulikum. Elementidele, nagu tabelid ja harjutuse nupud, sobiks kerge varjund (ingl *box-shadow*), mis aitaks silmal eristada elemendid tagaplaanist, mistõttu suundub tähelepanu olulisemale sisule. Samuti oleks kasulik pakkuda kasutajale heledat ja tumedat režiimi, et igäüks saaks veebirakenduse vaateid kohandada enda eelistustele vastavaks.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli täiustada veebirakendust, mis toetab Tartu Ülikooli kursuste „Algoritmid ja andmestruktuurid“ (LTAT.03.005) ning „Programmeerimine II“ (LTAT.03.007) boonuspunktide süsteemi. Arendus keskendus Moodle'i õpiahaldus-süsteemiga integreeruva mooduli loomisele, kasutades Learning Tools Interoperability (LTI) standardit, mis tagab turvalise autentimise ja andmevahetuse Moodle'i ja rakenduse vahel.

Töö raames määratleti funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded, mis aitasid suunata rakenduse arendust ning tagasid rakenduse vastavuse kasutajate ootustele. Funktsionaalsete nõuete hulka kuulusid kasutajate haldamine boonuspunktide süsteemi raames, boonuspunktide hinnete automatiseerimine ja edetabelite vaadete tegemine. Mittefunktsionaalsete nõuetena rõhutati süsteemi kasutajasõbralikkust, töökindlust ja turvalisust.

Rakenduse arendamisel kasutati Pythoni koos veebiraamistikuga AIOHTTP, serveripoolset mallisüsteemi Jinja ning andmebaasihaldussüsteemi PostgreSQL. Need tehnoloogiad valiti nende paindlikkuse ja sobivuse tõttu veebirakenduse arendamiseks.

LTI integreerimise peatükk keskendus LTI arhitektuurile ning kuidas tööriista ühendada Moodle'iga, hõlmates nii LTI 1.3 kui ka LTI Advantage teenuste rakendamist. LTI tööriista registreerimine ja paigutamine Moodle'i kursusele võimaldas õppejõududel ja tudengitel tööriista kasutada vastavalt nende rollile. Täpsemalt kasutati rakenduse arendamises PyLTI1p3 teeki.

Andmebaasi disain tagas andmete terviklikkuse ja sujuva haldamise. Andmebaasi disainis kasutati relatsioonilist mudelit, kus määratleti kõik tabelid ja nendevahelised seosed.

Rakenduse ülesehitus hõlmas mitmeid vaateid: üldvaadet, harjutuse vaadet, kasutajate vaadet ja seadete vaadet. Iga vaade töötati välja kasutajasõbralikkuse põhimõtetest lähtudes.

Testimine keskendus rakenduse kasutajasõbralikkusele ja töökindlusele. Testid tehti erinevatel seadmetel ja veebilehitsejates, tagades selle sobivuse erinevatele kasutajatele. Tööriist on juba aktiivses kasutuses ja seni pole ilmnenud probleeme.

Võimalike edasiarendustena pakutakse välja täiustatud teavitussüsteemi lisamine, mis hõlmaks õppejõude ja õppijaid, edetabelitele positsiooni muutuse indikaatorite lisamist, automaat-testide rakendamist ning visuaalse kujunduse edasiarendust.

Kasutatud kirjandus

- [1] Cybernetica AS. Andmekaitse ja Infoturbe Portaali. <https://akit.cyber.ee/> (15.05.2025)
- [2] Vallaste H. e-Teatmik: IT ja sidetehnika seletav sõnaraamat. <http://www.vallaste.ee/index.asp> (15.05.2025)
- [3] Panigrahi, S. K. (2024). Requirements Engineering — A Comprehensive Manual. Medium. <https://medium.com/@sanjaya.panigrahi/requirements-engineering-a-comprehensive-manual-519ee915d3ed> (15.05.2025)
- [4] Tepandi J. Tarkvara protsessid ja kvaliteet. 2024. <https://tepani.ee/tks-loeng.pdf> (15.05.2025)
- [5] ELHejazi, M. F., & Muragaa, W. H. A. (2024). Improving the Security and Reliability of SDN Controller REST APIs Using JSON Web Token (JWT) with OpenID and auth2.0. 2024 IEEE 4th International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA), 398–402. <https://doi.org/10.1109/MI-STA61267.2024.10599643>
- [6] Khatri, S. K., Rana, A., Kapur, P. K., & Amity Institute of Information Technology (Toim). (2019). 2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence - (AICAI'19): February 4-6, 2019: venue: Amity University Dubai, Dubai International Academic City: proceedings. IEEE.
- [7] TIOBE Index. TIOBE. <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (15.05.2025)
- [8] asyncio — Asynchronous I/O. (s.a.). Python Documentation. <https://docs.python.org/3/library/asyncio.html> (15.05.2025)
- [9] Welcome to AIOHTTP — aiohttp 3.11.14 documentation. <https://docs.aiohttp.org/en/stable/index.html> (15.05.2025)
- [10] Third-Party libraries — aiohttp 3.11.14 documentation. https://docs.aiohttp.org/en/stable/third_party.html (15.05.2025)
- [11] Introduction—JinjaDocumentation(3.1.x). <https://jinja.palletsprojects.com/en/stable/intro/> (15.05.2025)
- [12] Frequently Asked Questions — Jinja Documentation (3.1.x). <https://jinja.palletsprojects.com/en/stable/faq/> (15.05.2025)
- [13] PostgreSQL: About. <https://www.postgresql.org/about/> (15.05.2025)

- [14] Conrad, A. (2021). Database of the Year: Postgres. *IEEE Software*, 38(5), 130–132. <https://doi.org/10.1109/MS.2021.3089730>
- [15] Learning Tools Interoperability | 1EdTech. <https://www.1edtech.org/standards/lti> (15.05.2025)
- [16] About 1EdTech | 1EdTech. <https://www.1edtech.org/about/1edtech> (15.05.2025)
- [17] Learning Tools Interoperability Core Specification 1.3 | IMS Global Learning Consortium. <https://www.imsglobal.org/spec/lti/v1p3> (15.05.2025)
- [18] Security Framework | 1EdTech. <https://www.1edtech.org/standards/security-framework> (15.05.2025)
- [19] Darwish, M., & Ouda, A. (2015). Evaluation of an OAuth 2.0 protocol implementation for web server applications. 2015 International Conference and Workshop on Computing and Communication (IEMCON), 1–4. <https://doi.org/10.1109/IEMCON.2015.7344461>
- [20] Hsu, C.-H., & Teng, W.-C. (2024). A Study on the Vulnerabilities of Openid Connect Based Federated Authentication System for Registration Data Access Protocol. 2024 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC), 214–218. <https://doi.org/10.1109/ICMLC63072.2024.10935039>
- [21] Viskov, D. (2025). `dmitry-viskov/pylti1.3` [Python]. <https://github.com/dmitry-viskov/pylti1.3> (15.05.2025)
- [22] LTI Advantage Overview | IMS Global Learning Consortium. <https://www.imsglobal.org/lti-advantage-overview> (15.05.2025)
- [23] LTI Advantage FAQ | IMS Global Learning Consortium. <https://www.imsglobal.org/lti-advantage-faq> (15.05.2025)
- [24] Learning Tools Interoperability Names and Role Provisioning Services Version 2.0 | IMS Global Learning Consortium. <https://www.imsglobal.org/spec/lti-nrps/v2p0> (15.05.2025)
- [25] Learning Tools Interoperability Assignment and Grade Services Version 2.0 | IMS Global Learning Consortium. <https://www.imsglobal.org/spec/lti-ags/v2p0/> (15.05.2025)
- [26] Learning Tools Interoperability (LTI)® Deep Linking 2.0 | IMS Global Learning Consortium. <https://www.imsglobal.org/spec/lti-dl/v2p0> (15.05.2025)
- [27] Publish as LTI tool - MoodleDocs. https://docs.moodle.org/500/en/Publish_as_LTI_tool (15.05.2025)

- [28] External tool - MoodleDocs. https://docs.moodle.org/401/en/External_tool (15.05.2025)
- [29] Mastering Database Design: An Ultimate Guide. GeeksforGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/database-design-ultimate-guide/> (15.05.2025)
- [30] Pei Yan & Jiao Guo. (2010). The research of Web usability design. 2010 The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE), 480–483. <https://doi.org/10.1109/ICCAE.2010.5451619>
- [31] Zhao, Y., Hu, Y., & Gong, J. (2021). Research on International Standardization of Software Quality and Software Testing. 2021 IEEE/ACIS 20th International Fall Conference on Computer and Information Science (ICIS Fall), 56–62. <https://doi.org/10.1109/ICISFall51598.2021.9627426>

Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Jens Jaagup Jäger**

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose **Võistlusserveri integreerimine Moodle'iga**, mille juhendajad on **Juhan Oskar Hennoste** ja **Ahti Põder**, 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.

Jens Jaagup Jäger

15.05.2025