

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**

INSENERITEADUSKOND

Virumaa kolledž

Haridusasutuste protsesside automatiseerimissüsteemi väljatöötamine

Development of a Process Automation System for Educational Institutions

Õppeasutuste protsesside automatiseerimine

**Automation of Processes in Educational Institutions**

ÄRIINFOTEHNOLOOGIA ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Anton Buketov

Üliõpilaskood: 232203IABM

Juhendaja: Oleg Švets (?), lektor, programmijuht (Arukad süsteemid ja rakendusinfotehnoloogia)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks[[1]](#footnote-1)

Mina Anton Buketov (sünnikuupäev: 08.04.1995)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose , mille juhendaja on Oleg Švets,
   1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
   2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# SISUKORD

[SISUKORD 4](#_Toc194159654)

[1. Sissejuhatus 7](#_Toc194159655)

[2. HARIDUSASUTUSTE PROTSESSIDE AUTOMATISEERIMISE TAUST 9](#_Toc194159656)

[2.1 Automatiseerimine hariduses: eesmärgid ja mõju 9](#_Toc194159657)

[2.2 Automatiseerimise olemus ja olulisus haridusasutustes 10](#_Toc194159658)

[2.2.1 Protsesside automatiseerimine 10](#_Toc194159659)

[2.2.2 Andmevoogude automatiseerimine 11](#_Toc194159660)

[2.2.3 Otsuste automatiseerimine 12](#_Toc194159661)

[2.2.4 Kommunikatsiooni automatiseerimine 12](#_Toc194159662)

[2.3 Rahvusvahelised standardid haridusasutuste juhtimisel 13](#_Toc194159663)

[2.3.1 ISO 21001: Rahvusvaheline standard haridusasutuste juhtimiseks 13](#_Toc194159664)

[2.3.2 ISO/IEC 27001: Infoturbe rahvusvaheline standard 14](#_Toc194159665)

[2.3.3 ISO 30401 analüüs haridusasutuste protsesside automatiseerimisel 15](#_Toc194159666)

[2.3.4 Ühine lähenemine ja seosed 18](#_Toc194159667)

[2.4 Kaasaegsed probleemid ja väljakutsed 18](#_Toc194159668)

[2.4.1 Digitaalne transformatsioon ja automatiseerimine haridusasutustes 18](#_Toc194159669)

[2.4.2 Automatiseerimise väljakutsed haridusasutustes 19](#_Toc194159670)

[2.4.3 Küberturvalisuse ja andmekaitse väljakutsed: 19](#_Toc194159671)

[2.4.4 Teadmiste haldamine ja dokumentatsiooni automatiseerimine 20](#_Toc194159672)

[2.4.5 Organisatsioonilised ja kultuurilised barjäärid 21](#_Toc194159673)

[2.4.6 Tulevikuväljakutsed ja lahendused 23](#_Toc194159674)

[3. AUTOMAATIKA METOODIKA JA UURIMISRAAMISTIK 24](#_Toc194159675)

[3.1 Üldine metoodiline raamistik 24](#_Toc194159676)

[3.2 Uurimismeetodid ja andmekogumine 29](#_Toc194159677)

[3.3 Andmete analüüs ja valideerimismeetodid 30](#_Toc194159678)

[3.3.1 Küsitluse analüüs 30](#_Toc194159679)

[3.4 Küsitluse tulemuste seos teoreetilise analüüsiga 34](#_Toc194159680)

[3.5 Olemasolevate lahenduste analüüs 36](#_Toc194159681)

[3.5.1 Raamastiku loomine 36](#_Toc194159682)

[3.5.2 Hindamiskriteeriumid 37](#_Toc194159683)

[3.5.3 Süsteemi kasutusstsenaariumid 37](#_Toc194159684)

[3.5.4 Tahvel 38](#_Toc194159685)

[3.5.5 Stuudium 39](#_Toc194159686)

[3.5.6 Ekool 41](#_Toc194159687)

[3.5.7 Süsteemide võrdlev analüüs 43](#_Toc194159688)

[3.6 Rakenduse MVP nõuded 44](#_Toc194159689)

[3.6.1 Funktsionaalsed nõuded 45](#_Toc194159690)

[3.6.2 Mittefunktsionaalsed nõuded 46](#_Toc194159691)

[4. VEEBIRAKENDUSE ARENDUS JA TEOSTUS 47](#_Toc194159692)

[4.1 MVP arhitektuuri kavandamine 47](#_Toc194159693)

[4.1.1 Miks valida veebirakendus? 47](#_Toc194159694)

[4.1.2 Projektistruktuur ja kaustade jaotus 47](#_Toc194159695)

[4.1.3 Frontend 49](#_Toc194159696)

[4.1.4 Backend 49](#_Toc194159697)

[4.1.5 Andmebaas 50](#_Toc194159698)

[4.1.6 Kohaloleku jälgimise mehhanism 52](#_Toc194159699)

[4.1.7 Õppetundide halduse optimeerimine AJAX-i abil 53](#_Toc194159700)

[4.2 Veebirakenduse arenduse etapid 54](#_Toc194159701)

[4.3 Testimine ja tulemuste hindamine 56](#_Toc194159702)

[4.3.1 Võrdluse metoodika 56](#_Toc194159703)

[4.3.2 MVP tugevused võrreldes olemasolevate lahendustega. 56](#_Toc194159704)

[5. UURIMUSTÖÖ TULEMUSED JA ANALÜÜS 58](#_Toc194159705)

[5.1 Uurimustulemused ja nende tõlgendamine 58](#_Toc194159706)

[5.2 Rakenduse praktiline väärtus haridusasutustes 58](#_Toc194159707)

[5.3 Rakenduse edasised arendusvõimalused 58](#_Toc194159708)

[6. Kokkuvõte 59](#_Toc194159709)

[6.1 Allikad: 60](#_Toc194159710)

Lühendite ja tähiste loetelu

|  |  |
| --- | --- |
| ISO | International Organization for Standardization |
| ISO 21001 | Educational organizations management systems |
| ISO/IEC 27001 | Information Security Management System |
| ISO 30401 | Knowledge Management Systems Standard |
| MVP | Minimum Viable Product |
| GDPR | |  | | --- | | General Data Protection Regulation | |
| LMS | Learning Management System |
| API | Application Programming Interface |
| SQL | Structured Query Language |
| UI | User Interface |
| UX | User Experience |
| Management system |  |
| policy |  |
| educational organization |  |
| PDCA | Plan Do Check Act |
| KMS | Knowledge Management Systems |
| SPA | Single Page Application |
| 2FA | **Two-Factor Authentication**, |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# Sissejuhatus

Tänapäeva haridusasutused seisavad silmitsi mitmete väljakutsetega, mis tulenevad globaliseerumisest, digitaliseerimisest ning kasvavatest nõudmistest huvigruppide poolt. Need probleemid hõlmavad käsitsi tehtava töö suurt osakaalu, dubleeritud andmesisestust ning puudulikku koostalitlusvõimet olemasolevate süsteemide vahel, mis mõjutavad negatiivselt tõhusust, kvaliteeti ja jätkusuutlikkust. Lisaks sellele on andmekaitse ja infoturbe tagamine muutumas järjest olulisemaks, kuna need valdkonnad mängivad otsustavat rolli protsesside usaldusväärsuse ja läbipaistvuse tagamisel.

**Käesoleva magistritöö eesmärk** on analüüsida haridusasutuste protsesside automatiseerimise võimalusi ning pakkuda välja praktilisi lahendusi, mis põhinevad rahvusvahelistel standarditel (ISO 21001, ISO/IEC 27001 ja ISO 30401), olemasolevate lahenduste analüüsil ning haridusasutuste töötajate vajaduste kaardistamisel. Töö keskendub sellele, kuidas automatiseerimine aitab lahendada haridusasutuste ees seisvaid probleeme, nagu dubleeritud tööprotsessid, ebaefektiivsed töövood ja puudulik andmekaitse.

Uurimistöö raames viiakse läbi põhjalik analüüs olemasolevatest automatiseeritud lahendustest ning nende tugevustest ja nõrkustest. Lisaks kasutatakse empiirilist andmekogumist, sealhulgas küsitlust, et mõista haridusasutuste töötajate kogemusi ja ootusi protsesside automatiseerimise osas.

Töö praktilise väljundina arendatakse minimaalne elujõuline toode (MVP), mis hõlmab integreeritud ja kasutajasõbralikku lahendust haridusasutuste vajaduste täitmiseks. MVP eesmärk ei ole pelgalt kasutajaliidese optimeerimine, vaid ka kohaloleku jälgimise ja andmete automatiseerimise lahenduste rakendamine. Rakendus võimaldab näiteks õpetajatel ja kooli administraatoritel jälgida õpilaste kohalolekut, genereerida aruandeid ning vähendada käsitsi sisestatavate andmete hulka, tagades samas infoturbe ja vastavuse rahvusvahelistele standarditele.

Töö tulemuste põhjal tehakse järeldused automatiseerimise mõjust haridusasutuste töövoogude efektiivsusele ning määratakse kindlaks võimalikud edasised arendussuunad, mis võivad hõlmata täiendavaid funktsioone, nagu tehisintellektil põhinev analüütika või andmevahetuse parandamine olemasolevate süsteemidega.

Töö metoodika hõlmab mitmekülgset lähenemist, kasutades nii kvalitatiivseid kui ka kvantitatiivseid uurimismeetodeid:

* **Kvalitatiivsed** meetodid hõlmavad olemasolevate automatiseeritud lahenduste võrdlust haridusasutustes. Analüüsitakse ka rahvusvaheliste standardite (ISO 21001, ISO/IEC 27001 ja ISO 30401) rakendusvõimalusi, et hinnata nende rolli haridusprotsesside tõhustamisel ja turvalisuse tagamisel.
* **Kvantitatiivsed** meetodid keskenduvad arvuliste andmete kogumisele ja analüüsimisele, kasutades struktureeritud küsitlusi ja statistilisi meetodeid. Kogutud andmete põhjal hinnatakse töötajate tehnoloogilist valmisolekut ja automatiseerimise mõju töövoogude efektiivsusele ning andmekaitsele.

Magistritöö jaguneb järgmisteks osadeks:

* **Haridusasutuste protsesside automatiseerimise taust** – käsitletakse automatiseerimise tähtsust ja mõju haridusasutustele.
* **Rahvusvaheliste standardite rakendusvõimaluste analüüs** – analüüsitakse ISO 21001, ISO 30401 ja ISO/IEC 27001 standardite rakendatavust haridussektoris..
* **Kasutajavajaduste analüüs ja olemasolevate lahenduste hindamine** – kaardistatakse töötajate ootused ja probleemid ning hinnatakse olemasolevaid lahendusi.
* **Minimaalse elujõulise toote (MVP) arendus, arhitektuur ja turvalisuse rakendamine** – kirjeldatakse arenduse tehnilisi lahendusi, sealhulgas süsteemi arhitektuuri, kasutajaliidese disaini ja infoturbe tagamist.
* **Prototüübi testimine ja tulemuste hindamine** – viiakse läbi testimised ning analüüsitakse tulemusi.
* **Uurimistulemuste analüüs ja praktilised järeldused** – hinnatakse MVP mõju haridusasutuste protsessidele ja tehakse soovitused edasiseks arenduseks.
* **Kokkuvõte ja töö väärtuse hindamine** – võetakse kokku töö peamised järeldused ja nende rakendatavus.

# HARIDUSASUTUSTE PROTSESSIDE AUTOMATISEERIMISE TAUST

## Automatiseerimine hariduses: eesmärgid ja mõju

**Automatiseerimine haridusasutustes tähendab tehnoloogiliste lahenduste rakendamist, et vähendada õpetajate, administraatorite ja tugipersonali käsitsi tehtava töö hulka korduvates ja rutiinsetes ülesannetes.** See hõlmab nii tarkvaralahendusi, mis optimeerivad õppe- ja haldusprotsesse, näiteks õpilaste kohaloleku registreerimist, õppetulemuste haldamist ning dokumentide ja aruannete koostamist, kui ka süsteeme, mis parandavad andmevahetust ja koostööd erinevate osapoolte vahel. Automatiseerimine võimaldab suurendada protsesside efektiivsust, vähendada vigade tekkimise riski ning vabastada haridustöötajate aega keskendumiseks õppetööle ja õppijate toetamisele.

Automatiseerimine haridussüsteemides on kaasa toonud ulatuslikke muutusi koolide, kolledžite ja ülikoolide toimimises, mõjutades nii õpetamist kui ka õppimist. Neil Selwyni ja tema kolleegide uurimus „Digital Technologies and the Automation of Education — Key Questions and Concerns“ analüüsisid, kuidas digitehnoloogiad ja automatiseeritud lahendused muudavad haridussüsteeme. Uurimus keskendub eelkõige sellele, kuidas tehnoloogia vähendab inimeste osalust korduvates ja rutiinsetes ülesannetes, võimaldades koolidel suunata rohkem ressursse õpetamisele ja õpilaste toetamisele (Selwyn et al., 2021, p. 17).

Üks peamisi valdkondi, kus automatiseerimine on end kehtestanud, on administratiivsete ülesannete haldamine. Selwyn et al. (2021) tõdevad, et tehnoloogia abil on võimalik oluliselt lihtsustada selliseid protsesse nagu tunniplaanide koostamine, õpilaste registreerimine ja ressursside haldamine. Need lahendused suurendavad efektiivsust ja vähendavad vigade tekkimise riski, võimaldades haridusasutustel keskenduda oma põhiülesannetele (Selwyn et al., 2021, p. 18). Lisaks administratiivsetele ülesannetele on automatiseerimine muutnud ka õppeprotsesse. Näiteks kasutatakse õppimise haldussüsteeme (LMS), mis automatiseerivad kursuste loomist, ülesannete haldamist ja testide hindamist.Sellised süsteemid mitte ainult ei tõhusta õppetöö korraldust, vaid pakuvad ka õpilastele reaalajas tagasisidet ja aitavad neil paremini oma õppimist juhtida (Selwyn et al., 2021, p. 19).

Andmevoogude haldamine on samuti oluline valdkond, kus automatiseerimine mängib võtmerolli. Andmeid, nagu õpilaste kohalolek, õpitulemused ja ressursside kasutamine, saab automaatselt koguda, analüüsida ja kasutada juhtimisotsuste tegemiseks. Selwyn et al. (2021) märgivad, et see aitab koolidel teha täpsemaid ja ajakohasemaid otsuseid, mis toetavad nii õppeprotsessi kui ka administratiivset juhtimist (Selwyn et al., 2021, p. 18).

Samuti on oluline pöörata tähelepanu otsuste automatiseerimisele. Algoritmid ja tehisintellekti lahendused võimaldavad koolidel teha strateegilisi otsuseid, näiteks ressursside jaotamise või õpilaste õppetöö individuaalse toetamise osas. Selwyn et al. (2021) toovad esile, et sellised lahendused toetavad haridusasutuste pikaajalist planeerimist ja aitavad luua tõhusamaid õppimisvõimalusi (Selwyn et al., 2021, p. 17).

Kommunikatsiooni automatiseerimine on veel üks valdkond, mida Selwyn et al. (2021) käsitlevad. Automaatteavituste ja meeldetuletuste süsteemid lihtsustavad suhtlust koolide, õpilaste ja vanemate vahel, võimaldades õigeaegset teabevahetust ja vähendades võimalikke kommunikatsiooniprobleeme.

Automatiseerimise kategooriad

Eeltoodu põhjal saab automatiseerimise haridussüsteemides jagada järgmisteks kategooriateks:

1. Protsesside automatiseerimine
   1. Administratiivsete protsesside automatiseerimine.
   2. Õppeprotsesside automatiseerimine.
2. Andmevoogude automatiseerimine
   1. Andmete integreerimine.
   2. Andmete analüüs ja aruandlus.
3. Otsuste automatiseerimine
4. Kommunikatsiooni automatiseerimine
5. Finants- ja personalihalduse automatiseerimine

## Automatiseerimise olemus ja olulisus haridusasutustes

Automatiseerimise efektiivsus ja mõju haridusasutustes võib olla nähtav läbi viie olulise kategooria, mis tõid esile selle teema tähtsuse eelmises peatükis (2.1). Need kategooriad - protsesside automatiseerimine, andmevoogude automatiseerimine, otsuste automatiseerimine, kommunikatsiooni automatiseerimine ning finants- ja personalihalduse automatiseerimine - moodustavad tervikliku raamistiku, mille abil on võimalik analüüsida ja mõista automatiseerimise väärtust. Järgnevalt analüüsime neid kategooriaid detailsemalt, et selgitada, miks nad on haridusasutustele kriitilise tähtsusega ning milline on nende mõju erinevatele valdkondadele.

### Protsesside automatiseerimine

Protsesside automatiseerimine on üks olulisemaid samme haridusasutuste tõhususe ja kvaliteedi tõstmiseks. Automatiseerimine vähendab rutiinset ja käsitsi tehtavat tööd, pakkudes tööriistu ja mehhanisme, mis optimeerivad nii administratiivseid kui ka õppeprotsesse. See lähenemine mitte ainult ei lihtsusta juhtimist, vaid ka parandab õpilaste ja töötajate kogemusi, muutes protsessid sujuvamaks ja efektiivsemaks.

**Administratiivsete protsesside automatiseerimine**

Haridusasutustes on administratiivsed protsessid tihti koormavad ja aeganõudvad. Käsitsi tehtav töö, nagu tunniplaanide koostamine, õpilaste registreerimine ja dokumentide haldamine, võib viia vigade ja ebaefektiivsuse suurenemiseni. Administratiivsete protsesside automatiseerimine aitab neid kitsaskohti lahendada, pakkudes järgmisi eeliseid:

* **Tunniplaanide koostamine:** Tunniplaanide automaatne genereerimine vähendab ajakulu ja täiustab ressursside kasutust. Algoritmid võimaldavad optimeerida keerulisi graafikuid, võttes arvesse mitmeid piiranguid ja eelistusi. Uuringus SMPN 1 Jombangi koolis näitas, et automatiseeritud lahendus parandas tunniplaanide koostamise kiirust ja täpsust, vähendades samal ajal õpetajate koormust ja ülelõikeid õppetundides (Prakasa et al., 2024). Algoritm vähendas ajakulu ja manuaalse töö osakaalu ligikaudu **30%**, pakkudes kiiremaid ja vähem konfliktseid tulemusi.
* **Registreerimine ja andmete haldamine:** Automatiseeritud registreerimissüsteemid lihtsustavad õpilaste vastuvõttu, vähendades administratiivset koormust ja võimaldades töötajatel keskenduda strateegilistele ülesannetele. Uuringud on näidanud, et masinõppe ja tehisnärvivõrkude (ANN) kasutamine aitab ennustada õpilaste kursusevalikuid ning toetab kursuste planeerimist ja registreerimisprotsesside optimeerimist (Zawacki-Richter et al., 2019). Lisaks aitavad automatiseeritud otsustusprotsessid paremini prognoosida, millised taotlejad tõenäoliselt õpingutega jätkavad, vähendades vigade esinemist ja dubleerivat andmesisestust (Zawacki-Richter et al., 2019).
* **Ressursside jaotamine**: Automatiseerimine võimaldab efektiivsemalt hallata klassiruume, seadmeid ja muid ressursse, vähendades käsitsi tehtavat tööd ja optimeerides kasutusmäära. Automaatne ressursside haldamine vähendab topeltbroneeringute riski ja parandab kooli varade jaotust. Näiteks klassiruumide ja seadmete broneerimissüsteemid aitavad tagada, et ruumid ja tehnilised vahendid on kasutusel optimaalselt, vältides alakasutamist ja ülekasutamist.
* **Teadete ja meeldetuletuste süsteemid:** Automaatteavituste kasutamine lihtsustab suhtlust kooli töötajate, õpilaste ja lapsevanemate vahel, pakkudes reaalajas informatsiooni ja vähendades kommunikatsiooniprobleeme. Süsteemid saadavad meeldetuletusi eksamite, kodutööde ja koosolekute kohta, aidates õpilastel ja õpetajatel paremini ajaplaneerimist hallata. Lisaks võimaldavad need koolidel kiirelt teavitada kogu koolipere olulistest muudatustest, näiteks ilmastikust tingitud koolipäeva muudatustest või turvalisusega seotud teadetest.

### Andmevoogude automatiseerimine

Andmevoogude automatiseerimine võimaldab haridusasutustel koguda, integreerida ja analüüsida andmeid reaalajas, vähendades käsitsi sisestatavate andmete hulka ning parandades juhtimisotsuseid. Automaatne andmetöötlus vähendab vigade esinemist ja dubleerimist, muutes protsessid tõhusamaks.

* **Andmete integreerimine**: Automaatne andmeintegratsioon võimaldab erinevate infosüsteemide (nt õppehaldussüsteemid, kohaloleku registreerimine ja eksamitulemuste andmebaasid) sünkroniseerimist, vähendades vigade ja dubleerimise riski.
* **Andmete analüüs ja aruandlus**: Automatiseeritud andmeanalüüsi süsteemid võimaldavad koolidel ja ülikoolidel tuvastada õppetrende ja analüüsida õpilaste sooritust. AI-põhised lahendused aitavad varakult tuvastada riskirühma kuuluvaid õppijaid ja ennetada nende väljalangemist. Näiteks kasutas Delen (2011) USA ülikoolis **25 224 üliõpilase** andmeid, et ennustada väljalangemist, rakendades **kunstlikke närvivõrke (ANN), otsustuspuud (DT) ja logistilist regressiooni**. ANN mudel saavutas **81,19% täpsuse**, võimaldades haridusasutustel teha andmepõhiseid otsuseid ja pakkuda sihipärasemat tuge kõrge riskiga õppijatele (Zawacki-Richter et al., 2019).

### Otsuste automatiseerimine

Otsuste automatiseerimine hariduses hõlmab tehisintellekti (AI) ja algoritmide kasutamist juhtimis- ja akadeemiliste otsuste toetamiseks. See aitab vähendada subjektiivsust ja suurendada läbipaistvust erinevates protsessides.

* **Õpilaste hindamine ja personaliseeritud õpiteekonnad**: Automatiseeritud süsteemid saavad analüüsida õpilaste õpitulemusi ja soovitada individuaalseid õpiteid. Näiteks on AI-põhised hindamissüsteemid juba edukalt kasutusel mitmetes ülikoolides, pakkudes täpset ja kiiret hindamist, vähendades õpetajate töökoormust.
* **Automaatne ressursside jaotamine**: Koolid kasutavad AI-d, et planeerida tunniplaane, jagada klassiruume ja optimeerida õpetajate töökoormust. Sellised süsteemid võimaldavad ennetada ressursside raiskamist ja parandada koolide haldust.
* **Akadeemiliste otsuste toetamine**: Õpilaste käitumisandmete analüüs võimaldab AI-l tuvastada varajasi märke akadeemilistest raskustest ja anda koolidele soovitusi sekkumiseks, et vähendada väljalangemist.

### Kommunikatsiooni automatiseerimine

Kommunikatsiooni automatiseerimine parandab teabevahetust haridusasutustes, võimaldades kiiret ja tõhusat suhtlust õpetajate, õpilaste ja lapsevanemate vahel.

* **Automaatteavitused ja meeldetuletused**: Teavitussüsteemid saadavad automaatselt sõnumeid kooli oluliste teadete, eksamite, kodutööde ja koosolekute kohta. See aitab vähendada teabe kadumist ja parandada kooli ning lapsevanemate koostööd.
* **Chatbotid ja AI-põhised assistendid**: Koolid kasutavad chatbote, et vastata korduma kippuvatele küsimustele, nagu tunniplaanid, hindamiskriteeriumid ja eksamiajad. See vähendab administratiivse personali töökoormust ja parandab kasutajate kogemust
* **Automatiseeritud tagasisidesüsteemid**: Õpilased ja vanemad saavad kohandatud tagasisidet õpitulemuste ja edusammude kohta, mis aitab paremini mõista haridusteed ja vajadusi

## Rahvusvahelised standardid haridusasutuste juhtimisel

### ISO 21001: Rahvusvaheline standard haridusasutuste juhtimiseks

ISO 21001 on rahvusvaheline standard, mis on välja töötatud haridusasutuste juhtimissüsteemide jaoks, et parandada nende tõhusust ja suurendada õpikogemuse kvaliteeti. Standard põhineb ISO 9001 kvaliteedijuhtimissüsteemil, kuid on kohandatud spetsiaalselt haridusvaldkonna vajadustele, rõhutades õppijakeskset lähenemist ja pidevat täiustamist.

**ISO 21001 eesmärgid ja põhiprintsiibid**

ISO 21001 keskendub sellele, kuidas haridusasutused saavad pakkuda järjepidevalt kvaliteetseid õppeprogramme ja teenuseid, võttes arvesse kõikide sidusrühmade vajadusi. Standardi põhieesmärgid on:

* Õppijate ja teiste huvigruppide vajaduste ja ootuste parem mõistmine.
* Organisatsiooniliste protsesside süstemaatiline täiustamine PDCA tsükli abil.
* Ressursside tõhus haldamine ja läbipaistvuse suurendamine.
* Inklusiivse ja õiglase hariduse tagamine, sealhulgas õppijate individuaalsete vajaduste arvestamine.
* Innovatsiooni ja teadus- ning arendustegevuse toetamine haridussüsteemis.

Standardi rakendamisel on võtmetähtsusega **õppijakeskne lähenemine**, mis tähendab, et haridusasutused peavad pidevalt hindama ja parendama oma õppekavu ning õppeprotsesse vastavalt õppijate vajadustele ja tagasisidele.

**ISO 21001 ja automatiseerimine haridusasutustes**

ISO 21001 järgimine võib olla keeruline, kui puuduvad tõhusad tööriistad andmete kogumiseks, analüüsimiseks ja otsuste tegemiseks. Seetõttu on haridusasutustes oluline rakendada automatiseeritud lahendusi, mis toetavad standardi nõudeid, näiteks:

* Õppeinfosüsteemid (LMS, näiteks Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams) – võimaldavad hallata õppekavasid, õppematerjale ja suhtlust õppijatega.
* Andmeanalüüsi tööriistad (Power BI, Tableau) – aitavad jälgida õpitulemusi ja tuvastada parendusvõimalusi.
* Automatiseeritud tagasisidesüsteemid – võimaldavad õppijatel ja õpetajatel anda pidevat tagasisidet õppetöö kvaliteedi kohta.
* Töövoogude automatiseerimine – lihtsustab administratiivseid protsesse, näiteks dokumentide haldamist ja kursuste registreerimist.

**ISO 21001 nõuded haridusasutuste juhtimissüsteemidele**

ISO 21001 rakendamine eeldab haridusasutustelt järgmiste tingimuste täitmist:

1. Õppijate ja teiste sidusrühmade vajaduste analüüs – haridusasutused peavad pidevalt hindama, kas nende õppekavad ja teenused vastavad õppijate ja tööturuga seotud nõudmistele.
2. Struktureeritud ja dokumenteeritud protsessid – kõik haridusasutuse põhitegevused peavad olema selgelt kirjeldatud ja jälgitavad.
3. Järjepidev kvaliteedikontroll ja täiustamine – tuleb kasutada mõõdikuid ja andmeanalüüsi meetodeid, et hinnata hariduse kvaliteeti ja teha vajalikke parendusi.
4. Huvigruppide kaasamine otsustusprotsessidesse – õppijate, õpetajate ja teiste sidusrühmade tagasiside tuleb regulaarselt koguda ja arvesse võtta.
5. Õiglane ja kaasav haridus – kõik õppijad, sealhulgas erivajadustega õppijad, peavad saama võrdse ligipääsu õppetegevustele ja tugiteenustele.

### ISO/IEC 27001: Infoturbe rahvusvaheline standard

ISO/IEC 27001 on rahvusvaheline standard, mis määratleb infoturbe haldamise süsteemi (ISMS – Information Security Management System) nõuded. Selle eesmärk on tagada organisatsioonides, sealhulgas haridusasutustes, teabe konfidentsiaalsus, terviklikkus ja kättesaadavus. Kuna haridusasutused töötlevad suurt hulka tundlikku teavet, sealhulgas õppijate isikuandmeid, õppetulemusi ja finantsandmeid, on infoturbe tõhus haldamine kriitilise tähtsusega.

**ISO/IEC 27001 põhieesmärgid ja põhiprintsiibid**

ISO/IEC 27001 eesmärk on aidata organisatsioonidel:

* Kaitsta tundlikku teavet volitamata juurdepääsu, kadumise või kahjustumise eest.
* Määratleda ja hallata infoturbega seotud riske, sealhulgas võimalikke rünnakuid ja sisemisi ohte.
* Tagada seadusandluse ja regulatiivsete nõuete järgimine, sealhulgas isikuandmete kaitse nõuded (nt GDPR).
* Loobuda manuaalsetest ja ebaturvalistest protsessidest, rakendades turvalisemaid tehnoloogilisi lahendusi.

Standardi järgimine aitab organisatsioonidel kehtestada proaktiivse infoturbe kultuuri, mis tagab turvalise keskkonna nii töötajatele kui ka õppijatele.

**ISO/IEC 27001 ja automatiseerimine haridusasutustes**

ISO/IEC 27001 rakendamine haridusasutustes on tihedalt seotud automaatsete infoturbelahendustega, mis aitavad täita standardi nõudeid. Peamised automatiseeritud mehhanismid hõlmavad:

* Identiteedi- ja juurdepääsuhalduse süsteemid – määratlevad, kes ja millistel tingimustel pääseb ligi õppeinfosüsteemidele ja andmetele.
* Andmete krüpteerimine ja varundamine – oluline nii õppijate kui ka õpetajate tundliku info kaitseks.
* Turvaauditite ja logimise tööriistad – võimaldavad jälgida süsteemi sissetunge ja kahtlaseid tegevusi.
* Automatiseeritud turvaprotokollid – võimaldavad reageerida turvariskidele reaalajas.
* Turvauuenduste ja paikatöötluse (patch management) automatiseerimine – tagab, et haridusasutuste IT-süsteemid oleksid ajakohased ja kaitstud haavatavuste eest.

**ISO/IEC 27001 nõuded haridusasutustele**

ISO/IEC 27001 rakendamine eeldab haridusasutustelt järgmiste tingimuste täitmist:

* Riskihindamine ja infoturbe juhtimine – haridusasutused peavad määratlema infoturbega seotud ohud ja riskid ning võtma kasutusele sobivad meetmed nende maandamiseks.
* Juurdepääsukontroll ja autentimine – tuleb rakendada mehhanismid, mis tagavad, et ainult volitatud isikud pääsevad ligi tundlikele andmetele.
* Andmete konfidentsiaalsuse, terviklikkuse ja kättesaadavuse tagamine – tuleb kehtestada protseduurid ja tehnilised lahendused, mis kindlustavad andmete turvalisuse.
* Regulaarne audit ja monitooring – tuleb kehtestada pidev järelevalve süsteemide ja protsesside üle, sealhulgas logide analüüs ja turvainsidentide menetlemine.
* Infoturbe teadlikkuse tõstmine – haridusasutuste töötajad ja õppijad peavad olema teadlikud infoturbe põhimõtetest ja küberohtudest.

### ISO 30401 analüüs haridusasutuste protsesside automatiseerimisel

ISO 30401 on rahvusvaheline standard, mis määratleb teadmiste haldamise süsteemide (KMS) nõuded. See on eriti oluline haridusasutustes, kus teadmiste loomine, säilitamine ja jagamine on kriitilise tähtsusega protsesside tõhususe ning organisatsiooni jätkusuutlikkuse tagamiseks. Standard aitab haridusasutustel süstemaatiliselt hallata teadmisi, et parandada otsustusprotsesse, suurendada organisatsiooni õppimisvõimekust ja tõhustada innovatsiooni.

**ISO 30401 põhieesmärgid ja põhiprintsiibid**

ISO 30401 eesmärk on aidata organisatsioonidel:

* **Struktureerida ja hallata organisatsioonisiseseid teadmisi**, et tagada nende kättesaadavus ja rakendamine.
* **Edendada teadmiste jagamist ja säilitamist**, et vältida teadmiste kadu näiteks töötajate lahkumisel.
* **Suurendada tõhusust ja innovatsiooni** teadmiste kasutamise ja arendamise kaudu.
* **Luua süsteemne lähenemine teadmiste haldamisele**, mis võimaldab koguda, struktureerida ja levitada teadmisi organisatsioonis.

Standardi põhiprintsiibid hõlmavad:

1. **Teadmiste väärtustamine** – teadmisi tuleb hallata kui olulist strateegilist vara.
2. **Süstemaatiline ja integreeritud lähenemine** – teadmiste haldamine peab olema osa organisatsiooni juhtimissüsteemist.
3. **Pidev täiustamine** – teadmiste haldamise süsteem peaks olema dünaamiline ja pidevalt arenev.
4. **Kultuuri loomine** – töötajad peavad olema motiveeritud jagama ja rakendama teadmisi.

**ISO 30401 ja automatiseerimine haridusasutustes**

Haridusasutustes on teadmiste haldamise süsteemide (KMS) rakendamine tihedalt seotud automaatsete lahendustega, mis hõlbustavad teadmiste loomist, levitamist ja säilitamist. Peamised automatiseeritud mehhanismid hõlmavad:

* **Dokumendihaldussüsteemid** – võimaldavad dokumentide tõhusat salvestamist, jagamist ja haldamist.
* **Teadmistebaasid ja wiki-platvormid** – aitavad luua ja levitada organisatsioonisiseseid teadmisi.
* **Automatiseeritud teadmiste otsingusüsteemid** – hõlbustavad teadmiste leidmist ja rakendamist.
* **Andmeanalüütika ja tehisintellekt** – aitavad analüüsida teadmiste kasutamist ja soovitada vajalikke teadmisi kasutajatele.

**ISO 30401 nõuded haridusasutustele**

ISO 30401 rakendamine eeldab haridusasutustelt järgmiste tingimuste täitmist:

1. **Teadmiste loomise ja kogumise süsteem** – haridusasutused peavad tagama, et töötajad ja õppijad saavad dokumenteerida ja jagada teadmisi.
2. **Teadmiste säilitamine ja ligipääsetavus** – tuleb tagada, et kriitilised teadmised on kergesti leitavad ja kättesaadavad õigetele isikutele.
3. **Teadmiste jagamine ja koostöö** – organisatsioon peab soodustama koostööpõhiseid teadmiste jagamise platvorme ja meetodeid.
4. **Teadmiste kvaliteedi ja usaldusväärsuse tagamine** – tuleb kehtestada mehhanismid, mis aitavad tuvastada ja filtreerida ebatäpseid või aegunud teadmisi.
5. **Mõõdikud ja tulemuste hindamine** – organisatsioonid peavad jälgima ja hindama teadmiste haldamise süsteemi tõhusust.

**ISO 30401 kasutamise praktilised eelised**

* **Teadmiste parema kättesaadavuse tagamine** – õppijad ja töötajad saavad kiiremini ja lihtsamalt ligi vajalikele materjalidele.
* **Tõhusam otsustusprotsess** – teadmiste analüüs ja korrektne rakendamine aitab parandada haridusasutuste strateegilisi otsuseid.
* **Innovatsiooni ja koostöö suurendamine** – teadmiste jagamine soodustab loovust ja uute lahenduste väljatöötamist.
* **Vähenenud teadmiste kadu** – dokumenteeritud ja struktureeritud teadmised vähendvad kriitilise teabe kadumise riski töötajate lahkumisel.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Standard** | **Eesmärk** | **Peamised nõuded** | **Rakendusalad** |
| **ISO 21001** | Haridusasutuste juhtimise efektiivsuse ja õppijakesksuse suurendamine. | Süstemaatiline teadmiste haldamine ja dokumenteerimine | Õppekorralduse ja kvaliteedijuhtimise parendamine. |
| Juurdepääs ja teadmiste kättesaadavuse tagamine | Õppimisplatvormid |
| Pidev täiustamine ja organisatsiooni õppimisvõimekuse arendamine | Andmeanalüütika ja otsuste toetamine. |
| **ISO/IEC 27001** | Andmete ja infoturbe tagamine haridusasutustes. | Infoturberiskide tuvastamine ja maandamine | IT-süsteemide turvalisuse parendamine. |
| Juurdepääsukontroll ja andmete konfidentsiaalsuse tagamine | Isikuandmete kaitse (GDPR). |
| Pidev turvameetmete jälgimine ja täiustamine | Küberkaitse haridusasutustes. |
| **ISO 30401** | Teadmiste juhtimise ja jagamise optimeerimine haridusasutustes. | Teadmiste loomise, säilitamise ja jagamise süsteemne haldamine | Akadeemiliste teadmiste haldamine. |
| Teadmiste kvaliteedi ja usaldusväärsuse tagamine | Õppe- ja teadusasutuste sisemiste teadmiste jagamine |
| Pidev täiustamine ja teadmiste kättesaadavuse suurendamine | Digitaalsete teadmistebaaside ja AI lahenduste rakendamine. |

### ****Ühine lähenemine ja seosed****

Kõik kolm standardit jagavad **ühiseid põhimõtteid**, näiteks **protsesside süstemaatiline täiustamine, riskihindamine, sidusrühmade kaasamine ja teadmiste haldamine**. See näitab, et haridusasutuste digitaliseerimine ja automatiseerimine peab olema **terviklik protsess**, mis ei keskendu ainult tehnilistele lahendustele, vaid hõlmab ka **juhtimise, infoturbe ja teadmiste jagamise** süsteeme.

Haridusasutused saavad **kombineerides neid standardeid** luua tõhusa ja jätkusuutliku automatiseeritud juhtimissüsteemi, mis aitab paremini vastata tänapäeva haridusvaldkonna väljakutsetele.

## Kaasaegsed probleemid ja väljakutsed

### Digitaalne transformatsioon ja automatiseerimine haridusasutustes

Digitaalsete tehnoloogiate kiire areng on suurendanud vajadust haridusasutuste protsesside automatiseerimise järele, pakkudes võimalusi parandada õppeprotsesside tõhusust ja töökorralduse kvaliteeti. Kuid see areng ei toimu ilma väljakutseteta. Pappa, Georgiou ja Pittich (2024) rõhutavad, et tehnoloogia rakendamine hariduses ei ole pelgalt uute süsteemide juurutamine, vaid nõuab ka olemasolevate protsesside ja struktuuride põhjalikku analüüsimist ja kohandamist. Üheks peamiseks probleemiks on õpetajate ebapiisav tugi ja ettevalmistus tehnoloogia integreerimiseks. Uuringu tulemused näitavad, et enamik õpetajaid ei tunne, et nad saavad koolitasandil piisavat tuge (15 õpetajat 21-st), ning nad väljendavad vajadust täiendavate ressursside, materjalide ja tööriistade järele, samuti lisapersonali vajadust, et toetada tehnoloogia tõhusat rakendamist (Pappa et al., 2024).

Siiski toovad autorid esile, et tehnoloogia edukas rakendamine eeldab töötajate oskuste arendamist ja pidevat koolitamist. Uuringust selgub, et paljud õpetajad ei tunne end kindlalt tehnoloogia kasutamisel, kuna neil puuduvad vajalikud teadmised ja oskused selle tõhusaks integreerimiseks. **"Several studies have reported that teachers do not feel confident about their content knowledge related to STEM subjects and face challenges when they need to implement and work with technological equipment in their schools."** (Pappa et al., 2024). See ebakindlus võib viia olukorrani, kus õpetajad väldivad tehnoloogia kasutamist või kasutavad seda minimaalselt, mis takistab selle täielikku potentsiaali rakendamist haridusprotsessis. Ilma piisava koolituse ja toetuseta võivad töötajad kogeda tehnoloogiast tingitud stressi, mis omakorda vähendab nende valmisolekut uusi süsteeme omaks võtta.

Kuigi õpetajate koolitus ja struktuurne tugi on tehnoloogia edukaks integreerimiseks hädavajalikud, on automatiseerimisel ka teine oluline tahk – see peab olema sujuvalt ühendatud olemasolevate protsessidega. Tehnoloogia rakendamine ei tähenda ainult uute süsteemide kasutuselevõttu, vaid ka töövoogude ja organisatsiooniliste struktuuride ümberkujundamist, et tagada sujuv ja efektiivne üleminek. Selle illustreerimiseks võib tuua näiteks haridusasutustes tunniplaanide automatiseerimise. “Despite the utilization of a scheduling application at SMPN 1 Jombang, several significant shortcomings have been identified. The process for entering data into the system is particularly cumbersome and time-intensive." (Prakasa et al., 2024)” See viitab sellele, et isegi kui süsteem suudab protsesse kiirendada, võib selle esialgne rakendamine põhjustada lisakoormust ja ajutisi probleeme.

### Automatiseerimise väljakutsed haridusasutustes

**Töötajate valmisolek ja tehnilised oskused**

Üks peamisi probleeme on muutuste vastuvõtmine ja kohanemine uute tehnoloogiatega. Tunniplaanide automatiseerimine eeldab, et õpetajad ja kooli administraatorid mõistavad, kuidas süsteem töötab ja kuidas seda efektiivselt kasutada. Prakasa, Muklason ja Premananda (2024) leidsid, et paljud koolitöötajad ei olnud uue süsteemi kasutuselevõtuks valmis, kuna see nõudis neilt tehnilisi oskusi, mida neil varem ei olnud.

**Tehnilise toe ja infrastruktuuri puudulikkus**

Uute süsteemide rakendamine ei piirdu ainult tarkvara kasutuselevõtuga, vaid nõuab ka pidevat tehnilist tuge ja ressursse. Paljudes koolides puuduvad piisavad IT-spetsialistid, kes saaksid aidata probleeme lahendada ja tagada süsteemi sujuva toimimise. Kui süsteemi ei hallata ja uuendata korrapäraselt, võivad tekkida tehnilised tõrked, mis muudavad kogu protsessi veelgi keerulisemaks

**Automatiseerimise pikaajaline mõju ja paindlikkuse puudumine**

Lisaks toovad uuringud esile, et automatiseerimise mõju ei ole alati koheselt positiivne. Kuigi tunniplaanide automatiseerimine vähendas manuaalse töö hulka ja muutis ajakava koostamise protsessi kiiremaks, tuli töötajatel esialgu investeerida märkimisväärselt aega uue süsteemi õppimisse ja kohandamisse. "Although the automated approach significantly reduced manual workload, users initially faced difficulties in adapting to the new system, requiring additional training and adjustments." (Prakasa et al., 2024)

### Küberturvalisuse ja andmekaitse väljakutsed:

Infoturve on üks olulisemaid probleeme haridusasutustes, kuna need töötlevad suures koguses tundlikku teavet, sealhulgas õpilaste isikuandmeid ja õppetulemusi. **COVID-19 pandeemia ajal suurenesid kübärrünnakud haridusasutuste vastu**, mis näitas vajadust tõhustada infoturbe meetmeid ja -protseduure.

**Uuringud on näidanud, et 2020. aastal kannatas enam kui pool kõrgkoole küberrünnakute all**, mille käigus varastati töötajate ja õpilaste isikuandmeid. See näitab, et haridussektorist on saanud üks kõige haavatavamaid sihtmärke küberkurjategijatele, kuna sealne **IT-infrastruktuur ei ole tavaliselt sama tugev kui näiteks panganduses või valitsusasutustes** (Jawaid, 2022).*"In 2020, it was reported that over half of Higher Education Institutions were affected by cyber attacks. The data stolen from these institutions included the personal information of their employees and students."* (Jawaid, 2022, p. 1).

Haridusasutuste haavatavust süvendab ka **töötajate vähene teadlikkus infoturberiskidest**. Ühendkuningriigis läbi viidud uuring näitas, et vaid **46% ülikoolide töötajatest oli saanud infoturbealast koolitust viimase 12 kuu jooksul**. See tähendab, et üle poole töötajatest ei olnud teadlikud küberohtudest ega teadnud, kuidas oma tegevusega võimalikke ründeid ennetada. Võrreldes erasektoriga, kus infoturbe koolitused on tihti kohustuslikud, on see näitaja murettekitavalt madal (Jawaid, 2022).*"A report revealed that only 46% of staff members had received security training in the 12 months prior to the publication of the report."* (Jawaid, 2022, p. 14).

Andmelekete ja lunavararünnakute sagenemine on toonud esile vajaduse **pideva investeerimise järele IT-infrastruktuuri ja töötajate infoturbealasesse koolitamisse**. **Üks suurimaid teadaolevaid ründeid haridussektoris toimus 2020. aastal Quebecis**, kus varastati enam kui 300 000 õpetaja isikuandmed. See juhtum paljastas haridusasutuste turvameetmete puudulikkuse, kuna varastatud andmeid kasutati laialdaselt identiteedivarguste ja finantspettuste toimepanemiseks (Jawaid, 2022).*"In 2020, it was revealed that hackers were able to steal the personal information of over 300,000 teachers in Quebec. Despite the arrests of the attackers, many cases of identity theft were still reported."* (Jawaid, 2022).

Küberturvalisuse tagamine eeldab **terviklikku lähenemist**, mis hõlmab **nii tehnilisi lahendusi kui ka töötajate pidevat koolitamist ja teadlikkuse tõstmist**. **Regulaarsed turvavärskendused, tugevamad autentimismeetodid ja paremini juhitud infoturbepoliitikad on haridusasutuste jaoks hädavajalikud**, et vältida sarnaste rünnakute kordumist

### Teadmiste haldamine ja dokumentatsiooni automatiseerimine

Teadmiste haldamine haridusasutustes on keeruline protsess, mis hõlmab nii informatsiooni säilitamist, edastamist kui ka teadmiste rakendamist. Kui seda ei tehta süsteemselt, võib organisatsioon kaotada kriitilise tähtsusega teadmised töötajate lahkumisel ning kogeda otsuste langetamise protsesside nõrgenemist. "Workforce attrition and turnover in today's society has implications for knowledge management. In many organizations, critical knowledge is often siloed and/or retained by experts, at the risk of being lost when the organization changes or these experts leave." (ISO 30401, 2018, p. v).Ning haridusasutustes on see probleem eriti terav, sest õpetajate ja administratiivtöötajate vahetumise korral võib puududa struktuur, mis võimaldaks varasemate kogemuste ja otsuste talletamist ning uutele töötajatele edastamist. Kui teadmiste jagamine põhineb peamiselt suulisel traditsioonil ja individuaalsel kogemusel, siis kriitiline informatsioon võib kaduma minna

**Kasutajate vastupanu ja töökoormuse suurenemine**

Paljud organisatsioonid, sealhulgas haridusasutused, on püüdnud lahendada teadmiste haldamise probleeme automatiseeritud dokumentatsioonisüsteemide abil. Siiski on sageli takistuseks töötajate vastupanu, kuna dokumenteerimine nõuab lisatööd ja paljud ei näe selle otsest kasu igapäevatöös. Kui töötajad ei ole motiveeritud süsteemi kasutama, jääb see sageli **formaalseks lahenduseks, mida täidetakse minimaalselt ja ilma sisulise panuseta**.

**Teadmiste killustumine ja süsteemide integreerimise probleemid.**

Dokumentide automatiseerimine peaks teoorias parandama teabe kättesaadavust ja vähendama vigu, kuid praktikas võivad süsteemid olla killustatud ja mitte ühilduvad olemasolevate infosüsteemidega. Haridusasutustes kasutatavad erinevad e-õppe platvormid, failihaldussüsteemid ja sisuhalduslahendused võivad tekitada paralleelseid teadmiste kogumeid, kus sama teave eksisteerib mitmes versioonis, ilma et oleks tagatud selle ajakohasus ja terviklikkus.

**Teadmiste kvaliteedi ja ajakohasuse probleemid**

Teadmiste haldamise süsteemid vajavad pidevat ajakohastamist ja valideerimist, et tagada andmete usaldusväärsus ja kasutatavus. Kui süsteemis puudub selge mehhanism teadmiste kvaliteedi tagamiseks, võib see viia teadmiste ebatäpseks muutumiseni või isegi nende kadumiseni. ISO 30401 rõhutab, et teadmiste haldamine peab hõlmama ka aegunud või kehtetu teabe käsitlemist, et vältida vigade ja ebatäpse teabe levikut. "Handling outdated or invalid knowledge means to protect the organization from making mistakes or working inefficiently, as a result of using knowledge inappropriate within the current organizational context." (ISO 30401, 2018, p. 6). Kui teadmiste haldamise süsteemides ei rakendata teadmiste uuendamise ja arhiveerimise protsesse, võivad töötajad jätkata vananenud ja ebatäpse teabe kasutamist, mis võib kahjustada otsustusprotsesse ja organisatsiooni toimimist

### Organisatsioonilised ja kultuurilised barjäärid

Automatiseerimise ja digitaliseerimise rakendamine haridusasutustes seisab sageli silmitsi organisatsiooniliste ja kultuuriliste barjääridega, mis aeglustavad tehnoloogiliste uuenduste tõhusat juurutamist. Gkrimpizi ja Peristeras (2022) uuring toob esile, et haridusasutustes esinevad digitaliseerimise takistused on seotud peamiselt töötajate vastuseisu, organisatsiooni kultuuri jäikuse ning juhtimise puuduliku toega."Resistance to change at the individual level is observed both among university professors and administrative staff. Inertia is another important barrier to seizing opportunities in implementing digital transformation." (Gkrimpizi & Peristeras, 2022).

**Töötajate vastuseis muutustele ja tehnoloogiale**

Üks peamisi takistusi digitaliseerimise rakendamisel on töötajate soovimatus loobuda harjumuspärastest tööprotsessidest ning kohaneda uute tehnoloogiatega. Kui inimesed tajuvad, et uued süsteemid on keerulised, võivad nad teadlikult vältida nende kasutamist, mis pidurdab innovatsiooni ning efektiivsuse kasvu (Gkrimpizi & Peristeras, 2022). "The most important asset an organisation has is its human resources. The success or failure of digital transformation depends on people, not technology." (Gkrimpizi & Peristeras, 2022).

**Juhtimise ja strateegia puudujäägid**

Teine oluline takistus on juhtimise ja strateegilise visiooni puudumine, mis mõjutab otseselt digitaliseerimise edukust. Kui juhtkond ei suuda pakkuda tuge ja selget suunda, langeb töötajate motivatsioon ning valmidus tehnoloogilisi muutusi omaks võtta (Gkrimpizi & Peristeras, 2022). Lisaks on juhtimise roll oluline koostöö ja kommunikatsiooni edendamisel, et ülikoolide ja haridusasutuste erinevad osakonnad suudaksid ühiselt töötada uute süsteemide tõhusaks rakendamiseks. Koordineerimise puudumine organisatsioonis võib põhjustada osakondade iseseisvat tegutsemist, mis pärsib terviklikku digitaliseerimist.

**Kultuurilised barjäärid ja “dominantne loogika”**

Digitaliseerimise juurutamist pärsivad ka haridusasutustes juurdunud kultuurilised hoiakud ja bürokraatlikud struktuurid. Konservatiivne ja riskikartlik organisatsioonikultuur on üks peamisi põhjuseid, miks haridusasutused jäävad tehnoloogia rakendamisel maha teistest sektoritest (Gkrimpizi & Peristeras, 2022). "The transition of universities from traditional to digital is hindered by the ‘dominant logic’. The prevailing conservative, bureaucratic and risk-averse culture impedes the implementation of digital transformation." (Gkrimpizi & Peristeras, 2022) See tähendab, et muutused ei sõltu ainult üksikisikute vastupanust, vaid ka organisatsiooni kui terviku inertsusest, mis takistab kiiret kohanemist uute tehnoloogiatega. Kui haridusasutused ei suuda kohaneda muutustega, jäävad nad maha innovatsioonist ning kaotavad oma konkurentsivõime.

**Integreerimise ja infrastruktuuri probleemid**

Uute automatiseeritud lahenduste integreerimine olemasolevate infosüsteemidega on keeruline protsess, mis nõuab hoolikat planeerimist, piisavaid ressursse ja spetsialiseeritud teadmisi. Paljud haridusasutused seisavad silmitsi piiratud eelarvete ja vananenud IT-infrastruktuuriga, mis takistab kaasaegsete tehnoloogiate edukat rakendamist (Gkrimpizi & Peristeras, 2022).

Ühilduvusprobleemid erinevate infosüsteemide vahel võivad tekitada olulisi tõkkeid automatiseerimise tõhusale rakendamisele. Haridusasutustel puuduvad sageli ühtsed protokollid ja standardid, mis võimaldaksid erinevate süsteemide sujuvat integreerimist. Selle tulemusel tuleb andmeid süsteemide vahel manuaalselt üle kanda, mis suurendab vigade tekkimise ohtu ja vähendab tõhusust (Gkrimpizi & Peristeras, 2022).

**Pilvetehnoloogiate kasutuselevõtu probleemid haridusasutustes**

Pilvetehnoloogiate kasutuselevõtt pakub haridusasutustele võimalusi andmete kättesaadavuse parandamiseks ja kohaliku infrastruktuuri koormuse vähendamiseks, kuid sellega kaasnevad ka uued turvariskid ja vajadus rangemate andmekaitsemeetmete järele. Kui infoturve ja andmekaitse pole piisavalt tagatud, võivad pilvepõhised lahendused suurendada organisatsioonide haavatavust küberrünnakute suhtes (Gkrimpizi & Peristeras, 2022).

isaks vajab pilvetehnoloogiate kasutuselevõtt personali täiendavat koolitamist, kuna uued süsteemid nõuavad teadmisi infoturbest, andmehaldusest ja küberturvalisusest. Kui haridusasutused ei paku töötajatele vajalikku koolitust, võib see vähendada tehnoloogiate efektiivset kasutuselevõttu ja suurendada turvariske.

### Tulevikuväljakutsed ja lahendused

Kunstlik intelligents (AI) ja masinõpe (ML) pakuvad uusi võimalusi haridusasutuste protsesside automatiseerimiseks ja õppimise personaliseerimiseks. Olaf Zawacki-Richter, Victoria I. Marín, Melissa Bond ja Franziska Gouverneur (2019) rõhutavad oma süsteemses ülevaates, et AI-lahenduste rakendamine võib oluliselt parandada õpitulemusi, tõhustada õppeprotsesse ja pakkuda personaliseeritud õpikogemusi.

Uuringus tuuakse esile **neli peamist AI-rakenduse valdkonda hariduses**:

* **Profiilide koostamine ja õppijate tulemuste ennustamine**, mis võimaldab varakult tuvastada õppija riskitegureid ja pakkuda neile personaliseeritud tuge.
* **Hindamine ja tagasiside automatiseerimine**, mis hõlmab automaatset hindamist ning õpilaste individuaalsetele vajadustele kohandatud tagasiside andmist.
* **Adaptiivsed õppesüsteemid ja personaliseerimine**, kus AI kohandab õppematerjali vastavalt õppija vajadustele ja õpistiilile.
* **Intelligentsed õpetamissüsteemid**, mis toetavad õpetajaid ja õppijaid, pakkudes interaktiivseid ja intelligentseid juhendamisvahendeid.

**AI rakendamise eetilised ja praktilised väljakutsed**

Kuigi AI-lahendused pakuvad ulatuslikke võimalusi õppeprotsesside optimeerimiseks, juhivad teadlased tähelepanu ka eetilistele ja praktilistele väljakutsetele, mis kaasnevad nende tehnoloogiate kasutuselevõtuga.

* Andmekaitse ja isikuandmete turvalisus: AI-põhised süsteemid vajavad suuri koguseid õppijate andmeid, et pakkuda personaliseeritud õppimiskogemust. See tekitab murekohti andmekaitse ja privaatsuse osas, kuna AI-süsteemide toimimine sõltub andmete kogumisest ja analüüsist​Zawacki-Richter\_AIED.
* Algoritmide läbipaistvus ja õiglus: Teine oluline probleem on algoritmide läbipaistvus ja kallutatus, kuna masinõppe mudelid võivad tahtmatult korrata ja tugevdada eelarvamusi, mis esinevad treeningandmetes.
* Pedagoogilised väljakutsed ja õpetajate roll: AI ei tohiks asendada õpetajaid, vaid neid toetada, kuid senised uuringud näitavad, et paljud õpetajad ei ole AI-põhiste tööriistade kasutamiseks piisavalt ette valmistatud​.

# AUTOMAATIKA METOODIKA JA UURIMISRAAMISTIK

## Üldine metoodiline raamistik

Käesoleva töö metoodika põhineb kolmel teoreetilisel alustalal: automatiseerimise kategooriate tuvastamisel, rahvusvaheliste standardite analüüsil ja probleemide kaardistamisel. Need komponendid määrasid ära kogu edasise töö loogilise ülesehituse, sh küsitluse sisu, olemasolevate lahenduste hindamiskriteeriumid ning MVP funktsionaalsuse.

A diagram of a company's process

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 1 Magistritöö etappide üldine ülevaade

**5 automatiseerimise kategooriat**

Töö esimene metoodiline komponent tugineb viiele automatiseerimise kategooriale, mis on tuletatud alapeatükist **2.1 „Automatiseerimine hariduses: eesmärgid ja mõju“**. Analüüsis kirjeldatakse, kuidas tehnoloogilised lahendused aitavad vähendada manuaalset tööd ja tõhustada protsesse haridusasutustes. Tuletatud kategooriad on järgmised:

* õppeprotsesside automatiseerimine,
* andmevoogude automatiseerimine,
* otsustusprotsesside toetamine,
* kommunikatsiooni lihtsustamine,
* haldusfunktsioonide digitaliseerimine.

Need viis kategooriat määrasid ära vajaduste kaardistamise ja MVP arenduse fookusvaldkonnad.

**Standardid (ISO 21001, ISO 30401, ISO/IEC 27001)**

Teiseks aluseks olid rahvusvahelised standardid, mis on käsitletud alapeatükis **2.3 „Rahvusvahelised standardid haridusasutuste juhtimisel“**. Analüüs hõlmas järgmisi dokumente:

* ISO 21001, mis määratleb haridusasutuste juhtimissüsteemi ja toob esile protsesside pideva parendamise olulisuse,
* ISO/IEC 27001, mis käsitleb infoturbe juhtimist ning rõhutab andmete kaitset ja juurdepääsude kontrolli,
* ISO 30401, mis keskendub teadmiste haldamise protsesside süsteemsele juhtimisele.

Standardid moodustasid aluse küsitluses esitatud väidetele ning toetasid nõuete määratlemist MVP arendamisel.

**Probleemide kaardistamine**

Kolmanda metoodilise lähtealusena toimus probleemide kaardistamine, mille tulemused on esitatud alapeatükis **2.4 „Kaasaegsed probleemid ja väljakutsed“**. Esile toodud probleemid hõlmasid:

* digitaalse transformatsiooni ebaühtlast kulgu (2.4.1),
* protsesside killustatust ja manuaalse töö osakaalu (2.4.2),
* infoturbe ja andmekaitse riske (2.4.3),
* teadmiste ja dokumentatsiooni haldamise ebatõhusust (2.4.4),
* organisatsioonilisi ja kultuurilisi takistusi (2.4.5).

**Küsitlus ja tulemuste analüüs**

Lähtudes eelnevalt kaardistatud probleemidest, standarditest ja automatiseerimise kategooriatest, koostati struktureeritud küsitlus, mille eesmärk oli koguda andmeid haridusasutuste töötajate kogemuste, vajaduste ja ootuste kohta protsesside automatiseerimise kontekstis. Küsitlus hõlmas väiteid, mis olid jaotatud vastavusse rahvusvaheliste standardite põhimõtetega ning viie tuvastatud kategooriaga.

Küsitlus viidi läbi elektrooniliselt ning selle tulemusi analüüsiti kvantitatiivsete meetoditega. Peamised analüüsid keskendusid kasutajate hinnangutele:

* korduva andmesisestuse esinemissagedusele,
* süsteemide koostalitlusvõimele,
* kasutusmugavusele ja toele,
* infoturbe teadlikkusele ja praktikale,
* juhtkonna toetusastmele ja koolitusvajadustele.

**Järeldus: piiratud representatiivsus**

Vastuste arv ei võimaldanud teha laiaulatuslikke statistilisi üldistusi, mistõttu järeldati, et tulemused ei ole piisavalt representatiivsed kogu sektori kohta. Sellest tulenevalt ei kasutatud küsitlust ainsa alusena MVP funktsionaalsete nõuete määratlemisel, vaid toodi analüüsi täienduseks juurde olemasolevate lahenduste kriitiline hindamine. Sellegipoolest aitas küsitlus mõista tegelikke kitsaskohti ja kogemusi haridusasutuste igapäevatöös, mida arvestati MVP planeerimisel.

**Olemasolevate lahenduste analüüs**

Kuna küsitluse tulemused ei olnud piisavalt representatiivsed, tugines MVP funktsionaalsuse kavandamine lisaks ka olemasolevate digitaalsete lahenduste kriitilisele analüüsile. Selleks hinnati haridusasutustes laialdaselt kasutatavaid süsteeme, mis toetavad õppe-, haldus- ja andmeprotsesse.

Analüüs keskendus järgmistele keskkondadele:

* **Tahvel** – keskendudes kohaloleku jälgimisele ja kasutusliidese lihtsusele;
* **eKool** – hinnates suhtlusvõimalusi, õpitulemuste haldust ja dokumentatsiooni integreeritust;
* **Stuudium** – analüüsiti teadmiste esituse loogikat, raportite koostamise võimalusi ja juurdepääsukontrolli.

Kõiki lahendusi võrreldi järgmiste kriteeriumide alusel:

* funktsionaalsus vastavalt automatiseerimise kategooriatele;
* vastavus ISO standardite põhimõtetele;
* kasutajamugavus ja ligipääsetavus;
* andmete turvalisus ja rollipõhine juurdepääs.

Tulemused näitasid, et olemasolevad lahendused ei kata täielikult haridusasutuste vajadusi, eriti seoses süvakohandatavuse, süsteemide vahelise koostalitlusvõime ja raportite paindlikkusega. Need järeldused andsid sisendi MVP arendamiseks ning võimaldasid määratleda fookusfunktsioonid, mis täiendavad turul olevaid võimalusi.

**Olemasolevate lahenduste analüüs**

Kuna küsitluse tulemused ei olnud piisavalt representatiivsed, kasutati MVP funktsionaalsuse kavandamisel täiendavalt empiirilist analüüsi olemasolevate süsteemide põhjal. Võrdluse alla valiti kolm haridusasutustes laialdaselt kasutatavat lahendust: **Stuudium**, **eKool** ja **Tahvel**.

Analüüs viidi läbi stsenaariumipõhise testimise teel, mille eesmärk oli hinnata süsteemide kasutatavust ja funktsionaalset sobivust haridusasutuse igapäevavajadustele. Iga keskkonna puhul sooritati järgmised tegevused:

* **hindamise lisamine**,
* **uue ülesande loomine**,
* **õpilaste kohaloleku registreerimine**.

Iga stsenaariumi puhul mõõdeti:

* vajalike sammude ja klikkide arvu ülesande täitmiseks,
* liidese visuaalset loogikat ja infotiheduse taset,
* töövoo intuitiivsust ja süsteemi tagasiside selgust,
* ikoonide ja menüüde tähenduslikkust,
* mobiiliversiooni olemasolu ja funktsionaalsust.

Lisaks tehti kvalitatiivseid tähelepanekuid töölaudade infostruktuuri, kujundusloogika ning funktsioonide leidmise lihtsuse kohta. Hindamisel tugineti kasutajakogemuse raamistikule, mida kirjeldavad Hassenzahl ja Tractinsky (2006), rõhutades kasutajate emotsionaalset tajutavust ja praktilist efektiivsust.

Tulemused näitasid, et kuigi kõik analüüsitud süsteemid toetavad teatud määral haridusprotsesside automatiseerimist, esines olulisi erinevusi kasutusmugavuses ja tööprotsesside lihtsuses. Saadud järeldused olid aluseks MVP põhinõuete määratlemisel.

**Nõuete määratlemine ja MVP funktsioonide valik**

Pärast teoreetilise raamistiku koostamist, küsitluse läbiviimist ja olemasolevate süsteemide hindamist määratleti minimaalset elujõulist toodet (MVP) kirjeldavad põhifunktsioonid. Nõuete sõnastamisel tugineti järgmistele allikatele:

* **automatiseerimise viis kategooriat** (alapeatükk 2.1),
* **rahvusvahelised standardid** (alapeatükk 2.3),
* **kaardistatud probleemid** (alapeatükk 2.4),
* **küsitluse tulemused** (peatükk 3.2),
* **olemasolevate lahenduste testimise tulemused** (peatükk 3.4).

Lähtudes nende elementide kombinatsioonist, määratleti MVP fookusesse kolm funktsiooni, mis vastavad haridusasutustes esinevatele kitsaskohtadele ja vajadustele:

* **õpitulemuste analüüsi võimalused** – andmepõhise tagasiside toetamine õpetajatele ja juhtkonnale;
* **õpilaste kohaloleku jälgimine** – lihtsustatud töövoog, mis vähendab käsitsi sisestamist ja vigade tekkimise võimalust;
* **kasutusmugavus** – intuitiivne liides ja vähendatud klikkide arv igapäevaste toimingute teostamisel.

Funktsioonide valikul lähtuti eelkõige vajadusest:

* toetada otsustusprotsesse andmete kaudu,
* lihtsustada õpetaja ja administraatori rutiinseid tegevusi,
* tagada kiire õpikeskkonnaga kohanemine ka tehniliselt vähemkogenud kasutajate puhul.

Valitud funktsionaalsus moodustas MVP arendusprotsessi keskse lähtekoha, millele järgnes arhitektuuriline kavandamine ja tehniline teostus.

**MVP arendusetapid ja realiseerimine**

MVP arendamine toimus iteratiivses tsüklis, kus keskenduti esmalt funktsionaalse tuuma väljatöötamisele ja seejärel kasutajaliidese täiustamisele. Arenduse aluseks oli varem määratletud kolme funktsiooni rakendamine minimaalsete, ent toimivate lahendustena.

Arenduse tehniline teostus hõlmas järgmisi etappe:

1. **Andmemudeli kavandamine** – määratleti andmebaasi struktuur vastavalt õpilaste, hindamiste, kohaloleku ja kasutajate haldamise vajadustele.
2. **Funktsionaalsete moodulite loomine** – iga funktsioon (õpitulemused, kohalolek, kasutusmugavus) realiseeriti eraldi moodulina koos vastava kasutajaliidesega.
3. **Kasutajaliidese disain** – kujundus lähtus lihtsuse ja arusaadavuse põhimõtetest, optimeerides töövoogu ja vähendades klikkide arvu igapäevaste ülesannete täitmisel.
4. **Rollipõhine ligipääs ja andmete kaitse** – süsteemi rakendati minimaalsed ligipääsukontrolli mehhanismid, mille eesmärk oli testida juurdepääsuõiguste toimivust erinevate kasutajatüüpide puhul (õpetaja, administraator).
5. **Tulemusvaadete ja raportite prototüüp** – loodi esmased visuaalid ja koondandmed, mis demonstreerivad potentsiaali analüütiliste funktsioonide edasiarendamiseks.

Arendusprotsess järgnes PDCA-tsüklile (Plan–Do–Check–Act), mis vastab ISO 21001 struktuurile. Arenduskeskkonnaks kasutati veebirakenduse arhitektuuri (front-end + back-end), toetudes avatud lähtekoodiga raamistikele.

**Esmane testimine ja MVP hindamine**

Pärast MVP realiseerimist viidi läbi esmane funktsionaalne testimine, mille eesmärk oli kontrollida süsteemi töökindlust ning hinnata, kas valitud funktsioonid täitsid seatud eesmärgid. Testimine keskendus kolmele aspektile:

1. **Funktsionaalsus** – kõik kolm põhifunktsiooni (õpitulemuste analüüs, kohaloleku jälgimine, kasutusmugavus) töötasid ootuspäraselt, võimaldades põhitegevusi ilma vigadeta.
2. **Kasutajamugavus** – kasutajaliidese loogikat ja töövoogu hinnati sisetesti käigus. Märgiti, et enamik tegevusi oli sooritatav vähem kui 3 kliki jooksul ning põhielemendid paiknesid arusaadavalt.
3. **Ligipääsukontroll** – rollipõhine õiguste haldus toimis ettenähtud viisil: õpetajad ei saanud muuta teiste klasside andmeid, administraatoril oli täielik ligipääs.

Testimise käigus ei ilmnenud kriitilisi vigu. Mõned täiustamist vajavad kohad dokumenteeriti edasiste arendussoovitustena (vt arendussoovitused). Testimise lähenemine ei hõlmanud lõppkasutajaid, seega ei käsitleta seda lõpliku kasutajakogemuse hindamisena, vaid sisearenduse töökindluse kontrollina.

## Uurimismeetodid ja andmekogumine

Uuringu eesmärgiks oli hinnata haridusasutuste protsesside automatiseerimise vajadusi ja väljakutseid ning kaardistada töötajate valmisolekut tehnoloogiliste uuenduste rakendamiseks. Selleks viidi haridusasutuste töötajate seas läbi anonüümne veebiküsitlus, kasutades Typeform platvormi, mis tagas kasutajasõbraliku kogemuse ja võimaldas osalejatel vastata endale sobival ajal. Küsimustik töötati välja varasemate teadusuuringute ning rahvusvaheliste standardite alusel, mida käsitletakse käesoleva töö teises peatükis. See tagas küsimustiku asjakohasuse ja süsteemse lähenemise haridusasutuste protsesside automatiseerimisele. Valim hõlmas üldhariduskoolide ja kutseõppeasutuste töötajaid, pakkudes esmase ülevaate nende suhtumisest automatiseerimisse. Küsitlus levitati e-posti teel, kasutades haridusasutuste ametlikke kontaktandmeid.

**Küsitluse ülesehitus**

Küsitlus koosnes **21 küsimusest**, mis olid jaotatud viide peamisesse kategooriasse:

* **Elektrooniliste süsteemide kasutamise sagedus**  
  (nt e-päevikud, kohaloleku registreerimine, õppeinfosüsteemid)
* **Andmete dubleerimine ja koostalitlusvõime probleemid**  
  (nt kui tihti tuleb samu andmeid sisestada mitmesse erinevasse süsteemi)
* **Töötajate rahulolu ja kasutajakogemus**  
  (sh süsteemide kasutajasõbralikkus, töökindlus ja kasutajatoe kättesaadavus)
* **Infoturve ja ligipääsuõiguste haldamine**  
  (nt ligipääs tundlikele andmetele, infoturbealase koolituse olemasolu)
* **Automatiseerimise vajadus ja tulevikusuunad**  
  (nt millised protsessid vajaksid automatiseerimist, milliseid funktsioone peetakse kõige vajalikumaks)

**Miks valiti küsitlusuuring?**

Küsitlusmeetod võimaldas koguda **kvantitatiivseid andmeid**, mis on olulised haridusasutuste töötajate suhtumise ja kasutajakogemuse struktureeritud analüüsimiseks. Lisaks tagas **anonüümsus**, et vastajad saaksid ausalt väljendada oma arvamusi, vältides sotsiaalselt soovitava vastamise mõju.

Alternatiivsed meetodid, nagu **intervjuud või fookusgrupid**, oleksid võimaldanud sügavamale minevat analüüsi, kuid nende läbiviimine oleks olnud ajamahukam ja kaasatud vähem osalejaid, piirates uuringu üldistatavust. Küsitlusuuring pakkus seevastu **laiemat ülevaadet** töötajate hoiakutest ja kogemustest, tagades suurema osalejate arvu ning võimaldades andmete kvantitatiivset analüüsi.

**Uuringu piirangud**

Kuigi küsitluse valim on piiratud, võimaldab see esmase ülevaate automatiseerimisvajadustest. Täiendavad uuringud suurema valimi ja süvaintervjuudega aitaksid kinnitada leitud trende ja pakkuda põhjalikumat ülevaadet.

## Andmete analüüs ja valideerimismeetodid

### Küsitluse analüüs

**Teadlikkus protsesside automatiseerimisest**

Küsitluse tulemused näitasid, et **86% vastajatest** teab, mida tähendab tööprotsesside automatiseerimine, samas kui **14% ei ole selle kontseptsiooniga kursis**. See viitab sellele, et haridusasutuste töötajad on üldiselt teadlikud automatiseerimise võimalustest ja võimalikest eelistest, kuid samas võib teadmatus osaliselt takistada uute süsteemide juurutamist.

**Elektrooniliste süsteemide kasutamise sagedus**

Vastanutest 94,7% kasutab elektroonilisi süsteeme vähemalt mitu korda nädalas, sealhulgas 78,9% igapäevaselt. Ainult 1,8% kasutab neid harva. See kinnitab, et digitaalsete töövahendite roll haridusasutustes on juba praegu keskne, mistõttu on automatiseerimise edasine arendamine loogiline samm tööprotsesside optimeerimisel.

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 2 Elektrooniliste süsteemide kasutamise sagedus

**Andmete dubleerimise problem**

Andmete sisestamise dubleerimine on märkimisväärne probleem haridusasutustes. **42,9% vastajatest** märkis, et nad peavad samu andmeid sisestama mitmesse erinevasse süsteemi **kas igapäevaselt või sageli (3–4 korda nädalas)**. Ainult **21,4% vastanutest** väitis, et nad ei pea kunagi andmeid mitmes kohas dubleerima.

See viitab vajadusele paremate andmete integreerimise ja koostalitlusvõime lahenduste järele, kuna manuaalne andmete sisestamine on ajamahukas ja suurendab vigade tekkimise riski.

A pie chart with different colored circles

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 3 Andmete dubleerimise

**Vajalike materjalide ja teabe leidmise lihtsus**

**55,9% vastanutest** leidis, et vajalike materjalide ja info leidmine on kas keskmise keerukusega või keeruline. See tähendab, et õpetajad ja töötajad kulutavad olulisel määral aega vajalike ressursside otsimisele.

A screenshot of a graph

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 4 Materjalide leidmise lihtsus

**Automatiseeritud funktsioonide vajadus**

Küsitluse tulemused tõid esile haridusasutuste töötajate peamised ootused automatiseeritud lahenduste suhtes. Selgelt joonistusid välja mitmed valdkonnad, kus automatiseerimine võiks oluliselt parandada tööprotsesse ja vähendada manuaalset tööd:

* 58,2% vastajatest peab kõige olulisemaks õpilaste kohaloleku ja tulemuste jälgimise automatiseerimist, sealhulgas automaatset kohaloleku registreerimist ja tulemuste analüüsi.
* 49,1% vastanutest soovib õppetundide planeerimise ja tunniplaani haldamise lihtsustamist.
* 47,3% vastanutest peab oluliseks administratiivsete ülesannete (nt dokumentide haldamine ja aruandlus) automatiseerimist.
* 47,3% vastajatest rõhutas suhtluse õpilaste ja vanematega parendamist, sealhulgas meeldetuletuste saatmist, tagasiside kogumist ja koolisündmuste info jagamist.
* 41,8% vastajatest peab vajalikuks koolituste ja õpetajate toetuse paremat korraldamist, sealhulgas koolitusvajaduste kaardistamist.
* 38,2% vastanutest märkis, et andmete sisestamise ja teabe jagamise optimeerimine aitaks töövooge lihtsustada ja vähendada vigade riski.
* 38,2% vastajatest peab oluliseks turvalisuse ja andmekaitse parandamist, sealhulgas meeldetuletusi parooli vahetamiseks ja lihtsamaid juhiseid turvalisuse tõstmiseks.
* 34,5% vastanutest leiab, et IT ja tehnilise toe protsessid vajavad parandamist, sealhulgas lihtsamat võimalust pöörduda tehnilise toe poole ja jälgida probleemide lahendamise edenemist.



Joonis 5 Millises valdokonnas on vaja rohkem automatuseerimist

**Kas küsitluse tulemused on representatiivsed?**

Käesoleva küsitluse tulemused annavad väärtusliku ülevaate haridusasutuste õpetajate kogemustest ja ootustest seoses protsesside automatiseerimisega. Valim hõlmas erinevate ainete õpetajaid, võimaldades analüüsida automatiseerimise vajadusi mitmesugustes õppevaldkondades ning teha esialgseid järeldusi digilahenduste kasutuse kohta haridussektoris.

Siiski tuleb arvestada, et küsitluses osalesid ainult õpetajad, mistõttu ei pruugi tulemused kajastada teiste haridusasutuste töötajate, näiteks administraatorite või IT-spetsialistide, seisukohti. Kuna just administratiiv- ja IT-personal mängivad olulist rolli haridusasutuste juhtimisel ning tehniliste lahenduste rakendamisel, võiks nende kaasamine anda täiendava perspektiivi ja parema ülevaate institutsioonide vajadustest.

Samuti nagu oli öelnud, et küsitluse valimi suurus on piiratud ning see ei pruugi täielikult katta kõiki haridusasutuste tüüpe, nagu põhikoolid, kutsekoolid ja ülikoolid. Seetõttu võib tulemuste üldistamine laiemale haridussektorile vajada täiendavat valideerimist.

Valimi võimalike piirangute vähendamiseks toetutakse analüüsis ka olemasolevate automatiseeritud lahenduste võrdlusele, mis võimaldab hinnata küsitluse tulemuste vastavust tegelikele kasutusmustritele. See aitab selgitada, millised probleemid on süsteemsed ja millised tulenevad subjektiivsetest kasutajakogemustest või hoiakutest.

## Küsitluse tulemuste seos teoreetilise analüüsiga

Empiirilise uuringu tulemused toovad esile olulisi trende, mis kinnitavad ja täpsustavad töö teoreetilises osas esitatud väiteid. Esiteks, elektrooniliste süsteemide kõrge kasutamissagedus (78,9% vastajatest kasutab neid igapäevaselt) rõhutab nende kriitilist rolli haridusasutuste igapäevastes protsessides. Samas andmete dubleerimine, millega puutub kokku 42,9% osalejatest, on otseses seoses infosüsteemide killustatuse probleemiga, mida kirjeldavad Gkrimpizi ja Peristeras (2022). Autorid rõhutavad, et erinevate platvormide (nt eKool, Moodle) puudulik integratsioon sunnib kasutama käsitsi andmesisestust, mis vähendab tõhusust ja suurendab vigade riski. See kinnitab MVP väljatöötamise vajadust API-integratsiooni toega, nagu on kirjeldatud peatükis 4.1.

Teiseks, madal teadlikkus küberturvalisusest (36,8% vastajatest ei ole läbinud koolitusi) kattub Jawaidi (2022) järeldustega, mis näitavad haridusasutuste haavatavust küberrünnakutele personali ebapiisava ettevalmistuse tõttu. See aspekt on otseses seoses ISO/IEC 27001 nõuetega, mis nõuavad regulaarset koolitamist andmeturbe riskide vähendamiseks. MVP kontekstis õigustab see JWT-autentimise ja mitmeastmelise turvalisuse rakendamist, mis on esitatud alajaotises 4.3.

Kolmandaks, käsitsi töö automatiseerimise vajadus, näiteks kohaloleku jälgimine (58,2%), tunniplaanide haldamine (49,1%) ja administratiivsed ülesanded (47,3%), kajastab Selwyni jt (2021) argumente, mis kritiseerivad liigset automatiseerimist, kuid toetavad sihtkohta tehnoloogiate kasutamist ressursioptimeerimiseks. Näiteks MVP-s esitatud õpitulemuste analüüsi automatiseerimine vastab Zawacki-Richteri jt (2019) uuringule, kus AI-algoritmid ennustavad akadeemilisi riske 85% täpsusega.

Lisaks on küsitlusest selgunud, et 55,4% vastajatest soovivad intuitiivsemat ja kasutajasõbralikumat liidest, mis kinnitab Hassenzahli ja Tractinsky (2006) UX-põhimõtteid. Nende uuringus rõhutatakse, et kasutajakogemus (UX) ei piirdu ainult süsteemi kasutatavusega (*usability*), vaid hõlmab ka esteetilisi, emotsionaalseid ja kogemuslikke aspekte. Kasutajate rahulolu ja kaasatus sõltuvad mitte ainult sellest, kui kiiresti nad ülesandeid täidavad, vaid ka sellest, kui meeldiv ja sujuv on nende interaktsioon süsteemiga.

Selleks, et paremini mõista UX-i mitmemõõtmelist olemust, võib tugineda Hassenzahli ja Tractinsky (2006) mudelile, mis jagab UX-i kolme põhilisse kategooriasse:



Joonis 6 Kasutajakogemuse (UX) kolm dimensiooni (Hassenzahl & Tractinsky, 2006).

Hassenzahl ja Tractinsky (2006) toovad UX-i käsitluses välja kolm peamist põhimõtet:

1. **Instrumentaalsusest kaugemale minek** – Traditsiooniline kasutatavus keskendub süsteemi funktsionaalsusele ja efektiivsusele, kuid UX hõlmab ka süsteemi visuaalset atraktiivsust ja emotsionaalset mõju. Kui süsteem pakub meeldivat kasutajakogemust, suurendab see kasutajate motivatsiooni seda regulaarselt kasutada.
2. **Emotsioonide ja afektiivne roll** – Positiivsed emotsioonid, mida kasutaja süsteemi kasutamise käigus kogeb, võivad oluliselt mõjutada tema rahulolu ja valmisolekut süsteemi uuesti kasutada. Näiteks lihtne ja loogiline navigeerimine ning visuaalselt nauditav disain tekitavad kasutajas usaldust ja positiivset tunnet.
3. **Kontekstipõhine ja dünaamiline kogemus** – UX ei ole staatiline, vaid muutub vastavalt kasutaja ootustele ja keskkonnale. Kasutajaliidese kujundamisel tuleb arvestada, kuidas kasutajad süsteemi erinevates olukordades kasutavad, et tagada nende jaoks sujuv ja loogiline kogemus.

Lõpetuseks, kultuurilised takistused (23,6% vastajatest kasutab ainult põhisüsteemi ja ei kasuta täiendavaid süsteeme) peegeldavad muutustele vastupanu, mida kirjeldavad Gkrimpizi ja Peristeras (2022). See viitab vajadusele suurendada haridustöötajate teadlikkust digitaalsetest lahendustest ja nende integreerimisvõimalustest. Samuti näitab see, et oluline osa kasutajatest (70,9%) kasutab täiendavaid süsteeme suhtluseks ning 36,4% õppetöö korraldamiseks, kuid haldustööde jaoks (14,5%) on kasutus madalam, mis võib viidata vajadusele paremate integreeritud lahenduste järele. MVP-sse õppemoodulite integreerimine vastavalt ISO 30401 teadmushalduse põhimõtetele aitaks tagada sujuvama ülemineku uutele tehnoloogiatele ning toetada õpetajate valmisolekut automatiseeritud lahenduste kasutuselevõtuks.

Seega ei kinnita küsitluse tulemused mitte ainult teoreetilisi järeldusi, vaid moodustavad ka selged nõuded MVP funktsionaalsusele, sealhulgas:

* Olemasolevate LMS-idega integratsioon andmete dubleerimise vähendamiseks.
* Andmepõhine analüüs ja aruandlus õpitulemuste parandamiseks.
* Kasutajaliidese lihtsustamine vastavalt UX-põhimõtetele.
* Kohustuslikud küberturbe koolitusmoodulid.
* Täiendavate süsteemide kasutamise soodustamine – interaktiivne juhend ja tugi õpetajatele, et vähendada muutustele vastupanu ja suurendada teadlikkust uute digilahenduste eelistest.
* Kohustuslikud küberturbe koolitusmoodulid – süsteemisisene koolituskeskkond vastavalt ISO/IEC 27001 nõuetele.

## Olemasolevate lahenduste analüüs

### Raamastiku loomine

Automatiseeritud lahenduste hindamisel haridusasutustes on oluline toetuda objektiivsetele ja teaduspõhistele kriteeriumidele, mis arvestavad nii tehnoloogilisi kui ka pedagoogilisi vajadusi. Selle uuringu käigus valitud hindamiskriteeriumid põhinevad teadusartiklitel ning haridusasutustes ilmnenud praktilistel vajadustel. Üheks oluliseks aspektiks on kasutusmugavus (UX/UI) ning õpilaste kohaloleku ja õpitulemuste analüüsimise võimalused, kuna need mõjutavad otseselt süsteemide tõhusust ja kasutatavust.

Lisaks teaduskirjandusele kinnitavad ka minu küsitluse tulemused, et kasutajate ootused on tugevalt seotud nende teguritega. Vastanute hinnangul mõjutab kasutusmugavus otseselt süsteemi omaksvõttu ja igapäevast kasutust, samas kui õpilaste kohaloleku ning õpitulemuste analüüs võimaldab paremini jälgida õppeprotsessi efektiivsust.

Kuna antud töö eesmärk ei ole täielikult töötava rakenduse loomine, vaid minimaalselt elujõulise toote (MVP) arendamine, siis keskendun MVP väljatöötamisel ainult kõige olulisematele aspektidele, mis selgusid küsitluse ja analüüsi käigus. Täpsemalt on need:

* Kasutusmugavus (UX/UI) – süsteemi intuitiivsus ja lihtsus mõjutavad selle kasutuselevõttu haridusasutustes.
* Õpilaste kohaloleku analüüs – võimalus jälgida ja hallata õpilaste kohalolekut, et vähendada manuaalset tööd.
* Õpitulemuste analüüsimise võimalused – andmete kogumine ja analüüs aitavad õpetajatel paremini hinnata õppeprotsessi efektiivsust.

Seetõttu keskendun oma MVP arendamisel ja teiste lahenduste analüüsimisel just nendele aspektidele, et tagada süsteemi praktiline väärtus ja vastavus kasutajate vajadustele.

### Hindamiskriteeriumid

Kasutusmugavus (UX/UI)

**Hindamismõõdikud:**

* Vajalike toimingute arv põhiülesannete täitmiseks (klikide arv).
* Navigeerimise ja struktuuri selgus.
* Mobiiliversiooni ja kohanduva disaini olemasolu.
* Kas süsteemi kasutamine nõuab lisakoolitust?
* Vead ja näpunäited

**Õpilaste kohaloleku ja õpitulemuste analüüs**

**Hindamismõõdikud:**

* **Automaatne kohalolekuandmete kogumine**, et vähendada manuaalset tööd.
* **Õpilaste õpitulemuste jälgimise ja analüüsi võimalus**, et toetada õpetajate otsustusprotsessi.

**Märkus**: Järgmised funktsioonid jäävad MVP-st välja, kuna nende arendamine vajaks suuremat integratsiooni ja keerukamat andmetöötlust:

* Paindlik aruannete koostamine (CSV, PDF, andmete visualiseerimine).
* Integratsioon e-päevikute või LMS-iga.
* Stsenaariumite olemasolu ja keerukamad analüüsimehhanismid.

### Süsteemi kasutusstsenaariumid

Stsenaariumi 1: Õpetaja määrab hindamise süsteemis

1. Platvormi avamine
2. Hindamisvaate avamine
3. Klassi ja aine valimine
4. Õpilase valimine ja hinde määramine
5. Hinde kinnitamine ja salvestamine
6. Töökeskkonnast lahkumine

Stsenaarium 2: Hinde või puudumise muutmine

a. Platvormi avamine  
b. Hindamis- või kohalolekuregistri vaate avamine  
c. Soovitud õpilase valimine  
d. Olemasoleva hinde või kohaloleku staatuse muutmine  
e. Salvestamine ja süsteemi tagasiside  
f. Töökeskkonnast lahkumine

Stsenaarium 3: Õpetaja registreerib õpilaste kohaloleku

1. Platvormi avamine
2. Kohalolekuregistri avamine
3. Kohaloleku märkimine
4. Salvestamine ja süsteemi tagasiside
5. Töökeskkonnast lahkumine.

### Tahvel

#### Tahveli navigeerimise selgus – hinnang

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 7 Tahveli peaekran

**Menüü ja struktuuri loogilisus**

Plussid:

* Selge struktuur – vasakul asuv peamenüü on loogiliselt jagatud sektsioonideks („Õppekavad“, „Tunniplaan ja sündmused“, „Teated“, „Akadeemiline kalender“ jne).
* Olulised funktsioonid on nähtaval – õpetaja saab kiiresti ligi oma töölaudadele ja teavitustele.

Miinused:

* Menüüpunktide nimetused on üldised (nt „Õppetöö“), mis võib uutele kasutajatele ebaselgeks jääda.
* Menüü laienemine ja sulgumine võib olla segadusttekitav, kuna puudub visuaalne vihje avatuse kohta.

**Kasutaja töövoo sujuvus**

**Plussid:**

* Põhitoimingutele pääseb ligi mõistliku arvu klikkidega – puudub ülemäärane menüüdes liikumine.
* Keelevahetuse funktsioon on nähtav ja kergesti kasutatav.

**Miinused:**

* Puudub otsingufunktsioon, mis aitaks kiiremini leida vajaliku funktsiooni või info.
* Avaleht kuvab üldteateid, kuid puudub otsene juurdepääs hindamisele ja kohaloleku registreerimisele, mis on õpetajate igapäevased põhitoimingud.

**Kasutajaliidese lihtsus ja visuaalne hierarhia**

**Plussid:**

* Visuaalne struktuur on loogiline – erinevad sektsioonid on selgelt eristatavad.
* Värvikasutus on neutraalne ja rahulik, mis vähendab infotulva mõju.

**Miinused:**

* Ikonograafia ei ole intuitiivne – mõned ikoonid ei anna selgelt edasi oma funktsiooni ja võivad vajada teksti tuge.
* Menüü ja sisu vahel puudub piisav tühik, mistõttu võib ekraan tunduda tihedalt täidetud ja koormav.

**Kokkuvõte ja hinnang**

Tahveli navigeerimise selgus on üldiselt hea, kuid teatud aspektid võiksid olla intuitiivsemad.

**Hinnang (skaalal Hea / Keskmine / Kehv):**  
**Keskmine** – süsteem on funktsionaalne ja loogiline, kuid kohati võib kasutajal kuluda aega õige menüüpunkti leidmiseks.

### Stuudium

#### Navigeerimise selgus – hinnang



Joonis 8 Stuudiumi peaekraan

**Menüü ja struktuuri loogilisus**

Plussid:

* Lihtne ja loogiline struktuur – vasakul menüüs on kolm peamist kategooriat:
* „Sinu päevikud“ – kõige olulisem funktsioon on kõige esimesena.
* „Muud asjad“ – lisafunktsioonid ja andmed.
* „Ringipäevikud“ – eraldi kategooriana, mis hoiab süsteemi korrastatuna.
* Vasakmenüü on selge ja minimalistlik – ei ole liigseid segavaid elemente.

Miinused:

* Menüüpunktide nimed ei ole alati intuitiivsed – näiteks „Muud asjad“ võib olla liiga üldine ja kasutaja ei pruugi kohe aru saada, mis seal sees on.
* Vajalikud tööriistad on mitmes kohas laiali – „Kontrolltööd“ on paremal, „Õppeaine info“ on all „Muud asjad“ sektsioonis. See võib esialgu kasutajat segadusse ajada.

**Kasutaja töövoo sujuvus**

Plussid:

* Peamine töölaud kuvab kõige olulisema info kohe esimesena („Sinu päevikud“).
* Funktsioonid on loogiliselt grupeeritud, näiteks „Kontrolltööd sinu päevikutes“ ja „Kodutööd sinu päevikutes“ on paigutatud ühte sektsiooni.
* Minimalistlik disain ja hästi jaotatud tühik – leht ei tundu infoga ülekoormatud.

Miinused:

* Mõned olulised tööriistad ei ole kohe nähtaval – näiteks „Hinded“ või „Kohaloleku märkimine“ võiksid olla esile tõstetud.
* „Jututoas“ olev teade võib olla ebavajalik – kasutajale ei pruugi kohe olla selge, miks see oluline on.

**Kasutajaliidese lihtsus ja visuaalne hierarhia**

Plussid:

* Puhas ja kaasaegne disain, palju vaba ruumi, ei tundu koormav.
* Pealkirjad ja sektsioonid on selgelt eraldatud, mis muudab navigeerimise lihtsamaks.
* Märkmik ja värvikoodid lisavad visuaalset selgust ja paremat kasutajakogemust.

Miinused:

* Vasakmenüü ja parempoolsed funktsioonid ei ole alati tasakaalus – vasakpoolne menüü on väga lihtne, aga paremal on infot palju.
* Ikonograafia on minimaalne – mõned funktsioonid võiksid olla paremini esile tõstetud visuaalsete märkidega.

**Kokkuvõte ja hinnang**

Hinnang: Hea

Stuudiumi navigeerimine on lihtne ja visuaalselt puhas, kuid teatud funktsioonid on peidetud ja võivad vajada harjumist.

### Ekool

#### Ekooli navigeerimise selgus – hinnang

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 9 Ekooli peaekraan

**Menüü ja struktuuri loogilisus**

Plussid:

* Vasakpoolne menüü sisaldab põhifunktsioone („Koolid“, „Lisa“, „Taotlen ligipääsu õpilase andmetele“), mis aitab kasutajal liikuda oluliste sektsioonide vahel.
* Peamenüü on ühtlaselt struktureeritud, sisaldades selgeid kategooriaid („Kooli leht“, „Tunniplaan“, „Aruanded“, „Hindamine“ jne).

Miinused:

* Kasutaja peab enne mistahes toimingu alustamist valima kooli, mis lisab ühe täiendava kliki ja võib uutele kasutajatele segadust tekitada.
* Menüü visuaalne paigutus ei ole alati ühtlane – mõned elemendid asuvad vasakul, mõned üleval, mis võib vähendada töövoo sujuvust.
* Puudub otsingufunktsioon, mis aitaks kiiremini leida vajalikke tööriistu.

**Kasutaja töövoo sujuvus**

Plussid:

* Kui kool on valitud, on päevikud ja hindamissüsteem kiiresti ligipääsetavad.
* Hinded ja kohalolek on loogiliselt koondatud ühe vaate alla.

Miinused:

* Töö alustamiseks on vaja mitut sammu (valida kool, avada vajalik sektsioon, leida päevik).
* Menüü ei ole alati intuitiivne – näiteks „Perepakett“ ja „Kooli juhtkond“ on lisatud peamenüüsse, kuid neil pole otsest seost õpetaja igapäevatööga.

Kasutajaliidese lihtsus ja visuaalne hierarhia

**Plussid:**

* Neutraalsed värvid ja lihtne disain muudavad kasutajaliidese rahulikuks ja visuaalselt stabiilseks.
* Sektsioonid on eraldi jaotatud, mis aitab infot paremini struktureerida.

**Miinused:**

* Ikonograafia ei ole alati intuitiivne – näiteks vasakul asuv öökulli ikoon ja plussmärk ei anna esmapilgul edasi oma tegelikku funktsiooni.
* Tekstid ja elemendid on kohati liiga tihedalt koos, mis võib tekitada segadust (eriti „Minu päevikud“ sektsioon).

**Kokkuvõte ja hinnang**

Hinnang: Keskmine  
eKooli navigeerimine on üldiselt loogiline, kuid selle kasutamine nõuab rohkem klikke ja alguses võib süsteem tunduda segane (eriti vajadus valida enne kool).

#### Andmepõhine tagasiside ja visuaalne analüütika eKoolis

A graph with a bar chart

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 10 eKooli statistikat

eKooli süsteemis on esindatud mitmekesised andmevisualisatsioonid, mis aitavad õpetajal ja kooli juhtkonnal kiirelt saada ülevaade õpilaste edasijõudmisest ja tundide sisestamise aktiivsusest. Graafiliste elementidena kasutatakse veergdiagramme, mis esitavad hindejaotust (keskmine, mediaan, mood) ning näitavad puudumiste koguarvu koos selgitusega põhjusega puudumiste osakaalu kohta.

**Plussid:**

* Süsteem kuvab automaatselt kesksemaid statistilisi näitajaid nagu **keskmine hinne**, **mediaanhinne** ja **sagedaseim hinne** (mood).
* Tundide ja hindamiste sisestamise aktiivsust esitatakse visuaalselt (nt 26/35 plaanitud tundidest) ning puudumiste statistikat koos põhjendamata puudumiste protsendiga.
* Hindejaotuse veerugraafik võimaldab õpetajal tuvastada, millised hindetasemed domineerivad ning kas esineb ebatavaliselt palju puudulikke või kõrgeid hindeid.

**Miinused:**

* Kuigi statistika on olemas, ei ole võimalik andmeid filtreerida näiteks ainete, ajavahemike või konkreetsete õpilaste lõikes.
* Kuvatakse ainult **grupipõhist statistikat**, mitte individuaalseid analüütilisi ülevaateid, mis piirab õpetaja võimalust süvitsi hinnata ühe õpilase arengut või käitumismustreid.
* Visuaalne kujundus on funktsionaalne, kuid kohati informatsioonirohke ning puudub võimalus eksportida andmeid aruandluseks.

**Kokkuvõte:** Hinnang: Hea  
eKoolis olemasolev statistikamoodul toetab andmepõhist lähenemist hindamisele ja kohalolekule. See aitab kaasa otsustusprotsessidele, kuid vajab arendamist süvakohandatavuse ja interaktiivsuse suunal. Kuna andmed on kättesaadavad vaid **rühma tasandil**, ei võimalda süsteem hetkel personaalse õpijälgimise teostamist, mis piirab pedagoogilise toe individuaalsust.

### Süsteemide võrdlev analüüs

Et mõista paremini analüüsitud süsteemide (Stuudium, Tahvel, eKool) tugevusi ja nõrkusi, viidi läbi stsenaariumipõhine hindamine, kus testiti kolme tüüpilist kasutusjuhtumit: hindamise lisamine, ülesande loomine ja kohaloleku registreerimine. Lisaks võrreldi süsteeme konkreetsete funktsionaalsete ja kasutatavusnäitajate põhjal. Alltoodud tabelis on esitatud hindamiskriteeriumite kaupa iga keskkonna hinnang.

Stsenariumide tulemus:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Hindamiskriteerium | Stuudium | Tahvel | Ekool |
| |  | | --- | | **Stsenaarium 1** – Uue õppetunni loomine |  |  | | --- | |  | | 8 | 10 |  |
| |  | | --- | | **Stsenaarium 2** – Hinde või puudumise muutmine |  |  | | --- | |  | | 9-pudumine  7-pudumine | 9 -hind 8 - puudumine |  |
| |  | | --- | | **Stsenaarium 3** – kohaloleku registreerimine |  |  | | --- | |  | | 7 | 8 |  |
| |  | | --- | | Automaatne kohalolekuandmete kogumine |  |  | | --- | |  | | Ei | Ei | Ei |
| |  | | --- | | Õpilaste õpitulemuste analüüs |  |  | | --- | |  | | Ei | Ei | Ei |
| Navigeerimise selgus | Hea | Keskmine | Keskmine |
| Mobiiliversiooni olemasolu | Jah | Ei | Ei |
| Madalate tulemuste tuvastamine | Osaliselt | Ei | Ei |
| Statistika ja andmeanalüütika olemasolu | Puudub | Puudub | Olemas |

Tabel 1 Stuudiumi, Tahvli ja eKooli võrdlus põhifunktsioonide lõikes

|  |
| --- |
|  |

## Rakenduse MVP nõuded

Töös analüüsisime haridusasutuste protsesside automatiseerimise vajadusi, lähtudes rahvusvahelistest standarditest (ISO 21001, ISO 30401, ISO/IEC 27001), olemasolevate süsteemide analüüsist ning haridusasutuste töötajate küsitluse tulemustest.

Küsitlusest ja analüüsist selgusid järgmised võtmeküsimused:

1. Käsitsi tehtav töökoormus on liiga suur – õpetajad ja administraatorid kulutavad palju aega õpilaste kohaloleku registreerimisele, hinnete sisestamisele ning aruannete koostamisele.
2. Puudulikud integreerimisvõimalused – paljud haridusasutused kasutavad paralleelselt mitut süsteemi (nt eKool, Stuudium, Moodle), kuid andmed ei sünkroniseeru nende vahel, tekitades topeltandmete sisestamise vajaduse.
3. Ebapiisav suhtlus kooli, õpetajate, õpilaste ja vanemate vahel – puuduvad struktureeritud ja efektiivsed kommunikatsioonikanalid, mis võimaldaksid kiiret ja selget infovahetust.
4. Õpetajate koolitusvajadus – õpetajad tunnevad puudust tehnoloogilistest juhenditest ning süsteemide kasutamise koolitustest, mis takistab digilahenduste tõhusat kasutamist.
5. Puuduvad AI-põhised analüüsivahendid – koolidel puudub võimekus kasutada andmepõhist analüütikat õpilaste õpitulemuste prognoosimiseks ja individuaalsete arengusuundade määramiseks.
6. Andmekaitse ja turvalisus vajavad parandamist – haridusasutustes on mureks GDPR-i ja infoturbe standarditele vastavus, sealhulgas turvaline autentimine ja andmete kaitse.
7. Nende leidude põhjal määrasime kindlaks rakenduse tehnilised ja funktsionaalsed nõuded, mis aitavad lahendada eelpool toodud probleemid. Nõuded jagunevad funktsionaalseteks ja mittefunktsionaalseteks.

### Funktsionaalsed nõuded

* Tundide ja kohaloleku haldamise automatiseerimine – süsteem võimaldab kiiret ja vigadeta kohaloleku registreerimist (QR-kood, NFC, AI), toetab dünaamilist tunniplaani muutmist ning annab õpetajatele ja õpilastele reaalajas infot muudatuste kohta.
* Automatiseeritud töövoogude haldamine – korduvad ülesanded, näiteks õpilaste kohaloleku arvestus ja hinnete sisestamine, peavad olema automatiseeritud, et vähendada käsitsi sisestamise koormust.
* Paindlik aruandlus ja analüütika – süsteem peab võimaldama õpilaste kohaloleku, hinnete ja muu statistika eksportimist CSV, PDF või graafilise visualiseerimise kujul.
* Integreeritus olemasolevate süsteemidega – peab toetama LMS-süsteeme (nt eKool, Stuudium, Moodle) ja API-liidest, et vältida topeltandmete sisestamist.
* Reaalajas teavitused ja meeldetuletused – õpilaste puudumiste ja lähenevate tähtaegade kohta tuleb genereerida automaatseid teavitusi õpetajatele ja administraatoritele.
* Mitmekeelsus ja kasutajasõbralikkus – peab olema kasutatav nii eesti, vene kui ka inglise keeles, et hõlbustada erinevate kasutajate töövoogu.
* Mobiilseadmete tugi – süsteem peab olema kasutatav nii tahvelarvutis kui ka mobiiltelefonis, et õpetajad saaksid registreerida kohalolekut igas keskkonnas.
* Vanemate ja õpetajate suhtluskeskkond – juhtkond ja õpetajad saavad otse süsteemi kaudu saata ja vastu võtta sõnumeid vanematelt, jälgida varasemat suhtlust ning hallata kohtumisi.
* Automaatne tagasiside süsteem – süsteem analüüsib õpilaste edusamme ja käitumist ning koostab automaatselt aruandeid, mida saab vanematega jagada.
* Õpetajate koolitussüsteem ja professionaalne areng – süsteem peab sisaldama õpetajatele suunatud koolitusmoodulit, mis:
  1. Pakub digitaalset juhendamist ja samm-sammulisi juhiseid süsteemi ja tehnoloogia kasutamiseks.
  2. Võimaldab juhtkonnal jälgida õpetajate koolituste läbimist ja kompetentside arengut.

### Mittefunktsionaalsed nõuded

* Skaleeritavus – süsteem peab toetama suurte kasutajamahude haldamist, et seda saaks kasutada nii väikestes kui ka suurtes haridusasutustes.
* Kõrge kasutajaliidese kasutatavus (UX/UI) – peab olema intuitiivne, vähendatud klikkide arvuga ja lihtsasti navigeeritav, et tagada kiire ja mugav kasutamine.
* Vastavus GDPR-ile ja ISO-standarditele – süsteem peab järgima ISO 21001, ISO 30401 ja ISO/IEC 27001 nõudeid andmekaitse, teadmushalduse ja infoturbe osas.
* Tugev autentimine ja turvameetmed – peab toetama kaheastmelist autentimist (2FA) ning tagama andmete krüpteerimise nii andmebaasis kui ka edastamisel.
* Veakindlus ja süsteemi töökindlus – süsteem peab taluma suuri koormusi ning automaatselt taastuma võimalike tõrgete korral.
* Vähendatud serverikoormus – andmete vahemällu salvestamine (caching) ja optimiseeritud päringud peavad tagama kiirema töötlemise.
* Logimis- ja monitooringusüsteemid – tegevuste logimine ja süsteemi töö jälgimine, et ennetada turvariske ja analüüsida vigasid.
* Andmete varundamine ja taastamine – süsteem peab võimaldama regulaarseid varukoopiaid, et vältida andmekadu.

# VEEBIRAKENDUSE ARENDUS JA TEOSTUS

## MVP arhitektuuri kavandamine

### ****Miks valida veebirakendus?****

Veebirakendus on tänapäevastes organisatsioonides, sealhulgas haridusasutustes, kõige sobivam lahendus mitmel põhjusel:

1. Platvormi sõltumatus:  
   Veebirakendused töötavad igas seadmes, millel on veebibrauser, olenemata operatsioonisüsteemist (Windows, macOS, Linux või mobiiliplatvormid
2. Hõlbus juurdepääs ja hooldus:  
   Veebirakendused ei vaja eraldi paigaldamist ja värskendusi kasutajaseadmetes. Kõik muudatused tehakse serveripoolselt, mis lihtsustab hooldust ja tagab, et kõik kasutajad töötavad alati uusima versiooniga. See omadus on eriti oluline haridusasutustes, kus IT-ressursid võivad olla piiratud.
3. Kaugjuurdepääs ja koostöövõimalused:  
   Veebirakendused võimaldavad töötajatel ja õpetajatel kasutada süsteemi mistahes asukohast. See on eriti kasulik hübriid- või kaugtöö lahenduste korral, kus õpetajad ja administraatorid vajavad ligipääsu rakendusele nii koolist kui kodust.
4. Skaleeritavus ja integratsioon:  
   Veebirakendused võimaldavad hõlpsat integratsiooni teiste süsteemidega, nagu andmebaasid, õppehaldussüsteemid (LMS). Samuti on veebirakenduse arhitektuuri lihtne skaleerida vastavalt kasutajate arvule.

### Projektistruktuur ja kaustade jaotus

Rakendus jaotati loogiliselt kaheks sõltumatuks osaks: **backend** ja **frontend**, et toetada skaleeritavust ja arendamise lihtsust. Selline lähenemine võimaldab mõlemat osa eraldi testida, hallata ja vajadusel iseseisvalt asendada.

A screenshot of a computer program

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 11 Projektistruktuur

**Backend**

backend/ kaust sisaldab kogu serveripoolset loogikat:

* **config/** – ühenduse seadistused (nt andmebaas, keskkonnamuutujad).
* **models/** – Sequelize mudelid, mis määratlevad andmebaasitabelite struktuuri.
* **routes/** – API lõpp-punktid, mis suunavad päringud vastavatele kontrolleritele.
* **utils/** – abifunktsioonid ja turvamehhanismid, nt tokenite haldus.
* **server.js** – rakenduse sisenemispunkt, kus Express server käivitatakse ja marsruudid registreeritakse.

Selline jaotus toetab **Separation of Concerns** põhimõtet, kus igal moodulil on selge vastutus.

**Frontend**

frontend/ kaust sisaldab kasutajaliidese koodi. Kausta src/ sees on struktuur jagatud järgmiselt:

* api/ – kõik API-päringud (nt axios-põhised funktsioonid), mis suhtlevad taustateenusega.
* components/ – taaskasutatavad UI-komponendid (nt nupud, modaalid, vormid).
* pages/ – vaated ehk lehed, mis vastavad marsruutidele (nt Tunnid, Kasutajad).
* imgs/ – pildid ja ikoonid, mida kasutatakse UI-s.
* styles/ – globaalne ja kohandatud CSS või SCSS stiilifailid.

Selline modulaarne ja loogiline jaotus võimaldab kiiret navigeerimist projektis ning lihtsustab arendusmeeskonna tööd. Näiteks muudatuste tegemine ainult kasutajaliideses ei nõua backend-failide avamist ning andmevahetuse loogika on koondatud ühte kohta (api/), mis toetab testitavust ja hooldatavust.

### ****Frontend****

Frontend arendati React-raamistiku baasil, mis võimaldas luua komponentidel põhineva, kiire ja hästi hallatava kasutajaliidese. Valik langes Reactile tänu selle laialdasele kogukonnatoele, aktiivsele arendusele ning sobivusele ühe lehega rakenduste (SPA – Single Page Application) loomiseks. Rakenduse versioonis kasutati React 19.0.0.

Arenduskeskkonna ülesehitamisel kasutati React Scripts komplekti (versioon 5.0.1), mis hõlbustab projekti seadistamist, testimist ja kompileerimist. Keskkonnas rakendati CHOKIDAR\_USEPOLLING konfiguratsiooni, mis tagab usaldusväärse failimuudatuste jälgimise ka teatud virtualiseeritud keskkondades.

Projekti sõltuvused ja funktsionaalsed komponendid jagunesid järgmiselt:

* React Router Dom (versioon 7.2.0) – kasutajaliidese marsruutimise haldamiseks;
* Axios – REST API kaudu back-endiga suhtlemiseks;
* Chart.js ja react-chartjs-2 – dünaamiliste andmevisualisatsioonide loomiseks;
* HTML5-QRCode ja qrcode.react – QR-koodide genereerimiseks ja skaneerimiseks;
* Socket.io-client – reaalajas suhtluseks back-endiga (nt kohaloleku logimine või andmete uuendamine reaalajas);
* Testing Library paketid – testimisvõimaluste rakendamiseks, sh DOM-interaktsioonide ja kasutajategevuste testimine.

### ****Backend****

Rakenduse taustateenused töötasid Node.js-i platvormil, kasutades Express.js raamistikku, mis võimaldab kiiresti üles seada REST API struktuuri ning hallata päringuid ja vastuseid lihtsal ja laiendataval viisil. Backend oli kirjutatud CommonJS mooduliformaadis, kus keskseks käivitusfailiks oli server.js.

Arendusprotsessis kasutati Nodemon-i (versioon 3.1.9) automaatseks serveri taaskäivitamiseks koodimuudatuste korral, kiirendades sellega arendustsüklit. Konfiguratsioon failis dotenv võimaldas keskkonnapõhiste muutujate turvalist haldust.

Põhilised sõltuvused ja nende funktsioonid:

* Express – HTTP-päringute haldamiseks ning API-endpointide loomiseks;
* MySQL2 – ühenduseks relatsioonilise andmebaasiga ning andmepäringute teostamiseks;
* Bcrypt – paroolide räsi loomiseks ja kontrollimiseks autentimisel;
* JsonWebToken (JWT) – turvaliseks sessioonihalduseks ja kasutajate autoriseerimiseks;
* CORS – võimaldamaks turvalist suhtlust frontendi ja backendi vahel erinevates domeenides;
* Dotenv – keskkonnamuutujate (.env) kasutamiseks ja tundliku info (nt DB paroolide) peitmiseks.

Backendi arhitektuur koosnes mitmest API endpointist, mis teenindasid järgmisi põhifunktsioone:

* kasutajate autentimine ja autoriseerimine,
* kohaloleku logimine ja muutmine,
* hindamiste sisestamine ja pärimine,
* andmete kogumine statistilisteks kokkuvõteteks.

### ****Andmebaas****

Rakenduse andmestruktuur kavandati relatsioonilise mudeli põhiselt, kasutades MySQL andmebaasisüsteemi. Tabelite loomine ja seoste määratlemine toimus MySQL Workbenchi abil, kus visuaalse modelleerimise toel loodi skeem „autoteach“, mis kajastab õpilaste, õpetajate, õppetundide ja hinnete halduse funktsionaalsust. Andmebaas on keskne komponent MVP funktsioonide realiseerimisel, kuna see talletab kõik andmed hindamise, kohaloleku, kasutajate ja tundide kohta.

**Peamised tabelid ja seosed**

**users** – sisaldab kõikide kasutajate (õpilased, õpetajad, administraatorid) andmeid. Tabelis on välja toodud ka rollipõhine ligipääs (ENUM), seos õppegrupiga ning individuaalsed tunnused nagu QR-kood ja edasijõudmise skoor.

**groups** – kirjeldab õpperühmi, sh nimi, kood, aasta ja üliõpilaste arv. Ühendatud kasutajate ja õppetundidega.

**subjects** – loetleb õppeained ning on seotud nii õppetundide kui ka õpetajate ja rühmade tabelitega läbi vahetabelite teachersubjects ja groupsubjects.

**lessons** – salvestab konkreetseid tunde, sealhulgas teema, kirjelduse, kestuse ning kuupäeva. Iga tund on seotud konkreetse õpetaja, rühma ja õppeainega.

**grades** – talletab õpilaste hinded seotuna konkreetse aine, õpilase ja vajadusel ka konkreetse õppetunniga.

**attendance** – kajastab kohalolekuandmeid, sh staatuse (PRESENT, ABSENT, LATE, EXCUSED\_ABSENCE), seotud tund, õpilane ja vajadusel hinne.

**groupsubjects** ja **teachersubjects** – vahetabelid, mis võimaldavad mitme-ühe ja mitme-mitme suhteid rühmade, ainete ja õpetajate vahel.

Kõik väljad on varustatud vastava tüübiga (nt VARCHAR, INT, DATETIME) ning paljud tabelid kasutavad DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP loomisaja salvestamiseks. Enamik välju on seotud FOREIGN KEY piirangutega, mis tagavad andmete sidususe ja kustutuse kaskaadi reeglite järgimise.

**Eesmärgipärasus**

Andmebaas on kavandatud lähtudes MVP kolmest funktsionaalsest sambast:

* **Kohaloleku jälgimine** (tabelid attendance, lessons, users),
* **Hindamise haldus** (tabelid grades, subjects, lessons),
* **Kasutajapõhine ligipääs ja aruandlus** (tabelid users, groups, teachersubjects).

Andmebaasi kavandamisel järgitakse normaliseerimise põhimõtteid, tagades andmete mittekordumise ja süsteemi skaleeritavuse. Kõik seosed on kaetud visuaalse ER-diagrammiga (vt Joonis X), mis toetab struktuuri mõistmist ja edasiarendust.

A screenshot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 12 Andmebaasi struktuur

### Kohaloleku jälgimise mehhanism

Kohaloleku tuvastamise funktsioon MVP-s rakendati läbi **QR-koodi põhise mehhanismi**, mille eesmärk oli vähendada õpetajate manuaalset töökoormust ning vältida eksimusi kohaloleku andmete sisestamisel. Lähtepunktina arvestati ISO 21001 põhimõtteid läbipaistvuse, jälgitavuse ja andmepõhise halduse osas.

**Lahenduse loogika oli järgmine:**

* **Õpetaja** avab süsteemis konkreetse tunni ning **genereerib QR-koodi**, mis sisaldab unikaalset tunni identifikaatorit ja ajatembrit.
* **Õpilane** logib sisse oma seadmega (nt nutitelefon) ning kasutab mobiilikaamerat või süsteemi sisseehitatud QR-lugejat.
* Pärast edukat skaneerimist **registreerib süsteem automaatselt**:
  + õpilase identiteedi (lähtuvalt sisselogimisest),
  + vastava tunni ID,
  + staatuse "PRESENT" (kohal),
  + ja ajatembri, mis salvestatakse väljade createdAt ja last\_scanned\_at kaudu.

Teatud olukordades (nt hilinemine) saab õpetaja **tagasiulatuvalt muuta** staatust väärtusele LATE, ABSENT.

**Tehniline teostus:**

* QR-koodi genereerimine toimus front-endi tasandil kasutades teeki qrcode.react, mis genereeris SVG-põhise visuaali.
* Skaneerimine viidi läbi html5-qrcode abil, mis võimaldas reaalajas kaamerasisendi töötlemist brauseris.
* Tagaplaanil kontrollis süsteem, et:
  + QR-kood oleks seotud kehtiva tunni ja õpetajaga,
  + õpilane kuuluks vastavasse gruppi,
  + registreerimine toimuks mõistliku ajaakna jooksul (nt ±15 min tunniajast),
  + ükski õpilane ei saaks end korduvalt samale tunnile registreerida.

**Turvalisus ja piirangud:**

* Tundide QR-koodid olid **ajutised** ega sisaldanud isiklikke andmeid.
* Ligipääs kohaloleku salvestamise API-le oli piiratud rolliga STUDENT, mistõttu oli võimalik autentimist rakendada ainult läbi sessiooni.
* Andmebaasis tagati viidete terviklikkus läbi lessonId, studentId ja status väljade kaudu tabelis attendance.

Antud mehhanism võimaldas **reaalajas ja poolautomaatselt** koguda kohalolekuandmeid, mis integreerusid hiljem ka õpilase edasijõudmist kajastavate mõõdikute ja raportite koostamisega. Lisaks andis see aluse süsteemi laiendamiseks tulevikus (nt geolokatsioonipõhine kinnitamine või NFC-tuvastus).

### Õppetundide halduse optimeerimine AJAX-i abil

Selleks et vähendada lehevahetuste ja koormavate uuestilaadimiste arvu, rakendati MVP-s **AJAX-põhine lähenemine õppetundide loomise, muutmise ja kustutamise halduseks**. See parandas oluliselt kasutajakogemust ning tagas, et õpetajad ja administraatorid said toiminguid sooritada kiirelt ja katkestusteta.

**Lahenduse tööpõhimõte:**

* Vormide esitamine (nt uue tunni lisamine või olemasoleva muutmine) **ei põhjustanud lehe uuestilaadimist**, vaid saatis andmed taustal fetch- või axios-päringu abil back-endile.
* Pärast serveri vastust uuendati kasutajaliideses ainult vajalikke komponente (nt tunni rida tabelis), ilma kogu vaadet uuesti laadimata.
* Eduka toimingu korral anti kasutajale **visuaalne tagasiside** (nt roheline teavitus), vea korral kuvatakse vastav tõrgeteade.

**Tehniline teostus:**

* Frontendis kasutati axios-teeki, mis saatis JSON-vormingus andmed Express.js back-endile.
* Back-endi vastav POST, PUT ja DELETE endpoint käsitlesid:
  + **loomist:** salvestas uue kirje lessons-tabelisse;
  + **muutmist:** uuendas olemasoleva tunni andmeid ID alusel;
  + **kustutamist:** eemaldas kirje andmebaasist, säilitades samas referentside kehtivuse (CASCADE delete).
* Pärast serveripoolset kinnitust **uuendati UI osaliselt** – näiteks lisati uus rida olemasolevasse loetellu või muudeti selle sisu.

**Eelised võrreldes traditsioonilise vormitöötlusega:**

* **Kiirem töövoog:** õpetaja ei pidanud ootama lehe uuesti laadimist, vaid sai hetkega jätkata järgmise tegevusega.
* **Parem kasutajakogemus:** vähendati katkestusi ja hoiti fookus sisul.
* **Mobiilseadmete tugi:** väiksem andmemaht ja dünaamiline laadimine sobisid hästi väiksematele ekraanidele.

Selline lähenemine vastas MVP eesmärgile lihtsustada igapäevaseid rutiinseid ülesandeid ning tagada **kasutusmugavus ja töö efektiivsus**, nagu oli seatud nõudena kasutajate tagasisidest ja standardipõhisest analüüsist.

## Veebirakenduse arenduse etapid

**Veebirakenduse arenduse etapid**

Veebirakenduse arendus järgnes PDCA (Plan–Do–Check–Act) tsüklile, mis võimaldas järjepidevalt planeerida, rakendada, testida ja täiustada funktsionaalsusi vastavalt kasutusvajadustele ja eesmärkidele. Kuna tegemist oli MVP (Minimum Viable Product) tüüpi arendusega, keskenduti ainult kõige olulisematele funktsioonidele, et valideerida süsteemi tööpõhimõtted ning kasutatavus haridusasutuste kontekstis.

**Planeerimine (Plan)**

Esimeses etapis määratleti järgmised põhieesmärgid ja nõuded:

* Keskenduda kolmele põhifunktsioonile: kohaloleku jälgimine, hinnete sisestamine ja õppetulemuste analüüs;
* Kasutajaliidese lihtsus ja töövoogude loogilisus;
* Rollipõhine ligipääs (õpetaja, administraator, õpilane);
* Arendus pidi olema modulaarne ja võimaldama hilisemat laiendamist.

Lisaks loodi andmebaasi struktuur, API-liidesed ja komponentide arhitektuur.

**Teostus (Do)**

Arendust teostati iteratiivselt:

1. **Esimeses iteratsioonis** loodi andmebaas, back-endi API ning autentimise süsteem (JWT + bcrypt).
2. **Teises iteratsioonis** keskenduti kohaloleku jälgimise mehhanismile. Arendati QR-koodi genereerimise ja skaneerimise funktsionaalsus, mis võimaldas õpetajal luua unikaalse QR-koodi iga tunni jaoks ning õpilasel registreerida oma kohaloleku.
3. **Kolmandas iteratsioonis** realiseeriti õppetundide haldus: tunni loomine, muutmine ja kustutamine tehti võimalikult kiireks AJAX-i ja Axios-päringute abil, mis ei nõudnud lehe uuesti laadimist.
4. **Neljandas iteratsioonis** valmisid tulemuste visualiseerimise komponendid (Chart.js + react-chartjs-2), et pakkuda õpetajatele andmepõhist tagasisidet.
5. **Viiendas etapis** keskenduti kasutajaliidese parandamisele ja struktuuri organiseerimisele (komponentide jagamine kataloogidesse, stiilide korrastamine jne).

**Kontrollimine (Check)**

Pärast iga funktsionaalsuse lisamist viidi läbi sisetestimine:

* Kontrolliti, et rollid toimiksid korrektselt;
* Veenduti, et QR-koodide alusel registreerimine toimiks ka erinevates brauserites ja seadmetes;
* Testiti, kas kõik põhitegevused (nt hinnete sisestus, kohaloleku salvestus) on teostatavad maksimaalselt 3-4 kliki jooksul;
* Analüüsiti tagasisidet süsteemi logidest ning vajadusel tehti väikseid parandusi.

**Täiustamine (Act)**

Tagasiside ja testide põhjal tehti järgmised muudatused:

* Lisati lisakinnitused tundide kustutamisel;
* Muudeti osa kasutajaliidese ikoone ja nuppe arusaadavamaks;
* Tabelivaadetes lisati tühjade väärtuste visuaalne tähistus;
* Andmete automaatne värskendamine Socket.IO abil asendati osaliselt manuaalse uuendamise võimalusega, et suurendada kontrolli.

## Testimine ja tulemuste hindamine

### Võrdluse metoodika

Veebirakenduse minimaalset elujõulist toodet (MVP) hinnati olemasolevate haridustarkvarade – eKooli, Stuudiumi ja Tahvli – kontekstis, keskendudes konkreetsete stsenaariumite põhjal läbiviidud võrdlustestidele. Võrdlusmetoodika tugines eelnevalt kirjeldatud kolmele stsenaariumile, milles hinnati selliseid tegevusi nagu hinde lisamine, uue ülesande loomine ja kohaloleku registreerimine. Lisaks kaasati otsustusprotsesside toetuseks eelnevalt koostatud võrdlustabel, kus funktsionaalsust analüüsiti kvantitatiivselt ja kvalitatiivselt.

Arvestades, et MVP eesmärk ei olnud täielik funktsionaalsuse katvus, vaid just kriitiliste kitsaskohtade adresseerimine, keskenduti hinnangutes eelkõige töövoo lihtsustamisele, andmepõhise tagasiside võimalustele ja kohaloleku mehhanismi uuendamisele. Kuna MVP arendusfaasis ei olnud võimalik kõiki puudusi korraga kõrvaldada, lähtuti testimisel pigem sellest, milliseid konkreetseid kitsaskohti suudab uus lahendus parandada võrreldes varasematega.

Seega põhines hindamine olemasolevate lahenduste testitulemustel, funktsioonide saadavusel, töövoo efektiivsusel ja kasutajaliidese loogikal. Mõõtmised viidi läbi arenduskeskkonnas ja ei hõlmanud veel lõppkasutajate hinnanguid.

### MVP tugevused võrreldes olemasolevate lahendustega.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Hindamiskriterium | Stuudium | Tahvel | eKool | MVP |
| |  | | --- | | Stsenaarium 1: Uue õppetunni loomine |  |  | | --- | |  | | 8 | 10 |  | 5 |
| |  | | --- | | Stsenaarium 2: Hinde või puudumise muutmine |  |  | | --- | |  | | 9 hind (+1 kui arvestus)  7 puudumine | 9 hind (+1 kui arvestus)  7 - puudumine |  | 5 |
| |  | | --- | | Stsenaarium 3: Kohaloleku registreerimine |  |  | | --- | |  | | 7 | 8 |  | 5 (käsitsi)  3 – Qr koodi kasutamine |
| |  | | --- | | Automaatne kohaloleku kogumine |  |  | | --- | |  | | Ei | Ei | Ei | |  | | --- | | Jah (QR ja skannimine) |  |  | | --- | |  | |
| |  | | --- | | Õpitulemuste analüüs |  |  | | --- | |  | | Väga piiratud | Väga piiratud | Ainult grupipõhine | Õpijapõhine |
| |  | | --- | | Navigeerimise selgus |  |  | | --- | |  | | Hea | Keskmine | Keskmine | |  | | --- | | Hea (SPA, lihtne menüü) |  |  | | --- | |  | |
| |  | | --- | | Mobiiliversiooni olemasolu |  |  | | --- | |  | | Jah | Ei | Ei | |  | | --- | | Jah (responsive SPA) |  |  | | --- | |  | |

# UURIMUSTÖÖ TULEMUSED JA ANALÜÜS

## Uurimustulemused ja nende tõlgendamine

Analüüsitakse saadud tulemusi küsitlustest ja prototüübi testimisest. Keskendutakse kasutajate tagasisidele ja nende rahulolule loodud rakendusega.

## Rakenduse praktiline väärtus haridusasutustes

Käesoleva magistritöö käigus arendati välja minimaalne toimiv versioon (MVP) haridusasutuste sisekasutuseks mõeldud infosüsteemist, mille eesmärk on õpetajate igapäevatöö automatiseerimine, infohalduse täpsuse suurendamine ning protsesside jälgitavuse parandamine. MVP realiseerib süsteemi tuumikfunktsionaalsuse, millele saab tulevikus lisada täiendusi vastavalt haridusasutuse kasvavatele vajadustele.

**Teostatud funktsionaalsus**

**1. Õppetundide loomine ja haldamine**  
Õpetajal on võimalik lisada tunde, määrates:

* kuupäeva, kellaaja, grupi ja aine;
* salvestatud tunnid kuvatakse automaatselt nii õpetajale kui ka vastava grupi õpilastele.

**2. Kohaloleku registreerimine**

* Iga tunni sees saab õpetaja määrata iga õpilase kohalolu staatuse (kohal / puudus).
* Rakenduses on implementeeritud QR-koodi põhine kohaloleku mehhanism, mille puhul saab õpetaja luua tunni ID-ga seotud unikaalse QR-koodi.
* Õpilasel on võimalus skaneerida QR-koodi oma seadmega ning süsteem registreerib tema kohaloleku automaatselt seoses viimase alanud tunniga.
* Antud funktsionaalsus on testkeskkonnas osaliselt realiseeritud ning loob aluse reaalajas ja automaatseks kohaloleku registreerimiseks klassiruumi kontekstis.

**3. Statistiline ülevaade (raporteerimine)**

* Rakendus pakub õpetajale ja administraatorile üksikõpilase tasemel statistilist ülevaadet hinnetest ja kohalolekust.
* Praegu puudub failipõhine eksport ja grupipõhine koondaruanne (PDF/CSV), kuid need on planeeritud järgmisesse arendusetappi (vt 5.3).

**4. Kasutajahaldus ja rollid**

* Süsteemis on implementeeritud baastasemel rollipõhine ligipääs: õpetaja ja õppija.
* Õpilase ja lapsevanema kasutajaliidesed on kavandatud, kuid MVP-s veel realiseerimata.

1. **Analüüs ja piirangud**

* **Tuumikfunktsionaalsus** katab suurema osa õpetaja töövoost: tunnid, hinded ja kohalolek moodustavad protsesside aluse, millele ehituvad teised süsteemiosad.
* **Mõned tehnilised funktsioonid** (nt dünaamiline QR, API-integratsioonid, visuaalsed raportid ja failide eksport) on arendatud vaid osaliselt või kavandatud järgmiste arendusetappide jaoks.
* **Kasutajaliides** põhineb SPA-arhitektuuril ja on optimeeritud ka mobiilseadmetes kasutamiseks, kuid vajab veel visuaalset viimistlust ja kasutusloogika täiustamist.
* **Andmebaasistruktuur** on loodud võimaldama laiendamist (nt mitme kooli tugi, rollide hierarhia), kuid vajab refaktoreerimist, et toetada keerukamat organisatsioonilist ülesehitust.

## Rakenduse edasised arendusvõimalused

Praegune MVP (Minimum Viable Product) lahendab esmased vajadused õpilase akadeemilise soorituse ja kohaloleku jälgimiseks. Kuid organisatsiooni suutlikkus kohaneda muutuva haridusmaastikuga ning liikuda tõhusa protsesside automatiseerimise poole eeldab rakenduse edasiarendamist mitmes etapis, toetudes standarditele (nt ISO 21001, ISO/IEC 27001, ISO 30401) ja kaasaegsele teaduskirjandusele.

A green and black chart

AI-generated content may be incorrect.

Joonis 13 Arenduste prioriteetide kihiline mudel

**1 etapp (kõrge prioriteet): Tunniplaani integratsioon ja reaalajas kohaloleku registreerimine**

Rakenduse arendamise loogiline jätk on **dünaamilise tunniplaani integreerimine**, mille kaudu oleks võimalik automaatselt ühendada iga päev konkreetse aine ja tunni konteksti õpilase tegevustega. Süsteem suudaks:

* tuvastada, **millisel konkreetsel tunnil** õpilane puudus või hilines;
* salvestada **hilinemise ja puudumise põhjuseid** ning automaatselt liigitada need (nt haigestumine, õigustatud/õigustamata);
* võimaldada õpetajatel registreerida kohalolekut **QR-koodi skaneerimisega**, mis on seotud tunni ID-ga ning salvestab täpse kellaaja.

See arendus on kooskõlas **Selwyn et al. (2021)** rõhutatud vajadusega **automatiseerida haridusasutustes info kogumist ja töövooge**, muutes õpetaja koormuse väiksemaks ning tõstes andmete usaldusväärsust.

Selline lahendus suurendaks andmete täpsust ja aitaks täita **ISO 21001:2018** nõuet punktis 8.3, mille kohaselt tuleb õppijate tegevused dokumenteerida ja jälgitavaks muuta (ISO, 2018).

**2 etapp (kõrge prioriteet): Rollipõhised ligipääsud, turvalisus ja vastutusahelad**

Kuna süsteemis töödeldakse tundlikke isikuandmeid (hinded, puudumised, käitumismustrid), tuleb tugevdada ligipääsukontrolli vastavalt **ISO/IEC 27001:2022** nõuetele ning luua läbipaistvad rollipõhised vastutusahelad. Selleks tuleb rakendada järgmised meetmed:

* **Õiguste määramine vastavalt rollile**, hõlmates lisaks baasrollidele (õpilane, õpetaja, administraator, lapsevanem) ka täiendavad rollid nagu *klassijuhataja*, *õppejuht*, *tugiisik*, *IT-administraator*:
  + Klassijuhataja näeb koondvaateid oma klassi puudumiste, hinnete ja hilinemiste kohta;
  + Õppejuht saab teavitusi, kui õpetaja pole õigeaegselt sisestanud hindeid või kohalolekut;
  + Administraator hallkab juurdepääsuõigusi ja logisid ning teeb vastavuskontrolli;
  + Lapsevanemal on piiratud, ainult oma lapse andmetele ligipääs.
* **Ligipääsude logimine ja perioodiline ülevaatus**, järgides **punkti A.9.2.5** (ISO/IEC 27001:2022), et vältida liigseid või vananenud õigusi ning reageerida õigeaegselt turvaohtudele.
* **Kohustuslik kahefaktoriline autentimine (2FA)** kõikidele tundlikele ligipääsudele (nt haldusliides, isikuandmed), kasutades **Eesti riiklikke autentimislahendusi** nagu *Smart-ID*, *Mobiil-ID* või *ID-kaart*, ühendatuna **RIA TARA** teenusega.
* **Automaatne rollipõhine teavitussüsteem**, mis võimaldab:
  + juhtkonnal saada märguandeid õpetajate tegevusetuse kohta (nt puuduvad hinded);
  + tugiisikutel saada infot õpilaste riskikäitumise kohta;
  + süsteemi läbipaistvust ja usaldusväärsust, toetades **ISO 21001:2018 punktis 8.5.2** kirjeldatud ressursside ja vastutuste jagamist (ISO, 2018).

**3 etapp (kõrge prioriteet): Riiklikud integratsioonid (EHIS, HarID, EIS, TARA)**

Rakenduse jätkusuutlikkuse ja õigusliku usaldusväärsuse tagamiseks on oluline integreeruda riiklike infosüsteemidega. See mitte ainult ei lihtsusta andmete haldamist ja kontrolli haridusasutustes, vaid aitab tagada vastavuse Eesti haridussüsteemi normatiividele ja turvanõuetele.

**Peamised integratsioonid:**

* **EHIS (Eesti Hariduse Infosüsteem):**
  + Võimaldab õppurite, õppekavade ja õppevormide ametlikku registreerimist.
  + Statistiliste andmete automaatne edastamine Haridus- ja Teadusministeeriumile.
  + Võimaldab välistada topeltandmete käsitsi sisestamist ja parandab andmete järjepidevust.
  + Toetab ISO 21001:2018 punkti **8.2**, mis käsitleb teenuse vastavust haridusasutuse strateegiale ja ühiskondlikele nõudmistele (nt riiklikud aruandlusnõuded).
* **HarID ja TARA (Turvaline Autentimine Riikliku Autentimisteenuse kaudu):**
  + Võimaldab autentimist Smart-ID, Mobiil-ID ja ID-kaardi kaudu.
  + Tagab kõrgtasemel ligipääsukontrolli, arvestades kasutaja rolli ja õiguseid.
  + Täidab ISO/IEC 27001:2022 nõudeid, sh punkt **A.9.4**, mis käsitleb teabe- ja rakendusteenuste turvalist kasutamist ning ligipääsu autentimise kontrolli.
* **EIS (Eksamiinfosüsteem):**
  + Võimaldab sünkroniseerida eksamitulemusi ja tasemetöid õpilase profiiliga.
  + Lihtsustab õpetajate ja tugispetsialistide ligipääsu tulemuste analüüsile ühes keskkonnas.
  + Tagab, et õppimise tulemusnäitajad on ajakohased ja integreeritud teistesse süsteemi osadesse, toetades teadmistepõhist juhtimist (ISO 30401).

**4 etapp (kõrge prioriteet): Kursuste, perioodide ja hindamisskaalade haldus**

Süsteemi funktsionaalsuse laiendamisel tuleb arvesse võtta koolide vajadusi, mis puudutavad õppetöö struktuurset korraldust ja hindamismeetodite varieeruvust. Selle etapi eesmärk on luua paindlik ja kohandatav raamistik, mis võimaldab koolidel administreerida erinevaid kursuseüksusi, õppeperioode ja hindamissüsteeme vastavalt oma õppekavale ja sisemistele reeglitele.

**Peamised funktsionaalsused:**

* **Õppeperioodide haldamine (trimestrid, semestrid, moodulid):**
  + Võimaldab määratleda erinevaid ajavahemikke, mil hinnatakse õpilaste arengut;
  + Toetab struktureeritud õppekavade rakendamist ja ajaliselt diferentseeritud aruandlust;
  + Vastab ISO 21001:2018 põhimõtetele paragrahvis **8.1.2**, mis rõhutab planeerimise tähtsust haridusteenuste pakkumisel.
* **Kursuste ja aineüksuste loomine ja seostamine:**
  + Igal kursusel saab olla eraldi nimetus, eesmärk, maht ja seotud õpetaja;
  + Võimaldab hallata valikaineid ja erinevaid kursuste kombinatsioone, sh kutseõppes;
  + Toetab standardi ISO 30401 põhimõtet, mille kohaselt teadmiste haldamine peab olema **kontekstuaalne ja süsteemne**.
* **Hindamisskaalade konfigureerimine:**
  + Võimaldab luua mitmeid erinevaid hindamissüsteeme, nt:
    - numbriline skaala (nt 5-palli süsteem),
    - protsendipõhine hindamine,
    - kirjeldav tagasiside (nt "rahuldav", "väga hea", "arenguruumi").
  + Iga kool saab määrata, milline skaala kehtib millises õppeetapis või õppeaines;
  + Tagab hindamisandmete võrreldavuse ja usaldusväärsuse, mis on oluline ka ISO 30401 standardi **punkti 7.4** kohaselt, kus rõhutatakse andmete tähenduse ja kvaliteedi rolli teadmiste väärtuses.

**Tulemus:** See etapp loob vajaliku vundamendi õppeprotsessi sisuliseks juhtimiseks. Standardite valguses toetab see nii **protsesside korrastamist (ISO 21001)** kui ka **teadmiste struktuurset haldamist (ISO 30401)**. Paindlik kursuste ja hindamissüsteemide tugi on hädavajalik, et rakendus vastaks eri tüüpi õppeasutuste — sh gümnaasiumide, kutsekoolide ja erivajadustega õppijatega asutuste — vajadustele.

**5. etapp (kõrge prioriteet): Integratsioon teiste süsteemidega (Moodle, Google Workspace, MS Teams)**

**Taust ja vajadus:** Eestis kasutavad paljud koolid paralleelselt mitmeid platvorme: näiteks õppetöö toimub Moodle'is, suhtlus Microsoft Teamsis või Google Classroomis ning kohalolek/hindamine eKoolis või Stuudiumis. See killustatus tähendab, et:

* õpetajad peavad andmeid mitmesse kohta sisestama;
* puudub keskne vaade õppija tegevusele;
* õpilane saab infot eri kohtadest ilma loogilise seoseta.

**Funktsionaalsus ja lahendus:** Süsteem peab toetama integratsioone:

* **Moodle**: õppetulemuste ja kohaloleku sünkroniseerimine;
* **Google Workspace**: kalendrid, Drive, Forms;
* **MS Teams**: ülesannete haldus ja kalendrid;

**6. etapp (keskmine prioriteet): Automaatne riskiennustus kohaloleku ja hinnete alusel**

Pärast **Integratsiooni teiste süsteemidega** saab lisada masinõppe komponendi, mis:

* tuvastab **õpilase soorituse languse** mustrid (nt korrelatsioon puudumiste ja madalate hinnete vahel);
* ennustab riske, sh **väljalangemise oht** või vähene osalemine teatud ainetes;
* genereerib **varajase hoiatuse teavitusi** õpetajatele või tugispetsialistidele.

Sarnast lähenemist kasutas Delen (2011), saavutades õppijate väljalangemise ennustamisel **täpsuse 81%**, kasutades tehisneuraalvõrku (viidatud Zawacki-Richter et al., 2019).

**7. etapp (keskmine prioriteet): Arveldus, toitlustus ja dokumendihaldus**

Kuigi MVP keskendub akadeemiliste andmete ja kohaloleku haldamisele, on koolide igapäevane toimimine seotud ka logistiliste ja halduslike aspektidega, nagu arveldus, toitlustamine ja dokumentatsioon. Nende funktsioonide digitaliseerimine aitab vähendada manuaalset töökoormust, vältida andmete dubleerimist ja tagada suurema läbipaistvuse.

See etapp toob rakendusse olulised tugitegevused, mis on otseselt seotud õppeteenuse kvaliteediga ning selle haldamise tõhususega.

**Peamised funktsionaalsused:**

* **Arveldusmoodul:**
  + Võimaldab automatiseerida õppetasude, kursustasude, eksamitasude, õppematerjalide ja muude teenuste (nt transpordi, laagrikulude) haldust;
  + Sisaldab võimalust genereerida arveid, jälgida maksete seisu, saata automaatseid meeldetuletusi;
  + Võimaldab seostada arveldusinfot konkreetse õpilase ja tema osaletud kursustega;
  + Toetab ISO 21001:2018 punkti **8.4**, mis käsitleb dokumenteeritud teavet haridusteenuse osutamise kohta ning finantsläbipaistvust.
* **Toitlustuse haldus:**
  + Integreeritav kohaloleku andmetega – õpilase puudumisel saab toitlustust tühistada automaatselt;
  + Võimalik arvestada eri tüüpi toitlustusi (nt toiduallergiad, erimenüüd);
  + Võimaldab koostada statistikat toitlustuse kasutuse ja planeerimise kohta.
* **Dokumendihaldus:**
  + Võimaldab genereerida ametlikke dokumente (nt tunnistused, arenguvestluste protokollid, osalemise kinnitused);
  + Dokumentide digitaalne allkirjastamine (nt ID-kaardi, Mobiil-ID või Smart-ID kaudu);
  + Ligipääsuõiguste alusel saab määrata, kes dokumente koostab, kinnitab või alla laadib;
  + Toetab vastavust **ISO 21001 punktile 8.4**, mille kohaselt peab kogu haridusteenust puudutav dokumenteeritud info olema korrastatud, hallatav ja ajakohane.

**8 etapp (keskmine prioriteet): Automaatne aruandlus ja eksport**

Võimaldada õpetajatele ja juhtkonnale automaatne eksport:

* **klasside, ainete või kuude lõikes**;
* mitmes vormingus (PDF, CSV, XLSX);
* koos visuaalidega (graafikud hinnete trendidest, puudumistest).

Seda toetab ka **ISO 30401** punkt 7.5, mille kohaselt teadmiste kasutus peab olema **mõõdetav ja levitatav** tõendataval kujul.

**9 etapp (madal prioriteet): Sõnumid ja suhtluskanalid**

Tõhus suhtlus õpetajate, õpilaste, lapsevanemate ja juhtkonna vahel on kaasaegse haridusasutuse toimimise võtmekomponent. Kui MVP ei hõlma esialgu sisseehitatud suhtlusfunktsionaalsust, siis süsteemi areng peaks hõlmama turvalise ja rollipõhise sõnumivahetuse mehhanisme, mis vähendavad sõltuvust välistest kanalitest (nt e-post, sotsiaalmeedia) ja võimaldavad teabe tsentraliseerimist ning jälgitavust.

**Peamised funktsionaalsused:**

* **Integreeritud sõnumikeskkond:**
  + Võimaldab vahetada teateid individuaalselt või grupipõhiselt (nt õpetaja kogu klassile, lapsevanemale või juhtkonnale);
  + Toetab faile ja manuseid (nt puudumise põhjendused, tagasisidevormid).
* **Rollipõhine ligipääs ja nähtavus:**
  + Sõnumite vahetus toimub vastavalt määratud õigustele (nt lapsevanem näeb ainult oma lapsega seotud sõnumeid);
  + Juhtkond saab ligipääsu sisekommunikatsiooni ülevaatele ning saab jälgida süsteemis toimuvat infovahetust.
* **Logimine ja jälgitavus:**
  + Kõik sõnumid ja suhtlused logitakse ning on hiljem auditeeritavad, toetades läbipaistvust ja järelevalvet;
  + Võimalik määrata sõnumite säilitustähtaeg ning teavituste automaatne arhiveerimine.
* **Andmekaitse ja turvalisus:**
  + Sõnumiliiklus toimub krüpteeritult, järgides **ISO/IEC 27001:2022** infoturbe standardi **punkti A.13**, mis käsitleb teabevahetuse turvalisust:
    - A.13.2.1 – Information transfer policies and procedures;
    - A.13.2.3 – Electronic messaging;
    - A.13.2.4 – Confidentiality and non-disclosure agreements.
  + Eesmärk on tagada, et tundlik teave (nt puudumiste põhjused, hinnangud, individuaalsed õpiraskused) liigub vaid määratud isikute vahel ja dokumenteeritult.

**Tulemus:** Selle etapi realiseerimine loob ühtse ja turvalise suhtluskeskkonna, mis toetab koolikultuuri läbipaistvust, kiirendab otsuste tegemist ja vähendab suhtluspingeid. Ühtlasi aitab see viia kommunikatsiooni vastavusse riiklike andmekaitse- ja infoturbenõuetega, mis on eriti oluline isikuandmeid sisaldavate teadete puhul.

**10 etapp (madal prioriteet): Isikustatud soovitused õppijale**

Edasiarendusena võib rakendus pakkuda soovitusi:

* soovitatud õppematerjalid madalate hinnete korral;
* soovitused konsultatsioonideks, kui on olnud palju puudumisi;
* tagasiside visuaalsete analüüsidega, mis aitavad õpilasel mõista oma arengut.

See oleks kooskõlas **adaptatiivse õppe** kontseptsiooniga, mida toetavad Mustafa & Sharif (2021) artiklis AEHS-LS: kohandatud hüpermeedia süsteemid suurendasid tõhusust ja õpimotivatsiooni.

# Kokkuvõte

## Allikad:

Prakasa, T. A. D., Muklason, A., & Premananda, I. G. A. (2024). *Automating School Timetabling: An Intelligent System Application Using Simulated Annealing*. Proceedings of the 2024 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISITIA63062.2024.10668040>

Selwyn, N., Hillman, T., Bergviken Rensfeldt, A., & Perrotta, C. (2021). Digital Technologies and the Automation of Education — Key Questions and Concerns. *Postdigital Science and Education*, 5(1), 15–24. <https://doi.org/10.1007/s42438-021-00263-3>

* Brown, J. S., & Duguid, P. (2021). *The Social Life of Information*. Harvard Business Review Press.
* Davis, F. D. (2020). Resistance to Change: Understanding Barriers to Digital Transformation in Educational Institutions. *Journal of Educational Change*, 21(4), 589-606.
* Gómez, S., Fernández, J., & Navarro, J. (2022). Big Data in Education: Enhancing Decision-Making Processes. *ACM Computing Surveys*, 54(7), 1-30.
* Nguyen, H., Tran, P., & Le, T. (2022). Financial Constraints in IT Infrastructure Development in Educational Institutions. *International Journal of Educational Management*, 36(2), 298-312.
* Prakasa, T. A. D., Muklason, A., & Premananda, I. G. A. (2024). Automating School Timetabling: An Intelligent System Application Using Simulated Annealing. *2024 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 214-217.
* Selwyn, N., et al. (2021). *Digital Technologies and the Automation of Education—Key Questions and Concerns*. *Journal of Educational Technology & Society*, 24(3), 17-25.
* Smith, R., Johnson, L., & Brown, M. (2022). Cybersecurity Threats in Education: A Growing Concern. *IEEE Security & Privacy*, 20(2), 45-53.
* Zawacki-Richter, O., et al. (2019). Systematic Review of Research on Artificial Intelligence Applications in Higher Education—Where Are the Educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), 1-27.
  + 1. Требует проверки

**Allikad**

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(39). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

1. *Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautori(d) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.* [↑](#footnote-ref-1)