

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduste valdkond
Haridusteaduste instituut
Haridusinnovatsiooni õppekava

Alge Ilosaar
DIGITEHNOLOOGIA KASUTAMINE LOODUSTEADUSLIKU PÄDEVUSE
PROGNOOSIJANA
Magistritöö

Juhendaja: professor Margus Pedaste

Tartu 2025

Kokkuvõte

“Digitehnoloogia kasutamine loodusteadusliku pädevuse prognoosijana”

Eesti haridusvaldkonna arengukava seab eesmärgiks digitehnoloogia teadliku ja tulemusliku rakendamise. Kuigi digivahendid on laialdaselt kasutuses, pole teada, millisel määral prognoosivad nende kasutusviisid ja digipädevus õpitulemusi. Siinses magistritöös uuriti 3., 6. ja 9. klasside loodusainete tundide põhjal, mil määral need tegurid prognoosivad loodusteadusliku pädevuse erinevate dimensioonide omandamist. Andmeid koguti DigiEfekti projekti raames tunnivaatluste, loodusteadusliku pädevuse testi, digipädevuse testi ja taustaküsimustike kaudu ning analüüsiti regressioonanalüüsiga, tuginedes SAMR- ja ICAP-mudelile. Tulemused näitasid, et loodusteaduslikku pädevust saab osaliselt prognoosida nii digitehnoloogia kasutamiskiiside kui ka õpilaste digipädevuse põhjal. Käesolev magistritöö toob esile selle, et loodusteadusliku pädevuse kujunemine on seotud eakohase ja eesmärgipärase digitehnoloogia kasutamisega ning seetõttu on tulevikus oluline uurida õpetamisstrateegiaid ja digipädevuse kaudset mõju õpitulemustele.

Võtmesõnad: digitehnoloogia integreerimine klassiruumi, loodusteaduslik pädevus, regressioonanalüüs, SAMR-mudel, ICAP-mudel

Abstract

"The Use of Digital Technology as a Predictor of Scientific Competence"

The Estonian education development plan sets the goal of the conscious and effective integration of digital technology. Although digital tools are widely used, it remains unclear to what extent their modes of use and users' digital competence predict learning outcomes. This master's thesis examined how these factors in the context of science lessons predict the acquisition of different dimensions of scientific competence in Grades 3, 6, and 9. Data were collected in the context of the DigiEfekt project through classroom observations, a scientific competence test, a digital competence test, and background questionnaires. The data were analyzed using regression analysis, drawing on the SAMR and ICAP models. The results showed that scientific competence can be partially predicted by both the ways digital technology is used and students' digital competence.

This master's thesis highlights that the development of scientific competence is linked to age-appropriate and purposeful use of digital technology. Therefore, future research should focus on teaching strategies and the indirect impact of digital competence on learning outcomes.

Keywords: classroom digital technology integration, scientific competence, regression analysis, SAMR, ICAP

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Teoreetiline ülevaade.....	6
1.1. Loodusteaduslik pädevus.....	6
1.2. Digitehnoloogiate kasutamine õppetöös.....	8
1.2.1. ICAP-mudel.....	9
1.2.2. SAMR-mudel.....	10
1.2.3. Digipädevus	12
1.3. Uuringu fookus.....	13
2. Metoodika.....	13
2.1. Valim.....	13
2.2. Andmekogumine.....	15
2.3. Andmeanalüüs	17
3. Tulemused	18
3.1. Mil määral prognoosivad digitehnoloogiate kasutamise viisid ja taustategurid loodusteaduslikku pädevust kolmandas klassis?	18
3.2. Mil määral prognoosivad digitehnoloogiate kasutamise viisid ja taustategurid loodusteaduslikku pädevust kuuendas klassis	20
3.3. Mil määral prognoosivad digitehnoloogiate kasutamise viisid ja taustategurid loodusteaduslikku pädevust üheksandas klassis.....	22
4. Arutelu.....	23
4.1. Mil määral prognoosivad loodusteadusliku pädevuse omandamist digitehnoloogia õppetöös kasutamise viisid?	24
4.2. Kuidas prognoosivad õpilaste ja õpetajate digipädevust kirjeldavad valitud tunnused loodusteaduslikku pädevust?	26
Kasutatud kirjandus.....	30
Lisad	
Lisa 1. Vaatlusinstrument	
Lisa 2. DigiEfekti uuringus kasutatud väited õpetajate digihoiakude hindamiseks digitehnoloogiate kasutamise suhtes	

Sissejuhatus

Eesti haridusvaldkonna arengukavas (2021) on seatud eesmärgiks suurendada õppe tulemuslikkust aastaks 2035. Muuhulgas on välja toodud siht digipedagoogikale, mille üheks väljundiks on tehnoloogia eesmärgipärane ja tulemuslik rakendamine õppes. Tänapäeva õpetajalt eeldatakse üha enam oskust kohandada oma õpe vastavalt digitehnoloogia kiirele arengule.

Uuringud kinnitavad, et digivahendite kasutamine õppetöös on Eestis laialt levinud. Näiteks PISA 2022 uuringu kohaselt kasutab 47,5% Eesti õpilastest vähemalt korra nädalas õppetöös arvuteid (Lorenz, 2023). DigiEfekti uuringu põhjal kasutati Eesti koolides 2022. aastal 82% vaatlustundidest mingil moel digitehnoloogiat (Raave *et al.*, 2024). Digivahendite laialdasem kasutuselevõtt sai hoogu juurde COVID-19 pandeemia ajal, mil distantsõpe muutus peamiseks õppevormiks ja õpetajad pidid kiiresti kohanema uute digitaalsete õpikeskkondadega.

Kuigi digitaalsete ressursside kättesaadavus ja valik järjest enam kasvab, on õpetajal üha keerulisem valida sobivaimat viisi õpilaste kompetentside arendamiseks (Napal *et al.*, 2020). Õpetajate oskused õppeprotsessi ja -keskkondi mitmekesistada on ebaühtlased, muuhulgas ei kasutata maksimaalselt digilahenduste potentsiaali (Haridusvaldkonna arengukava..., 2021). Seda probleemi kinnitavad ka PISA andmetel põhinevad rahvusvahelised uuringud, mis näitavad, et digitehnoloogia kasutamine klassiruumides ei anna sageli paremaid tulemusi – lugemises, matemaatikas ja loodusteadustes pole õpitulemused oluliselt kõrgemad, kui tundides kasutada rohkem tehnoloogiat, mõnel juhul võib see tulemusi isegi halvendada (Navarro-Martinez & Peña-Acuña, 2022). Sarnast tendentsi võib täheldada ka Eestis: kuigi digivahendite kasutamine igapäevases õppetöös on märgatavalt kasvanud, on loodusteadustes PISA 2022 tulemuste põhjal suurenenud hoopis alasooritajate, mitte tippsooritajate osakaal (Henno, 2023).

See viitab asjaolule, et paremate tulemuste saavutamiseks ei piisa ainult digivahendite klassiruumi toomisest, vaid neid peab oskama ka mõtestatult ja tähenduslikult õppetöösse integreerida. Selleks vajaliku teadmuse loomisele keskendub ka siinne magistritöö.

Eesti kui tunnustatud digiriigi jaoks on eriti oluline mõista digitehnoloogia tegelikku mõju õppeprotsessile ja teadmiste omandamisele. Nüüd, kui digivahendid on õppetöös laialt levinud, on fookus nihkunud sellele, kuidas neid kõige tõhusamalt kasutada, sealhulgas loodusteadustes kõrgemate mõtlemisoskuste arendamiseks. See mitte ainult ei paranda õpilaste akadeemilisi tulemusi, vaid valmistab neid ette ka reaaleluliste probleemide

lahendamiseks. Seetõttu on oluline uurida, milline on seos digitehnoloogia kasutamise viiside ja loodusteadusliku pädevuse tasemete vahel.

1. Teoreetiline ülevaade

Digitehnoloogiate kasutamine õppetöös on tänaseks Eestis laialdaselt levinud, kuid endiselt puudub selge arusaam, kuidas erinevad digivahendite kasutamise viisid on seotud teadmiste omandamisega. Murettekitavaid suundumusi loodusteadusliku pädevuse omandamise osas näitavad viimased PISA uuringu Eesti tulemused (Henno, 2023). Selleks, et mõista ja uurida, kuidas digitehnoloogia erinevatel viisidel kasutamine prognoosib loodusteaduslikku pädevust, avatakse töös esmalt loodusteadusliku pädevuse mõiste – millised on selle dimensioonid, tasemed ja hindamiskriteeriumid. Digitehnoloogiate kasutamise viiside analüüsimisel keskendutakse töös kahele tunnustatud mudelile, SAMR ja ICAP mudelile, mille teoreetilised raamistikud võimaldavad kategoriseerida ja hinnata digitehnoloogiate rakendamist õppeprotsessis erinevatel tasanditel. Lisaks antakse ülevaade, millised on digipädevusega seotud taustategurid, mida peaks prognoosimise uurimisel vaatlema. Järgnevatel alapeatükkides avatakse neid teemasid põhjalikumalt.

1.1. Loodusteaduslik pädevus

Põhikooli riikliku õppekava (2023) loodusainete ainevaldkonna kava kohaselt on loodusainete õpetamise eesmärk põhikoolis kujundada õpilaste loodusteaduslikku pädevust, mille all mõistetakse loodusteaduslikke teadmisi, uurimis- ja probleemilahendamise oskusi ning jätkusuutlikku arengut väärtustavaid hoiakuid. Kaasaegne loodusteadusliku pädevuse käsitlus (Vaino *et al.*, 2024) rõhutab lisaks teadmiste ja uurimisoskuste rakendamisele ka loovuse olulisust, valmisolekut tegeleda mitme lahendusvõimalusega probleemidega ning oskust teha põhjendatud ja teaduspõhiseid otsuseid. Selline käsitlus toetab õpilaste suutlikkust mõista ning mõjutada maailma teaduspõhiselt ja vastutustundlikult.

Riiklikul tasandil hinnatakse õpilaste loodusteadusliku pädevuse arengut elektroonsete tasemetööde kaudu, neid kasutati ka siinses uurimuses vastava pädevuse hindamiseks. Loodusõpetuse tasemetööde hindamiskontseptsioon lähtub rahvusvaheliselt tunnustatud eesmärgist kujundada õpilastes loodusteaduslikku kirjaoskust (Pedaste, 2018; Rannikmäe *et al.*, 2021). Hindamise aluseks on võetud Robertsi (2007) loodusteadusliku kirjaoskuse traditsiooniline visioon, mille keskmes on loodusteadusliku sisu tundmine ja uurimuslike oskuste arendamine. Sellest lähtuvalt hinnatakse õpilaste loodusteaduslikku pädevust kahe

põhikomponendi alusel: 1) loodusteaduslikud teadmised ja oskused ning nendega seonduvate otsuste tegemise oskused; 2) uurimuslikud oskused (Pedaste, 2018). Õpilaste loodusteaduslikku pädevust hinnatakse viie tunnuse põhjal (tabel 1): null-, kesk-, kõrg- ja tipptasemel. Nulltase iseloomustab õpilast, kes ei osanud 50% ulatuses lahendada kõrgemate tasemete hindamiseks koostatud küsimusi. Tasemetööde sisu ei avalikustata, kuid nende dimensioonide hindamiseks kasutatavate ülesannete näidistega on võimalik tutvuda Haridus- ja Noorteameti kodulehel (Haridus- ja Noorteamet, 2025).

Tabel 1. Loodusteaduslikku pädevust iseloomustavad dimensioonid ja nende kirjeldused (Pedaste, 2022, 2023).

Dimensioon	Kirjeldus
Analüüsi- ja oskused	Oskus avada tekstides, tabelites ja joonistel esitatud infot, jagada keerukat infot osadeks, teha selle põhjal järeldusi ning täiendada olemasolevat infot.
Tõlgendamis- ja oskused	Oskus luua analüüsitud info põhjal uut teadmist, näiteks teha järeldusi tekstis, andmetabelis või joonisel esitatud info põhjal, vajadusel eri teadmisi omavahel sidudes, ning võtta vastu otsuseid ja põhjendada neid eri aspektidest lähtuvalt.
Kavandamis- ja oskused	Oskus kavandada uuringu läbiviimist, alustades mõjuteguri ja uuritava objekti tunnuse leidmisest kuni uurimisküsimuse ja hüpoteesi sõnastamise ning katse läbiviimiseks vajalike etappide ja neis vajalike vahendite nimetamise ning vajaduse põhjendamiseni.
Uurimuslikud teadmised	Teadmised uurimistöö läbiviimiseks ning teadmised uurimistöös kasutatavatest mõistetest, katse planeerimisest, läbiviimisest ja eri vormides, nt jooniste või tabelitena esitatud tulemuste analüüsimisest.
Ainealased teadmised	Spetsiifilised teadmised loodusteaduste valdkonna eri objektidest ja protsessidest, nende rühmitamisest ja omavahelistest seostest.

Siinses töös kasutatud loodusteadusliku pädevuse hindamise kontseptsioon valmis enne praeguse riikliku õppekava (2023) jõustumist, ega hõlma seetõttu jätkusuutlikku arengut väärtustavaid hoiakuid. Samas kattub see põhiosas loodusteaduslike teadmiste, uurimisoskuste ja probleemilahendamise rõhuasetusega ning võimaldab usaldusväärset hinnata õpilaste loodusteaduslikku pädevust.

Käesoleva töö kontekstis on oluline teada, millest võib sõltuda loodusteadusliku pädevuse omandamine. Juba Bybee (1997) tõi välja, et loodusteadusliku kirjaoskuse kujunemine on mõjutatud erinevatest teguritest. Need ei ole ainult teadmised ja oskused, mida ainetundides omandatakse, vaid oma mõju avaldavad ka õpilaste vanus, suhtumine ja hinnangud ning see, kuidas õpetaja õppeprotsessi üles ehitab, milliseid tegevusi rakendatakse õppetöö läbiviimisel (Bybee, 1997). Õpetaja roll õppeprotsessi kujundajana on väga oluline. Uuringud on näidanud, et õpetajad, kes rakendavad tundides mitmekesiselt

aktiivõppemeetodeid, suudavad paremini toetada õpilaste teaduslike oskuste kujunemist (Kurt & Sezek, 2021). Suuremat motiveeritust loodusteadustega tegelemiseks ja paremaid õpitulemusi on saavutanud õpilased, kes keskendusid ainetundides rohkem uurimuslikele tegevustele – nagu probleemide lahendamine ja tõendite põhjal argumenteerimine (Ekmekci & Serrano 2022). Seetõttu on õpetaja roll loodusteadusliku pädevuse arendamisel võtmetähtsusega – mitte ainult teadmiste edastajana, vaid ka õppeprotsessi teadliku suunajana. Sellest lähtuvalt uuritakse ka käesolevas töös, kuidas erinevad õpetamismeetodid kujundavad õpitulemuste omandamist loodusainete tundides.

1.2. Digitehnoloogia kasutamine õppetöös

Digitehnoloogia kasutamine õppetöös pakub nii võimalusi kui ka väljakutseid. Eelkõige annab see võimaluse õppimist mitmekesistada ja rohkem personaliseerida, teisalt eeldab digivahendite kasutamine õpetajalt piisavalt teadlikkust, oskusi ja valmisolekut tehnoloogia mõtestatud ja eesmärgipäraseks lõimimiseks.

Uuringud on näidanud, et digitehnoloogia kasutamine, kui see toimub läbimõeldult ja sihipäraselt, võib toetada paremaid õpitulemusi. Näiteks viitavad PISA 2022 tulemused, et mõõdukas digitaalsete seadmete kasutamine koolis on seotud parema sooritusega, kuid see seos sõltub eelkõige kasutamise sisust ja eesmärgist (OECD, 2023). Sama suunda näitavad ka Eestis läbi viidud uuringu tulemused – digitehnoloogia kasutamine klassiruumis võib tõhustada õpetamis- ja õppimisprotsesse, kui seda tehakse teadlikult ja läbimõeldult, ainult sihipärase kasutamisega välditakse võimalikke negatiivseid tagajärgi (Raave *et al.*, 2022a).

Eesti kontekstis on olemas olulised eeldused aktiivseks ja tõhusaks digitehnoloogia kasutamiseks, kuna Eesti noorte digioskused on võrreldes teiste riikidega keskmisest paremad (Kalmus *et al.*, 2023). Siiski näitavad uuringud, et digivahendite kasutamisel Eesti koolides ei saavutata alati täielikku potentsiaali. Euroopa Komisjoni andmetel kasutab enamik õpetajaid digitehnoloogiat eelkõige tundide ettevalmistamiseks – nii tunni planeerimiseks kui ka õppematerjalide koostamiseks (European Commission, 2019). Klassiruumis rakendatakse digitehnoloogiat mitmesugustel eesmärkidel: õppematerjalide esitlemiseks projektorite või interaktiivsete tahvlite abil, õppemängude või harjutusrakenduste kasutamiseks ning infootsinguks uurimuslikes ülesannetes (Ayllón *et al.*, 2020).

DigiEfekti uuringu (Pedaste & Bardone, 2023) põhjal keskenduvad Eesti õpetajad digitehnoloogia kasutamisel peamiselt praktilisele tõhustamisele, mitte õpetamise ja õppimise sisulisele ümberkujundamisele, mistõttu esitatakse õpilastele harva interaktiivseid või

koostööd soodustavaid ülesandeid. Seda kinnitab ka tõsiasi, et 58,6% juhtudest kasutas digivahendeid üksnes õpetaja (Pedaste *et al.*, 2022c), jättes õpilased seetõttu digitehnoloogia kasutamisel pigem passiivsesse rolli.

Sarnasele probleemile viitavad ka PISA 2022 tulemused: kuigi Eesti õpilased kasutavad digivahendeid küllaltki sageli, piirdub see enamasti lihtsate tegevustega, nagu infootsing, slaidiesitluste või dokumentide koostamine ning õpetajalt tagasiside saamine (Lorenz, 2023).

Need tulemused osutavad sellele, et digitehnoloogia kasutamine koolides on sageli pigem õpetajakeskne ning ei toeta piisavalt õpilaste aktiivset osalust ja sügavamalt õppimist. Oluline on märkida, et tehnoloogia mõju õppimisele ei sõltu üksnes selle kättesaadavusest, vaid suuresti ka õpetaja oskustest ja valmisolekust seda kasutada (Fraillon *et al.*, 2020).

Siinne magistritöö keskendubki selle analüüsimisele, kuidas just õpilasi enam kaasavad digitehnoloogia kasutamise viisid ning mitmekülgne digitehnoloogiate kasutamine prognoosivad loodusteaduslikku pädevust.

1.2.1. ICAP-mudel

Michelene T. H. Chi ja Ruth Wylie ICAP-i teooria aitab mõista, kuidas kognitiivne kaasatus ja õppimisviisid on omavahel seotud (Chi & Wyle, 2014). Nende teooria põhjal on õpilaste kaasamist õppeprotsessi võimalik hinnata neljal erineval tasemel: passiivne, aktiivne, konstruktiivne ja interaktiivne (tabel 2).

Tabel 2. Õpitemeetodite näited õpilaste kaasamise viiside põhjal (Chi & Wyle, 2014).

Õpitemeetod	Passiivne	Aktiivne	Konstruktiivne	Interaktiivne
Loengu kuulamine	Kuulamine ilma muude tegevusteta	Kordamine, lahenduskäikude kopeerimine, sõna-sõnalt märkmete tegemine	Valjusti mõtlemine, mõistekaartide joonistamine, küsimuste esitamine	Oma seisukoha kaitsmine ja arutlemine paaris või rühmas
Teksti lugemine	Teksti lugemine vaikselt või valjusti ilma lisategevusteta	Allajoonimine, esiletõstmine, kokkuvõtte kopeerimine	Enesele selgitamine, tekstide ühendamine, oma sõnadega märkmete tegemine	Küsitlemine ja vastamine partneriga, mõistmise kontroll
Video jälgimine	Videot lihtsalt vaadatakse ilma lisategevusteta	Video pausimine, edasi-tagasi kerimine	Kontseptsioonide selgitamine, võrdlemine varasemate teadmiste või teiste materjalidega	Arutelu kaaslasega põhjenduste üle, sarnasuste ja erinevuste arutelu

Interaktiivne õppimine toimub koostöös teise osapoolega, kus omavahelise arutelu käigus järeldatakse uusi teadmisi, mis polnud eelnevalt kirjas õppematerjalides ning seda ei öelnud ka vestluspartner (Chi & Wyle, 2014). Teistest kaasatuse dimensioonidest eristub interaktiivne õppimine selle poolest, et uued teadmised luuakse vastastikusel suhtluses, mitte ainult iseseisvalt või ühelt allikalt saadud info põhjal. Seda peetakse ka kõige efektiivsemaks kaasamise viisiks, sest ICAP-mudeli kohaselt õppimine suureneb seda enam, mida enam õpilased on õppeprotsessi kaasatud – passiivsest interaktiivseni (Chi & Wyle, 2014).

DigiEfekti uuringu kohaselt esines loodusainete tundides rohkem interaktiivset kaasamist kui matemaatikas või eesti keeles (Raave *et al.*, 2022c). Konstruktiivse õppetegevuse korral loob õppija uusi teadmisi iseseisvalt, seostades saadud teavet oma eelteadmistega ja arendades neid edasi, kuid seejuures ei pea kellegagi dialoogi (Chi & Wyle, 2014). Eesti kontekstis esines seda lähenemist kõige rohkem: kui 3. ja 6. klassis oli erinevus teiste kaasatuse viisidega pea kolmekordne, siis 9. klassis ligikaudu kahekordne (Raave *et al.*, 2022c). Aktiivse õppimise korral osaleb õppija tegevustes, mis suunavad tähelepanu õpitavale ja toetavad info töötlemist, kuid ilma uue tähenduse loomiseta, mistõttu teadmisi ei sünteesita ega arendata edasi (Chi & Wyle, 2014). Passiivse õppimise korral võtab õppija teavet vastu ilma aktiivse osaluseta, seda töötlemata või eelteadmistega seostamata (Chi & Wyle, 2014). Kuigi ICAP-raamistiku kohaselt on passiivsed tegevused vähemtõhusad ning tehnoloogia kasutamine õppetöös peaks toetama eelkõige õpilaste konstruktiivset ja interaktiivset õpitegevust, ei saa täielikult välistada ka passiivse õppimise kasutusvõimalusi. Õppetegevuse tõhusus sõltub eesmärgist ning passiivne õppimine võib olla tulemuslik, kui see järgneb konstruktiivsele tegevusele, sest mitte kõik õpieesmärgid ei eelda kõrget kognitiivset kaasatust (Chi & Boucher, 2023).

1.2.2. SAMR-mudel

Haridusteadlane Ruben Puentedura on loonud digitaalsete õppevahendite kasutamise viiside kirjeldamiseks SAMR-mudeli (Puentedura, 2006), mis jaotab digitaalsete õppematerjalide kasutuse nelja erinevasse kategooriasse vastavalt digitaalse õppematerjali rakendamise võimaldavusele õppetöös (tabel 3).

Tabel 3. Digitehnoloogiate kasutamise viiside dimensioonid SAMR-mudeli järgi (Puentedura, 2006; Romrell *et al.*, 2014)

Dimensioon	Kirjeldus
Asendamine	Digitehnoloogia kasutamine ei too endaga kaasa funktsionaalset muutust. Õppetegevuse sisu jääb samasuguseks.
Laiendamine	Digitehnoloogia kasutamine toob kaasa funktsionaalse muutuse, mida ilma vahendit kasutamata oleks keeruline saavutada.
Modifitseerimine	Digitehnoloogia kasutamine võimaldab märkimisväärset õppetegevuse ümberkujundamist.
Übermõtestamine	Digitehnoloogia kasutamine võimaldab õppetegevust, mis muidu oleks mõeldamatu.

DigiEfekti uuringu (Raave *et al.*, 2022b) tulemused näitavad, et Eesti koolides kasutatakse digitehnoloogiat kõige sagedamini asendamise viisil, eriti loodusainete tundides kõigis kooliastmetes – 3., 6., ja 9. klassides. See on kõige lihtsam kasutusviis, kus õppetegevus ise ei muutu, vaid muutub ainult vahend. Näiteks loetakse infot ekraanilt, kuigi sama tekst on olemas ka paberõpikus. Laiendamine oli rakendamise kordade arvult teisel kohal, silmapaistvalt sagedasti kasutati seda 6. klassides (Raave *et al.*, 2022b). Õppetegevusse toodi funktsionaalne muutus, näiteks teksti trükkimisel kasutati õigekirjakontrolli.

Kui asendamine ja laiendamine toetavad olemasolevate tegevuste lihtsustamist või täiustamist, siis modifitseerimise ja übermõtestamise puhul saab läbi viia õppetegevusi, mis muidu oleksid keerulised või võimatud. Näiteks saavad õpilased olenemata asukohast samaaegselt ühes dokumendis töötada ja kommentaare lisada või teksti multimeediasisu integreerida. Eesti koolides kasutati õppetegevuse übermõtestamiseks digitehnoloogiaid kõige rohkem 3. klassides, pea poole vähem 6. klassides ning üldse mitte 9. klassides (Raave *et al.*, 2022b). Selliste tegevuste osakaal oli võrreldes asendamise olukordadega seitse korda väiksem, mis näitab, et keerukamaid digivõimalusi kasutatakse veel tagasihoidlikult.

Erinevad digitehnoloogia kasutamise viisid eeldavad nii õpetajatelt kui ka õpilastelt erinevaid oskusi. Kui asendamise korral on õpetaja pelgalt rakendaja rollis, siis übermõtestamise korral peab ta looma õpilastele keskkonna, kus nad saavad näidata juba kõrgema tasandi oskusi nagu loovus või oskust teavet analüüsida.

Kuigi vastavalt SAMR-mudelile peaks tehnoloogia kasutamine andma suuremat efekti siis, kui see võimaldab õppetegevust ümber mõtestada, ei tähenda see alati, et kõrgema taseme tegevused on oma olemuselt tõhusamad kui asendamine või laiendamine (Blundell *et al.*, 2022). Oluline on arvestada, et tehnoloogia mõju õppimisele on tugevalt seotud õpilaste ja

õpetajate omadustega ning sellega, millise eesmärgi saavutamiseks tehnoloogiat kasutatakse (Hamilton *et al.*, 2016). Seetõttu ei pruugi isegi väljakutseid rohkem pakkuv tegevus anda oodatud tulemusi, kui see ei sobitu konkreetsesse õppetegevusse ja vajalike oskuste ning eelteadmistega sihtrühmale. SAMR-i mudeli üheks puuduseks peetaksegi seda, et see ei arvesta õppetegevuse eesmärke ega konteksti, milles digitehnoloogiat rakendatakse (Blundell *et al.*, 2022). Seetõttu on oluline keskenduda mitte üksnes digitehnoloogilisele vahendile, vaid õpetajate ja õpilaste tegevustele ning rollidele, arvestades nende tausta, näiteks varasemat kogemust. Nii nagu passiivne õpitegevus võib teatud juhtudel anda ootamatult häid tulemusi, ei pruugi ka tehnoloogia kõrgetasemel kasutamine alati tähendada paremat õppimist, sest tegevuse efektiivsus sõltub kontekstist ja õpieesmärgist, mistõttu võib tehnoloogia kasutamisel sobivaim valik olla asendamine või laiendamine.

1.2.3. Digipädevus

Digitehnoloogiate kasutamiskiiside tõhusus võib oleneda ka sellest, millised on õpilaste ja õpetajate digipädevused. Seetõttu kaasati siinsesse uuringusse sõltumatute muutujatena ka mõlema osapoolde digipädevust iseloomustavad tunnused. Digipädevus on üks põhikooli riiklikus õppekavas (2023) sätestatud üldpädevustest, mille kaudu kujundatakse õpilaste oskust kasutada digitehnoloogiat teadlikult ja vastutustundlikult.

Õppetegevuses võib digipädevust defineerida kui spetsiifilist pädevust, mis hõlmab teadmisi ja oskusi koos hoiakute ja tegutsemise valmidusega (Pedaste *et al.*, 2023a).

DigiEfekti uuringus (Kallas & Pedaste, 2025) käsitleti digipädevust üheksa dimensiooni kaudu: digimaterjalide loomine, digisisu programmeerimine, digimaailmas suhtlemine, digivahenditega operatsioonide tegemine, digimaailmas enese ja teiste kaitsmine, digimaailmas seaduslik toimetamine, käitumisega seotud hoiakud, tajutud kontroll ja käitumise soov. Sama uuringu raames kirjeldati õpetajate digihoiakuid kolmes dimensioonis: tajutud kontroll, käitumisega seonduvad hoiakud ja käitumise soov (Pedaste *et al.*, 2023b).

Siinses töös on fookuses õpetaja käitumisega seonduvad hoiakud digivahendite kasutamise suhtes. Need hõlmavad nii tehnoloogiaga seotud ärevust kui ka hinnanguid selle väärtuse ja kasutamise lihtsuse kohta (Pedaste *et al.*, 2023b). Õpilaste digipädevust kasutati kahes dimensioonis: digimaailmas enese ja teiste kaitsmine ning digimaterjalide loomine, kus esimesel juhul hinnatakse suutlikkust toime tulla digikeskkonna ohtudega ning teisel teadmisi ja oskusi digitaalsete tekstide või visuaalsete materjalide loomiseks (Kallas & Pedaste, 2025). DigiEfekti uuringu (Kallas & Pedaste, 2025) tulemused näitasid, et nii digimaterjalide

loomise oskus kui ka oskus ennast ja teisi digimaailmas kaitsta, paranesid vanuse kasvades ning olid põhikooli lõpuks selgelt kujunenud ligikaudu kolmveerandil õpilastest.

1.3. Uuringu fookus

Kõrvutades omavahel digitehnoloogia kasutamise eesmärgi, viisi ja selle kasutaja õpilase loodusainetes omandatud õpitulemustega, on võimalik mõõta digitehnoloogiate kasutamise efekti õppetöös.

Uurimistöö eesmärgiks on selgitada, kuidas 3., 6. ja 9. klassis loodusainete tunnivaatluste põhjal selgitatud tehnoloogia kasutamise viisid ning õpilaste digipädevus ja õpetaja digihoiakud prognoosivad õpilaste loodusteaduslikku pädevust. Täpsemalt püstitati töös järgmised uurimisküsimused:

1. Mil määral prognoosivad loodusteadusliku pädevuse omandamist digitehnoloogia õppetöös kasutamise viisid?
2. Kuidas prognoosivad õpilaste ja õpetajate digipädevust kirjeldavad valitud tunnused loodusteaduslikku pädevust?

2. Metoodika

Käesoleva magistritöö metoodika peatükis kirjeldatakse, keda ja milliseid andmeid uuriti, kuidas andmeid koguti ning millist meetodit kasutati andmete analüüsimiseks.

Uurimistöö põhineb andmetel, mis koguti perioodil 01.05.2020–30.04.2023 teadusprojekti DIGIVARA5 „DigiEfekt: Digitaalse õppevara kasutamise mõju õppimisele ja õpetamisele Eesti põhihariduse näitel” käigus. Töö autor osales projektis andmete kogumisel ja loodusteadusliku pädevuse testi vastuste kodeerimisel.

2.1. Valim

Digiefekti uuringus kasutati eesmärgipärast valimit (Rämmer, 2014), kus koolide valikul arvestati järgmisi tunnuseid:

- kooli tulemused akadeemilistes testides (riiklikud matemaatika, loodusainete ja eesti keele tasemetööd ning põhikooli lõpueksamid eesti keeles, eesti keeles teise keelena ja matemaatikas aastatel 2017–2019);
- kooli digitegevused (9. klassi keskmine tulemus digipädevuse tasemetöös 2019. aastal, kooli enesehinnang digivalmiduse osas Digipeegli töövahendi alusel, õpetaja enesehinnang oma digioskustele 2018. a koolirahulolu uuringu põhjal);

- kooli tulemus riiklikus rahulolu uuringus aastatel 2018–2020 (sh õpilaste ja lapsevanemate hinnangud digivalmidusele ja digitegevuste rakendamisele).

Tunnuste põhjal kombineeriti valim valikumaatriksi alusel, et tagada uuringu seisukohast oluliste tunnuste osas võimalikult mitmekesine valim. Välistati need koolid, kus puudusid andmed mõne tunnuse kohta või kus õpilaste arv klassis oli väiksem kui 10 õpilast. Haridus- ja Teadusministeeriumilt ning Haridus- ja Noorteametilt saadud andmete põhjal jäi niimoodi valimi moodustamiseks sõelale 241 põhikooli.

Kõik kasutatud tunnused teisendati 100-pallisele skaalale ja koolid jagati iga koondtunnuse osas kolme kategooriasse: kõrge, keskmise ja madala tulemusega koolideks. Uuringusse kaasati koole, kes olid kolme koondtunnuse osas kas kõrges või madalas grupis (nt kõrge-kõrge-kõrge, madal-madal-madal, kõrge-madal-kõrge). Esmalt võeti ühendust koolidega, mis olid koondtulemuse alusel selle grupi kõige paremad esindajad, nt madalamas kategoorias kõige madalama punktitasemega. Kui väljavalitud kool ei soovinud uuringus osaleda, siis pöördui pingereas järgmise kooli poole. Koolidele ei avaldatud, millisesse valikumaatriksi gruppi nad kuulusid, sellekohane info oli konfidentsiaalne ja teada üksnes uuringu juhile, kes vastutas projekti andmehalduse eest. Peale koolijuhi põhimõttelist nõusolekut arutati kooli meeskonnaga, sh õpetajad, läbi täpsemad uuringu läbiviimise detailid. Kui mõni matemaatika, eesti keele või loodusainete õpetaja polnud valmis uurimisprojektis osalema, siis kaasati samast koolist mõni teine vastava aine õpetaja, kes kinnitas oma soovi kirjaliku nõusolekuga. Seejärel tutvustati projekti õpilastele ja nende vanematele, misjärel kinnitati vastaval vormil vabatahtlikkuse alusel oma nõusolek uuringus osalemiseks. Klass kvalifitseerus uuringus osalema, kui vähemalt kümme selle klassi õpilast andsid oma nõusoleku projektis osalemiseks ning seda kinnitas kirjalikult ka tema lapsevanem või seaduslik esindaja.

DigiEfekti uurimisprojekti kaasati kolmteist eestikeelse õppega põhikooli, milles olid esindatud kõik kooliastmed. Uuringu fookuses olid iga kooliastme viimased klassid, osalejaid oli 3. klassidest 351, 6. klassidest 320 ja 9. klassidest 289 õpilast (kokku 960 õpilast) ning nende 93 õpetajat (matemaatika, eesti keele ja loodusainete õpetajad).

Antud magistritöö valimisse kuulusid 807 õpilast ja 42 loodusainete õpetajat. Õpilased olid need, kes sooritasid loodusteadusliku pädevuse testi, osalesid loodusainete tunnis, kus viidi DigiEfekti projekti raames läbi vaatlus, ning vastasid küsimustele digimaterjalide loomise ning digimaailmas enese ja teiste kaitsmise kohta. Õpetajatest kuulusid valimisse need, kes vastasid digihoiakuid puudutavatele küsimustele ja kelle õpilased sooritasid loodusteadusliku pädevuse testi.

2.2. Andmekogumine

Magistritöös kasutatud andmed koguti DigiEfekti uuringu raames tunnivaatluste, digi- ja loodusteadusliku pädevuse testi ning kirjaliku küsimustiku kaudu.

Digitehnoloogia kasutamise viiside ja õpitegevuste kohta koguti andmeid **vaatluste** käigus. Külastati neid tunde, kus õpetajad olid andnud oma nõusoleku õppetöö läbiviimise jälgimiseks ja analüüsimiseks. Kokku külastati ühekordselt 56 loodusainete tundi 3., 6. ja 9. klassides. Andmekogumine viidi läbi avaliku vaatlusena (Cohen *et al.*, 2018), seejuures ei jälgitud neid õpilasi, kelle vanematelt polnud uurimisprojektis osalemiseks kirjalikku nõusolekut saadud. Sellekohast infot, keda mitte jälgida, jagas õpetaja vaatlejale ainetunni alguses. Koostöös õpetajaga leiti vaatlejale koht, kus oli kõige parem ülevaade klassis toimuvast, seejuures häirimata klassi loomulikku kliimat.

Vaatluste peamine fookus oli õpilaste tegevuse ja digitaalsete õppematerjalide kasutamise jälgimine. Sellekohane kirjeldus märgiti üles DigiEfekti projekti meeskonna poolt koostatud vaatlusprotokolli (Lisa 1), mille üks osa keskendus digitaalsete õppematerjalide kasutuse kategoriseerimisele SAMR-mudeli alusel. Kogu digitaalse õppematerjali kasutus liigitati sobivasse kategooriasse vastavalt sellele, kuidas see õppimist toetab alates lihtsast asendamisest kuni õppeprotsessi täieliku ümbermõtestamiseni. Tunnis nähtu pidi olema kirjeldatud nii, et see oleks ülevaatlik ja üheselt mõistetav ka uurijale, kes vaatlusel ei viibinud. Vaatluslehe tunnikirjeldusi kasutati hiljem ka õpitegevuste kodeerimiseks lähtuvalt ICAP-mudelist.

Enne vaatlusperioodi algust viidi DigiEfekti projekti teadlaste poolt läbi väljaõpe, kus tutvustati nii vaatlusinstrumendi teoreetilist alust kui ka praktilisi oskusi tunnivaatluste läbiviimiseks. Vaatlusandmete usaldusvääruse tõstmiseks harjutati videosalvestiste põhjal nähtu protokollimist, võrreldi tulemusi ja analüüsi neid omavahel. Koolituse lõpuks saavutati andmekogujate vahel meeskonnas hea kooskõla (Fleiss'i kapp = 0,79; Raave *et al.*, 2022b).

Loodusteadusliku pädevuse kohta koguti andmeid **elektroonse standardiseeritud testiga** testide andmekogus EIS. Kõigis kolmeteistkümnes valimisse kuulunud koolis viidi hindamine läbi kahel korral, nii enne kui ka pärast vaatlusperioodi. Magistritöös kasutatakse 3., 6. ja 9. klasside teise testimiskorra andmeid, kuna selleks ajaks olid lõppenud tundide vaatlused ja tundidest olenevad just need tulemused, mida hinnatakse tunni toimumise järel. Esimesele kooliastmele mõeldud testis hinnati loodusteaduslikku pädevust 27 küsimuse põhjal, teise ning kolmanda kooliastme testis 31 küsimuse põhjal. Hindamisvahendina

kasutati psühhomeetriliselt valideeritud riiklikke loodusõpetuse tasemetöid esimesele ja teisele kooliastmele. DigiEfekti uuringu raames sooritasid valimikoolide 3. klassid esimesele kooliastmele mõeldud ning 6. ja 9. klassid teisele kooliastmele mõeldud tasemetööd. Kuigi riiklike hindamisvahendite sisu pole avalikustatud, kontrolliti nende kvaliteeti faktoranalüüsi ja üksikvastuste teooria abil juba tasemetöö koostamise ja DigiEfekti pilootuuringu käigus. Seda, et testiga on võimalik hinnata õpilaste loodusteaduslikku pädevust, näitasid ka uuringuga samal aastal läbi viidud riiklike loodusõpetuse tasemetööde analüüside tulemused (Pedaste *et al.*, 2022a; Pedaste *et al.*, 2022b).

Loodusteadusliku pädevuse taset mõjutada võivate taustateguritena võeti uuringusse need, mis DigiEfekti lõppraporti (Pedaste *et al.*, 2023c) põhjal omasid mitmetasandilise analüüsi alusel suuremat efekti loodusteaduslikule pädevusele. Valiti need kolm digitehnoloogia kasutamisega seonduvat tunnust, mis prognoosisid raporti põhjal mitmetasandilistes mudelites vähemalt kaht viiest looduspädevuse dimensioonist statistiliselt oluliselt määral.

Nendeks osutusid loodusainete õpetajate hoiak digitehnoloogiate kasutamisele õppeprotsessis, õpilaste oskus luua digimaterjale ning õpilaste oskus end ja teisi kaitsta digimaailmas.

Taustategurite kohta koguti andmeid loodusainete õpetajatelt **küsimustiku** ning nende õpilastelt digipädevuse hindamiseks loodud **testi** kaudu.

Loodusainete õpetajate hulka loeti loodusõpetuse, bioloogia, keemia, füüsika ja geograafia õpetajad. Taustatunnuste veebipõhisele küsimustikule vastas 42 loodusainete õpetajat.

Õpetajale mõeldud küsimustik koosnes kolmest osast, magistritöös kasutatakse andmeid, mis puudutasid õpetajate hoiakut digitehnoloogiate kasutamise suhtes, mida hinnati üheksale väitele hinnangu andmise kaudu (lisa 2). Digihoiakute hindamiseks oli iga faktori kohta esitatud kolm väidet, mida hinnati kuuepallisel skaalal.

Õpilaste taustategurite analüüsimisel kasutati andmeid, mida koguti DigiEfekti projektimeeskonna poolt koostatud digipädevuse hindamiseks loodud testi (Kallas & Pedaste, 2022; Pedaste *et al.*, 2023a) kaudu, mis koosnes 41 küsimusest. Magistritöös kasutatakse kahe dimensiooni tulemusi, mis on seotud oskusega ennast ja teisi kaitsta digimaailmas ning luua digimaterjale. Neid tunnuseid hinnati järjestusskaalal, mille väärtused varieerusid sõltuvalt ülesandest skaalal 0–1 kuni 0–5. Hindamisvahend on psühhomeetriliselt valideeritud, selle üksikvastuste teooria ja kinnitav faktoranalüüs näitas, et test sobib eristama üheksat hoiakut, oskust ja käitumist kirjeldavat digipädevuse dimensiooni ning testi üksikküsimused sobivad

digipädevuse hindamiseks õppimise kontekstis (Pedaste *et al.*, 2023a). Põhiuuring viidi läbi kahes etapis testide andmekogus EIS. Magistritöös kasutatakse teise testimiskorra andmeid, kui testi lahendas 807 õpilast, kellest kolmanda klassi õpilasi oli 310, kuuenda klassi õpilasi 285 ja üheksanda klassi õpilasi 212 (Kallas & Pedaste, 2022).

2.3. Andmeanalüüs

Loodusteadusliku pädevuse omandamise prognoosimiseks kasutati mitmest lineaarset regressioonimudelit iga klassiastme kohta eraldi. 3. ja 6. klassides kasutati nende õpilaste andmeid, kelle kohta olid olemas nii loodusõpetuse vaatlustundide kui ka loodusteadusliku pädevuse testi teise testimiskorra soorituse andmed. 9. klassides kasutati nende õpilaste andmeid, kelle kohta olid olemas nii geograafia vaatlustundide kui ka loodusteadusliku pädevuse testi teise testimiskorra soorituse andmed. Kuigi uuringu käigus vaadeldi ka bioloogia-, füüsika- ja keemiatunde, siis nende andmete hulk polnud piisav erinevate mudelite regressioonanalüüsi läbiviimiseks. Vaadeldud kahes füüsikatunnis ei kasutatud üldse digitehnoloogilisi vahendeid ja keemiatundide kohta polnud regressioonanalüüsi läbiviimiseks piisavalt andmeid ($N = 53$). Bioloogias polnud võimalik omavahel võrrelda sõltuvaid ja sõltumatuid muutujaid, sest andmetes ($N = 99$) esines suur variatiivsus, tulemused olid hajuvad ning ainult üksikud väärtused erinesid nullist. Taustategurite mõju prognoosimisel kasutati nende õpilaste andmeid, kes olid sooritanud digipädevuse ning loodusteadusliku pädevuse teise soorituskorra testi, ja nende õpetajate küsimustiku vastuseid.

Analüüsi aluseks võeti Chi ja Wylie (2014) õpitegevustesse kaasatuse **ICAP-raamistik** ja Puentedura (2006) digitehnoloogiate kasutamise viiside **SAMR-raamistik**. Nendest esimese järgi eristati interaktiivseid, konstruktiivseid, aktiivseid ja passiivseid õpitegevusi ja SAMR-raamistikus eristatakse nelja digitehnoloogiate kasutamise viisi: asendamine, täiustamine, modifitseerimine ja ümbermõtestamine.

SAMR-mudeli puhul ei analüüsitud modifitseerimise ja ümbermõtestamise kategooriat, sest sellisel viisil digitaalse õppematerjali rakendamist esines väga harva. DigiEfekti uuringu vaatluste käigus tuvastati 269 korral digitehnoloogia kasutamine õppetöös, sellest 2,2% juhtudel oli tegemist modifitseerimisega ja 3,3% ümbermõtestamisega (Pedaste *et al.*, 2022c).

Uurimisküsimustele vastamiseks kasutati erinevate tegurite efekti tugevuse võrdlemiseks regressioonanalüüsil saadud standardiseeritud regressioonikordajaid. Regressioonanalüüsi sõltuvateks muutujateks olid loodusteadusliku pädevuse viisid dimensiooni: analüüsi-, tõlgendamise- ja kavandamisoskused ning ainealased ja uurimuslikud

teadmised, sõltumatuteks muutujateks SAMR- ja ICAP-raamistiku dimensioone kirjeldavad ja taustategurite tunnused. Nii mudeli kui iga sõltumatu muutuja puhul hinnati statistilist olulisust usaldusnivool 0,05.

Andmete analüüsiks kasutati andmeanalüüsiprogramme Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2025) ning JASP (JASP Team, 2024).

3. Tulemused

Magistritöö eesmärk on välja selgitada, mil määral prognoosivad loodusteadusliku pädevuse omandamist digitehnoloogia õppetöös kasutamise viisid ning kuidas prognoosivad õpilaste ja õpetajate digipädevust kirjeldavad valitud tunnused loodusteaduslikku pädevust 3., 6. ja 9. klasside loodusainete tundides. Tulemused esitatakse lähtuvalt kahest uurimisküsimusest kolme klassi kaupa eraldi.

3.1. Mil määral prognoosivad digitehnoloogiate kasutamise viisid ja taustategurid loodusteaduslikku pädevust kolmandas klassis?

SAMR-mudeli dimensioone sõltumatute muutujatena kasutades ei ilmnenu ühtegi statistiliselt olulist efekti erinevatele looduspädevuse dimensioonidele. Marginaalse statistilise olulisusega efektid ($p < 0,1$) olid tõlgendamisoskuste ja uurimuslike teadmiste kohta (tabel 4). Mõlemad mudelid prognoosisid vastava loodusteadusliku pädevuse dimensiooni variatsiooni üksnes 2% ulatuses. Vaadeldes eraldi iga mudeli puhul sõltumatuid muutujaid, ilmnes, et tõlgendamisoskuse prognoosimisel avaldab statistiliselt olulist positiivset efekti digitehnoloogiate sagedasem kasutamine laiendatud viisil.

Tabel 4. Loodusteadusliku pädevuse omandamise prognoositavus lähtuvalt SAMR-mudelidest 3. klassides (N = 271).

	Mudeli näitajad			Sõltumatute muutujate standardiseeritud regressioonikordajad	
	F	p	R ²	Asendamine	Laiendamine
Analüüsioskus	1,244	0,290	0,009	0,050	0,111
Tõlgendamisoskus	2,759	0,065	0,020	0,110	0,162*
Kavandamisioskus	1,356	0,259	0,010	0,097	0,105
Ainealased teadmised	0,688	0,504	0,005	0,070	0,075
Uurimuslikud teadmised	2,698	0,069	0,020	0,128	-0,022

Märkused. * regressioonikordaja on statistiliselt oluline usaldusnivool 0,05

3. klasside puhul pole võimalik prognoosida loodusteadusliku pädevuse omandamist lähtudes ICAP-mudelist. Statistiliselt olulist efekti ei ilmnenud ühegi loodusteadusliku pädevuse dimensiooni prognoosimisel (tabel 5).

Tabel 5. Loodusteadusliku pädevuse omandamise prognoositavus lähtuvalt ICAP-mudelist 3. klassides (N = 271).

	Mudeli näitajad			Sõltumatute muutujate standardiseeritud regressioonikordajad			
	F	p	R ²	Interaktiivne	Konstruktiivne	Aktiivne	Passiivne
Analüüsioskus	1,578	0,180	0,023	0,045	0,015	0,061	-0,110
Tõlgendamisoskus	0,539	0,707	-0,007	0,003	0,002	0,002	0,002
Kavandamisoskus	0,568	0,686	0,008	0,087	0,037	0,100	0,069
Ainealased teadmised	0,872	0,481	0,013	0,060	0,142	0,082	0,036
Uurimuslikud teadmised	0,691	0,598	0,010	0,033	0,061	0,127	0,089

3. klasside loodusteadusliku pädevuse omandamist kolme taustateguri tunnuse kaudu on võimalik prognoosida statistiliselt olulisel määral ($p \leq 0,001$) neljas dimensioonis: analüüsi-, tõlgendamis- ja kavandamisoskustes ning ainealastes teadmistes. Nendest kõige tugevamalt on prognoositavad tõlgendamis- (16,6% variatsioonist) ja kavandamisoskused (11,6%) ning väiksem efekt avaldub ainealastele teadmistele (8,5%) ja analüüsioskusele (5,8%).

Uurimuslikke teadmisi ei ole võimalik statistiliselt oluliselt prognoosida ühelegi aspektile tuginevalt (tabel 6). Mudelites kasutatavatest sõltumatutest muutujatest on statistiliselt olulise positiivse regressioonikordajaga digimaailmas enese ja teiste kaitsmine, avaldades olulist efekti nii analüüsi-, tõlgendamis- ja kavandamisoskustele kui ka ainealastele teadmistele (tabel 6). Sarnast positiivset efekti avaldab analüüsi- ja tõlgendamisoskustele õpilaste oskus digimaterjale luua. Õpetajate digihoiakud ei oma ühelgi juhul statistiliselt olulist efekti loodusteadusliku pädevuse omandamisele.

Tabel 6. Loodusteadusliku pädevuse prognoosimine taustategurite kaudu 3. klassides (N = 264).

	Mudeli näitajad			Sõltumatute muutujate standardiseeritud regressioonikordajad		
	F	p	R ²	Õpetajate digihoiakud	Digimaterjalide loomine	Digimaailmas enese ja teiste kaitsmine
Analüüsi oskus	5,322	0,001	0,058	0,080	0,117	0,153*
Tõlgendamisoskus	17,254	<0,001	0,166	0,110	0,252*	0,213*
Kavandamis oskus	11,382	<0,001	0,116	0,057	0,175*	0,220*
Ainealased teadmised	8,037	<0,001	0,085	-0,032	0,110	0,218*
Uurimuslikud teadmised	0,889	0,448	0,010	0,019	-0,005	0,103

Märkused. * regressioonikordaja on statistiliselt oluline usaldusnivool 0,05

3.2. Mil määral prognoosivad digitehnoloogiateg kasutamise viisid ja taustategurid loodusteaduslikku pädevust kuuendas klassis

6. klasside lõikes SAMR-mudeli dimensioone sõltumatute muutujatena kasutades ei ilmnenud ühtegi statistilist olulist efekti erinevatele looduspädevuse dimensioonidele. Marginaalse statistilise olulisusega efektid ($p < 0,1$) olid tõlgendamisoskustes ja ainealastele teadmistes (tabel 7). Mudelid prognoosisid tõlgendamisoskust 3,6% ja ainealast teadmist 3,8% ulatuses. Vaadeldes eraldi iga mudeli puhul sõltumatuid muutujaid, ilmnes, et ainealaste teadmiste prognoosimisel avaldab statistiliselt olulist positiivset efekti asendamise sagedasem kasutamine digitehnoloogiateg rakendamisel.

Tabel 7. Loodusteadusliku pädevuse omandamise prognoositavus lähtuvalt SAMR-mudelist 6. klassides (N = 179).

	Mudeli näitajad			Sõltumatute muutujate standardiseeritud regressioonikordajad	
	F	p	R ²	Asendamine	Laiendamine
Analüüsi oskus	1,008	0,367	0,011	0,104	0,111
Tõlgendamisoskus	3,288	0,040	0,036	0,135	-0,081
Kavandamis oskus	1,776	0,172	0,020	-2,421e ⁻⁴	0,141
Ainealased teadmised	3,453	0,034	0,038	0,225*	0,138
Uurimuslikud teadmised	1,370	0,257	0,015	0,081	0,144

Märkused. * regressioonikordaja on statistiliselt oluline usaldusnivool 0,05

6. klasside loodusteadusliku pädevuse omandamist ICAP-mudeli tunnuste kaudu on võimalik prognoosida statistiliselt olulisel määral ($p < 0,001$) uurimuslike teadmisi, prognoosides vastavat loodusteadusliku pädevuse dimensiooni 11,5% ulatuses. Marginaalse statistilise

olulisusega efektid ($p < 0,1$) olid analüüsi-, tõlgendamise- ja kavandamisoskusele ning ainealastele teadmistele (tabel 8). Nendest viimased kaks mudelit prognoosisid mõlemad vastavat loodusteaduslikku pädevuse dimensiooni 5,3% ulatuses. Ligilähedast väikest efekti avaldasid ka mudelis kasutatud tunnused analüüsioskusele 6,4% ja tõlgendamisoskusele 6,6%. Mudelites kasutatavatest sõltumatutest muutujatest on statistiliselt olulise positiivse regressioonikordajaga kõik tunnused erinevatele loodusteadusliku pädevuse dimensioonidele (tabel 8). Tulemuste põhjal avaldab analüüsi- ja tõlgendamisoskuste omandamisele enim efekti passiivne kaasamine õppeprotsessi. Kavandamisoskust mõjutab konstruktiivne lähenemine, ainealaste teadmiste omandamist on võimalik prognoosida aktiivseid ja interaktiivseid kasutamisi viise kaasates. Uurimuslikke teadmisi prognoosivad statistiliselt olulisel määral konstruktiivne, aktiivne ja passiivne kasutamisi viisid.

Tabel 8. Loodusteadusliku pädevuse omandamise prognoositavus lähtuvalt ICAP-mudelist 6. klassides (N = 179).

	Mudeli näitajad			Sõltumatute muutujate standardiseeritud regressioonikordajad			
	F	p	R ²	Interaktiivne	Konstruktiivne	Aktiivne	Passiivne
Analüüsioskus	2,972	0,021	0,064	0,037	0,166	0,190	0,235*
Tõlgendamisoskus	3,094	0,017	0,066	0,136	0,089	0,144	0,272*
Kavandamisoskus	2,454	0,048	0,053	0,081	0,216*	0,083	0,099
Ainealased teadmised	2,417	0,051	0,053	0,235*	0,138	0,230*	0,067
Uurimuslikud teadmised	5,660	<0,001	0,115	0,027	0,314*	0,236*	0,244*

Märkused. * regressioonikordaja on statistiliselt oluline usaldusnivool 0,05

6. klasside loodusteadusliku pädevuse omandamist kolme taustateguri tunnuse kaudu on võimalik prognoosida statistiliselt olulisel määral kolmes dimensioonis: tõlgendamisoskustes ($p < 0,001$), kavandamisoskustes ($p = 0,006$) ja uurimuslikes teadmistes ($p < 0,001$). Nendest kõige suurem mõju on prognoositav tõlgendamisoskusele 15,0%, uurimuslikele teadmistele 11,6% ning väiksem efekt avaldub kavandamisoskusele 6,8% ulatuses. Analüüsioskusele ja ainealastele teadmistele statistiliselt olulist mõju ei avaldu, nendest viimasele mitte ühestki aspektist (tabel 9). Mudelites kasutatavatest sõltumatutest muutujatest on statistiliselt olulise positiivse regressioonikordajaga digimaailmas enese ja teiste kaitsmine, avaldades olulist efekti nii analüüsi-, tõlgendamise- ja kavandamisoskustele kui ka uurimuslikele teadmistele

(tabel 9). Õpetajate digihoiakud ja õpilaste digimaterjalide loomise oskus ei oma ühelgi juhul statistiliselt olulist efekti loodusteadusliku pädevuse omandamisele.

Tabel 9. Loodusteadusliku pädevuse prognoosimine taustategurite kaudu 6. klassides (N = 187).

	Mudeli näitajad			Sõltumatute muutujate standardiseeritud regressioonikordajad		
	F	p	R ²	Õpetajate digihoiakud	Digimaterjalide loomine	Digimaailmas enese ja teiste kaitsmine
Analüüsi oskus	1,888	0,133	0,030	0,045	0,007	0,164*
Tõlgendamis oskus	10,793	<0,001	0,150	0,068	0,102	0,327*
Kavandamis oskus	4,266	0,006	0,065	0,039	0,069	0,216*
Ainealased teadmised	1,672	0,175	0,027	-0,075	0,074	0,094
Uurimuslikud teadmised	7,411	<0,001	0,108	-0,076	0,057	0,291*

Märkused. * regressioonikordaja on statistiliselt oluline usaldusnivool 0,05

3.3. Mil määral prognoosivad digitehnoloogiate kasutamise viisid ja taustategurid loodusteaduslikku pädevust üheksandas klassis

SAMR-mudeli tulemused esitatakse ainult geograafia ainetundide andmete põhjal. SAMR-mudeli dimensioone sõltumatute muutujatena kasutades ei ilmnenud ühtegi statistilist olulist efekti erinevatele looduspädevuse dimensioonidele. Marginaalse statistilise olulisusega efekt ($p < 0,1$) oli tõlgendamis oskusele (tabel 10). Mudel prognoosis tõlgendamis oskust 11,1%. Vaadeldes eraldi iga mudeli puhul sõltumatuid muutujaid, ilmnes, et tõlgendamis oskuse prognoosimisel avaldab statistiliselt olulist positiivset efekti asendamise sagedasem kasutamine digitehnoloogiate rakendamisel.

Tabel 10. Loodusteadusliku pädevuse omandamise prognoositavus lähtuvalt SAMR-mudelist 9. klassides (N = 109).

	Mudeli näitajad			Sõltumatute muutujate standardiseeritud regressioonikordajad	
	F	p	R ²	Asendamine	Laiendamine
Analüüsi oskus	1,426	0,245	0,026	0,105	0,117
Tõlgendamis oskus	6,585	0,002	0,111	0,277 *	0,167
Kavandamis oskus	0,169	0,845	0,003	0,056	-0,012
Ainealased teadmised	1,260	0,288	0,023	0,152	-0,021
Uurimuslikud teadmised	0,631	0,534	0,012	0,095	0,047

Märkused. * regressioonikordaja on statistiliselt oluline usaldusnivool 0,05

Regressioonanalüüs loodusteadusliku pädevuse omandamise prognoositavuse kohta lähtuvalt ICAP-mudelist geograafiatundides arvestatavaid tulemusi ei andnud. Selle põhjuseks võib olla, et andmeid oli vähe ja nii mõjutasid üksikud äärmuslikud väärtused regressioonikordajaid liiga tugevalt.

9. klasside loodusteadusliku pädevuse omandamist kolme taustateguri tunnuse kaudu on võimalik prognoosida statistiliselt olulisel määral kahes dimensioonis: ainealastes ja uurimuslikes teadmistes ($p < 0,001$). Mudelid prognoosisid ligilähedaselt vastavat loodusteadusliku pädevuse dimensiooni, nendest esimest 14,2% ja teist 13,7% ulatuses. Marginaalse statistilise olulisusega efektid ($p < 0,1$) olid analüüsi-, tõlgendamis- ja kavandamisoskusele (tabel 11). Mudelid prognoosisid väga sarnaselt analüüsi- ja tõlgendamisoskust, kumbagi vastavalt 7,6% ja 7,7% ulatuses. Kavandamisoskust prognoosis mudel 10,9% ulatuses. Mudelites kasutatavatest sõltumatutest muutujatest on statistiliselt olulise negatiivse regressioonikordajaga õpetajate digihoiakud, avaldades olulist efekti analüüsioskustele. Seevastu positiivset efekti avaldavad loodusteadusliku pädevuse dimensiooni omandamisele kahel korral õpilaste digimaterjalide loomise oskus ja kolmel korral oskus end ja teisi kaitsta digimaailmas.

Tabel 11. Loodusteadusliku pädevuse prognoosimine taustategurite kaudu 9. klassides (N = 133).

	Mudeli näitajad			Sõltumatute muutujate standardiseeritud regressioonikordajad		
	F	p	R ²	Õpetajate digihoiakud	Digimaterjalide loomine	Digimaailmas enese ja teiste kaitsmine
Analüüsioskus	3,552	0,016	0,076	-0,233*	0,088	0,141
Tõlgendamisoskus	3,591	0,016	0,077	-0,024	0,145	0,204*
Kavandamisoskus	5,289	0,002	0,109	0,025	0,028	0,317*
Ainealased teadmised	7,151	<0,001	0,142	-0,025	0,334*	0,112
Uurimuslikud teadmised	6,857	<0,001	0,137	-0,038	0,264*	0,204*

Märkused. * regressioonikordaja on statistiliselt oluline usaldusnivool 0,05

4. Arutelu

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada, mil määral prognoosivad loodusteadusliku pädevuse omandamist 3., 6., ja 9. klassi digitehnoloogia loodusainete tundides kasutamise viisid ning õpilaste ja õpetajate digipädevust kirjeldavad valitud tunnused. Peatükis arutletakse tulemuste üle uurimisküsimustest lähtuvalt.

4.1. Mil määral prognoosivad loodusteadusliku pädevuse omandamist digitehnoloogia õppetöös kasutamise viisid?

3. klassi tulemused näitasid, et SAMR- ega ICAP-mudel ei võimalda selles vanuseastmes loodusteadusliku pädevuse dimensioonide olulist prognoosimist. Ainsaks statistiliselt oluliseks teguriks osutus SAMR-mudeli laiendamise dimensioon, mis prognoosis positiivselt tõlgendamisoskust. See viitab, et varases kooliastmes võib digitehnoloogia tagasihoidlik funktsionaalne kasutus (nt õigekirjakontroll, pildimaterjali lisamine) toetada info paremat mõtestamist, kuid üldine digitehnoloogia kasutamise efekt teadmiste ja oskuste kujunemisele on selles vanuseastmes suhteliselt väike. Seetõttu tuleks loodusõpetuse tundides arvestada õppijate eakohaste iseärasustega digitehnoloogia rakendamisel. Seda toetab ka Bybee (1997), kelle sõnul mõjutavad loodusteadusliku kirjaoskuse kujunemist lisaks teadmiste ja oskustele ka õpilaste vanus ning õpetamisviis.

Samuti ei ilmnenud 3. klassis ICAP-mudeli alusel olulisi seoseid loodusteadusliku pädevuse omandamisega, mis võib viidata sellele, et nooremad õpilased ei ole veel valmis õppetegevusteks, mis nõuavad suuremat iseseisvust ja sügavamalt mõtestamist ning seoste loomist.

6. klassi tulemuste põhjal saab järeldada, et digitehnoloogia kasutamise viisil ja õpilaste kognitiivsel kaasatusel on teatud ulatuses seos loodusteadusliku pädevuse erinevate dimensioonide omandamisega.

SAMR-mudeli kontekstis ilmnes, et kuigi üldiselt jäi digitehnoloogia kasutamise efekt looduspädevuse omandamisele pigem tagasihoidlikuks, osutus asendamise tasandil digitehnoloogia rakendamine oluliseks ainealaste teadmiste prognoosimisel. Samuti viitasid tulemused tõlgendamisoskuse ja laiendamise taseme kasutamise vahelisele marginaalselt olulisele seosele, mis võib tähendada, et isegi lihtsama taseme digikasutus võib aidata teatud oskuste kujunemisele kaasa, kui digivahendit on sihipäraselt rakendatud. Saadud tulemus on kooskõlas sellega, et õpitulemused on seotud digitehnoloogia kasutamise eesmärgistamise ja sisuga (OECD, 2023), õpetajate oskustega digivahendit eesmärgipäraselt rakendada (Frailon *et al.*, 2020; Hamilton *et al.*, 2016) ning õpikonteksti sobivusega – ka madalama taseme digitegevus võib osutada tulemuslikuks (Blundell *et al.*, 2022).

ICAP-mudel osutus SAMR-mudelist tugevamaks prognoosijaks loodusteadusliku pädevuse kujunemisel.

Tulemused näitasid, et uurimuslikud teadmised on tugevalt seotud ($R^2 = 11,5\%$) erinevate kognitiivsete kaasatuse viisidega – sealhulgas isegi passiivse õpitegevusega, mis võib viidata sellele, et ka väheaktiivne õppekeskkond võib toetada uurimusliku sisuga

teadmiste kujunemist, kui see järgneb mõtestatud õpitegevusele. See tulemus on kooskõlas Chi ja Boucheri (2023) seisukohaga, mille kohaselt võib passiivne õppimine olla tõhus, kui see järgneb või toetab aktiivsemat teadmiste konstrueerimist.

Analüüsisioskuse ja tõlgendamisoskuse puhul oli enim mõju passiivsel õpitegevusel, mis võib viidata sellele, et sel vanuseastmel suudavad õpilased omandada infot ka traditsioonilisemate õppemeetodite kaudu.

Kavandamisoskust prognoosis kõige enam konstruktiivne õpitegevus, mis eeldab, et õpilased loovad midagi uut, nagu hüpoteeside sõnastamine või uurimisplaani koostamine. Sellised tegevused eeldavadki kõrgemat kognitiivset pingutust ja aktiivset teadmiste töötlemist. Seda toetavad ka varasemad uuringud, mille kohaselt õpetajad, kes rakendavad mitmekesiseid aktiivõppemeetodeid, suudavad paremini toetada teaduslike oskuste arengut (Kurt & Sezek, 2021), ning õpilased, kes keskenduvad ainetundides uurimuslikele tegevustele – nagu probleemide lahendamine ja tõendite põhjal argumenteerimine – saavutavad paremaid tulemusi (Ekmekci & Serrano, 2022).

Ainealaste teadmiste omandamise puhul osutusid oluliseks nii aktiivne kui ka interaktiivne õpitegevus, mis rõhutab vajadust kaasata õpilasi arutlema, tegutsema ja probleeme lahendama. Ka see leid on kooskõlas eelpool nimetatud uuringutega, toetades arusaama, et aktiivsem osalemine ja sisuline mõtestamine aitavad kaasa paremate teadmiste kujunemisele.

9. klassi tulemused viitavad sellele, et digitehnoloogia kasutamise viisidest on kõige tugevam positiivne seos tõlgendamisoskuse omandamisega. Seejuures mängis kõige suuremat rolli just digivahendite kasutamine asendamise viisil. SAMR-mudel prognoosis tõlgendamisoskuse variatiivsust 11,1% ulatuses, mis tähendab, et ka lihtsamad tehnoloogiapõhised sekkumised – näiteks paberõpiku asendamine digiversiooniga – võivad soodustada keerukamate mõtlemisoskuste arengut, kui neid kasutatakse süsteemselt ja eesmärgipäraselt. See tulemus toetab Blundelli jt (2022) kriitikat, mille kohaselt ei pruugi SAMR-mudeli tasemed olla üheselt järjestatavad tõhususe alusel – mõnel juhul võib madalama taseme rakendus osutada sobivamaks, arvestades konkreetset õpieesmärki või õppijate olemasolevaid teadmisi.

Ülejäänud loodusteadusliku pädevuse dimensioonide puhul olulisi seoseid ei ilmnenu.

ICAP-mudel selles vanuserühmas statistiliselt usaldusväärset efekti õpitulemustele ei omanud. See võib olla tingitud väiksest valimist ja äärmusväärtuste mõjust.

Kokkuvõttes viitavad tulemused esimese uurimisküsimusega seonduvalt sellele, et vanemates kooliastmetes võib ka lihtsam digitehnoloogia kasutus toetada keerukamate teadmiste loomist, eeldusel, et tegevused on seotud sisulise mõtestamise ja info tõlgendamisega. Samas rõhutab ICAP-mudeli rakendamine vajadust suurema andmestiku järele, et täpsemalt hinnata, kuidas kognitiivne õpitegevus digitehnoloogia kasutamisel mõjutab loodusteadusliku pädevuse erinevaid dimensioone. Digitehnoloogia integreerimisel ainetundi peaksid õpetajad keskenduma mitte tehnoloogilise lahenduse keerukusele, nagu SAMR-mudeli kõrgemad tasandid, vaid eelkõige õppijate kognitiivse kaasatuse tasemele ICAP-mudeli alusel. Seejuures peaks arvestama õpilaste vanust ja sellega seoses valmisolekut digivahendeid kasutada. Loovat mõtlemist ja teadmiste sidumist nõudvad tegevused sobivad paremini 6. ja 9. klassi õpilastele, samas kui nooremas kooliastmes on tulemuslikum struktureeritud ja toetav digitehnoloogia kasutus.

Siiski tuleb arvestada, et käesolevas analüüsis ei hinnatud kõiki SAMR-mudeli dimensioone, sest modifitseerimist ja übermõtestamist esines vaadeldud tundides väga harva. Just need kõrgema taseme digitegevused, mis ei avaldunud piisavalt, võiksid eelduslikult avaldada suuremat mõju õpilaste kaasaegse loodusteadusliku pädevuse (Vaino *et al.*, 2024) kujunemisele, eriti loovuse ja probleemilahendamisoskuste arendamisele.

4.2. Kuidas prognoosivad õpilaste ja õpetajate digipädevust kirjeldavad valitud tunnused loodusteaduslikku pädevust?

3. klassi tulemused näitasid, et loodusteadusliku pädevuse omandamist saab prognoosida mitmes dimensioonis õpilaste digipädevust kirjeldavate tunnuste kaudu. Kõige suurem efekt avaldus tõlgendamisoskustes (16,6%) ja kavandamisoskustes (11,6%). Mõnevõrra väiksem, ent siiski statistiliselt oluline seos ilmnes ka ainealaste teadmiste ja analüüsioskusega. Kõige järjepidevam positiivne mõjutegur oli õpilaste oskus end ja teisi digikeskkonnas kaitsta, mis prognoosis usaldusväärsetel neljal loodusteadusliku pädevuse dimensiooni. See viitab sellele, et digiturvalisus ei ole ainult digiseadmete kasutamise oskus, vaid hõlmab ka mõtlemisoskust ja vastutustundlikku käitumist, mis võivad toetada õpitulemuste saavutamist. Lisaks avaldas tõlgendamis- ja analüüsioskusele positiivset mõju ka digimaterjalide loomise oskus, mis osutab sellele, et õpilased suudavad iseseisvalt infot töödelda, seda oma sõnadega väljendada ning luua midagi uut, näidates seeläbi paremat arusaamist ja loovat lähenemist õpitule. Samas ei ilmnunud õpetajate digihoiakutest olulist efekti loodusteadusliku pädevuse kujunemisele, mis võib olla tingitud sellest, et nooremates klassides mängib enam rolli õpilase individuaalne digioskus kui õpetaja suhtumine. See on kooskõlas sellega, et tehnoloogia mõju õppimisele

sõltub õppija omadustest (Hamilton *et al.*, 2016). Tulemused toetavad vajadust toetada digipädevuse arendamist I kooliastmes, et õpilased õpiksid kasutama digivahendeid turvaliselt, loovalt ja vastutustundlikult.

6. klassi tulemuste põhjal selgus, et digipädevusega seotud tunnused on olulised kolmes loodusteadusliku pädevuse dimensioonis: tõlgendamisoskuses (15,0%), uurimuslikes teadmistes (11,6%) ja kavandamisoskuses (6,8%). Siingi oli tugevaimaks prognoosijaks õpilaste oskus end ja teisi digikeskkonnas kaitsta, mis avaldas positiivset mõju nendele dimensioonidele. Võrreldes 3. klassiga ei avaldanud enam mõju digimaterjalide loomise oskus, mis võib viidata sellele, et ülesannete keerukus suureneb vanuse kasvades ja enam ei pruugi piisata pelgalt plakati koostamisest. Õpetajate digihoiakud jäid jätkuvalt statistiliselt ebaolulisteks prognoosijateks, mis osutab sellele, et positiivne suhtumine digivahendite kasutamisse ei ole piisav õppimist toetavate muutuste esilekutsumiseks. Edasised uuringud võiksid keskenduda sellele, kuidas digihoiakud mõjutavad õpilaste tulemusi kaudselt – kuidas õpetaja digivahendeid kasutab ja milline on õpilaste kaasatus õppeprotsessi. Samas näitavad tulemused vajadust toetada õpilaste digiteadlikkust ja turvalisust veelgi süsteemsemalt.

9. klassi tulemused näitasid, et vanemas kooliastmes prognoosivad digipädevusega seotud tunnused kõige tugevamalt ainealaste ja uurimuslike teadmiste kujunemist, mõlema puhul üle 13% variatsioonist. Marginaalselt olulised olid ka seosed analüüsi-, tõlgendamis- ja kavandamisoskustega, mis viitab, et digioskustel on selles vanuses laiem mõju. Seda toetavad ka DigiEfekti uuringu (Kallas & Pedaste, 2025) tulemused üle erinevate ainevaldkondade, mille kohaselt paranesid vanuse kasvades nii digimaterjalide loomise kui ka enese ja teiste digimaailmas kaitsmise oskused. Kõige järjepidevamad positiivsed mõjud ilmnesisid taas digiturvalisuse oskustes, mis mõjutab kolme kuni nelja pädevuse dimensiooni. Erinevalt noorematest klassidest avaldasid nüüd positiivset mõju ka digimaterjalide loomise oskus ning esmakordselt ilmnis just selles vanusastmes õpetajate digihoiakute negatiivne seos analüüsiioskusega. See tulemus võib viidata, et kui õpetaja keskendub liigselt digitehnoloogia kasutamisele, mitte aga sellele, kuidas kasutus toetab õpilase mõtlemist ja õppimist, siis ei pruugi see aidata kaasa sügavamate teadmiste kujunemisele. See kinnitab varasemat arusaama, et tehnoloogia mõju õppimisele ei tulene üksnes selle olemasolust, vaid sõltub suuresti sellest, millise eesmärgi saavutamiseks seda rakendatakse (Hamilton *et al.*, 2016). Isegi positiivne hoiak tehnoloogia suhtes ei too soovitud tulemusi, kui õpilaste tegelikke vajadusi ja oskusi ei arvestata.

Kokkuvõttes viitavad tulemused teise uurimisküsimusega seonduvalt sellele, et digipädevusega seotud tunnused prognoosivad loodusteadusliku pädevuse kujunemist kõigis kooliastmetes, kuid prognoositavad seosed sõltuvad vanuseastmest. 3. klassis olid tugevaimad seosed tõlgendamis- ja kavandamisoskustega ning järjepidevaim positiivne prognoosija oli õpilaste oskus end ja teisi digikeskkonnas kaitsta. 6. klassis säilis digiturvalisuse olulisus ning lisandusid seosed uurimuslike teadmistega, kuid digimaterjalide loomise oskus enam seost ei näidanud. 9. klassis laienes digipädevuse seos mitmele loodusteadusliku pädevuse aspektile ning taas avaldus positiivne seos digimaterjalide loomise oskusega. Seejuures ilmnes, et õpetajate digihoiakutel võib olla negatiivne seos õpilaste analüüsisioskusega. Tulemused rõhutavad vajadust arendada digipädevust vanusele vastavalt ning pöörata tähelepanu sellele, kuidas digitehnoloogiat õppetöös eesmärgipäraselt rakendatakse.

Tänuõnad

Suured tänud Digiefekti meeskonnale, kelle panusel on nüüd olemas väärtuslik andmebaas edasisteks uuringuteks, ning minu juhendajatele selles projektis, kelle toel sain teadustöö olemusest parema arusaama ja väärtuslikke teadmisi. Samuti tänan kõiki õpilasi, õpetajaid, lapsevanemaid ja koole, kes andsid nõusoleku uuringus osaleda. Tänan Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi õppejõude, kelle õpetused ja nõuanded on otsesel või kaudsel moel andnud teadmisi, millele oma magistritöö üles ehitada. Kõige suuremad tänud kuuluvad minu juhendajale, kes on mind igakülgset toetanud, andnud väärtuslikku tagasisidet, aidanud hoida fookust ning inspireerinud sügavamalt haridusteamade üle mõtlema.

Autorsuse kinnitus

Kinnitan, et olen koostanud ise käesoleva lõputöö ning toonud korrektselt välja teiste autorite ja toetajate panuse. Töö on koostatud lähtudes Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi lõputöö nõuetest ning on kooskõlas heade akadeemiliste tavadega.

Alge Ilosaar /allkirjastatud digitaalselt/ 14.05.25

Kasutatud kirjandus

- Ayllón, S., Barbovschi, M., Casamassima, G., Drossel, K., Eickelmann, B., Ghețău, C., Haragus, T. P., Holmarsdóttir, H. B., Hyggen, C., Kapella, O., Karatzogianni, A., Lado, S., Levine, D., Lorenz, T., Mifsud, L., Parsanoglou, D., Port, S., Sisask, M., Symeonaki, M., & Teidla-Kunitsõn, G. (2020). *ICT usage across Europe – a literature review and an overview of existing data*. Zenodo.
<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12906737>
- Blundell, C. N., Mukherjee, M., & Nykvist, S. (2022). A scoping review of the application of the SAMR model in research. *Computers and Education Open*, 3, 100093.
<https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100093>
- Bybee, R.W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. W. Gräber ja C. Bolte (Eds.), *Scientific literacy: An International symposium* (37–68). Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Chi, M. T., & Boucher, N. S. (2023). Applying the ICAP framework to improve classroom learning. *In their own words: What scholars and teachers want you to know about why and how to apply the science of learning in your academic setting*, 94–110.
- Chi, M. T., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research Methods in Education* (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Ekmekci, A., & Serrano, D. M. (2022). The impact of teacher quality on student motivation, achievement, and persistence in science and mathematics. *Education Sciences*, 12(10), 649. <https://doi.org/10.3390/educsci12100649>
- European Commission: Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, Deloitte & Ipsos MORI. (2019). *2nd survey of schools: ICT in education: objective 1: benchmark progress in ICT in schools, final report*. Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2759/23401>
- Frailon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Duckworth, D. (2020). *Preparing for life in a digital world: IEA international computer and information literacy study 2018 international report* (p. 297). Springer Nature.
- Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M., & Akcaoglu, M. (2016). The substitution augmentation modification redefinition (SAMR) model: A critical review and suggestions for its use. *TechTrends*, 60, 433–441.

- Haridus- ja Noorteamet. (2025). *Loodusvaldkonna tasemetööde materjalid*.
<https://harno.ee/tasemetood#materjalid>
- Haridus- ja Teadusministeerium (2021). *Haridusvaldkonna arengukava 2021–2035*.
https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2022-09/eesti_haridusvaldkonna_arengukava_2035_seisuga_2020.03.27.pdf
- Henno, I. (2023). Loodusteadused. Gunda Tire (toim.), *Pisa 2022 Eesti tulemused. Eesti 15-aastaste õpilaste teadmised ja oskused matemaatikas, funktsionaalses lugemises ja loodusteadustes* (lk 68–86). HARNO.
- JASP Team. (2024). JASP (Version 0.18.3) [Arvuti tarkvara]. [<https://jasp-stats.org/>]
- Kalmus, V., Tambaum, T., Abuladze, L. (2023). *Digivahendite kasutamine, digioskused ja vaimne heaolu*. Sisask, M.; Konstabel, K.; Kutsar, D.; Sooväli-Sepping, H.; Tiidenberg, K.; Pärna, K. (Toim.). Eesti inimarengu aruanne 2023. (235–250). SA Eesti Koostöö Kogu.
- Kallas, K., & Pedaste, M. (2025). Estonian students learning related attitudes towards digital technologies and digital skills. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri. Estonian Journal of Education*, 13(1), 94–118. <https://doi.org/10.12697/eha.2025.13.1.05>
- Kallas, K. & Pedaste, M. (2022). *DigiEfekti põhiuuringu tulemuste raport – digipädevus*. Tartu Ülikool. <https://doi.org/10.23673/re-411>
- Kurt, U., & Sezek, F. (2021). Investigation of the Effect of Different Teaching Methods on Students' Engagement and Scientific Process Skills. *International Journal of Progressive Education*, 17(3), 86–101. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2021.346.6>
- Lorenz, B. (2023). Eesti laste digivahendite kasutus õitseb vabal ajal, mitte koolis. Gunda Tire (toim.), *Pisa 2022 Eesti tulemused. Eesti 15-aastaste õpilaste teadmised ja oskused matemaatikas, funktsionaalses lugemises ja loodusteadustes* (lk 122–132). HARNO.
- Microsoft Corporation. (2025). Microsoft Excel (Version 2503). [Arvuti tarkvara].
- Napal, M., Lacambra, A., Penalva, A. (2020). Sustainability Teaching Tools in the Digital Age. *Sustainability*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/su12083366>
- Navarro-Martinez, O., & Peña-Acuña, B. (2022). Technology Usage and Academic Performance in the Pisa 2018 Report. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 11(1), 130-145. <https://doi.org/10.7821/naer.2022.1.735>
- OECD (2023), *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption*, PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>

- Pedaste, M. (2023, 26. mai). I ja II kooliastme loodusainete tasemetööd täna ja homme. *Õpetajate Leht*. <https://opleht.ee/2023/05/i-ja-ii-kooliastme-loodusainete-tasemetood-tana-ja-homme/>
- Pedaste, M. (2022). *DigiEfekti põhiuuringu tulemuste raport – looduspädevus*. Tartu Ülikool. <https://doi.org/10.23673/re-410>
- Pedaste, M. (2018). *Loodusvaldkonna õpitulemuste e-hindamise kontseptsiooni täiendatud versioon*. https://projektid.edu.ee/pages/viewpage.action?pageId=182781026&preview=/182781026/182781035/Loodusvaldkonna_e_hindamise_kontseptsioon_august_2018.pdf
- Pedaste, M., & Bardone, E. (2023). Trends and Issues of Digital Learning in Estonia. In Lee, E. Y. F., & Lee, E. L. S. (Eds.), *Trends and Issues of Promoting Digital Learning in High-Digital-Competitiveness Countries: Country Reports and International Comparison* (pp. 53–93). Technological and Vocational Education Research Center (TVERC).
- Pedaste, M., Ilosaar, A., & Reisenbuk, E. (2022a). *Lühikokkuvõte 2021/2022. õppeaasta loodusõpetuse I kooliastme tasemetöö tulemustest*. <https://projektid.edu.ee/pages/viewpage.action?pageId=94446871>
- Pedaste, M., Ilosaar, A., & Reisenbuk, E. (2022b). *Lühikokkuvõte 2021/2022. õppeaasta loodusõpetuse II kooliastme tasemetöö tulemustest*. <https://projektid.edu.ee/pages/viewpage.action?pageId=105383695>
- Pedaste, M., Kallas, K., & Baucal, A. (2023a). Digital competence test for learning in schools: Development of items and scales. *Computers & Education*, 203, 104830. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104830>
- Pedaste, M., Leijen, Ä., Kallas, K., & Raave, D. K. (2022c). *How to increase the potential of digital learning in achieving both cognitive and non-cognitive learning outcomes?* (CO:RE Short Report Series on Key Topics). Hamburg: Leibniz-Institut für Medienforschung | Hans-Bredow-Institut (HBI); CO:RE – Children Online: Research and Evidence. <https://doi.org/10.23673/re-417>
- Pedaste, M., Leijen, Ä., & Puusepp, M. (2023b). *DigiEfekt: õpetajate taust, digihoiakud, digivalmidus, enesetõhusus (teacher background information, digital attitudes, digital readiness, self-efficacy)*. Tartu Ülikool. <http://doi.org/10.23673/re-413>
- Pedaste, M., Raave, D. K., & Baucal, A. (2023c). *Digitaalsete õppematerjalide kasutamise efekt õpilaste õpitulemustele. DigiEfekti projekti lõppraport*. Tartu Ülikool. <https://datadoi.ee/handle/33/552>

- Puentedura, R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*.
http://hippasus.com/resources/tte/puentedura_tte.pdf
- Põhikooli riiklik õppekava. (2023). *Riigi Teataja I 14.01.2011, 1*.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020?leiaKehtiv>
- Raave, D. K., Roa, E. R., Pedaste, M., & Saks, K. (2022a, August). Classroom Digital Technology Integration—A Double-Edged Sword? Engaging and Practical yet Harmful. In *International Conference on Innovative Technologies and Learning* (pp. 241–251). Cham: Springer International Publishing.
- Raave, D. K., Saks, K., Pedaste, M., & Roldan Roa, E. (2024). How and Why Teachers Use Technology: Distinct Integration Practices in K-12 Education. *Education Sciences*, 14(12), 1301. <https://doi.org/10.3390/educsci14121301>
- Raave, D. K., Saks, K., Pedaste, M., Heintalu, K., Laanemets, L., Remmelg, M., Ilosaar, A., Veskus, K. (2022b) *DigiEfekti põhiuuringu tulemuste raport – digivahendite, -õppevara ja -sisu kasutamine*. Tartu Ülikool. <https://doi.org/10.23673/re-417>
- Raave, D. K., Saks, K., Pedaste, M., Heintalu, K., Laanemets, L., Remmelg, M., Ilosaar, A., Veskus, K. (2022c) *DigiEfekti põhiuuringu tulemuste raport – õpitegevused*. Tartu Ülikool. <https://doi.org/10.23673/re-417>
- Rannikmäe, M., Soobard, R., Vaino, K., Rosin, T. (2021). *Loodusvaldkonna õpitulemuste e-hindamine põhikooli kolmandas astmes ja gümnaasiumis. Kontseptsioon*.
<https://projektid.edu.ee/pages/viewpage.action?pageId=182782683>
- Roberts, D.A. (2007). *Scientific literacy/Science literacy*. Teoses S. K. Abell, N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Romrell, D., Kidder, L. C., & Wood, E. (2014). The SAMR model as a framework for evaluating mLearning. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 18(2), n2.
- Rämmer, A. (2014). Valimi moodustamine. Rootalu, K., Kalmus, V., Masso, A., & Vihalemm, T., (toim). *Sotsiaalse analüüsi meetodite ja metodoloogia õpibaas*.
<http://https://samm.ut.ee/valimid>
- Vaino, K., Rosin, T., Liiber, Ülle, Soobard, R., Teppo, M., Valdmann, A., Reisenbuk, E., & Rannikmäe, M. (2024). *The development of a national e-test on science competence for the third school level: An assessment to support learning*. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri. Estonian Journal of Education*, 12(1), 88–120.
<https://doi.org/10.12697/eha.2024.12.1.05>

Lisad

Lisa 1. Vaatlusinstrument

Digiefekti vaatlusleht	
Õppetegevus	Digitaalsed õppematerjalid
Kirjeldus (kes, mis, kuidas)	Kasutus
Märkmed:	<input type="checkbox"/> Asendamine Selgitus:
	<input type="checkbox"/> Laiendamine Selgitus:
	<input type="checkbox"/> Modifitseerimine Selgitus:
	<input type="checkbox"/> Übermõtestamine Selgitus:
	<input type="checkbox"/> Määramata Selgitus:

Lisa 2. DigiEfekti uuringus kasutatud väited õpetajate digihoiakude hindamiseks digitehnoloogiate kasutamise suhtes

OSA 1: Tehnoloogia kasutamise hoiakud

Järgnevalt uurime tehnoloogia kasutamise hoiakuid. Tee rist kastikesse.	1 Ei nõustu üldse	2 Ei nõustu	3 Pigem ei nõustu	4 Pigem nõustun	5 Nõustun	6 Nõustun täielikult
Ma saan erinevate digiseadmete kasutamisega hästi hakkama.						
Mind ajab segadusse, kui pean õpetamisel kasutama palju erinevaid digikeskkondi.						
Digikeskkondades on keerulisem õpetada kui muul viisil.						
Saan koolis kasutatavates digikeskkondades kõik hästi tehtud.						
Kui on võimalik infot otsida raamatutest või digikeskkonnast, siis eelistan digikeskkonda.						
Kui on võimalik tundi läbi viia klassiruumis kohapeal või videotunnina, siis eelistan videotundi.						
Töö digisisuga hirmutab mind nii palju, et ma ei taha seda tegema hakata.						
Teiste õpetajate või õpilaste poolt tehtud digisisu kasutamine on minu jaoks lihtne.						
Kui saan anda õpilastele tagasisidet suuliselt klassis või digikeskkonnas, siis eelistan digikeskkonda.						

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Alge Ilosaar

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose “Digitehnoloogia kasutamine loodusteadusliku pädevuse prognoosijana“, mille juhendaja on Margus Pedaste, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

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

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

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

Alge Ilosaar

14.05.2025