

TARTU ÜLIKOOL
LOODUS- JA TÄPPISTEADUSTE VALDKOND
MATEMAATIKA JA STATISTIKA INSTITUUT

Säde Mai Krusberg

**Digiõppematerjalide loomine ekstreemumülesannete iseseisvaks õppimiseks
ning õpetajate ja õpilaste tagasiside loodud digiõppematerjalidele**

Matemaatika- ja informaatikaõpetaja õppekava

Magistritöö (15 EAP)

Juhendaja: Sirje Pihlap, MA

Tartu

2025

Digiõppematerjalide loomine ekstreemumülesannete iseseisvaks õppimiseks ning õpetajate ja õpilaste tagasiside loodud digiõppematerjalidele

Magistritöö

Säde Mai Krusberg

Lühikokkuvõte

Gümnaasiumi matemaatikaõppes on ekstreemumülesannete teema olulisel kohal, sest see arendab õpilaste oskust kasutada tuletist reaaleluliste probleemide lahendamisel, aidates seeläbi tuua matemaatikas käsitletavat sisu õppijatele tähenduslikumalt ja elulähedasemalt. Töö teoreetiline osa käsitleb ekstreemumülesannete olulisust, õpetamise metoodikat ja varasemate riigieksami ülesannete analüüsi. Kirjeldatakse ka kvaliteetse digiõppematerjali koostamise põhimõtteid ning tutvustatakse ADDIE ja LORI mudeleid. Erinevate uuringute ja riigieksamite ülesannete analüüside põhjal leiti, et tegemist on keeruka valdkonnaga, eriti vajavad õpilased tuge ühe muutujaga funktsiooni valemi koostamisel lähtuvalt ülesande tekstist. Kuigi digivahendid võiksid teema õppimist tõhusalt toetada, on autorile teadaolevalt eestikeelsete tasuta digiõppematerjalide hulk piiratud. Seda kitsaskohta arvesse võttes otsustati magistritöö raames luua veebikeskkonnas Desmos tegevusuuringu ühe tsükliks neli interaktiivset digiõppematerjali, mida saab kasutada iseseisval õppimisel, kuid mis on soovi korral rakendatavad ka klassiruumis. Materjalid käsitlevad ekstreemumülesandeid erinevates kontekstides, sealhulgas geomeetria ja majandusega seotud ülesannetes, ning sisaldavad õppevideosid, visualiseeringuid ning automaatset tagasisidet. Loodud digiõppematerjalidele andsid tagasiside kuus matemaatikaõpetajat ning 45 õpilast, kelle hinnangud loodud õppematerjalidele olid positiivsed. Antud soovitude põhjal parandati ja täiustati materjale ning valmis materjalid lisati nii Desmose kui ka E-koolikoti veebilehele.

CERCS teaduseriala: S270 pedagoogika ja didaktika

Märksõnad: tuletis, ekstreemumülesanded, õppematerjalid

Development of digital learning materials for optimization problems and feedback from teachers and students on the developed digital resources

Master's thesis

Säde Mai Krusberg

Abstract

In upper secondary mathematics education, the topic of optimization problems holds a significant place, as it fosters students' ability to apply derivatives in solving real-life problems. This, in turn, helps to make mathematical content more meaningful and relatable for learners. The theoretical part of this thesis discusses the importance of optimization problems, teaching methodologies, and an analysis of previous Estonian national exam tasks. It also outlines the principles for developing high-quality digital learning materials and introduces the ADDIE and LORI models. Based on various studies and analyses of national exam problems, it was found that optimization is a complex area, particularly in terms of students' difficulties in formulating the equation of a single-variable function. Although digital tools could effectively support learning this topic, the availability of free digital learning materials in Estonian is, to the best of the author's knowledge, limited. To address this gap, four interactive digital learning materials were developed using the Desmos online platform as part of one cycle of an action research project conducted within the framework of a master's thesis. These materials are suitable for both independent learning and classroom use. They explore optimization problems in various contexts, including geometry and economics, and incorporate instructional videos, visualizations, and automated feedback. Feedback on the materials was collected from six mathematics teachers and 45 students, whose evaluations were generally positive. Based on their suggestions, the materials were improved. The completed resources were then published on both the Desmos and E-koolikott platforms.

CERCS research specialisation: S270 Pedagogy and didactics

Key Words: derivative, optimization problems, learning materials

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1 Teoreetiline ülevaade.....	6
1.1 Ekstreemumülesanded ja soovitused õpetamiseks.....	6
1.2 Ekstreemumülesanded matemaatika riigieksamil ja nende analüüs.....	8
1.3 Digitaalse õppematerjali koostamine.....	11
1.3.1 Digitaalne õppematerjal.....	11
1.3.2 ADDIE mudel.....	12
1.3.3 LORI mudel.....	13
1.4 Õppetarkvara Desmos.....	15
1.5 Olemasolevad eestikeelsed digiõppematerjalid ekstreemumülesannete kohta.....	16
2 Töö eesmärgid ja uurimisküsimused.....	19
3 Metoodika.....	20
3.1 Digiõppematerjalide loomine.....	21
3.2 Valim.....	25
3.3 Uurimisinstrument ja andmekogumine.....	27
3.4 Andmeanalüüs.....	29
4 Tulemused.....	30
4.1 Õpetajate tagasiside digiõppematerjalidele.....	30
4.2 Õpilaste tagasiside digiõppematerjalidele.....	34
5 Arutelu.....	39
Kokkuvõte.....	43
Kasutatud kirjandus.....	44
Lisa 1. Küsimustik õpetajatele.....	49
Lisa 2. Küsimustik õpilastele.....	54

Sissejuhatus

Matemaatika õppeaine põhieesmärk gümnaasiumis on arendada õpilastes matemaatikapädevust, mis annaks neile teadmisi ja vahendeid ümbritseva maailma kirjeldamiseks ja uurimiseks (Lepmann, 2016). Eesti gümnaasiumides õpetatakse alates 2014. aastast matemaatikat laia ja kitsa õppekavana, mis erinevad teineteisest teemade sisu ja käsitluslaadi poolest (Ainevaldkond „Matemaatika”, 2023). Olenemata sellest, millist õppekava õpilane läbib, on üks õpetatavatest teemadest funktsiooni tuletis ja selle rakendused.

Tuletist kasutatakse ka ekstreemumülesannete lahendamiseks, kus on otsitavaks mingi funktsiooni suurim või vähim väärtus, et leida optimaalseid lahendusi. Ülesannete sisu on seotud nii ainealaste kui ka reaaleluliste probleemidega (Haridus- ja Teadusministeerium [HTM], 2023c), seega võiks ekstreemumülesannete teema olla üks neist, mida käsitledes on võimalik matemaatikat reaalelule lähemale tuua, sest lisaks matemaatikapädevuse arendamisele on matemaatikaõppes oluline ka teiste üldpädevuste arendamine. Lepmann (2016) on välja toonud, et näiteks enesemääratluspädevuse arendamiseks peab olema õpilasel võimalus saada ülesandeid lahendada täiesti iseseisvalt, ilma õpetaja või kaasõpilase toeta. Seetõttu võib oletada, et digiõppematerjalid, mis on loodud iseseisvaks kasutamiseks, võivad toetada õpilaste eneseanalüüsi ning iseseisva õppimise ja järelduste tegemise oskuseid. Need oskused on omakorda seotud nii üldpädevustega, sealhulgas enesemääratluspädevusega, kui ka digipädevuse kujunemisega.

Samas sedastab Paas (2021), et info- ja kommunikatsioonivahendeid (IKT vahendeid) on just matemaatika õpetamiseks osade õpetajate hinnangul keeruline rakendada – kitsaskohana on mainitud õppematerjalide puudust ning asjaolu, et IKT vahendid ei aita täita tunni eesmärki. Seega pole küsimus mitte üksnes selles, kas arvutit kasutatakse, vaid eelkõige selles, kuidas seda kasutatakse. Kui IKT vahendeid rakendatakse viisil, mis lisab õppele sisulist väärtust, võib neil olla positiivne mõju (OECD, 2015).

Probleemkohana on märgitud ka asjaolu, et õpetajad pole ise IKT usku ning puuduvad piisavad teadmised ja oskused IKT vahendite kasutamiseks (Paas, 2021). Samas peaksid ka matemaatikaõpetajad ühiskonna muutustega kaasas käima ja digilahendusi erinevatel eesmärkidel kasutama, et aina arenevas ühiskonnas oma digioskusi täiustada ning seeläbi ka õpilaste koolirõõmu säilitada (Sihtasutus Kutsekoda, 2016).

Digiõppematerjalide alla kuuluvad näiteks õppevideod ja telefonirakendused (*Photomath*) (Jukk *et al.*, 2021), tasuta materjalide seast võib välja tuua veebilehelt E-koolikott (<https://e-koolikott.ee/et>) leitavad ülesanded ning digiõppematerjalid Desmose (<https://www.desmos.com>) ja Geogebra (<https://www.geogebra.org>) keskkondadest. Kuigi ekstreemumülesannete lahendamist ning sealhulgas funktsiooni valemi koostamist toetavaid digitaalseid õppematerjale leidub, on eestikeelsete ja tasuta materjalide kättesaadavus piiratud. Seda kitsaskohta arvesse võttes analüüsis käesoleva magistritöö autor oma kogemusi õpetajana ning vestles gümnaasiumiastme matemaatikaõpetajatega, et kaardistada teemad ja vajadused, mille kohta võiks uued digiõppematerjalid koostada. Vestlustest selgus, et tuletis ja selle rakendused on küll keskse tähtsusega teemad gümnaasiumi matemaatikas, kuid samas ka keerukad ning sageli õpilastele raskesti mõistetavad, mida näitavad muuhulgas riigieksamil esinenud ekstreemumülesannete tulemused (Haridus- ja Noorteamet, 2025). Õpetajad tõid esile, et ekstreemumülesannete õppimiseks napib eestikeelseid digitaalseid õppematerjale, mis toetaksid õpilaste iseseisvat õppimist, ent mis sobiksid samal ajal ka klassiruumis kasutamiseks, et teemat huvitavamalt ning süsteemsemalt õpetada.

Eelnevast lähtudes otsustati magistritööna koostada digiõppematerjalid ekstreemumülesannete iseseisvaks õppimiseks, mida kasutades saaksid gümnaasistid arendada nii ainealaseid teadmiseid kui ka iseseisva õppimise oskuseid, kuid mis oleksid soovi korral rakendatavad ka klassiruumis õpetaja suunamisel.

1 Teoreetiline ülevaade

Käesolevas peatükis kirjeldatakse ekstreemumülesannete olemust ning rakendatavust ja olulisust õppeprotsessis. Ühtlasi käsitletakse tuletise ja ekstreemumülesannete õpetamise didaktilisi põhimõtteid, analüüsitakse riigieksamitel esinenud ekstreemumülesandeid ning kirjeldatakse kvaliteetse õppematerjali koostamise ja hindamise aluseid. Lisaks tutvustatakse veebikeskkonda Desmos, kus digitaalne õppematerjal luuakse, ning antakse ülevaade olemasolevatest eestikeelsetest digiõppematerjalidest, mis käsitlevad ekstreemumülesannete temaatikat.

1.1 Ekstreemumülesanded ja soovitusel õpetamiseks

Ekstreemumülesannete lahendamine nõuab Bushmeleva jt (2017) sõnul selgetel etappidel põhineva õpetuse järgimist, et aidata õpilastel paremini süstematiseerida oma mõtlemist: olukorra tõlgendamine, muutujate defineerimine, funktsiooni valemi koostamine, tuletise leidmine, ekstreemumkohtade arvutamine, tulemuse kontroll ja vastuse põhjendatud sõnastamine. Iga etapi juures peaksid õpetajad esitama suunavaid küsimusi ja pakkuma sobivaid näiteid, et aidata õpilastel oma mõtlemist süstematiseerida (Bushmeleva *et al.*, 2017). Leitud ekstreemumkohta võib kontrollida nii teise tuletise abil kui ka ekstreemumkoha ümbrust vaadeldes (kasvamis- ja kahanemiskiirkonnad) (HTM, 2023a; HTM, 2023b). Samas peab tähelepanu pöörama ka funktsiooni tuletise rakendamise vajalikkusele ülesannetes, sest ka see võib õpilastes segadust tekitada (LaRue, 2016). Õpilasi tuleb suunata saadud tulemusi hindama, kas need sobivad ülesande konteksti, ühikud klapiivad ning tulemused on mõistlikud – selline reflektiivne samm aitab vältida mehhaanilist tuletise rakendamist ilma sisulise arusaamiseta (The Albert Team, 2022). Nguyen (2023) toob välja ka digiõppematerjalide (nt Geogebra ja Desmos) olulisuse teema õpetamisel, sest see aitab õpilastel õpitavast teemast tekitada sügavamat arusaamist ja huvi matemaatika vastu, sest kasutatakse iseseisvat avastamist ning erinevaid esitusviise (graafikud, diagrammid, sümbolid).

Ekstreemumülesanded on osa 11. klassi matemaatika õppekavast (Ainevaldkond „Matemaatika”, 2023). Erinevalt tüüpilistest ekstreemumkohtade leidmise ülesannetest eeldavad niinimetatud sõnalised ekstreemumülesanded esmalt ise uuritava funktsiooni valemi koostamist, lähtudes ülesandes kirjeldatud olukorrast (Lepmann *et al.*, 2013). Kui funktsiooni valemis on esialgu näiteks kaks muutujat, siis tuleb ülesandest välja lugeda lisatingimus, mille abil saab ühe

muutuja teise kaudu avaldada, et funktsiooni valem sõltuks vaid ühest muutujast (Afanasjeva, 2007). See on oluline, sest gümnaasiumi õppekavas käsitletakse vaid ühe muutujaga funktsioonide tuletise leidmist (Ainevaldkond „Matemaatika”, 2023). Funktsiooni valemi moodustamist peetakse selliste ülesannete puhul tähtsaimaks, aga ka keerukamaks etapiks (Afanasjeva, 2007; HTM, 2023c). Ka LaRue (2016) kinnitab, et sageli ei mõisteta, miks funktsioon peab sõltuma vaid ühest muutujast ja ei osata kasutada kitsendusi teise muutuja elimineerimiseks.

Kitsas matemaatikas, kus on kokku 8 kursust, käsitletakse funktsiooni tuletise teemat 6. kursusel pärast jada teemat (Ainevaldkond „Matemaatika”, 2023) ja see defineeritakse piirväärtuse mõistet kasutamata (HTM, 2023a). Ekstreemumülesandeid käsitlev õpitulemus on sõnastatud järgmiselt: „Õpilane lahendab lihtsamaid ekstreemumülesandeid.” (Ainevaldkond „Matemaatika”, 2023, lk 8) Antud kursuse eesmärk on rakendada funktsiooni tuletist erinevaid protsesse kirjeldades funktsiooni uurimisel ja majandusalaste ülesannete lahendamisel (HTM, 2023a). Üld- ja ainepädevusena tuuakse välja, et õpilastel on võimalus ekstreemumülesandeid lahendades arendada oma finantskirjaoskust ehk rahatarkust, lahendades majandusliku sisuga ülesandeid (HTM, 2023a). Ühe meetodilise soovitusena on märgitud, et õpilaste üldist silmaringi laiendaks majandusteaduses laialdaselt kasutatava marginaali kui sisuliselt tuletisfunktsiooni mõiste lühitutvustus (HTM, 2023a). Ekstreemumülesanded võivad olla seotud ka planimeetria või stereomeetriaga, näiteks sobiks kitsa matemaatika õppijale järgmine ülesanne: „*Ristkülikukujuline peenramaa piiratakse kolmest küljest aiaga. Milliste mõõtmetega tuleb peenramaa teha, et selle pindala oleks maksimaalne, kui aia valmistamiseks on kasutada 200 meetrit materjali?*” (HTM, 2023a).

Laias matemaatikas, kus on kokku 14 kursust, käsitletakse funktsiooni tuletist kahel kursusel. Esmalt defineeritakse funktsiooni tuletis 9. kursusel piirväärtuse mõistet kasutades, kusjuures laia kursuse läbija peab oskama selgitada ka tuletise füüsikalist ja geomeetrilist tähendust (Ainevaldkond „Matemaatika”, 2023). Meetodilise soovitusena on välja toodud, et kui erinevate funktsioonide (näiteks astme- ja logarifmfunktsioonide) tuletiste leidmine muutub õpilaste jaoks igavaks, siis võib tuletise leidmist siduda ka võrrandite või võrratuste lahendamisega ning arvutada funktsiooni tuletist etteantud kohal (HTM, 2023b).

Tuletise teema jätkub 10. kursusel, kus keskendutakse tuletise rakendamisele (Ainevaldkond „Matemaatika”, 2023). Ekstreemumülesandeid käsitleva eesmärgina on sõnastatud, et õpilane tuvastab ainealased ja reaalses elus esinevad probleemid, mida on võimalik modelleerida ja analüüsida funktsioonide abil; esitab need matemaatilises vormis, lahendab kasutades sobivaid meetodeid ning tõlgendab, hindab ja esitab saadud tulemused konteksti arvestades (Ainevaldkond „Matemaatika”, 2023). Ekstreemumülesanded on seotud kas reaaleluliste probleemidega (näiteks majandusalaste ülesannete lahendamine) või ainesiseste teemadega, näiteks planimeetria või stereomeetriaga (HTM, 2023c). Laia matemaatika õppijale sobiks näiteks järgmine ekstreemumülesanne: „*Risttahuka põhjaks on ruut. Missugused peavad olema risttahuka mõõtmed, et selle ruumala oleks suurim, kui risttahuka ühe põhja pindala ja külgpindala summa on 108 cm^2 ?*” (HTM, 2023c).

1.2 Ekstreemumülesanded matemaatika riigieksamil ja nende analüüs

Gümnaasiumi lõpetaja peab 12. klassi lõpus sooritama kolm riigieksamit: matemaatikas, eesti keeles ja võõrkeeles. Riigieksamite eesmärk on sõnastatud järgmiselt: „Riigieksamite läbiviimise eesmärk on hinnata gümnaasiumi riikliku õppekava üldpädevuste, valdkonnapädevuste, läbivate teemade ning kohustuslike kursuste õpitulemuste omandatust.” (Tasemetööde ning põhikooli..., 2015, para 26) Üldiselt on viimase 10 aasta jooksul tuletise rakendusi käsitletud Eesti matemaatika riigieksamitel funktsiooni uurimisena või läbi puutuja võrrandi ülesannete. Järgnevalt tuuakse välja ülesanded ja nende veaohalikud kohad, kus funktsiooni tuletist rakendatakse ekstreemumülesannetes. See aga ei tähenda, et kui eksamil oli esindatud ekstreemumülesanne, siis funktsiooni uurimist või puutuja võrrandit ei käsitletud. Eksamiülesanded on pärit Haridus- ja Noorteameti riigieksamite veebilehelt (2025). 2016. aasta laia matemaatika kursuse riigieksami ülesannete hulgas oli ruumilist kujundit käsitlev ekstreemumülesanne (Joonis 1).

Ülesanne 6. (10 punkti)

Uus postipakkide saatmise süsteem seab saadetava paki mõõtmetele järgmised tingimused:

- a) pakk peab olema risttahukakujuline;
- b) paki pikkus ja laius peavad suhtuma nagu 2 : 1;
- c) paki pikkuse, laiuse ja kõrguse summa peab olema 60 cm.

Kui suur peaks olema sellise postipaki kõrgus, et paki ruumala oleks maksimaalne?

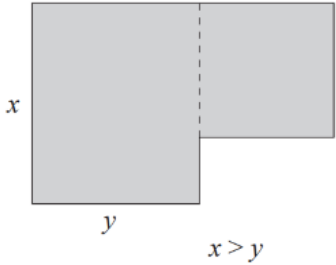
Joonis 1: 2016. aasta laia matemaatika riigieksami ekstreemumülesanne.

Ülesande analüüsist (Taal, 2016) selgub, et põhiline probleem seisnes teksti tõlgendamises. Eksaminandide jaoks tekitas raskusi ülesandes püstitatud tingimus „paki pikkus ja laius peavad suhtuma nagu 2:1”. Tüüpiliseks veaks oli ka funktsiooni avaldise läbijagamine arvulise kordajaga ning leitud ekstreemumkoha liigi määramisel tehtud vead või liigi mittemääramine. Keskmine tulemus antud ülesandel oli 5,06 punkti 10st. Üldiselt oli 2016. aasta riigieksami juures välja toodud, et õpilastel oli suuri raskusi ülesannetega, mis eeldasid iseseisvat matemaatilise mudeli (funktsiooni valemi) koostamist ja selle sõnastamist ning pikemat arutlevat lahenduskäiku. Seda mõtet kinnitab ka ülesande sooritusprotsent.

2017. aasta laia kursuse ekstreemumülesande (Joonis 2) keskmine tulemus oli 4,54 punkti 10st, seega tulemus oli võrreldes eelmise aasta ekstreemumülesande tulemusega 0,52 punkti madalam.

Ülesanne 2. (10 punkti)

Joonisel olev kujund koosneb ristkülikust ja ruudust.
 Ruudu külg moodustab $\frac{2}{3}$ ristküliku pikemast küljest.
 Arvutage selle kujundi suurim võimalik pindala, kui kujundi ümbermõõt on 88 cm.



Joonis 2: 2017. aasta laia matemaatika riigieksami ekstreemumülesanne.

Peamise weakohana toob analüüsija välja selle, et kujundi ümbermõõdu leidmisel unustati mõni pikkus arvutamata või liideti ruudu ja ristküliku ümbermõõdud kokku (Taal, 2017). Probleeme tekitasid ka ülesandes toodud tähistused ehk eksaminandid võtsid kasutusele enda tähistused, millega põhjustati segadust (nt x ja y asemel a ja b vms). Üldise tähelepanekuna osutatakse, et matemaatikat ei õpetata paljudes koolides kui õppeainet, vaid drillitakse õpilasi eksamiks.

Eksaminandid lahendasid ekstreemumülesannet ka 2024. aasta laia matemaatika eksamil (Joonis 3).

Ülesanne 10. (10 punkti)

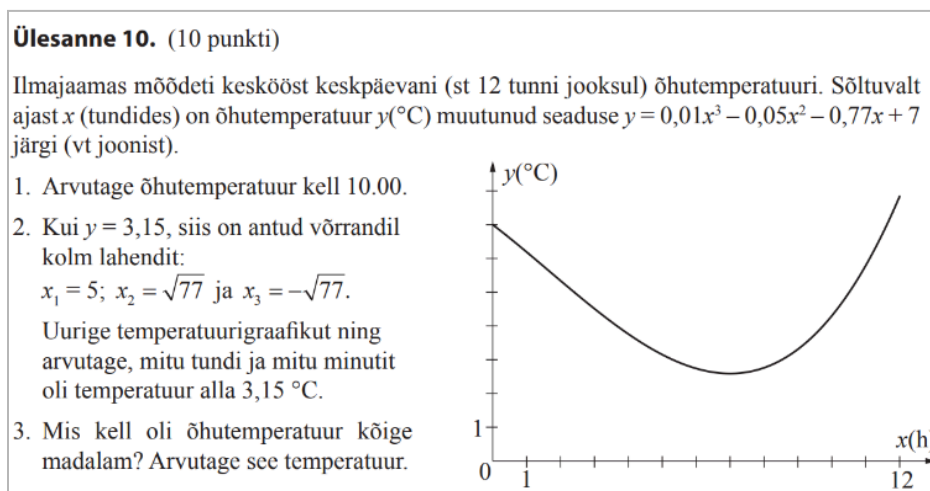
Püstprisma põhjaks on ristkülik, mille ümbermõõt on 12 cm. Prisma külgserv ja pikem põhiserv on võrdse pikkusega.

1. Arvutage prisma põhiservade pikkused, mille korral on prisma ruumala maksimaalne.
2. Arvutage prisma maksimaalne ruumala.

Joonis 3: 2024. aasta laia matemaatika riigieksami ekstreemumülesanne.

Antud ülesandes pidi eksaminand teadma püstprisma definitsiooni, oskama ülesandes püstitatud teksti õigesti tõlgendada („prisma külgserv ja pikem põhiserv on võrdse pikkusega”), koostama ise ühe muutujaga ruumala funktsiooni valemi ehk tõlkima probleemi matemaatika keelde ning leidma tuletise abil põhiservade pikkused, mille korral on ruumala maksimaalne. Eksamiülesande analüüsi pole veel magistritöö kirjutamise ajal (kevad 2025) avaldatud.

Kitsa matemaatika kursusel on viimase 10 aasta jooksul olnud ekstreemumülesanne vaid ühel eksamil ja seda 2019. aastal (Joonis 4).



Joonis 4: 2019. aasta kitsa matemaatika riigieksami ekstreemumülesanne.

Kolmandas alaülesandes tuli rakendada ekstreemumülesannete lahendamise põhimõtteid, kuna õpilasel tuli määrata nii funktsiooni miinimumkoht (kellaeg) kui ka miinimumväärtus (temperatuur). Kuigi maksimaalne võimalik punktisumma selle alaülesande eest oli 5 punkti, näitab riigieksami lühianalüüs (Taal, 2019), et keskmine tulemus oli vaid 1,7 punkti (34%). Mõned eksaminandid olid lahendanud kolmandat alaülesannet ka ilma ekstreemumülesande põhimõtteta ehk lahendamisel täiendati joonist ning jooniselt määrati ligikaudne kellaeg ja madalaim temperatuur (Taal, 2019). Analüüsis (Taal, 2019) on märgitud, et väga selgelt eristuvad laia matemaatika kursust õppinud eksaminandide tulemused. Ühtlasi täheldatakse, et paljud õpilased ei mõistnud, mida neilt lahendamisel oodati – esitati ebausutavaid või joonisega mittekooskõlas olevaid vastuseid. Levinud probleemiks oli ka aja teisendamine tundidest minutiteks, kus ekslikult kasutati teisendusena seost 1 tund = 100 minutit. Kitsa eksami kontekstis ei nõutud õppijalt küll ühe muutujaga funktsiooni valemi koostamist, mis eristab seda laia kursuse ülesandest, kuid üldised olid raskuskohad mõlemal juhul sarnased: ülesande teksti ei

osatud korrektselt tõlgendada ja/või matemaatilise mudelina avaldada ning vastuseid ei osatud piisava kriitilisusega hinnata.

Riigieksamite ekstreemumülesandeid analüüsid selgub, et iseseisvalt matemaatilise mudeli koostamine ja selle kirjapanemine on eksaminandide jaoks keerukas. Seda näitavad antud ülesannete tulemused ja kinnitab ka Lepmann (2010), kelle hinnangul on Eesti õpilaste jaoks kõige raskemad valdkonnad matemaatiliste tekstide lugemine ja mõistmine, sealhulgas probleemide või andmete tõlgendamine matemaatilisse keelde, nende lahendamine ning saadud tulemuste tõlgendamine reaalses kontekstis. Kuigi nimetatud oskusi saab arendada ka muude ülesandetüüpide abil, on ekstreemumülesanded heaks vahendiks oskuste arendamisel, kuna need seovad omavahel nii konteksti mõistmise, matemaatilise modelleerimise kui ka saadud tulemuste tõlgendamise reaalses olukorras.

1.3 Digitaalse õppematerjali koostamine

Lisaks traditsioonilistele õppematerjalidele võib õppematerjalina käsitleda ka digitaalset sisu, mis pakub mitmekesiseid võimalusi õppeprotsessi rikastamiseks. Digitaalse õppematerjali koostamine on teadlik ja sihipärane tegevus, mille eesmärk on luua õppimist toetav, ligipääsetav ja tehniliselt toimiv materjal. Selleks tuleb arvestada nii pedagoogiliste põhimõtete kui ka tehniliste lahendustega, et tagada materjali kvaliteet ja kasutajasõbralikkus eri sihtrühmade jaoks. (Villems *et al.*, 2014–2015)

1.3.1 Digitaalne õppematerjal

Digitaalne õppematerjal on õppetöoks loodud materjal, mida levitatakse digitaalsel kujul (näiteks esitlus, e-raamat, ülesanne või test) ja mis võib sisaldada teksti, graafikat, multimeediaelemente ning varieeruda interaktiivsuse tasemelt (Laanpere, 2015; Villems *et al.*, 2014–2015). Digitaalne õppematerjal võib olla loodud mingi kindla tegevuse toetamiseks (nt esitlus või ülesanne teatud teema õppimiseks) või iseseisvana, st ta ei eelda mingi teise materjaliga koos kasutamist (nt õpiobjekt kui minikursus) (Villems *et al.*, 2014–2015; Laanpere, 2018).

Õpiobjektid võivad erineda mahult, sisult, kujunduselt ja ülesehituselt, kuid neid ühendab selgelt määratletud eesmärk ja konkreetsed õpiväljundid. Nende saavutamist toetavad mitmesugused interaktiivsed tegevused, nagu enesekontrolliküsimused, testid või simulatsioonid. Hea õpiobjekt on terviklik, keskendunud kindlale teemale, mõistliku mahuga ning loodud viisil, mis võimaldab

selle tõhusat taaskasutust eri õppeainetes ja kontekstides. Õpiobjektid on mõeldud laiale kasutusele – neid saavad rakendada erinevad õpetajad erinevates õpikursustes ja sihtrühmadele. Nimetatud omadused suurendavad õpiobjekti kasutatavust, laiendavad potentsiaalset kasutajaskonda ning tõstavad selle tõhusust õppeprotsessis. (Villems *et al.*, 2012)

Kvaliteetne digitaalne õppematerjal, sh õpiobjekt, on hästi struktureeritud, selgelt loetav, ühtlase kujundusstiiliga, tehniliselt usaldusväärne ja visuaalselt köitev. Samas on oluline jälgida, et digitaalses õppematerjalis kasutatud meediumid oleksid valitud sihipäraselt ja kaalutletult. Meediumite kogus ja tüüp peaksid vastama õpieesmärkidele, vältides liigset infokoormust. Otsuseid langetades tasub juhendada põhimõttest „nii palju kui vajalik, aga nii vähe kui võimalik“. Meediumeid valides võiks õpetaja endalt küsida, milline formaat toetab õppesisu kõige tõhusamalt. Näiteks õppevideo luuakse juhul, kui on vaja suunata tähelepanu mingi protsessi arengule või kui on vaja juhendada õppijat tegevuse sooritamisel, kuid kuna videomaterjali loomine ja selle hilisem muutmine on aja- ja ressursikulukas, siis sobib videot kasutada teemade puhul, mille sisu ajas väga palju ei muutu. Kujunduse juures tuleb jälgida oluliste detailide leitavust, mida saab tagada sobiva kirjastiili ja -suuruse valikuga. Õppematerjal peab lisaks sisulisele korrektsusele jälgima ka keelelist korrektsust. (Villems *et al.*, 2014–2015)

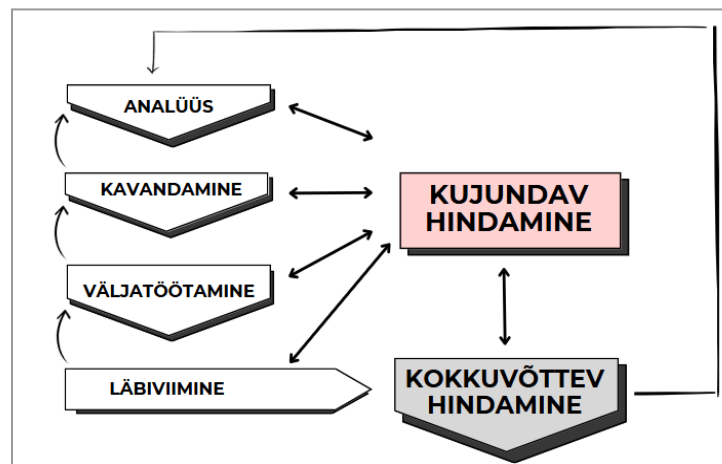
1.3.2 ADDIE mudel

Selleks, et õppematerjal täidaks seatud eesmärged ja oleks kvaliteetne, peab seda koostama mõtestatult ning konkreetsete juhiste järgi. ADDIE (*analyse, design, development, implementation, evaluation*) on õppematerjalide koostamise mudel (Greaney & Ellis, 2005), mis sobib nii traditsiooniliste kui ka veebipõhiste õppematerjalide koostamiseks (Gawlik-Kobylińska, 2018). Adeoye jt (2024) on leidnud, et kuna tänapäeva maailmas on tehnoloogia areng väga kiire, siis peab ka haridus sellega kaasas käima ning mudeli järgi süsteemne lähenemine võiks aidata uusi ideid võimalikult hästi praktikasse viia. ADDIE mudel koosneb Greaney & Ellis (2005) sõnul viiest etapist:

1. **analüüs** (ingl *analyse*) – probleemi sõnastamine, eesmärkide püstitamine, olemasolevate teadmiste väljaselgitamine;
2. **kavandamine** (ingl *design*) – ülesannete ja materjali jaoks vajaliku info otsimine; prototüüpide tegemine; süstemaatiline tegevus;

3. **väljatöötamine** (ingl *development*) – disaini etapis väljatöötatud materjali koostamine;
4. **läbiviimine** (ingl *implementation*) – selles etapis rakendatakse kõike senitehtut reaalses elus reaalsete õppijatega;
5. **hindamine** (ingl *evaluation*) – kuidas analüüsida tagasisidet, kellele saadud tulemusi esitleda; mida õppematerjalis parendada.

Viimane etapp – hindamine – ei ole mitte ühekordne tegevus, vaid kogu mudeli ulatuses toimuv protsess (Joonis 5).



Joonis 5: ADDIE mudel Greaney & Ellis (2005) põhjal.

Kujundav hindamine (ingl *formative evaluation*) toimub protsessi igas etapis, et pidevalt projekti arengut analüüsida ja võimalikke arenduskohti leida, kokkuvõttev hindamine (ingl *summative evaluation*) leiab aset projekti lõpus (Greaney & Ellis, 2005).

1.3.3 LORI mudel

Digiõppematerjali kvaliteeti on võimalik hinnata näiteks LORI (ingl *Learning Object Review Instrument*) mudeli abil, mille rakendamine digimaterjalide hindamisel on põhjendatud mudeli süsteemse ja laiapõhjalise lähenemisega, mis hõlmab nii pedagoogilisi, tehnilisi kui ka kasutusmugavusega seotud aspekte (Leacock & Nesbit, 2007). Digitaalsete õppematerjalide loomisel mudeli kvaliteedipõhimõtteid järgides on võimalik tõsta õppetöö taset ja mitmekesistada selle läbiviimise viise ning õppijakesksed materjalid toetavad õpimotivatsiooni kujunemist ja säilimist (Villems *et al.* 2014-2015). LORI mudel koosneb üheksast komponendist,

millest igäühte hinnatakse 5-pallisel skaalal. Siinkohal esitatakse need komponendid Leacock & Nesbit (2007) järgi:

1. **Õpieesmärkide vastavus.** Kas materjal toetab selgelt määratletud ja asjakohaseid õpieesmärke?
2. **Õpetuslik väärtus.** Kui tõhusalt toetab materjal õppimise protsessi (nt selgitused, ülesannete sobivus, tagasiside)?
3. **Motivatsioon.** Kas materjal on kaasav, huvitav ja motiveeriv õppijale?
4. **Interaktiivsus.** Milline on õppija ja materjali vaheline interaktsioon? Kas õppija saab aktiivselt tegutseda?
5. **Tagasiside ja kohandatavus.** Kas õppija saab kohest ja sisukat tagasisidet? Kas materjal kohandub õppija vajadustega?
6. **Esitluskujundus.** Kas materjali visuaalne ja tekstiline kujundus on selge, loetav ja esteetiline?
7. **Tehniline kvaliteet.** Kas materjal töötab tehniliselt korralikult, ilma vigadeta ja erinevates seadmetes/brauserites?
8. **Kasutusmugavus ja ligipääsetavus.** Kui lihtsalt saab õppija materjali kasutada? Kas see on ligipääsetav eri vajadustega õppijatele?
9. **Taaskasutatavus ja kohandatavus.** Kas materjali saab kasutada erinevates kontekstides või kohandada eri sihtrühmadele? Kas sama materjal sobib nii koduseks tööks kui ka tunnis kasutamiseks? Kas õppematerjal on lihtsasti muudetav või kohandatav vastavalt õppija tasemele (algajad vs edasijõudnud), õpetaja eesmärgile (näitlikustamine vs iseseisev harjutamine), keelele, kultuurikontekstile, seadmele jms?

Enne õppematerjali laiemat kasutuselevõttu peaks selle esmase kontrolli läbi viima autor ise, et tagada selle sisuline kvaliteet ja tehniline korrasolek. Seejärel võiksid materjali tagasisidestada kolleegid, kes oskavad anda kommentaare nii ainealase kui ka keelelise korrektsuse kohta ning hinnata, kas materjal toetab seatud eesmärkide saavutamist. Viimases etapis võiks materjali katsetada ka sihtrühm ise (õppijad), mis võib toimuda nii klassiruumis kui ka veebikeskkonnas. Klassiruumi eelisena saab kohe kontrollida, kas testijad omandasid vajalikud teadmised ja

oskused ning küsida vahetut tagasisidet, samas veebikeskkonnas asuvat materjali saab testida laiemal sihtrühmal peal. Õppijate tagasisidet saab koguda näiteks spetsiaalse küsimustiku abil (Google Forms) ning kui tagasiside tulemused ületavad 70% lävendi, siis võib materjali pidada kvaliteedinõuetele vastavaks. Küsimustiku eesmärk on aidata autoril mõista, millised osad toimivad hästi ja millised vajaksid edasist arendamist. (Villems *et al.*, 2014–2015)

1.4 Õppetarkvara Desmos

Õppetarkvara all peetakse silmas rakendustarkvara (sh serveri- arvuti- ja mobiilirakendused), mis on loodud eesmärgiga toetada õppimist ja õpetamist (Laanpere, 2015). Jukk jt (2021) on leidnud, et 2020. ja 2021. aastal ehk koroonapandeemia ajal olid kõige kasutatavamad õppetarkvarad matemaatika õpetamiseks Eestis GeoGebra, WolframAlpha ja Desmos.

Desmos (www.desmos.com) on üle 75 miljoni kasutajaga veebipõhine keskkond, mille eesmärk on muuta matemaatika õppimine ja õpetamine visuaalsemaks ja kaasavamaks. Platvorm koosneb kahest peamisest osast: Desmos Studio ja Desmos Classroom. (Desmos, *s.a.*)

Desmos Studios saab kasutada erinevaid matemaatika tööriistu, näiteks graafikakalkulaatorit, et esitada oma mõtteid matemaatilisel kujul. Õpetajad saavad ülesandeid luua teacher.Desmos keskkonna abil slide koostades, mis moodustavad tervikliku materjali. Desmost saab kasutada ka tunnis (Desmos Classroom), kus saab jälgida reaalselt õpilaste tegevust ning koguda nende vastuseid, mis võimaldab kohest hindamist ja individuaalset juhendamist. Platvorm võimaldab õppijatel näha ka teiste vastuseid ning uurida erinevaid lahendusviise, mis avardab arutelu ja kriitilise mõtlemise võimalusi. Desmoses saab integreerida erinevaid ülesandetüüpe, nagu graafikud, valikvastustega küsimused ja paaride ühendamine. Tänu programmeerimisvõimalusele saab luua dünaamilisi ülesandeid, mis reageerivad õpilaste sisendile. Desmos toetab ka õpetaja professionaalset arengut, pakkudes võimalust luua ise oma õppegevusi või kasutada olemasolevaid, mille on loonud teised Desmose kasutajad. (Desmos, *s.a.*)

Platvormi tugevuseks on selle kättesaadavus – Desmos töötab kõikides kaasaegsetes veebibrauserites ja seadmetes ning ei vaja tarkvara allalaadimist ega sisselogimist põhifunktsioonide kasutamiseks. Samuti on see tasuta, kasutajasõbralik, intuitiivne, võimekas graafikute loomisel ning innustab õpilasi aktiivselt matemaatika õppimises osalema (Ebert,

2014). On leitud, et Desmose kasutamine parandab oluliselt õpilaste oskusi graafikute koostamisel ja analüüsimisel (Dy, 2024).

1.5 Olemasolevad eestikeelsed digiõppematerjalid ekstreemumülesannete kohta

Järgnevalt tutvustatakse olemasolevaid tasuta eestikeelseid digiõppematerjale ekstreemumülesannete kohta, mida magistritöö autoril õnnestus leida. Peamiselt tutvustatakse e-Koolikoti õppematerjale.

E-koolikott (<https://e-koolikott.ee>) on Eesti Haridus- ja Noorteameti (HARNO) hallatav digitaalne õppevara portaal, mis pakub tasuta ja kvaliteetseid õppematerjale kõikidel haridustasemetel ja õppeainetes. Platvormi eesmärk on toetada õppetöö läbiviimist, võimaldades õpetajatel, õpilastel ja lapsevanematel hõlpsasti leida ja kasutada digitaalseid õppematerjale, mis on kooskõlas riiklike õppekavadega. Keskkond sisaldab erinevat tüüpi ressursse, sealhulgas töölehti, esitlusi, videoid, H5P (ingl *HTML5 Package*) interaktiivseid ülesandeid ja linke välistesse rakendustesse (nt Desmos, GeoGebra). (Haridus- ja Noorteamet, 2023)

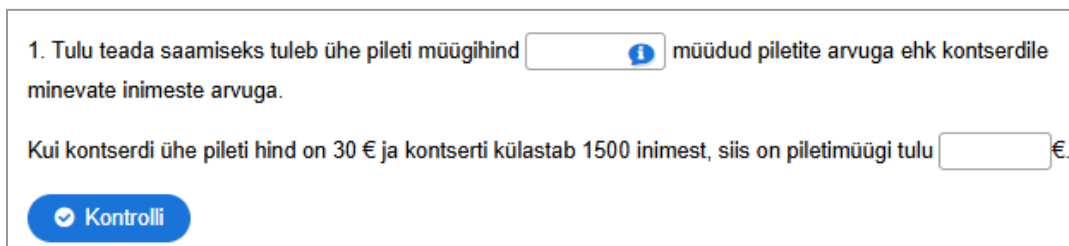
Õppekavade materjalide veebis (2023a) on kitsa kursuse juures välja toodud 2022. aastast pärit E-koolikoti ekstreemumülesannete kogumik (Volt, 2022), mille kirjeldus on järgmine: „Kitsa matemaatika kursus „Jadad. Funktsiooni tuletis“. Antud kogumikus luuakse elulise ülesande abil arusaamine ekstreemumülesannetest. Seejärel vaadatakse erinevaid elulisi ekstreemumülesandeid. Õpitulemused: õpilane oskab lahendada lihtsamaid ekstreemumülesandeid.” Ülesannete kogu algab probleemi püstitusega, kus tekitatakse seos probleemi sisu ja ekstreemumite vahel. Kogumikus on neli ülesannet, millest kolm on planimeetria ja stereomeetria ning üks majandusega (Joonis 6).

Kontserdi korraldajate hinnangul on 30-eurose piletihinna korral kontserdikülastajate arv 1500. Uuringu järgi on teada ka see, et piletihinna alandamine ühe euro võrra suurendaks külastajate hulka 100 inimese võrra.

1. Leia, milline oleks piletimüügi tulu 30-eurose piletihinna korral.
2. Moodusta funktsioon, mis näitab, kuidas piletimüügi tulu sõltub piletihinna alandamisest x euro võrra.
3. Leia antud tekstile vastava elulise funktsiooni määramispiirkond eeldusel, et kontserdi korraldaja soovib siiski majanduslikku kasumit saada.
4. Leia, millise hinnaalanduse korral on piletimüügi tulu suurim. Kui palju inimesi sellise hinnaalanduse korral kontserdile tuleks ja milline oleks sellisel juhul müügitulu?

Joonis 6: Majandusalane ekstreemumülesanne E-koolikotis kitsa matemaatika kursusele.

Ülesande lahenduskäik on kirja pandud ineraktiivse lünktekstina, kuhu õpilane saab sobivaid sõnu või avaldisi sisestada ning nende õigsust koheselt kontrollida (Joonis 7), mis on oluline komponent digiõppematerjali puhul.



1. Tulu teada saamiseks tuleb ühe pileti müügihind müüdüd piletite arvuga ehk kontserdile minevate inimeste arvuga.

Kui kontserdi ühe pileti hind on 30 € ja kontserti külastab 1500 inimest, siis on piletimüügi tulu €.

Joonis 7: Lünktekst ekstreemumülesande juures.

Lai matemaatika 10. kursuse juures (Haridus- ja Teadusministeerium, 2023c) on üks 2018. aastast pärit E-koolikoti allikas, kust on võimalik leida veebipõhiseid ülesandeid tuletise rakendamise kohta funktsiooni uurimiseks (Funktsiooni uurimine tuletise abil, *s.a.*). Mõne E-koolikoti ülesande juurde on poogitud ka Geogebra interaktiivseid slaide, mis võimaldavad õpilasel õpitud kohe graafikul visualiseerida. Näiteks on Geogebra võimalusi kasutatud ülesandes, kus õpilane peab funktsiooni graafikul ise ära märkima funktsiooni miinimum- ja maksimumpunkti. Samas on praktiseerivad õpetajad juhtinud tähelepanu mitmele E-koolikoti kasutamise probleemile: osa materjale ei avane, ülesanded on sageli liiga keerulised ning otsingusüsteem ei kuva kõiki teemakohaseid õppematerjale (Aavalo, 2025).

Magistritöö autoril õnnestus leida vaid üks Desmose keskkonnas olev eestikeelne digiõppematerjal ekstreemumülesannete lahendamiseks (Savina, *s.a.*). Kuna Desmoses saab teiste autorite poolt loodud materjale kopeerida ja muuta, siis on ka selle originaalmaterjal inglise keeles. Materjali probleem seisneb aga selles, et seal puudub vahetu tagasiside saamise võimalus, mis on üks digitaalse õppematerjali olulistest kvaliteedinäitajatest.

Lisaks E-koolikoti ja Desmose õppematerjalidele võib digiõppematerjalina vaadelda ka õppevideosid. Eestikeelseid õppevideoseid tuletiste rakendamise kohta ekstreemumülesannetes leidub aga väga vähe. Ainukese tasuta õppevideo näitena, kus selgitatakse ekstreemumülesande olemust, näidatakse funktsiooni valemi koostamist ning lahendatakse mõned näiteülesanded, võib välja tuua Anissimovi (2021) video. Eestikeelseid õppevideosid erinevate õppeainete, sealhulgas matemaatika kohta toodab ka Videoõps (*s.a.*), kuid funktsiooni tuletise kohta videot selle kanali all pole.

Rohkem tasuta eestikeelseid digiõppematerjale, kus saaks iseseisvalt õppida või kinnistada ekstreemumülesannete lahendamist, ei õnnestunud magistritöö autoril leida ei E-koolikoti, Geogebra ega ka Desmose keskkondadest.

2 Töö eesmärgid ja uurimisküsimused

Tuletise kasutamine eluliste ekstreemumülesannete lahendamiseks on nii kitsas kui ka laias matemaatikas tähtsal kohal, nende rolli on kirjeldatud ka gümnaasiumi matemaatikakursuse õpiväljundites (Lepmann, 2016). Ekstreemumülesannete lahendamine arendab lisaks funktsiooni tuletise leidmisele ja selle tõlgendamisele ka probleemi püstitamise, analüüsimise ning matemaatilise mudeli koostamise oskusi, mis on erinevate allikate ning Eesti matemaatika riigieksamite ülesannete analüüside põhjal üks veaohlikemast aspektidest. Samas on õpilastel keeruline leida eestikeelseid digiõppematerjale, mis toetaksid antud teema iseseisvat õppimist.

Magistritöö eesmärk on luua iseseisvaks õppimiseks mõeldud ekstreemumülesannete digiõppematerjalid Desmose keskkonnas ning saada neile tagasisidet ja soovitusi matemaatikaõpetajatelt ning õpilastelt.

Eesmärkide saavutamiseks püstitati järgmised uurimisküsimused:

1. Milline on õpetajate tagasiside ja soovitused loodud digiõppematerjalidele?
2. Milline on õpilaste tagasiside ja soovitused loodud digiõppematerjalidele?
3. Kuidas hindavad õpilased loodud digiõppematerjalide kasulikkust ekstreemumülesannete õppimisel?

3 Metoodika

Töö eesmärkidest ja uurimisküsimustest lähtuvalt valiti töö uurimismeetodiks tegevusuuring.

Tegevusuuring (ingl *Action research*) on kvalitatiivne uurimismeetod, mille tulemusel saab teatud tegevuse või objekti kvaliteeti tõsta. See erineb teistest uurimisviisidest selle poolest, et see on koheselt ja praktiliselt rakendatav. Tegevusuuringu teostaja on eeskätt praktik, kes laiendab oma erialaseid teadmisi eesmärgiga parandada õpetamise kvaliteeti, keskendudes seejuures oma kooli, klassiruumi või konkreetse aine spetsiifikale. (Löfström, 2011)

Tegevusuuringu üks tsükkel koosneb neljast etapist (Löfström, 2011; Nunes & McPherson, 2003):

1. planeerimine (ingl *Diagnosis*);
2. tegutsemine (ingl *Action Planning*);
3. vaatlemine (ingl *Action Taking*) ja
4. analüüsimine (ingl *Action Evaluation*).

Tegevusuuringu tsükliline ülesehitus võimaldab tegevuskava vajadusel uuesti käivitada, arendada sellest välja uus tegevuskava või rakendada olemasolevat (Löfström, 2011). Käesoleva magistritöö raames viidi läbi tegevusuuringu üks täistsükkel, mis hõlmas kõiki nelja etappi.

Tegevusuuringu esimeses etapis ehk **planeerimisel** (ptk 1) võeti vaatluse alla ekstreemumülesande olemus ja selle olulisus matemaatikaõppes. Seejärel kirjeldati ekstreemumülesannete õpetamise põhimõtteid ja soovitusi (Eesti) matemaatikaõppes ning toodi näiteid Eesti matemaatika riigieksamil esinenud ekstreemumülesannetest ja nende veakohtadest. Lisaks anti ülevaade digiõppematerjalide eripäradest, olemasolevatest eestikeelsetest ekstreemumülesannete digiõppematerjalidest ning kirjeldati ADDIE ja LORI mudeleid ning Desmose keskkonda, millel käesolev töö baseerub. Planeerimise etapis otsustati luua ekstreemumülesannete iseseisvaks õppimiseks mõeldud digiõppematerjalid veebikeskkonnas Desmos. Peatükis 2 sõnastati tegevusuuringu eesmärgid ja uurimisküsimused tuginedes esimeses peatükis uuritule.

Järgmises etapis ehk **tegutsemise etapis** (ptk 3.1) kirjeldati digiõppematerjalide loomist koos illustreerivate näidetega.

Tegevusuuringu kolmandas etapis ehk **vaatlemise etapis** koguti tagasisidet koostatud õppematerjalidele: peatükis 3.2 selgitati, kellelt tagasisidet küsiti, ning peatükis 3.3 täpsustati, kuidas saadud tagasisidet analüüsitakse.

Tegevusuuringu viimases etapis ehk **analüüsis** (ptk 4) analüüsiti õpetajate ja õpilaste tagasisidet. Eraldi arutleti tehtud paranduste ning võimalike edasiarenduste võimaluste üle, mida tehti peatükis 5.

3.1 Digiõppematerjalide loomine

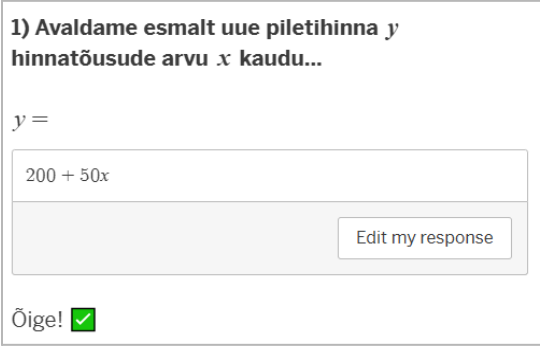
Esimeses peatükis tehtud analüüsi tulemusena sõnastati loodava digiõppematerjalide eesmärgid ja õpitulemused, tagamaks riiklikus õppekavas sätestatud õpiväljundite saavutamist: valminud digiõppematerjalide kasutamise järel peaks õpilane olema võimeline koostama ühe muutujaga funktsioone, lahendama erineva sisuga ekstreemumülesandeid ning rakendama Desmose keskkonda matemaatiliste probleemide lahendamiseks. Desmose keskkond valiti digiõppematerjalide ülesannete loomiseks seetõttu, et antud keskkonnas eksisteerib autorile teadaolevalt vaid üks eestikeelne tasuta digiõppematerjal. Lisaks toetavad Desmose vahendid õppija aktiivset kaasatust, võimaldades ülesannete lahendamist samm-sammult, kohest tagasisidet ning matemaatiliste seoste visuaalset esitamist, mis on oluline abstraktsete teemade, nagu ekstreemumülesanded, mõistmisel.

Digiõppematerjalid töötati välja 2025. aasta märtsist maini, lähtudes kvaliteetse õppematerjali nõuetest, LORI mudeli hindamiskriteeriumitest, ekstreemumülesannete õpetamise meetodilistest soovistest ning Desmose võimalustest. Samuti arvestati digiõppematerjalide loomisel õpilaste erinevate huvidega ning ülesannete diferentseerimisvõimalustega vastavalt õppijate tasemele. Ülesannete loomise vältel toimus autori poolt ADDIE mudeli kohaselt pidev protsessi hindamine, kas loodavad ülesanded vastavad nii riiklikule õppekavale kui ka kvaliteetse digiõppematerjali nõuetele. Enne õpetajate ja õpilaste tagasiside kogumist arutati ülesannete sisu ja ülesannete tehnilised lahendused juhendajaga läbi.

Kokku loodi neli digiõppematerjali (Desmoses kasutatakse ka mõistet *tegevus* (ingl *activity*)), millest üks on sissejuhatav materjal ning ülejäänud kolm käsitlevad igaüks ühte või kahte pikemat ekstreemumülesannet, mida ei pea läbima Desmose kogumikus näidatud järjekorras. Iga õppematerjali loomine algas ülesande etappide sõnastamise, tegevusloogika kavandamise ning Desmose sobivate tööriistade ja meediumite valikuga. Iga õppematerjali juurde on Desmoses

lisatud lühike ülevaade, mis annab kasutajale aimdust materjali fookusest enne ülesannete lahendamise algust. Samuti on lisatud viited allikatele, mis on inspireerinud autorit õppematerjalide koostamisel. Materjalid avaldati nii Desmose kogumikus (<https://teacher.desmos.com/collection/6802614cb4a22ecf711c3f41>) kui ka E-koolikoti lehel (<https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/34498-Ekstreemumulesannete-digioppematerjalid-Desmos>). Järgnevalt kirjeldatakse iga loodud digiõppematerjali eraldi.

Ekstreemumülesanded – sissejuhatus ja näiteülesanded (ühe muutujaga funktsiooni valemi koostamine). Ekstreemumülesannete temaatikat uurides jõuti järeldusele, et kõige keerulisem on õpilaste jaoks ühe muutujaga funktsiooni valemi koostamine. Seetõttu otsustati esimesena luua õppematerjal, mille peamine eesmärk on aidata õppijal omandada ühe muutujaga funktsiooni valemi koostamise oskus, sealjuures arendada ka arusaamist, millest tuleb funktsiooni valem koostada ehk mis funktsiooni ekstreemukohti hakatakse leidma. Lisaks on eesmärk aidata õpilasel meenutada ruumiliste kehade nimetusi ja nende täispindalade ja ruumalade valemeid, sest neid teadmisi on nii selles materjalis kui ka järgmistes vaja rakendada. Antud õppematerjal koosneb üheksast slaidist ja keskendub ekstreemumülesande olemusele, vastates küsimustele „Mis on ekstreemumülesanne?” ning „Kuidas ekstreemumülesannet lahendada?”. Materjal koosneb interaktiivsetest ülesannetest, kus funktsiooni valemi koostamise protsess on üles ehitatud etapiviisiliselt, kasutades erinevaid vastamisviise (näiteks matemaatiline vastus ja valikvastused), et õpilased saaksid liikuda lihtsamatel sammudel keerukamate järeldusteni. Õpilasel on võimalik oma vastuseid koheselt pärast sisestamist kontrollida (Joonis 8), mis toetab kvaliteetse digiõppematerjali oluliseks tunnuseks peetavat vahetu tagasiside andmise põhimõtet (Leacock & Nesbit, 2007).



1) Avaldame esmalt uue piletihinna y hinnatõusude arvu x kaudu...

$y =$

200 + 50x

Edit my response

Õige!

Joonis 8: Tagasiside õpilase sisestatud vastusele.

Desmoses saab automaatkontrollitavaid ülesandeid luua teacher.Desmos keskkonnas olevate programmeerimisvõimaluste abil, mida kasutati nii selle kui ka järgmiste materjalide loomise juures. Rakendati näiteks muutujate väärtuste võrdlemist (õpilase sisestatud funktsiooni valemi ja korrektse valemi võrdlus), tingimuslauseid (ingl *boolean logic*) ning visuaalse tagasiside andmist (tekstiline kinnitus ebakorrekse ja korrektse vastuse korral). Selleks, et teemat paremini selgitada, loodi lisaks neljale ülesandele ka kolm õppevideot (sissejuhatus ja erineva sisuga näiteülesannete lahendamine), mis salvestati ekraanivideotena Screencast-O-Matic tarkvara abil. Videod lisati Desmose materjalidesse. Materjali viimasel slaidil võetakse ekstreemumülesannete lahendamise skeem kokku illustratiivse skeemi abil, mida käsitleti ka õppevideos. Skeem loodi autori poolt veebipõhisel disainiplatvormil www.canva.com.

Ekstreemumülesanne – risttahukas. Ekstreemumülesanded on matemaatikaõppes seotud kas majandusalaste või ainesiseste teemadega (HTM, 2023a; HTM, 2023c). Seega otsustati luua kaks materjali, millest üks käsitleb risttahuka teemat ning teine silindri teemat. Esimene neist, risttahuka ekstreemumülesande materjal, koosneb 13 slaidist. Ülesande sisu on järgmine: etteantud mõõtmetega plekkplaadi nurkadest tuleb ära lõigata sellise pikkusega ruudukujulised tükid, et plaadist keevitatava karbi ruumala oleks võimalikult suur (Levin *et al.*, 1995). Õpilane peab antud ülesandes tekstist välja lugema, et karbi valmistamisel tekib risttahukas ning rakendama teadmisi risttahuka ruumala ning põhja- ja külgpindala kohta. Probleemi visualiseerimiseks on õppijal võimalik kasutada erinevaid vahendeid, näiteks joonistamise tööriista (Joonis 9) ja graafilist kalkulaatorit.

Selleks, et saaksime karbi ruumalafunktsioonist tuletist leida, peame kõik suurused (karbi pikkus y , laius z , kõrgus h) avaldama ühe muutuja x kaudu. Täienda joonist andmetega (vali joonistamise tööriist).

Kui lõigata igast nurgast välja ruudu küljepikkusega x , siis karbi mõõtmed on...

Pikkus $y =$

80 - 2x

Edit my response

Õige! ✓

Joonis 9: Joonistamise tööriista rakendamise näide ekstreemumülesandes 1.

Kui õppematerjali kasutatakse tunnitöös Desmos Classroom abil, saab õpetaja materjali lõpus oleva refleksioonislaidi abil koguda õpilastelt tagasisidet ülesannete sooritamise kohta, et hinnata nende arusaamist.

Ekstreemumülesanne – silinder. See ekstreemumülesannet käsitlev digiõppematerjal koosneb 14 slaidist. Ülesanne on inspireeritud Levin jt (1995) õpikus olevast silindrikujulise purgi täispindala optimeerimise ülesandest – ülesande eesmärk on leida silindrikujulise purgi mõõtmed nii, et selle valmistamiseks kuluks võimalikult vähe materjali. Lahendamisele lähenetakse avastusõppe meetodil, kus esmalt suunatakse õppijat ise lahendusideed välja mõtlema (näiteks kas purgi põhja läbimõõt peaks etteantust olema suurem või väiksem, et ruumala säiliks). Seejärel koostatakse samm-sammult ühe muutujaga silindri täispindala funktsiooni valem, leitakse tuletis ja arvutatakse ekstreemumkohad. Kuna ekstreemumülesannete lahendamisel on oluline hinnata leitud ekstreemumkoha liiki vastavalt ülesande kontekstile, on ka see etapp õppematerjalis esitatud mitmikvalikvastusega küsimusena (Joonis 10).

Peame aga ka kindlaks tegema, kas leitud ekstreemumkoht $r = 3.5$ on ikka miinimumkoht (sest tahame ju minimaalse täispindalaga purki)!

Vali kõik õiged põhjendused, miks võib väita, et $r = 3.5 \text{ cm}$ on täispindala funktsiooni miinimumkoht.

$S''(3.5) > 0$, seega $r = 3.5$ on miinimumkoht.

1. tuletise graafikult näeme, et kahanemine läheb üle kasvamiseks, järelkult $r = 3.5$ on miinimumkoht.

$S''(3.5) < 0$, seega $r = 3.5$ on miinimumkoht.

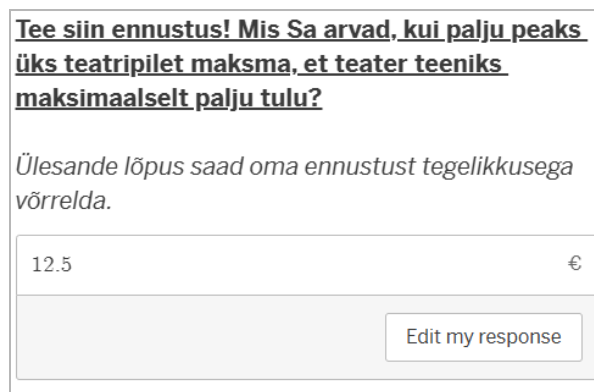
1. tuletise graafikult näeme, et kasvamine läheb üle kahanemiseks, järelkult $r = 3.5$ on miinimumkoht.

Proovi uuesti! ❌

Joonis 10: Ekstreemumkoha liigi määramine ja tagasiside ebakorrektsel vastusele.

Ülesanne lõpeb vastuse sõnastamisega, kusjuures õppijat suunatakse saadud tulemust reflektiivse küsimusega hindama ja üldisemalt teema peale mõtlema: „*Kõigest eelnevast lähtudes – miks ei toodeta siis kõige optimaalsema kujuga purke, kui see oleks odavam? Mis arvad?*”. Nii nagu ka eelmises ülesandes, on Desmos Classroomi kasutades võimalik koguda õpilaste mõtteid refleksioonislaidi abil.

Ekstreemumülesanded – kulu, tulu, kasum. Neljandas ekstreemumülesannete materjalis (15 slaidi) on kaks majandusteemalist ülesannet, mida lahendades on õpilastel võimalik arendada teadmisi rahatarkusest (HTM, 2023a). Mõlema ülesande eesmärk on kasumi optimeerimine piletihinna (või teenuse hinna) muutmise kaudu, lähtudes olukorrast, kus on teada algse hinna juures teenust kasutavate klientide arv. Ka nende ülesannete puhul on rakendatud etapiviisilist lähenemist, et toetada õppija oskust lahendada ekstreemumülesannet süsteemselt, hõlmates kõiki vajalikke etappe. Täiendava võimalusena on õppijal võimalik lõppvastust esitada enne ülesande juurde asumist loogilise arutluskäigu põhjal, mida saab ülesande lõpus automaatselt kontrollida, pakkudes nii enesekontrolliks kui refleksiooniks lisavõimalusi (Joonis 11).



Tee siin ennustus! Mis Sa arvad, kui palju peaks üks teatripilet maksma, et teater teeniks maksimaalselt palju tulu?

Ülesande lõpus saad oma ennustust tegelikkusega võrrelda.

12.5 €

Edit my response

Joonis 11: Lõppvastuse pakkumine teatri-teemalises ekstreemumülesandes.

Ülesannete koostamisel on ekstreemumülesannete lahendamist püütud siduda ka eelnevalt õpituga. Näiteks on selle ülesannete komplekti neljandal slaidil võimalik sisestatud tuletisfunktsiooni ka uurida graafikul, mis kuvatakse ekraanile automaatselt.

3.2 Valim

Esimesele uurimisküsimusele „Milline on õpetajate tagasiside ja soovitus loodud õppematerjalidele?” vastuse saamiseks soovis töö autor esmalt saada õppematerjalidele tagasisidet eriala ekspertidelt ehk matemaatikaõpetajatelt. Valim koostati mugavusvalimi meetodil, mis tähendab, et uurimusse on kaasatud inimesed, kes peamiselt kuuluvad autori tutvusringkonda (Rämmer, 2014) ning kriteeriumiks oli gümnaasiumiastmes õpetamise kogemus.

Töö autor pöördus e-maili teel 10 matemaatikaõpetaja poole, kellest kuus andis nõusoleku digiõppematerjalide läbitöötamiseks ja tagasiside andmiseks. Neist kolm olid vanuses 31–40

aastat ning kolm 41–50 aastat. Kolm õpetajat olid töötanud matemaatikaõpetajana 6–10 aastat, üks õpetaja 11–20 aastat ja kaks õpetajat üle 21 aasta, seega valimisse kuuluvad õpetajad on kogenud pedagoogid.

Taustandmete juures uuriti ka õpetajate kogemust Desmose kasutamisel mitmikvalik-küsimusega, kus vastamisvalikuid oli viis. Vastanutest viis on kasutanud teiste loodud materjale neid ise muutmata, kolm vastajat on kasutanud teiste loodud materjale ja neid ise muutnud vastavalt vajadusele, kaks on loonud ise originaalseid materjale ning ühel vastajal puudub Desmose kasutamise kogemus. Vastustest selgub, et viis õpetajat kuuest omab vähemal või suuremal määral kogemust Desmose kasutamisel, samas kui üks õpetaja ei ole seda platvormi varem kasutanud. Seetõttu võib eeldada, et õppematerjalide läbitöötamisel ei esinenud olulisi tehnilisi raskusi.

Mugavusvalimisse kuulusid lisaks õpetajatele ka magistritöö autori poolt õpetatavad õpilased, et saada vastuseid teisele uurimisküsimusele „Milline on õpilaste tagasiside ja soovitusel loodud digiõppematerjalidele?” ja kolmandale uurimisküsimusele „Kuidas hindavad õpilased loodud digiõppematerjalide kasulikkust ekstreemumülesannete õppimisel?”. Õpilaste kriteeriumiks oli õppimine 11. klassis. Kuna õpilaste seas leidis ka alaealisi noori, siis uuringus osalemise kinnitamiseks võeti lisaks täisealistele õpilastele ka alaealiste õpilaste vanematega Stuudiumi teel ühendust, kellele selgitati tegevusuuringu eesmärgid ja küsitluse sisu ning küsiti luba õpilaste uuringus osalemiseks. Loa andmiseks paluti täisealistel õpilastel ja alaealiste õpilaste vanematel sellest Stuudiumi teel kokkulepitud viisil märku anda. Kokku anti luba uuringus osaleda 55 õpilasel (nii ala- kui ka täisealised), kuid loodud digiõppematerjale katsetas ja tagasisidet andis erinevatel põhjustel (näiteks õpilaste puudumine tunnist) 45 õpilast. Kõik valimisse kuulunud õpilased õppisid laia matemaatika kursusel. Katsetamine ja tagasisidestamine toimus klassiruumis töö autori juuresolekul, et saada lisaks kirjalikule ja anonüümsele tagasisidele ka vahetuid kommentaare.

Vastajate hulgas oli 30 naissoost (66,7%) ja 13 meessoost (28,9%) õpilast. Kaks õpilast (4,4%) vastasid küsimusele vastusevariandiga *Muu/Ei soovi vastata*. Taustandmetena uuriti ka õpilaste hoiakuid matemaatika kohta, et saada ülevaade nende suhtumisest õppeainesse. Selleks paluti õpilastel hinnata oma suhtumist väitesse „Matemaatika on minu jaoks meeldiv õppeaine” viieballisel skaalal, kus 1 tähistas täielikku mittenõustumist ja 5 täielikku nõustumist. Väite

hinnangute jaotus viitab valdavalt positiivsele suhtumisele: enim vastajaid (44,4%) andis hinnanguks 4, samas kui hinnanguid 5 ja 3 anti võrdselt (mõlemaid 24,4%). 6,7% vastajatest andsid hinnanguks 2. Mediaan on 4, mis viitab üldisele nõustumisele väitega. 18 õpilast täpsustas oma vastust pikemalt, mida analüüsid saab väita, et õpilased peavad õppeainet meeldivaks siis, kui saadakse teemast aru ja ülesanded tulevad välja.

Õpilastele esitati ka väide „Matemaatika on minu hinnangul oluline õppeaine”. Hinnangute jaotus näitab selgelt positiivset suhtumist väitesse, sest valdav osa vastajatest (66,7%) andis maksimaalse hinnangu 5 ning 28,9% hindas väidet hindega 4. Hinnangud 2 ja 3 esinesid vaid üksikjuhtudel (kumbki 2,2%). Mediaan on 5, mis viitab tugevale nõusolekule ja rahulolule antud väite osas. Täpsustavates vastustes toodi välja peamiselt kolm aspekti, mis muudavad õpilaste hinnangul matemaatika nende jaoks oluliseks õppeaineks: loogilise mõtlemise ja probleemilahendamisoskuse arendamine, rakendusvajadus erinevates valdkondades ning vajalikkus ülikooli kandideerimisel.

Viimasena uuriti taustandmete juures õpilastelt kogemust Desmose kasutamisel matemaatika õppimiseks, et kaardistada õpilaste valmisolek keskkonda kasutada. Seda uuriti mitmikvalik-küsimusega, kus vastamisvalikuid oli neli. Vastusest selgus, et 29 õpilast (64,4%) ei olnud kordagi Desmosest kuulnud; 8 õpilast (17,7%) teadis, mis on Desmos, kuid polnud seda varem kasutanud; 8 õpilast oli tunnis seda kasutanud koos õpetajaga (17,8%) ning 4 õpilast oli iseseisvalt Desmost kasutanud õppimiseks (8,9%). Seega ligi kahe kolmandiku vastajate jaoks oli loodud digiõppematerjalide läbitöötamine Desmoses esmakordne kogemus antud keskkonna kasutamisel.

3.3 Uurimisinstrument ja andmekogumine

Magistritöös kasutati uurimisinstrumentina küsimustikku, millele said valimisse kuulunud isikud vastata veebikeskkonnas Google Forms. Enne küsimustiku edastamist vastajatele arutleti küsimustiku valiidsuse suurendamiseks juhendajaga kõik küsimused läbi ning tehti mõned korrektuurid, et küsimustega saaks kvaliteetse digiõppematerjali põhimõtteid ning LORI mudeli kriteeriume võimalikult adekvaatselt hinnata. Küsimuste sõnastused mõeldi hoolikalt läbi, et tulemusi saaks usaldusväärselt tõlgendada – silmas peeti Öunapuu (2014) sõnastatud nõudeid, kus pidi jälgima näiteks küsimuste konkreetsust, optimaalset pikkust ning jaatava vormi kasutamist.

Andmekogumine toimus 2025. aasta maikuu esimeses pooles kahes etapis: esmalt saadeti üks küsitlus õpetajatele (Lisa 1) e-kirja ning seejärel teine küsitlus õpilastele (Lisa 2) Stuumiumi teel. Kuna küsimustiku legend ja täitmise juhend on olulised osad vastama motiveerimisel (Õunapuu, 2014), siis valimisse kuulunud isikutele edastati selged juhised küsimustiku täitmiseks ning neile kinnitati, et küsimustikule vastamine on hea teadustava (Tartu Ülikooli eetikakeskus, 2023) kohaselt vabatahtlik ja anonüümne ning kogutud andmeid kasutatakse üksnes magistritöös. Juurde lisati ka kuupäev, mis ajaks vastuseid oodatakse.

Nii õpetajatele kui ka õpilastele saadetud küsimustikud koosnesid kahest osast, kuhu kuulusid suletud ja avatud küsimused. Küsimustiku esimeses osas koguti suletud küsimuste abil infot vastajate tausta kohta. Õpetajate puhul küsiti vastajate sugu, vanust, tööstaaži ning varasemat kogemust Desmose kasutamisel. Õpilaste kohta saadi andmed nende soo ning Desmose kasutamiskogemuse kohta.

Õpetajatele saadetud küsimustiku teises osas oli 11 väidet, mis käsitlesid õppematerjalide erinevaid aspekte. Vastajal paluti hinnata iga etteantud väite kohta oma nõusoleku taset. Taseme määramiseks kasutati haridusteadustes laialdaselt rakendatavat Likerti skaalat (1 – ei ole üldse nõus, 2 – pigem ei ole nõus, 3 – nii ja naa, 4 – pigem nõus, 5 – täiesti nõus), kuna see aitab kvantifitseerida subjektiivseid hinnanguid ja lihtsustada tulemuste analüüsi (Joshi *et al.*, 2015). Igale väitele järgnes ka avatud küsimus või täpsustus, mis võimaldas vastajatel oma hinnanguid kommenteerida, pakkuda välja parendusettepanekuid ning avada oma mõtteid seoses õppematerjalidega. Küsimustik lõppes mittekohustusliku avatud küsimusega, kus vastaja sai soovi korral jätta üldiseid kommentaare või parendusettepanekuid õppematerjalide kohta. Avatud küsimuste ülesehitus oli suunatud vastajate refleksiooni ja isiklike kogemuste esiletoomisele (Õunapuu, 2014).

Õpilastele saadetud küsimustiku teine osa koosnes 10 väitest, mis käsitlesid õppematerjalide erinevaid kriteeriume ning mille eesmärk oli lähtuvalt teisest ja kolmandast uurimisküsimusest saada tagasisidet ja parendusettepanekuid loodud õppematerjalidele ning analüüsida õppematerjalide kasulikkust ekstreemumülesannete õppimisel. Oma suhtumist esitatud väidete kohta sai hinnata Likerti skaala abil. Iga väite järgselt said õpilased soovi korral oma vastust põhjendada. Õpilastelt küsiti ka arvamust ekstreemumülesannete lahendamise oskuse paranemise kohta viiepallisel skaalal (1 – läks palju keerulisemaks; 2 – midagi sain juurde, aga pigem on

teema ikka segane; 3 – oskused ei muutunud, kõik jäi samaks, oskasin ennegi; 4 – sain natukene uusi nippe juurde, oli kasulik ja asi muutus veidi selgemaks; 5 – oskused paranesid märgatavalt, saan asjast palju paremini aru). Õpilastelt küsiti valikvastustega küsimusena ka arvamust, mis eesmärgil nad soovitaksid tulevastel 11. klassi õpilastel materjali kasutada. Küsimustik lõppes mittekohustusliku avatud küsimusega, kuhu sai soovi korral jätta üldiseid kommentaare või parendusettepanekuid õppematerjalide kohta.

3.4 Andmeanalüüs

Andmeanalüüsis käsitleti eraldi matemaatikaõpetajate ja õpilaste vastuseid. Suletud, valikvastustega küsimused analüüsiti kvantitatiivselt, kasutades Google Forms ja Google Sheets keskkonnas pakutavaid tööriistu. Avatud küsimustele antud vastuseid analüüsiti Google Forms keskkonnas ja nende põhjal tehti järeldused, millele tuginedes viidi loodud õppematerjalidesse sisse muudatused. Tehtud muudatusi on kirjeldatud arutelu peatükis. Tagasisideküsimustikest kogutud andmed salvestati autori arvutisse ning kustutatakse pärast magistritöö kaitsmist.

4 Tulemused

Ekstreemumülesannete iseseisvaks õppimiseks mõeldud Desmose digiõppematerjalid valmisid 2025. aasta aprillis ja mais. Materjalid avaldati nii Desmose kogumikus (<https://teacher.desmos.com/collection/6802614cb4a22ecf711c3f41>) kui ka E-koolikoti lehel (<https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/34498-Ekstreemumülesannete-digiõppematerjalid-Desmos>), et suurendada nende kättesaadavust, mis on oluline LORI hindamismudeli ligipääsetavuse kriteeriumi täitmise seisukohalt (Leacock & Nesbit, 2007).

Tagasisidet koguti ühe Google Forms küsimustiku abil. Küsimustikus olid lisaks suletud küsimustele ka avatud küsimused, kuhu oli võimalik soovi korral jätta ka täpsustavaid kommentaare, et viidata konkreetsetele kohtadele õppematerjalides. Mõned näited nendest on allpool esitatud kursiivis.

4.1 Õpetajate tagasiside digiõppematerjalidele

Ekstreemumülesannete digiõppematerjalide kohta andsid tagasisidet kuus õpetajat, kellel paluti anda hinnangud 11 väitele skaalal 1–5, kus 1 tähendab täielikku mittenõustumist ja 5 täielikku nõustumist väitega. Väidetele antud hinnangute sagedused on esitatud Tabelis 1.

Tabel 1: Õpetajate hinnangud digiõppematerjalide kohta koostatud väidetele.

Väide	Hinnang				
	1 <i>Ei ole üldse nõus</i>	2 <i>Pigem ei ole nõus</i>	3 <i>Nii ja naa</i>	4 <i>Pigem nõus</i>	5 <i>Täiesti nõus</i>
Õppematerjalid on kooskõlas gümnaasiumi riikliku õppekavaga.	0	0	0	0	6
Õppematerjalid on matemaatiliselt korrektne.	0	0	0	0	6
Õppematerjalide ülesanded on arusaadavalt sõnastatud.	0	0	0	0	6
Õppematerjalid sobivad nii kitsa kui ka laia matemaatika õppijale.	0	0	0	2	4

Väide	Hinnang				
	1 <i>Ei ole üldse nõus</i>	2 <i>Pigem ei ole nõus</i>	3 <i>Nii ja naa</i>	4 <i>Pigem nõus</i>	5 <i>Täiesti nõus</i>
Õppematerjalid on keeleliselt korrektsed.	0	0	0	1	5
Õppematerjalid on piisava pikkusega.	0	0	2	0	4
Õppematerjalid pakuvad õppijatele piisavalt tagasisidet ja võimalusi oma arusaamise kontrollimiseks.	0	0	0	1	5
Õppematerjalid on huvitavad ning hoiavad õppijate tähelepanu.	0	0	0	2	4
Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitab õpilastel paremini mõista ekstreemumülesannete lahendamise protsessi.	0	0	0	2	4
Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine arendab õpilaste oskust koostada teksti põhjal ühe muutujaga funktsiooni valemit.	0	0	0	0	6
Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitab õpilastel paremini mõista ekstreemumülesannete olulisust.	0	0	0	1	5

Esmalt sooviti saada hinnanguid väitele „Õppematerjal on kooskõlas gümnaasiumi riikliku õppekavaga”, et hinnata loodud materjali õpieesmärkide vastavust (Leacock & Nesbit, 2007). Kõik õpetajad (100%) olid esitatud väitega täiesti nõus. Üks õpetaja tõi välja ülesannete mitmekesisuse ja reaalelulise sisu: *ülesanded on mitmekesise sisuga ning tekstide koostamisel on arvestatud tänapäeva noorte huviga (äppide kasutamine, energiajookide tarbimine jne), materjal võimaldab õpilasel iseseisvalt töötada ning õppetööst puudumise korral toetab teema omandamist.*

Kõik vastanutest nõustusid täielikult ka järgmise väitega, millega sooviti saada ülevaadet õpetajate hinnangutest materjali matemaatilisi korrektsuse kohta. Üks õpetaja tõi aga välja, et

häiris see, et näites oli korrutusmärk toodud tärnina, soovitaksin kasutada õiget märki, sest erinevad märgid tekitavad õpilastes segadust või võtavad õpilased vale märgi kasutusse. Siinkohal mainiti ka kolmandas õppevideos esinenud viga, kus ülesandes oli antud üks ühik, kuid lahenduses teine.

Digiõppematerjalide ülesanded peavad olema arusaadavalt sõnastatud, sest materjalide õpetuslik väärtus ei tohi LORI mudeli kohaselt alla jääda traditsioonilisele õppematerjalile (Leacock & Nesbit, 2007). Ülesannete sõnastust hindasid kõik õpetajad arusaadavaks, kuid ühe kitsaskohana mainiti asjaolu, et *lahenduskäikude ülesanne, kus tuli välja valida kõik oluline – võib olla on see õpilase jaoks liialt segadust tekitav.*

Kvaliteetne digiõppematerjal peab olema kohandatav eri tasemega õppijate jaoks (Leacock & Nesbit, 2007), seega paluti õpetajatel esitada oma hinnang väitele „Õppematerjal sobib nii kitsa kui ka laia matemaatika õppijale”. Kõik õpetajad olid väitega kas pigem või täiesti nõus. Üks õpetaja tõi välja, et *kitsa õppekava rühmaga (muidugi rühmast lähtuvalt) on tõenäoliselt otstarbekam lahendada neid ülesandeid tunnis* ning teine õpetaja mainis, et silindri ülesanne on ilmselt kitsa matemaatika õppijale keeruline.

Õppematerjal peab olema stiililiselt ja keeleliselt korrektne, kasutama üldtunnustatud sõnavara ja väljakujunenud terminoloogiat ning tekst ja vahepealkirjad peavad õppijale olema arusaadavad (Villems *et al.*, 2014–2015). Õpetajad hindasid keelelist korrektsust väga heaks, üks õpetaja kuuest oli väitega pigem nõus (hinnang 4). Kommentaarides mainiti kahte kitsaskohta: ühest materjalist leiti liigne tühik ning ühes ülesande tekstis oli kümnendmurd mitte koma, vaid punktiga.

Õppematerjali mahu kujundamisel on oluline tagada õppesisu ja tegevuste tasakaalustatud jaotus, arvestades samal ajal õppija harjumusi ning eripärasid seoses arvutiekraanilt lugemise ja vaatamisega, samuti tuleks vältida ülemäära pikki tekstilõike ning liiga mahukaid heli- või videoklippe, et toetada õppija tähelepanu ja tõhusat teadmiste omandamist (Villems *et al.*, 2014–2015). Õpetajad hindasid Desmose õppematerjalide pikkust üldjoontes positiivselt. Neli vastajat olid täielikult nõus (hinnang 5) väitega, et õppematerjal on piisava pikkusega, samas kui kaks vastajat väljendas mõõdukat nõustumist (hinnang 3). Tulemused viitavad sellele, et õppematerjalide mahtu peetakse enamasti siiski sobivaks ning see ei ole õpetajate hinnangul liialt koormav või vastupidi, liiga lühike. Üks õpetaja tõi välja materjalide kasutamise eesmärgi seose

läbitöötamiseks kuluva ajaga: *oleneb, mis eesmärgil ja kuidas materjale kasutatakse ja õpilase lahenduse aeg sõltub suuresti sellest, kas õpetaja on ise teemat seletanud, õpilane peab materjali abi seda teemat ise omandama või loodud materjali abil teemat kordama.*

Kvaliteetne digiõppematerjal peab olema visuaalselt selge, loetav ja esteetiline ning ilma tehniliste vigadeta (Villems *et al.*, 2014–2015). Küsitluse tulemuste põhjal hindasid kõik vastanud õpetajad õppematerjalide tehnilist ja visuaalset ülesehitust maksimaalse võimaliku hindega (5). See viitab tugevale üksmeelele selles osas, et materjalide kujundus ja tehniline lahendus on kasutajasõbralik ning toetab õppimist.

Kvaliteetse digiõppematerjali üheks hindamiskriteeriumiks LORI mudeli põhjal on piisav tagasiside (Leacock & Nesbit, 2007). Õpetajad hindavad kõrgelt Desmose õppematerjalide võimet pakkuda õppijatele tagasisidet ning võimalusi oma arusaamise kontrollimiseks, viis vastajat andis maksimaalse hinnangu (5), samas kui üks vastaja hindas seda aspekti hinnanguga 4. Tulemused viitavad sellele, et õppematerjalid toetavad tõhusalt õpilaste enesekontrolli ja refleksiooni, kuigi üksik hinnang võib viidata arengupotentsiaalile selles valdkonnas. Näiteks toodi välja järgmine ettepanek: *sissejuhatuse materjalide ülesandes 2 võiks mõelda sellele, et anda õpilasele valesti vastamise korral vihje, kas ta on liiga palju või liiga vähe õigeid väiteid valinud.*

Õppematerjalid peavad hoima õppijate tähelepanu ning pakkuma neile huvi (Leacock & Nesbit, 2007). Neli vastajat andis maksimaalse hinnangu (5) ning ülejäänud hindasid seda aspekti hindega 4. See viitab asjaolule, et õppematerjalid on õpetajate arvates tõhusad õppijate kaasamisel ja motiveerimisel. Tähelepanu hoidmise koha pealt tegi üks õpetaja ettepaneku, et *kui näitevideosid vaatab õpilane, kes alles õpib seda teemat, võib juba etteantud lahendus esialgu teda pigem segadusse ajada, seega võib mõelda, kas selgitavas videos võiks ülesannet seletades läbi lahendada mitte juba olemasolevat lahendust kommenteerida.*

Õpetajatel paluti hinnata väidet „Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitab õpilastel paremini mõista ekstreemumülesannete lahendamise protsessi”, et saada ülevaade õpetajate arvamusest, kas õppematerjalide läbimine arendab õpilaste arusaama ekstreemumülesannete lahendamise etappidest. Väitele antud hinnangud jagunevad järgmiselt: neli vastajat oli väitega täiesti nõus ning kaks peaaegu nõus. Üks õpetaja märkis, et ekstreemumülesannete oli lähenetud erinevate nurkade alt ja et *õpilastel oli võimalik ekstreemumülesannete lahendamist näha nii*

osaliselt kui ka tervikuna, nii et nii nõrgametel kui ka tugevamatel õpilastel peab tekkima ettekujutus, kuidas funktsioone koostada ja ekstreemumülesandeid lahendada.

Ekstreemumülesannete lahendamise juures on üheks olulisemaks, aga samas ka keerulisemaks etapiks ühe muutujaga funktsiooni valemi koostamine teksti põhjal (Afanasjeva, 2007; HTM, 2023c). Õpetajatel paluti hinnata väidet „Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine arendab õpilaste oskust koostada teksti põhjal ühe muutujaga funktsiooni valemit” ja kõik õpetajad olid antud väitega täiesti nõus. Positiivsena toodi välja, et õpilast juhendati samm-sammult, kuidas funktsiooni valemit koostada ja vabaneda ülejäänud muutujatest, ning funktsiooni valemi koostamist sai sammhaaval kontrollida.

Küsitluse tulemused näitavad, et enamik õpetajaid peab õppematerjali toel ülesannete lahendamist tõhusaks vahendiks, mis aitab õpilastel paremini mõista ekstreemumülesannete olulisust. Viis vastanutest nõustus väitega „Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitab õpilastel paremini mõista ekstreemumülesannete olulisust” täielikult (hinne 5) ning üks andis hindeks 4. Madalamaid hinnanguid ei esinenud, mis viitab õpetajate rahulolule õppematerjalide sisulise mõjuga. Kaks õpetajat tõi eraldi välja tulu-kulu ülesanded, mis on nende hinnangul eriti hästi seostatavad reaaleluga.

4.2 Õpilaste tagasiside digiõppematerjalidele

Ekstreemumülesannete digiõppematerjale tagasisidestas 45 õpilast, kellel paluti Google Forms küsimustiku abil anda hinnangud 10 väitele, lisaks vastata ka kahele küsimusele. Väidetele antud hinnangute sagedused on esitatud Tabelis 2.

Tabel 2: Õpilaste hinnangud digiõppematerjalide kohta koostatud väidetele.

Väide	Hinnang				
	1 <i>Ei ole üldse nõus</i>	2 <i>Pigem ei ole nõus</i>	3 <i>Nii ja naa</i>	4 <i>Pigem nõus</i>	5 <i>Täiesti nõus</i>
Õppematerjalid olid piisava pikkusega.	0	0	1	17	27
Õppematerjalide ülesanded olid arusaadavalt sõnastatud.	0	0	8	21	16

Väide	Hinnang				
	1 <i>Ei ole üldse nõus</i>	2 <i>Pigem ei ole nõus</i>	3 <i>Nii ja naa</i>	4 <i>Pigem nõus</i>	5 <i>Täiesti nõus</i>
Õppematerjali tehniline ja visuaalne ülesehitus oli Desmose slaididel kasutajasõbralik ja toetav	0	1	1	12	31
Õppematerjalid pakkusid piisavalt tagasisidet ja võimalusi oma arusaamise kontrollimiseks.	0	1	4	15	25
Õppematerjalid olid huvitavad ning hoidsid tähelepanu.	0	4	4	11	26
Õppevideote olemasolu õppematerjalis oli minu jaoks oluline.	3	2	4	9	27
Õppevideod aitasid kaasa teemast arusaamisele ja/või ülesannete lahendamisele.	0	2	2	8	33
Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitas paremini mõista ekstreemumülesannete lahendamise protsessi.	0	0	4	7	34
Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine arendas teksti põhjal ühe muutujaga funktsiooni valemi koostamise oskust.	0	1	5	15	24
Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitas paremini mõista ekstreemumülesannete olulisust.	0	3	4	13	25

Esimesena paluti õpilastel hinnata õppematerjalide pikkust väite põhjal „Õppematerjalid olid piisava pikkusega”. Siinkohal täpsustati, et hinnata tuli iga õppematerjali pikkust eraldi, aga ühise hindega. Kommentaaridesse sai jätta soovi korral täpsustavaid märkusi. 27 õpilast (60%) oli antud väitega täiesti nõus, 17 õpilast (37,8%) hindasid oma nõusolekut hindega 4 ning üks õpilane (2,2%) hindega 3. Positiivsena toodi välja näiteks, et *materjal kestis umbes 1-2*

ülesannet, mis olid parajad, et korrata hästi üle teema. Üks õpilane pidas tähtsaks ka eelnevat kogemust Desmose kasutamisel: kui olla Desmose keskkonnaga tuttav, siis on õppematerjalid paraja pikkusega, et aidata kinnistada juba läbivõetud teemasid. Samas leidis ka õpilasi, kelle hinnangul oli õppematerjal oodatust pikem, näiteks kirjutati, et õppematerjalid olid natuke liiga pikad, aga võibolla see ongi nende ülesannete puhul normaalne.

Järgmisena paluti õpilastel hinnata, kui arusaadavalt olid ülesanded sõnastatud. 16 õpilast (35,6%) hindas oma nõusolekut väitega hindegaga 5, 21 õpilast (46,7%) hindegaga 4 ning kaheksa (17,8%) õpilast hindegaga 3. Peamise murekohana toodi välja, et teatud hetkedel (näiteks risttahuka ülesandes) oli ülesanne koos vajalike andmetega mitme Desmose slaidi vahel ära jaotatud ja õpilasel oli keeruline olulist infot üles leida. Samuti tekitas mõnes õpilases segadust see, mida vastajalt oodati vastusekasti. Ühe soovitusena toodi välja, et *võiks võib-olla lahti selgitada rohkem, mida mingi tööjuhend täpselt tähendab ja tahab, et õpilane teeks.*

Seejärel paluti vastajatel hinnata oma nõusolekut väitega „Õppematerjali tehniline ja visuaalne ülesehitus oli Desmose slaididel kasutajasõbralik ja toetav”. Vastustest kajastub, et 31 õpilast (68,9%) oli väitega täiesti nõus, 12 õpilast (26,7%) hindas oma nõusolekut hindegaga 4, üks õpilane (2,2%) hindegaga 3 ja üks õpilane (2,2%) hindegaga 2. Üks õpilane kiitis materjali interaktiivsust kommentaariga *ülesanded olid interaktiivsed (nt sai ise joonistada/joonestada/lisada mingisuguseid märke või numbreid, et teha materjal enda jaoks mugavamaks)* ning teine õpilane tõi välja, et tänu interaktiivsusele oli palju lõbusam õppida ning sellised võimalused aitasid paremini teemasid selgeks saada. Kiideti ka illustreerivat materjali ning õppematerjalide visuaalset lihtsust. Tehnilise puudusena mainiti mõne konkreetse ülesande ebamugavat kasutamist, näiteks valikvastusega küsimuse juures ei olnud ühte vastusevarianti täielikult näha.

Hinnangud väitele „Õppematerjal pakkus piisavalt tagasisidet ja võimalusi oma arusaamise kontrollimiseks” jagunesid järgmiselt: 25 õpilast (55,5%) oli väitega täiesti nõus (*Mulle meeldis, et oli palju erinevaid vastamisviise. Kõige rohkem meeldis mulle lohistamise ülesanne.*), 15 õpilast (33,3%) hindas oma nõusolekut hindegaga 4, neli õpilast (8,9%) hindegaga 3 ning üks õpilane (2,2%) hindegaga 2. Parendusettepanekuna tõid viis õpilast välja, et näiteks valikvastustega ülesannete juures võiks olla vihje, mitu õiget varianti peab valima.

Seejärel paluti õpilastel hinnata, kui huvitav oli loodud õppematerjal. 26 õpilast oli väitega „Õppematerjal oli huvitav ning hoidis tähelepanu” täiesti nõus (57,8%), 11 õpilast (24,4%) hindas oma nõusolekut hindegaga 4, neli õpilast (8,9%) hindegaga 3 ja neli õpilast (8,9%) hindegaga 2. Toodi välja, et elulisi Desmose ülesandeid oli huvitavam lahendada kui õpiku ülesandeid ning kaks õpilast tõid silindri ülesande puhul esile populaarse energiajooogi temaatikat, mis nende hinnangul köidab nendevanuseid õpilasi.

Järgmise kahe väitega sooviti saada hinnanguid õppevideote kohta. 60% vastajatest pidas õppevideote olemasolu väga oluliseks (*minu arust teema õppimisel iseseisvalt on videod kõige tähtsamad asjad*) ning 73,3% vastajatest olid täiesti nõus väitega, et õppevideod aitasid kaasa teemast arusaamisele ja/või ülesannete lahendamisele (*ilma näidisvideoteta oleks küllaltki raske ainult tekstist aru saada, seega on hea kui on läbilahendatud näidised ees*). Üks õpilane tõi negatiivse kommentaarina välja selle, et õppevideosid oli ei olnud huvitav vaadata ning teine, et videod olid oodatust pikemad.

Desmose materjalide läbitöötamisega sooviti arendada õpilaste ühe muutujaga funktsiooni valemi koostamise oskust. Väitega „Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine arendas teksti põhjal ühe muutujaga funktsiooni valemi koostamise oskust” nõustus täielikult 24 õpilast (53,3%) ning peaaegu nõustus 15 õpilast (33,3%). Seega 86,6% vastajatest tundsid, et nende oskused antud vallas paranesid, mis annab kinnitust õppematerjalile seatud ootustele. Üks õpilane tõi olulise aspektina välja ka funktsionaalse lugemisoskuse, ilma milleta on ka loodud õppematerjalide abil ühe muutujaga funktsioone keeruline koostada.

Kuna loodud digiõppematerjalide üks eesmärk oli arendada õpilaste arusaamist ekstreemumülesannete lahendamise protsessist, siis järgmise väitega sooviti saada tagasisidet sellest vaatenurgast. Vastajatest 75,6% oli täiesti nõus väitega „Õppematerjali abil ülesannete lahendamine aitas paremini mõista ekstreemumülesannete lahendamise protsessi”, 15,6% vastajatest hindas oma nõusolekut hindegaga 4 ning 8,9% hindegaga 3. Üks õpilane kommenteeris, et Desmoses ülesannete lahendamine *aitas protsessi paremini mõista, sest kõik asjad, mis leidma pidi, tulid õiges järjekorras (selles järjekorras nagu ekstreemumülesandeid lahendama peab)*. Üks kommentaar kinnitas aga ka ühe õpetaja arvamust, et *mõned algelisemad asjad olid kuidagi liiga väikesteks sammudeks tehtud ning siis jällegi jäetud keerulisemad asjad üldse välja või kuidagi poolikuks*.

Küsimusele „Kuidas hindad ekstreemumülesannete lahendamise oskust pärast õppematerjali läbimist?” said õpilased vastata 5-pallisel skaalal (1 – läks palju keerulisemaks; 2 – midagi sain juurde, aga pigem on teema ikka segane; 3 – oskused ei muutunud, kõik jäi samaks, oskasin ennegi; 4 – sain natukene uusi nippe juurde, oli kasulik ja asi muutus veidi selgemaks; 5 – oskused paranesid märgatavalt, saan asjast palju paremini aru). Tulemuste põhjal võib järeldada, et suurele osale õpilastest (75,5%) oli Desmose materjalide läbimine kasulik (29 õpilast hindas väidet hindegaga 4 ja viis õpilast hindegaga 5); üheksa õpilase (20%) jaoks on teema veel segadusttekitav ning kahe õpilase (4,4%) hinnangul nende oskused ei muutunud.

Desmose digiõppematerjalid olid loodud eesmärgiga toetada õpilaste iseseisvat ekstreemumülesannete õppimist, samas tänu Desmose võimalustele on materjale võimalik kasutada ka tunnis olenevalt õpetaja soovist (kas õppimiseks või kinnistamiseks). Valikvastustega küsimusele, mille jaoks soovitaksid vastajad loodud digiõppematerjale tulevastel 11. klassi õpilastel kasutada, vastati järgmiselt: 40 õpilast (88,9%) soovib materjale kasutada iseseisvalt uue teema kinnistamiseks, 28 õpilast (62,2%) iseseisvalt uue teema omandamiseks, 16 õpilast (35,6%) tunnis uue teema õppimiseks (*arvan, et igas olukorras tuleksid need õppematerjalid kasuks, nii tunnis kui ka kodus*). Üks õpilane ei soovitaks õppematerjale üldse edaspidi kasutada, kuid kahjuks põhjuseid ei olnud välja toodud. Tulemustest järeldub, et õppematerjalid on kasutatavad erinevates kontekstides ja kohandatavad eri sihtrühmadele.

5 Arutelu

Tänu saadud hinnangutele ja täpsustavatele kommentaaridele oli digiõppematerjale võimalik täiustada ja parandada, et suurendada nende tõhusust ekstreemumülesannete õppimisel. Esimesed parandused viidi sisse pärast õpetajate tagasisidet ning järgmised pärast õpilaste tagasisidet. Siinkohal arutletakse õpetajate ja õpilaste ettepanekute üle ühiselt ning tuuakse välja kohad, mida autor parandas või täiustas ning mis on nüüdseks Desmose digiõppematerjalides muudetud kujul.

Matemaatiline ebakorrektsus. Üks õpetaja tõi tagasisides negatiivse küljena esile, et mõne slaidi peal oli korrutamise tähistamiseks kasutatud näitena täрни (*), mitte tavapärasest Eestis kasutatavast korrutamismärki (\cdot). Selline sümbolite kasutus võib põhjustada segadust, kuna õpilased võivad võtta valed tähised omaks. Parandus viidi sisse näiteks sissejuhatuse materjalide 3. slaidil. Matemaatikas on oluline kasutada arusaadavaid ja üheselt mõistetavaid sümboleid, et tagada selgus ja vältida arusaamatusi õppijate seas.

Liigne lahendamisprotsessi tükeldamine ja materjalide pikkus. Tagasiside põhjal ilmnnes, et mõned õpetajad ja ka õpilased pidasid õppematerjale liialt pikaks ja kohati tükeldatuks. Probleemi lahendamiseks tõsteti teatud etappe ühe slaidi peale, et ühe ülesande erinevad osad poleks liigselt eraldatud. Näiteks silindrit käsitlevas ekstreemumülesandes arvutatakse selle täispindala ja kõrgus välja nüüd ühe, mitte kahe eraldi slaidi peal (slaid 11). Arvamus, et materjalid olid liiga pikad, võis aga tuleneda ka asjaolust, et õpilased töötasid materjale läbi järjest, mis võis põhjustada väsimust nende läbimisel. See oli omakorda tingitud vajadusest töötada kõik materjalid läbi piiratud aja jooksul (kaks 75-minutilist tundi), kuna magistritöö autor soovis õpilastega katsetada kõiki materjale, et saada võimalikult adekvaatset tagasisidet. Selle pinnalt lisati iga materjali kirjeldusse hinnanguline materjali läbimiseks kuluv aeg, milleks on igaühe puhul maksimaalselt 60 minutit. Kolmanda põhjusena võib antud probleemi põhjusena välja tuua asjaolu, et kuna tagasiside taustandmetest selgus, et ligi kahe kolmandiku õpilaste jaoks oli Desmose kasutamine esmakordne kogemus, siis võis näiteks matemaatiliste avaldiste sisestamine võtta tavapärasest rohkem aega. Selle jaoks lisati iga materjali esimesele slaidile juhend koos prooviülesandega matemaatiliste avaldiste sisestamise kohta klaviatuuri kiirklahvidega, mitte Desmose klaviatuuriga.

Olulise info paigutus erinevatel slaididel. Ühe murekohana tuli tagasisidest välja, et õpilastel oli keeruline teatud kohtades ülesannet lahendada, sest ülesande püstitus ja vajalikud andmed olid meelest ära läinud. Selleks, et neid üles leida, pidid õpilased liiga palju slaididel edasi-tagasi liikuma, mis oli ajakulukas. Olukorra parandamiseks vaadati kõik materjalid läbi ning lisati ülesande kirjeldus koos andmetega rohkematele slaididele (ehk dubleeriti ülesande teksti), näiteks tehti seda risttahuka ülesande 6. slaidil ja majandusalaste ülesannete 10. slaidil. Mainitud probleem võis tingitud olla aga ka asjaolust, et paljud õpilased ei võtnud ülesannete lahendamisel appi paberit ja pliiatsit, kuhu oleks saanud vajalikud andmed kanda. Selleks, et toetada edaspidi sujuvat ülesannete lahendamist, lisati iga digiõppematerjali algusesse soovitus kasutada lahendamise käigus kirjalikke abivahendeid (nt paber ja pliiats).

Ülesannete ebaselge sõnastus. Tagasisides märgiti, et teatud kohtades tekitas ülesande sõnastus õpilastes segadust, sest ei saadud täpselt aru, mida ülesandes peab tegema või kuidas käituma. Näiteks täpsustati risttahukat käsitleva materjali 9. slaidi tööülesandeid (kaartide ühendamise ülesanne), et need oleksid üheselt arusaadavad. Ka teistes materjalides muudeti ülesannete, mida märgiti tagasisides või mille korral autor täheldas probleeme klassiruumis, sõnastust detailsemaks.

Õppevideod ja nendega seonduv. Desmose õppematerjalide esimeses komplektis (sissejuhatus) on lisaks ülesannetele ka kolm õppevideot. Peamiselt hindasid õpilased õppevideote olemasolu vajalikuks, kuid paar õpilast tõid miinuskohana välja videote liigse pikkuse. See võis olla tingitud asjaolust, et valimisse kuulunud õpilased olid ekstreemumülesannete teemaga juba eelnevalt tunnis tutvunud ning õppematerjale kasutati pigem teadmiste kinnistamiseks, mistõttu võis õppevideo mõne võimekama õpilase jaoks tunduda ebaoluline. Üks õpetaja soovitas esimeses videos ehk sissejuhatuse videos läheneda teemale visuaalsemalt ehk kasutada ka graafikut koos tuletise geomeetrilise tähendusega ning etteantud lahenduse kommenteerimise asemel ülesanne samm-sammult läbi lahendada, et õpilane ei näeks kohe valmis lahendust. Esimene video salvestati uuesti, et selle sisu vastaks paremini didaktilistele põhimõtetele ja oleks rohkem seotud tuletise tähendusega. Teine õpetaja märkas kolmandas videos ehk majandusalase näiteülesande videos viga: dollari ühiku asemel oli ülesannet lahendades kasutatud euro tähistust. Selle vea parandas magistritöö autor ära, salvestades video uuesti.

Tehnilised probleemid. Õpilaste tagasisidest selgus, et mõned ülesanded polnud tehnilistel põhjustel hästi lahendatavad – näiteks tundusid pildid ekraanil liiga suured või ei mahtunud tekst valikvastuse kasti ära. Põhjus võib olla selles, et mõned õpilased lahendasid ülesandeid tahvelarvutis ja seda polnud magistritöö autor läbi katsetanud. Samuti puudus tagasisideküsimumstikus võimalus märkida seadet, millega vastaja materjali läbi töötas, sest autor ei osanud ette näha, et mõni õpilane sooviks materjali katsetada isikliku digivahendiga (tahvelarvutiga), mitte kooli sülearvutiga. Samas peaks kvaliteetne digiõppematerjal olema kasutatav erinevates seadmetes, nii et see on üks kitsaskoht, millega magistritöö autor saab edasi tegeleda ja ka ise erinevates seadmetes materjali läbi katsetada. Samas arvestades õppematerjali temaatikat – ekstreemumülesanded – on magistritöö autor leidnud, et näiteks nutitelefon pole hea vahend, millega materjali läbi töötada, sest materjali visuaalne ülesehitus täidab autori hinnangul oma maksimaalset eesmärki pigem suurel ekraanil.

Ebapiisav tagasiside ülesannetele. Parendusettepanekuna toodi välja, et valikvastustega ülesannete puhul (näiteks sissejuhatava materjali 5. slaidil ja risttahuka materjali 4. slaidil) võiks õpilane saada vihjeid selle kohta, kas on valitud õige arv märkeruute, et õpilane oskaks ebakorrekse vastuse korral edasi liikuda. Selle probleemi lahendamiseks lisati iga vastava ülesande juurde koodilõik, mis muutis valimata valikud heledamaks hetkel, mil valitud vastuste arv vastas nõutule. Nii sai õpilane visuaalse märguande, et on valinud sobiva arvu vastuseid. Tagasiside andmise võimalusi oleks võimalik veelgi täiustada tegevusuuringu järgmise tsükli planeerimise ja tegutsemise etappides, näiteks rakendades mehhanismi, mille puhul ilmub pärast mitmekordset valede vastuste sisestamist ekraanile vihje, mis suunab õppijat korrektse lahenduse poole.

Ülesannete sobivus pigem laia matemaatika õppijatele. Üks õpetaja märkis tagasisides, et loodud ülesandeid võiks kitsa kursuse õppijatega lahendada pigem tunnis, ning teine, et silindri ülesanne on kitsa kursuse õppijale ilmselt keeruline. Iga Desmose materjali juurde lisati nendest arvamustest lähtuvalt mäрге, et materjalid sobivad iseseisvaks läbimiseks pigem laia matemaatika kursuse õppijale.

Magistritöö piiranguks võib pidada asjaolu, et digiõppematerjalide katsetamises osalesid üksnes laia kursuse õppijad, kuna just nemad kuulusid mugavusvalimisse, seega võiks tulevikus loodud õppematerjale läbi töötada ja tagasisidestada ka kitsa matemaatika õppijad. Samas tänu Desmose

võimalusele õppematerjali muuta, on kõikidel õpetajatel võimalik olemasolevaid materjale kohandada vastavalt enda soovile ja õpilaste tasemele.

Käesoleva töö praktiline väärtus seisneb valminud Desmose õppematerjalide rakendatavuses ekstreemumülesannete iseseisval õppimisel, mis on tasuta kättesaadav ja hetkel autorile teadaolevalt ainus omataoline eestikeelne digiõppematerjal. Etapiviisiline ülesannete lahendamine, materjali interaktiivsus, kohene tagasisidevõimalus ja erinevad vastamisviisid aitavad õppijatel paremini mõista keerukate probleemide lahenduskäiku ning seostada matemaatilisi protsesse reaalse olukordadega.

Kokkuvõte

Magistritöö eesmärk oli koostada iseseisvaks õppimiseks mõeldud ekstreemumülesannete digiõppematerjalid Desmose keskkonnas ning saada neile tagasisidet ja soovitusi matemaatikaõpetajatelt ning õpilastelt. Materjalide loomine viidi läbi tegevusuuringu ühe tsüklina, mis koosnes olukorra kaardistamisest, õppematerjalide loomisest, tagasiside küsimisest ning tagasisidest saadud vastuste analüüsist.

Tegevusuuringu tulemusena valmisid kaasaegsed eestikeelsed digiõppematerjalid Desmose keskkonnas. Kokku loodi neli materjali: üks sissejuhatav, mis tutvustab ekstreemumülesannete olemust ja lahendamise üldpõhimõtteid, ning kolm sisulist materjali, milles käsitletakse pikemaids ülesandeid, mis on seotud planimeetria, stereomeetria ja majandusega. Digiõppematerjalide loomisel rakendati lähenemist, mis võimaldaks õpilastel liikuda lihtsamatelt sammudelt keerukamate järeldusteni, et arendada etapiviisiliselt ekstreemumülesannete lahendamise oskust. Olulisel kohal olid ka interaktiivsed vastamisvõimalused ning visuaalne tugi – Desmose keskkonna võimalusi kasutati näiteks graafikute loomiseks. Selleks, et toetada õpilaste iseseisvat õppimist, valmisid lisaks digiõppematerjalidele ka kolm õppevideot, milles selgitati samm-sammult ülesannete lahendamise protsessi.

Loodud digiõppematerjalidele andsid tagasisidet ja soovitusi kuus gümnaasiumi matemaatikaõpetajat ning 45 õpilast, kes õppisid 11. klassis. Tagasisidest saadud hinnangute põhjal võib järeldada, et Desmose digiõppematerjal on meetoodiliselt, visuaalselt ja sisuliselt hästi koostatud ning toetavad edukalt gümnaasiumi matemaatika riikliku õppekava eesmäärke. Uuring näitas, et ülesannete interaktiivsus ja kohene tagasiside suurendavad õpimotivatsiooni ja arusaamist. Peamised kitsaskohad olid seotud materjalide pikkuse, ülesannete sõnastuse ning tagasisidega. Saadud ettepanekute põhjal parandati ja täiustati digiõppematerjale ning nüüd on need avalikult kättesaadavad nii Desmose kogumikus kui ka E-koolikoti veebilehel.

Magistritöö autor leiab, et töö piiranguks on üksnes laia matemaatika kursuse õppijate kuulumine valimisse. Autor näeb edasiarenduse võimalusena digiõppematerjalide täiustamist lähtuvalt kasutajatelt saadud ettepanekutest teha tagasiside saamine õpilast toetavamaks, et maksimeerida digiõppematerjalide pedagoogilist väärtust ning arendada õppija sügavamalt ekstreemumülesannete lahendamise oskust. Samuti võiksid materjale läbi töötada ja tagasisidestada kitsa kursuse õppijad.

Kasutatud kirjandus

- Aavalo, E. (2025). *Õpetajate valmisolek üleminekuks e-eksamile* [magistritöö, Tartu Ülikool]. DSpace. <https://hdl.handle.net/10062/106905>
- Adeoye, M. A., Wirawan, K.A.S.I., Pradnyani, M.S.S. & Septiarini, N.I. (2024). Revolutionizing Education: Unleashing the Power of the ADDIE Model for Effective Teaching and Learning. *Jurnal Pendidikan Indonesia*.
<https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v13i1.68624>
- Afanasjeva, H. (2007). *Valmistu iseseisvalt matemaatika riigieksamiks*. Avita.
- Ainevaldkond „Matemaatika“. Gümnaasiumi riiklik õppekava. Lisa 5 (2023). *Riigi Teataja I*, 23.02.2023, 2. https://www.riigiteataja.ee/aktiivisa/1080/3202/3006/18m_gym_lisa5.pdf#
- Anissimov, M. (2021). Ekstreemumülesannete lahendamine [video].
https://m.youtube.com/watch?v=1XIaM_GLj8Q
- Bushmeleva, T., Ivanova, O., & Fomina, Y. (2017). Technology for teaching students to solve practice-oriented optimization problems in mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), 5261–5271.
- Desmos. (s.a.) <https://www.desmos.com/about?lang=et>
- Dy, A. C. (2024). Implementation of DESMOS as a teaching tool in graphing functions in the new normal. *Journal of Research and Investigation in Education*, 2(2), 59–64.
<https://doi.org/10.37034/residu.v2i2.175>
- Ebert, D. (2014). Graphing projects with Desmos. *The Mathematics Teacher*, 108(5), 388–391.
<https://doi.org/10.5951/matteacher.108.5.0388>
- Funktsiooni uurimine tuletise abil*. (s.a.) <https://vara.e-koolikott.ee/taxonomy/term/2210>
- Gawlik-Kobylinska, M. (2018). Reconciling ADDIE and Agile instructional design models – case study. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 5(3), 14–21. <https://doi.org/10.18844/prosoc.v5i3.3906>

- Greaney, M. & Ellis, J. (2005). USING THE ADDIE MODEL FOR EFFECTIVE PEDAGOGICAL INTERVENTIONS. *Le cégep, pour savoir agir: actes du 25e Colloque de l'AQPC*, 141–145.
https://eduq.info/xmlui/bitstream/handle/11515/4023/Greaney_Marleigh_608.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Haridus- ja Noorteamet. (2023). *E-koolikott*. <http://e-koolikott.ee/et>
- Haridus- ja Noorteamet. (2025). *Riigieksamid*.
<https://harno.ee/eksamid-testid-ja-uuringud/eksamid-testid-ja-lopudokumendid/riigieksamid#materjalid>
- Haridus- ja Teadusministeerium. (2023a). *Õppekava materjalide veeb. VI kursus kitsas*.
<https://projektid.edu.ee/display/OKMV/VI+kursus+kitsas>
- Haridus- ja Teadusministeerium. (2023b). *Õppekava materjalide veeb. 9. kursus lai*.
<https://projektid.edu.ee/display/OKMV/9.+kursus+lai>
- Haridus- ja Teadusministeerium. (2023c). *Õppekava materjalide veeb. 10. kursus lai*.
<https://projektid.edu.ee/display/OKMV/10.+kursus+lai>
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403.
<https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975>
- Jukk, H., Kraav, T., Oras, K., Orav-Puurand, K. & Pihlap, S. (2021). Twelfth grade students' views on distance mathematics education during the pandemic: the case of Estonia. *ICERI2021 Proceedings: 14th annual International Conference of Education, Research and Innovation Online Conference 8-9 November 2021*. Ed. L. Gómez Chova, A. López Martínez, I. Candel Torres. *IATED Academy*, 7681–7687. [10.21125/iceri.2021.1716](https://doi.org/10.21125/iceri.2021.1716)
- Laanpere, M. (2015). *Digitaalse õppevara kontseptsioon*.
https://digioppevara.files.wordpress.com/2018/02/digitoppevara_kontseptsioon2015.pdf
- Laanpere, M. (2018). *Digiõppevara kvaliteedi hindamine*. [slaidiesitlus].
<https://www.slideshare.net/slideshow/digippevara-kvaliteet/95319203#2>

- LaRue, R. (2016). An analysis of student approaches to solving optimization problems in first semester. *Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports*. 6040.
https://researchrepository.wvu.edu/etd/6040?utm_source=researchrepository.wvu.edu%2Fetd%2F6040&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Leacock, T. L., & Nesbit, J. C. (2007). A Framework for Evaluating the Quality of Multimedia Learning Resources. *Educational Technology & Society*, 10(2), 44–59.
https://www.j-ets.net/collection/published-issues/10_2
- Lepmann, L., Lepmann, T. & Velsker, K. (2013). *Matemaatika 11. klassile*. Koolibri.
- Lepmann, L. (2016). *Õppekava üldosa taotluste realiseerimine gümnaasiumi matemaatikakursuses*.
https://oppekava.ee/wp-content/uploads/2016/10/LLepmann_yldosa.pdf
- Lepmann, T. (2010). Rahvusvaheliste võrdlusuuringute TIMSS 2003 ja PISA 2006 õppetund Eesti matemaatikaõpetajale. *I. Henno (Koost), Rahvusvaheliste võrdlusuuringute TIMSS 2003 ja PISA 2006 õppetunnid*, 77-82. Tallinn: Archimedes.
<https://www.digar.ee/arhiiv/et/raamatud/16346>
- Levin, A., Tõnso, T. & Veelmaa, A. (1995). *MATEMAATIKA XI klassile*. Tallinn "Mathema".
- Löfström, E. (2011). *Tegevusuuringu käsiraamat*. Tallinn: Archimedes.
- Nguyen, D. (2023). *A New Approach to Teaching Concepts: A Case of Teaching Derivative Concepts in Calculus for High School Students Based on Realistic Mathematics Education (Rme) Approach With the Support of Geogebra Software*. Hong Duc University. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3798850/v1>
- Nunes, M. B., & McPherson, M. (2003). An Action Research Model for the Management of Change in Continuing Professional Distance Education. *Innovation in Teaching and Learning in Information and Computer Sciences*, 2(1), 1–6.
<https://doi.org/10.11120/ital.2003.02010003>
- OECD. (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Opiq. (2025). <https://www.opiq.ee/>

- Õunapuu, L. (2014). Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes [e-õpik, Tartu Ülikool]. DSpace. <http://hdl.handle.net/10062/36419>
- Paas, K. (2021). *Õpetajate hinnangud IKT vahendite kasutamisele matemaatikaõppes* [magistritöö, Tartu Ülikool]. DSpace. <http://hdl.handle.net/10062/73125>
- Rämmer, A. (2014). Valimi moodustamine. K. Rootalu, V. Kalmus, A. Masso & T. Vihalemm (toim), *Sotsiaalse analüüsi meetodite ja metodoloogia õpibaas*. Tartu Ülikool. <https://samm.ut.ee/valimid/>
- Savina, M. (s.a.) [Copy] *Sfääriline elevant ehk pindala ja ruumala optimeerimine* [õppematerjal]. <https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/5ecb5e1ac002ff2d8b02397b>
- Sihtasutus Kutsekoda. (2016). *Töö ja oskused 2025. Ülevaade olulisematest trendidest ja nende mõjust Eesti tööturule kümne aasta vaates*. <https://oska.kutsekoda.ee/wp-content/uploads/2016/04/Tulevikutrendid-1.pdf>
- Taal, D. (2016). Matemaatika riigieksamid 2016.
- Taal, D. (2019). Matemaatika riigieksamid 2019.
- Tartu Ülikooli eetikakeskus. (2023). *Hea teadustava (täiendatud trükk)*. Tartu Ülikool. <https://www.eetika.ee/et/hea-teadustava>
- Tasemetööde ning põhikooli ja gümnaasiumi lõpueksamite ettevalmistamise ja läbiviimise ning eksamitööde koostamise, hindamise ja säilitamise tingimused ja kord ning tasemetööde, ühtsete põhikooli lõpueksamite ja riigieksamite tulemuste analüüsimise tingimused ja kord (2015). *Riigi Teataja I 18.12.2015, 12* <https://www.riigiteataja.ee/akt/114112023005>
- The Albert Team (2022). *How to Approach Optimization Problems: AP® Calculus Crash Course*. <https://www.albert.io/blog/how-to-approach-optimization-problems-ap-calculus-crash-course/>
- Videoõps. (s.a.) <https://www.youtube.com/c/Video%C3%B5ps>

Villems, A., Aluoja, L., Pilt, L., Naulainen, M.-M., Kusmin, M., Rogaleviš, V., & Tokko, U. (2014–2015). *Digitaalse õppematerjali loomise soovitused*.

<https://oppevara.edu.ee/kvaliteet/>

Villems, A., Kusmin, M., Peets, M.-L., Plank, T., Puusaar, M., Pilt, L., Varendi, M., Sutt, E., Kusnets, K., Kampus, E., Marandi, T. & Rogaleviš, V. (2012). *Juhend kvaliteetse õpiobjekti loomiseks*. Eesti Infotehnoloogia Sihtasutus.

<http://www.digar.ee/id/nlib-digar:119480>

Volt, A. (2022). *Ekstreemumülesanded*.

<https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/19059-Ekstreemumülesanded/222296>

Lisa 1. Küsimustik õpetajatele

Lugupeetud õpetaja!

Olen Tartu Ülikooli magistrant ja matemaatikaõpetaja Sāde Mai Krusberg ning oma magistritööna koostan Desmose keskkonnas digiõppematerjale ekstreemumülesannete kohta. Materjalid on mõeldud nii kitsa kui ka laia matemaatika õppijatele kas iseseisvaks õppimiseks või tunnis kasutamiseks (Desmos Classroom).

Loodud materjale on kokku neli ning need asuvad järgmisel aadressil:

<https://teacher.desmos.com/collection/6802614cb4a22ecf711c3f41>

Käesoleva küsimustiku eesmärk on koguda õpetajatelt tagasisidet valminud õppematerjalidele, et hinnata nende tõhusust ja vajadusel teha täiendusi. Küsimustikule vastamine on vabatahtlik ja anonüümne ning kogutud andmeid kasutatakse üksnes magistritöös. Ootan võimalusel tagasisidet hiljemalt 4. mai õhtuks. Olen väga tänulik, kui leiate aega tagasiside andmiseks ning saate panustada magistritöö valmimisse.

Ette tänades

Sāde Mai Krusberg

I Taustandmed

Märkused:

- Ühe vastusevariandiga küsimus
- Valikvastustega küsimus
- Täpsustav avatud küsimus, vastus vabas vormis

1. Sugu

- Mees
- Naine
- Muu/Ei soovi vastata

2. Vanus

- Kuni 20-aastane
- 21-30- aastane
- 31-40-aastane
- 41-50-aastane
- 51-60-aastane
- 61-70-aastane
- Üle 71-aastane

3. Tööstaaž matemaatikaõpetajana

- Alla 1 aasta
- 1-5 aastat
- 6-10 aastat
- 11-20 aastat
- Üle 21 aasta

4. Gümnaasiumiastmes õpetamise kogemus

- Olen gümnaasiumis õpetanud, aga hetkel ei õpeta
- Õpetan hetkel gümnaasiumis

5. Desmose keskkonna kasutamise kogemus õpetamisel

- Olen ise loonud tegevusi
- Olen kasutanud teiste loodud tegevusi neid ise muutmata
- Olen kasutanud teiste loodud tegevusi ning neid muutnud vastavalt enda vajadustele
- Olen tegevusi vaid vaadanud, aga õpetamisel rakendamise kogemus puudub
- Ei ole Desmosega üldse kokku puutunud

II Tagasiside õppematerjalidele

1. Õppematerjalid on kooskõlas gümnaasiumi riikliku õppekavaga.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Millised tugevused või võimalikud puudused õppematerjali sisus jäid teile silma?

2. Õppematerjalid on matemaatiliselt korrektsed.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Kui õppematerjalis leidsid matemaatilisi vigu, siis palun täpsustage, kus need olid.

3. Õppematerjalide ülesanded on arusaadavalt sõnastatud.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Kui tekkis arusaamatusi, siis palun täpsustage, kus need olid.

4. Õppematerjalid sobivad nii kitsa kui ka laia matemaatika õppijale.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Kui leidsite, et teatud ülesannete sisu või ülesannetele lähenemine ei olnud kitsa või laia matemaatika õppijale sobiv, siis palun täpsustage, kus selline olukord tekkis.

5. Õppematerjalid on keeleliselt korrektsed.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Kui ülesandes esines kirjavigu, siis palun täpsustage, kus need olid.

6. Õppematerjalid on piisava pikkusega.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Kui Teie hinnangul on materjal või mingi osa materjalist liiga pikk või liiga lühike, siis palun täpsustage.

7. Õppematerjalide tehniline ja visuaalne ülesehitus on Desmose slaididel kasutajasõbralik ja toetav.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Kas leidus ülesandeid või tegevusi, mille interaktiivsus oli eriti tõhus või vastupidi, mis vajaks arendamist? Kui leidus tehnilisi probleeme, siis kus need esinesid?**

8. Õppematerjalid pakuvad õppijatele piisavalt tagasisidet ja võimalusi oma arusaamise kontrollimiseks.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Kui õppematerjal võiks pakkuda veel paremat või vahetumat tagasisidet õppijatele, siis palun täpsustage, kus.**

9. Õppematerjalid on huvitavad ning hoiavad õppijate tähelepanu.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Kui Teie hinnangul esineb selles osas puudujääke, siis palun täpsustage.**

10. Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitab õpilastel paremini mõista ekstreemumülesannete lahendamise protsessi.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Palun täpsustage.**

11. Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine arendab õpilaste oskust koostada teksti põhjal ühe muutujaga funktsiooni.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Palun täpsustage.**

12. Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitab õpilastel paremini mõista ekstreemumülesannete olulisust.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Palun täpsustage.**

13. Kui Teil on üldiseid ettepanekud või kommentaare õppematerjali kohta, siis saate need kirjutada siia.

Lisa 2. Küsimustik õpilastele

Hea õpilane!

Olen Säde Mai Krusberg, TÜ magistrant ja matemaatikaõpetaja. Pöördun Sinu poole, sest vajan Sinu abi! Käesoleva küsimustiku eesmärk on magistritöö raames koguda 11. klassi õpilastelt tagasisidet valminud Desmose digiõppematerjalidele, et hinnata nende tõhusust ja vajadusel teha täiendusi. Digiõppematerjal on olenevalt olukorrast ja õpetaja soovist mõeldud kas iseseisvalt õppimiseks kodus või kasutamiseks tunnis koos õpetajaga.

Loodud materjale on kokku neli ning need asuvad järgmisel aadressil:
<https://teacher.desmos.com/collection/6802614cb4a22ecf711c3f41>.

Küsimustikule vastamine võtab aega umbes 10-15 minutit ja sellele vastamine on vabatahtlik ja anonüümne. Kogutud andmeid kasutatakse üksnes magistritöös. Palun püüa vastamisel olla aus, täpne ja võimalusel ka põhjalik, et vastustest saadav kasutegur oleks võimalikult suur. Ootan Sinu vastuseid hiljemalt 9. mai õhtuks.

Aitäh!

Säde Mai Krusberg

I Taustandmed

Märkused:

- Ühe vastusevariandiga küsimus
- Valikvastustega küsimus
- Täpsustav avatud ja vabatahtlik küsimus, vastus vabas vormis

1. Sugu

- Naine
- Mees
- Muu/Ei soovi vastata

2. Kogemus Desmos keskkonnaga enne ekstreemülesannete materjalide kasutamist

- Olen kasutanud iseseisvalt matemaatika õppimiseks
- Olen kasutanud tunnis õpetaja eestvedamisel
- Tean, mis on Desmos, kuid pole kasutanud (olen nt sattunud vaatama ja uurima, aga kasutanud pole)
- Ei ole Desmosest kuulnud

3. Kuidas suhtud järgmisesse väitesse? Matemaatika on minu jaoks meeldiv õppeaine.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Soovi korral põhjenda.**

4. Kuidas suhtud järgmisesse väitesse? Matemaatika on oluline õppeaine.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Soovi korral põhjenda.**

II Tagasiside õppematerjalidele

1. Õppematerjalid olid piisava pikkusega (õppematerjal ei olnud liiga lühike ega liiga pikk, täpselt paras ja hallatav (vaatleme ühte komplekti korraga).

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Soovi korral põhjenda.**

2. Õppematerjalide ülesanded olid arusaadavalt sõnastatud.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Soovi korral põhjenda.**

3. Õppematerjalide tehniline ja visuaalne ülesehitus oli Desmose slaididel kasutajasõbralik ja toetav.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- **Soovi korral põhjenda.**

4. Õppematerjalid pakkusid piisavalt tagasisidet ja võimalusi oma arusaamise kontrollimiseks.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Soovi korral põhjenda.

5. Õppematerjalid olid huvitavad ning hoidsid tähelepanu.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Soovi korral põhjenda.

6. Õppevideote olemasolu õppematerjalis oli minu jaoks oluline.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Soovi korral põhjenda.

7. Õppevideod aitasid kaasa teemast arusaamisele ja/või ülesannete lahendamisele.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Soovi korral põhjenda.

8. Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitas paremini mõista ekstreemumülesannete lahendamise protsessi.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Soovi korral põhjenda.

9. Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine arendas teksti põhjal ühe muutujaga funktsiooni koostamise oskust.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Soovi korral põhjenda.

10. Õppematerjalide abil ülesannete lahendamine aitas paremini mõista ekstreemumülesannete olulisust.

(Likerti skaala ei ole üldse nõus 1 – 5 täiesti nõus)

- Soovi korral põhjenda.

11. Kuidas hindad oma ekstreemumülesannete lahendamise oskust pärast õppematerjalide läbimist?

(Likerti skaala:

1 - asi läks palju keerulisemaks; 2 - midagi sain juurde, aga pigem on teema ikka segane; 3 - oskused ei muutunud, kõik jäi samaks, oskasin ennegi; 4 - sain natukene uusi nippe juurde, oli kasulik ja asi muutus veidi selgemaks; 5 - oskused paranesid märgatavalt, saan asjast palju paremini aru)

- **Soovi korral põhjenda.**

12. Mille jaoks soovitaksid materjali järgmise aasta 11. klassi õpilastel kasutada?

- Kodus iseseisvalt uue teema õppimiseks
- Tunnis uue teema õppimiseks õpetaja suunamisel
- Kodus õpitud teema kinnistamiseks
- Ei soovitakski

- **Soovi korral põhjenda.**

13. Kui Sul on veel soovitusi, mõtteid või kommentaare õppematerjalide kohta, siis kirjuta need palun siia.

(avatud vabatahtlik küsimus)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Säde Mai Krusberg,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose **Digiõppematerjalide loomine ekstreemumülesannete iseseisvaks õppimiseks ning õpetajate ja õpilaste tagasiside loodud digiõppematerjalidele**, mille juhendaja on Sirje Pihlap, 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 Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, 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.

Säde Mai Krusberg

21.05.2025