

Tartu Ülikool

Sotsiaal- ja haridusteaduskond

Haridusteaduste instituut

Haridusteadus (reaalained)

Rita Postov

9. KLASSI MATEMAATIKAS FUNKTSIOONI KÄSITLEVATE ÜLESANNETE
LAHENDUSED GEOGEBRA DÜNAAMILISTE TÖÖLEHTEDENA

bakalaureusetöö

Juhendaja: Hannes Jukk (MSc)

Tartu 2017

SISUKORD

Sissejuhatus	3
1. Teoreetiline ülevaade.....	4
1.1. Varasem uuritus välismaal.....	6
1.2. Varasem uuritus Eestis	8
1.3. Uurimuse eesmärk ja uurimisküsimused.....	9
2. Metoodika	10
2.1. Geogebra raamat (töölehed)	11
2.2. Valim.....	13
2.3. Mõõtevahendid.....	13
2.4. Protseduur	14
3. Tulemused	15
4. Arutelu.....	18
Kokkuvõte.....	21
Summary	22
Tänuõnad	23
Autorsuse kinnitus	23
Kasutatud kirjandus	24
Lisa 1. Küsimustik õpetajatele ja õpiku autoritele	29
Lisa 2. Küsimustik õpilastele	35
Lisa 3. Kiri õpetajatele	41
Lisa 4. Küsimustik õpetajatele	42
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	43

SISSEJUHATUS

Õpilaste vähene õpihuvi matemaatikas võib olla tingitud vananenud õpetamisviisist, mida saab leevendada, muutes õpet huvitavamaks ja nüüdisaegsemaks, kasutades info- ja kommunikatsioonitehnoloogiat (IKT) õppeprotsessis (Valk, 2010). Kodud ja koolid pingutavad õpilaste matemaatiliste tulemuste nimel, kuid raske on huvituda matemaatikast, kui meedias säutsuvad kuulsused pidevalt, et matemaatikata saab rahulikult elada, kuigi koolis võideldi sellega tõsiselt (Jukk, 2016). Pisa 2015 Eesti tulemustes on Eesti OECD riikide seas viiendal kohal selle poolest, et 15-aastastest õpilastest 88% on omandanud vähemalt baasteadmised matemaatikas (Lepmann, 2016c) ja 44% õpilastest soovib saada akadeemilist haridust (Jukk, 2016).

IKT aitab kaasa iga lapse annete ja vajaduste paremale arvestamisele, tõstes antava hariduse taset, kuid selleks on vaja nii vastavaid metoodilisi koolitusi, õppematerjale, tehnilist tuge kui ka toetavat suhtumist (Valk, 2010). IKT kasutamisega saab muuta matemaatikatunni huvitavamaks ja õppimise seeläbi ka meeldivamaks, see omakorda motiveerib õpilast õppima, kuid ei pruugi alati päädida parema õpitulemusega, küll on õpilased valmis siis rohkem aega õpingutele kulutama (Higgins, Xiao, & Katsipataki, 2012). Õpilaste motiveerimise juures on väga oluline õpetajate suhtumine IKT vahenditesse ning nende eelistustest õpetamisesse üldiselt (David Moseley, 1999). Haridus- ja teadusministeerium hindab kõrgelt heade kogemuste jagamist ja muutuva õpikäsitluse rakendamist projekti „Nutt igasse kooli“ raames, mille eesmärgiks on jagada kogemusi, kuidas digitehnikat harivalt kasutada (Lorenz, 2017). Õpetajad (k.a matemaatikaõpetajad) tunnevad puudust e-õppematerjalidest, mida õppetöös kasutada (Ilisson & Lepik, 2015; Pärn, 2014; Räis, Kallaste, & Sandre, 2016). Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutuse Innovatsioonikeskuse (HITSA) tellitud IKT uurimuses (Leppik, Haaristo, & Mägi, 2017) tõdeb kolmandik õpetajatest, et oluliseim takistus digioskuste õpetamisel on kvaliteetsete digitaalsete õppematerjalide puudus õpetatavas aines. Samas uuringus arvas valdav osa õpetajatest, et digivahendite kasutamine peaks olema õppeprotsessi loomulik osa.

GeoGebra (s.a.) on vabavaraline eestikeelne interaktiivne koolitarkvaraprogramm, mis on loodud matemaatika näitlikustamiseks, et matemaatikat oleks põnev näha ja kogeda. Dünaamilise geomeetria programmi GeoGebra alaste koolituste suur hulk õpetajatele lubab arvata, et Eesti õpetajad suudavad ise materjale luues programmi aktiivselt kasutada (Lepmann, 2016a). Alates aastast 2008 korraldatakse Eestis üleriigiliselt matemaatikavõistlust „Märka matemaatikat enda ümber“, kus mitmel aastal on olnud

eesmärgiks suunata õpilasi GeoGebra programmi kasutama ja pakkuda rõõmu matemaatikaga tegelemises (Pihlap & Sild, Märka matemaatikat enda ümber!).

Eestis on funktsioonide teema õpetamisel senini kasutatud programmi Wiris (arvutialgebra süsteem). Kahjuks käivad jutud, et Eesti riigis kaalutakse tõsiselt eesti keelde tõlgitud Wirise litsentsi eest tasumise lõpetamist (kuuldud Matemaatikaõpetajate sügispäevadel Raplas, 2016), kuna kasutajaid olevat vähe.

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks on koostada funktsiooni teemadel 9. klassi matemaatika õpiku (Kaldmäe, Kontson, Matiisen, & Pais, 2013; 2014) juurde ülesannete lahendused GeoGebra töölehtedena ja koostatud töölehtede abil uurida, mil määral sobib koostatud õppevahend õppetöös kasutamiseks. Valdav osa töölehtedest käsitleb ruutfunktsiooni, kuid esindatud on ka lineaarfunktsioon ja pöördvõrdeline seos.

Töö esimeses osas antakse ülevaade funktsiooni asendist õppekavas ja näitlikustamise mõjust õppimisele (programmi GeoGebra näitel) ning õpilaste üldisest matemaatilisest võimekusest PISA uuringu kontekstis. Vaadeldakse põgusalt programmi GeoGebra mõju õppimisele varasemates välismaa ja Eestis uuringutes. Teine osa annab ülevaate uurimuse metoodikast ja uuringu aluseks oleva GeoGebra raamatu koostamise põhimõtetest. Kolmandas osas tuuakse ära uuringu tulemused ja neljandas esitatakse tulemuste arutelu.

1. TEOREETILINE ÜLEVAADE

Hetkel kehtivas põhikooli Riiklikus õppekavas on III kooliastme õppesisus seoses funktsiooniga järgmised mõisted: muutuv suurus, funktsioon, võrdeline sõltuvus, pöördvõrdeline sõltuvus, kahe viimase sõltuvuse määramine (nt liikumisel teepikkus, ajavahemik, kaupade maksumus), lineaarfunktsioon, ruutfunktsioon. Õpilase pädevustena on välja toodud, et õpilane: suudab eluliste näidete põhjal selgitada võrdelise sõltuvuse tähendust; oskab nii käsitsi kui arvutiga valemi põhjal joonestada funktsiooni graafikut; oskab arvutiga tehtud dünaamiliste jooniste abil selgitada funktsiooni graafiku asendi ja kuju sõltuvust funktsiooni avaldises olevatest arvkoordajatest (v.a ruutfunktsiooni lineaarliikme kordaja); suudab selgitada nullkohtade tähendust ning leiab need nii graafilikult kui valemist; oskab jooniselt lugeda parabooli haripunkti ja oskab leida haripunkti koordinaadid ka arvutuslikult. (Põhikooli riiklik õppekava lisa 3 Ainevaldkond "Matemaatika", 2011)

Aluoja (Leikop, 2014) leiab, et õpetajatel jääb teinekord oskustest ja teadmistest väheks, et õpilased saaksid tehnoloogia abil õppida. Kuid ta peab samas vajalikuks, et teadmisi täiendataks ja leitakse võimalused, et laps saaks õppida seal, kus talle meeldib. Olgu see siis arvutis, nutitelefonis või tahvlis. Samas õppekavas (Põhikooli riiklik õppekava, 2011) tuuakse ka välja, et füüsilist õppekeskkonda kujundades peab arvestama, et õppes on võimalus kasutada internetiühendusega arvutit ja esitlustehnikat. Juba I kooliastmes on õpilase ühe pädevusena ära toodud oskus kasutada lihtsamaid arvutiprogramme. Korduvalt märgitakse, et õpilane peab õppesisu omandamiseks kasutama arvutiprogramme (Põhikooli riiklik õppekava lisa 3 Ainevaldkond "Matemaatika", 2011). Õppetegevuse kavandamise ja korraldamise juures tuleb jälgida, et kasutatakse õppeülesandeid, mis suurendavad õpimotivatsiooni ja mille sisu ja raskusaste toetavad individualiseeritud käsitlust. Bruneri (Krull, 2000) arvates on õppimine kõige efektiivsem, kui see toimub suunatud avastus- või uurimisprotsessina, arvestades õpilase tunnetusliku eripäraga: sõltuvalt eest domineerib kas tegevuslik (enaktiline), kujundlik (ikooniline) või verbaalne (sümboolne) mõtlemine. Algklassi- ja põhikooliõpilastel on valdav kujundlik mõtlemine ja alles gümnaasiumis muutub valdavaks verbaalne mõtlemine.

HITSA kodulehel (s.a.) soovitatakse matemaatika elavdamiseks kasutada programmi GeoGebra. Tuuakse välja, et GeoGebra abil on võimalik joonestada ja analüüsida funktsioonide graafikuid ning siduda neid algebraliste avaldistega. Veelmaa (2016) hinnangul on seda programmi otstarbekas mitmete teemade juures kasutada (k.a funktsioonid). HITSA soovib programmi kasutada algklassidest kõrgkoolini. Jooniste (konstruktsioonide) dünaamilisusest tulenevalt (muutes neid liugurite abil või nihutades (lohistades) punkte) on õppijatel võimalik avastada seoseid ja püstitada hüpoteese.

Programm GeoGebra on muutunud aja jooksul Eesti koolides üha populaarsemaks ja tavalisemaks. Vastavalt Pärna (2014) uuringule oskas 2011. aastal programmi GeoGebra kasutada 74% õpetajatest ja 2014. aastal 87%. Veelmaa (2016) soovib enamkasutatavat õpiprogrammi GeoGebra õpilastele tutvustada niivõrd, et nad suudaksid seda iseseisvalt kasutada nii koduste tööde kontrollimiseks kui ka teistes õppeainetes antud ülesannete lahendamiseks.

Pärn (2014) uuris, millist abi vajavad matemaatikaõpetajad IKT kasutamiseks ja selgus, et enim sooviti CD-d või veebilehte e-õppematerjalidega iga õpiku juurde ning ka rohkem ja suurema valikuga e-õppematerjale. Matemaatika õpikut kasutatakse eelkõige tunnis või

kodutööna lahendatavate ülesannete allikana (Ilisson & Lepik, 2015). Ka haridusliku erivajadusega õpilaste kaasava hariduskorralduse ja sellega seotud meetmete tõhususe lõppraportis (Räis, Kallaste, & Sandre, 2016) tuuakse välja, et suurem osa õpetajatest tunneb puudust digitaalsest õppevarast ja lisaks sedagi, et suurem puudus on abimaterjalidest õpetajatele kui õppematerjalidest õpilastele. Ka koolijuhtide väitel õppevahendeid napib, kuid Eesti koolijuhtide rahulolematuse ei ole väga suur ning õppevahendite puudus ei takista õpilaste teadmiste ja oskuste omandamist (Kitsing & Täht, 2016). Ajanappust tuuakse välja suurima puudusena arvutipõhiste ainetundide ettevalmistamisel (Toots, Plakk, & Idnurm, 2004) ja Tiigrihüppe Sihtasutuse uuringust selgus, et õpilaste ja õpetajate hinnangul kasutas 2010. aastal 28% ja 2012. aastal 35% matemaatikaõpetajatest IKT vahendeid vähemalt pooltes tundides (Prei, 2013). Seevastu Lepmanni sõnul suudavad küllalt paljud õpetajad efektiivselt luua programmiga GeoGebra just sellist õppematerjali, nagu nad ise just vajavad (Lepmann, 2016a). Samas nendib ta, et programmi GeoGebra baasil tehtud dünaamilist emakeelset õppematerjali on vähe ja selle loomine on ajamahukas ning kallis, aga vääriv tegemist. Puudus on nii dünaamilistest slaididest õpetajale õppematerjali näitlikustamiseks kui ka töölehtedest, kus õpilased saavad eksperimenteerida, uurida ning teha seoseid.

Haridusuuringu PISA 2015 Eesti tulemustest selgub, et õpilastel, kes kasutavad koolis alla 2 tunni internetti, on tulemused kõrgemad (sh matemaatika) kui neil õpilastel, kes kasutavad koolipäeva jooksul internetti rohkem kui 2 tundi (Täht, 2016). Siinkohal märgitakse, et ei saa välistada asjaolu, et madalamate tulemustega õpilased kasutavad lihtsalt rohkem internetti. Samas leiti PISA uuringus, et kodune arvuti ja interneti puudumine on matemaatika tulemusele segav faktor (Jukk, 2016). Seetõttu võib järeldada, et ilma kindla eesmärgita pole mõtet õpilasi koolis arvutitega tööle panna. Äärmiselt oluline on see, et arvutiga töötamine oleks eesmärgistatud ja läbimõeldud, kuid IKT vahendeid kasutatakse teinekord ka juhul, kui mõni teine õppemeetod oleks tõhusam (Laan, 2017).

Allar Veelmaa sõnul tulevad 2018. aastal tasemetöösse GeoGebra ülesanded, kuid kas need on programmi GeoGebra abil koostatud või õpilane peab ise oskama programmiga konstrueerida jooniseid, pole veel täpsustatud (Veelmaa, Õpetajate asjatud lootused, 2017).

1.1. Varasem uuritus välismaal

GeoGebra kodulehel (s.a.) on ära toodud suurimad rahvusvahelised auhinnad. Viimane neist on saadud Saksamaal Hamburgis korraldatud võistlustel matemaatika kategoorias Archimedese preemia aastal 2016. Kodulehel on kirjas 62 Instituuti, kus tegeletakse

kõikvõimalike ühiste projektidega, üritustega, tarkvaraarendustega, materjalide koostamise ja jagamisega. Eesti GeoGebra Instituut (Kreutzberg, Pihlap, & Tõnisson, 2010), mille tegevust juhib Kreutzberg, loodi 2010. aastal. Eesti GeoGebra Instituut on põhjamaid hõlmava Nordic GeoGebra võrgustiku liige.

Daher ja Anabousy (2015) uurisid Iisrealis, kuidas õpivad 9. klassi õpilased programmiga GeoGebra funktsioone, mida tavaliselt põhikoolis ei õpetata. Uuriti 19 last, kes läbisid kümme õppetundi (iga tund 45 minutit) programmi GeoGebra abil. Funktsioonidest käsitleti absoluutfunktsiooni, kuupfunktsiooni ja neljanda astme funktsiooni. Katse tehti eeldusel, et programmi GeoGebra kasutamine aitab õpilastel funktsioone uurida. Funktsioone ($y=|x|$, $y=x^3$, $y=x^4$) vaadeldi läbi reaalelulise aspekti, uuriti omadusi, horisontaalset ja vertikaalset lüket, peegeldust ning kuju. Programm GeoGebra andis õpilastele võimaluse algebralisele esitusele lisaks uurida ka funktsioonide muutusi dünaamiliselt graafilisel esitusel. Uuringu tulemused näitasid, et õpilased suudavad programmiga GeoGebra edukalt lahendada matemaatilisi probleeme nende jaoks uute funktsioonide puhul.

Rahvusvahelisel matemaatikahariduse uurimise konverentsil tutvustati Malaisias läbi viidud uuringut (Saha, Ayub, & Tarmizi, 2010), kuidas mõjutab programmi GeoGebra kasutamine geomeetria õppimist. Uuritavad (53 gümnaasiumi õpilast) jagati kahte gruppi. Üks grupp õppis programmiga GeoGebra ja teine tavapärasel moel. Grupisiselt liigitati nad kõrge visuaalse ruumilise mõtlemisvõimega ja madala ruumilise mõtlemisvõimega õpilasteks. Mõlemad grupid õppisid antud teemat seitse tundi (iga õppetund 40 minutit). Õpilasi testiti nii enne kui pärast õppetsükli. Madala ruumilise mõtlemisvõimega õpilastel olid GeoGebraga õppides oluliselt paremad tulemused kontrollrühmast. Kuid olulist paremat tulemust ei ilmnenud kõrge ruumilise mõtlemisvõimega õpilaste puhul. Töös järeldati, et GeoGebra on tõhus vahend visualiseerimise abil õppimise edendamiseks ja mõistmise suurendamiseks. Samas Mayer'i ja Moreno (2003) hinnangul sobib multimeedia õppematerjalina just pigem kõrge ruumilise võimekusega õppijale.

Türgis uuriti (Reis & Ozdemir, 2010) programmi GeoGebra mõju ruutfunktsiooni ja selle graafiku, parabooli õpetamisel. Programmi GeoGebra abil õppis 102 õpilast ja kontrollrühmas traditsioonilisel viisil samuti 102 õpilast. Õpilased testiti nii enne kui pärast teema läbimist. Ilmnes, et õpilased, kes õppisid programmi GeoGebra abil, olid edukamad traditsioonilisel meetodil õppinud õpilastest. Järeldati, et IKT vahendite kasutamine parandab õppeedukust, kuna õpilane töötab rohkemate meeleeelunditega.

1.2. Varasem uuritus Eestis

Eestis uuriti 2012. aastal programmi GeoGebra kasutamist koolis erinevaid aspekte silmas pidades. Erinevate aspektide valguses on uuritud programmi GeoGebra kasutamist 2012. aastal. Näiteks uuriti arvuti aktiivse kasutamise mõju koduste tööde tegemisele geomeetria õpetamisel 8. klassis (Taidre, 2012). Taidre jõudis järeldusele, et arvuti kasutamine (täpsemalt GeoGebra töölehtede) kodutööde tegemisel ei motiveeri õpilasi rohkem ega meeldi neile tavapärasest enam. Samal aastal uuriti ka programmi GeoGebra abil geomeetria (ringjoon ja korrapärane hulknurk) õppimist (Saulep, 2012). Viimases töös näidati, et ainuke erinevus arvutiga õpitud materjali paremal omandamisel ilmses kujundite jooniselt äratundmisel. Antud aastal uuriti ka dünaamilise geomeetria ja arvutustabeli kooskasutust programmiga GeoGebra geomeetria õpetamisel III kooliastmes (Uusväli, 2012) ja jõuti järelduseni, et GeoGebra kahe vaate (algebra ja geomeetria akna) kasutamine tekitab õpilastele raskusi, kuid on siiski jõukohane ning varasem kokkupuude programmiga GeoGebra kajastub positiivselt ka kohe õpilaste töödes. Aasta varem loodi GeoGebra abil 13 dünaamilist slaidi trigonomeetria teemal (Orason, 2011), kuid õpilastega neid ei katsetatud.

Leopard (2010) uuris programmi GeoGebra mõju 7. klassi õpilaste arusaamisele matemaatilistest funktsioonidest. Ta järeldas 106 õpilast uurides, et uuritavad arenesid rohkem mittelineaarsete (ruutfunktsioon, pöördvõrdeline sõltuvus) ja vähem lineaarsete funktsioonide arusaamise osas. Samas eluliste ülesannete osas, mis sisaldasid lineaarseid ja mittelineaarseid funktsioone, arenes lahendamise oskus statistiliselt olulisel määral. Funktsiooni teemadel on dünaamilisi slaide koostanud ka Ljaškov (Ljaškov, 2010). Ta koostas slaidid kirjastuse Koolibri 11. klassi matemaatikaõpiku juurde, käsitledes võrdelist ja pöördvõrdelist seost, lineaar- ja ruutfunktsiooni, paaris- ja paaritut funktsiooni ning pöördfunktsiooni, kuid õpilastega antud materjali ei katsetanud.

GeoGebra meeskonna jaoks on oluline, et programmi oleks võimalik kasutada oma emakeeles (Kreutzberg, Pihlap, & Tõnisson, 2010). Eesti keelde tõlkis programmi Albre ja esimeseks tuntumaks GeoGebra loodud õppematerjaliks on tema poolt loodud 60 dünaamilist slaidi 12. klassi matemaatikaõpiku juurde (Albre, 2008), mis on tänaseks päevaks Pihlapi poolt kokku pandud GeoGebra raamatuks (Albre-Andersen, 2015). MTÜ Tiigrimatemaatika Seltsi kodulehel (Pihlap & Sild) pakuvad erinevaid praktilisi kursusi programmi GeoGebra baasil Pihlap, Sild ja Kolk. Veelmaa pakub kursusi enda kodulehel. Programmi erinevaid kasutusvõimalusi on näidatud konverentsil „Arvutid koolimatemaatikas“ (aastatel 2009, 2011) ja ka matemaatikaõpetajate päevadel.

Konkursi „Märka matemaatikat enda ümber“ raames oodati 2009. aastal õpilastelt fotosid, millel olevad jooned pidi eristama programmi GeoGebra abil (Pihlap & Sild). Ka teistel aastatel on selle konkursi raames käsitletud funktsioonide teemat. Antud konkursiga soovitaksegi seostada matemaatikat igapäevaeluga ja propageerida matemaatikaprogramme GeoGebra ja Wiris.

1.3. Uurimuse eesmärk ja uurimisküsimused

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks on koostada kirjastuse Avita 9. klassi matemaatika õpiku funktsioonide teema ülesannetele lahendusi GeoGebra töölehtedena. Sellised lahendused pakuksid lisaks tavalisele algebralisele lahendamisele visuaalset tuge. Kirjastuse Avita õpiku osutus valituks, kuna koolis, kus autor töötab, kasutatakse matemaatika õpetamisel kirjastuse Avita õppevara 3.-9. klassini. Funktsioonideteemalise õppevara loomise idee tulenes autori isiklikust õpetamise kogemusest, mille käigus on autor järeldanud, et antud teema on uue õppekava (Põhikooli riiklik õppekava, 2011) järgselt õpetades õpilaste jaoks keskmisest raskem omandada. Funktsiooni teemaga seotud ülesannet lahendati väga halvasti 2015. aasta põhikooli matemaatikaeksamil (Taal, 2015). Eksiti kõiges: ei tundud mõisteid, ei osatud võtta vajalikke väärtusi funktsiooni joonestamiseks, graafikuks joonestati vale joon jne. Eksamile tagasisidet andnud õpetajatest hindas 61% õpetajatest funktsiooni ülesannet raskeks. Aasta varem (Velsker, 2014) lahendati funktsiooni ülesannet, mis oli traditsiooniliselt esitatud, hästi. Samas elulise situatsiooniga funktsiooni erinevate alaülesannete (nõudis lineaarsete funktsioonide algebralist esitamist, vastava graafiku joonestamist ja graafikute lugemist) lahendamisest loobuti ligikaudu pooltel kordadel.

Teiseks töö eesmärgiks on välja selgitada, milliseid hinnanguid õpetajad ja õpilased annavad autori poolt loodud õppematerjalile. Selline piloteerimine ja tagasiside annaks võimaluse kõrvaltvaataja pilgule, et loodud töölehti kohendada. Loodud töölehed ülesannete lahendustega on vaadeldavad GeoGebra raamatus (Postov, 2017). Õpetajad ja õpilased said võimaluse hinnata loodud õppematerjali kasutatavust õppetöös.

Täpsemalt on töö eesmärgiks selgitada GeoGebra raamatuks kokku pandud töölehtede abil välja õpilaste ja õpetajate hinnangud, mil määral dünaamilise geomeetria kasutamine sammsammulise lahenduskäikude kuvamisel aitab õpilastel funktsioonide teemat paremini mõista.

Eesmärgi saavutamiseks sõnastati järgmised uurimisküsimused:

1. Kui raske on õpilaste ja õpetajate hinnangul funktsioonide teema õpilastele ja kui oluline on antud teema juures näitlikustamine?
2. Milline on õpilaste ja õpetajate tagasiside GeoGebraga loodud ülesannete lahendustele?
3. Kuidas hindavad õpetajad funktsioonide teemaliste tasuta õppematerjalide piisavust?
4. Kui palju on õpetajatel enda hinnangul aega ja spetsiifilisi oskusi, et luua GeoGebra programmiga õppematerjale?
5. Milliseid negatiivseid ja positiivseid aspekte tajuvad õpetajad GeoGebra kasutamisel õppetöös?

Töö eesmärgi saavutamiseks tutvuti varasemate samalaadsete uuringutega ja teemakohase kirjandusega ning suheldi kirjastuse Avita esindajatega. Kirjastusega suhtlemise eesmärgiks oli välja selgitada, et loodav materjal oleks esmakordne ega dubleeriks Avita kirjastuse poolt pakutavaid materjale. Kirjastusest Avita kinnitati, et nemad ei oma analoogseid töölehti. Tingituna GeoGebra kodulehel (s.a.) kirjeldatud kasutamissoigusest (litsentsidest) pole kirjastusel õigust kasutada programmi ärilisel eesmärgil. Seejärel sõnastati uurimisküsimused ja alustati õppematerjali loomist.

2. METOODIKA

Käesoleva töö tarbeks loodi kõigepealt kirjastuse Avita 9. klassi matemaatika õpiku funktsiooni teema ülesannete lahendused töölehtedena, mis pandi kasutamise lihtsustamiseks kokku GeoGebra raamatuks. Alates programmi versioonist 4.4 ei saa töölehti enam eksportida veebilehtedeks, vaid need tuleb salvestada GeoGebra kasutajakontole ja sealt on võimalik neid linkida või siis raamatuks kokku koondada.

Antud töös kasutati õppematerjali hindamiseks õpiku autori eksperthinnangut, õpetajate eksperthinnanguid, aga ka õpilaste hinnanguid, sest lõpptarbija on tegelikkuses õpilane. Tänapäeva õpilane on õppetöös motiveeritum, kui ta saab kasutada talle sobivat õppevara (Leikop, 2014). Õpilaste endi hinnangul muudab matemaatika tarkvara programmide kasutamine õppimise nii huvitavamaks kui ka arusaadavamaks (Prei, 2013).

Kõigi kolme sihtrühma hinnangute kogumiseks kasutati ankeete.

2.1. GeoGebra raamat (töölehed)

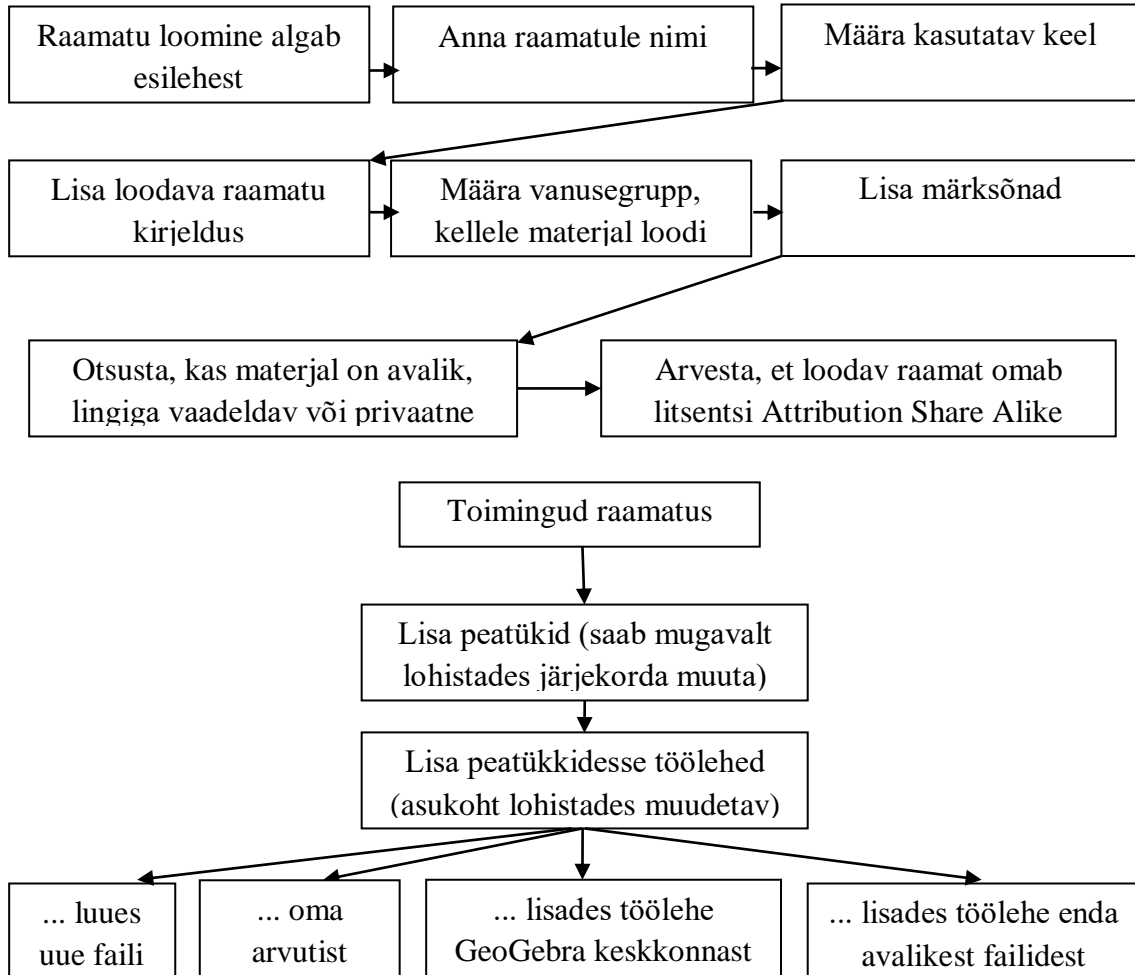
Tänaseni tegeleb programmi GeoGebra (s.a.) tõlkimisega Eesti GeoGebra Instituudist Albre. Esimeseks tõlkis ta programmi GeoGebra versiooni 3.2 eesti keelde oma magistritöö raames (Albre, 2008) ja eestindas ka programmi versiooni 3.2 manuaali (Hohenwarter & Hohenwarter, 2009). Täna on kasutusel versioon 5.0 (suurim uuendus on ruumigeomeetria lisandumine) (s.a.), kuid esmane eestikeelne manuaal on ka praegu osaliselt kasutatav. Raamatu loomise võimalus on alates versioonist 4.4. Eestikeelseid õppevideoid kuidas programmi kasutada, on väga vähe, seetõttu kasutas töö autor võõrkeelseid videoid oma oskuste arendamiseks (inglisekeelsed, saksa keelsed jt). Bakalaureusetöös kasutati programmi GeoGebra arvutisse installeeritud versiooni 5.0.

GeoGebra funktsioone on lähemalt tutvustatud mitmetes töedes (Albre, 2008), seetõttu vaatleme lähemalt just GeoGebra raamatu loomist. Veelmaa on kirjutanud eestikeelse lühijuhendi funktsiooni graafikute teisenduste käsitlemiseks (Veelmaa, Programm GeoGebra teema: „Funktsiooni graafikute teisendused“ käsitlemisel).

Käesoleva GeoGebra raamatu loomisel peeti silmas Lepmanni vormistuslikke nõudeid slaidide koostamisel (Lepmann, 2016b) ning Mayeri ja Moreno (2003) välja töötatud multimeedia esituse printsiipe.

Antud bakalaureusetöö raames loodi 98 õpiku (Kaldmäe, Kontson, Matiisen, & Pais, 2013; Kaldmäe, Kontson, Matiisen, & Pais, 2014) ülesandele lahendustena 103 töölehte. Kahe ülesande (119, 192) puhul esitati eraldi töölehtedena kaks lahenduskäiku ning ühe ülesande (975) lahendused vormistati kahe alapunkti kaupa ühel töölehel. Töölehed koostati arvutisse installeeritud programmi abil, kuna see on veebiversioonist parema kasutusmugavusega. Raamatu koostamiseks eksporditi failid GeoGebra kasutajakontole. Avatud failis valides menüüst Fail käsu Ekspordi, täpsemalt Dünaamiline leht veebilehena, saab faili laadida GeoGebra kodulehele. Enne kinnitamist saab vahelehel anda dünaamilisele töölehele nime, lisada vajalikku teksti konstruktsiooni ette ja järele. Kui tööleht on GeoGebra keskkonda laetud, on võimalik määrata, kas see on avalik, otselingiga avatav või ainult privaatseks kasutamiseks ning lisada vajalikke tage (märksõnu). Vajadusel saab töölehte ka muuta. Kui aga aplett on liiga suur selleks, et mahtuda standardse resolutsiooniga arvutiekraanile, siis on mõistlik selle suurust muuta juba enne dünaamiliseks veebileheks ekspordimist (Team, 2015).

GeoGebra-raamatu loomisel järgiti töölehtede peatükkidesse jaotamist, nagu seda oli tehtud ülesannetega õpikus. Sel kombel on lihtne õpikut ja antud lisamaterjali kõrvuti kasutada.



Joonis 1 GeoGebra raamatu loomise põhilisemad nüansid

Antud juhendi kirjeldamisel on tuginetud GeoGebra Book Team juhendile (2015). GeoGebra raamatu loomiseks peab omama GeoGebra kasutajakontot. GeoGebra raamatu loomisel (Joonis 1) tuleb anda sellele pealkiri, määrata keel, lisada kirjeldus, määratleda sihtgrupp ning võtmesõnad ja otsustada, kes sellele ligi pääseb. Raamatusse saab lisada nii olemasolevat materjali kui luua ise uusi töölehti. Kõik GeoGebra raamatud varustatakse automaatselt Creative Commons litsentsiga Share Alike. Loodud raamatut on mugav täiendada ja vajadusel on seda võimalik kopeerida ning kustutada. On loomulik, et selles dünaamilises raamatus saab töölehti mugavalt kasutada ning oluline on lugeja-kasutaja jaoks jooniste muutmise võimalus, kusjuures konstruktsiooni põhimõtteliselt kasutaja muuta ei saa.

Töölehe muutmiseks peab selle avama ikka programmiga (veebiversioonis või arvutisse installeeritud programmiga) ning seejärel raamatusse lisama või varasemaga asendama. Loomulikult on töölehed kasutatavad ka ilma raamatusse koondamata, kuid raamat annab võimaluse töölehtede struktureerimiseks.

2.2. Valim

Käesoleva töö mugavusvalimisse kuuluvad Jõgevamaa matemaatikaõpetajad, kes soovitatavalt õpetavad 9. klassis. Õpetajad said valida, kas nad uurivad GeoGebra raamatut iseseisvalt, katsetavad materjali tunnis või teevad mõlemat. Iseseisvalt õppematerjali analüüsimise võimalus oli antud seetõttu, et oma hinnangu saaksid anda need õpetajad, kes juhtumisi käesoleval õppeaastal ei õpeta küll 9. klassis, kuid on antud tüüpi õppematerjali analüüsimisest huvitatud.

Teiseks said oma võimaluse GeoGebra raamatu kohta arvamust avaldada 9. klassi matemaatika õpiku autorid kirjastusest Avita.

Kolmanda osa valimist moodustasid need 9. klassi õpilased, kellega õpetajad antud GeoGebra raamatut tunnis kasutasid.

2.3. Mõõtevahendid

Ankeetide loomisel võeti eeskujuks erinevates lõputöodes (Mardi, 2015; Saulep, 2012; Uusväli, 2012) kasutatud küsimusi. Ankeedid valmisid lõplikult koostöös antud töö juhendaja Hannes Jukkiga.

Mugav oli ankeete esitada ja hallata Google Forms keskkonnas. Sel kombel hoiti kokku nii ajas (postiga saatmine või ise kohale küsitlema sõitmise aeg), aga ka majanduslikult oli sel kombel otstarbekam (ei pidanud kulutama paljudusele, postikuludele).

Õpetajatele ja õpiku autoritele mõeldud ankeet (Lisa 1) koosnes neljast jaotisest. Esimene jaotis koosneb 6 küsimusest, mis valdavalt on taustaküsimused. Kui õpetaja vastas kuuendale küsimusele, et ta kasutas GeoGebra raamatut ainult üksinda, siis suunati ta kohe kolmandasse jaotisesse. Teine jaotis sisaldab taustaküsimusi GeoGebra raamatu kasutamise kohta ja nendele küsimustele said vastata vaid need õpetajad, kes kasutasid töölehti õpilastega. Kolmandas jaotises koguti küsimustega 11-23 tagasisidet konkreetsele GeoGebra raamatule. Neljandas jaotises on küsimused 24-36, millega otsiti vastuseid

uurimisküsimustele. Ankeet sisaldas nii kinniseid küsimusi, poollahtiseid küsimusi, lahtiseid küsimusi kui ka vastuseid 5-pallilisel Likerti skaalal. Viimasel juhul on autori poolt mõningates kohtades lisaks antud võimalus vastust täpsustada. See erisus tekitati, kuna töö autor on ise tundnud korduvalt sarnaseid ankeete täites soovi oma vastuseid kommenteerida. Likerti skaalal antud vastused ei olnud ankeedis läbivalt ühtsed, vaid sõltusid mõneti küsimuse iseloomust. Kõikidele küsimustele vastamine oli kohustuslik, väljaarvatud lõpukommentaari.

Õpilaste üheosaline ankeet (Lisa 2) koosneb 26 küsimusest. Ka õpilaste ankeet sisaldas nii kinniseid küsimusi, poollahtiseid küsimusi, lahtiseid küsimusi kui ka vastuseid 5-pallilisel Likerti skaalal, mille juures kasutati õpetaja ankeediga samu põhimõtteid. Õpetajatel paluti, et õpilased täidaksid küsimustikud kooli arvutiklassis. Õpilaste poolt täideti 8 ankeeti ja kuna on alust arvata, et kõik vastanud on ühe ja sama õpetaja õpilased, siis sellest johtuvalt hindas autor koos oma juhendajaga valimit liiga kitsaks ja nii alljärgnevalt, aga ka analüüsis õpilasi enam ei kajastata.

Esimesele uurimisküsimusele otsiti vastust õpetajate ankeedi (Lisa 1) 25., 27., 28. küsimusega. Teisele uurimisküsimusele otsiti vastust küsimustega 11-24. Kolmandale uurimisküsimusele otsiti vastuseid 29. ja 33. küsimusega. Neljandale uurimisküsimusele otsiti vastuseid küsimustega 3 ja 30. Viienda uurimisküsimusele otsiti vastuseid 34. ja 35. küsimusega. Ülejäänud küsimused liigituvad taustaküsimusteks.

2.4. Protseduur

Valimisse kuuluvate õpetajatega ja GeoGebra raamatu aluseks oleva õpiku autoritega võeti ühendust e-kirja teel. Selleks palus töö autor Jõgevamaa matemaatikaaineseksiooni juhul Kuldil saata kutsed (Lisa 3) Jõgevamaa matemaatikaõpetajatele, osalemaks õppematerjali katsetamises. Selles kirjas kirjeldati õpetajatele mõningaid võimalusi, kuidas võiks õppematerjali kasutada. Toodi välja, et antud GeoGebra töölehti võib kasutada koduste tööde kiireks ülevaatamiseks, tunnis jooksvalt illustreeriva materjalina, aga ka pakkuda iseseisvaks vaatamiseks koolist puudunud õpilastele või teistele huvilistele. Õpetajatele ei edastatud täpseid juhiseid GeoGebra programmi ega GeoGebra raamatu kasutamise kohta. Õpetajad, keda teema huvitas, pidid täitma kahe küsimusega ankeedi (Lisa 4), mille lõpus avaldati õppematerjali link. Ankeedi eesmärgiks oli kindlaks teha huvitatud õpetajate arv ning kuidas õpetaja plaanib antud materjali kasutada (iseseisvalt või koos õpilastega) ja saada e-postiaadress, et tagasiside ankeedid saata. Esimesele kutsele töölehtede katsetamisel osaleda

vastas kuus õpetajat. Samas kirjas teatati, et kuu aja pärast saadetakse neilt tagasiside saamiseks ankeedid õpetajatele ja õpilastele.

Tagasisidet sisaldavad ankeedid saadeti esialgu ainult neile õpetajatele, kes täitsid esimese küsimustiku. Kuna selle tulemusel vastas tagasiside küsitlusele ainult üks õpetaja, siis saadeti meeldetuletuskiri ka Jõgevamaa õpetajate listi kaudu. Seejärel lisandus 4 vastust õpetajate poolt. Lõpptulemusena täideti õpetajate poolt 5 ankeeti ja õpiku autorite poolt 1 ankeet.

Ka kirjastuse Avita 9. klassi matemaatika õpiku autoritega võeti ühendust e-kirja teel. Selleks saatis töö autor kirja Avita kirjastusse palvega see edastada vastava õpiku autoritele. Kindlustamaks, et kiri kohale jõudis, pöördus töö autor ka telefonitsi Avita kirjastuse poole. Kuna selles kirjastuses toimetab matemaatikaalast õppekirjandust Erit, siis tema aitas autoritega kontakti luua ning kindlustas, et neilt saaks tagasisidet tehtud töölehtedele. Õpiku autorite poolt laekus üks vastus ja lihtsustamise eesmärgil järgnevalt käsitletakse seda kui õpiku autori tagasisidet.

Valimi kirjeldamiseks ja andmete analüüsiks kasutati programmi Google Arvutustabel.

3. TULEMUSED

Vastajatele anti teada, et uurimustulemused on anonüümsed. Vastajate vastused on toodud välja tulemuste kirjeldamisel, kasutades kaldkirja.

GeoGebra raamatut analüüsinud õpetajate töökogemus on erinev: kaks õpetajat on matemaatikaõpetajana töötanud 1-10 aastat, kolmas õpetaja 11-20 aastat, kaks õpetajat 21-30 aastat. Õpiku autoritest vastanu on matemaatikaõpetajana töötanud üle 30 aasta. Kõik vastanud on varasemalt programmiga GeoGebra kokku puutunud ja ka töölehti tundide läbiviimisel kasutanud. Üks õpetajatest loob pidevalt uusi töölehti, kolm õpetajat ja õpiku autor on varasemalt loonud üksikuid töölehti ja üks õpetaja märgib, et oskab küll GeoGebra programmi kasutada, kuid tal pole töölehtede loomiseks piisavalt aega. Varasemalt on kõik vastanud kasutanud programmi geomeetria erinevate teemade õpetamisel, kaks õpetajat ja õpiku autor funktsiooni teema juures. Üks õpetaja toob välja ka 3D kujundid ja teine jooniste dünaamilise esitluse. Ka programmi kasutamise sagedus õpetamisel on erinev: üks õpetaja kasutab aastas paar korda, kaks õpetajat ja õpiku autor kasutavad trimestris/veerandis paar korda, üks õpetaja kuus paar korda ja üks nädalas paar korda.

Kõik ankeedile vastanud vaatasid läbi GeoGebra koostatud ülesannete lahendused. Kaks õpetajat sellega piirdusidki. Lisaks sellele võimalusele kasutati kahe õpetaja poolt töölehti konsultatsioonides õpilastega ning kaks õpetajat ja õpiku autor jagasid töölehti puudunud õpilastele. Samas GeoGebra raamatut kasutas õpilastega üks õpetaja 15 tunnis (kogu klassiga) ja õpiku autor 4 tunnis (kogu klassiga). Õpetaja ei toonud välja kasutatud ülesannete numbreid, kuna ta kasutas neid erinevalt – kodutöö ja rühmatöö kontrollimisel, lahendamise-töötamine klassis, lahenduste näitamine uue osa selgitamisel. Õpiku autor kasutas õpilastega kümmet ülesannet (14, 16, 19, 21, 68, 74, 76, 77, 94, 104) nii kodutöö kontrollimiseks kui ka lahenduste iseseisvaks uurimiseks. GeoGebra raamatu kasutamiseega õpetajatel ja õpilastel probleeme ei esinenud.

Tabelis 1 on välja toodud õpetajate ja õpiku autori hinnangud GeoGebra raamatu kohta esitatud väidetele. Arvud lahtrites märgivad sagedust, mitu õpetajat antud väitele selle hinnangu valis. Õpiku autori antud hinnangud on loetavad samas tabelis, tema vastus kajastub lahtris, milles sagedus on kirjutatud rasvases kirjas. Õpiku autori madalaim hinnang oli kolmel korral „pigem nõustun“ ja ülejäänud väidetega nõustus täielikult. Ilmselgelt on märgata, et õpiku autori ja õpetajate hinnangud langevad valdavas enamuses kokku. Kolme väitega nõustusid kõik vastanut täielikult. Nendeks väideteks on: „Töölehtedel olevad ülesande lahendused on mõistlikud ja loogilised“, „Antud töölehed pakuvad tuge funktsiooni teema õpetamisel“ ja „Antud töölehtedel esitatud ülesannete lahendused aitavad käsitletavat teemat kergemini mõista“. Hinnanguid „pigem ei nõustu“ ja „üldse ei nõustu“ ei esinenud. Tabelist on näha, et valdava osa hinnangutest moodustavad „nõustun täielikult“.

Õpiku autor ja õpetaja, kes katsetasid töölehti õpilastega tunnis, nõustusid täielikult, et antud töölehtede kasutamisel said õpilased positiivse õpikogemuse. Ülejäänud vastasid „nii ja naa“, sealjuures kaks õpetajat täpsustasid, et nad pole töölehti õpilastega kasutanud.

Tabel 1. Õpiku autori ja õpetajate hinnangud ankeedis (Lisa 1) esitatud väidetele.

	Nõustun täielikult	Pigem nõustun	Nii ja naa	Pigem ei nõustu	Üldse ei nõustu
Töölehtedest arusaamine on jõukohane 9. klassi õpilasele.	4	1	0	0	0
Töölehed on üheselt mõistetavad ja arusaadavad.	2	3	0	0	0
Töölehtedel olevad ülesande lahendused on mõistlikud ja loogilised.	5	0	0	0	0
Töölehtedel olevaid lahendusi oli	2	2	1	0	0

lihtne jälgida.

Töölehtedel esitatud ülesannete lahendused olid piisavalt põhjalikud.	1	4	0	0	0
Antud töölehed pakuvad tuge funktsiooni teema õpetamisel.	5	0	0	0	0
Antud töölehtedel esitatud ülesannete lahendused aitavad käsitletavat teemat kergemini mõista.	5	0	0	0	0
Antud töölehed võimaldavad tunni läbiviimist efektiivsemaks muuta.	3	2	0	0	0
Antud töölehtede kasutamisel said õpilased positiivse õpikogemuse.	1	0	4	0	0
Antud GeoGebra töölehed teevad matemaatika õppimise huvitavamaks.	2	1	2	0	0
Selline sammsammuline ülesannete lahendus aitab õpitavast paremini aru saada.	3	2	0	0	0

Kõik vastanud leidsid, et funktsioonide teema juures on näitlikustamine ülioluline. GeoGebra programmi kasutamist pidas ülioluliseks üks õpetaja, oluliseks kolm õpetajat ja õpiku autor ning üks õpetaja vastas „ei tea“. Üks õpetaja ja õpiku autor pidasid väga vajalikuks nii GeoGebra õppematerjalide loomise oskust kui ka vastavaid täiendkoolitusi. Ülejäänud õpetajad pidasid GeoGebra õppematerjalide loomise oskust pigem vajalikuks, nad andsid sama hinnangu ka GeoGebra alaste täiendkoolituste vajalikkuse kohta. Neli õpetajat oskavad küll analoogilisi töölehti luua, kuid vastanutest kahe hinnangul jääb üldtööajast õppematerjalide loomise jaoks väga vähe aega, kolme õpetaja ja õpiku autori hinnangul vähe aega. Samas kolm õpetajat ja õpiku autor leiavad, et tasuta õppematerjale funktsioonide teemal on väga vähe ja ülejäänud leiavad, et materjale leidub vähe.

Ankeedi lõpetanud avatud küsimustega uuriti, mida muuta või parandada antud töölehtede juures. Kolm õpetajat tõid välja, et mõningaid lahendusi oli ebamugav jälgida, sest tekst oli paigast nihkunud (osati oli tekst kohakuti). Üks õpetaja tõi välja, et 21 ülesande lahenduse teksti sees on y -telje asemel kirjas x -telg, aga joonis oli õige. Teine õpetaja arvas, et ülesannete paigutus võiks olla parem. Autori ettepanekud olid järgmised: „*Võiks kaaluda mõnedes ülesannetes lahenduskäikude täpsemat ja pikemat lahtikirjutamist. 968, 974-parabooli saab paigutada ka teisiti; 969 võiks olla rohkem lahti kirjutatud.*“

4. ARUTELU

Õpilaste hinnanguid ei õnnestunud antud uurimistööga määratleda, sest vastanud 8 õpilast on valimi moodustamiseks ilmselgelt väike arv. Samas peab märkima, et ka õpetajate kohta tehtavad järeldused kehtivad kitsalt antud valimi kontekstis ja üldistuste tegemine ei ole valimi väiksuse tõttu võimalik. Töö autor peab oluliseks õpetajate panust ja tagasisidet tehtule, kuid enda jaoks väga tähtsaks õpiku autori poolt antud hinnanguid. Teadmine, et olen tunnistanud ülesande loojaga lahenduskäiku sarnaselt ja tunnustus ülesande koostajalt on emotsionaalselt väärtuslik.

Kõik ankeedile vastanud leidsid, et funktsioonide teema on õpilaste jaoks pigem keskmise raskusega. Nad leidsid üksmeelselt, et näitlikustamine on antud teema juures ülioluline. Põhikooli matemaatika eksamianalüüsides (Taal, 2015; Velsker, 2014) johtub, et õpilased oskavad lahendada tüüpilisi funktsiooni teemalisi ülesandeid, aga mitte elulisi ülesandeid.

Õpetajad märkisid, et loodud GeoGebra raamatu töölehed on üheselt mõistetavad ja arusaadavad ning jõukohased 9. klassi õpilasele. Ülesannetele loodud lahendused on piisavalt põhjalikud ja lihtsalt jälgitavad. Õpetajad leidsid, et töölehtedel esitatud sammsammuline ülesannete lahendus aitab õpitavast kergemini ja paremini aru saada. Vaadeldav GeoGebra raamat pakub tuge funktsiooni teema õpetamisel, võimaldab tunni läbiviimist efektiivsemaks muuta ja toetab matemaatika õppimise huvitavamaks tegemist. GeoGebra raamatule antud tagasiside oli nii õpetajate kui ka õpiku autori poolt kokkuvõttes väga positiivne. See on seletatav ka sellega, et õppematerjali katsetamine oli vabatahtlik ja sellest võtsid osa need õpetajad, kes on GeoGebra suhtes positiivselt meelestatud.

Uuritavad leidsid, et tasuta funktsiooni teemalisi õppematerjale on kas vähe või väga vähe. Arvatavasti ka sellest tingituna soovisid õpetajad pigem tunnustada, kui kritiseerida. Seda toetavad ka nende kommentaarid, mida nad said ankeedi lõpus lisada. Üks õpetaja kirjutas: „Tööga on nähtud väga palju vaeva.“ ja teine: „Kasutan neid lehti ka kordamise juures. Väga suur töö tehtud. Aitäh!“ Viimane õpetaja tõi välja sellise kasutusvõimaluse, mida ei olnud neile saadetud kirjas märgitud. Võimalus e-raamatu abil (mis sisaldab nii ülesannete tekste kui lahendusi) materjali kiiresti korrata enne kontrolltööd või isegi kevadel enne lõpueksamit. Kolmas õpetaja kavatseb materjali kasutada tulevikus koos õpilastega ja neljandale meeldib ülesannete illustratiivsus. Õpiku autor kirjutab lõpukommentaarina:

„Loodetavasti lisandub sellele õpikule ka geomeetriast midagi. Kasutaksin sellist e-õpikut paljudes oma tundides või koduste ülesannete kontrollimisel. Väga tänuväärt materjal!“ Ka Pärn (Pärn, 2014) tegi oma töös järelduse, et õpetajatele oleks vaja pakkuda rohkem e-õppematerjale. Ka kõik antud uurimuses osalenud soovisid GeoGebra raamatuga analoogilisi töölehti teistegi teemade juures kasutada. Välja toodi nii ruumilised kujundid, kolmnurga trigonomeetria, planimeetria, aga ka gümnaasiumis kordamine ja joone võrrand, funktsiooni uurimine. Ka antud uurimistöö kirjutajat ajendas suuresti isiklik kogemus, et e-õppematerjale on vähe ja aega õppematerjalide loomiseks napib. Eestikeelsete tasuta e-õppematerjalide puudus on jätkuvalt murekohaks. Omaette probleemiks on ka see, et matemaatikaõpetajad peavad leidma uue koha tehtud materjali üles riputamiseks, sest mõnedki vanad kohad ühes suure hulga loodud materjalidega on tänasel päeval kasutamatud (mott.edu.ee, matdid.edu.ee). Eestikeelseid tasuta funktsiooni teemalisi materjale leiab erinevatest keskkondadest (miksike.ee, nutisport.eu, opiveeb.ee, foxcademy.com (08.05.2017 keskkonda tutvustavas videovestluses lubati arendajate poolt uuest õppeaastast katta III kooliastme matemaatika)). Tasuta võõrkeelseid keskkondi leidub, kuid siis tekib kohe keeleprobleem ja vahel esineb ka õpetamisstrateegiate erinevust (eu.ixl.com/math, math-drills.com, math-play.com, free-training-tutorial.com, quia.com, funbasedlearning.com, math10.com, interactivesites.weebly.com, geogebra.org jne).

Õpetajate hinnangul on neil õppematerjalide loomiseks vähe või väga vähe aega, kuid samas enamusel on vastavad oskused olemas. Vaid õpiku autor ja õpetaja, kes on varasemalt kasutanud programmi GeoGebra ka stereomeetria teema juures, arvasid, et nemad ei oska antud töö autori poolt loodud töölehtedega analoogilisi töölehti luua, ülejäänud õpetajad arvasid, et suudavad analoogilisi töölehti ka ise luua. Varasemad uuringud (Pärn, 2014) on näidanud, et matemaatika õpetajad hindavad oma arvuti kasutamise oskusi rahuldavateks või headeks. GeoGebra programmi kasutamist on hinnatud lausa nii lihtsaks, et eestikeelse üksikasjaliku manuaali koostamine on tarbetu, vaid peaks läbi viima koolitusi õpetajatele (Veelmaa, Allar Veelmaa ja IKT vahendid). Õpetajate ajanappust on välja tulnud ka varasemates uuringutes (Prei, 2013).

GeoGebra positiivse küljena tuuakse välja just näitlikustamist ja kiiret võimalust lahendusi visualiseerida dünaamiliste joonistega. Tuuakse välja, et kriidiga tahvlile jooniste tegemine on aeganõudvam. Kõige sagedamini mainiti eelisena võimalust kasutada programmi eesti keeles. GeoGebra peetakse piisavalt lihtsaks ja õpilasesõbralikuks, millest johtuvalt tuleb nii õpilastel kui õpetajatel kasutamisoskus kiiresti. Internetis leidub palju abimaterjale,

kuidas programmi kasutada ja veebilehel GeoGebra.org materjalide kogu täieneb, kuid programmi on võimalik kasutada ka ilma interneti ühenduseta. Konguta Kooli direktor Tamm rääkis koolitusel¹ „Digipädevuse arendamine haridusasutuses“, et õppides peab õppiija tundma end turvaliselt, vastasel juhul ta lihtsalt ei taha õppida. Eriti just täiskasvanud. Küsitlusele vastanud toovad positiivsetena välja nimelt neid elemente, mis loovad turvatunnet. Tagasisides ei märgitud kordagi, et programm on tasuta, kuid Tõnisson toob selle välja ühe populaarsuse põhjusena (Tõnisson, 2009). Ka antud töö autor saab oma õpetajatöös kasutada valdavalt tasuta tarkvara.

Negatiivse aspektina tuuakse välja, et GeoGebra uued versioonid ei toeta varasemate versioonidega tehtud töölehti. Üks õpetaja nendib: „*Sisestamisriba on üherealine ja sisestama peab pigem programmeerimiskeelega sarnases formaadis.*“ Märgiti ka, et GeoGebra programmi kasutamine ei asenda funktsiooni teema juures graafikute ise läbi tegemist pliiatsiga ja kui tahta, et õpilased programmi kasutavad, eeldab see ka programmi õpetamist lastele. Mainitud kitsaskohad on valdavalt vastavate koolitustega ületatavad. Õpiku autori kommentaar võtab olulise kokku: „*Igal programmil on oma head ja vead. Iga materjal, mis näitlikustab matemaatikat, on õpetajale abiks. Ideaalne oleks, et õpetaja valib vastavalt klassi tasemele ja enda stiilile sobiliku. Paraku pole millegi vahel valida. GeoGebra töötab väga hästi.*“

Õppematerjalile saadud positiivne tagasiside annab julgust loodud töölehti jagada ka kolleegidega ja annab indu juurde uute õppematerjalide loomiseks. Õpetajate poolt märgitud vead on GeoGebra raamatus parandatud. Realiseerimata on ettepanek mõningate ülesannete lahenduskäikude pikem avamine, kuna hea tava kohaselt peaks lahenduskäik mahtuma ühele slaidile. Käesolev uurimistöö võiks anda julgustust ka teistele analoogsete õppematerjalide kogumike loomiseks. Vajadus sarnastele õppematerjalidele on ilmselgelt olemas. Ka Veelmaa hinnangul on mõistlik luua GeoGebra abil lahendatavate näidisülesannete pank (Veelmaa, Allar Veelmaa ja IKT vahendid).

Töö autor koostas pigem õpetajale suunatud õppematerjali. Sellest tulenevalt on esile kerkinud küsimus, kus ja kuidas jagada loodud GeoGebra raamatut, mis sisaldab endas õpiku ülesannete lahendusi? Raamatu avalikuks kasutamiseks andmisega on see kohe kättesaadav ka õpilastele, kes peaksid tegelikkuses iseseisvalt ülesandeid lahendama, mitte failist maha

¹ HITSA koolitusprogramm digiajastu haridusjuhi koolitus „Digipädevuse arendamine haridusasutuses“ Tartu 18. Aprill 2017

kirjutama. Samas on ära tehtud suur töö ja mida rohkemate õpetajateni see jõuab, seda rohkem nende aega saab kokku hoida. Töö autor ei pretendeeri mingisugusele tasule ja seetõttu soovib, et ka õpetajad saaksid materjali kasutada tasuta.

Läbiviidud uurimuse piiranguna ei saa jätta märkimata valimi väiksust ega seda, et õpilaste tagasiside kogumine ebaõnnestus praktiliselt täielikult. Võimalik, et segadust tekitas ka nn eelregistreerimine. Analoogete uuringu tegemisel oleks pigem mõistlik saata koos õppematerjali lingiga kohe ka lingid ankeetidele. Sellisel juhul on suhtlemine uuritavaga selgem ja konkreetsem. Ankeetides oli paljude küsimuste juures võimalik oma vastuseid kommenteerida, ent peab tõdema, et seda kasutati tegelikkuses vaid ühe küsimuse korral. Kaks õpetajat, kes vastasid „Nii ja naa“ väitele „Antud töölehtede kasutamisel said õpilase positiivse õpikogemuse“ täpsustasid, et nad ei kasutanud töölehti õpilastega. Seega võib järeldada, et antud valimis ei olnud töö autoriga sarnaseid vastajaid, kes oleks tahtnud oma vastuseid kommenteerida. Järgmise küsimustiku koostamisel tasub kaaluda, kas kommenteerimise võimaldamine on otstarbekas iga üksiku küsimuse juures eraldi või jätta selleks üks selge võimalus.

KOKKUVÕTE

Vabavaraline dünaamilise geomeetria programm GeoGebra on eestikeelse kasutajaliidesega. Programmi saab kasutada nii veebipõhiselt kui ka arvutisse installeeritult. Valdav enamus matemaatikaõpetajatest oskab küll kasutada programmi GeoGebra matemaatika näitlikustamiseks, kuid ajanappuse tõttu ei jõuta ise piisavalt õppematerjale luua. Samas on näitlikustamine matemaatikas oluline.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli selgitada, kuidas aitavad kaasa matemaatika õppimisele GeoGebra raamatuks kokkupandud 9. klassi matemaatikaõpiku funktsiooni teemaliste ülesannete lahendused. Esmalt loodi 98 ülesande lahendused GeoGebra töölehtedena, mis liideti GeoGebra raamatuks. GeoGebra raamatut analüüsis viis Jõgevamaa õpetajat ja üks ülesannete aluseks olnud õpiku autoritest.

Uuringu tulemusel jõuti järeldusele, et funktsioonide teema on õpilaste jaoks keskmine või raske, kuid näitlikustamist selle teema õpetamisel peavad õpetajad ülioluliseks. Tasuta õppematerjale on antud teemal väga vähe ja õpetajatel on küll valdavalt töölehtede loomiseks vajalikud oskused olemas, aga pole aega õppematerjalide loomiseks. Antud töö raames

loodud töölehed hinnati 9. klassi õpilasele jõukohaseks ja arusaadavaks. Leiti, et samm-sammuline ülesannete lahendus aitab õpitavat kergemini mõista ja valminud GeoGebra raamat võimaldab tunni läbiviimist efektiivsemaks ja huvitavamaks muuta.

Kitsaskohtadena toodi välja, et uuemad GeoGebra versioonid ei toeta varasemalt loodud töölehti ning sisestamisriba kasutamine on keeruline. Positiivsena nähakse võimalust näitlikustada matemaatikat dünaamiliste töölehtedega, programmi lihtsust ning internetis leidub palju materjale, kuidas programmi kasutada. Saadud tagasiside põhjal võib väita, et loodud GeoGebra raamatut võib kasutada matemaatika õpetamisel ja analoogilisi töölehti vajatakse ka teiste teemade juures.

SUMMARY

9th grade mathematics task solutions about function as dynamic worksheets in GeoGebra

The aim of the following bachelor`s thesis GeoGebra Book Containing the Solutions of the Mathematical Tasks Dealing with Functions is to examine how do the solutions to the mathematical functions taken from the 9th grade mathematics book support the learning of the topic.

First the solutions to 98 tasks were made in the form of GeoGebra worksheets. Then the worksheets were composed into the GeoGebra book. The book was then analyzed by five teachers from Jõgeva county as well as one of the authors of the mathematics book the tasks were taken from.

On the basis of the research it can be concluded that the topic of mathematical functions is considered to be moderate or difficult. However, teachers find illustrating extremely important for teaching the topic. There are few free study materials available on the given topic and teachers lack the time for composing ones.

The worksheets made within the given research were evaluated to be executable and comprehensible for the 9th grade students. It was found that the step by step instructions for the tasks help to understand the materials whereas GeoGebra book allows to make lesson more effective and interesting.

As a disadvantage, it was stated that the newer versions of GeoGebra do not support the previously made worksheets. Disadvantage was the complexity of using the input bar. The ability to illustrate mathematics with dynamic worksheets, simplicity of the program and the amount of materials available on the internet concerning the use of the program were seen in a positive view of perspective. On the basis of the feedback it is possible to say that the GeoGebra book can be used for teaching mathematics and that similar worksheets are needed for other topics as well.

Keywords: teaching mathematics, information-communication technologies (ICT)

TÄNUSÕNAD

Autor tänab kõiki, kes andsid tagasisidet GeoGebra raamatule. Tänu nendele tähelepanekutele saab töölehti arendada ja parendada. Suur tänu ka kolleeg Vaherile, kes eriti bakalaureuse töö algfaasis, kuulas kannatlikult ja lasi autoril kõva häälega asjad selgeks mõelda. Südamlik tänu juhendaja Hannes Jukkile, kes väsimatult vastas küsimustele. Aitäh lastele ja abikaasale peresisese toetuse eest.

AUTORSUSE KINNITUS

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

Rita Postov

19.05.2017

KASUTATUD KIRJANDUS

- Põhikooli riiklik õppekava*. (17. 01 2011. a.). Kasutamise kuupäev: 24. 04 2017. a., allikas Riigi Teataja:
<https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020>
- Põhikooli riiklik õppekava lisa 3 Ainevaldkond "Matemaatika"*. (2011). Kasutamise kuupäev: 30. 04 2017. a., allikas Riigi Teataja:
<https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1290/8201/4020/1m%20lisa3.pdf#>
- Albre, J. (2008). *Dünaamilised slaidid 12. klassi matemaatikaõpiku juurde*. Publitseerimata magistritöö. Tartu Ülikool.
- Albre-Andersen, J. (2015). *Jane Albre dünaamilised slaidid 12. klassile*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas GeoGebra: <https://www.geogebra.org/m/BduJMA2u>
- Daher, W., & Anabousy, A. (06 2015. a.). *Students' Recognition of Function Transformations' Themes Associated with the Algebraic Representation*. Kasutamise kuupäev: 09. 05 2017. a., allikas Journal of Research in Mathematics Education, v4 n2 p179-194:
<http://www.cimt.org.uk/journal/daher.pdf>
- David Moseley, S. H. (1999). *Ways forward with ICT: Effective Pedagogy Using Information and Communications Technology for Literacy and Numeracy in Primary Schools*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas ERIC: <https://eric.ed.gov/?id=ED458652>
- GeoGebra koduleht (s.a.)*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 22. 04 2017. a., allikas <https://www.geogebra.org/license>
- Higgins, S., Xiao, Z., & Katsipataki, M. (2012). *The Impact of Digital Technology on Learning: Full report*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas The Education Endowment Foundation: [https://v1.educationendowmentfoundation.org.uk/uploads/pdf/The_Impact_of_Digital_Technologies_on_Learning_FULL_REPORT_\(2012\).pdf](https://v1.educationendowmentfoundation.org.uk/uploads/pdf/The_Impact_of_Digital_Technologies_on_Learning_FULL_REPORT_(2012).pdf)
- HITSA Innovatsioonikeskuse koduleht (s.a.)*. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 20. 04 2017. a., allikas <https://www.innovatsioonikeskus.ee/et/opitarkvara>
- Hohenwarter, M., & Hohenwarter, J. (2009). *GeoGebra 3.2 eesti keelse versiooni manuaal*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas Tartu Ülikooli teaduskool: http://www.teaduskool.ut.ee/sites/default/files/teaduskool/oppetoo/geogebra_3_2_eestik_manuaal.pdf
- Ilisson, M., & Lepik, M. (2015). *Õpiku roll põhikooli matemaatikaõpetuses*. rmt: *Koolimatemaatika XLII* (lk 24-31). Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus.
- Jukk, H. (2016). *PISA 2015 Eesti aruanne*. Kasutamise kuupäev: 30. 04 2017. a., allikas Õpilaste motiveeritus tegeleda matemaatikaga: http://www.innove.ee/UserFiles/%C3%9Cldharidus/PISA%202015/PISA%202015_EESTI_ARU ANNE_FINAL.pdf

- Kaldmäe, K., Kontson, A., Matiisen, K., & Pais, E. (2013). *Matemaatika õpik 9. klassile I osa*. Tallinn: Avita kirjastus.
- Kaldmäe, K., Kontson, A., Matiisen, K., & Pais, E. (2014). *Matemaatika õpik 9. klassile II osa*. Tallinn: Avita kirjastus.
- Kitsing, M., & Täht, K. (2016). *6. peatükk - KOOL*. Kasutamise kuupäev: 04. 05 2017. a., allikas PISA 2015 Eesti tulemused:
http://www.innove.ee/UserFiles/%C3%9CIdharidus/PISA%202015/PISA%202015_EESTI_ARU ANNE_FINAL.pdf
- Kreutzberg, K., Pihlap, S., & Tõnisson, E. (2010). GeoGebra Instituut - liiga lennukas silt või siiski mitte? rmt: *Koolimatemaatika XXXVII*. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus.
- Krull, E. (2000). Kognitiivsete õppimisteooriate praktilised rakendused. rmt: *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat* (lk 261-301). Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Laan, V. (24. 02 2017. a.). *E-testimisest matemaatikas*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas Õpetajate Leht: <http://opleht.ee/2017/02/e-testimisest-matemaatikas/>
- Leikop, M. (7. 04 2014. a.). Kui tehnoloogiast saab eluviis. *E-õppe uudiskiri*, lk <http://uudiskiri.e-ope.ee/?p=13029>.
- Leopard, R. (2010). *Dünaamilise geomeetria programmi GeoGebra mõju 7. klassi õpilaste arusaamisele matemaatilistest funktsioonidest*. Tartu: Publitseerimata magistriõppe lõputöö. Tartu Ülikool.
- Lepmann, T. (06. 09 2016a. a.). *Dünaamilise geomeetria slaidide koostamine*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas Innove õppekavad: http://oppekava.innove.ee/wp-content/uploads/sites/6/2016/09/D%C3%BCnaamilise_geomeetria_slaidide_koostamine_tiid_lepmann.pdf
- Lepmann, T. (06. 09 2016b. a.). *Dünaamilised slaidid geomeetria õpetamisel*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas Innove õppekavad: http://oppekava.innove.ee/wp-content/uploads/sites/6/2016/09/Tiid_lepmann.pdf
- Lepmann, T. (2016c). *PISA 2015 Eesti tulemused*. Kasutamise kuupäev: 04. 05 2017. a., allikas 4. Peatükk - Matemaatika:
http://www.innove.ee/UserFiles/%C3%9CIdharidus/PISA%202015/PISA%202015_EESTI_ARU ANNE_FINAL.pdf
- Leppik, C., Haaristo, H.-S., & Mägi, E. (2017). *IKT- haridus: digioskuste õpetamine, hoiakud ja võimalused üldhariduskoolis ja lasteaias*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2017. a., allikas Poliitikauuringute Keskus Praxis: http://www.praxis.ee/wp-content/uploads/2016/11/IKT-hariduse-uuring_aruanne_mai2017.pdf
- Ljaškov, S. (2010). *Dünaamilised slaidid koolimatemaatika teema funktsioonid I juurde*. Tartu: Publitseerimata magistriõppe lõputöö. Tartu Ülikool.

- Lorenz, B. (13. 01 2017. a.). *Nutt igasse kooli!* Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas Õpetajate Leht: <http://opleht.ee/2017/01/nutt-igasse-kooli/>
- Mardi, L. (2015). *Ekraanivideode kasutamine matemaatika õppimisel ümberpööratud klassiruumis III kooliastmes*. Publitseerimata magistritöö. Tartu Ülikool.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). *Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning*. Kasutamise kuupäev: 08. 05 2017. a., allikas Educational Psychologist: <http://faculty.washington.edu/farkas/WDFR/MayerMoreno9WaysToReduceCognitiveLoad.pdf>
- Orason, K. (2011). *Dünaamilised slaidid trigonomeetrias*. Tartu: Publitseerimata magistriõppe lõputöö. Tartu Ülikool.
- Pihlap, S., & Sild, S. (kuupäev puudub). *MTÜ Tiigrimatemaatika Seltsi koduleht*. Kasutamise kuupäev: 06. 05 2017. a., allikas <http://tiigrimatemaatika.weebly.com/kursused.html>
- Pihlap, S., & Sild, S. (kuupäev puudub). *Märka matemaikat enda ümber!* Kasutamise kuupäev: 02. 05 2017. a., allikas <http://sirjepihlap.weebly.com/>
- Postov, R. (2017). *Avita kirjastuse 9. kl õpiku ülesanded funktsiooni teemal*. Kasutamise kuupäev: 03. 05 2017. a., allikas GeoGebra: <https://www.geogebra.org/m/VE4KhBvj>
- Prei, E. (2013). *IKT vahendite kasutusaktiivsus Eesti üldhariduskoolides*. Kasutamise kuupäev: 30. 04 2017. a., allikas HITSA Innovatsioonikeskus: https://www.innovatsioonikeskus.ee/sites/default/files/tekstifailid/Sihtgrupi_kysitus_2012_2.pdf
- Pärn, P. (2014). *Matemaatikaõpetajate ja koolide valmisolek IKT vahendite kasutamiseks matemaatikaõppes*. Publitseerimata magistritöö. Tartu Ülikool.
- Reis, Z. A., & Ozdemir, S. (2010). *Using Geogebra as an information technology tool: parabola*. Kasutamise kuupäev: 09. 05 2017. a., allikas Procedia Social and Behavioral Sciences 9 565–572: http://ac.els-cdn.com/S1877042810023037/1-s2.0-S1877042810023037-main.pdf?_tid=211b9852-34e8-11e7-b069-00000aab0f6c&acdnat=1494355905_645b9ce6ab1e78383d7f9c21761be5c9
- Räis, M. L., Kallaste, E., & Sandre, S.-L. (2016). *Eesti Rakendusuuringu Keskus Centar*. Kasutamise kuupäev: 22. 04 2017. a., allikas Haridusliku erivajadusega õpilaste kaasava hariduskorralduse uuring: <http://www.centar.ee/case-studies/haridusliku-erivajadusega-opilaste-kaasava-hariduskorralduse-uuring/>
- Saha, R. A., Ayub, A. F., & Tarmizi, R. A. (2010). *The Effects of GeoGebra on Mathematics Achievement: Enlightening Coordinate Geometry Learning*. Kasutamise kuupäev: 09. 05 2017. a., allikas Procedia Social and Behavioral Sciences 8 686–693: http://ac.els-cdn.com/S1877042810022007/1-s2.0-S1877042810022007-main.pdf?_tid=ac6666f0-34e1-11e7-9f0a-00000aacb360&acdnat=1494353132_dc2e41425c088a8c46ce00e0279542e7

- Saulep, M. (2012). *Teema "Ringjoon ja korrapärane hulknurk" dünaamilise geomeetria programmiga GeoGebra*. Publitseerimata bakalaureusetöö. Tartu Ülikool.
- Taal, D. (2015). *Põhikooli matemaatika lõpueksam 2015 (lühikokkuvõtte)*. Kasutamise kuupäev: 07. 05 2017. a., allikas Innove:
http://www.innove.ee/UserFiles/L%C3%B5pueksamid%20PK/2015/matemaatika_PK2015_I%C3%BChikokkuv%C3%B5te.pdf
- Taidre, M. (2012). *Matemaatika kodutööd arvuti abil 8. klassis*. Publitseerimata magistriõppe lõputöö. Tartu Ülikool.
- Team, G. D. (20. 11 2015. a.). *GeoGebra Book Editor*. Kasutamise kuupäev: 06. 05 2017. a., allikas GeoGebra: <https://www.geogebra.org/m/P5Zrj0Su>
- Toots, A., Plakk, M., & Idnurm, T. (2004). *Infotehnoloogia eesti koolides : trendid ja väljakutsed : uuringu "Tiiger luubis" (2000-2004) lõppraport*. Kasutamise kuupäev: 30. 04 2017. a., allikas DIGAR digitaalarhiiv: <http://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:14404>
- Tõnisson, E. (02. 12 2009. a.). PARIM PRAKTIKA: GeoGebra õigel ajal õiges kohas. *Koolielu Haridusportaal*, lk <https://koolielu.ee/info/readnews/7706/parim-praktika-geogebra-%E2%80%93oigel-ajal-oiges-kohas>.
- Täht, K. (2016). *7. peatükk - Info ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT)*. Kasutamise kuupäev: 04. 05 2017. a., allikas PISA 2015 Eesti tulemused:
http://www.innove.ee/UserFiles/%C3%9CIdharidus/PISA%202015/PISA%202015_EESTI_ARU ANNE_FINAL.pdf
- Uusväli, M. (2012). *Dünaamilise geomeetria ja arvutustabeli kooskasutus programmiga GeoGebra geomeetria õppimisel III kooliastmes*. Publitseerimata bakalaureusetöö. Tartu Ülikool, Sotsiaal- ja haridusteaduskond.
- Valk, A. (2010). *EST-IT@2018 raport infotehnoloogia kasutamisest hariduses*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas Eesti Arengufond:
http://www.arengufond.ee/upload/Editor/Publikatsioonid/IT+Haridus_teekaart_est.pdf
- Veelmaa, A. (30. 09 2016. a.). *Innove õppekavad*. Kasutamise kuupäev: 12. 04 2017. a., allikas Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) põhikooli matemaatikaõppes :
http://oppekava.innove.ee/wp-content/uploads/sites/6/2016/09/IKT_pohikooli_matemaatikaoppes_allar_veelmaa.pdf
- Veelmaa, A. (24. 02 2017. a.). *Õpetajate asjatud lootused*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas Õpetajate Leht: <http://opleht.ee/2017/02/opetajate-asjatud-lootused/>
- Veelmaa, A. (kuupäev puudub). *Allar Veelmaa ja IKT vahendid*. Kasutamise kuupäev: 28. 04 2017. a., allikas GeoGebra kasutamisest:
<https://allarveelmaa.wikispaces.com/6.+GeoGebra+kasutamisest>

Veelmaa, A. (kuupäev puudub). *Programm GeoGebra teema: „Funktsiooni graafikute teisendused“ käsitlemisel*. Kasutamise kuupäev: 01. 05 2017. a., allikas Allar Veelmaa õppematerjalid:
<http://www.allarveelmaa.com/geogebra/geogebra.pdf>

Velsker, K. (2014). *Põhikooli matemaatika 2014. aasta lõpueksami tulemuste analüüs*. Kasutamise kuupäev: 07. 05 2017. a., allikas Innove:
http://www.innove.ee/UserFiles/L%C3%B5pueksamid%20PK/2014/Matemaatika/matemaatika_PK_%202014%20analyyis.pdf

Lisa 1. Küsimustik õpetajatele ja õpiku autoritele

Lugupeetud GeoGebra raamatuga tutvunud õpetaja

Palun Teil vastata alljärgnevale küsimustele, et anda tagasiside GeoGebra raamatule, mis sisaldab minu loodud dünaamilised lahendused-slaidid tervele hulgale funktsioone käsitlevatele ülesannetele (ülesanded on pärit kirjastuse Avita 9. klassi matemaatika õpikust (I osa (2013) ja II osa (2014), mille autoriteks on Kersti Kaldmäe, Anneli Kontson, Kärt Matiisen ja Enno Pais).

GeoGebra raamat on kättesaadav järgnevalt lingilt: <https://ggbm.at/VE4KhBvj>.

Küsimustik on anonüümne ja tulemusi kasutan üldistatud kujul oma lõputöö kirjutamisel ning antud GeoGebra raamatu parendamisel.

Palun vastata küsimustele võimalikult täpselt.

Kui Teil tekib küsimusi või esineb küsitluse täitmisega probleeme siis palun võtke minuga ühendust rita.postov@gmail.com

Tänades,

Rita Postov

1. Valige sobiv roll.*
 - Õpetaja.
 - Õpiku autor.
2. Mitu aastat olete töötanud matemaatika õpetajana?*
3. Teie kogemus GeoGebra programmiga.*
 - See on esimene kogemus GeoGebra programmiga.
 - Olen kasutanud teiste loodud töölehti.
 - Olen ise loonud üksikuid töölehti.
 - Loon pidevalt uusi töölehti.
 - Oskan kasutada aga pole aega, et töölehti luua.
 - Muu
4. Kas Te olete varem GeoGebra töölehti tunni läbiviimisel kasutanud?*
5. Kuidas kasutasite antud töölehti?*

- Jagasin töölehti puudunud õpilastele.
 - Muu
6. Vaadeldavat GeoGebra raamatut kasutasin...*
- ainult üksinda.
 - õpilastega.

Õpetajad, kes kasutasid GeoGebra raamatut õpilastega

7. Mitu õpilast osales tundides, kus Te kasutasite antud GeoGebra raamatut?*
-
8. Mitmes tunnis Te antud GeoGebra raamatut kasutasite?*
-
9. Loetlege ülesannete numbrid, mida te kasutasite õpilastega.*
-
10. Kuidas täpsemalt Te GeoGebra raamatut kasutasite?*
- Näitasin ülesannete lahendusi uue osa selgitamisel.
 - Õpilaste kodutöö kontrollimisel.
 - Õpilased käisid tunni ajal jooksvalt GeoGebra raamatust oma lahendusi kontrollimas.
 - Jagasin töölehti õpilastele lahenduste iseseisvaks uurimiseks.
 - Muu

Tagasiside GeoGebra raamatule

11. Töölehtedest arusaamine on jõukohane 9. klassi õpilasele.*
- Nõustun täielikult
 - Pigem nõustun
 - Nii ja naa
 - Pigem ei nõustu
 - Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

12. Töölehed on üheselt mõistetavad ja arusaadavad.*
- Nõustun täielikult
 - Pigem nõustun
 - Nii ja naa
 - Pigem ei nõustu
 - Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

13. Töölehtedel olevad ülesande lahendused on mõistlikud ja loogilised.*
- Nõustun täielikult
 - Pigem nõustun
 - Nii ja naa
 - Pigem ei nõustu

- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

14. Töölehtedel olevaid lahendusi oli lihtne jälgida.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

15. Töölehtedel esitatud ülesannete lahendused olid piisavalt põhjalikud.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

16. Antud töölehed pakuvad tuge funktsiooni teema õpetamisel.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

17. Antud töölehtedel esitatud ülesannete lahendused aitavad käsitletavat teemat kergemini mõista.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

18. Antud töölehed võimaldavad tunni läbiviimist efektiivsemaks muuta.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

19. Antud töölehtede kasutamisel said õpilased positiivse õpikogemuse.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

20. Antud GeoGebra töölehed teevad matemaatika õppimise huvitavamaks.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

21. Selline sammsammuline ülesannete lahendus aitab õpitavast paremini aru saada.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

22. Kas GeoGebra raamatu kasutamisega tekkis probleeme?*

- Ei
- Jah

Kui jah, siis milliseid?

.....

23. Mida muudaksite või parandaksite antud töölehtede juures? (võimalusel palun kirjutada ülesande täpsusega)*

.....

Üldised küsimused

24. Kas antud GeoGebra raamatuga sarnaseid ülesannete lahendusi kasutaksite ka teiste teemade käsitlemisel?*

- Jah
- Ei

Vajadusel täpsustage

.....

25. Teie hinnangul omandavad õpilased funktsioonide teemat üldiselt...*

- väga kergelt.
- kergesti.
- keskmiselt.
- raskelt.

- väga raskelt.
26. Kui tihti Te kasutate GeoGebra programmi matemaatika õpetamisel?*
- Aastas paar korda.
 - Trimestris/veerandis paar korda.
 - Kuus paar korda.
 - Nädalas paar korda.
 - Päevas paar korda.
27. Teie hinnangul on funktsioonide teema juures näitlikustamine...*
- ülioluline.
 - oluline.
 - ei tea.
 - vajalik.
 - pole vajalik.
28. Teie hinnangul on GeoGebra kasutamine funktsioonide teema juures ...*
- ülioluline.
 - oluline.
 - ei tea.
 - vajalik.
 - pole vajalik.
29. Teie hinnangul on tasuta õppematerjale funktsioonide teemal...*
- väga palju.
 - piisavalt.
 - keskmiselt.
 - vähe.
 - väga vähe.
30. Kas Te oskate analoogilisi GeoGebra töölehti ka ise luua?*
- Jah
 - Ei
31. Kui vajalikuks peate GeoGebra õppematerjalide loomise oskust?*
- Väga vajalikuks.
 - Pigem vajalikuks.
 - Ei tea.
 - Pigem mitte vajalikuks.
 - Täiesti ebavajalikuks.
32. Kui vajalikuks peate GeoGebra alaseid täiendkoolitusi?*
- Väga vajalikuks.
 - Pigem vajalikuks.
 - Ei tea.
 - Pigem mitte vajalikuks.
 - Täiesti ebavajalikuks.
33. Üldtööajast jääb Teil õppematerjalide loomiseks aega...*
- väga palju.
 - palju.
 - piisavalt.

- vähe.
- väga vähe.

34. Millised on Teie arvates positiivsed küljed GeoGebra kasutamisel matemaatika õpetamisel? Kas sellel programmil on eeliseid teiste programmidega võrreldes?*

.....

35. Millised on Teie arvates negatiivsed küljed GeoGebra kasutamisel matemaatika õpetamisel? Kas on mingeid puudusi võrreldes teiste õppematerjalidega?*

.....

36. Soovitused ja lisamärkused, mida küsitluses ei saanud täpsustada.

.....

Täna, et leidsite aega minu küsimustele vastata!

Lisa 2. Küsimustik õpilastele

Lugupeetud GeoGebra raamatut kasutanud õpilane

Palun Sul vastata alljärgnevale küsimustele, et anda tagasiside GeoGebra raamatule, mis sisaldab minu loodud dünaamilised lahendused-slaidid tervele hulga funktsioone käsitlevatele ülesannetele (ülesanded on pärit kirjastuse Avita 9. klassi matemaatika õpikust (I osa (2013) ja II osa (2014), mille autoriteks on Kersti Kaldmäe, Anneli Kontson, Kärt Matiisen ja Enno Pais).

Küsimustik on anonüümne ja tulemusi kasutan üldistatud kujul oma lõputöö kirjutamisel ning antud GeoGebra raamatu parendamisel.

Palun vastata küsimustele võimalikult täpselt.

Kui Sul tekib küsimusi või esineb küsitluse täitmisega probleeme, siis palun võta minuga ühendust rita.postov@gmail.com

Tänades,

Rita Postov

1. Kas Sa oled varem GeoGebra programmi kasutanud matemaatika õppimisel?*

 - Jah.
 - Ei.

2. Kui hästi Sa oskad kasutada GeoGebra programmi?*

 - Saan hakkama teiste loodud töölehtede kasutamisega.
 - Oskan ise teha lihtsamaid konstruktsioone.
 - Hindan oma oskusi keskmisteks.
 - Oskan programmi hästi kasutada.
 - Olen selle programmi alal spetsialist.

3. Kuidas täpsemalt Sa GeoGebra raamatut kasutasid? *

 - Õpetaja näitas ülesannete lahendusi uue osa selgitamisel.
 - Kodutöö kontrollimisel.
 - Õpilased käisid tunni ajal jooksvalt GeoGebra raamatust oma lahendusi kontrollimas.
 - Õpetaja jagas töölehti õpilastele lahenduste iseseisvaks uurimiseks.

Muu

Tagasiside GeoGebra raamatule

4. Mulle meeldis antud GeoGebra töölehtede abil õppida.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

5. Tahan veel GeoGebra abil õppida.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

6. Lahenduskäigu jälgimine antud GeoGebra töölehtedelt on arusaadavam kui klassiruumis tahvlilt.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

7. Töölehtedest arusaamine on jõukohane 9. klassi õpilasele.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

8. Töölehed on üheselt mõistetavad ja arusaadavad.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

9. Töölehtedel olevad ülesande lahendused on mõistlikud ja loogilised.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

10. Töölehtedel olevaid lahendusi oli lihtne jälgida.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

11. Töölehtedel esitatud ülesannete lahendused olid piisavalt põhjalikud.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

12. Antud töölehed pakuvad tuge funktsiooni teema õppimisel.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

13. Antud töölehtedel esitatud ülesannete lahendused aitasid käsitletavat teemat kergemini mõista.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

14. Antud töölehed muutsid minu õppimise efektiivsemaks.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

15. Antud töölehed aitasid kaasa positiivse õpikogemuse saamisel.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

16. Töölehed tegid matemaatika õppimise minu jaoks huvitavamaks.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

17. Selline sammsammuline ülesannete lahendus aitab õpitavast paremini aru saada.*

- Nõustun täielikult
- Pigem nõustun
- Nii ja naa
- Pigem ei nõustu
- Üldse ei nõustu

Vajadusel täpsustage

.....

18. Kas GeoGebra raamatu kasutamisega tekkis probleeme?*

- Ei
- Jah

Kui jah, siis milliseid?

.....

19. Mida Sa muudaksid antud töölehtede juures? (võimalusel palun kirjutada ülesande täpsusega)*

.....

Üldised küsimused

20. Kas sooviksid selliseid ülesannete lahendusi kasutada ka teiste teemade õppimisel?*

- Jah
- Ei

Vajadusel täpsustage

.....

21. Sinu jaoks on funktsioonide teema üldiselt...*

- Väga lihtne.
- lihtne.
- Keskmise raskusega.

- raske.
- väga raske.

22. Sinu hinnangul on funktsioonide teema juures näitlikustamine...*

- ülioluline.
- oluline.
- ei tea.
- vajalik.
- pole vajalik.

23. Sinu hinnangul on GeoGebra kasutamine funktsioonide teema juures ...*

- ülioluline.
- oluline.
- ei tea.
- vajalik.
- pole vajalik.

24. Kas Sinu jaoks on matemaatika üldiselt? *

- Väga lihtne aine.
- Lihtne aine.
- Ei lihtne ega raske.
- Pigem raske aine.
- Väga raske aine.

25. Kui tihti kasutad GeoGebra programmi matemaatika õppimisel?*

- Aastas paar korda.
- Trimestris/veerandis paar korda.
- Kuus paar korda.
- Nädalas paar korda.
- Päevas paar korda.

26. Soovitused ja lisamärkused, mida küsitluses ei saanud täpsustada.

.....

Täna, et leidsite aega minu küsimustele vastata!

Lisa 3. Kiri õpetajatele

Tere

Käesoleval hetkel kirjutan Tartu Ülikoolis haridusteaduste instituudis reaalinete erialal bakalaureuseõppe lõputööd. Selle töö raames olen koostanud programmiga GeoGebra dünaamilised lahendused-slaidid tervele hulgale funktsioone käsitlevatele ülesannetele (ülesanded on pärit kirjastuse Avita 9. klassi matemaatika õpikust (I osa (2013) ja II osa (2014)), mille autoriteks on Kersti Kaldmäe, Anneli Kontson, Kärt Matiisen ja Enno Pais). Kuna tegevõpetajatel ei ole aega kunagi liiga palju, siis otsustasin luua funktsiooni teema ülesannetele sellised dünaamilised lahendused, mis oleksid näitlikud ja informatiivsed ning õpetajatel hõlpsalt kasutatavad.

Neid lahendusi saab kasutada mitmel moel:

1. koduste ülesannete kiireks ülevaatamiseks;
2. tunnis jooksvalt näitamiseks. Siin on loodud slaidid, kus märkeruutudega saab ülesannet sammhaaval avada, mistõttu kogu tulemus ei ole kohe korraga avatud;
3. neid lahendusi saaksid vaadata ka nt puudunud õpilased või teised huvilised.

Lahendused on esitatud GeoGebra raamatuna, kust peaks olema kasutajal neid lihtne hallata, avada, kasutada. Selle raamatu ülesanded on jaotatud peatükkidesse samadel alustel, nagu on tehtud õpikus. Antud kogumikus on 103 ülesande lahendused. Iga ülesande juures on ära toodud ka ülesande tekst ja algandmed, seega materjali kasutamiseks ei ole tingimata vajalik paberile trükitud õpiku olemasolu.

Materjali valmimisega ja bakalaureuse töö kirjutamisega seoses otsin õpetajaid, kes on nõus töölehti katsetama. Õpetajatel, kes on katsetamisest huvitatud, palun täita vorm <https://goo.gl/forms/VWyh07tT79uFERRQ2>.

Kui olete vastanud vormis olevatele küsimustele, siis pärast vastuste saatmist kuvatakse GeoGebra raamatu link.

Täites tagasiside küsimustikku märtsi alguses on Teil võimalik kaasa rääkida materjali täiustamise osas. Püüame koos raamatu veel paremaks teha, et seda tulevikus oma kolleegidega jagada.

Küsimuste korral palun kirjutada rita.postov@gmail.com.

Efektiivset koostööd soovides

Rita Postov

Mustvee Kooli matemaatikaõpetaja

Lisa 4. Küsimustik õpetajatele

Kirjastuse Avita 9. klassi matemaatika õpiku funktsioone käsitlevate ülesannete Geogebra raamatuna vormistatud lahenduste kasutamiseks registreerumine

Palun täita allolev küsimustik, selleks, et märtsi alguses saaksin Teile saata ankeedi, mille abil on võimalik Teil kaasa rääkida materjali veelgi paremaks muutmisel.

Alljärgnevaid andmeid on vaja ainult materjali analüüsi küsimustiku saatmiseks ja huvitatud õpetajate arvu kindlaks tegemiseks. Antud andmeid ei avalikustata mitte mingil moel ega seostata ka materjali analüüsi küsitlusega.

Küsimustiku lõpus peale vastuse saatmise nuppu vajutades ilmub link Geogebra raamatule. Kui juhtub, et kaotate lingi siis kirjutage rita.postov@gmail.com.

Tänades,

Rita Postov

1. E-posti aadress?*

.....

2. Esialgse plaani kohaselt kavatsen Geogebra raamatut ...*

- kasutada koos õpilastega.
- Üksinda analüüsida
- Muu

Aitäh registreerumast.

Materjalid järgneval aadressil: <https://www.geogebra.org/book/title/id/VE4KhBvj>.

Meeldivat kasutamist!

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina Rita Postov

(sünnikuupäev: 10.02.1979)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose, „9. klassi matemaatikas funktsiooni käsitlevate ülesannete lahendused GeoGebra töölehtedena“, mille juhendaja on Hannes Jukk,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 19.05.2017