

Arvutipõhise matemaatika pilootprojekt aastatel 2012 – 2104.

Ülle Kikas,

HTM loodus-, täppisteaduste ja tehnoloogia hariduse nõunik

Carita Hommik, Kristjan Korjus

TÜ doktorandid

Sissejuhatus

Haridus- ja teadusministeerium algatas aastal 2012 matemaatikahariduse uuendamise projekti, mille eesmärgiks oli tänapäevastada matemaatika õpetamist ja õppimist, arvestades infotehnoloogia poolt tekitatud muutusi.

Matemaatika roll ja võimalused teaduse ja tehnoloogia, aga ka majanduse ja ühiskonna arengus on määratult kasvanud seoses infotehnoloogia arenguga. Aju- ja geeniuringud, objektide disainimine arvutis ja 3D printimine; üleilmsed finants- ja tehnoloogiavõrgustikud jpm nõuavad heade matemaatikaoskustega ja kriitilise mõtlemisega töötajaid. Seevastu matemaatika õppimine koolis on üsna vähe muutunud ja ei anna õppijatele oskusi, mida ühiskond neilt ootab.

Eesti Elukestva Õppe Strateegia 2020 olulised eesmärgid on õpikäsituse muutmine ja digipöörde läbiviimine hariduses. Tehnoloogilisest innovatsioonist inspireeritud pedagoogiline ja koolikorralduslik haridusuuendus peab toimima süstemaatiliselt, sest kogu elanikkonna parem tehnoloogia kasutamise oskus aitab kaasa majanduse tootlikumaks muutmisele. OECD uue innovatsioonistrateegia kohaselt on andmed ja nende analüüs muutunud innovatsiooni liikumapanevaks jõuks. See nõuab lähiaastatel suure hulga inimeste visuaalse ja statistilise kirjaoskuse tõhusat parandamist. Andmetega töötavaid spetsialiste on OECD riikides keskmiselt juba praegu 0,5% tööjõust (OECD Cross-Committee Workshop on the 2015 Innovation Strategy, 2015) ning nõudlus nende järele lähiaastatel kasvab.

Aastatel 2012 – 2014 läbiviidud Arvutipõhise Statistika (APS) projekt on näide süsteemsest haridusuuendusest, mille käigus toimus nii õpikäsituse uuendamine kui digimaailma võimaluste integreerimine õppetöösse. Projekti eesmärgiks oli tõsta visuaalse ja statistilise kirjaoskuse taset, muuta matemaatika õppimine õpilastele huvitavaks; näidata, kuidas digitaalse maailma võimalused muudavad matemaatika õppimise ning selle reaalelus kasutamise mitmekülgsemaks ja efektiivsemaks.

Matemaatikahariduse muutmise vajadus ja valmisolek

Eesti matemaatikaharidus on rahvusvaheliselt konkurentsivõimeline. Põhikooli lõppu jõudnud 15-aastaste õpilaste tulemused rahvusvahelistes PISA matemaatikatestides on püsivalt olnud riikide esimeses kolmandikus. PISA 2012 keskmiste tulemustega jagas Eesti 65 riigi hulgas 10.-14. kohta ja Euroopas 3. -6. kohta. Kuid tippude osakaalu poolest oleme tagapool. Tipptasemel (PISA 5. ja 6. tasemel) 15-aastaste õpilaste osakaal matemaatikas (14.6% aastal 2012) oli küll kõrgem PISA riikide keskmisest, kuid jäi parimatele märkimisväärselt alla. Tippude tagasihoidlikku osakaalu näitas ka 16 - 65 aastaste täiskasvanute oskuste uuring PIAAC (2011 - 2012) (Halapuu ja Valk, 2013). Tipptasemel vastajad suudavad matemaatilisi mõisteid ja protseduure mitte ainult kirjeldada ja läbi teha, vaid ka uusi seoseid luua, probleeme lahendada ning teooriad või mudeleid rakendada.

Eesti põhikooli kolmanda astme õpilaste üldpädevuste uuring (Kikas ja Toomela, 2015) tõi välja, et matemaatika õpetamine ei toeta piisavalt probleemilahendusoskuste ja matemaatika üldpädevuse arendamist. Õpilastel on matemaatika protseduurilised teadmised paremad kui probleemide lahendamise oskus. Mitterutiinsed ülesanded jäetakse tihti hoopis lahendamata, sest õpilastele valmistab raskusi tekstis esitatud probleemi või andmete tõlkimine matemaatika keelde. Samas uuringus hinnati eraldi matemaatika ainealast ja matemaatika üldpädevust: esimest matemaatikatunnis toimunud matemaatikatestiga, teist aga eluliste ülesannetega, mis esitati õpilastele muid üldpädevusi mõõtvate testide osana. Selgus, et aineväliselt lahendati ülesandeid märgatavalt halvemini. Selle üheks põhjuseks võib olla puudulik matemaatikateadmiste baas, kuid põhjus võib peituda ka kogemuste puudumises rakendada matemaatika-teadmisi teistes eluvaldkondades (Palu ja Kikas, 2015). Viimast kinnitab kaudselt PISA 2012 tulemuste uuring, millest selgus, et Eesti õpilastel on nõrgemad tulemused just matemaatika rakendamisevõimaluste nägemises, vastava mudeli koostamises ja saadud matemaatilise tulemuse tõlgendamises. Ka tekitas meie õpilastele raskusi jooniste, tabelite ja diagrammide koostamine ning tõlgendamine (Lepmann, 2013).

Erinevate uuringute valguses on tänase matemaatikahariduse nõrgaks kohaks matemaatika rakendamine väljaspool matemaatikatunni ja õpikuülesande konteksti. Traditsiooniline matemaatikaharidus ei anna ka oskust eluliste probleemide kohta matemaatilistelt formuleeritud küsimuste esitamiseks, mis on esimene samm nende lahendamiseks matemaatika meetoditega.

Arvutipõhise statistika projekt keskendus tõenäosusteooria, andmete ja statistika osa uuendamisele, rõhutades probleemilahendusoskust ja arvuti kasutamist õppimise loomuliku osana. Just see matemaatikahariduse osa on tehnoloogia muutustest tugevasti mõjutatud - statistika ilma arvutita ei ole tänapäeval mõeldav. Andmete kujul kogutava info hulk maailmas aina suureneb. Selle mõtestamiseks on vaja tunda matemaatika ning statistika meetodeid, mis aitavad andmetes sisalduva info teadmiseks muuta. Arvuti teostab kiiresti keerulisi matemaatilisi arvutusi, tema suur eelis on andmete visualiseerimise võimalus. Õppeprotsessis võimaldab see tõhustada keerulistest matemaatilistest kontseptsioonidest arusaamist. Graafikutelt info lugemise oskus kuulub peamiste infotöötlusoskuste hulka, mida mõõdetakse nt ka PISA ja PIAAC testides.

Tõenäosusteooria ja statistika õpetamises ei ole välja kujunenud tugevaid traditsioone, mille muutmine tekitaks suurt vastuseisu. Põhikoolis on andmete ja statistika õpetamine hajutatud erinevatesse kursustesse 5.- 9. klassis ning riiklik õppekava annab õpetajale suure vabaduse õpetamise meetodite ja sisu osas. Gümnaasiumi riiklikus õppekavas on eraldi kursus „Tõenäosusteooria ja statistika alused“ nii kitsas kui laias matemaatikas. Laia matemaatika kursusesse lisandus 2011. a. mitmeid uusi teemasid (korrelatsioon, vahemikhinnang, keskvärtuse usalduspiirkond, statistilise hinnangu usaldusväärsus, jms), mis eeldavad head kontseptuaalset arusaamist, kasutustingimuste analüüsi ning asjakohaste lahendus-strateegiade valimist. Nende teemade õpetamist on seni vähe käsitletud õpetajate täiendkoolituses.

Eesti matemaatikaõpetajad on tehnoloogiasõbralikud. Ligi 800 matemaatikaõpetajat kuulub virtuaalsesse kogukonda m.o.t.t. <http://mott.edu.ee/>, mille liikmed kasutavad tundides nii spetsiifilist tarkvara (nt GeoGebra, Wiris), kontoritarkvara (Excel, Google spreadsheet), matemaatika õppimiseks mõeldud avatud internetiressursse (Ten Monkeys, Khan-Academy (Kae Kool), Wolfram Apha, jne); ning jagavad omatehtud õppematerjale. Suhtumine matemaatika arvutiga õpetamisse on valdavalt positiivne (Pihlap jt 2012). Kuid suures pildis on matemaatika õpetamine arvutiga olnud pigem õppimist huvitavaks muutev lisategevus, mis ei toimu kaugeltki kõigis koolides.

Arvutipõhise statistika projekt

Eesmärgiks seati uuenduse süsteemsus ja kompleksne teostus: koostada uus kontseptsioon andmete ja statistika õpetamiseks olemasoleva ainekava mahus, luua digitaalsed tunnimaterjalid arvutipõhiseks õpetamiseks ja õppimiseks, viia läbi piloteerimine koolides, seirata ja uurida piloteerimist ning kaasata projekti nõustamisse (akadeemilised) spetsialistid, kes annavad hinnangu uue kontseptsiooni rakendatavuse ja projekti laiendamise kohta. Projekti alustamisel võeti lõppsihiks statistikahariduse uuendamine kõigis koolides aastaks 2018.

Arvutipõhise statistika projekti läbiviimiseks algatas HTM teadus- ja arenduskoostöö Wolframi konsortsiumiga <http://www.computerbasedmath.org/case-for-computer-based-math-education.html> ning Tartu Ülikooliga.

Arvutipõhise statistika õppekava ja õppematerjalid

Eesti ja Suurbritannia ekspertide koostöös loodi kontseptuaalselt uus õppekava ja digitaalsed materjalid õppijale ning õpetajale, lähtudes Conrad Wolframi arvutipõhise matemaatika kontseptsioonist (CBM™). Võrreldes traditsioonilise, toob APS õppekava sisse mitu innovaatilist komponenti: rõhuasetus matemaatika üldpädevusele, arvuti kasutamine õppeprotsessi loomuliku osana, matemaatika lõimimine reaalelu andmetega, kontekstipõhine õpe: probleemi lahendamiseks lähtuv matemaatika mõistete ja protseduuride omandamine (mitte vastupidine).



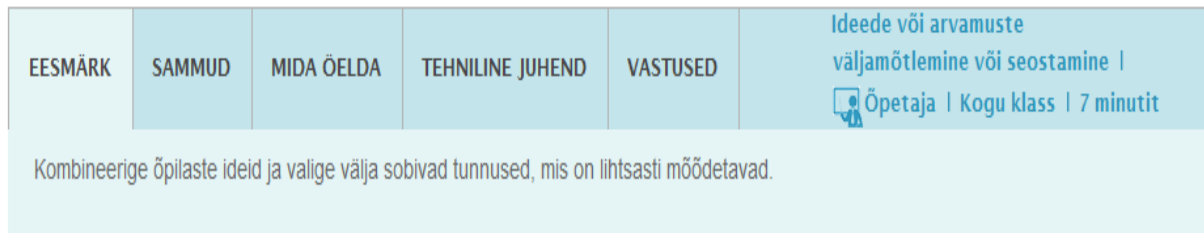
Joonis 1. Arvutipõhise matemaatika probleemilahenduse etapid.

Suur osa õpiväljunditest taotleb (matemaatilise) mõtlemise arengut. Rõhutatakse matemaatiliste ideede rakendamistingimuste analüüsimist ning tulemuste tõlgendamist reaalelu kontekstis; matemaatiliste tööriistade kasutamise asjakohasuse hindamist jms. Õpiväljunditeks on ka uute probleemide käsitlemise julgus, suhtlemine ja koostöö. Seega taotletakse matemaatika õppimisel ka selliste pädevuste arendamist, mida tavaliselt omistatakse ettevõtlikkusõppele.

Õppematerjalid koosnevad moodulitest, millest 6 on mõeldud põhikooli ja 9 gümnaasiumi astmele, kogumahuga ca 60 õppetundi. Mooduli õppetegevusi seob ühine probleem (nt kui palju eestikeelseid sõnu ma tean?), mille lahendamiseks võetakse kasutusele järjest uusi matemaatilisi mõisteid ja protseduure. Mitmetes moodulites arendatakse oskusi, mis on hädavajalikud uurimistöö tegemiseks, nt kallutamata

küsimuste koostamine, tulemuste usaldusvääruse hindamine, statistiliste seoste leidmine ja tõlgendamine, sobivate graafikute valik.

Õppematerjalid on mõeldud eelkõige õppimiseks tavalises koolitunnis õpetaja juhendamisel. Õpilase materjalides saab läbi teha erinevaid õppetegevusi, alla laadida ja sisestada andmeid, manipuleerida graafilisi objekte, saata õpetajale arvamusi ja vastuseid. Vastuste põhjal saab õpetaja teha kokkuvõtteid, tunni käiku juhtida, arutelusid algatada, ning õpilasi kujundavalt hinnata. Õpetaja materjalid sisaldavad kõike, mida saab kasutada õpilane; lisaks soovitusi õppeprotsessi läbiviimiseks ja selgitusi õppesisu ning õpilaste vastuste kohta (Joonis 2).



Joonis 2. Näide õpetaja materjalide päisest. Parempoolne osa näitab, millises tööetapis ollakse, vasakul pool avaneb õpetajat toetav lisainfo.

Õppematerjalid töötavad keskses serveris “Mathematica” tarkvara keskkonnas. Koolis on vaja hästi toimivat internetiühendust ning igasse arvutisse installeeritud tasuta CDF-mängijat, mis võimaldab CDF formaadis interaktiivseid õppematerjale kasutada.

Piloteerimise kokkuvõte

Uue kontseptsiooni alusel õppis 2014. a kevadsemestril regulaarsetes matemaatikatundides rohkem kui 1800 õpilast kokku 31-st koolis, neist osa põhikooli kolmandas astmes ja osa gümnaasiumiastmes. Piloteerimise käigus uuriti õpetajate ja õpilaste retseptiooni ning mõju õpitulemustele .

Õpilased hindasid uut õpikäsitlust ja õppematerjale valdavalt positiivselt. Hinnang kõikus sõltuvalt teemast ja koolist ning näitas muuhulgas, et ka õpilaste hulgas on nii uuenduste pooldajaid kui eitajaid. Kõrgelt hinnati elulisi praktilisi ülesandeid, visualiseerimist ja arvutipõhisust (Tabel 1). Samas pidasid paljud (eriti gümnaasiumis) õppetegevusi keeruliseks, ei meeldinud põhjendamine ja graafikud (mis teisele osale väga meeldisid!). Põhikooli õpilased hindasid kursust kõrgemalt kui gümnaasiumi õpilased. Õpilaste arvamust toetasid eksperthinnangud, mis tõid välja põhikooli materjalide hea kvaliteedi ja sobivuse selles kooliastmes õpetamiseks. Samas viitasid ka eksperdid sageli gümnaasiumi materjalide nõrgemale didaktilisele läbimõeldusele ja tehnilistele vigadele.

Tabel 1. Õpilastele kõige enam ja kõige vähem meeldinud aspektid. protsent õpilastest, kes nimetasid toodud aspekti kolme tähtsama hulgas neile antud pikemast loetelust.

Meeldis	Ei meeldinud
PÕHIKOOL	
Graafikud – 30%	Graafikud – 21%
Praktilised tegevused – 29%	Keeruline – 15%

Arvutipõhisus - 25%	Põhjendamine - 13%
Paaris/rühmatöö - 23%	Ebasobiv tempo - 10%
Uued teadmised - 18%	Tehnilised probleemid - 9%
Huvitavad ülesanded - 11%	
GÜMNAASIUM	
Rühmatöö ja esitlused - 25%	Tehnilised probleemid - 47%
Visualiseerimine - 20%	Keeruline - 30%
Arvutipõhisus - 20%	Ei saanud uusi teadmisi - 13%
Eluline ja praktiline - 19%	Graafikud - 13%
Uus ja huvitav kogemus - 18%	Ebasobiv tempo - 10%
Huvitavad ülesanded - 17%	
Kodutööde/kontrolltööde puudumine - 9%	

Õpilaste testimine enne ja vahetult pärast kursuse läbimist näitas teadmiste ja oskuste kasvu nii pilootgrupis kui traditsioonilise õppega kontrollgrupis. Kahe grupi lõpptesti tulemused olid samal tasemel (ei eristunud 5% olulisuse nivool), vaatamata sellele, et pilootgrupis anti õpilastele minimaalselt kodutöid ning kursuse läbimist hinnati liberaalselt. Seega saavutati pilootgrupis samad õpitulemused väiksema õppimiseks kulutatud ajaga.

Õpilaste endi hinnangul õppisid nad kursusel peamiselt kontekstiga seotut (nt. millises riigis on inimesed rohkem või vähem õnnelikud) ning ei teadvustanud selgelt matemaatiliste mõistete ja protseduuride omandamist. Samas said nad lõpptestis nende rakendamisega hakkama. See tulemus on mõtlemapanev kontekstipõhise õppe laiemal juurutamise seisukohast. Hindamise ja kinnistamise kaudu on kindlasti võimalik ka kontekstipõhises õppes rohkem matemaatilisi tööriistu selgeks õppida. Edaspidist uurimist vajab aga see, millise detailsuseni on vaja omandada konkreetseid definitsioone ja valemeid selleks, et statistikat arvutipõhises maailmas edukalt rakendada.

Projekti märkimisväärseks tulemuseks on uute õppematerjalide ja arvutipõhise statistika õpikäsitluse omaksvõtmine matemaatikaõpetajate poolt. Valdav osa piloteerinud õpetajatest sooviks õpetamist jätkata uute õppematerjalidega või kombineerida neid traditsioonilistega. Vaid 5 õpetajat 36-st vastanust soovib edaspidi jääda traditsioonilise õppekava ja õpiku juurde. Kolmveerand õpetajatest leidis aga, et nad vajaksid lisakoolitust õpetamise didaktika, tehnoloogia abil õpetamise ja reaalelu probleemide tausta osas; 5% sooviks lisakoolitust programmeerimisest.

Õpetajad tulid hästi toime arvutipõhise õpetamisega. Samas arvas enamus, et arvutiklassis peaks õpetama mitte rohkem kui pooltes matemaatika tundides. Sellise arvamuse põhjused vajavad edasist uurimist haridusliku digipöörde üldisemas kontekstis. Enamasti peetakse arvutipõhise õpetamise takistuseks just sobiva õppevara puudumist. Selles projektis, kus õppevara oli täielikult olemas, kerkisid esiplaanile nähtavasti muud asjaolud, mille tõttu õpetajad ei pea liiga sageli arvutiklassis õpetamist otstarbekaks. Projektis kasutatud küsimustik ei võimaldanud kahjuks välja tuua õpetajate hoiakute põhjuseid.

Haridus- ja Teadusministri poolt määratud projekti nõukoda andis soovitusena jätkata arvutipõhise statistika juurutamist kõigis koolides. Selle eelduseks on piisav riigipoolne

rahastus ja kvaliteetne IT taristu koolides. Esmaste tegevustena soovitas nõukoda jätkata õppematerjalide täiendamist ja hindamisvahendite koostamist. Alustada tuleks uute õpetajate täiendkoolitust; tagada õppematerjalide tehniline jätkusuutlikkus ja õpetajate nõustamine. Nõukoda soovitas ka tõenäosusteooria ja statistika osa muutmist riiklikus õppekavas, et viia see vastavusse infotehnoloogia arengust tulenevate muutustega ühiskonnas.

Projektiga on tehtud oluline samm matemaatikahariduse vastavusse viimiseks tänapäeva digitaalse maailma võimaluste ja ootustega. Loodud õppekava ja -materjalid võimaldavad süsteemset muutust andmete, tõenäosusteooria ja statistika õpetamises. Projektis osalenud inimesed on loonud valmisoleku uue õpikäsitluse laiendamiseks nii teistele matemaatika osadele kui ka teistele õppeainetele. Pikemas perspektiivis võimaldavad need abinõud tõsta visuaalse ja statistilise kirjaoskuse taset kogu riigis.

Arvutipõhise matemaatika projekt on pälvinud laia rahvusvahelist huvi, sest meie eksperiment tundub tähelepanuväärne ja vajalik mitmete riikide hariduspoliitikutele ja – praktikutele. See projekt on oluline mitte ainult Eesti mastaabis. Innovatsiooni viimine idee tasandilt igapäevasesse hariduspraktikasse on keeruline ning nõuab kõigi osapoolte – arendajate, uurijate, hariduspoliitika kujundajate, koolide ja õpetate suurt pühendumist. Lõpetuseks tänavad autorid kõiki koostööpartnereid, eriti aga piloteerimises osalenud koolide juhtkondi ning matemaatikaõpetajaid!

Kasutatud kirjandus

Eesti Elukestva Õppe Strateegia. www.hm.ee/index.php?popup=download&id=12568;

T. Lepmann (2014). Eesti ja Vene õppekeelega õpilaste enesekohased ning matemaatikaõpetaja tegevusega seonduvad hinnangud PISA 2012 uuringus. Kogumikus PISA 2012. Eesti tulemused. Tallinn, 2014. http://issuu.com/innove/docs/pisa_2012_eeesti_tulemused_2?e=2411359/5896292;

A. Palu ja E. Kikas (2015). Matemaatikapädevus. Kogumikus „Õppimine ja õpetamine kolmandas kooliastmes. Üldpädevused ja nende arendamine“. Toimetajad E. Kikas ja A. Toomela. Tallinn 2015;

Õppimine ja õpetamine kolmandas kooliastmes. Üldpädevused ja nende arendamine. Toimetanud E. Kikas ja A. Toomela, Tallinn 2015; VIIDE: Kikas, E. ja A. Toomela (toim.);

Halapuu, V. Valk, A. (2013). Täiskasvanute oskused Eestis ja maailmas. PIAAC uuringu esmased tulemused. Tartu, Haridus- ja Teadusministeerium, 2013;

OECD Cross-Committee Workshop on the 2015 Innovation Strategy. Paris, 5-6 February 2015. STI/IND/STP/ICCP(2015)3/PART3;

S. Pihlap, P. Pärn (2012) Matemaatikaõpetajate ja koolide valmisolekust IKT võimaluste kasutamiseks vastavalt uue õppekava nõudmistele. Kogumikus „Koolimatemaatika XXXIX!, TÜ ja Eesti Matemaatika Selts, 2012.