

# FÜÜSIKAÕPPE EFEKTIIVSUS JA SELLE TÕSTMISE VÕIMALUSED

SVETLANA GANINA, HENN VOOLAI



## Sissejuhatus

Kiiresti muutavas modernses tehnokraatlikus ühiskonnas ei saa küsimust õppe-efektiivsusest pidada retooriliseks. Õppe-efektiivsusest räägitakse niikaua, kui eksisteerib õppimine. Õppeprobleeme käsitledes mainitakse tavaliselt järgmisi mõisteid: *õppe-eesmärgid, õppeülesanded ja -meetodid, õppeprotsess ja õpetamisvõtted, õppeobjekt ja -subjekt, õppe-efektiivsus jne.* Loogiline tundub ka see, et õppemeetodi või -vahendi abil püütakse tõsta õppe-efektiivsust.

Käesoleva artikli eesmärk on selgitada välja, mis mõjutab füüsikaõppe efektiivsust ning kas ja kuidas seda on võimalik hinnata või mõõta. Teadaolevatel andmetel pole seda teemat Eestis varem uuritud ja mujalgi tehtud uurimused on pealiskaudsed. Seega oli eesmärgiks täpsustada efektiivsuse mõistet, leida selle hindamiseks sobiv matemaatiline mudel ja teha vastav statistiline uuring.

Uuring tehti kolmes etapis: kõigepealt vastasid küsimustikule õpilased, seejärel õpetajad ja lõpuks sooritasid õpilased füüsikatestid. Uurimuse tulemusena töötasid artikli autorid välja valemi, mille abil saavad õpetajad ja õppejõud mõõta õppe-efektiivsust.

Käesolev artikkel koosneb kolmest osast: esimeses osas defineeritakse õppe-efektiivsus ja pakutakse välja meetod selle hindamiseks; teises osas antakse ülevaade uuringust, milles osales *ca* 1200 õpilast üle Eesti; kolmandas osas käsitletakse füüsikaõppe efektiivsust KVÜÖAs.

## I. Õppetöö efektiivsus ja selle mõõtmine

*Efektiivsus* on mõiste, mida kasutatakse laialdaselt erinevatel elualadel, näiteks nii majanduses, meditsiinis kui ka hariduses. Seda kinnitab fakt, et kui AltaVista otsingumootoris sisestada sõna *effectiveness*, saab 123 miljonit vastust. Kuigi mõistet *efektiivsus* kasutatakse palju, on seda raske täpselt defineerida.

Hariduse vallas tegutsevatele inimestele pole võõrad sellised mõisted nagu *õppimise efektiivsus* või *õpetamise efektiivsus*. Nende all peetakse

silmas õppimise ja õpetamise tõhusust ja tulemuslikkust, sest niisugune on selle sõna eestikeelne tähendus.

Hariduse efektiivsust on püüdnud lahti mõtestada Vabariigi Presidendi akadeemiline nõukogu oma 19. novembri 1997. aasta ühisavalduses<sup>1</sup>, kus öeldakse, et „hariduse efektiivsus tähendab haridussüsteemi korraldust, mis tagab kokkulepitud kvaliteedis hariduse minimaalsete majanduslike ning sotsiaalsete kuludega”. Siin on mõeldud hea hariduse saamist võimalikult madala hinna eest.

Kuidas aga hinnata või mõõta tulemuslikkust? Tootmises on seda lihtne teha, sest seal on tulemuseks toodang ja majandusteooriaga ütleb, et „efektiivsus tähendab maksimaalselt võimaliku toodangukoguse saamist olemasolevate ressurssidega”<sup>2</sup>. Õppetöös kasutatavat üldtunnustatud efektiivsuse mõõtmisviisi pole aga õnnestunud leida, sellepärast on siinse artikli autorid püüdnud ise sobiva meetodi välja töötada.

Uurimust alustades määratleti kõigepealt õppetöö “toodang”. Selleks on uued teadmised ja oskused. Seega, analoogiat kasutades võib öelda, et õppetöö efektiivsus tähendab maksimaalse uute teadmiste ja oskuste hulga saamist olemasolevate ressurssidega.

Õppetöös kasutatavateks ressurssideks on õpilased oma algteadmiste ja -oskuste ning huvidega, õpetajad oma erialaste ja meetodiliste teadmiste ja oskustega ning õpetamiseks vajalikud vahendid (õppematerjalid, katsevahendid, arvutid, ruumid jms).

Siit järeldub, kuidas hinnata õppetöö efektiivsust. Selleks tuleb definitsiooni kohaselt kindlaks teha olemasolevate ressursside korral saavutatav maksimaalne uute teadmiste ja oskuste hulk. Kuna maksimaalseid uusi teadmisi ja oskusi on keeruline kindlaks teha, siis piirduetakse üksnes uute teadmiste ja oskuste hulga kindlakstegemisega.

Alates 2003. aastast on artikli autorid otsinud matemaatilist mudelit või valemit, millega õppe-efektiivsust oleks kõige lihtsam mõõta, proovi-uuringus on katsetatud erinevaid variante ja leitud optimaalne, mida alljärgnevalt kirjeldatakse.

Selleks et kindlaks määrata õpilaste eelteadmiste tase, tuleb enne uue teema õppimist teha eeltest. Seda taset iseloomustab suhe

$$T_e = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N \cdot n},$$

<sup>1</sup> **Vabariigi Presidendi Akadeemilise Nõukogu ettekanne Riigikogule.** 19. veebruar 1998. <<http://www.ise.ee/dokumendid/oppiveesti.htm>>, (29.08.2007).

<sup>2</sup> **Randvere, M.; Kerem, K.** 1998. Mikro- ja makromajandus. Tallinn: Eesti Haldusjuhtimise Instituut.

kus  $N$  on vastanud õpilaste arv,  $n$  küsimuste arv testis ja  $n_i$  ühe õpilase antud õigete vastuste arv.

Uue materjali õppimise järel korraldatakse sama testi, mida artiklis nimetatakse järeltestiks. Selle tulemust kirjeldab suhe  $T_j$ , mis on leitud samamoodi kui  $T_e$ :

$$T_j = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N \cdot n}.$$

Õppetöö efektiivsuskoefitsient  $E$  näitab nende kahe suhte vahet:  $E = T_j - T_e$ . Selliselt leitud efektiivsuskoefitsiendi  $E$  väärtused jäävad  $-1$  ja  $1$  vahele:

kui  $T_e = 0$  ja  $T_j = 0$ , siis  $E = 0$ ;

kui  $T_e = 0$  ja  $T_j = 1$ , siis  $E = 1$ ;

kui  $T_e = 0,5$  ja  $T_j = 1$ , siis  $E = 0,5$ ;

kui  $T_e = 1$  ja  $T_j = 0$ , siis  $E = -1$  jne.

Sarnast valemit kasutavad õppe-efektiivsuse hindamisel ka USA teadlased<sup>3</sup>:

$$\langle g \rangle = \frac{\%post - \%pre}{100 - \%pre}.$$

Siin  $\langle g \rangle$  on rühma keskmine efektiivsus;

$\%post$  on järeltesti õigete vastuste protsent;

$\%pre$  on eeltesti õigete vastuste protsent.

Niisuguse valemi puuduseks võib tuua selle, et efektiivsuse väärtustel puudub kindel proportsionaalne skaala. Näiteks, kui eeltesti tulemus oleks maksimaalne ehk  $\%pre = 100\%$ , siis valemi nimetaja peaks olema võrdne nulliga. See tähendab, et efektiivsus läheneks lõpmatusele, mis oleks ebalooiline.

Füüsikaõppe efektiivsust saab parandada, kui muuta kasutatavat ressursi. Kõige lihtsam ja odavam on täiustada õpetamise meetodikat. Selle tegevuse tulemuslikkust saab hinnata efektiivsuskoefitsiendi abil. Kui järeltesti korraldatakse erinevate ajavahemike järel, on võimalik hinnata nii uute teadmiste ja oskuste hulga kasvu kui ka püsivust.

<sup>3</sup> **Hake, R. R.** Assessment of Student Learning in Introductory Science Course, Physics Department (Emeritus), Indiana University.  
<<http://www.ecologyandsociety.org/vol5/iss2/art28/>>, (29.08.2007).

## 2. Füüsikaõppe efektiivsuse uurimine

Efektiivsuse uurimiseks koostati kaks küsimustikku: üks nendest oli õpetajatele<sup>4</sup> (osales 73 füüsikaõpetajat) ja teine õpilastele<sup>5</sup> (osales 1418 õpilast 53 gümnaasiumist ja 4 kutsekoolist üle Eesti). Uuringu põhiosas sooritati testid (1125 õpilast), kus olid esindatud erinevad füüsika valdkonnad.

Õpetajad vastasid küsimustele, mille eesmärk oli välja selgitada probleemid, mida nad peavad füüsika õpetamisel kõige olulisemaks. Uurimistulemustega saab tutvuda Õpetajate Lehes ilmunud artiklis<sup>6</sup>.

Õpilastele koostatud küsimustiku eesmärk oli välja selgitada, mida õpilased peavad oluliseks füüsika õppimisel, kui suur on õpilaste motivatsioon füüsikat õppida ja milliseid õppemeetodeid nad eelistavad.

Ette rutates võib öelda, et õpilastele meeldib teha laboritöid ja katseid ning käia ekskursioonidel. Selline tulemus ei tundu üllatav, aga sellega tuleks arvestada, kui soovitakse tõsta füüsika õppimise motivatsiooni.

### Õppe efektiivsust mõjutavad tegurid

#### *Katsed ja laboritööd*

Koit Timpmann<sup>7</sup> toob oma töökogemuse põhjal välja probleemi, et isegi juhul, kui suur osa õpilasi (valdavalt tüdrukud) on elektriõpetuse materjali edukalt omandanud, ei pruugi see tähendada, et nad oma teadmisi ka mitmesugustes olukordades kasutada oskavad. Lahenduseks pakub Timpmann teha näiteks juba põhikoolis elektriõpetuse teemal katsed “Elekter kodus”. Autor väidab, et need katsed ongi otstarbekam teha põhikooli kursusel, sest osa õpilaste haridustee piirdub tänapäeval vaid põhikooliga. Lisaks sellele on füüsika eksperimentaalne teadus ja õpilastele meeldivad katsed. Seda tõestab ka siinne uuring. Katsete abil on võimalik õpilasi motiveerida paremini õppima.

---

<sup>4</sup> **Ganina, S.** 2006. Küsimustik õpetajatele.

<<http://www.eformular.com/ganinasvetlana/meetod.html>>, (31.12.2006).

<sup>5</sup> **Ganina, S.** 2006. Küsimustik õpilastele.

<<http://www.eformular.com/sganina/kysimustik/opilastele.html>>, (31.12.2006).

<sup>6</sup> **Ganina, S.; Voolaid, H.** 2005. Füüsikaõppe motivatsioon ja efektiivsus. – Õpetajate Leht, nr 8, 25. veebruar.

<sup>7</sup> **Timpmann, K.** 2005. Katsed põhikooli elektriõpetuse teemal “Elekter kodus”. Loodusainete õpetamisest koolis, II osa. Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.

H.-A. Villako ja K. Adojan<sup>8</sup> väidavad, et projekti “Põhikooli loodusainete uurimusliku õppe mudelid” käigus loodud virtuaalsed mudelid bioloogias, keemias ja füüsikas<sup>9</sup> aitavad tõsta õpimotivatsiooni. Veebipõhiste mudelite ja eesmärgipäraselt koostatud töölehtede abil on võimalik ainetunde mitmekesistada ning looduslike protsesside mõistmist lihtsustada. Sellest räägivad ka uuringus osalenud õpetajad, õpilastegi küsimustikest selgus, et neile meeldib uurimis- ja laboritööde tegemisel kasutada arvutiimitatsioone.

### ***Õppemeetodid ja õppetegevused***

McLaughlin<sup>10</sup> toob näite, kus üks füüsikaõpetaja ei kasutanud ühtki õppeteksti, vaid pani õpilased õppima laboritööde kaudu. Õpitulemused olid tunduvalt kõrgemad ja – mis eriti oluline – püsivamad. Õpilased tegid laboritöid ja katseid väikestes rühmades või paarides, nii et õpetaja abi oli samal ajal kättesaadav. Mõnede katsete puhul puudus isegi täpne tööjuhend, tulemused arutati läbi rühmades ning seejärel tehti järeldused ja kokkuvõtted. Uurija arvates lubab selline õppemeetod õpilastel rohkem areneda ning valmistab neid paremini ette tulevasteks probleemideks ja neile lahenduse leidmiseks.

Mõned uurijad panid tähele järgmist: õige testivastus ei tähenda veel seda, et õpilasel on põhjalikud teadmised. Pellegrino ja Chudowsky<sup>11</sup> toovad näite ajalootunnist: õpilane, kes oskas täpselt vastata küsimusele, mis aastal toimus Hispaania Armada lahing, ei osanud selle kohta midagi lisada. Teine õpilane, kes ei mäletanud täpselt aastaarvu (eksis vastuse täpsusega kaks aastat), oskas sellest lahingust põhjalikult rääkida ja seostas seda isegi teiste sarnaste sündmustega. Missugune vastus on sel juhul õigem? Kas esimese õpilase, kes mäletab täpset aastaarvu, või teise, kes mõistab hästi ajaloolist tausta, oskab tuua seoseid, analüüsida sündmusi, aga täpsemat arvu ei mäleta või ei tea. Kui koostatakse tavapärase küsitluse või valikvastustega test, saab esimene õpilane positiivse hinde ja teine mitte. Kui aga anda õpilasele võimalus teemast natuke rohkem rääkida, siis selgub, et teisel õpilasel on

---

<sup>8</sup> Villako, H.-A.; Adojan, K. 2005. Arvutimudelite kasutamine põhikooli loodusainete õppes. Loodusainete õpetamisest koolis, I osa. Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.

<sup>9</sup> **Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile.** Tiigrihüpe.

<<http://mudelid.5dvision.ee/>>, (29.08.2007).

<sup>10</sup> McLaughlin, M.; Tambet, J. 2001. Professional communities and the work of high school teaching. Chicago: University of Chicago Press.

<sup>11</sup> **Knowing what Students Know.** 2001. The Science and Design of Educational Assessment. Committee on the Foundations of Assessment. Eds. James W. Pellegrino, Naomi Chudowsky, and Robert Glaser. Washington, DC: National Academy Press.

tunduvalt põhjalikumad teadmised ja suure tõenäosusega need püsivad kauem.

Tuginedes oma füüsika õpetamise kogemusele koolis ja ülikoolis, püüdsid siinse artikli autorid<sup>12</sup> anda õpetajatele nõu, kuidas ülesannete lahendamise kaudu tõsta füüsika õpetamise tulemuslikkust. Õige vastus ei taga veel teadmiste kvaliteeti ega püsivust. Füüsikaülesannete lahendamise õpetamine sõltub ka sellest, milline on sealjuures õpetaja eesmärk: kas õppekava täitmine, riigieksamiks ettevalmistamine, füüsikalise mõtlemise arendamine või miski muu.

Hammer ja Schifter<sup>13</sup> on uurinud, kuidas õpilased saavad aru füüsika õpetamisest. Ka nemad teevad oma uurimuste põhjal järelduse, et õpetada praktika kaudu on palju tulemuslikum.

Nii põhikooli kui ka gümnaasiumi füüsika ainekavas<sup>14</sup> on nimetatud infotehnoloogia kasutamist ühe õppetegevusena. Arvuti kasutamine füüsika-tunnis on õigustatud vaid siis, kui võrreldes traditsiooniliste meetoditega midagi võidetakse. Näiteks võib katsevahendite puudumisel kasutada veebi-põhiseid laboritöid, mis on kättesaadavad lisaks inglise keelele ka eesti keeles (vt nt <http://www.koolielu.ee/pages.php/01>; <http://mudelid.5dvision.ee/>). Eestikeelses veebis on siiski vähe materjale, mida sobib koolis kasutada. Seevastu inglisis-, saksa- või venekeelses Internetis leidub tohutul hulgal erinevaid õppematerjale (vt nt <http://www.zum.de>; <http://www.college.ru> jne). Need tekstid ei sobi eelnevalt tõlkimata abimaterjaliks, kuid mitmesuguseid visuaalseid materjale saab tunnis edukalt kasutada.

## Õpetaja roll

Paljud autorid väidavad, et õpetamise efektiivsus sõltub oluliselt ka õpetajast, mitte ainult meetoditest või õpilase õpistiilist. Darling-Hommond<sup>15</sup> leiab näiteks, et õpetajatel peab olema ühine ja selge visioon sellest, milline on efektiivne õpetamine, ja seda peab olema võimalik õppimisel järgida. Lisaks sellele peab teooria ja praktika vahekord õpetamisel olema otstarbekas.

<sup>12</sup> **Ganina, S.; Voolaid, H.** 2005. Füüsikaülesannete lahendamine. Loodusainete õpetamisest koolis, II osa. Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.

<sup>13</sup> **Hammer, D.; Schifter, D.** 2001. Practices of inquiry in teaching and research. – *Cognition and Instruction*, 19 (4). Pp. 441–478.

<sup>14</sup> **Riiklik Eksami ja Kvalifikatsioonikeskus**, kodulehekülg. Riiklik õppekava. <<http://www.ekk.edu.ee/oppekavad/index.html>>, (29.08.2007).

<sup>15</sup> **Darling-Hammond, L.** 2000. Solving the dilemmas of teaching supply, demand, and standarts. New York: Columbia University, National Commission on Teaching and America's Future.

Fullani<sup>16</sup> uurimustest selgus, et õpilaste õpimotivatsioon langeb, kui nad näevad, et õpetaja ei tunnegi huvi nende eelteadmiste vastu, vaid õpetab seda, mis programmis ette nähtud. Fullan rõhutab, et vähem kui ühe viiendiku uurimuses osalenud õpilaste väitel küsivad õpetajad nende mõtteid ja võtavad kuulda nende arvamust, enne kui otsustavad, mida ja kuidas õpetada.

Sarason<sup>17</sup> uuris, kuidas kujunevad tunnitöö reeglid ja millised on õpetajate ootused õpilaste suhtes. Ta märkas, et õpetaja kehtestas alati ise reeglid ega küsinud, mida õpilased neist arvavad. Sarason pani vaatluse käigus tähele mitmeid õpetajate ootusi õpilaste käitumise suhtes: õpetaja teab kõige paremini; õpilased ei saa reeglite väljatöötamisel kaasa rääkida; õpilased ei olegi arutelust huvitatud; reeglid on õpilaste, mitte õpetaja jaoks.

Seega võib kokkuvõtteks öelda, et peamised füüsika (ja mitte ainult füüsika) õpetamise efektiivsust mõjutavad tegurid on järgmised:

- õpilaste õpistiili tundmine ja sellega arvestamine;
- õpilaste teadmiste tasemega (eelteadmistega) arvestamine;
- õpetaja pädevus (nii aines kui ka pedagoogikas);
- õpetamismeetodi valik (oluline osa on ka laboritöödel ja ülesannete lahendamisel);
- õppetöö tulemuste kontrollmeetodi valik.

## Uuring ja selle tulemused

Käsitletavas uuringus osalesid 1125 inimest 26 Eesti gümnaasiumist, 4 kutsekoolist<sup>18</sup> ning teise kursuse tudengid Tartu Ülikooli matemaatika ja geograafia osakonnast. Proovuuring tehti 2005/2006. õppeaastal. Selle põhjal koostati korrigeeritud test ja põhiuuring viidi läbi 2006/2007. õppeaastal.

---

<sup>16</sup> Fullan, M. 2006. Uudne arusaam haridusmuutustest. Tartu: Atlex.

<sup>17</sup> Sarason, I. 1982. The culture of the school and the problem of change. Boston: Allyn & Baco.

<sup>18</sup> Ahtme Gümnaasium, Antsla Gümnaasium, Audru Keskkool, C. R. Jakobsoni nimeline Gümnaasium, Elva Gümnaasium, Gustav Adolfi Gümnaasium, Haapsalu Vene Gümnaasium, Jõgeva Ühisgümnaasium, Kadrina Keskkool, Kiili Gümnaasium, Koeru Keskkool, Kohila Gümnaasium, Kohtla-Järve Vene Gümnaasium, Kunda Ühisgümnaasium, Märjamaa Gümnaasium, Põltsamaa Ühisgümnaasium, Rakvere Gümnaasium, Rakvere Realgümnaasium, Tallinna Lilleküla Gümnaasium, Tallinna Prantsuse Lütseum, Tallinna Üldgümnaasium, Tamsalu Gümnaasium, Tartu Slaavi Gümnaasium, Tartu Tamme Gümnaasium, Võru Kesklinna Gümnaasium, Väike-Maarja Gümnaasium, Ida-Virumaa Kutsehariduskeskus, Tartu Kutsehariduskeskus, Valgamaa Kutsehariduskeskus, Võrumaa Kutsehariduskeskus.

Uuringu põhiosas tehti erinevate ajavahemike järel testid (eeltest – enne teema läbimist; järeltestid – kohe pärast teema läbimist, kuu aja pärast, aasta pärast ja kahe aasta pärast), kus olid esindatud erinevad füüsika valdkonnad. Testide tase teemade kaupa oli peaaegu sama ja testid vastasid üldtunnustatud reeglitele<sup>19, 20</sup>. Testi alguses oli vaja märkida, milliseid õppemeetodeid selle kursuse jooksul kasutati. Selle märke tegi kas füüsikaõpetaja ise või uuringu läbiviija, kes vestles testi täitmise ajal füüsikaõpetajaga. Testiküsimused olid esitatud teemade kaupa: ühed neist kontrollisid füüsikaliste suuruste, nende mõõtühikute ja mõistete tundmist ja nendest arusaamist – nn teadmiste osa; teised kontrollisid ülesannete lahendamist ja järelduse tegemist – nn oskuste osa; visuaalse õpistiili toetamiseks oli ka üks joonisega küsimus ja üks graafikuga ülesanne. Test oli valikvastustega, lisaks sellele oli palve lisada põhjendus, miks just selline vastusevariant oli valitud. Siin tuleb mainida, et üha rohkem kasutatakse koolis valikvastustega teste. Need võivad olla otstarbekad põhjusel, et selliste küsimuste puhul ei saa tekkida olukorda nagu vabavastuseliste küsimuste puhul, kus õppija sisestab ette teada vale vastuse, kui ta ei oska õiget pakkuda. Seega on kontrollmeetodid mingil määral ka õppemeetodid.

Testid olid kuuest füüsika valdkonnast: mehaanika, soojusõpetus, elektromagnetism, optika, aine ja väli, astronoomia. Testide esitus (definiitsioonid, tähised, joonised jne) tuginesid järgmistele füüsikaõpikutele ja materjalidele: „Teel füüsikastandardile” (mehaanika<sup>21</sup>, molekulaarfüüsika<sup>22</sup>, elekter ja magnetism<sup>23</sup>, elektrodünaamika<sup>24</sup>, aine ehitus<sup>25</sup>); S. Ganina. H. Voolaid „Põhikooli füüsika ülesannete kogu lahendustega”<sup>26</sup>; „Füüsika riigieksami ülesanded”<sup>27</sup>.

On loomulik, et akadeemiliselt edukatel õpilastel olid paremad nii eelkui ka järeltestide tulemused. Poisid andsid rohkem õigeid vastuseid, kui küsimuse tekstile oli lisatud pilt või graafik. Huvitava tulemusena ilmnes, et poiste arvates olid pildi, skeemi või graafikuga küsimused liiga lihtsad ning tekitasid tunde, et need on nipiga küsimused. Nende kommentaarid olid

<sup>19</sup> **Mikk, J.** 1980. Teksti mõistmine. Tallinn: Valgus.

<sup>20</sup> **Mikk, J.** 2002. Ainetestid. Loengukonspekt TÜ üliõpilastele. Tartu.

<sup>21</sup> **Teel füüsikastandardile. Mehaanika.** Ülesandeid 10. klassile. 1998. Tallinn: Koolibri.

<sup>22</sup> **Teel füüsikastandardile. Molekulaarfüüsika.** 2000. Tallinn: Koolibri.

<sup>23</sup> **Teel füüsikastandardile. Elekter ja magnetism.** 2002. Tallinn: Koolibri.

<sup>24</sup> **Teel füüsikastandardile. Elektrodünaamika.** 2003. Tallinn: Koolibri.

<sup>25</sup> **Teel füüsikastandardile. Aine ja väli.** 2004. Tallinn: Koolibri.

<sup>26</sup> **Ganina, S.; Voolaid, H.** 2004. Põhikooli füüsika ülesannete kogu lahendustega. Tartu: Atlex.

<sup>27</sup> **Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus,** kodulehekülj. Riigieksamid.

<<http://www.ekk.edu.ee/riigieksamid/>>, (29.08.2007).



järgmised: „Kas on nipiga küsimus?“, „Kas siin on mingi tera sees?“, „Nalja teete – on ju graafikust näha!” jne.

McClain<sup>28</sup> on väitnud, et poistel on parem ruumiline kujutlusvõime kui tüdrukutel. Ka Quaiser-Pohl ja Lehmann<sup>29</sup> väidavad oma uurimistulemustele toetudes, et tüdrukutel on kehvemad ruumilised võimed kui poistel. Nad leidsid, et parema arvutioskusega tüdrukutel on ka paremad ruumilised võimed. P. Luik<sup>30</sup> kirjutab oma doktoritöös, et tüdrukute puhul tasuks vältida ruumilisi, keerulisi ja liiga detailseid illustratsioone. Siinse artikli autorid ka arvestasid seda testide koostamisel.

Tüdrukute puhul polnud testide keskmised tulemused seotud kindla füüsikavaldkonnaga. Poistel olid aga oluliselt kõrgemad eeltestide keskmised tulemused mehaanika ja elektri vallas.

Seega võib märkida, et on võimalik koostada sellised õppematerjalid ja teadmiste kontrollimiseks ettenähtud tööd (testid, tunnikontrollid, kontrolltööd jne), mille korral häid õppetulemusi saavad nii poisid kui ka tüdrukud. Kui räägitakse efektiivsusest, peetakse ühelt poolt silmas õpetaja töö tulemuslikkust. Teiselt poolt saab tulemuslikkust hinnata ainult õpilaste tööde põhjal, ehk teisisõnu, iga suvaline kontrollmeetod ei pruugi anda objektiivset ja adekvaatset pilti õpetamisest ja õppimisest. Kontrollmeetodi valikul peab õpetaja arvestama klassi või grupiga.

Huvitav oli see, et eeltesti korral jäeti üldjuhul põhjendamata oma vastusevariandi valik. Järeltesti puhul oli vastuste olemasolul ja füüsika õppeedukusel tugev korrelatsioon: 0,87. Õpilased, kellel on kõrgem füüsikahinne, julgesid oma valikut selgitada, kuigi selgitus ei pruukinud olla õige. Õigeks seletuseks loeti need, kus õpilane kasutas õiget lahenduskäiku, õiget seaduspärasust, teisendas ühikuid või tuletas valemist õigesti. Õigete ja valede seletuste suhe oli kõikide teemade puhul peaaegu sama. Erandiks oli mehaanikakursus, kus õigeid seletusi oli  $\frac{3}{4}$ .

### Testide tulemused

Uuringu käigus tehti eeltest ja pärast teema läbimist järeltest. Uurijaid ei huvitanud ainult testide tulemused, vaid ka nende püsivus. Järeltestid tehti pärast seda, kui aine õppimisest oli möödunud nädal, kuu, aasta ja kaks aastat. Kuna testitulemused sõltusid oluliselt teemast, on keskmised

<sup>28</sup> **Mc Clain, E. J.** 1983. Do Women Resist Computers? – In. The Computer Academy: Home User's Guide to Microcomputers. TV Ontario. Pp. 44–50.

<sup>29</sup> **Quaiser-Pohl, C.; Lehmann, W.** 2002. Girls' spatial abilities: Charting the contributions of experiences and attitudes in different academic groups. – British Journal of Educational Psychology, No. 72. Pp. 245–260.

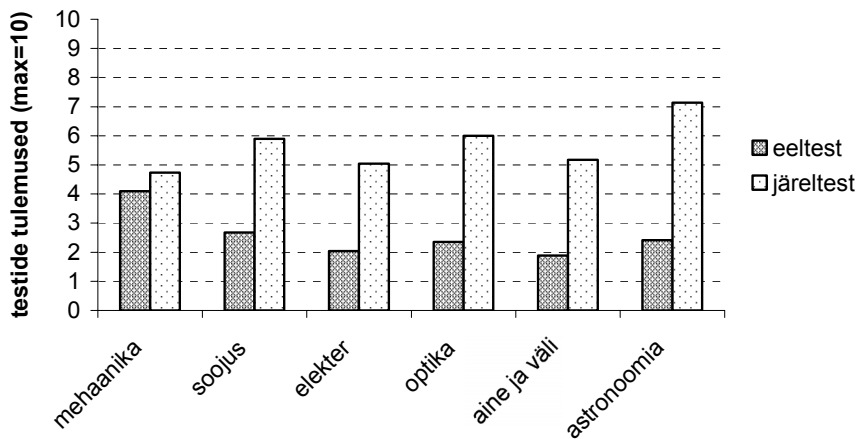
<sup>30</sup> **Luik, P.** 2004. Õpitarkvara efektiivsed karakteristikud elektrooniliste õpikute ja drillprogrammide korral. Doktoriväitekiri. Tartu Ülikooli haridusteaduskond.

tulemused esitatud teemade kaupa (tabel 1). Maksimaalselt oli testi eest võimalik saada 10 punkti.

**Tabel 1**

	Eeltest	Järeltest
mehaanika	4,09	4,74
soojus	2,68	5,90
elekter	2,04	5,04
optika	2,35	6,00
aine ja väli	1,88	5,17
astronoomia	2,41	7,14

Samad tulemused on esitatud ka diagrammina (joonis 1):



**Joonis 1**

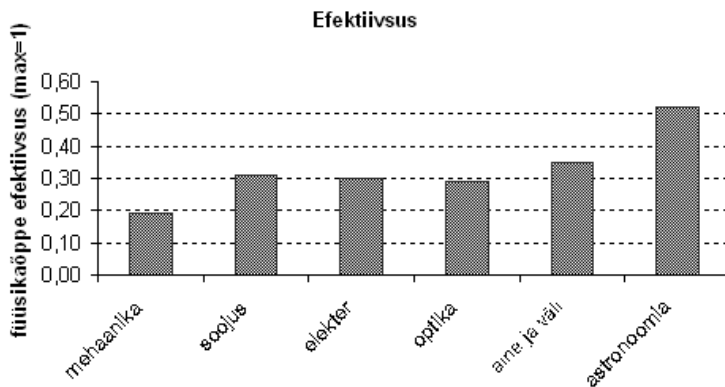
Nagu näha, on järeltesti tulemused kõigis füüsika valdkondades, v.a mehaanika, oluliselt paremad kui eeltesti tulemused.

Eeltesti heast tulemusest mehaanikas võib järeldada, et gümnaasiumis ei käsitleta seda valdkonda eriti põhjalikult, kuna põhikoolis on teema juba läbitud. Tulemust võib põhjendada ka sellega, et küsimustik ei olnud ühtlaselt koostatud ja mehaanika valdkonna küsimused olid teistest tunduvalt lihtsamad. Selle argumendi vastu räägib aga asjaolu, et järeltesti tulemused olid kehvemad kui teistes füüsika valdkondades.

Artikli autorite valemi järgi arvutatud efektiivsuse väärtused on esitatud tabeli ja graafikuna (ära on toodud esimese järelesti tulemused).

**Tabel 2**

	$T_E$	$T_J$	$E$
mehaanika	0,40	0,59	0,19
soojus	0,30	0,61	0,31
elekter	0,20	0,50	0,30
optika	0,30	0,59	0,29
aine ja väli	0,16	0,51	0,35
astronoomia	0,20	0,72	0,52



**Joonis 2**

Nagu teiselt jooniselt näha, on mehaanikakursuse õpetamine gümnaasiumis kõige ebaefektiivsem ( $E = 0,19$ ) ja astronoomia õpetamine kõige efektiivsem ( $E = 0,52$ ).

Tehtud uuringust ei selgunud, miks see nii on, võib aga eeldada (tuginedes oma kogemusele ja teiste õpetajate arvamusele), et mehaanika eelteadmised on õpilastel paremad, mistõttu tekib nii õpilastel kui ka õpetajal illusioon, et ei olegi vaja midagi juurde õppida. Samal ajal astronoomia valdkonna suurt efektiivsust võib seletada sellega, et õpilased on sellest teemast huvitatud, neil on kõrge motivatsioon.

Nagu eespool mainitud, ei huvita artikli autoreid mitte ainult teadmiste olemasolu, vaid ka nende püsivus. Eeltesti ja järelestide tulemused on esitatud kolmandas tabelis.

**Tabel 3**

	Eeltest	Järeltest				
	$T_E$	$T_{J0}$	$T_{J1}$	$T_{J2}$	$T_{J3}$	$T_{J4}$
mehaanika	0,40	0,59	0,47	0,45	0,44	0,43
soojus	0,30	0,61	0,58	0,53	0,41	0,40
elekter	0,20	0,50	0,50	0,45	0,40	0,38
optika	0,30	0,59	0,60	0,55	0,30	0,28
aine ja väli	0,16	0,51	0,48	0,40	0,31	0,22
astronoomia	0,20	0,72	0,69	0,60	0,55	0,54

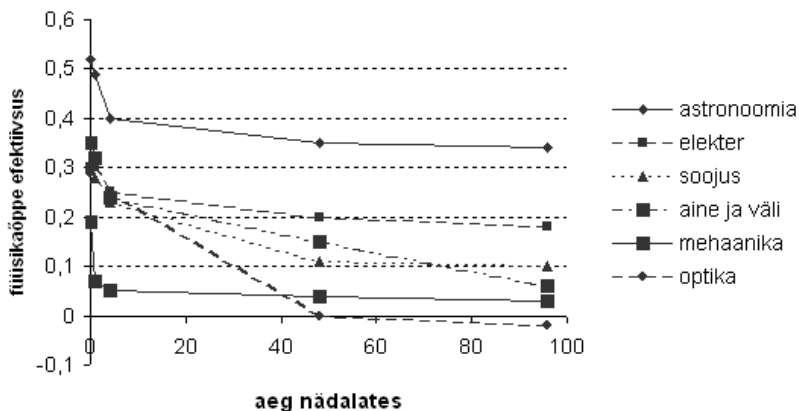
$T_{J0}$  – testi tulemus kohe pärast teema läbimist,  $T_{J1}$  – nädala pärast,  $T_{J2}$  – kuu pärast,  $T_{J3}$  – aasta pärast,  $T_{J4}$  – kahe aasta pärast

Siinse uurimistöö autoreid huvitas ka füüsikaõppe ajaline efektiivsus erinevates füüsika valdkondades. Neljandas tabelis on esitatud füüsikaõppe efektiivsus, kus efektiivsus on arvatud artikli autorite pakutud valemi abil. Kolmas graafik näitab, kui kiiresti unustatakse.

**Tabel 4**

	Efektiivsus				
	$E_0$	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$
mehaanika	0,19	0,07	0,05	0,04	0,03
soojus	0,31	0,28	0,23	0,11	0,10
elekter	0,30	0,30	0,25	0,20	0,18
optika	0,29	0,30	0,25	0,00	-0,02
aine ja väli	0,35	0,32	0,24	0,15	0,06
astronoomia	0,52	0,49	0,40	0,35	0,34

$E_0$  – õppe efektiivsus kohe pärast teema läbimist,  $E_1$  – nädala pärast,  $E_2$  – kuu pärast,  $E_3$  – aasta pärast,  $E_4$  – kahe aasta pärast



Joonis 3

Kolmandalt jooniselt on näha, et kõige püsivamad teadmised on õpilastel astronoomia ja mehaanika vallas. Kõige kiiremini unustatakse õpitut esimese aasta jooksul. See, mida pärast aastat mäletatakse, säilib tõenäoliselt ka hiljem.

Kuna kõik relaksatsiooniprotsessid kulgevad looduses eksponent-funktsiooni kohaselt, siis on ka siin efektiivsuse vähenemist kirjeldavad eksponentfunktsioonid arvatud kujul  $E = E_0 e^{-kt}$ , kus  $E_0$  on algefektiivsus ehk efektiivsus vahetult pärast õppimise lõppu ja  $k$  on unustamiskoeffitsient, mis näitab selle ajavahemiku pöördväärtust, mille korral  $E$  väheneb  $e$  korda (2,7 x).

### Tulemused on järgmised

$$\text{astronoomia: } y = 0,46e^{-0,004x}$$

$$\text{elekter: } y = 0,28e^{-0,005x}$$

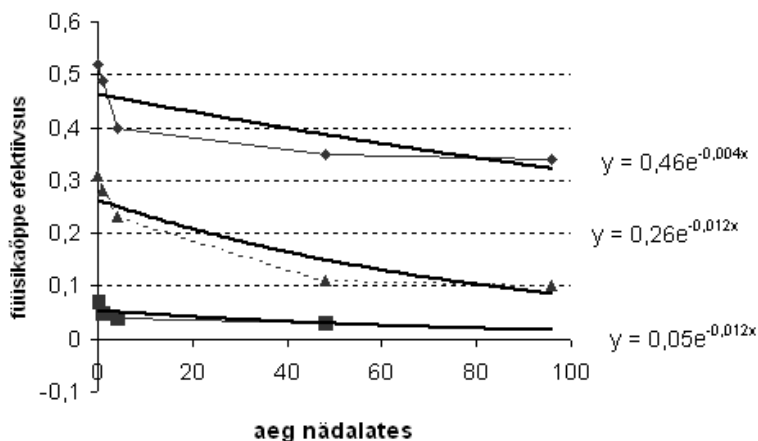
$$\text{soojus: } y = 0,26e^{-0,012x}$$

$$\text{aine ja väli: } y = 0,31e^{-0,017x}$$

$$\text{mehaanika: } y = 0,09e^{-0,012x}$$

$$\text{optika: } y = 0,22e^{-0,067x}$$

Neljandal joonisel on esitatud eksponendid astronoomia, soojuse ja mehaanika kohta:



Joonis 4

Selleks et teha kindlaks need tegurid, mis võiksid oluliselt mõjutada õppeefektiivsust, töödeldi kõiki andmeid korrelatsioonianalüüsi meetodiga. Analüüsi tulemustest võib teha järgmised järeldused. Esimese tugeva korrelatsioon õppeasutuse ja efektiivsuse vahel, vastav korrelatsiooninäitaja oli  $r = 0,86$ . See näitab, et gümnaasiumiõpilased õppisid tunduvalt efektiivsemalt kui kutsekoolide õppurid. Esmapilgul võib see tulemus tunda triviale, kuid seda on põhjust siiski eraldi rõhutada. Kutseharidus on võrdsustatud gümnaasiumiharidusega, pärast kutsekooli lõpetamist on õppuril õigus sooritada füüsika riigieksam ja minna edasi õppima. Gümnaasiumi ja kutsekooli õppekavad on üldjuhul samad ja ka aega teemade läbimiseks samapalju.

Mis siis ikkagi põhjustab väikse õpetamise efektiivsuse? Eeldatavasti on üheks põhjuseks see, et üldjuhul tulevad kutsekoolidesse need õpilased, kes ei ole pääsenud gümnaasiumi, s.t õpilased, kelle õppeedukus on tunduvalt madalam. Teiseks põhjuseks on ehk see, et kutseõppeasutustes toimub õppetöö perioodide kaupa, s.t kogu teema või kursus läbitakse lühikese aja jooksul (üldjuhul üks füüsika valdkond viie nädalaga, gümnaasiumis on selleks ette nähtud neli-viis kuud) ja õppetöö on väga intensiivne. Seda argumenti toetab siinne uuring – füüsika õpetamise efektiivsus kohe pärast teema läbimist oli ainult 10% väiksem kui gümnaasiumiõpilastel, aga järgmistel etappidel langeb efektiivsus järsult, sõltumata õpetatavast valdkonnast. See tähendab, et probleem on teadmiste püsivuses. Arvatavasti õpivad õpilased järgmise skeemi järgi: õpin – vastan – unustan. Kolmandaks põhjuseks on see, et kutseõppeasutustel on tavaliselt prioriteediks erialaained, nn üldained jäävad tagaplaanile ja motivatsioon nende

õppimiseks on madalam. Artikli autorite arvates peab kutseõppeasutustes olema üldainete õpetamine efektiivsem just sellepärast, et seal on õpetatav aine võimalik seostada tulevase erialaga. Selle eesmärgi saavutamiseks peab õpetaja tegema palju tööd, mida toetavad rakenduslikud ülesanded, labori- ja uurimistööd.

Tugev positiivne korrelatsioon oli järgmiste tunnuste vahel. Poisid vastasid õigemini küsimustele, kus oli joonis või graafik:  $r = 0,73$ . Gümnaasiumis õppivate tüdrukute tulemused olid parimad mehaanika ning aine ja välja teemavaldkonnas: vastavad korrelatsiooninäitajad on 0,7 ja 0,55. Tasub mainida, et võrreldes kutsekooli neidudega oli gümnaasiumis õppivate tüdrukute efektiivsus optika teemavaldkonnas 38% suurem.

Rühmades, kus õpetaja teeb palju laboritöid, on teadmised püsivamad:  $r = 0,6$ . See number ei ole küll väga suur, aga näitab positiivset tendentsi.

Huvitava tulemusena ilmnes, et poistel, sõltumata sellest, kas nad õpivad gümnaasiumis või kutsekoolis, on õppe-efektiivsus suurem, kui õppetöö käigus tehti arvutialaseid uurimis- või laboritöid:  $r = 0,71$ .

Rühmades, kus õppetöö käigus rohkem kui 50% ajast kulutatakse ülesannete lahendamisele, ei olnud efektiivsus suurem kui teistes rühmades:  $r = 0,26$ . Tulemus oli huvitav just sellepärast, et artikli autorite hüpoteesi kohaselt peaks ülesannete lahendamine suurendama füüsika õpetamise efektiivsust. Arvatavasti oli siin tegu nn ülesannete formaalse lahendamisega, kuid seda tuleb veel põhjalikult kontrollida, kas ülesannete lahendamine kasutatud meetodika<sup>31</sup> järgi suurendab efektiivsust.

Tugev negatiivne korrelatsioon ( $r = -0,8$ ) oli soo ja nn teadmisi kontrollivate küsimuste vahel. Tüdrukud vastasid paremini küsimustele, kus oli vaja leida kas õige valem, mõõtühik või mõiste. See, et tüdrukud vastavad õigemini teadmisi kontrollivatele küsimustele, tõestab seda, et kasutatud meetodika toimus.

### 3. Füüsika õpetamise efektiivsusest KVÜÕAs

KVÜÕAs õpivad füüsikat valikainena teise kursuse kadetid. Siinne analüüs on tehtud 6.–9. põhikursuse (PK) kadettide õpitulemuste põhjal. Viiendas tabelis on esitatud kadettide füüsikaeksami hinded õppeaastate kaupa.

<sup>31</sup> Ganina, S.; Voolaid, H. 2005. Füüsikaülesannete lahendamine. Loodusainete õpetamisest koolis, II osa. Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.

Tabel 5

Õppeaasta	Kursus	Õpitulemus				
		Hinne 5 (%)	Hinne 4 (%)	Hinne 3 (%)	Hinne 2 (%)	Hinne 1 (%)
2003/2004	6. PK	20	35	45	0	0
2004/2005	7. PK	10	35	30	20	5
2005/2006	8. PK	15	25	30	25	5
2006/2007	9. PK	5	30	35	25	5

Esmapilgul tundub, et kõige tulemuslikum oli füüsika õpetamine 2003/2004. õppeaastal. Tegelikult ei ole nende tulemuste põhjal võimalik nii julget otsust teha. Üheks põhjuseks võib siin olla see, et 2003/2004. õppeaastal alles alustas õppejõud KVVÜÖAs tööd ja hindamissüsteem ei olnud veel välja kujunenud. Teiseks põhjuseks võib pidada seda, et eksamiküsimustega kontrolliti sel ajal pigem teadmisi kui oskusi. Samuti polnud sel õppeaastal alustanud rühm enne füüsikakursust teinud veel eeltesti. See tähendab, et ka õpetamise efektiivsust ei ole võimalik hinnata.

7., 8. ja 9. põhikursus tegi enne õppetöö algust eeltestid (neid on igal aastal korrigeeritud), mille alusel on võimalik arvutada õpetamise efektiivsust. Erinevalt uurimistööst, kus olid ainult valikvastustega küsimused, kasutati siin erineva raskustasemega küsimusi, kus oli vaja teha järeldusi, arvutusi ja analüüsida tulemusi. Küsimusi oli kokku 30 ja lisaks oli vaja lahendada 5 ülesannet. Küsimused olid erineva raskustasemega ning kontrollisid nii teadmisi kui ka oskusi mehaanika, soojuse ja elektromagnetismi valdkonnast.

Võrreldes 6. põhikursusega lisandub igal aastal eksamitöösse üha rohkem küsimusi erinevatest valdkondadest, kus on vaja rakendada nii teadmisi kui ka oskusi, valikvastustega küsimuse puhul on tarvis põhjendada oma valikut. Eeltesti tegemisel paluti märkida ka seda, mida õppurid ise peavad oluliseks füüsika õppimisel ja mis motiveerib füüsikat õppima. Selgus, et väga oluliseks peetakse teooria ja praktika seost: nii arvas 92% vastanutest. 77% leidis, et toeks võiksid olla rakenduslikud ülesanded; 56% arvas, et kasuks tuleksid füüsikateemaga seotud ekskursioonid. Kadettide tagasiside näitas, et füüsika õppimise motivatsiooni mõjutasid kõige rohkem ekskursioonid TÜ füüsikalaborisse – 89%, elektroonilise õppematerjali kasutamine õppetöös – 75%, teooria ja praktika seostamine loengutes ja seminarides – 77% ning jooksvad enesekontrollid pärast teema läbimist – 67%. Alates 2005. aastast on elektromagnetismi õpetamisel tehtud laboritöid arvutiprogrammi Electronic Workbench abil. Seetõttu on 8. ja 9. põhikursuse tulemused elektromagnetismi ja elektroonika vallas oluliselt kõrgemad kui 7. põhi-



kursuse omad. Mehaanika ja soojusõpetuse vallas on õpitulemused enam-vähem samad.

Järgnevalt on esitatud mõned spetsiifilised küsimused elektri teemavaldkonnast, millele võrreldes 7. põhikursusega oli antud korrektseid vastuseid. Tuleb mainida, et neid küsimusi ei olnud teooria- ega harjutustundides arutatud, kadetid tegid järeldused laboritööde põhjal.

- Vooluringi on ühendatud jadamisi kolm erineva takistusega juhti. Millise juhi otstel on pinge kõige suurem? Põhjendage.
- Pooljuhtdiodid juhib voolu vaid ühes suunas: kas päri- või vastusuunas? Miks?
- Kuidas muutub juhtme takistus, kui venitada juhet pikemaks? Põhjendage.

Soojusõpetuse vallas tuli suurem osa teooriast iseseisvalt õppida ja näidiskatsed olid tellitud TÜ füüsikalaborist. Huvitav oli tulemus, et umbes 90% 8. ja 9. põhikursuse kadetidest vastasid õigesti küsimustele, mis olid seotud vedelike seaduste ja ideaalse gaasi olekuvõrranditega. 6. ja 7. põhikursusel, kes sel teemal laboritöid ei teinud, olid vastavad õpitulemused 50% ja 52%. Järgnevalt on välja toodud esitatud küsimused.

- Kuidas vedeliku rõhk oleneb toru ristlõikest?
- Märkige, millist järgmistest nähtustest saab kirjeldada Charlesi seadusega ( $V = const$ )?
  - a. Šampanjapudel avaneb kergemini, kui seda soojendada või raputada.
  - b. Kui kokkusurutud kummiballoon (klistiiriprits) lahti lasta, siis imeb see endasse õhku.
  - c. Heeliumiga täidetud õhupall paisub õhku tõusmisel.
  - d. Kiirkeetjas (õhukindlalt suletud keedunõu) valmib toit kiiremini.
  - e. Toas täispuhutud õhupall läheb pakase käes väiksemaks.
  - f. Kõrgmägedes on vee keemistemperatuur alla 100 °C.
  - g. Õhupall läheb puhudes suuremaks.

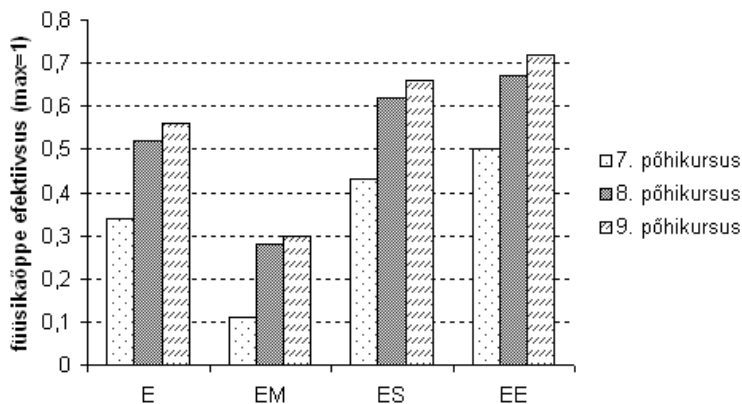
Kuuendas tabelis on esitatud füüsikaõppe efektiivsuse tulemused kogu kursuse kohta ja erinevate füüsikavaldkondade kaupa.

**Tabel 6**

Õppeaasta	Kursus	$E$	$E_M$	$E_S$	$E_E$
2004/2005	7. PK	0,34	0,11	0,43	0,50
2005/2006	8. PK	0,52	0,28	0,62	0,67
2006/2007	9. PK	0,56	0,30	0,66	0,72

$E$  on kogu kursuse efektiivsus,  $E_M$  – mehaanika efektiivsus,  $E_S$  – soojusõpetuse efektiivsus,  $E_E$  – elektromagnetismi efektiivsus

Et tulemus oleks näitlikum, on esitatud ka füüsikaõppe efektiivsuse diagramm (joonis 5).



Joonis 5

Tehtud uurimuse põhjal selgus, et füüsikaõppe efektiivsus KVÜÕAs on kõrgem, kui ilmnas põhiuuringust. Seejuures tuleb mainida, et põhiuuring ei hõlmanud kõrgkoole.

Nagu kuuendast tabelist näha, oli füüsika õpetamine kõige efektiivsem elektriõpetuses ja kõige madalam mehaanikas. See tulemus toetab põhiuurimuse tulemusi (vt 2. punkti). Olgu veel kord mainitud, et soojus- ja elektriõpetuse puhul kasutati õppemeetoditena ekskursiooni TÜ füüsikalaborisse ja arvutialaseid laboritöid. Artikli autorite arvates on mehaanika õpetamise väike efektiivsus peamiselt põhjustatud sellest, et algteadmised selles vallas olid juba enne kursuse algust tunduvalt paremad kui teistes valdkondades. Seega võiks järgmisel õppeaastal täiendada mehaanika õppeprogrammi ja lisada rohkem spetsiifilisi, militaartehnoloogiaga seotud teemasid, samuti võiks rohkem kasutada teisi aktiivõppemeetodeid, näiteks probleemõpet, laboritöid jne.

## Ettepanekud füüsikaõpetajatele

Uurimuse tulemuste põhjal võib anda õpetajatele mitmeid soovitusi. Koostöös õppeasutuse tugisüsteemiga (sotsiaalpedagoogid, sotsiaaltöötajad, psühholoogid jne) peaksid füüsikaõpetajad välja selgitama, missugused on õpilaste õpistiilid. Aineõpetaja peaks enne kursuse algust tegema eeltesti, mille abil selgitab välja rühma taseme ja õpilaste eelteadmised, samuti selle,

millistele küsimustele ja teemadele on vaja pöörata rohkem tähelepanu. Soovitavalt võiks õpetaja ise teha sellise testi ja testi ei tohiks olla anonüümne, s.t tulemuseks peaks olema info kogu klassi ja iga õpilase kohta eraldi. Selle testi tulemuste põhjal saab õpetaja koostada parandatud ainekava ja vajadusel individuaalainekavad nii edukatele kui ka vähem edukatele õppuritele.

Siinjuures on ka palju ohte. Esiteks võib õpetaja püstitada endale ülesande saavutada 100%-line efektiivsus ja suunata õpilasi õppima või pähe tuupima ainult testiküsimusi. Teiseks, kui õpetaja kasutab teadmiste kontrollimiseks ainult valikvastustega teste, siis õpetataksegi vaid fakte. Seetõttu ei ole vaja kombineerida mitte ainult õpetamismeetodeid, vaid ka kontrollimeetodeid.

Pärast uurimistööd andsid üksikud õpetajad ka tagasisidet, kus nad tunnistasid, et hakkasidki kasutama artikli autorite pakutud võtteid. Enne teema juurde asumist teevad nad kas testi või kontrolltöö, mis oli planeeritud kursuse lõpuks, ning arvestavad tulemusi õpetamisel. Kursuse lõpus saavad nad pärast sama testi või kontrolltöö tegemist välja arvutada õppe-efektiivsuse.

## Kokkuvõte

Siinse uurimistöö eesmärgiks oli täpsustada efektiivsuse mõistet, leida sobiv valem selle mõõtmiseks, katsetada seda ja leida, mis võimaldab füüsika õpetamise efektiivsust suurendada.

Uurimistulemuste põhjal leiti õppe-efektiivsuse arvutamiseks sobiv valem, mida artikli autorid soovivad kasutada nii füüsika- kui ka teiste ainete õpetajatele.

Kõige paremini sobib efektiivsuse arvutamiseks valem

$$E = T_j - T_e,$$

kus  $E$  on õppe efektiivsus;

$$T_e = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N \cdot n} \text{ on eeltesti tulemus;}$$

$$T_j = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N \cdot n} \text{ on järeltesti tulemus;}$$

$N$  on vastanud õpilaste arv;

$n$  on küsimuste arv testis;

$n_i$  on ühe õpilase õigete vastuste arv.

Oma kogemuse ja füüsikaõpetajate arvamuste põhjal võib välja tuua tegurid, mis võimaldavad tõsta füüsikaõppe efektiivsust:

- õpilaste õpistiili tundmine ja sellega arvestamine;
- õpilaste teadmiste tasemega (eelteadmistega) arvestamine;
- õpetaja pädevus (nii aine kui ka pedagoogika vallas);
- õpetamismeetodi valik (oluline osa on ka laboritöödel ja ülesannete lahendamisel);
- õppetöö tulemuste kontrollmeetodi valik.

## Kirjandus

- Adojan, K.; Villako H.-A.** 2005. Arvutimodelite kasutamine põhikooli loodusainete õppes. Loodusainete õpetamisest koolis, I osa. Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.
- Darling-Hammond, L.** 2000. Solving the dilemmas of teaching supply, demand, and standards. New York: Columbia University, National Commission on Teaching and America's Future.
- Fullan, M.** 2006. Uudne arusaam haridusmuutustest. Tartu: Atlex.
- Ganina, S.; Voolaid, H.** 2005. Füüsikaõppe motivatsioon ja efektiivsus. – Õpetajate Leht, nr 8, 25. veebruar.
- Ganina, S.; Voolaid, H.** 2005. Füüsikaülesannete lahendamine. Loodusainete õpetamisest koolis, II osa. Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.
- Ganina, S.; Voolaid, H.** 2004. Põhikooli füüsika ülesannete kogu lahendustega. Tartu: Atlex.
- Ganina, S.** Küsimustik õpetajatele.  
<<http://www.eformular.com/ganinasvetlana/meetod.html>>, (31.12.2006).
- Ganina, S.** Küsimustik õpilastele.  
<<http://www.eformular.com/sganina/kysimustik/opilastele.html>>, (31.12.2006).
- Hake, R. R.** Assessment of Student Learning in Introductory Science Course, Physics Department (Emeritus), Indiana University.  
<<http://www.ecologyandsociety.org/vol5/iss2/art28/>>, (29.08.2007).
- Hammer, D.; Schifter, D.** 2001. Practices of inquiry in teaching and research. Cognition and Instruction, 19 (4). Pp. 441–478.
- Kerem, K.; Randvere, M.** 1998. Mikro- ja makromajandus. Tallinn: Eesti Haldusjuhtimise Instituut.
- Knowing what Students Know.** 2001. The Science and Design of Educational Assessment. Committee on the Foundations of Assessment. Eds. James W. Pellegrino, Naomi Chudowsky, and Robert Glaser Washington, DC: National Academy Press.
- Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile.** Tiigrihüpe.  
<<http://mudelid.5dvision.ee/>>, (29.08.2007).
- Luik, P.** 2004. Õpitarkvara efektiivsed karakteristikud elektrooniliste õpikute ja drillprogrammide korral. Doktoriväitekiri. Tartu Ülikooli haridusteaduskond.

- Mc Clain, E. J.** 1983. Do Women Resist Computers? In. The Computer Academy: Home User'Guid to Microcomputers. Ontario. Pp. 44–50.
- McLaughlin, M.; Tambet, J.** 2001. Professional communities and the work of high school teaching. Chicago: University of Chicago Press.
- Mikk, J.** 1980. Teksti mõistmine. Tallinn: Valgus.
- Mikk, J.** 2002. Ainetestid. Loengukonspekt TÜ üliõpilastele. Tartu.
- Quaiser-Pohl, C.; Lehmann, W.** 2002. Girls' spatial abilities: Charting the contributions of experiences and attitudes in different academic groups. – British Journal of Educational Psychology, No. 72. Pp. 245–260.
- Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus**, kodulehekül. Riigieksamid. <<http://www.ekk.edu.ee/riigieksamid/>>, (29.08.2007).
- Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus**, kodulehekül. Riiklik õppekava. <<http://www.ekk.edu.ee/oppekavad/index.html>>, (29.08.2007).
- Sarason, I.** 1982. The culture of the school and the problem of change. Boston: Allyn & Bacon.
- Teel füüsikastandardile. Mehaanika.** 1998. Ülesandeid 10. klassile. Tallinn: Koolibri.
- Teel füüsikastandardile. Molekulaarfüüsika.** 2000. Tallinn: Koolibri.
- Teel füüsikastandardile. Elekter ja magnetism.** 2002. Tallinn: Koolibri.
- Teel füüsikastandardile. Elektrodünaamika.** 2003. Tallinn: Koolibri.
- Teel füüsikastandardile. Aine ja väli.** 2004. Tallinn: Koolibri.
- Timpmann, K.** 2005. Katsed põhikooli elektriõpetuse teemal “Elekter kodus”. Loodusainete õpetamisest koolis, II osa. Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.
- Vabariigi Presidendi Akadeemilise Nõukogu ettekanne Riigikogule.** 19. veebruar 1998. <<http://www.ise.ee/dokumendid/oppiveesti.htm>>, (29.08.2007).

**Svetlana Ganina (MSc)**

KVÜÕA loodus- ja täppiseaduste õppetooli matemaatika-füüsika lektor

**Henn Voolaid, knD (füüsika-matemaatika)**

TÜ füüsika-keemiateaduskonna koolifüüsikakeskuse juhataja, dotsent