TARTU ÜLIKOOL
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Füüsika instituut

Indrek Linnas

ADAPTIIVSED ÕPISÜSTEEMID FÜÜSIKA ÕPPIMISEL JA ÕPETAMISEL

Bakalaureusetöö (12EAP)

Juhendaja: Kaido Reivelt, *PhD*

Tartu 2018

Lühikokkuvõte

Adaptiivsed õpisüsteemid füüsika õppimisel ja õpetamisel

Bakalaureusetöö eesmärk on koostada ülevaade adaptiivsetest õpisüsteemidest, hinnata nende potentsiaali reaalses kasutamises füüsika õpingutes ja õpetamises ning töötada välja diagnoosiva testi kaart ja näiteküsimustik ühe füüsikalise teema kohta. Püstitatud bakalaureusetöö eesmärk sai täidetud, koostati ülevaade olemasolevatest adaptiivsetest õpisüsteemidest, hinnati süsteemide potentsiaali reaalses kasutuses ning töötati välja põhikooli füüsikalisi teemasid diagnoosiv adaptiivne õpisüsteemi kaart ja näiteküsimustik.

Märksõnad: adaptiivne õpe, e-õpe, füüsika õpetamine, füüsika õpetajate puudujääk, diagnoosiv test, adaptiivne õpe füüsikas

CERCS: S281 Arvuti õpiprogrammide kasutamise metoodika ja pedagoogika

Abstract

Adaptive systems for physics teaching and learning

Objective of this bachelor thesis was to produce an overview of adaptive learning system, measure their potential for real wolrd usage for physics teaching and learning and to develop a workflow map and example questoninaries for a diagnosics test on one physics subject. Goals set for thesis were met. An overview of existing adaptive systems was made, different systems usage potential in everyday physics tutoring context was assessed and a workflow based diagnostic test for one physics subject at the primary school level was produced.

Keywords: adaptive learning, e-learning, physics teaching, shortage of physics teachers, diagnositc test, adaptive physics learning

CERCS: S281 Computer-assisted education

SISUKORD

SISSEJUHATUS 4
1 ADAPTIIVSED ÕPPESÜSTEEMID 6
1.1 Adaptiivsete õppesüsteemide loomise teoreetilised lähtekohad 6
1.2 Adaptiivsete õppesüsteemide liigitus 8
1.3 Füüsika õpetamise iseloom 10
1.4 Positiivsed ja negatiivsed aspektid 11
2 ÜLEVAADE ADAPTIIVSETEST ÕPPESÜSTEEMIDEST 13
2.1 WileyPus ORION õppesüsteem 13
2.1.1 Õppesüsteemi kirjeldus 13
2.1.2 Interaktiivne õpik Halliday, „Fundamentals of Physics“, 10e 13
2.1.3 Testid õpiku baasil 14
2.1.4 WPO hüpoteetilised arengusuunad 20
2.2 CK-12 õppesüsteem 21
2.2.1 Õppesüsteemi kirjeldus 21
2.2.2 Testid 21
2.2.3 Arengusuunad 23
2.3 Muud adaptiivsed õppesüsteemid 24
3 ADAPTIIVSE ÕPPEMATERJALI LOOMINE 26
3.1 Õpiobjekt ja selle süsteemid 26
3.2 Diagnoosiv test 30
KOKKUVÕTE 39
KASUTATUD KIRJANDUS 44

SISSEJUHATUS

Eestis valitseb puudujääk kompetentsetest füüsikaõpetajatest ning seetõttu on sellisel e-õppel potentsiaalne võimalus toetada Eesti füüsikaharidust, kasutades selleks väiksemat inimese panust (Malv, 2004).

Maailmas, sealhulgas ka Tartu Ülikoolis on erinevate pakkujate poolt lansseeritud hulgaliselt MOOC-e (*Massive Open Online Courses.)* MOOC-ide puhul on infovoog õppimise vältel suunatud õpilase poole. See tähendab, et koostatud materjalid ei kohandu iga õpilase olemuse järgi vaid on mõledud laiematele massidele ühtse ja kindla info edastamiseks. Käesolevas töös ei võrrelda olemasolevate MOOC-ide tööd ja sisu.

Viimasel kümnendil on aktiivselt tegeletud personaliseeritud, õppija individuaalset arengut arvestavad e-õppesüsteemide uurimise ja arendamisega Sellises nn adaptiivses õppesüsteemis ei ole õpilase õppeprotsess staatiliselt ja lineaarselt üles ehitatud vaid kohandub vastavalt tema valikutele, kasutades selleks erinevaid sisumaterjale ja kogutud käitumisandmeid. Kõnealused õpisüsteemid on leidnud reaalset kasutust kõrghariduses. Praktikas peetakse samuti suurimaks võimaluseks pakkuda õpilastele nende vajadusest lähtuvalt personaalset õpiteekonda. Materjali liigendamine ning võrgu koostamine väiksematest osadest teeb selle õpilastele hõlpsamini ligipääsetavaks (Anon., kuupäev puudub).

Kirjandusest võib leida hulganisti artikleid, esitlusi, arvamusi erinevatest adaptiivsetest ja traditsioonilistest õpisüsteemidest ning nende võrdlustest. Artiklitest tuuakse välja eeliseid klassikalise loengu stiilis tehtavate õppesessioonide ning pliiatsi ja paberi abil tehtavate testide vahel:

- Ajaline planeerimine - õpingud viiakse läbi hetkel, kui teemakohane vajadus on suurim, tagades võimalikult konkreetsed õpieesmärgid võimalikult sobival ajal (Parker, kuupäev puudub).
- Keskendumine puudujääkidele - adaptiivne testimine kogub suuri andmemahtusid, mille töötlemisel on võimalik tuvastada õpiraskustega õpilased (Tim Bristol, kuupäev puudub).

- Õpilase valitud õpitempo – õpingutes kandub pearoll üle õpetajalt õpilasele. Õpilastel tekib võimalus suunata ja kujundada oma õpiteekonda iseseisvalt (Nuri Kara, 2013).
- Kiirendatud tagasiside - paralleelselt testimisega toimub arvutipoolne vigade kontroll mis annab kiirendatud tagasiside (Nuri Kara, 2013).

Välja on reklaamitud ka töötavaid süsteeme, mida kasutatakse suurte riigiasutuste poolt. Näiteks NASA-s simulatsioonide läbiviimiseks, mille käigus õpetatakse ohutusnõudeid. Samuti on adaptiivsetel süsteemidel sõjaline väljund USA armees, kus toimub sõdurite koolitus ja väljaõpe asümmeetrilise sõjanduse jaoks. Kuid suurim potentsiaal on adaptiivsetel õpisüsteemidel üldhariduskoolides ja kõrgharidusasutustes, olles lisandväärtuseks õpilastele hariliku õpetamise kõrval (Learning, kuupäev puudub) (John E. Sterling, 2011).

Bakalaureusetöö eesmärk on koostada ülevaade adaptiivsetest õpisüsteemidest, hinnata nende potentsiaali reaalses kasutamises füüsika õpingutes ja õpetamises ning töötada välja diagnoosiva testi kaart ja näiteküsimustik ühe füüsikalise teema kohta.

Eesmärgi saavutamiseks on püstitatud kolm uurimisülesannet:

1. Koostada ülevaade olemasolevatest adaptiivsetest õpisüsteemidest, mis sisaldavad füüsika hariduse omandamiseks vajalikku raamistikku ja sisu.
2. Hinnata selliste süsteemide potentsiaali reaalses kasutuses.
3. Töötada välja põhikooli füüsikalisi teemasid õpetav ja kontrolliv adaptiivne õpisüsteemi kaart ja näiteküsimustik.

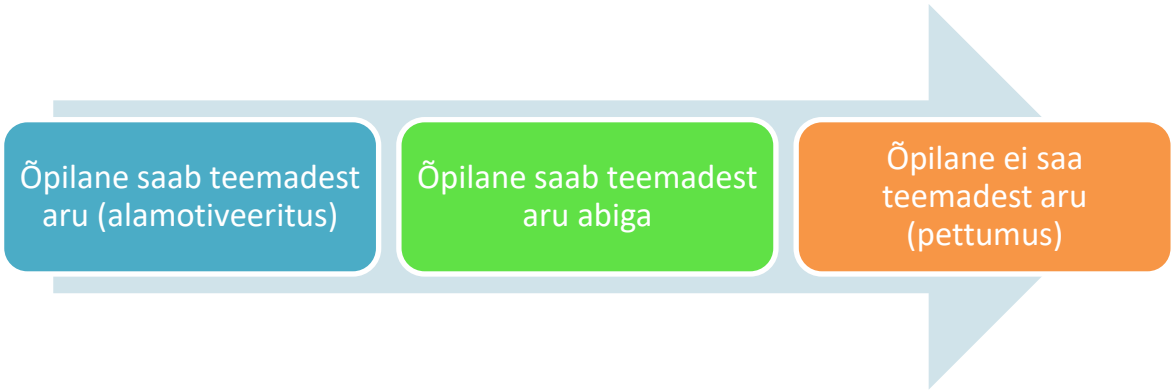
Bakalaureusetöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses kirjeldatakse adaptiivsete õppesüsteemide olemust. Teises antakse ülevaade olemasolevatest adaptiivsetest õppesüsteemidest, mis sobivad füüsika erialal kasutamiseks ning kolmandas tuuakse välja adaptiivsete õppesüsteemide arhitektuurne poole ning autori koostatud potentsiaalne adaptiivne diagnoosiv test ühe füüsikalise teema kohta.

1 ADAPTIIVSED ÕPPESÜSTEEMID

1.1 Adaptiivsete õppesüsteemide loomise teoreetilised lähtekohad

Adaptiivset õppesüsteemi defineeritakse kui platvormi või lähenemist, mille puhul toimub õpilase hindamine lähtuvalt õpilase oskustest ja tasemest. Süsteemi kasutamisel koostab arvuti reaalajas õpilase käitumisest vastavalt õppematerjali ning testide sooritamiseks vajalikud sammud. Adaptiivset süsteemi on võimalik täies mahus soetada kui karbitoodet, milles on tootja poolt ettenähtud sisu, kuid on ka avatud süsteeme, milles süsteemi loovad ja implementeerivad õpetajad. Viimaste puhul kasutatakse ära infotehnoloogia taristu erinevaid võimalusi ning kombineeritakse neid enda oskuste ja teadmistega. Adaptiivsed õppematerjalid ja testid on digitaalsed, õppides tundma kasutajat platvormi käsitlemise vältel (Patsy Moskal, 2017).

Erinevalt tavapärastest e-õppesüsteemidest on adaptiivsetele süsteemidel potentsiaal hoida ära õpilaste alamotiveeritus või pettumust, mis ilmnevad vastavalt, kui käsitletavad teemad on õppijale juba selged. Adaptiivsuse otstarve on näidata õpilasele, mida ta suudab teha ajakohase ja tasemele vastava abiga, ning mis jääks tal tegemata selle abi puudumisel. (McLaren, 2013) (Anon., 2014)



Joonis 1. Adaptiivsete süsteemide kasutamisel tulenev õpilase käitumine (McLaren, 2013)

Joonis 1 kujutab adaptiivsete süsteemide peapõhimõtet piltlikus käsitluses ja kasutustava, mida järgitakse süsteemide loomisel. Vastavalt joonisele on eesmärgiks hoida õpilast keskmises „rohelises alas“, mis omakorda vastab ka definitsioonile (McLaren, 2013).

Adaptiivsete süsteemide keskne komponent on õpiobjekt, mis omakorda koosneb ühest või mitmest sisuobjektist.

Sisuobjektiks võivad olla erinevad infoliigid (tekst, graafika, foto, video, test, arutlus) ehk sisu, mida on võimalik kasutada õpiobjekti ülesehitamisel.

Õpiobjekt (*learning object*) on sisuobjektide kogum, mille eesmärk on edasi anda teadmisi. Õpiobjektidel on vajaduspõhine sisend ning õpetlik väljund. Õpiobjektidele on võimalik viidata ning kasutada erinevate elektroonsete süsteemide poolt kasutades neid mitmekordselt (Ritzhaupt, 2010) (Todorova & Petrova, 2003). Adaptiivsetest süsteemides kulgeb õpilase õpiteekond mööda õpiobjekte. Õpiobjekt peab olema võimalikult väike, kuid omades konkreetset ja kitsast tähendust, mis annab võimaluse nende rakendamiseks võimalikult paljudes ja erinevates kontekstides (Sinclair, et al., APRIL-JUNE 2013).

Adaptiivsetes õppesüsteemides kasutatavaid õppematerjale eristab tavapärastest õppematerjalidest nende moduleeritus – iga pikem õppetükk on jagatud paljudeks õpiobjektideks. Moduleeritus ning sisuobjektide jagamine läbi repositooriumite ühendab erinevad pedagoogilised lähenemised, mis potentsiaalselt aitavad kaasa eriala rikastumisele ning läbi mõeldumate õppematerjalide loomisele. Füüsikas on kvantmehaanika esialgsel õpetamisel kaks väga erinevat lähenemist. Esimese puhul alustatakse õpetamist väiksemast kvantosakesest, milleks on kvantbitt ning teise puhul lainemehaanikast, mis on sisuliselt kvantbiti üldistamine. Erinevate lähenemiste ja praktiliste läbielamiste tagasiside pealt on võimalik kitsaskohtadest lähtuvalt tuua sisse täiustusi või üleliigset infomüra eemaldada, leides parima viisi teema käsitlusteks samas neid erinevate spetsialistide lähenemistega kõrvutades.

Adaptiivsete süsteemide loomisel kasutatavad õpiobjektid sisaldavad endas alginfot, mida kasutatakse lõplike õppematerjalide loomisel. Adaptiivne õppematerjal tuleb üles ehitada sarnasel koolitunni pedagoogilistele lähenemistele. See tähendab, et edastatav info koostatakse sarnaselt, kuid pakendatakse õpiobjekti kujule ning selle utiliseerimiseks kasutatakse adaptiivseid süsteeme. Õpiobjektide korduvkasutamisel saavutatakse sama infoga erinevad väljundid, kuid oluliselt ökonoomsemal viisil kuna info reprodutseerimine pole vajalik. Toimub info taaskasutamine. (Sinclair, et al., APRIL-JUNE 2013). Kasutades olemasolevaid õpiobjektide andmerepositooriume on materjalide ajakohasel hoidmisel rahalised kui ka ajalised

investeeringud ning kulud kordades madalamad. Kuid sealjuures säilitades esialgset kvaliteeti ja hõlbustades teadmiste kiiremat levikut (Ritzhaupt, 2010).

Adaptiivsed süsteemid on ülesehituselt liigendatavad. See tähendab, et erinevatel süsteemi osadel on kindlad eesmärgi. Sellist liigendatavad osa tuntakse moodulina. Õppesüsteemide puhul on tähtis roll õpiobjektide moodulil, mis koondab endasse erinevad õpiobjektid, mida kasutades on õpetajal võimalik koostada konkreetselt enda õppesuunale ja metoodikale vastav õppematerjal, mille sisus kasutatakse või luuakse vajaduspõhiselt kindlale standardile vastavat õpiobjekti.

Õpiobjektidest moodustub sisuobjektide raamistik (*content scaffolding)*: probleem on jaotatud mitmeks väiksemaks probleemiks ning indekseeritud. Väikseid probleemide osasid kasutatakse uute teadmiste õpetamiseks, millest puudub õpilastel veel täielik arusaam ja ülevaade. Selline lähenemine on adaptiivsete süsteemide loomisel oluline faktor kuna väiksemahulist detailidele ehitatud toetavate materjalidega on võimalik paremini utiliseerida õpiteekonda. Kord õpitud teadmised ning tehtud vead on sisendiks uutele süsteemi koostatud küsimustele kui ka materjalidele (Pugliese, 2016).

1.2 Adaptiivsete õppesüsteemide liigitus

Kirjeldatud on palju erinevaid adaptiivseid süsteeme, kuid peamistena tuuakse välja neli põhilist liigitust: algoritmiline, reeglipõhine, otsustuspuu ning masinõppesüsteem

1. Algoritmiline süsteem (*Advanced Algorithm Adaptive Systems*)

Algoritmilistes süsteemides toimub arvuti ja õpilase pidev vastandamine. See tähendab, et eelnevalt õpilase poolt omandatud teadmistele ja nende rakendusoskusele vastandatakse õppematerjalidega. Toimub pidev õppeviiside, tagasiside ja ka sisu hindamine ühe õpilase soorituse põhjal, samas kõrvutades saadud tulemusi sama õppeeesmärkida õpilase omadega. Algoritmilised süsteemid töötlevad suurel hulgal andmeid, mis kirjeldavad õpikäitumise karakteristikuid (ajalised faktorid, sooritatud klikid, teostuskatsed, käitumisiseärasused) ning seotud erinevate õpilaste profiilidega. Nimetatud andmete põhjal toimub reaalajas õpiradade koostamine ning läbitud radadele tagasiside andmine sisseehitatud andmeanalüütika põhjal. Kui

kasutav lähenemine ei anna soovitud eesmärke pakutakse alternatiivseid lähenemisi, et täita seotud õpieesmärke Pugliese, 2016.

2. Reeglipõhine süsteem (*Rules-Based Adaptive Systems*)

Reeglipõhised adaptiivsed ehk kohanemisvõimelised süsteemid kasutavad oma töös eelprogrammeeritud reeglite kogumikku, mis ei kohane igale õpilasele vastavaks. Need on disainitud eesmärgiga, kus iga õpilase peal rakendatakse temale sobilikku reeglite kogumikku. Tagasiside koostatakse alles pärast peatüki läbimist kokkuvõtvalt, mitte paralleelselt õppetööga. Iseseisva õppetöö puhul on õpiteekond järjestikuline ning lineaarne ja praktiliselt kohanemisvõimetu välja arvatud eelnevalt kirjeldatud reeglid. Reeglipõhised süsteemid ei koosta õpilaste profiile. Süsteemi poolt kuvatav õppeloogika ei muutu iseenesest vaid muudatuste tegemiseks tuleb teha neid manuaalselt, muutes esialgseid või lisades uusi reegleid (Pugliese, 2016).

3. Otsustuspuu süsteem (*Decision Tree Adaptive Systems*)

Otsustuspuu (*decision tree*): kindla väite või nähtuse kontrollimiseks on püstitatud küsimused, mis on hierarhilises järjestuses. Kontrollitava väite kõige operatiivsemaks kontrollimiseks rakendatakse välistamise metoodikat, mille puhul esimese võrdleva küsimuse tulemus kitsendab valikut edasiste otsuste tegemiseks. Vaid kahe valikuvariandiga välistav süsteemiloogika eraldab vaid ühe vastuse kuvades lõppkasutajale tulemuse.Otsustuspuu adaptiivsed süsteemid on liigituselt ja ülesehituselt ühed lihtsaimad. Harilikult on nende hinnatava objektid binaarsed ehk väljundeid saab olla kaks. Reeglipõhistest süsteemidest eristab otsustuspuud veelgi suurem staatilisus. Kasutades otsustuspuud ei toimu õpilase profileerimist vaid põhiliseks on loogika „kui see on nii, siis tee toda“ (*if this, then that*) (*IFTT*) alusel õpiteekonna koostamine. Otsustuspuu süsteeme saab kasutada soovitusi andvate süsteemide loomisel kuna IFTT loogikat utiliseerides on võimalik teha lihtsaid järeldusi õpilase valikutest ning sellest lähtuvalt anda diagnoose õpilase tasemest (Pugliese, 2016).

4. Masinõppe süsteem (*Machine Learning-Based Adaptive Systems*)

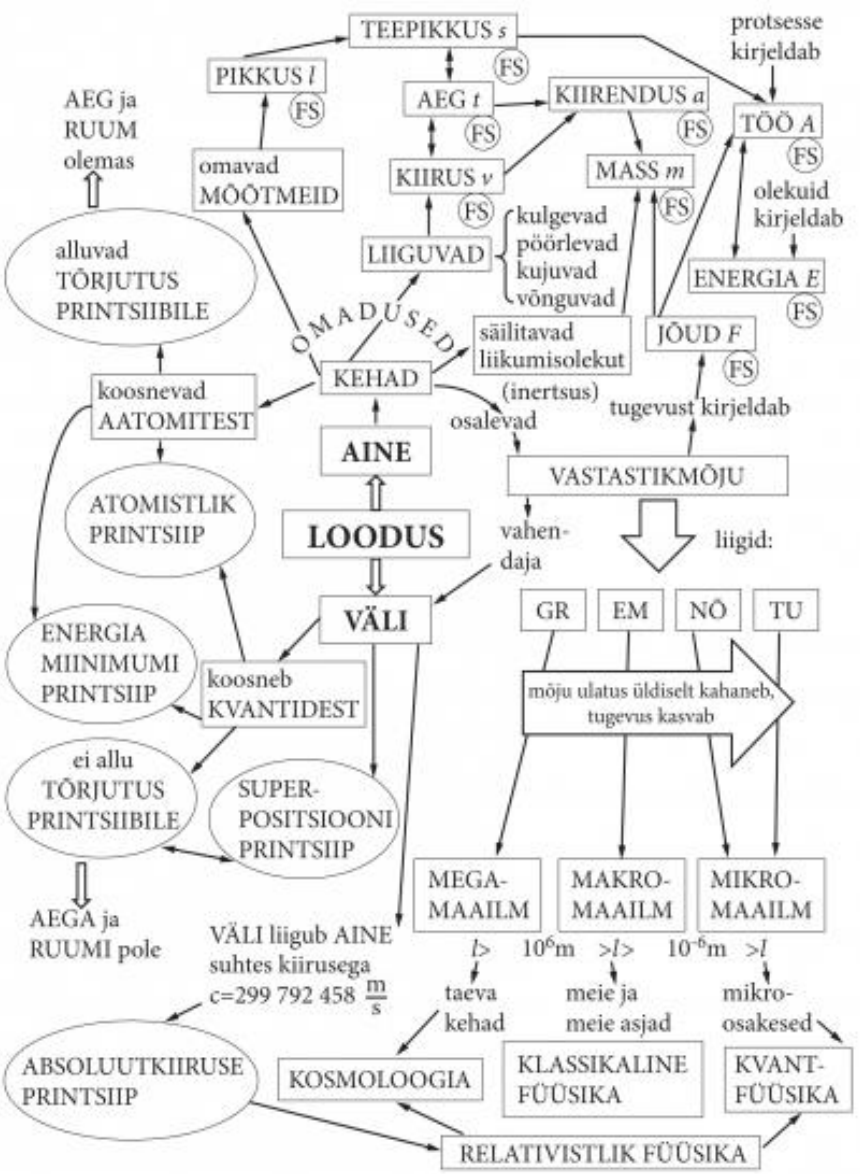
Masinõppel põhinevad adaptiivsed õpivormid on tänapäeval kõige keerukamad, millega saavutada kõrgemat sorti adaptiivsus. Masinõppele on omane mustriline tuvastus, statistiline modelleerimine, ennustav analüüs ja muud adaptiivsuse vormid. Masinõpe kasutab programmeeritud algoritme, et koostada reaalajas teaduslik tuumikinfo õpilase meisterlikkusest. Adaptiivsed platvormid kasutavad algoritme, mida tuntakse kui andmekogujaid, mis omakorda mõjutavad algoritme, millega toimub andmete kogumine õpilaste kohta, et koostada personaalseid õppeteekondi. Õppeteekonna algoritmid tegelevad ka õppeteekonnas nõutud oskuste hindamisega kontrollides nende kasutamist erinevatel aladel. Masinõppele on iseloomulik ka kasutatud võtete ja teadmiste topeltkontroll, et teha järeldusi rakendatud valikute tulemuslikkusest ning seeläbi parandada algoritmi töökindlust (Pugliese, 2016).

Adaptiivsete õppesüsteemide arendamisel soovitakse ka jõuda õpilaste sotsiaalse koostööni *(Social Interaction),* kus õpilaste omavaheline integreerumine on lähtuvalt nende õpitulemustest. Sarnaste huvidega ja tasemetega õppureid kokku suunates suurendatakse aktiivsust. Hetkel pole käesolevad süsteemid küll seda integratsiooni ära kasutanud, kuid see on vägagi suur mõjutegur adaptiivsete süsteemide kasutamisele võtmisel. Integratsioon toimib automaatselt ning kasutajal pole vajalik sekkuda. (Pugliese, 2016)

Räägitakse ka mängulisest õppetööst (*gamified learning),* mis on defineeritud, kui erinevate mänguliste elementide (reeglistik, punktisüsteem, võistlus teistega) rakendamine, et kaasata õpilasi probleemide ja ülesannete lahendamisse. (Hall, 2014)

1.3 Füüsika õpetamise iseloom

Füüsikat eraldiseisva ainena õpetada on vägagi keeruline. Tegemist on alaga, mis kombineerib endasse suurel hulgal erinevate erialade teadmisi. Kuna tegemist on loodusteadusega, siis teaduse mõjuala on sama lai, kui ümbritsev maailm. Seepärast ei saa füüsika õpetamisel piirduda murdude lihtsustamisega või teatud reeglite järgi tüüpülesannete või situatsioonide lahendamisega. Õppeprotsessi käigus peaks õppuril kujunema terviklik, kooskõlaline maailmapilt, mis aitab mõista kõikide teadmiste seotust erinevate füüsikaliste nähtuste vahel.



Joonis 2. Füüsikaliste seoste mõistekaart (Tarkpea, 2010)

Kindlate reeglite ja staatiliste andmete põhjal (joonis 2) on võimalik digitaalseid süsteeme kasutades viia läbi õpinguid, kuid ühtse maailmapildi kujundamine on oluliselt raskem.

1.4 Positiivsed ja negatiivsed aspektid

Adaptiivsete süsteemid positiivsed ja negatiivselt aspektid, mis süsteemi kasutamisel mõjutavad nii õpilast kui ka õpetajat:

Positiivsed aspektid:

- Õppematerjalid on kohandatavad (sisu, raskustase, ligipääsetavus, otstarve) vastavalt õpilasele. Sisu koostamisel saab kasutada erinevaid allikaid: videod, tekstid, pildid, dokumendid, testid.
- Loodud sisu kohandub igale õpilasele personaalselt ning antakse edasi digitaalselt.
- Puudujääkidele keskendumine tagab optimaalse ja vajaduspõhise õppimise (Kerns, 2013).
- Adaptiivsed õppevormid motiveerivad kaasatöötamist. Kasutades mängulist õppetööd on võimalik premeerida õpilast koheselt tema positiivse soorituse eest. (Parker, kuupäev puudub)
- Kiire tagasiside, mis koostub paralleelselt õppimisega.

Negatiivsed aspektid:

- Digitaalsete vahendite kasutamisel toimub tähelepanu hajumine.
- Intellektuaalse omandi piiritlemine on jagamise puhul raskendatud.
- Õpetajate ametikohtade vähenemine.
- Liigne usaldus süsteemi vea korral võib viia valede tulemusteni.

2 ÜLEVAADE ADAPTIIVSETEST ÕPPESÜSTEEMIDEST

2.1 WileyPus ORION õppesüsteem

2.1.1 Õppesüsteemi kirjeldus

Wiley Plus ORIONI® (WPO) õppesüsteem sisaldab endas erinevaid veebiõpikuid („Physics“, 10th Edition, Cutnell, Johnson, Young, Stadler,“ Fundamentals of Physics“, 10th Edition, Halliday, Resnick, „Calculus: Early Transcendentals“, 11th Edition , Howard Anton, Irl C. Bivens, Stephen Davis), mille materjali põhjal on digitaalsed õpikud ning adaptiivsed testid. Testide läbimine ning õppematerjali omandamise jaoks on kasutusel kaks eraldi keskkonda. Kasutajaliidesel on tugi ka jooniste koostamisele otse veebilehitsejas.

Õppesüsteem pakub erinevad kursuseid, millest töötati läbi litsentsita kättesaadav õpik. Valitud teemaga alustamisel tuleb esmalt anda enesehinnang alustatava teema kohta. Antud hinnangule tuginedes konstrueeritakse küsimustiku tase, mille lahendamise jooksul hinnatakse õppija sooritust ning tehakse valim järgnevate küsimuste osas. Küsimustikud on koostatud lähtuvalt kindlatest õpikute ülesehitustest. Õpetajal ei ole võimalik antud raamistikku iseseisvalt muuta, kuna WPO sisaldab endas ka mitmeid teisi õpikuid ning raamistikke erinevatelt erialadelt, mis toimivad samasugusel ülesehitusel.

Valitud kursuse põhjal läbitud testide tulemustest koostatakse automaatselt aruandeid, mida õpilased ja õpetajad saavad jälgida ning vastavalt teha parandusi enese töös.

2.1.2 Interaktiivne õpik Halliday, „Fundamentals of Physics“, 10e

Wiley Plus ORION® võimaldab läbida Halliday, „Fundamentals of Physics“, 10e õpiku interaktiivsena. See tähendab, et lisaks lugemisele on õpilasel võimalik näha käsitletavate teemade kohta audiovisuaalseid näiteid või rakendada teadmisi interaktiivsetes graafikutes. Paberkandajaga võrreldes pakub WPO platvorm hulganisti lisandväärtusi - materjali kinnistamine toimub läbi praktilise käsitluse. Lisaks õppematerjalile on kasutusel ka õpikul

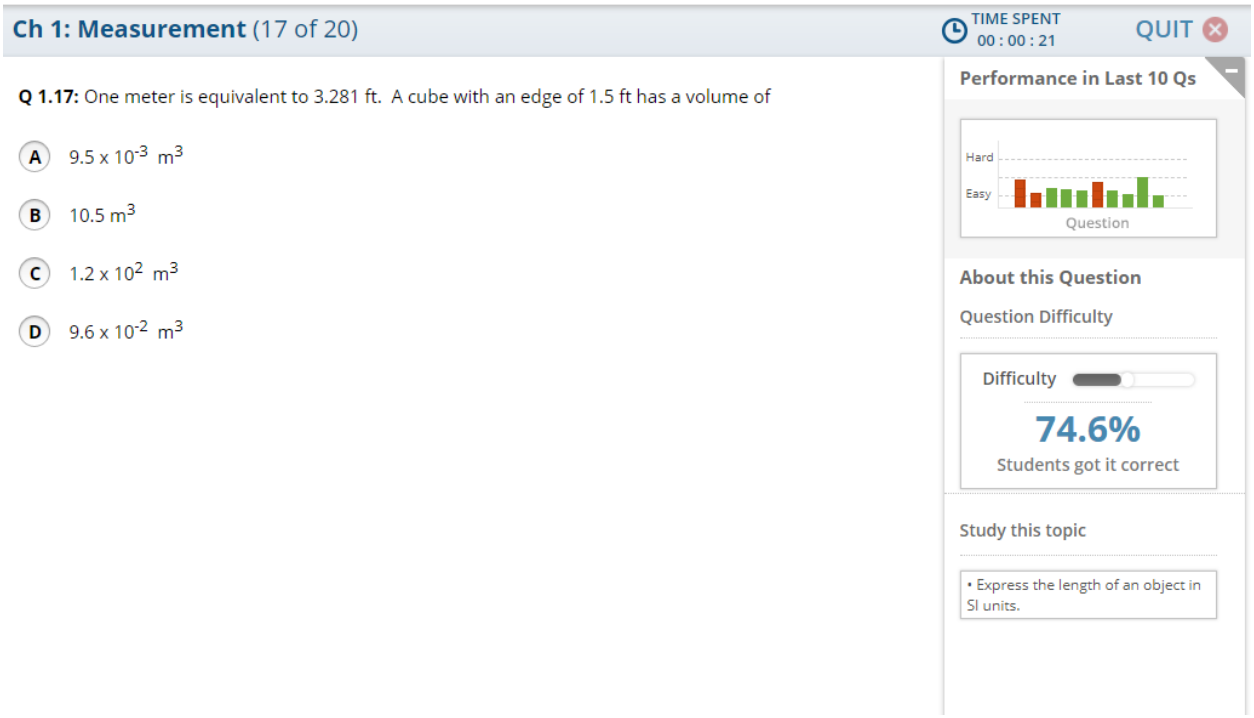
baseeruvad adaptiivsed kontrollküsimused, milles antud vastustele kuvatakse kohene tagasiside ja hinnang.

Füüsikaõpingute edukaks läbimiseks on tähtsal kohal hierarhiline õppetöö, mis eeldab, et uute teemade omandamiseks peab olema hea arusaam lisaks füüsikalistele teadmistele ka teistest loodus- ja reaalainetest – matemaatika ja keemia, mille põhjal tõestatakse ja selgitatakse mitmeid füüsikalisi nähtuseid. Näiteks on keeruline seletada tuumafüüsika olemust, omamata algteadmisi keemiast ja sealsest esmasest tööriistast - Mendelejevi tabelist. Adaptiivsuse parandamiseks ning edendamiseks peavad materjalid olema koostatud selliselt, et uute teemadega jätkamine oleks raskendatud omades puudujääke eelnevast. WPO puhul on õppetöö ning testid eraldiseisvad, mistõttu õppesüsteem ei kontrolli baasteadmiste olemasolu materjali omandamise vältel. Õppetöö puudused ilmnevad testimise käigus

Kasutades WPO-d õppematerjalina, jättes kõrvale testimise mooduli, on tegemist staatilise e-õpiku platvormiga, millel puudub adaptiivsus. Õpilase õpikäitumist materjali läbimise kestel ilma eraldi algatatud testimiseta ei jälgita. Analüüsimine ei toimu teemade lõikes - näiteks millise materjali lugemisele kulutati rohkem aega ning kas ja milliseid harjutusülesandeid sooritati. Teadmise omandamise hetkel ei tehta kontrollküsimusi, mille põhjal oleks võimalik õpilaste hindamine, mis omakorda muudab võimatuks adekvaatsete korrektiivide tegemise õpiteekonnas. Näiteks omades puudujääke Coulombi seadusest ning elektriväljadest lubab süsteem need vahele jätta ning saab alustada koheselt voolude ja takistuste teemade omandamist sarnaselt paberõpikuga, kus on võimalik keerata raamatus uus lehekülg.

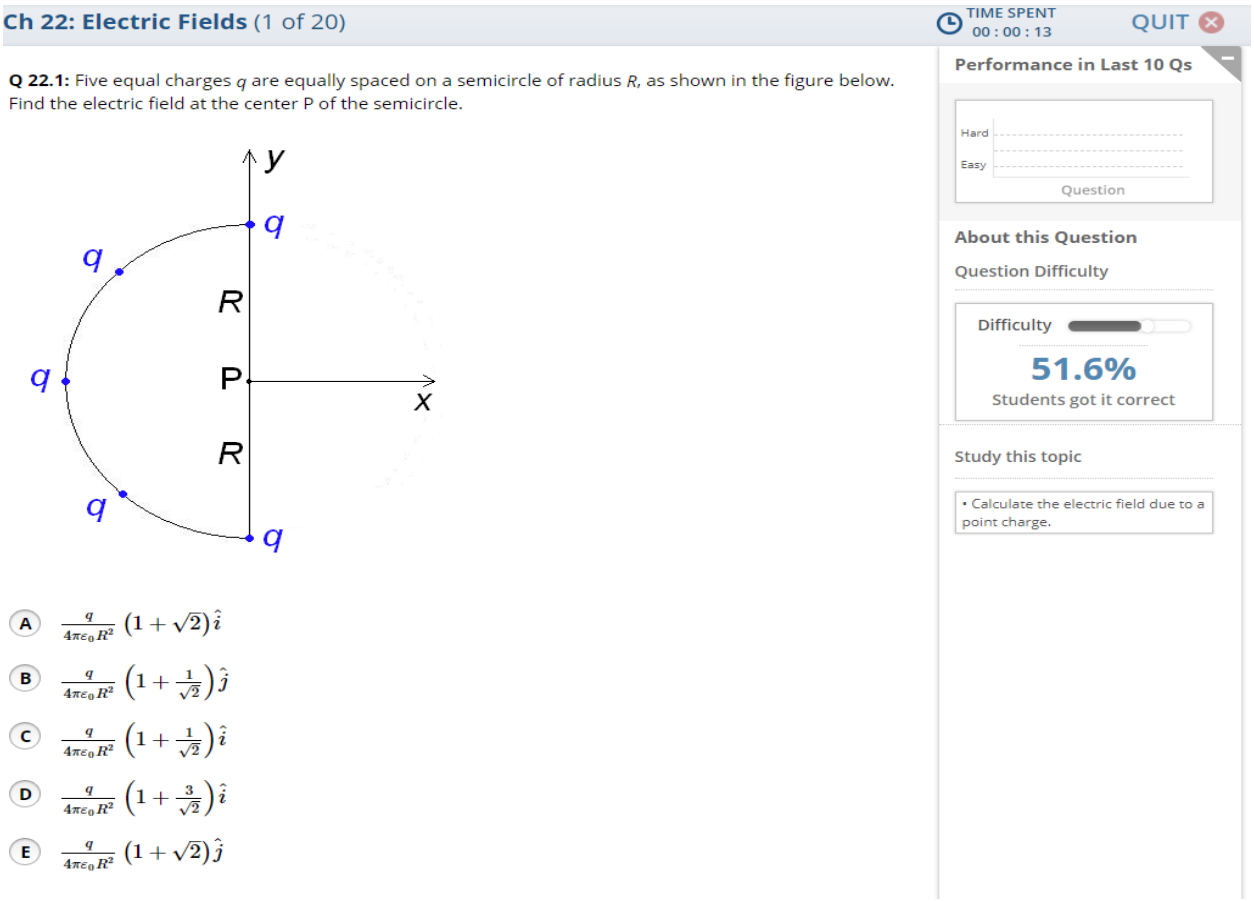
2.1.3 Testid õpiku baasil

Baasteadmiste kontroll on ORION-i süsteemis staatiline, kus küsimuste esitamisel ei jälgita vastaja käitumist.



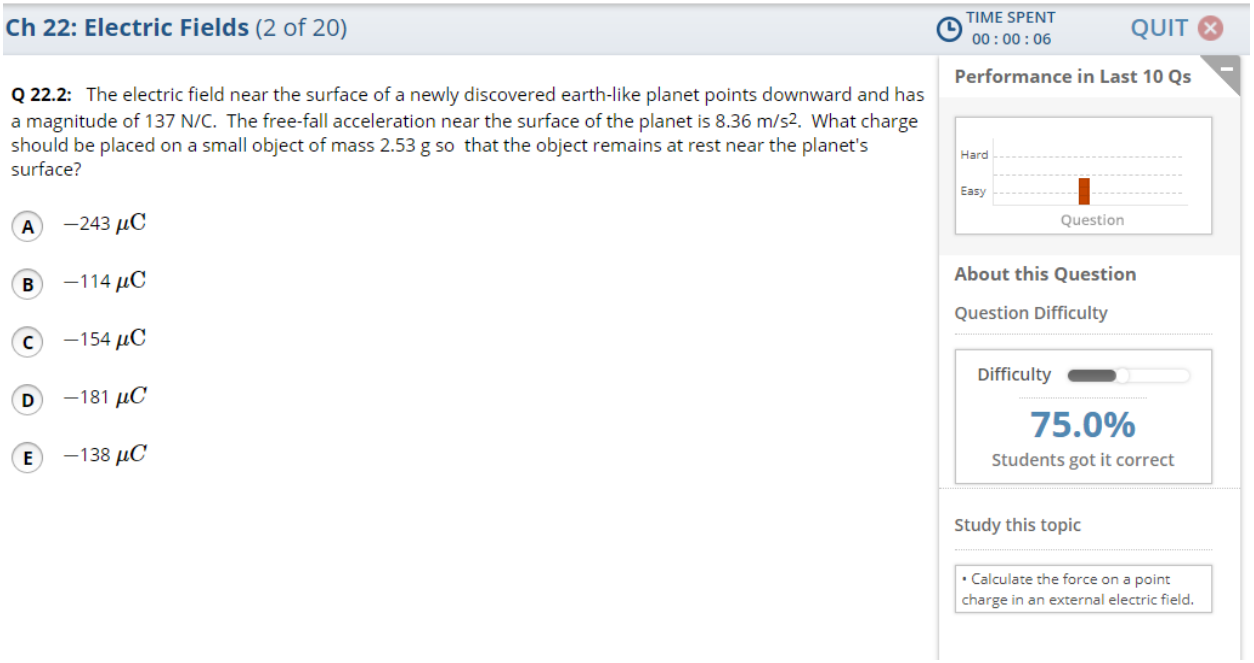
Joonis 3. Kuvatõmmis WPO adaptiivse testi küsimusest (Autori koostatud)

Raport "*Perfomance in Last 10 Qs*" ehk viimase 10 küsimuse tasemearuanne (joonis 3) näitab, et olenemata vastustest baashinnangut kujundatavatele küsimustele on üldine küsimuste tase konstantne. Sealjuures saabki kujundada õpilase n-ö ülemise ja alumise taseme näitajad, mille põhjal on võimalik luua vastaja kuvand, mis on usaldusväärseks alusbaasiks tegemaks võrdlusi samu teemasid läbivate õpilastega. Antud aspekt kinnitab fakti praktilises käsitluses, et baasteadmise kontroll ei saa olla adaptiivne ning ajas muutuv. Luues varieeruva baaspinna erinevate õpilaste tasemete võrdlemiseks, tooks see kaasa määramatushinnangute suurenemise ning kaheldava väärtusega tulemused.



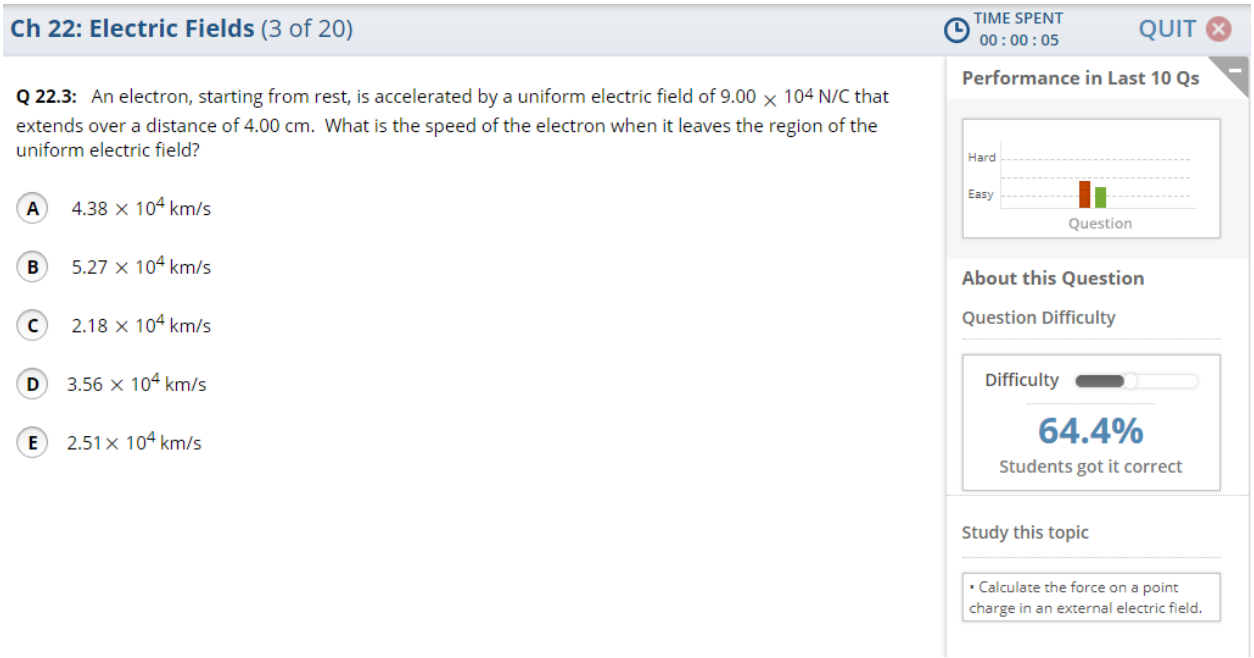
Joonis 4. Kuvatõmmis WPO adaptiivse testi küsimusest (Autori koostatud)

Iga raamatupeatüki lõpus soovitab süsteem kontrollida teadmisi teemakohase ORION-i adaptiivse testimisplatvormiga. Valitud teema kohta on raamatu autorite poolt koostatud küsimustikud, mille täitmisel kasutab süsteem adaptiivsete andmeanalüüsi tööriistu. Sealjuures analüüsides õpilase teadmisi ja käitumist. Testid põhinevad üks-ühele vastava õpiku ja peatüki materjalil. Küsimuste esialgne valik koostatakse valitud teema õpilase enesehinnangust lähtuvalt. Näiteks langetades enesehinnangut madalaimale tasemele valib süsteem küsimuse, millel on enam kui pooled – 51,6% (joonis 4) õigesti vastanud. Antud protsendi kujundamist pole avalikustatud ning sisuliselt võib pidada siiski arbitraarseks suuruseks, mis ei kinnita kuidagi adaptiivset käsitlust. Hinnangud on antud vaid lähtuvalt adaptiivsete süsteemide põhiideid rakendades.



Joonis 5. Kuvatõmmis WPO adaptiivse testi küsimusest (Autori koostatud)

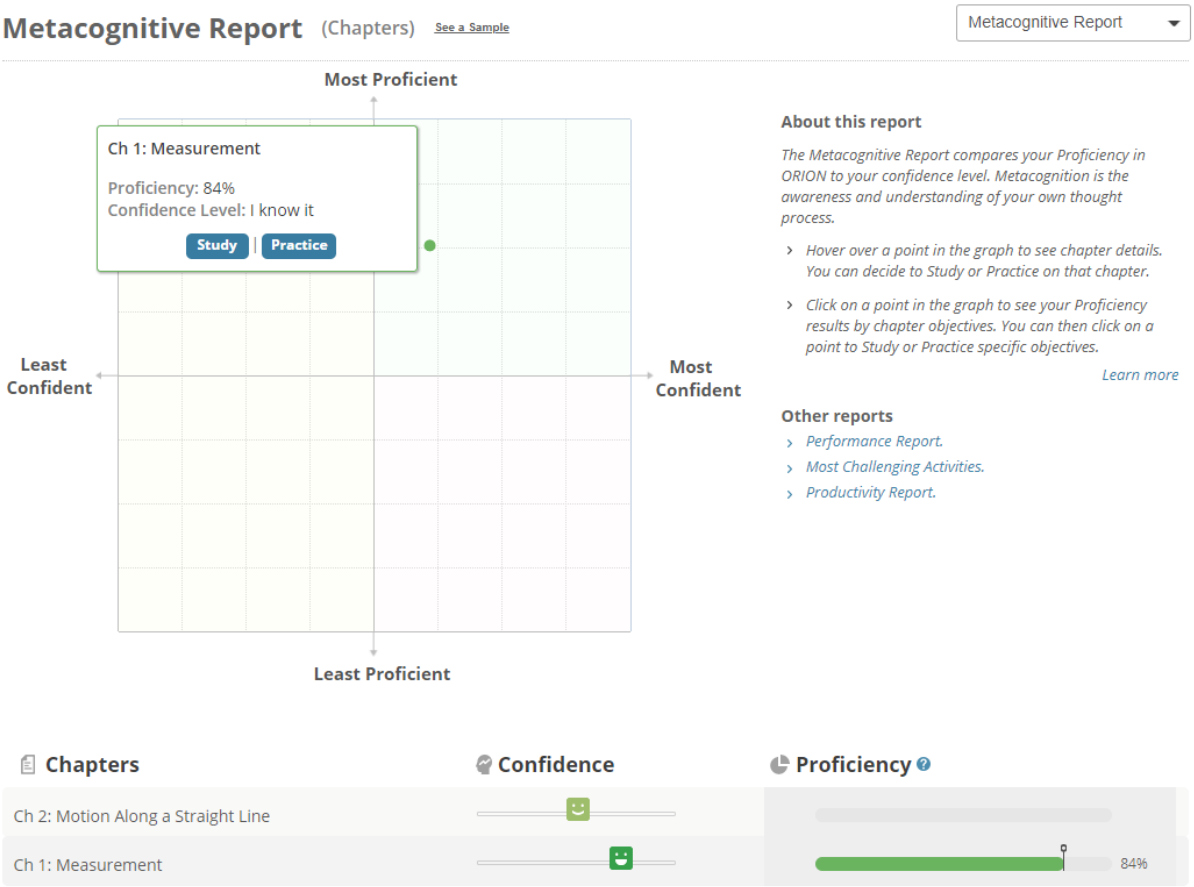
Vastates küsimusele valesti kuvatakse veelgi suurema positiivse tulemusega küsimus ORION-i teegist. Näiliselt toimub testi vältel (joonis 5) pidev kohanemine õpilase käitumisega, valides jõukohased küsimused igale õpilasele, täitmaks adaptiivse süsteemi primaarseid nõudeid, mis on välja toodud peatükis 2. Samuti valitakse küsimusi, mille lahendamine on olnud teistele õpilastele jõukohane. Vastajate seast joonistuvad välja tasemegrupid. Lähtuvalt sellest on võimalik koostada võimalikult personaalse lähenemised, mis parandaksid iga tasemegrupi puudujääke vastavalt vajadusele.



Joonis 6. Kuvatõmmis WPO adaptiivse testi küsimusest (Autori koostatud)

Vastates küsimusele õigesti kuvatakse küsimus, mille korrektsete vastuste protsent on madalam. Käesolevatest näidetest (joonis 6) selgub, et füüsika õpiku põhjal loodud adaptiivsed testid on võimelised kohanduma õpilase valikutele ja tulemustele kasutades selleks infot, mis on eelnevate testijate pealt kogutud.

Peale testi(de) sooritamist kuvatakse enesehinnangu versus oskuste aruanne (*metacognitive report)*. Iga küsimuse vastamisel on võimalik õpilasel anda hinnang, kui kindel ta oma vastuses on. Antud info põhjal joonistub aruanne, mis annab tagasisidet nii õpilasele kui õpetajale testis antud vastuste enesekindluse kohta tuues välja oskuste üle- või alahinnangud.



Joonis 7. Kuvatõmmis WPO adaptiivse testi raportist (Autori koostatud)

Joonisel 7 tuleneb, et testi sooritamise käigus on hinnatud oma vastuseid enesekindlalt. Õpetajatel on võimalik teha järeldusi õpilaste oskustasemest. Aruande põhjal on näha ka võimalikud juhuslikult saadud õiged vastused.

WPO adaptiivsuses mängib rolli kohene tagasiside. Uuringutest on selgunud, et võimalikult lühikese viivitusega tagasiside on õpilastele kõige kasulikum, kuna on koheselt seostatav vastatud küsimustega ning läbitud teemadega (Hattie & Timperley, 2007). Paberkandjal sooritatud testide tagasiside ei ole kunagi nii operatiivne, kui adaptiivsete ning arvuti poolt kontrollitud testide puhul, mis omakorda avaldab positiivset mõju õpitulemustele. Autori arvates peaks see hästi sobima tänapäeva noortele, kes tahavad on töö kohta kiiret tagasisidet.

2.1.4 WPO hüpoteetilised arengusuunad

Tulenevalt sisupõhisest platvormi loomusest on piirangud seotud konkreetsete õppetööks vajalike õpikutega. Puudub võimalus õpiku sisu mingilgi viisil muuta. Rahvusvahelise platvormina on WPO koostatud inglise keeles, mis raskendab selle laiaulatuslikku levikut koolides, kus ei kasutata inglise keelset õpet. Potentsiaalse väljundina võiks olla tõlgete tugi platvormile, hõlbustades selle levikut ilma, et autorid peaksid panustama sisutootmisesse vaid piisaks sellest, kui platvormi kasutada sooviv õppeasutus tõlgib selle ise endale sobivasse keelde.

WPO adaptiivsel õppesüsteemil tekib märgatav puudujääk tervikliku maailmapildi kujundamisel ja selle edasiandmisel. Õppeprotsessi käigus peaks õppuril kujunema terviklik, kooskõlaline maailmapilt, mis aitab mõista kõikide teadmiste seotust erinevate füüsikaliste nähtuste vahel. Kuna materjali ülesehitus põhineb kindlatel reeglistikel ei ole ka osaliselt loominguline õppetöö kujundamine võimalik.

WPO võiks keskenduda ühele arengusuunale, mis hõlmab visuaalset programmeerimist. Erinevalt valikvastustest oleks õpilase kasutuses erinevad komponendid, mis on tükid ühest terviklikust lahendusest, millest on võimalik koostada lahenduskäik. Seeläbi on võimalik lahenduskäiku kontrollida etapiliselt. Mõõtes iga etapi lahendamiseks kuluvat aega, sisestusi ja parandusi saame profileerida õpilasi ning luua arvutile täpsemat kuvandit. Blokilise ülesehitusega vastused on masinloetavad, luues võimaluse sooritada teste ka kontrollitavate lahenduskäikudega. Õpilase pakutavast lahenduskäigust ning hilisemast analüüsist saame teha järeldused. Antud lahenduse puhul saab suuremas osas välistada juhuslikkuse valiku tagajärjel saadud õigete tulemuste osakaalu.

WPO puhul ei ole tegemist parima adaptiivse lahendusega, kuna õpilase ja õpetaja valikud piirduvad vaid õpikutega ning ei toimu õpilase puudujääkide diagnoosimist ja sellekohast automaatset juhendamist. Toimub vaid konkreetsetele alateemadele antud vastuste võrdlus WPO platvormi poolt eelnevalt salvestatud andmete põhjal. WPO süsteemi kasutanud füüsika õpilaste seas läbi viidud võrdlusest väljendub üldine arusaam – õpilased, kes panustasid rohkem õppimisele, said ka paremad tulemused (Basitere & Ivala, 2017). Antud väide ei anna alust hinnata WPO süsteemi, kui head adaptiivset lahendust õpitulemuste parandamisel.

2.2 CK-12 õppesüsteem

2.2.1 Õppesüsteemi kirjeldus

Ck12.org on õpilastele kui ka õpetajatele suunatud e-õppe platvorm. Keskkond on mõeldud adaptiivse testide ja interaktiivsete õpikute loomiseks alg- ja keskkoolidele. Kasutada saab ka juba kolmandate isikute loodud materjale, mille jagamise on autor heaks kiitnud. Selliseid materjale leiduv CK-12 keskkonnas hulgaliselt ja ka erinevatest valdkondades.

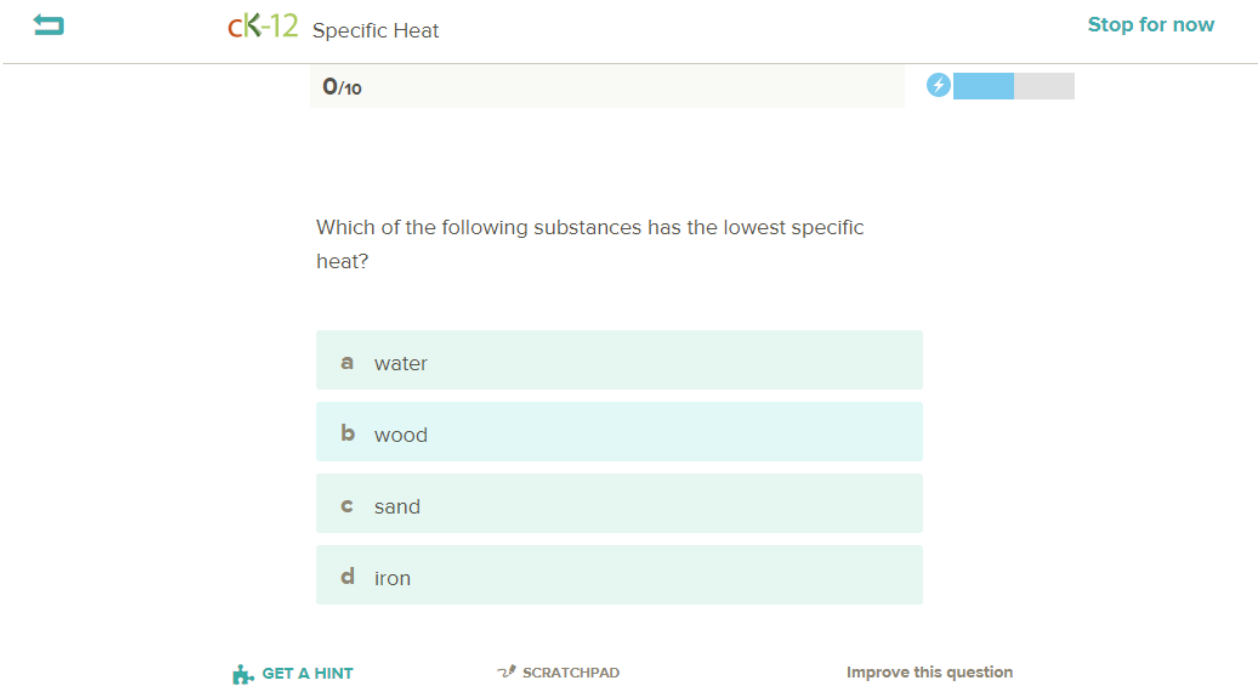
Õpetaja poolne platvorm koondab endasse kõik vajalikud tööriistad koostamaks õppematerjale ja teste. Õppematerjalid on üles ehitatud modulaarsele struktuurile. Õpetajale on kasutada repositoorium erinevatest õpiobjektidest, millest on võimalik koostada tema visioonist lähtuv õppematerjal. Avatud süsteemile kohaselt loob adaptiivsuse reeglid materjali autor.

Õppematerjalide õpiobjektid on osaliselt koostatud süsteemi autorite poolt, kuid täisväärtusliku materjali loomiseks tuleb ka ise panustada objektide loomisesse. Koostatud materjale saab jagada teiste platvormi kasutajatega, mille tulemusena tekivad kontsentreeritumad ja personaalsemad õppevahendid, millesse saavad panustada mitmed süsteemi kasutajad. Lisaks tekstikujul loodavale sisule saab õppematerjale rikastada ka meediaga nagu näiteks videod ja pildid.

2.2.2 Testid

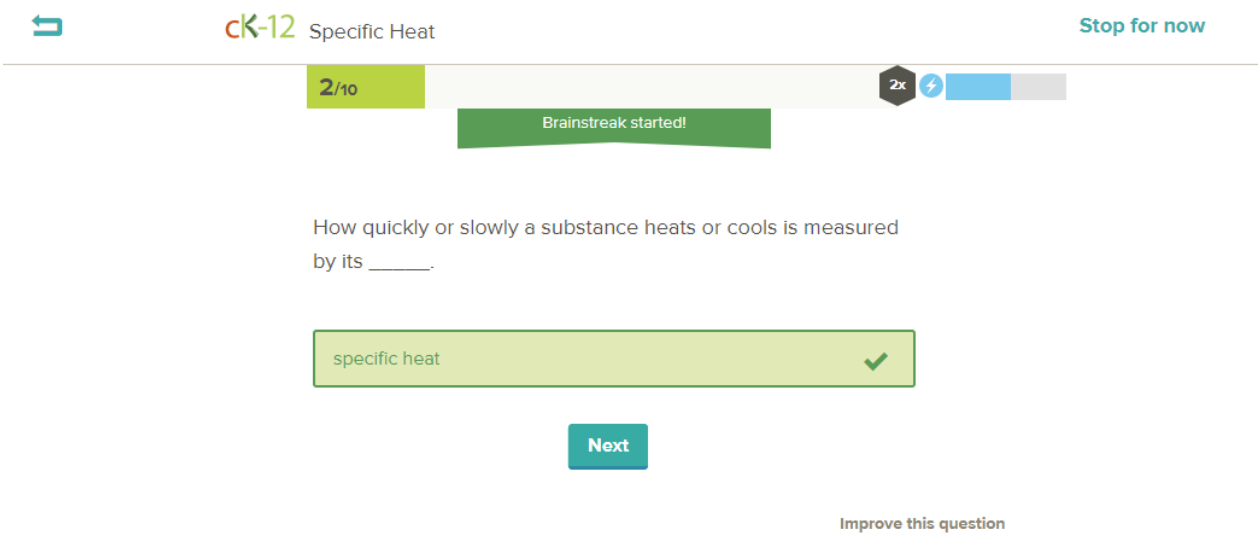
CK-12 platvormi testide ülesehitus põhineb otsustuspuu loogikal. See tähendab, et ei toimu pidevat õpilaste andmete töötlust ja võrdlemist erinevate olemasolevate andmetega vaid valitakse küsimusi teegist *IFTT* loogika alusel. Ainult otsusupuu loogikat kasutades ei utiliseerita kogu potentsiaali, mida kogutud ja ka siestatud andmete pealt kasutada saab. Õpilaste hinnangud toimuvad vaid õigete ja valede vastuste põhjal. Hindamisele ei anta lisaväärtust psühholoogiliste parameetrite (enesekindlus), kaasamisega nagu seda tehakse eelnevalt mainitud WPO-süsteemi puhul.

Küsimustele vastamisel oodatakse õpilaselt vaid ühte kindlat valikut või sõnalist lüngatäidet. Täites lünki on aga võimalus vastuse mitmeti mõistmiseks, mis on suurimaid vigu adaptiivsete süsteemide puhul andmete kogumises.



Joonis 8. Kuvatõmmis CK-12 adaptiivse testi küsimusest (Autori koostatud)

Paralleelest küsimustele vastamisega hinnatakse õpilase taset korrektsete vastuse pealt (joonis 8). Vastates järjestikuliselt küsimustele õigesti premeeritakse õpilasi kõrgemate punktidega, kuid sellega süsteemi adaptiivne hindamine piirdub.



Joonis 9. Kuvatõmmis CK-12 adaptiivse testi küsimusest, suurendatud punktid (Autori koostatud)

Õpilase hindamine toimub paralleelselt küsimustele vastamisega (joonis 9), kuid võrdlus teiste sama küsimust sooritanud vastajate andmetega puudub. Adaptiivsuse parandamiseks on töödeldavate andmete hulk liiga väike ning platvorm killustunud. On näha, et otsustuspuu põhimõttel töötavatel süsteemidel on puudujäägid masinõppe või algoritmiliste süsteemide ees. Kuna nõutud käigud programmis on ette nähtud juba programmi looja poolt kuid seal puudub andmemudelite loomine, mille puhul toimuks õpilase võrdlemine sarnaseid õpiobjekte läbinud õpilaste tulemustega. Samas on otsustuspuu süsteemid koheselt kasutatavad ega vaja n-ö õppimisaega. Otsustuspuu loogikal olevaid süsteeme on võimalik luua ka masinõppivaks ehk aja jooksul vastavalt kogutud infole teha õpirajad dünaamiliselt muutuvaks (Preda, 2007).

2.2.3 Arengusuunad

Ck-12.org platvormil on arenguks hulgaliselt võimalusi. Tegemist on litsentsivaba platvormiga, mis on mõeldud õppimist abistavaks süsteemiks. Litsentseeritud sisuga õppesüsteemidest eristab võimalus luua vabalt valitud temaatika kohane materjal, mida saab jagada teiste süsteemi kasutajatega. Jagamine toimub valmis õppematerjali kujul (testid, juhendid, ülesanded), kuid

mitte õpiobjekti tasemel. Kolmandate isikute poolt loodud teste on võimalik kohandada igal süsteemi kasutajal vastavat õigust omades. Kahjuks ei toimu testide läbimisel õpilase psühholoogiliste karakteristikute (enesekindlus, huvi) määramine. See aga vähendab testide väärtust õpetaja silmis. Läbitavates testides ei muutu ülesehitus ja teekond küsimustele antud vastustest. Pakutakse vaid võimalust ebaõnnestunud küsimusi korduvalt sooritada. Suureks tagasilöögiks on võimalus koostada teste mitmetähenduslike küsimustega. Tulemuseks on üheselt kontrollimatud vastused. Arvutisüsteemidega kontrollides pole võimalik mitmeti mõistetavaid vastuseid kontrollida, mis omakorda muudab antud süsteemi ebamugavaks vahendiks füüsikaõpingute omandamiseks.

2.3 Muud adaptiivsed õppesüsteemid

Adaptiivsete süsteemide leidmiseks kasutati Google otsingumootorit erinevate märksõnadega, näiteks „adaptive testing“, „adaptive learning platform“, „adaptive assessment platform“. Leida võis mitmeid platvorme, mille reklaamlause väitis, et tegemist on adaptiivse süsteemiga. Samuti leidus ka viiteid erinevatele arvustustele, milles oli osaliselt kirjeldatud süsteemi tööd.

1. Brightspace (Desire2learn & Knowillage Leap);
2. Smartsparrow;
3. Mcgraw-Hill Education;
4. CCKF;
5. Pearson & Knewton;
6. Scootpad;
7. Macmillan Science And Education;
8. Dreambox Learning K-8´;
9. MapleSoft – Möbius.

Otsingutulemustest selgus, et sarnastele eesmärkidele püsititatud süsteeme on saadaval palju. Reklaamides end kui adaptiivse süsteemina, kuid õppimisvõimelise adaptiivsuse kontrolli pole

võimalik teostada ilma kasutajalitsentsi omamata. Lisaks on tegemist ka osaliselt geograafilise blokeeringuga.

3 ADAPTIIVSE ÕPPEMATERJALI LOOMINE

3.1 Õpiobjekt ja selle süsteemid

Õpiobjekt võib olla ükskõik milline elektrooniline või mitteelektrooniline informatsioon, mida on võimalik kasutada või sellele viidata elektroonsetes õpiobjektide süsteemis ühe korra või korduvalt. (Ritzhaupt, 2010) (Todorova & Petrova, 2003). Õpiobjekt peab olema võimalikult väike, kuid sellel peab olema konkreetne ja kitsas rakendusala, mis annab võimaluse selle rakendamiseks erinevates kontekstides (Sinclair, et al., APRIL-JUNE 2013). Üldises käsitluses on teada, et õpiobjektil peab olema õppija jaoks kindel tähendus ja hariduslik eesmärk (Valk, 2008).

Õpiobjektide kirjeldamiseks kasutatakse erinevaid lisaandmeid, mille abil on võimalik objekte klassifitseerida ning omavahel siduda. Selliseid lisaandmeid nimetatakse metaandmeteks (*metadata*). Metaandmete abil lihtsustatakse õpiobjektide hilisemat leidmist andmebaasidest, mis omakorda aitab kaasa õpiobjektide korvuskasutamisele. Ilma metaandmeteta oleks suurtest andmemahtudest vajaliku info kogumine ning töötlemine raskendatud.

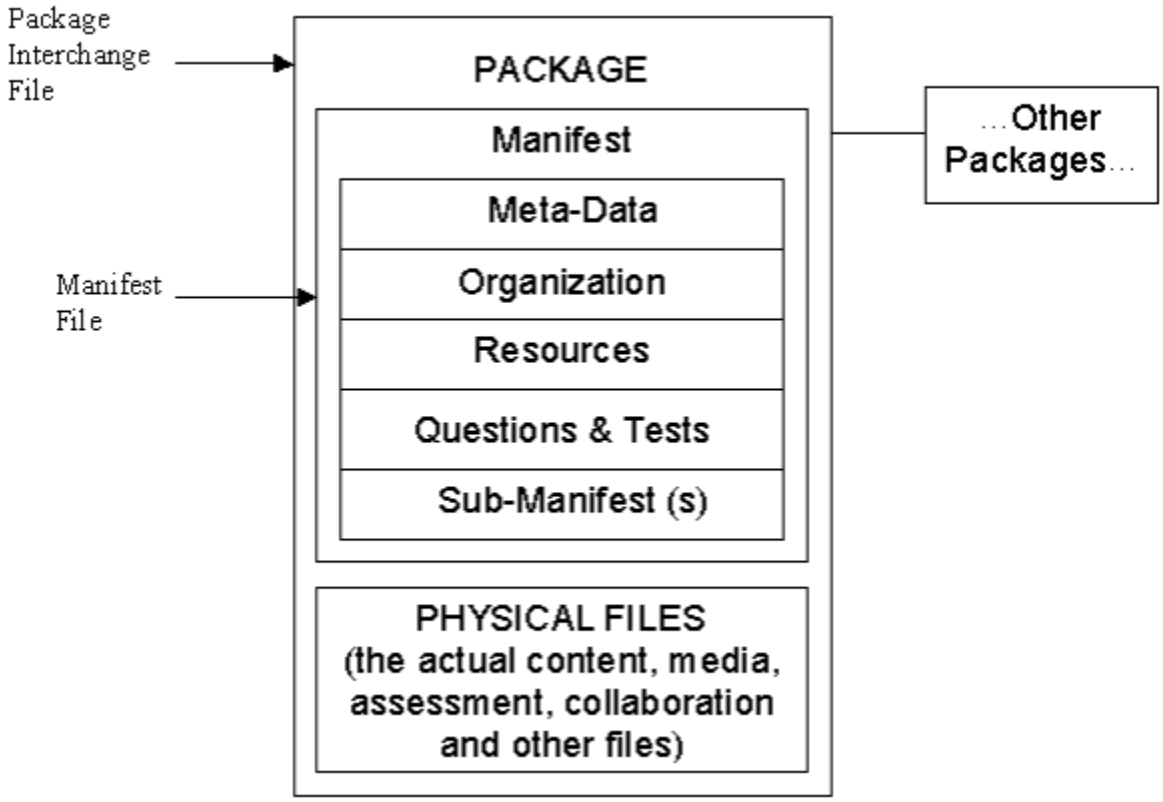
Tabel 1. IEEE LTSC LOM Standard ja SCORM standardi metaandmed (Todorova & Petrova, 2003)

<table>
<tr><th>Üldinfo</th><th>Tehniline</th><th>Pedagoogiline</th><th>Halduslik</th><th>Side ja ühilduvus</th><th>Meta-metadata</th><th>Elu-tsükkel</th><th>Märkus</th></tr>
<tr><td>Tunnus</td><td>Formaat</td><td>Pakutava hariduse tüüp</td><td>Kirjeldus</td><td>Kirjeldus</td><td>Tunnused</td><td>Versioon</td><td>Inimene</td></tr>
<tr><td>Pealkiri</td><td>Suurus</td><td>Interaktiivsuse tase</td><td>Autor</td><td>Ühilduvustüübi identifikatsioonid</td><td>Panustavad osad</td><td>Staatus</td><td>Kuupäev</td></tr>
<tr><td>Keel</td><td>Asukoht</td><td>Tase</td><td>Maksumus</td><td rowspan="8"></td><td>Skeema metaandmed</td><td>Panus</td><td>Kirjeldus</td></tr>
<tr><td>Kirjeldus</td><td>Süsteemi nõuded</td><td>Keeleline tase</td><td>Piirangud</td><td>Keel</td><td rowspan="7"></td><td rowspan="7"></td></tr>
<tr><td>Märksõnad</td><td>Tüüp</td><td>Sisu</td><td rowspan="6"></td><td rowspan="6"></td></tr>
<tr><td>Katvus</td><td>Nimi</td><td>Kestvus</td></tr>
<tr><td>Ülesehitus</td><td>Versioonid</td><td>Raskusaste</td></tr>
<tr><td>Sidusus</td><td rowspan="2">Kestvus</td><td>Õppeaeg</td></tr>
<tr><td>Tase</td><td>Vanuseline vastavus</td></tr>
</table>

Õpiobjektide klassifitseerimiseks ning haldamiseks on kokku lepitud kindlates metaandmete reeglites ja standardites, millest tuntumad on IEEE LTSC LOM Standard ja SCORM (Todorova & Petrova, 2003). Tabelis 1 on toodud näited erinevatest õpiobjektide metaandmete klassifikaatoritest ning nende alla kuuluvatest iseloomustavatest andmetüüpidest.

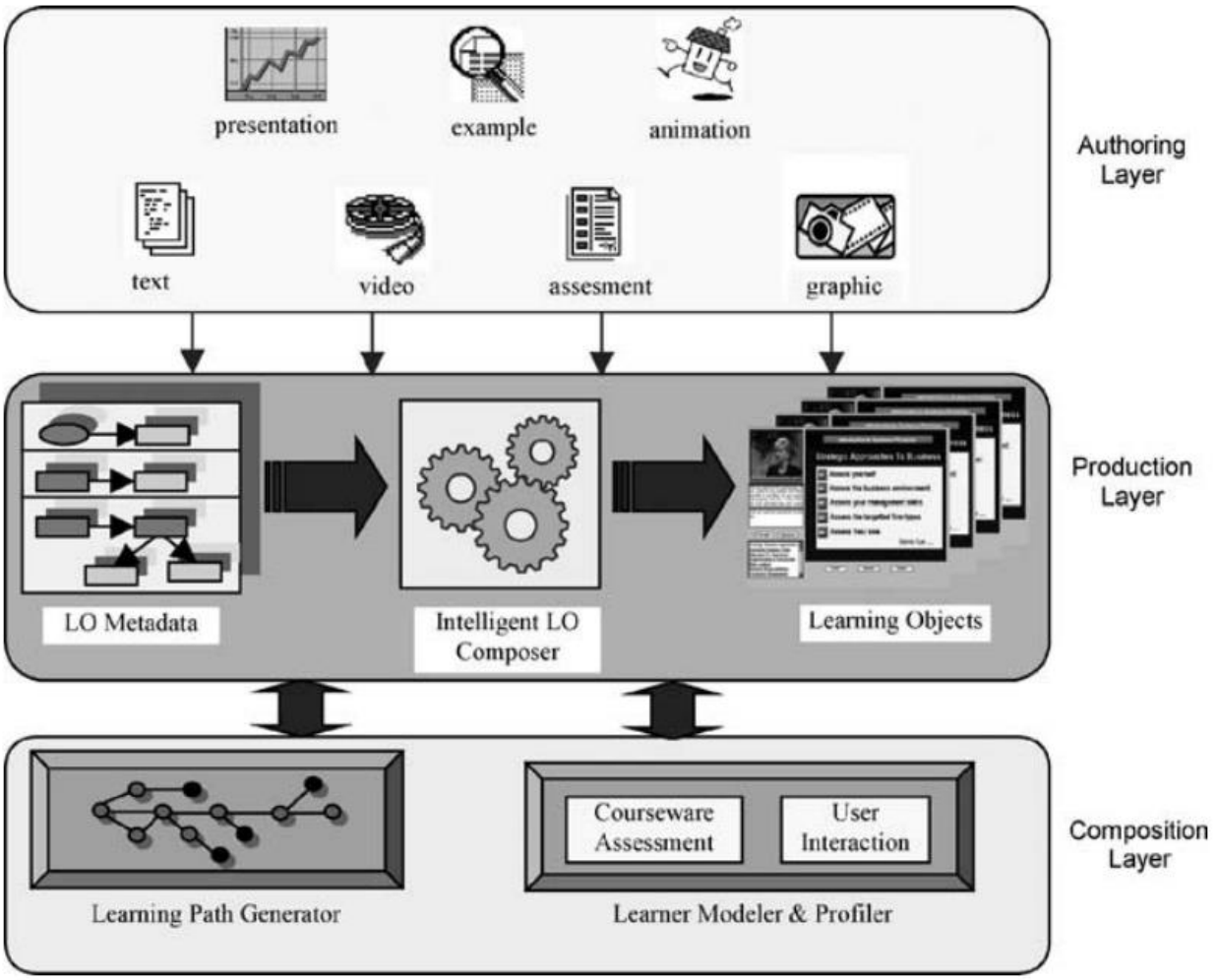
Samasuguste õpiobjektide kaasamisel mitmetes erinevates pedagoogiliste väljunditega käsitlustes koondatakse objektid koos relevantsete metaandmetega ühtsesse konteinerisse ehk ühe õpiobjekti arhiivfaili. Koondamisel kasutatakse erinevaid standardeid. Toon neist välja kolm enamlevinut: SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), IMS pakendamise eeskiri ja *IMS Question & Test Interoperability Specification*.

Õpiobjekti konteineri ülesehitust kirjeldav skeem on toodud joonisel 10.



Joonis 10. IMS eeskirjade järgi pakendatud konteiner (Todorova & Petrova, 2003)

Konteinerit (joonis 10) võib pakendada vabalt valitud arhiveerimise formaati, näiteks ZIP või RAR.

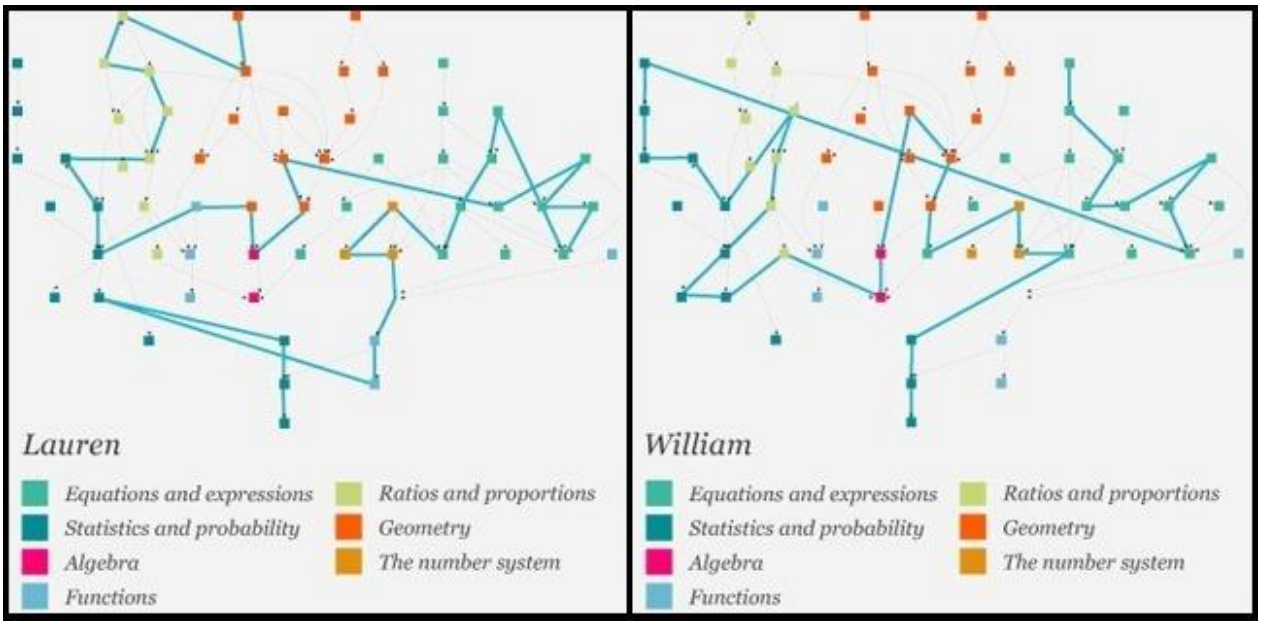


Joonis 11. Adaptiivse süsteemi ülesehitus ATIF, et al., 2004 (Authoring Layer – autori tase, Production Layer – koostamise tase, Composition Layer – struktuuri tase)

Tuginedes (ATIF, et al., 2004) käsitlusele (joonis 11) on nõutud kolme kihi/taseme olemasolu: autori tase, koostamise tase ning struktuuri tase õpilasele adaptiivse õpiobjekti moodustamisel. Autorite tasemel toimub õpikursuse õpiobjektide sisumaterjalide koostamine. Tegemist võib olla näite, juhendi, testi, graafiku jms. Koostamise tasemes toimub materjali kohandamine tarbijale - õpilasele. Autori tasemel loodud sisu kasutatakse vastavalt vajadusele ja õpilase töö eesmärgile.

Struktuuri tasemel toimub pidev õpilase õpikäitumise ja valikute analüüsimine. Kõik valikud salvestatakse ning toimub andmete töötlus, millega uuritakse õpilase õpisisu valikuid. Antud info põhjal saab tuvastada ka õppestiili, näiteks kuulmis-, lugemis- või võrdluspõhine õpe. Produktsiooni ja struktuuri kihid töötavad pidevas koostöös, kasutades ära kogutud andmeid, et luua võimalikult personaalne ja sellest tulenevalt adaptiivne lähenemine läbi õpiobjekti kohandamise, et soovitud õpiväljundid ja tulemused oleksid igale õpilasele vajaduspõhised.

Kirjanduses (ATIF, et al., 2004) on tehtud ettepanekuid kasutada eelnimetatud standardiga õpiobjekte, et luua süsteem, mis valib õpiteekonna dünaamiliselt - lähtuvalt õpilasest vajadustest, eesmärkdiest ja olemusest.



Joonis 12. Õpilaste dünaamiline õpiteekond mööda õpiobjekte (Lauren Drell, 2012)

Joonis 12 illustreerib kahe õpilase õpiteekonna muutmist vastavalt nende valikutele ning teemakohasele kompetentsile. Õpiobjektidelt saadud tagasisidest lähtuvalt muudetakse radasid.

Igal adaptiivsel süsteemil on kõige tähtsamaks teguriks saadaolevate töödeldavate andemete hulk. Võib välja tuua tõdemuse: „mida suurem on töötlemiseks saadaolevate andmete hulk (õpiobjektid, kasutajate andmed, õpikäitumise andmed), seda targemaks süsteem muutub“ (Clark, 2016). Rakendades seda printsiipi adaptiivse süsteemi loomisele, saab tuua paralleeli mitmete andmetüüpidega, näiteks õpiobjektidega. Mida suurem on õpiobjektide baas, seda

suurem on valim ja targem on süsteem. Suurte andmehulkade alusel paranenud süsteemi adaptiivsust kinnitavad ka teadusuuringud (Preda, 2007). Paljudel juhtudel ei ole võimalik kriitilist andmehulka saavutada, mis raskendab oluliselt dünaamilist (algoritmilist või masinõppel põhinevat) adaptiivse süsteemi loomist. Sel juhul tuleb rakendada otsustuspuu loogikat. Omamata suurt andmemahtu on võimalik koostada õpirajad, mis suudaks lähendada ennast eelnevalt seadistatud hüpoteetilistele õpilaste mudelitele, mis on kujunenud aastatepikkuste tähelepanekute alusel kooliharidus es. Kiire tulemuse saamiseks on võimalik otsustuspuid arendada ühe kindla eesmärgi nimel. Näiteks on otsustuspuu põhjal võimalik diagnoosida õpilase puudujääke ettemääratud teema kohaselt.

3.2 Diagnoosiv test

Diagnoosivat testi võib kirjeldada kui adaptiivset õppesüsteemi, kuna õpilase hindamine ning tagasiside andmine lähtub jooksvalt tema antud vastustest ning sellest sõltub omakorda ka testi kulg mööda õpiobjekte. Diagnoosiva testi ülesehituses kasutatakse otsustuspuu loogikat, mis on üks soovituslikke adaptiivse õppesüsteemi loomise võimalusi. Käesoleva diagnoosiva testi puhul on eesmärgiks õpilase puudujääkide tuvastamine ühe kindla füüsikalise teema lõikes. Kontrollitakse õpilase õpiväljundi omandamist ning ka sellega otseselt seotud eelteadmisi ühel füüsikalisel teemal põhikooli raskusastme käsitluses.

Testi ülesehitusel on kasutatud õpiobjekte, kus iga objekt omab ühte kindlat õppe-eesmärki. Õpiobjektide ülesehitusel on kasutatud teksti-, joonise- ja fotopõhist meediat. Õpiobjekti läbinud isiku teadmisi ja/või teemakohaseid puudujääke kasutatakse edasiste õpiobjektide juurde suunamiseks. Iga õpiobjekti läbimisel antakse sellekohane diagnoos ettemääratud reeglite alusel. Autori loodud õpiobjektide ülesehitus on mugandatud käesoleva testi raamides, kuid selle potentsiaalne kasutamine on sobilik ka väljaspool – nagu näeb ette õpiobjekti definitsioon. Õpiobjektide koostamine tähendab töö tegemist autori tasemel (joonis 11). Õpiobjektide vahelise võrgu koostamiseks saab kasutada erinevaid teooriaid, mille järgi on võimalik koostada teekond õpiobjektide vahel liikumiseks (Alian & Jabri, 2009), kuid hetkel nende rakendamisest hoiduti ning seati eesmärgiks tuvastada õpilase puudujäägid ühe teema piires.

Diagnoosiva testi loomisel seatud eesmärgid:

- Ei asenda õpetajat, tegemist toetava lahendusega;
- korrektseid vastuseid tuleb kontrollida pisteliste korduvate küsimustega;
- väärade vastuse puhul võimalus paranda sooritust;
- väärade vastuste puhul diagnoosida puuduvad teadmised;
- kontrollida õpilase teemakohase õpiväljundi omandatust või siis sellekohaseid üle- või puudujääke.

Õpiobjektidest koostatud diagnoosiva testi aluseks on kasutatud füüsika e-õpikute materjale aadressilt opik.fyysika.ee, Erkki Tempel, „Füüsika 8. klassile“.

Testis kasutatud õpiobjektid on koondatud seeriatesse. Läbitud või ka läbimata õpiobjekti sisust lähtuvalt toimub õpilase teadmiste diagnoosimine ning seeriatesse paigutatud õpiobjektide vahel liikumine. Iga õpiobjekti läbimisel on arvestatud ka psühholoogiliste näitajate salvestamisega. Töö autor on loonud nägemuse süsteemist, millega kogutud andmete põhjal hinnata testi sooritaja vastuste enesekindlust ning sellest lähtuvalt pakkuda õpetajale lisandväärtusega tagasisidet. Õpiobjektide ehk antud testi käsitluses küsimuste puhul, on õpilase vastuste õigsuse kontrollimiseks arvestatud minimaalselt nelja teemakohase õpiobjekti läbimisega.

Näitena on toodud seeriate ja nende alla kuuluvate õpiobjektide vaheline liikumine (tabel 2). Seeriate ja õpiobjektide sisu on kirjeldatud joonistel 14...20**.**

Tabel 2. Autori loodud õpiobjektida ja seeriate hierarhia

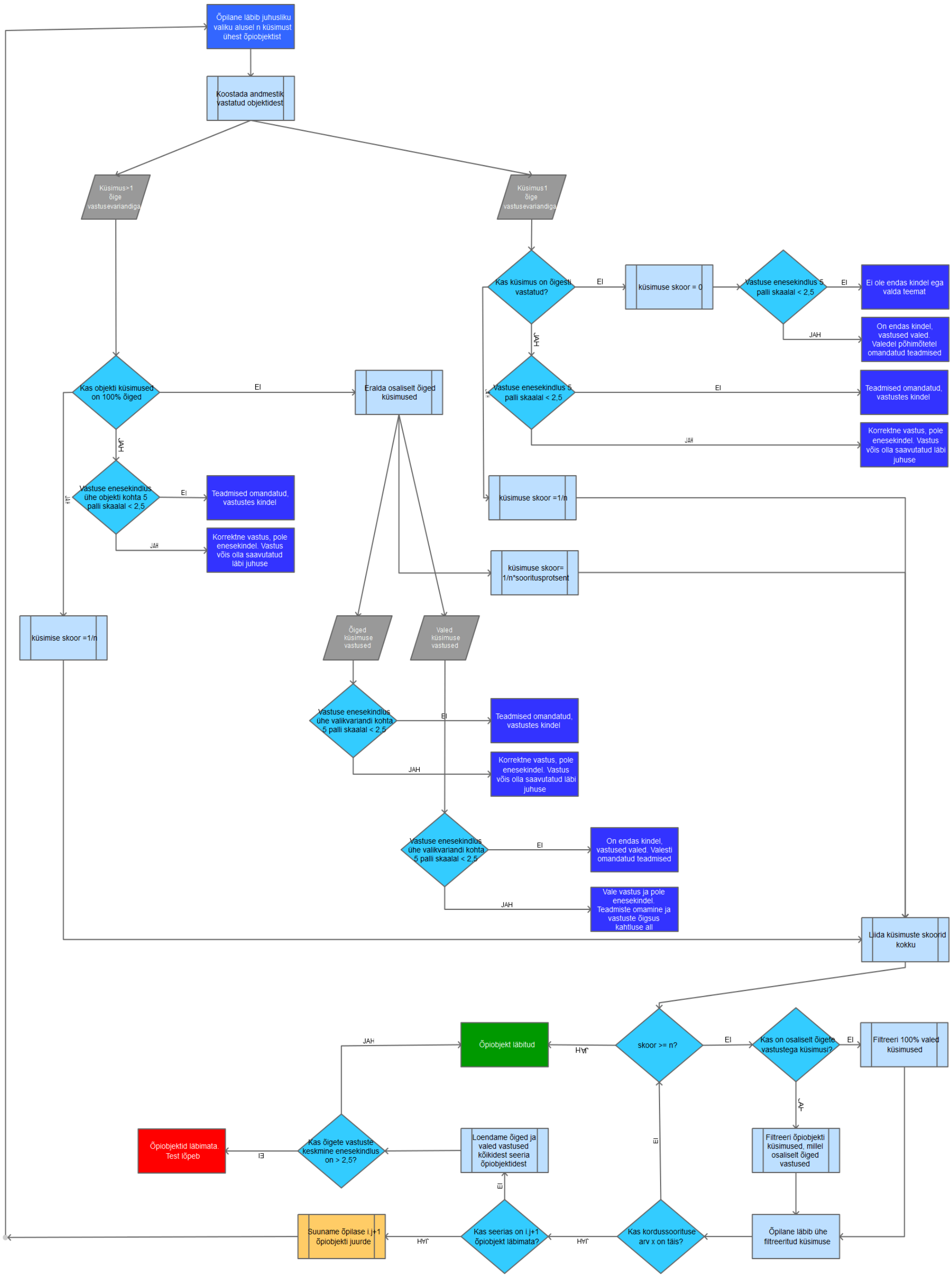
1. seeria	2. seeria	3. seeria	4. seeria	5. seeria	6. seeria	7. seeria
1. õpiobjekt	1. õpiobjekt	1. õpiobjekt	**1. õpiobjekt**	1. õpiobjekt	1. õpiobjekt	1. õpiobjekt
2. õpiobjekt	2. õpiobjekt	2. õpiobjekt		2. õpiobjekt		2. õpiobjekt
3. õpiobjekt	3. õpiobjekt	3. õpiobjekt		3. õpiobjekt		
4. õpiobjekt	4. õpiobjekt					
	5. õpiobjekt					

Otsustuspuu joonisel (joonis 13) on tähistatud seeriad i-ga ning seeria alla kuuluvad õpiobjektid j-ga. Madalamalt seerialt kõrgemale jõudmiseks tuleb tõestada seeria õpiobjekti(de) omandatust. Seeriate ja seal sisalduvate õpiobjektide vahel liikumise eeskiri on kirjeldatud otsustuspuuga (joonis 13). Seeriate järjestuses on antud näite puhul füüsikalise teema „Rõhk“ poolt nõutud õpiväljund tähistatud rasvases kirjas (joonis 17, tabel 2).
Õpiobjektide vahel liikumine toimub senikaua, kuni otsustuspuu (joonis 13) loogika alusel edendatakse õpilane kõrgema seeriani. Ühe seeria õpiobjektide negatiivseid vastuseid on võimalik sooritada korduvalt, kui otsustuspuu parameeter x on vastavalt seadistatud. Seeriate ja ka seal sisalduvate õpiobjekti(de) lõppemisel või õpiojekti(de) lõpliku negatiivse vastuse puhul lõpetatakse test.

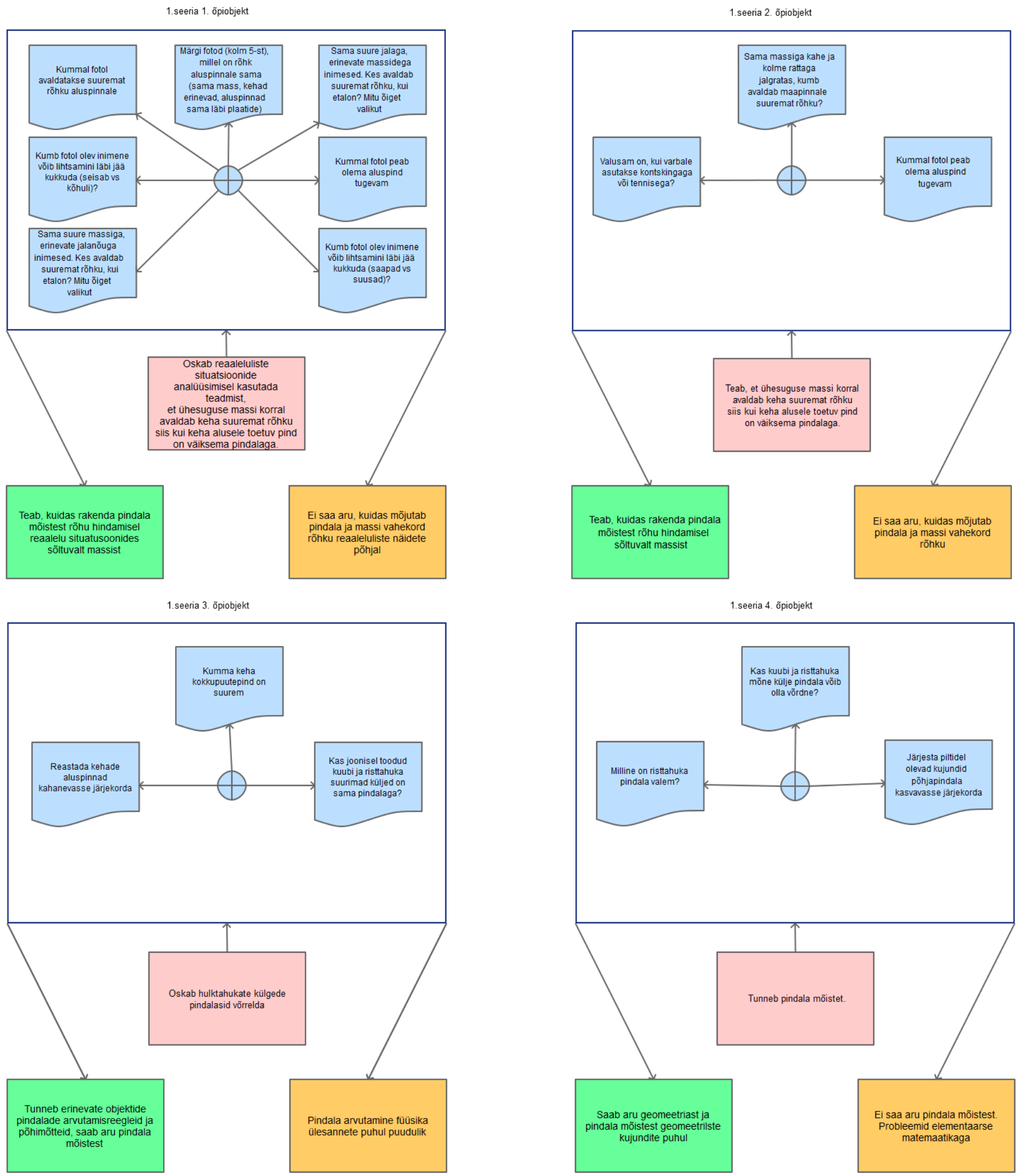
Õpiobjektide kogumikke läbides peab vastaja hindama antud vastuste enesekindlust. Saadud info salvestatakse ning see on võimalikuks lisainfoks õpetajale. Kui vastaja ei suuda saavutada ühe seeria ühelt või kõikidelt õpiobjektidelt nõutud tulemusi, võrreldakse vastaja õpiobjektide vastuste enesekindlust eelnevalt määratud tasemega (otsustuspuul on näitena toodud 5 palli skaala, vajalik tase 50% skaalast). Kui nõutud enesekindluse kriteeriumid ületatakse või täidetakse, toimub siiski edasisuunamine kõrgema taseme seeria juurde (joonis 13).

Kui õpilane näitab õpiobjektis nõutud teadmiste olemasolu ilma madalama taseme õpiobjektile liikumata, saab the eeldusi baasteadmiste olemasolust, kuna iga madalama taseme seeria õpiobjekt diagnoosib endast ülema taseme edukaks läbimiseks vajalikke teadmisi. Õpiobjekti positiivse või negatiivse vastuse korral on joonistel 14... 20 toodud tulemused märgitud vastavalt rohelise või oranži värviga. Roosa märgib õpiobjekti kontrollivat teadmist.

Läbides käesolev diagnoosiv test hinnatakse õpilase oskusi ja puudujääke teema “Rõhk” käsitluses. Testi vältel saadud tulemused salvestatakse ning on hilisemaks tööriistaks õpetajale, et kujundada vastavalt õpilastele suunatud sisu ning valida õppemetoodikad.

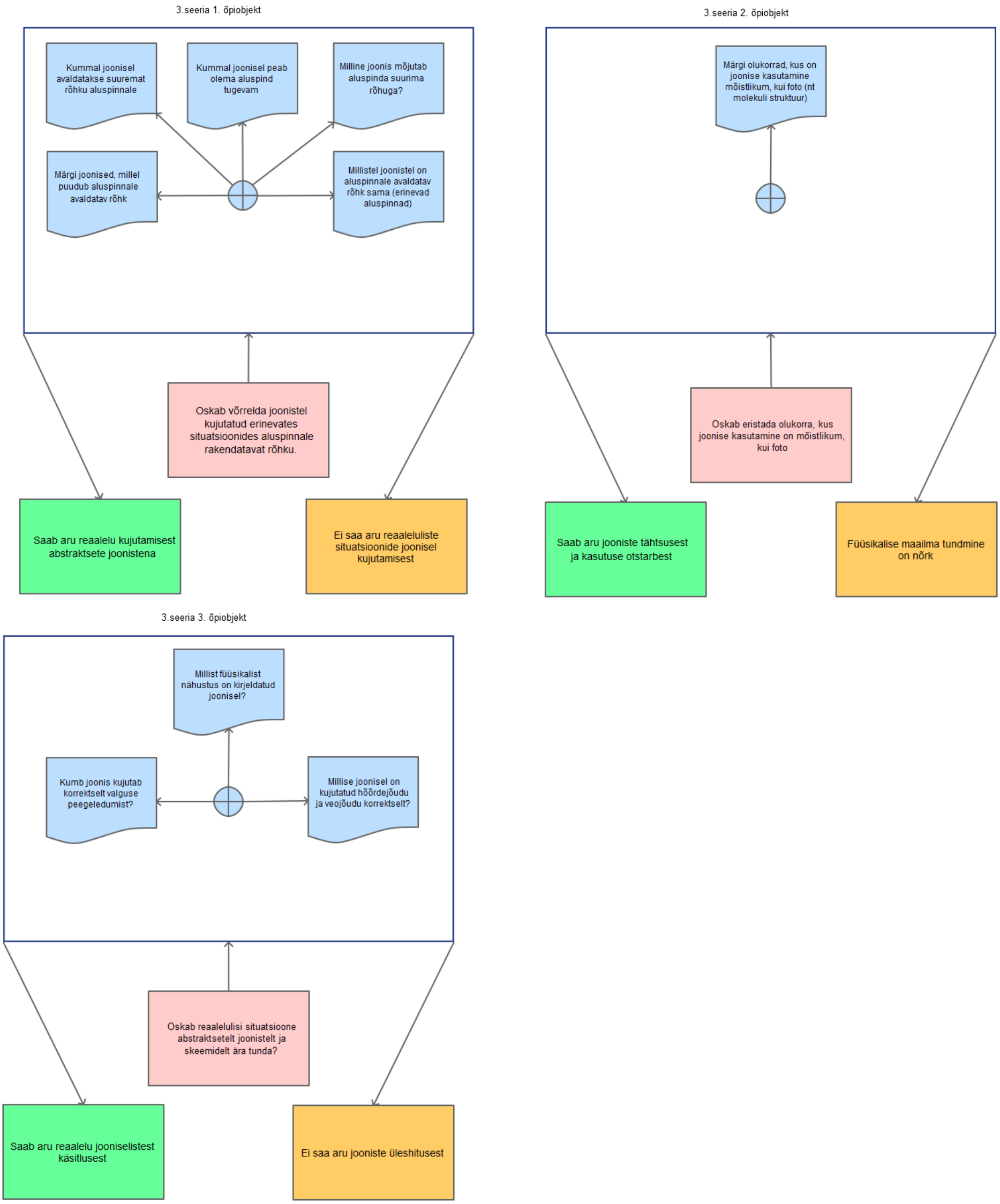


Joonis 13. Autori koostatud otsustuspuu diagnoosiva testi jaoks (Autori joonis).

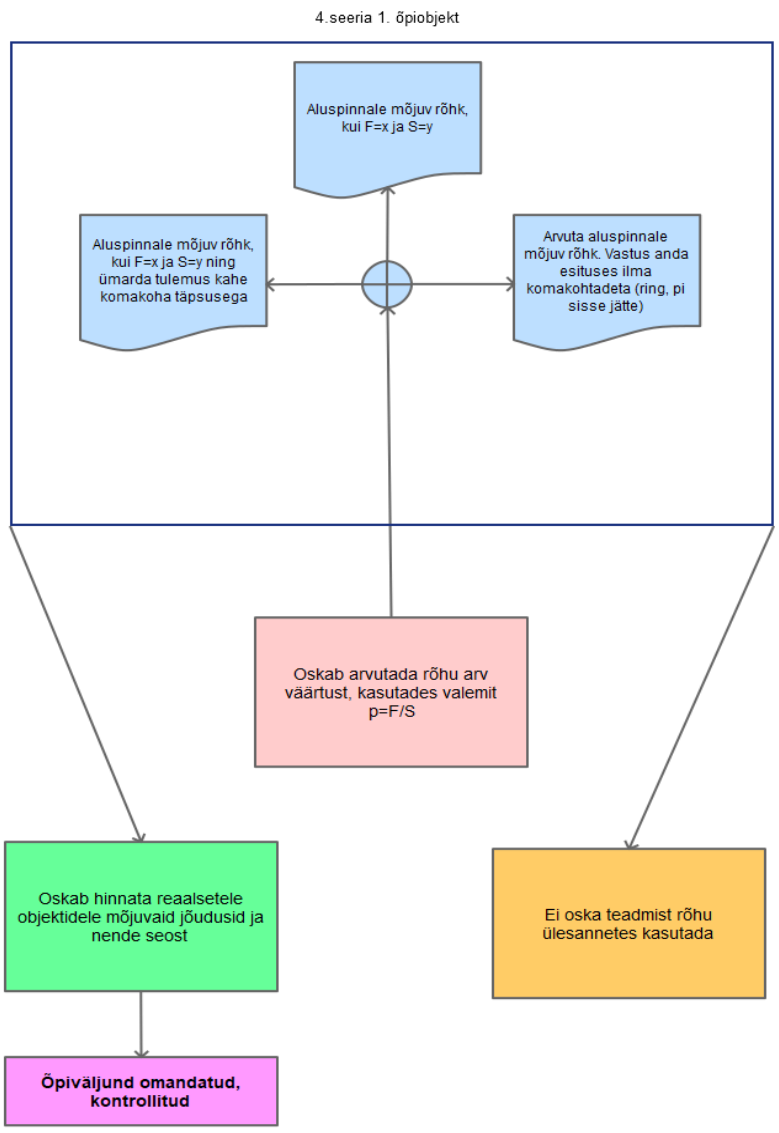


Joonis 14. Autori koostatud õpiobjektide 1. seeria (Autori joonis).

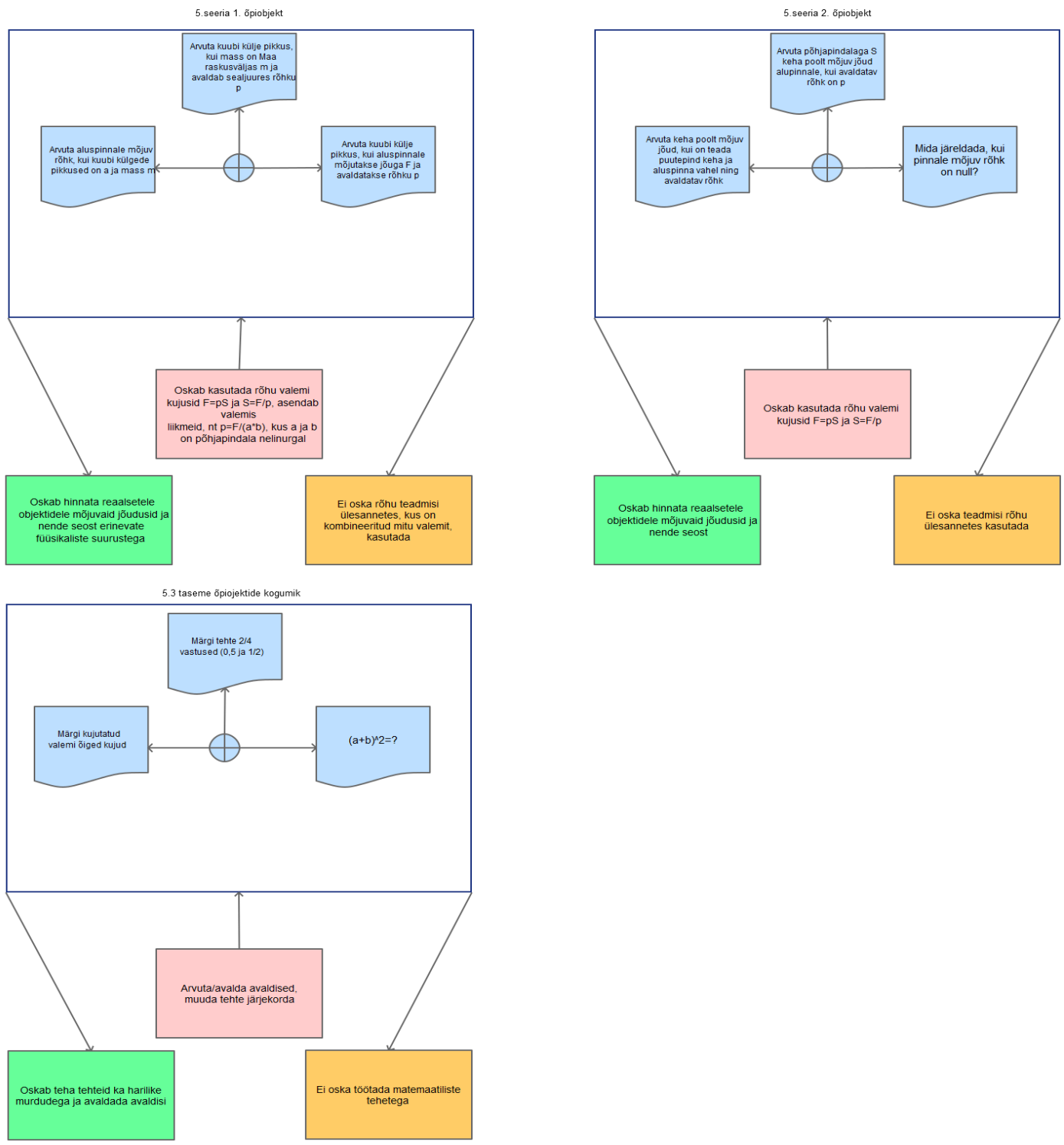
Joonis 15. Autori koostatud õpiobjektide 2. seeria (Autori joonis).



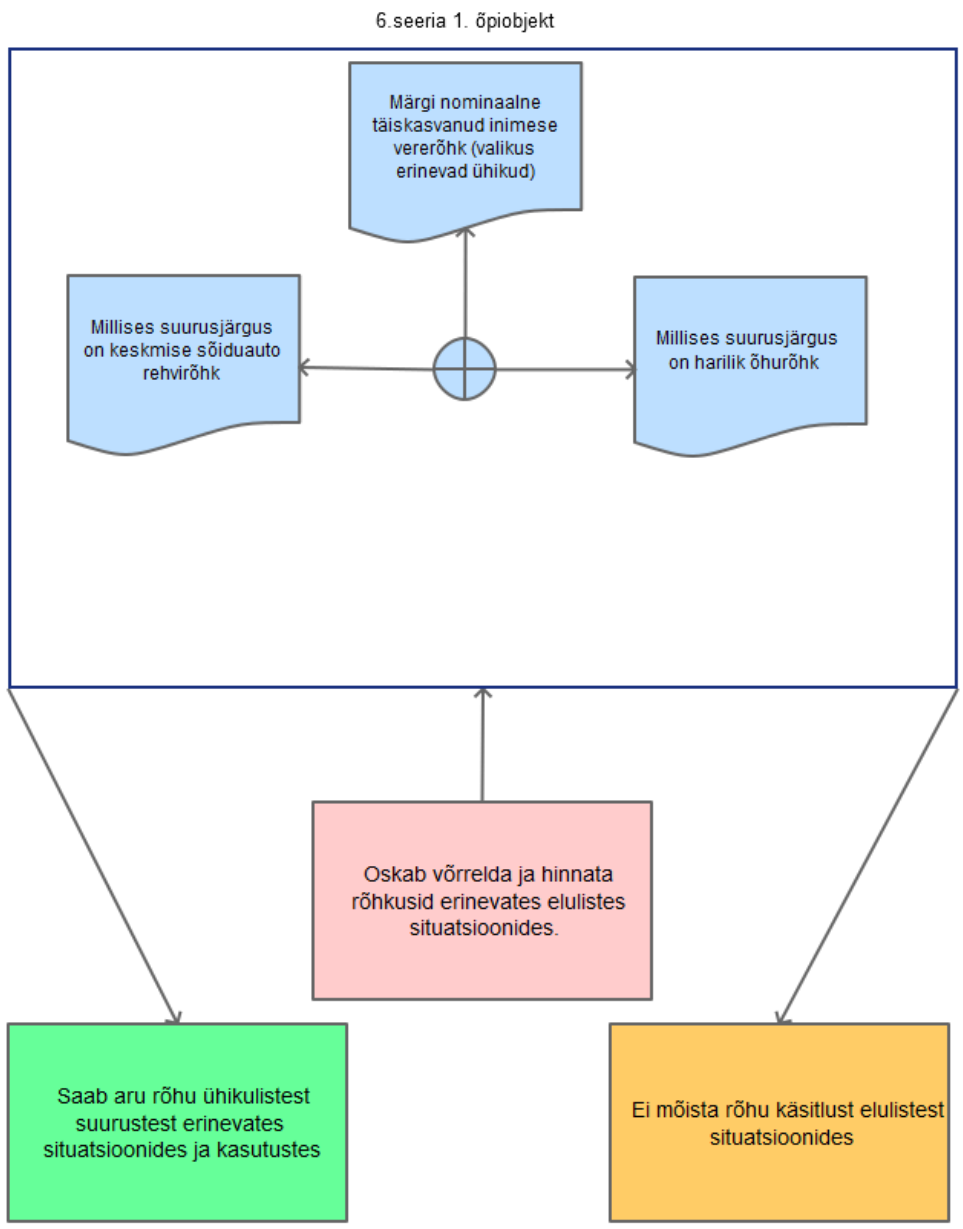
Joonis 16. Autori koostatud õpiobjektide 3. seeria (Autori joonis).



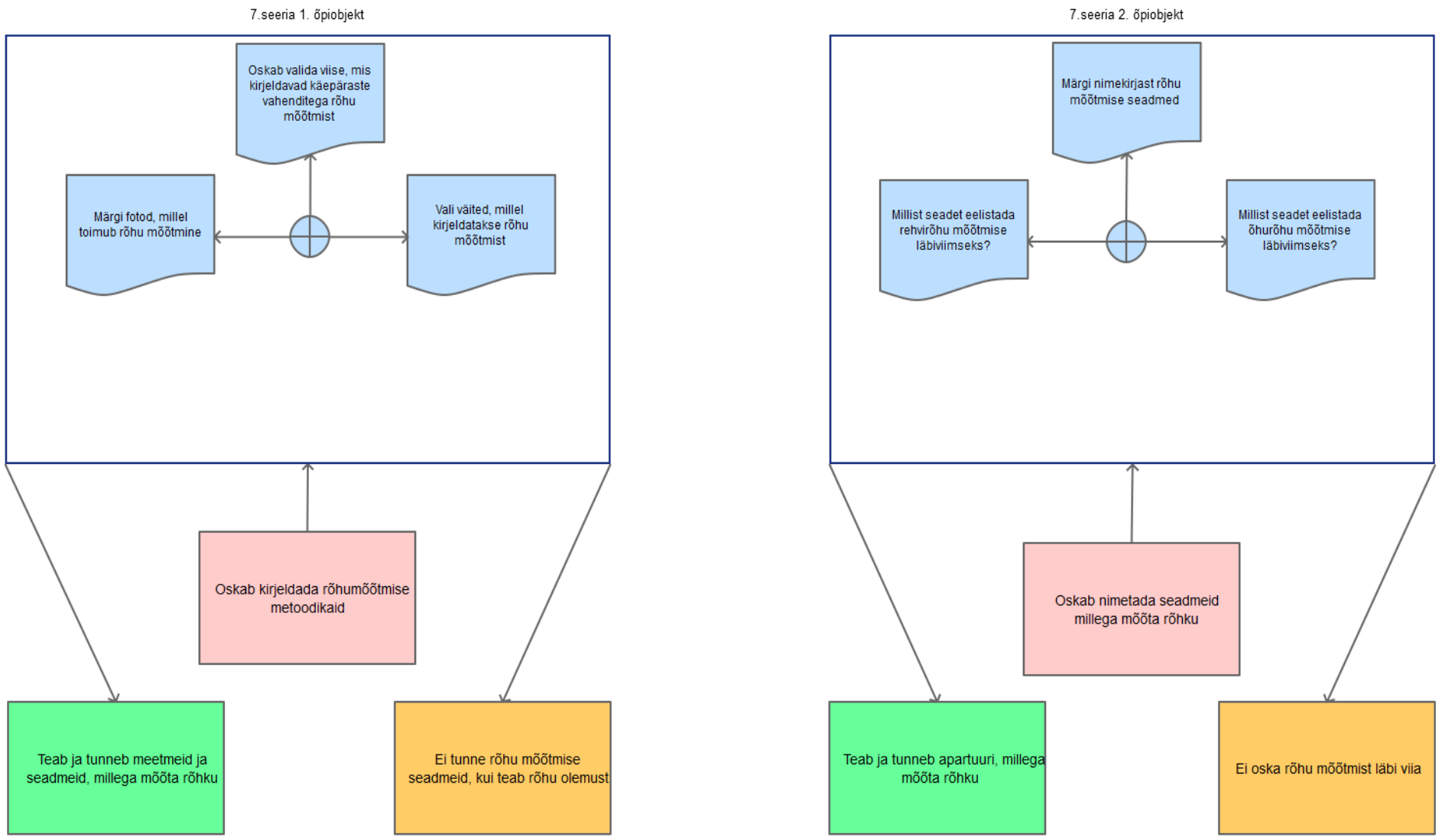
Joonis 17. Autori koostatud õpiobjektide 4. seeria (Autori joonis).



Joonis 18. Autori koostatud õpiobjektide 5. seeria (Autori joonis).



Joonis 19. Autori koostatud õpiobjektide 6. seeria (Autori joonis).



Joonis 20. Autori koostatud õpiobjektide 7. seeria (Autori joonis).

KOKKUVÕTE

Eesti üldhariduskoolides on aktuaalseks probleemiks kompetentsete füüsikaõpetajate värbamine. Seega on Eestis arenguruumi adaptiivsete õpisüsteemide rakendamisel füüsikahariduse edendamisel. Antud e-õppe süsteem oleks samuti atraktiivne õpilastele ning vähendatakse füüsikaõpetajate koormust.

Käesolevas bakalaureusetöös andis autor ülevaade adaptiivsetest õpisüsteemidest, mida on võimalik kasutada füüsika õpetamiseks ning õppimiseks.

Õppesüsteemide analüüsimisel võrreldi kahte tuntud süsteemi nii kõrgema füüsika hariduse omandamiseks kui ka üldhariduskooli tasemele keskenduvat süsteemi.

Kõrgema füüsika hariduse omandamiseks mõeldud süsteem põhines ühe konkreetse õpiku käsitlusele, mille abil toimus digitaalses keskkonnas õppimine. Ilmnes, et lubatud adaptiivsus oli mõnel juhul tuntav, kuid süsteemsed piirangud kahandasid selle väärtust muutes selle kasutamise ainsa õppevahendina küsitavaks.

Üldharidustasemele mõeldud adaptiivses süsteemi kasutaja poolne kohandatavus oli hea, kuid lubatud adaptiivsusest, mille puhul saaks rääkida ajalisest kokkuhoiust ja süvitsi õpetamisest oli asi kaugel. Süsteemi toimimiseks tuleb sisu koostajatel teha palju tööd, sest puudub toimiv arhitektuuriline ülesehitus.

Erinevate süsteemide autorid väidavad enda süsteemide toimimist alati positiivses võtmes, kuid erapooletut kirjandust, mis kinnitaks antud väiteid, ei leidu. Siinkohal võib arvata, et süsteemide reaalne kasutatavus ning kasutegur olemasolevatel võib olla puudulik kuna reaalseid hinnanguid ja pikaajalist testimist pole tehtud.

Eelnevatest süstemaatilistest puudujääkidest lähtudes koostati õpiobjektidest adaptiivsuse taset saavutav süsteem töövoo kaart füüsikalise teema õpetamiseks põhikooli tasemel. Koostamisel arvestati võimalusega implementeerida erinevaid rahvusvahelisi standardeid eesmärgiga, et koostatav adaptiivne ülesehitus oleks ka reaalses maailmas koheselt kasutatav. Adaptiivsete süsteemide kasutamine füüsikaõpinguteks ja õpetamiseks on raskendatud füüsika väga laiaulatusliku olemuse tõttu. Seega pole võimalik suurema maailmapildi

kujundamine kasutades vaid kindlaid reegleid järgivaid arvutisüsteeme, millel endal puudub terviklikust füüsikast ülevaade.

Püstitatud bakalaureusetöö eesmärk sai täidetud, koostati ülevaade olemasolevatest adaptiivsetest õpisüsteemidest, hinnati süsteemide potentsiaali reaalses kasutuses ning töötati välja põhikooli füüsikalisi teemasid diagnoosiv adaptiivne õpisüsteemi kaart ja näiteküsimustik.

SUMMARY

There is an ongoing matter considering the recruitment of physics teachers in Estonia. Therefore there is an opportunity for adaptive learning systems to make them heard in Estonian physics tutoring courses. Adaptive learning systems would be attractive to students and lower the contribution of teachers in day to day teaching.

In this bachelor thesis the author provides a synopsis of adaptive learning systems which can be used for learning and teaching of the physics subject.

During the analysis of different adaptive systems, two well know systems for higher and primary school levels were compared for physics tutoring and learning needs.

The system made for the higher level of physics learning was based on a textbook, where mastering of the subject was carried through a digital environment. It became evident, that the promised adaptivity was sensible, but the limitations of the system made the primary use questionable.

The adaptive system mainly targeted at the primary and the elementary school market offered wide-ranging adjustment option for the user, but the promised adaptivity level was low and initial time and effort input required to create materials and the testing architecture was high.

Different adaptive system providers advertise their systems always in a positive tone, but there are no impartial reviews which assure it. Therefore it can be thought that efficiency and real world usage of such system are deficient due to lack of long term testing and adequate opinions.

Based of previously described systematic shortcomings a workflow chart consisting of learning objects was developed to provide adaptive testing for one physics subject on primary school level. During set up author considered the possibility to make it simply scalable to international level with the least initial set up time. Using adaptive systems to provide physics education is extremely complicated due to the comprehensive essence. Therefore providing a complete set of nature, observer and physics is complicated using only rule based and mathematically controlled content and questionnaires.

Goals set for present bachelor thesis were met. An overview of existing adaptive systems was made, different systems usage potential in everyday physics tutoring context was measured and a workflow based diagnostic test for one physics subject at the primary school level was produced

Tänusõnad

Olen väga tänulik minu juhendajale Kaido Reiveltile, kelle kiirele reageerimis- ja otsustusvõimele on antud töö võimalikuks saanud. Tema kasulikud nõuanded, akadeemiline suunitlus ning mitmekülgsed kogemused olid suureks abiks terve töö teostamise vältel. Tänud ka Mia Viitkarile eesti keele grammatika osas abi osutamise eest.

Indrek Linnas

KASUTATUD KIRJANDUS

A.Kanimozhi, D., 2016. An Adaptive Reusable Learning Object For E-Learning Using Cognitive Architecture. *Advanced Computing: An International Journal*, Marh.Köide 7.

Alian, M. & Jabri, R., 2009. A Shortest Adaptive Learning Path in eLearning Systems: Mathematical View. *Journal of American Science*, pp. 32-42.

Anon., 2014. [Võrgumaterjal]
Available at: https://www.districtadministration.com/article/adaptive-learning-technology-what-it-how-it-works-and-why-it%E2%80%99s-being-used

Anon., kuupäev puudub *Transcript for Adaptive Learning.* [Helisalvestis] (CELT | Good Practice Exchange).

ATIF, Y., BENLAMRI, R. & BERRI, J., 2004. Learning Objects Based Framework for Self-Adaptive Learning. *Education and Information Technologies 8,* Köide 4, p. 345–368.

Basitere, M. & Ivala, E., 2017. Evaluation of an adaptive learning technology in a first-year extended curriculum programme physics course.

Clark, D., 2016. *Adaptive learning - how algorithms are transforming learning - LTSF2016.* [Võrgumaterjal]
Available at: https://www.youtube.com/watch?v=nCy15W7jWCc

Hall, M., 2014. *What is Gamification and Why Use It in Teaching?.* [Võrgumaterjal]
Available at: https://ii.library.jhu.edu/2014/05/13/what-is-gamification-and-why-use-it-in-teaching/

Hattie, J. & Timperley, H., 2007. The Power of Feedback. *Review of Educational Research,* March.77(1).

John E. Sterling, J., 2011. *The U.S. Army Learning Concept 2015,* Fort Monroe: s.n.

Kerns, D., 2013. *Six key benefits of adaptive learning.* [Võrgumaterjal]
Available at: http://www.dreambox.com/blog/six-benefits-of-adaptive-learning

Lauren Drell, 2012. *Adaptive Learning: Why Your Kids Will Be Smarter Than You.* [Võrgumaterjal]
Available at: https://mashable.com/2012/07/17/knewton-adaptive-learning/#O5ZiQj1_tPq1

Learning, D., kuupäev puudub *Adaptive Learning.* [Võrgumaterjal]
Available at: http://www.dreambox.com/adaptive-learning

Malv, P., 2004. *Õpetajate puudus üldhariduskoolides,* Tallinn: s.n.

Margarita Todorova, V. P., 2003. *Learning Objects.* s.l., s.n.

McLaren, D. B., 2013. Adaptive Online Learning - The Present and Future of Education. November.

Nuri Kara, N. S., 2013. Adaptive Learning Systems: Beyond Teaching Machines. *CONTEMPORARY EDUCATIONAL TECHNOLOGY.*

Parker, B., kuupäev puudub *7 Benefits of Adaptive Learing.* [Võrgumaterjal]
Available at: https://www.qnnect.com/blog/7-benefits-of-adaptive-learning

Patsy Moskal, D. C. D. J., 2017. *7 Thing You Should Know About Adaptive Learning.* [Võrgumaterjal]
Available at: https://library.educause.edu/~/media/files/library/2017/1/eli7140.pdf

Preda, M., 2007. Adaptive Building of Decision Trees by Reinforcement Learning. August.

Pugliese, L., 2016. *Adaptive Learning Systems: Surviving the Storm.* [Võrgumaterjal]
Available at: https://er.educause.edu/articles/2016/10/adaptive-learning-systems-surviving-the-storm

Ritzhaupt, A. D., 2010. Learning Object Systems and Strategy: A Description and Discussion. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects,* Köide 6.

Ritzhaupt, A. D., 2010. Learning Object Systems and Strategy: A Description and Discussion. Köide 6, p. 232.

Sinclair, J., Joy, M., Yin-Kim Yau, J. & Hagan, S., APRIL-JUNE 2013. A Practice-Oriented Review of Learning Objects. 6(2).

Tarkpea, K. P. I., 2010. Füüsikalise looduskäsitluse alused. rmt:: s.l.:s.n.

Tim Bristol, kuupäev puudub *Top 10 Benefits of Adaptive Educational Tools.* [Võrgumaterjal]
Available at: https://evolve.elsevier.com/education/adaptive-learning/top-10-benefits-of-adaptive-educational-tools/

Todorova, M. & Petrova, V., 2003. *International Conference on Computer Systems and Technologies.* s.l., s.n.

Valk, E., 2008. *ÕPIOBJEKTIDE JA ÕPPEKIRJANDUSE INTEGREERIMINE TAHVEL.EE BAASIL,* Tallinn: s.n.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks

Mina, Indrek Linnas,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teosele „Adaptiivsed õpisüsteemid füüsika õppimisel ja õpetamisel“, mille juhendaja on Kaido Reivelt,

   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.

Tartu, 01. juuni 2018. a.