

Koostõise probleemilahendamiskuse kujundamine uurimuslikku õpet kasutades

Meeli Rannastu-Avalos^{a1}, Mario Mäeots^a, Leo A. Siiman^a

^a *Tartu Ülikooli haridusteaduste instituut*

Annotsioon

Loodusainete tundides lahendatakse loodusteadusliku sisuga probleeme enamasti uurimuslike tegevustega. Uuringu eesmärk on selgitada välja, mis toetab õpilaste tulemuslikku koostööd uurimuslikes tegevustes, ja anda loodusainete õpetajatele soovitusi, kuidas integreerida koostõise probleemilahendamise oskuse ning aine- ja uurimuslike teadmiste kujundamist. Uuringus osalesid 7. klassi õpilased (N = 44), kellel tuli nutitelefoni kasutades virtuaallaboris kaaslasega koostööd teha. Tulemusi analüüsiti kvalitatiivselt deduktiivse sisuanalüüsi ja kvantitatiivselt Hesse jt (2015) raamistiku järgi. Uuring näitab, et õpilased viib tulemusliku koostööni õpetaja juhitud klassiarutelu. Õpilaste meelest aitavad koostõisele probleemilahendamisele kaasa katsetamine, mitme variandi läbiproovimine ning üksteisega suhtlemine. Õpilased vajavad täpseid juhiseid, et edukaks uurimuslikuks õppeks analüütiliselt mõelda, ülesanne uuesti läbi vaadata, teemaga seotud küsimusi esitada ja/või tõenditel põhinevalt teaduslikult arutleda.

Võtmesõnad: koostõine õpe, koostõine probleemilahendus, uurimuslik õpe, koostõine virtuaallabor

Sissejuhatus

Koostöö tegemine ilma juhendamiseta ei pruugi viia eduka koostöö või heade õpitulemusteni (Chan, 2001; Mercer, 1996). Paraku annavad õpetajad õpilastele enamasti ülesandeid, mis suunavad neid individuaalsele tööle ega soodusta seega õpilastevahelist koostööd (Le *et al.*, 2018). Samuti on sage olukord, kus õpetajad paigutavad õpilased rühmadesse ilma neid koostöö tegemiseks ette valmistamata, mistõttu rühmad ei saa ülesandega hakkama (Blatchford, 2003; Summers & Volet, 2010). Õpetaja juhendamine on seega oluline, et õpilased saaksid koostöös õppimist paremini mõista ja rakendada (Webb *et al.*, 2019).

¹ Haridusteaduste instituut, Tartu Ülikool, Jakobi 5, 51005 Tartu; meeli.rannastu-avalos@ut.ee.

OECD uuringu kohaselt väärtustavad Eesti õpilased õpingutes koostöö tege- mist vähem (47%) kui OECD riikide õpilased keskmiselt (57%), kuid samas on väiksem ka õpilaste omavaheline konkurents, mis tähendab, et koostööd hinna- takse konkureerimisest olulisemaks (Tire *et al.*, 2019). Koostöö kajastub Eesti haridusstrateegias, kus keskendutakse ühiskonna ja tööturu vajadustele vasta- vate ning õpilaste isiklikku ja tõist eneseteostust toetavate õppekavade arenda- misele, pannes rõhku nii aineteadmistele kui ka üld- ja tulevikupädevustele, milles sisalduvad koostööga seotud oskused (Haridusvaldkonna arengukava 2021–2035).

Koostõine probleemilahendusoskus

Selles artiklis defineeritakse koostõist probleemilahendusoskust (edaspidi: KPLO) vastavalt Hesse jt (2015) määratlusele, mis põhineb ATC21S (*Assessment and Teaching of 21st Century Skills*) projektis välja töötatud raamistikul. KPLO on mitmekülgne võimekus, mis hõlmab sotsiaalseid ja kognitiivseid oskuseid, näiteks kriitiline mõtlemine, probleemide lahendamine, otsuste tege- mine ja koostöö. Uuringu keskmes on sotsiaalsed oskused ja nende kolm alam- dimensiooni: osalemine (*participation*), perspektiivivõtt (*perspective taking skill*) ja sotsiaalsed regulatsioonioskused (*social regulation skills*). Care ja Kim (2018) on rõhutanud, et KPLO-teooria, mis keskendub teadmiste loomisele, proble- emide lahendamisele ja õppimisele, ei ole koolipraktikasse piisavalt lõimitud. Oluline erisus koostõiste ülesannete loomisel on Hesse jt (2015) järgi positiivne teineteisest sõltuvus (*positive interdependence*, Johnson & Johnson, 1999), et ülesanne edukalt täita. See erineb tavalisest praktikast, kus rühmaliikmetele antakse samad ülesanded, mis võib kaasa tuua ühe õpilase domineerimise ning teiste passiivse osalemise. Sõltuvusega tegevus nõuab iga õpilase isiklikku panust, mis ühendatakse teiste panustega ühise eesmärgi saavutamiseks, ja see- läbi on kõik rühmaliikmed aktiivselt kaasatud ning arendavad vajalikke oskusi, saades ühtlasi isiklikku tagasisidet oma panuse kohta. Selles uurimuses kesken- dutakse loodusteaduslike probleemide lahendamisele koostõise uurimusliku õppe meetodil, kus õpilastel tuli probleemülesandena lahendada nukumaja elektriskeem.

Koostõine uurimuslik õpe loodusainetes

Loodusained, mis on sageli keerukad ja nõudlikud õppeained, nõuavad õpi- lastelt mitte ainult individuaalseid tulemusi, vaid ka oskust teha ülesannete lahendamiseks koostööd. Uurimuslik õpe on protsess, mis koosneb erinevatest etappidest ning mida rakendatakse probleemide lahendamiseks erinevates ainevaldkondades (Pedaste *et al.*, 2021). Seda teoreetilist mudelit on laialdaselt

kasutatud varasemates uuringutes ning tulemused näitavad, et see soodustab loodusainete õpetamist ja õppimist (Khasawneh *et al.*, 2023; Lazonder & Harmsen, 2016; Sun *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2010). Uurimuslik õppimisviis aitab õpilastel paremini mõista teaduslike protsesside kulgemist ja olemust ning osaleda teaduslike katsete läbiviimises koolitunnis (Bell *et al.*, 2010), sest see võimaldab õppijatel mõista keerulisi kontseptsioone (de Jong *et al.*, 2023). Selle käigus arenevad nii uurimuslikud oskused, uurimuslikud teadmised kui ka aineteadmised (Mäeots, 2014). Erinevate meetodite hulgas on tõhusaks osutunud koostööl põhinev uurimuslik õpe (Chan & Pow, 2020; Zhu *et al.*, 2019), mis on oluline viis harjutamiseks koostöö tegemist selleks sobivate õppetegevuste käigus. Seetõttu on uurimuslik õpe tänapäeval koolidele väljakutse, kus tuleks panustada koostööle, arutelule ja enesereguleeritud õppimisele, suurendamaks õpilaste huvi ja motivatsiooni loodusteaduste õppimise vastu.

Uurimusliku õppe oluline komponent on muutujate kontrollimine (Schwichow *et al.*, 2016), mis on seotud hüpoteesi püstitamisele eelneva protsessiga, kus peab kindlaks määrama, milliseid muutujaid tuleb muuta, millised muutuvad ja millised tuleb hoida konstantsena. Eestis 2022. aastal läbi viidud 4606 osalejaga II kooliastme (7. klassi) loodusõpetuse testi tulemuste analüüs tõi välja, et õpilaste jaoks on kõige keerukamad ülesanded, mis hindavad nende aine- ja uurimuslikke teadmisi (Pedaste *et al.*, 2022). Kõikidest hinnatavatest komponentidest (aineteadmised, uurimuslikud teadmised, analüüsi-, kavandamis- ja tõlgendamisoskused) ei saavutanud 20% õpilastest madalaimat hinnatavat taset uurimuslike teadmiste osas ning kolmandik tasemetöö sooritanud õpilastest suutis saavutada üksnes keskmise taseme.

Refleksioon uurimuslikus õppes

Uurimuslik õpe on tõhusam, kui see siduda refleksiooniga – süsteemne õppimine oma õpikogemusest võimaldab loodusteaduslike teadmiste kõrval paremini omandada ka üldist teadmist uurimuslikust õppes ja spetsiifilisi uurimuslikke oskusi (Furberg, 2009; Pedaste *et al.*, 2012), aitab õpilastel omandada uusi mõisteid, sidudes neid varasemate teadmistega (Miedijensky & Tal, 2016), ning parandab õpilaste teemast arusaamist ja regulatiivseid võimeid (Baird *et al.*, 1991). Moon (2013) määratleb refleksiooni kui vaimset protsessi, mis hõlmab isiklike kogemuste, mõtete, tunnete ja tegevuste uurimist eesmärgiga parandada õppimist ja mõistmist, ja samas rõhutab Moon ka õpetajate olulist rolli refleksiooni toetamisel, soovitades neil olla eeskujuks, luua toetav õpikeskkond ning pakkuda juhendamist ja konstruktiivset tagasisidet. Tähenduslik refleksioon aitab õpilastel oma uskumusi muuta, üle vaadata, ümber hinnata ja muuta (Zeichner, 1999). Chin ja Brown (2000) leidsid, et kui õpilased tegid keemiatunnis refleksiooniharjutusi, olid nad avatumad uutele ideedele ja nende

selgitused olid põhjalikumad. Pei jt (2020) uurisid refleksioonipõhise, tehnoloogiaga toetatud loodusainetunni mõju kuuenda klassi õpilastele ja leidsid, et ideede organiseerimine ja integreerimine soodustasid õpilaste õppimist. Seetõttu saab väita, et refleksioon mängib õppimisprotsessis keskset rolli, luues tugeva sideme teoreetiliste kontseptsioonide ja praktiliste kogemuste vahel ning soodustades õpilastel uute teadmiste ja oskuste omandamist praktilise kogemuse kaudu. See aitab paremini siduda teoreetilisi teadmisi nende praktilise kasutamisega.

Digitehnoloogilised võimalused koostõise probleemilahendamise oskuse kujundamiseks

Õppeprotsessi on oluline integreerida tehnoloogilisi vahendeid, nagu virtuaallaborid ja simulatsioonid, mis soosivad refleksiooni uurimusliku õppe kontekstis. See aitab õpilastel lahendada reaalseid probleeme ja arendada oma probleemilahendusoskusi (Olympiou & Zacharia, 2014). Tehnoloogiliste vahendite kasutamine peaks olema pedagoogiliselt asjakohane ja tehniliselt teostatav, lähtudes sellest, kuidas need aitavad õpilastel teadmisi ja oskusi arendada ning kuidas need sobivad õppe- ja õpetamisesmärkidega (Bell *et al.* 2010). Tehnoloogiaga toetatud koostõise uurimusliku õppe kasutamine mõjub positiivselt õpilaste aineteadmistele ja oskustele ning soodustab õpilaste aktiivsemat õppimisstiili (Chen *et al.*, 2018). Väljakutseks on siin tõenduspõhiste tulemuste ja digitehnoloogia põhimõtete ülekandmine klassiruumidesse, mis tähendab uute tehnoloogiliste vahendite kasutamist, et aidata õpilastel paremini mõista ja õpitut meelde jätta. Mayer (2014) rõhutab, et digitehnoloogiatega kasutamine õppimises võib parandada õpilaste teemast arusaamist ja õpitulemusi, kui seda tehakse teaduslike põhimõtete järgi. Pidamaks sammu teadmiste eksponentsiaalse kasvuga, peavad õpilased kasutama tehnoloogiat, tegema õppimiseks koostööd ning nad võiksid oma õpieesmärkide täitmiseks kasutada nutitelefone (Chen & Tsai, 2021; Gómez-García *et al.*, 2020; Suyatna, 2019). Kuigi nutitelefoni kasutamine õppetöös on õpilastele uus ja vajalik võimalus õppimiseks, mida tuleb harjutada, siis enamasti õppetöös nutitelefone ei kasutata. Seetõttu on meie loodud stsenaarium uudne võimalus õpilastega erinevaid tegevusi harjutada ja õpetaja saab vastavalt oma vajadustele stsenaariumit kohandada.

Arvestades tulevikusuundumusi ja hariduspoliitilisi nõudmisi, mille eesmärk on valmistada ette koostöös probleeme lahendada suutvaid täisväärtuslikke kodanikke, ei ole töö autorite arvates väljakutsele, et õpetajatel puuduvad piisavad õppetegevused ja materjalid õpilaste koostööoskuste arendamiseks loodusainete tundides, ammendavat lahendust pakutud.

Uuringu eesmärk on selgitada välja, mis toetab õpilaste tulemuslikku koostööd uurimuslikes tegevustes, ja anda loodusainete õpetajatele soovitusi, kuidas integreerida koostöise probleemilahendamise oskust ning aine- ja uurimuslike teadmiste kujundamist. Selleks katsetati loodusõpetuse tunnis uurimuslikku koostöise õppestsenaariumi prototüüpi 7. klassi õpilastega ja uuriti, kuidas sellise stsenaariumi abil õpilaste koostööoskusi, uurimuslikke ja aineteadmisi komplekselt harjutada, kasutades ekspertõpetajate välja töötatud ja õpilastega katsetatud koostöist virtuaallaborit ja ette määratud tunni struktuuri (Rannastu *et al.*, 2019). Prototüübi väljatöötamisel on silmas peetud selliseid põhimõtteid nagu koostööl põhinev uurimuslik õpe, koostöine probleemilahendusoskus, refleksioon ja digitehnoloogilised vahendid, et tagada meetodiliselt terviklik ja efektiivne õpe.

Eesmärgi täitmiseks püstitati järgmine uurimisküsimus ja sellega seonduvad kolm alaküsimust.

1. Millised on prototüüp-õppestsenaariumi olulisemad komponendid, mis toetavad õpilaste koostöise probleemilahendusoskuste, uurimuslike teadmiste ja aineteadmiste kujundamist?
 - a. Millised on õpilaste aine- ja uurimuslikud teadmised peale virtuaallaboris koostöise ülesande lahendamist? (UK1a)
 - b. Millised on õpilaste refleksioonid oma aine- ja uurimuslike teadmiste ning koostööoskuste kohta peale virtuaallaboris koostöise ülesande lahendamist? (UK1b)
 - c. Kuidas hindavad õppijad prototüübiga õppides enda koostööoskuseid? (UK1c)

Metoodika

Uuringu eesmärgi saavutamiseks töötati välja kolmeetapiline prototüüp-õppestsenaarium (edaspidi stsenaarium, täpsem kirjeldus joonisel 1), kus õpilased harjutasid loodusõpetuse tunnis koostöist probleemilahendust uurimusliku õppe raames. KPLO on keeruline konstrukt ning seetõttu kasutasime triangulatsiooni, mis võimaldab väikese valimi korral nähtust mitmekülgsemalt avada. Triangulatsiooni on oma uuringus kasutanud Pöysä-Tarhonen jt (2022), et mitmete meetodite lõimimise kaudu aidata KPLOd sügavamalt mõista. Triangulatsioon on hea meetod uurimistulemuste usaldusväärsuse ja valiidsuse suurendamiseks ning vajalik sellise keerulise konstruktsiooni nagu koostöö puhul. Triangulatsiooni osad (vt tabelit 1) on järgmised: tööleht (vabavastuseline; aineteadmised ja uurimuslikud teadmised); koostööoskuste küsimustik (vabavastuseline; refleksioonid aineteadmiste, uurimuslike teadmiste ning koostöö kohta); koostööoskuste hinnangud (standardimata skaala; hinnangud koostööle). Nagu varasemates uuringutes, uuriti õpitulemusi

ka individuaalsel tasandil, hoolimata sellest, et tegemist oli koostööga. Selle tulemusena said rühmaliikmed küll oma individuaalse töölehe, kuid ühise rühmaskoori (Wang & Fang, 2020; Zacharia & Olympiou, 2011).

Uurimistulemuste usaldusväarsuse suurendamiseks rakendati Williamsi ja Morrow (2009) usaldusväarsuse põhimõtteid. Uuringu käigus korraldati mitmeid ühiseid kohtumisi, kus osalesid kõik autorid, ning töötati välja uurimistöö disain ja mõõtmisinstrumendid. Uurimisküsimustele vastamiseks kasutati mitmeid allikaid ja rakendati triangulatsiooni meetodit. Andmeid kodeeriti mitu korda, tõlgendamisel saavutati autorite konsensuslik kokkulepe ning tõlgendused on illustreeritud otseste tsitaatidega õpilaste vastustest. Tulemused arutati läbi kõigi autoritega ning jõuti ühisele kokkuleppele. Tulemuste selge esitamise eesmärgil tehti analüüsid ja võrreldi neid teiste uuringute tulemustega.

Valim

Uuringus kasutati mugavusvalimit, kus valiti välja üks loodusõpetuse õpetaja, kes oli nõus ühes oma tunnis stsenaariumit kasutama. Uuringus osales kokku 47 õpilast ühe Eesti üldhariduskooli kahest 7. klassi paralleelist (47% tüdrukud ja 53% poisid), õpilaste keskmine vanus oli 13,8 eluaastat ($SD = 0,34$). Stsenaariumit katsetati kahes loodusõpetuse tunnis ning mõlemas tunnis moodustati õpilastest koostööoskuste kujundamiseks paarid, kasutades MS Exceli funktsiooni Random. Kui mõni õpilane uuringupäeval puudus, tehti tunni alguses kohandused õpilaste nimekirjas, mille hulgast paarid moodustati. Funktsiooni tulemusena moodustati kummaski tunnis ka üks kolmik, kuid kuna üks õpilane ühte tundi hilines, siis oli tegelikult kogu uuringus 19 paari ja kolm kolmikut (üheksa paari ja kaks kolmikut 7.a klassis ning kümme paari ja üks kolmik 7.b klassis). Uuring viidi läbi sarnaselt tavapärase õppetunniga ja läbiviimisel lähtuti kooli reeglitest. Kuna õpilasi ei identifitseeritud ning andmeid ei kasutatud isikustatult, siis eraldi kirjalikku nõusolekut ei kogutud. Õpetaja oli õpilasi läbiviidud tegevustest eelnevalt informeerinud ning tunnis teavitas uurija õpilasi sellest, et kogutud andmeid kasutatakse uurimistöös üldistatult ja anonüümistatult. Sarnaselt tavapärase õppetunniga oleks õpetaja õpilase tegevusest keeldumise korral andnud talle lahendamiseks sarnaseid ülesandeid, kus digitehnoloogiat ei oleks olnud vaja kasutada.

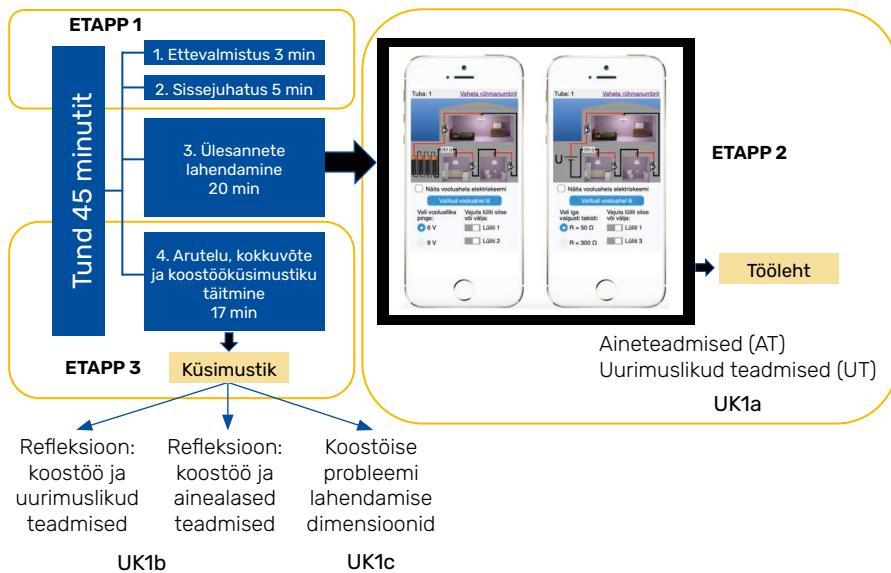
Uuringu disain

Kuna uurimusliku õppe mudel on Eesti õppekavades kandev ning selle tõhusus on varasemates empiirilistes uuringutes juba tõestatud, põhines siinses uuringus

kasutatud uurimuslik koostööpõhine õpe samal teoreetilisel mudelil (Pedaste *et al.*, 2015). Joonisel 1 on esitatud uuringu disain ja selle etapid.

Andmed koguti kahes loodusõpetuse tunnis, mille viis läbi sama õpetaja. Õpetajale olid eelnevalt saadetud tunni materjalid, mida tutvustati täpsemalt eelkohtumisel. Stsenaariumi jaoks töötati välja uurimusliku õppe tund, kus õpetajal oli slaidiesitlus, põhjalik juhend tunni läbiviimiseks, õpilaste töölehed ja koostööküsimustikud. Hinnatavateks elementideks olid aineteadmised, uurimuslikud teadmised, refleksioon aine- ja uurimuslikele teadmiste kohta lähtuvalt koostöö tegemisest ning KPLO alamdimensioonid (vt tabel 1).

Õpetaja viis läbi 45-minutilise tunni, mis oli jagatud kolmeks etapiks (joonis 1). Järgnevalt tutvustatakse uuringu läbiviimise protseduuri etappide kaupa, kus iga etapis on välja toodud uuringus kasutatud mõõtevahendid.



Joonis 1. Uuringu disain ja etapid (UK1a: Millised on õpilaste aine- ja uurimuslikud teadmised peale virtuaallabris koostöise ülesande lahendamist? UK1b: Millised on õpilaste refleksioonid enda aine- ja uurimuslike teadmiste ning koostöö kohta peale virtuaallabris koostöise ülesande lahendamist? UK1c: Kuidas õppijad hindavad prototüübiga õppides enda koostööskuseid?).

Stsenaariumi kasutamise protseduur ja hindamisvahendid

Esimene etapp

Esimeses etapis kuvas õpetaja seinale klassipaigutuse slaidi, millelt iga õpilane nägi, kus on tema istekoht klassis ja kus ta terve tunni tööd teeb. Õpilased liikusid varem kindlaks määratud kohtadele ja puudujate tõttu tehti klassis

paariliste kohandusi, kuni igal õpilasel oli paariline (joonis 1, „Ettevalmistus”). Järgmisena jagas õpetaja õpilastele töölehed (versioon A ja versioon B), tutvustas ülesannet ning luges ja selgitas sõltuva ja sõltumatu muutuja definitsiooni. Kõik õpilased kontrollisid, kas neil avanesid koostõise virtuaallabori lingid (joonis 1, „Sissejuhatus”). Tunni läbiviimiseks ja koostöökeskkonna loomiseks kasutati „Nukumaja elektrilaborit” (edaspidi virtuaallabor, <https://leosiiman.neocities.org/simulations>), kus kaks õpilast saavad ühiselt töötada (vt joonist 1). Õpilased pidid ühiselt lahendama probleemülesande; asümmeetrilise koostöö loogika alusel jagasid paarid sama virtuaallaborit, mis jaguneb kaheks osaks.

Tabel 1. Hinnatavad tegevused ja nende näited (vt joonis 1)

Uurimis- küsimus	Hinnatav element	Allikas	Sisu
UK1a	Aineteadmised (AT) ¹	Tööleht	Küsimus nr 1: „Milline neist kolmest vooluahelast sarnaneb kõige enam tavalise maja vooluahelaga?”
	Uurimuslikud teadmised ¹ (UT)	Tööleht	Küsimus nr 2, versioon A: „Nimetage selle arvutimudeli kõik sõltumatud muutujad.” Küsimus nr 2, versioon B: „Nimetage selle arvutimudeli kõik sõltuvad muutujad.”
UK1b	Refleksioon AT ja koostööle ¹ (ATR) Refleksioon UT ja koostööle ¹ (UTR)	Koostööoskuste küsimustik	Küsimus nr 1: „Kas sinu vastus oli õige või vale? Kui õige, siis miks koostöö õnnestus, ja kui oli vale, siis mis koostöö juures ebaõnnestus?”
		Koostööoskuste küsimustik	Küsimus nr 2: „Kas sinu vastus oli õige või vale? Kui õige, siis miks koostöö õnnestus, ja kui oli vale, siis mis koostöö juures ebaõnnestus?”
UK1c	KPLO ²	Koostööoskuste küsimustiku väited	KPLO alamdimensioonid (Hesse <i>et al.</i> , 2015) osalemine (<i>participation</i>), nt „Ma pingutasin koostööd tehes selle nimel, et seda ülesannet lahendada.” perspektiivivõtu oskus (<i>perspective taking skill</i>), nt „Ma muutsin oma arvamust, kui paariline tõi välja uusi ideid.” sotsiaalsed regulatsioonioskused (<i>social regulation skills</i>), nt „Ma võtsin arvesse, et mu paarilisel võivad olla minust erinevad koostööoskused.”
		Koostööoskuste küsimustiku väited	KPLO alamdimensioon (Van den Bossche <i>et al.</i> , 2006) teineteisest sõltumine (<i>interdependence</i>), nt „Ma ei saanud ilma paarilise abita ülesannet lahendada.”

Märkus: ¹ maksimum 2 p rühma kohta; ² väited 5-punktilisel Likerti skaalal.

Teine etapp

Teises etapis töötasid õpilased virtuaallaboriga (joonis 1, „Ülesannete lahendamine”), kus nad leidsid vastused kahele küsimusele ja kirjutasid oma vastused töölehele (joonis 1, „Tööleht”, tabel 1). Juhul kui õpilased lõpetasid varem, kui selles etapis oli aega ette nähtud, vastasid nad küsimusele „Mis on teie arvates eduka koostöö jaoks kõige olulisem?”. Õpilaste arusaama heast koostööst mõõdeti töölehel oleva vabavastuselise küsimusega „Mis on sinu jaoks hea koostöö?” ja analüüsi suunatud sisuanalüüsiga Hesse jt (2015) teoreetilise raamistiku alusel.

Kolmas etapp

Kolmandas etapis tagastasid õpilased oma töölehed ja neile jagati koostööküsimustikud (ülevaade ja küsimustik; joonis 1 „Küsimustik”) ning õpilased täitsid arutelu käigus ülevaate lehe. Mõlema küsimuse üle toimus õpetaja juhitud arutelu (joonis 1, „Arutelu”), mis suunas õpilasi oma vastuste ja põhjenduste üle järele mõtlema. Järgnevalt täitsid õpilased refleksiooni- (tabel 1) ja tagasisideküsimustiku (tabel 1) ning tagastasid küsimustikud.

Andmeanalüüs

Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks analüüsi õpilaste täidetud töölehti, õpilaste eneserefleksioone ja koostööküsimustikke (tabel 1). Kuna kogutud andmed saadi nii kvalitatiivsel kui ka kvantitatiivsel kujul, rakendati tekstiliste andmete (õpilaste vabavastuste) puhul kvalitatiivset sisuanalüüsi ja hinnanguskaala analüüsiks kirjeldavat ja mitteparameetrilist statistikat. Aineteadmised (AT) ja uurimuslikud teadmised (UT) saadi töölehtede vastustest, kus rühmas töötanud õpilased said mõlemad õige vastuse eest ühe punkti ja osaliselt õige vastuse eest sai 0,5 punkti. Rühma skoor saadi rühmaliikmete tulemuste summeerimisel, ja kui tegemist oli kolmikuga, siis võeti sama versiooni töölehte täitnud õpilaste tulemusest arvesse nende keskmine tulemus. Refleksioonides aineteadmiste ja koostööle (ATR) ning uurimuslikele teadmiste ja koostööle (UTR) analüüsi õppijate vastuseid koostööoskuste küsimustiku tagasisaate küsimustele. Õppija sai ühe punkti, kui oli korrektselt kirja pannud, kas tal oli õige või vale tulemus nii ATR kui ka UTR puhul, ning ühe punkti, kui põhjendas, mis õnnestus või ebaõnnestus.

Selgitamaks, kas õnnestunud või ebaõnnestunud rühmades on hinnatavate elementide vahel tulemusrühmade kaupa sarnane dünaamika, moodustati tulemusrühmad (tabel 2), kus iga hinnatav element (tabel 1) andis kuni kaks punkti (kokku maksimaalselt kaheksa punkti) ja vastavalt tulemusele grupeeriti

rühmad kolme gruppi: edukad, keskmise tulemusega ja madala tulemusega rühmad. Andmed KPLO alamdimensioonide analüüsiks pärinesid koostööoskuste küsimustikust, kus õppijad hindasid enda oskuseid 5-punktilisel Likerti skaalal, andmeid analüüsiti mitteparameetrilise statistikaga, kuna andmestik oli väike ega vastanud normaaljaotusele. Mann-Whitney U-testiga sooviti kontrollida, kas KPLO alamdimensioonide keskmised tulemused erinesid kumbagi versiooni täitnud õppijate vahel.

Tabel 2. Hinnatavate elementide punktid ja komponendid

Hinnatav element	Maksimumpunktid		Komponendid
	õppija	rühm	
Tulemusrühmad	4	8	AT + UT + ATR + UTR
Koostöö tulemuslikkus	6	12	AT1 + AT2 + AT3 + UT1 + UT2 + KT1

Märkus: AT1 õppija sai tulemuse, kui mõistis küsimust, mida nad tegema peavad. AT2 valis õige skeemi, AT3 põhjendas asjakohaselt oma valikut ja pani selle kirja, UT1 vastas õiged muutujad, UT2 põhjendas asjakohaselt oma valikut ja pani selle kirja, KT1 põhjendas asjakohaselt enda koostööd.

Koostöö tulemuslikkust analüüsiti sel moel, et hinnatavad elemendid jagati osadeks (tabel 1) ning lisati koostöö (tabel 2). Iga komponent andis rühmale maksimaalselt kaks punkti, see tähendab, et kumbki paariline andis rühma tulemusesse panuse (kui tegemist oli kolmikuga, siis võeti sama versiooni töölehte täitnud õpilaste tulemusest arvesse nende keskmine tulemus). Kõikide komponentide maksimum oli 12, tulemuse järgi grupeeriti rühmad kolme gruppi: edukad, keskmise tulemusega ja madala tulemusega rühmad.

Tulemused

Artiklis esitatakse tulemused uurimisküsimuste põhjal, millest esimene uuris, kuidas loodud õppestsenaarium võimaldab integreerida loodusõpetuse tundides aine- ja uurimuslikke teadmisi ning koostöist probleemide lahendamist. Kõikide rühmade puhul hindasime nelja tegurit: aineteadmised (AT), uurimuslikud teadmised (UT), refleksioon aineteadmiste (ATR) ning uurimuslike teadmiste kohta (UTR). Õpilaste eristamiseks rühmasiseselt kasutasime versiooni A ja B. Rühmaliikmed täitsid töölehti individuaalselt ja nende tulemuste põhjal arvutati ühine rühmaskoor.

Aineteadmised (AT) – elektriskeem

Õpilaste ülesandeks oli leida virtuaallabori abil vastus küsimusele, milline kolmest vooluahelast sarnaneb kõige rohkem tavalise maja vooluahelaga. 11 rühma valis elektriskeemi õigesti, kuid ühes rühmas vastas üks õpilane oma kaaslasest erinevalt, mistõttu oli rühma vastus elektriskeemi kohta ainult osaliselt õige. Ülejäänud 10 rühma valisid vale elektriskeemi. Enamik valesti vastanud õpilastest eksis selles, et kuigi nad märkasid, et iga lüliti lülitab sisse erineva toa valgustuse, ei pööranud nad tähelepanu sellele, et ühe toa valgustuse tugevus mõjutab teise toa valgustust, mistõttu ei olnud valitud vooluahel sarnane tavalise kodu vooluahelaga, näiteks „Kõige rohkem sarnaneb tavalise maja vooluahelaga vooluahel C. Vooluallika pinge on 6 V ja valgusti takisti 50Ω “.

Uurimuslikud teadmised (UT) – muutujad

Ülesandes esitati töölehe A-versiooni saanud õpilasele küsimus virtuaallaboris toodud sõltumatute muutujate kohta (vooluallika pinge, igale valgustile eraldi määratud takistus, lülitite olekud) ning töölehe B-versiooni saanud õpilasele küsimus sõltuvate muutujate kohta (iga toa valgustuse tugevusaste, sh pime, hämar, normaalne ja ere). Vastustest selgus, et rohkem kui pooled (55%) A-versiooni õpilastest määrasid ja kirjeldasid muutujaid õigesti. Samas vastas neljal korral B-versiooni õpilane täpselt sama moodi nagu tema kaaslane, kirjeldades seega sõltumatuid muutujaid, ning kuuel korral määrasid B-versiooni õpilased muutujad ekslikult, näiteks „vannituba, köök, magamistuba“, „vooluallika pinge“, „elekter, lambid“.

Refleksioon ainealaste teadmiste (ATR) ning uurimuslike teadmiste (UTR) kohta

Triangulatsiooni teine komponent, kus õpilased täitsid individuaalselt kolmandas etapis tagasivaadet ja mõlemad rühmaliikmed vastasid küsimusele nii ainealaste (ATR) kui uurimuslike teadmiste (UTR) kohta, näitas, et kõik õppijad olid vastanud ATR kohta ja elektriskeemi puhul tõid õpilased esile, et edukaks lahendamiseks on oluline katsetamine ja mitme variandi läbiproovimine ning abiks oli teineteisega suhtlemine ja rääkimine:

„Meie vastus oli õige, sest me katsetasime kõiki erinevaid variante ning leidsime parima.“ (303B)

Ebaõnnestumist põhjendati pinnapealsuse ja tähelepanematusesega:

„Meie vastus oli vale, kuna ei uurinud üldse stsenaariumi.” (407A)

Kõikidest tagasisidetest eristusid kahe rühma refleksioonid, kus koostöö ühe rühma liikme sõnul ei toiminud tavapäraselt. Esimeses rühmas kirjutas üks rühmakaaslane, et nad ei teinud koostööd.

„/.../ me tegime tööd eraldi. Ma arvan, et mul oli õige.” (406B)

Teise rühma koostöö oli ebaedukas ja rühmakaaslased nägid olukorda erinevalt.

„Me tegime niimoodi, et alguses töötas üks, siis teine. Minul läks valesti, aga sõbral läks õigesti. Sõber ei tahtnud väga pärast mind aidata. Halb paariline. Ei aidanud mind. Mõtles ainult enda peale.” (308A)

„Jah, sest ma olen hea juht ja teadsin, mida teha. /rühmakaaslane/ ei kuulanud ja sai vale vastuse.” (308B)

UTR puhul ei olnud 14 õpilast refleksiooni osa täitnud ning vastanud õppijad tõid välja, et sõltumatu ja sõltuva muutuja nimetamine valmistab õpilastele raskusi ning tagasisivaates toodi välja üheks põhjuseks ajapuudus.

„Me ajasime sõltumatu ja sõltuva muutuja segamini.” (306A)

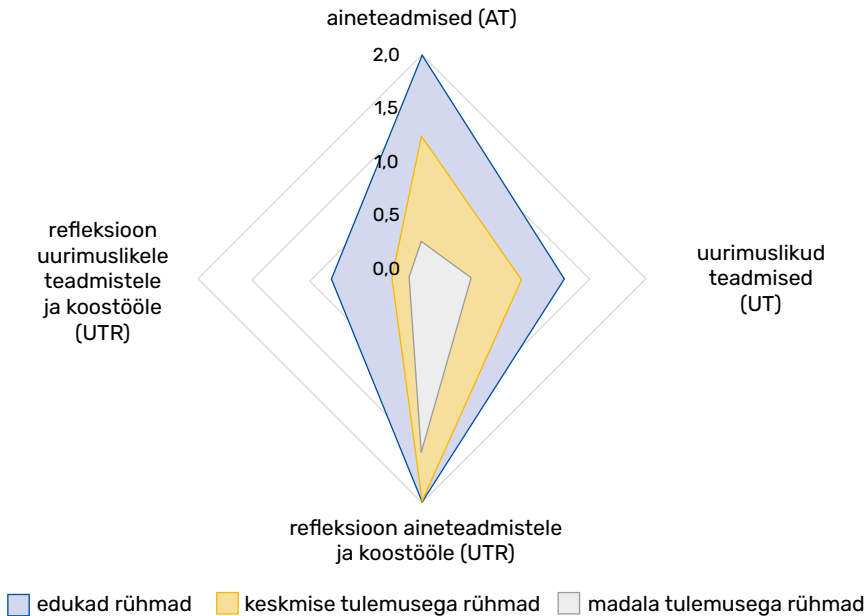
„Ei jõudnud lõpetada.” (301A)

Mitmel korral ei mõistnud õpilased ka peale ühist klassiarutelu sõltuva ja sõltumatu muutuja erisust.

„Minu vastus oli vale, sest me kumbki ei saanud päris täpselt aru, mis on sõltuv ja mis sõltumatu muutuja.” (403B)

Hinnatavad tegurid tulemusrühmades

Järgnevalt analüüsisime tegureid tulemusrühmade kaupa (joonis 2), kus iga tegur andis rühmale kõige rohkem kaks punkti, see tähendab, et kumbki paari-line sai igasse hinnatavasse tegurisse võimalikult ühe punkti. Kõikide komponentide maksimum oli 8, tulemuse järgi jaotati rühmad kolme gruppi: edukad (N = 5; 5,5–7 p), keskmise (N = 8; 3,5–5 p) ja madala tulemusega rühmad (N = 9; 1,5–3 p).



Joonis 2. Tulemusrühmade keskmised punktid hinnatavate elementide kaupa (iga elemendi maksimum 2 p).

Tulemused annavad meile esialgse indikatsiooni, milline on erisus stsenaariumiga õppivate tulemusrühmade dünaamikas. Selgus, et kõigis rühmades on elektriskeemi valiku oskus (AT) ja sellele järgnev refleksioon (ATR) kõrgema keskmise väärtusega. Madalama tulemuselga rühmades olid AT tulemused madalamad, kuid pärast ühist klassiarutelu tõusis ATRi skoor. Siiski ei täheldatud sarnast tendentsi uurimuslike teadmiste (UT) ja nende refleksiooni (UTR) puhul.

Koostöine probleemilahendusoskus

Triangulatsiooni kolmanda komponendi kohta, kus õpilased hindasid pärast probleemilahendamist koostööküsimustiku abil enda koostöökogemust ning täitsid koostööküsimustiku (N = 44), on kirjeldav statistika esitatud tabelis 3. Kõige kõrgemad hinnangud anti perspektiivivõtule ja sotsiaalsetele regulatsioonioskustele, kuid osalemine ja teineteisest sõltuvus said keskmisest madalamad hinnangud. Tulemused on üllatavad, sest ülesande iseloom nõudis koostööd ning selleks, et paaristöö oleks edukas, tuli õpilastel mõista, et nad on üksteisest sõltuvad. Siiski, võrreldes teiste hinnatavate dimensioonidega, andsid õpilased just selles osas madalamaid hinnanguid. Mann-Whitney U-testiga sooviti kontrollida, kas KPLO alamdimensioonide keskmised tulemused

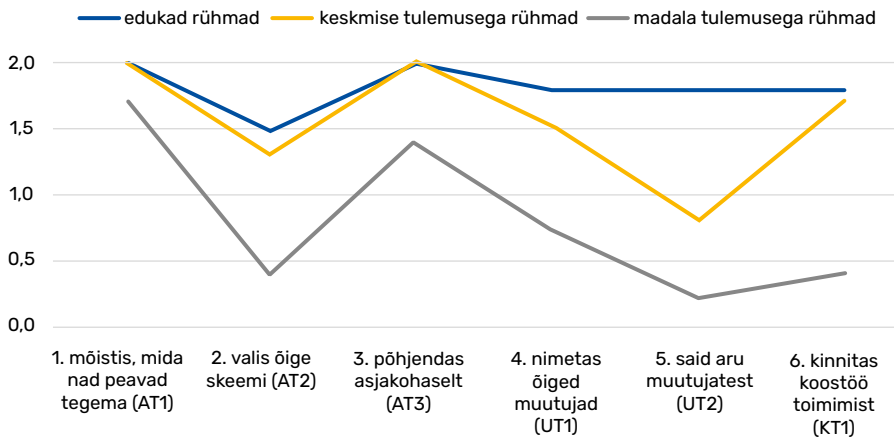
erinesid kumbagi versiooni täitnud õppijate vahel, ning statistiliselt olulist erisust ei olnud, mis tähendab, et olenemata töölehe versioonist, mille õppijad said, on hinnangud aladimensiooniti sarnased.

Tabel 3. Statistika koostõiste hinnatavate dimensioonide kohta

Koostöö dimensioon	Version A (N = 21)	Version B (N = 23)	Mann-Whitney U	
	M (SD)	M (SD)	U	p
Osalemine	3,9 (0,9)	3,9 (1,0)	234,5	> 0,05
Perspektiivivõtt	4,2 (1,1)	4,2 (1,1)	243,5	> 0,05
Sotsiaalne regulatsioonioskus	4,2 (0,8)	4,1 (1,2)	232,0	> 0,05
Teineteisest sõltuvus	3,8 (1,3)	4,0 (1,2)	225,5	> 0,05

Märkus: M = keskmine; SD = standardhälve.

Selleks, et leida, kus õpilased uuritud õppestsenaariumi abil õppides tuge vajavad, kodeeriti töölehtede vastused ja refleksioonid ning moodustati koostöö tulemuslikkust näitavad komponendid iga õpilase kohta ning rühma kohta (joonis 3).



Joonis 3. Koostöö tulemuslikkus (edukad: N = 4, 10,5–12 p; keskmise tulemuselga: N = 7, 6–10 p; madala tulemuselga rühmad: N = 11, 1–5 p) ja hinnatavate elementide punktid (iga näitaja maksimum 2 p) ja komponendid.

Sarnaselt eelpool hinnatud tulemusrühmadega (joonis 2) on koostöö komponendi lisandumisel joonisel 3 näha, et kõige suurem erisus nende kolme rühma vahel on õigete muutujate valimisel ning selle mõistmisel ka peale ühist klassiarutelu. Ainealaste teadmiste puhul said kõik rühmad tööjuhise õigesti aru,

ning kuigi eksiti õige elektriskeemi valikul, siis arutelujärgselt toodi välja õige vastus ja mõisteti, milline elektriskeem ja mis põhjustel õige oli.

Muutujate määramisel oli keskmise ja madala tulemusega rühmadel raskusi ja nende rühmade erisus oli see, et kui madala tulemusega rühmad ei mõistnud ka arutelu järel muutujate erisust ja seost virtuaallaboris tehtud muutujatega, siis keskmise tulemusega rühmade keskmine tulemus oli siin pisut kõrgem ning nende puhul oli näha, et arutelu abistas neil muutujate mõistmist. Huvitav on see, et kuigi koostöö ei olnud tulemuslik, oli madalama tulemusega rühmade hulgas kaks rühma, kes hindasid enda koostööd tulemuslikuks ja edukaks, kuigi oma õppimisprotsessis said nad madalad tulemused nii ainealastes kui ka uurimuslikes teadmistes.

Arutelu

Uuringu eesmärk oli selgitada välja, mis toetab õpilaste tulemuslikku koostööd uurimuslikes tegevustes, ja anda loodusainete õpetajatele soovitusi, kuidas integreerida koostöise probleemilahendamise oskuse ning aine- ja uurimuslike teadmiste kujundamist. Tavaliselt on tehnoloogiaga rikastatud koostöös toimuva õppimise valdkonnas tehtud uuringud keskendunud pigem õppimise eesmärgil tehtavale koostööle kui koostöö õppimisele. Õpilaste koostööoskuste arendamine on aga väga oluline mitte ainult teaduslikes avastustes, vaid ka igapäevaelus. Praeguseks loodusainete õpetamisel levinud uurimusliku õppe meetodid, mis hõlmavad koostööd ja tehnoloogia kasutamist, ei paku õpetaja hea suunamise puudumisel õpilastele sobivat tuge keeruliste teaduslike ideede ja protsesside õppimisel (Hmelo-Silver *et al.*, 2007; Vauras *et al.*, 2019). Tulemused näitasid, et loodud õppestenaarium võimaldas õpilastel harjutada erinevaid oskusi, ja kuigi tegemist oli uudse meetodikaga, said vähemalt pooled rühmad positiivse tulemuse nii aine- kui uurimuslikes teadmistes ning nende enesehinnangud kõikidele koostöö dimensioonidele oli kõrged.

Esimese ala-uurimisküsimusega (UK1a) soovisime teada saada, millised on õpilaste aine- ja uurimuslikud teadmised peale virtuaallaboris koostöise ülesande lahendamist. Uuringu tulemused näitavad, et õpilaste jaoks oli üks suurimaid väljakutseid virtuaallaboris sõltuvate ja sõltumatute muutujate määramine. Selgus, et paljud õpilased ei suutnud alguses aru saada nende mõistete sisust ja rakendusest praktilises kontekstis ega määrata virtuaallaboris muutujaid. Siiski suutsid edukad rühmad ületada selle väljakutse tänu õpetaja juhitud klassiarutelule, kus selgitati nende mõistete tähendust ja praktilist rakendust. Keskmise ja madalama tulemusega rühmad ei suutnud aga sarnast edu saavutada. Beichner (2007) on leidnud, et koostöise uurimusliku õppe meetodika aitas õpilastel füüsilikalt paremini õppida ja sellega seotud ülesannete vastu

rohkem huvi tunda, kuid Eestis 2022. aasta II kooliastme looduspädevuse testi tulemuste analüüs näitas, et loodusainete õppimisel tuleks rohkem tähelepanu pöörata sellele, kuidas leida seoseid õpitud objektide ja protsesside vahel, ning õpilasi tuleks suunata selgitama oma sõnadega uurimuses kasutatavaid mõisteid ja seda, kuidas katset läbi viia (Pedaste *et al.*, 2022). Seetõttu võiks õpetaja tunnis tuua rohkem praktilisi näiteid, aitamaks õpilastel näha nende mõistete rakendust reaalses elus. Lisaks tuleks stsenaariumisse lisada selgitavad visuaalid või skeemid (Ainsworth *et al.*, 2011), mis aitaksid õpilastel paremini mõista muutujate tähendust ja nende määramise protsessi, et parandada virtuaallaboris õppimise tulemusi.

Teine ala-uurimisküsimus (UK1b) proovis mõista, millised on õpilaste refleksioonid enda aine- ja uurimuslike teadmiste ning koostöö kohta peale virtuaallaboris koostöise ülesande lahendamist. Meie tegevus oli kavandatud füüsika elektriskeemi teema ümber ja hõlmas uurimusliku õppimise rakendamist. Lisasime refleksiooni etapi, kus õpilased saaksid oma koostööd ja ülesannete täitmist analüüsida. Õppijad tõid oma refleksioonides esile, et aineteadmiste ülesande edukaks lahendamiseks oli oluline katsetada ja mitut varianti läbi proovida ning abiks oli teineteisega suhtlemine ja rääkimine, ebaõnnestumist põhjendati pinnapealsuse ja tähelepanematusena. Uurimuslike teadmiste puhul tõid õppijad oma refleksioonides esile, et sõltumatu ja sõltuva muutuja nimetamine valmistas neile mitmel korral raskusi ja samuti ei mõistnud nad ka peale ühist klassiarutelu sõltuva ja sõltumatu muutuja erisust. Pei jt (2020) uurisid refleksioonipõhise tehnoloogiaga toetatud loodusainetunni mõju kuuenda klassi õpilastega ja nende tulemused näitasid, et kvaliteetne refleksioon ei ole spontaanne, vaid nõuab pidevat harjutamist ja toetust kogu õppeprotsessi jooksul, mille tagamisel on õpetajate roll määrava tähtsusega. Refleksioonietapp võimaldab õpetajal mitte ainult vaadata koos õpilastega tegevust üle, vaid ka koguda andmeid õpilaste eneseanalüüsi kohta, mida saab kontrollida, võrreldes neid tulemustega ülesannete lahendamisel.

Kolmas ala-uurimisküsimus (UK1c) uuris, kuidas õppijad hindavad prototüübiga õppides enda koostööoskusi. Selles uuringus katsetasime prototüüpõppestsenaariumit vastavalt Hesse jt (2015) teoreetilisele mudelile koostööl põhineva probleemilahenduse (KPLO) jaoks. Care ja Kim (2018) on esile toonud, et KPLO-teooria on koolipraktikasse puudulikult integreeritud. Hinnates KPLO nelja dimensiooni, andsid õpilased kõrgemad hinnangud perspektiivivõtule ja sotsiaalsetele regulatsioonioskustele ning madalaimalt hinnati teineteisest sõltuvust. Viimane hinnang oli ootamatu, kuna ülesande tüüp oli üles ehitatud sel moel, et õpilased ei saanud ülesannet lahendada üksi, vaid vajasisid kaaslaste abi. Siiski näitasid vaatlusandmed, et virtuaallaboris töötamine pakkus õpilastele väljakutseid ning sageli olid nad segaduses sellest, et

nad saavad muuta ainult osa muutujaid ning et nende kaaslase muudatused mõjutavad mõlemat osapoolt. Koostöö eeldab aktiivset osalemist, info jagamist, ressursside ühist kasutamist, ühiste hinnangute ja lahenduste leidmist (Griffin & Care, 2015). Seetõttu tuleb tunnistsenaariumit kohandada nii, et õpilased mõistaksid, et nad töötavad samas virtuaallaboris koos, ning ühtlasi tuleks sarnaseid ülesandeid harjutades ülesande loogika selgemaks teha, et õpilased mõistaksid, kui oluline on teha koostööd, kui nende edu sõltub üksteisest.

Uuringutulemused selle kohta, millised on prototüüp-õppestsenaariumi olulisemad komponendid, toetamaks õpilaste aineteadmiste, uurimuslike teadmiste ja koostöise probleemilahendusoskuste kujundamist, näitavad, et koostöö mustrid ja probleemide lahendamise taktika olid edukates ja madalama tulemusega koostöögruppides erinevad. Kui edukad rühmad kasutasid rohkem analüütilisi mõtlemisprotsesse, uuesti läbivaatamist, teemaga seotud küsimuste esitamist ja tõenditel põhinevat teaduslikku arutlust, siis madalama tulemusega rühmad kasutasid probleemide lahendamisel sageli katse-eksituse meetodit, milles puudus korrapärane uuesti katsetamine ja põhjendamine, mida näitavad ka varasemad uuringud (Chang *et al.*, 2017; Rannastu-Avalos *et al.*, 2022; Telenius *et al.*, 2020). Lisaks sellele ennustavad lahkarvamuste väljendamine, ideede pakkumine ja põhjenduste selgitamine sageli rühmaliikmete teadmiste suurenemist (Howe *et al.*, 2007) ja loovad seega õppimisvõimalusi. Need erinevused on kooskõlas edukate rühmade keskendumisega õpieesmärkidele ja sotsiaalsele vastutusele, samas kui madalama tulemusega rühmad seavad esikohale lõbutsemise ja kuuluvustunde tekkimise (Hijzen *et al.*, 2007). Ka meie uuringus eristusid madala tulemusega rühmad selles, et koostööd hinnati edukaks, kuid seda ei määranud mitte õppetulemus, vaid omavaheline koos tegutsemine ja meeldiv ajaviitmine.

Vaadeldes uuringus kasutatud prototüübi erisust tavatunnist, võib välja tuua järgneva. Esiteks, tunnis planeeritud koostöine probleemilahendus oli planeeritud sõltuva tegevusena, kus ülesande edukas lõpuleviimine sõltub kõigi rühmaliikmete aktiivsest osalemisest. Tavaliselt jagavad õpetajad samasuguseid ülesandeid erinevate rühmade vahel, kuid see võib soodustada domineeriva õpilase või passiivsete, ülesandesse vähe panustavate õpilaste esiletõusu. Sõltuva tegevuse puhul on aga kõigi õpilaste osalus hädavajalik ning see soodustab tihedamat koostööd ja paremat ülesande lahendamist.

Teiseks, refleksioon ja arutelu moodustasid õppetunnist olulise osa, moodustades sellest 38 protsenti. Õpetajad kulutavad tihti õppetunni lõpus ainult lühikese aja kokkuvõtva arutelu jaoks, kuid see on tegelikult väga oluline tunni osa, kuna aitab õpilastel süvendada õpitud ja saada tagasisidet. Meie tulemused näitasid, et isegi madala tulemusega rühmade tulemused paranesid ühise klassiarutelu järel.

Kolmandaks, õpilased said kasutada oma nutitelefone õppimiseks, mis võib olla väga sisukas viis teadmiste omandamiseks. Gómez-García jt (2020) analüüsisid 7381 Hispaania põhikooli andmeid fookusega nutitelefoni kasutamisel koolides ja leidsid positiivse seose õpilaste õppetulemuse ja koolide vahel, kes lubasid õppetöös mobiiltelefone kasutada, olenemata sellest, mis metoodikat koolides kasutati. Samas on jätkuvalt õpetajaid, kes ei luba tundides nutitelefone kasutada, kuid see võib olla suur takistus uudsete õppimisviiside rakendamisel.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et sinne uuring aitab kaasa KPLO rakendamise mõistmisele klassiruumis ja koostööoskuste mõõtmisele õppimise kontekstis. Saadud tulemused võivad olla kasulikud nii KPLO teoreetiliste kui ka kontrollitud eksperimentaalsete uuringute raames, kus kavandatakse õpetegevusi, mida õpetajad saavad rakendada, aitamaks oma õpilastel arendada koostööoskusi. Uurimuse piirangud seisnevad selles, et see oli esimene katse mõista KPLO harjutamise võimalusi väljatöötatud prototüüp-õppeetsenaariumiga ja ühekordne sekkumine võimaldas õpilastel harjutada koostöö tegemist koostöises virtuaallaboris ning analüüsida enda õppimist ning koostööd. Seega on vajalik õppeetsenaariumi edasi arendada ja katsetada teistes loodusainete tundides sama struktuuri alusel, et oleks võimalik täpsemalt mõista, kas ja kuidas on võimalik seda kohandada erinevate ainete ja tundide tarbeks, harjutamaks KPLOd. Samuti võiks edasistes uuringutes kasutada täiendavaid meetodeid, nagu näiteks intervjuud, vaatlused ja enesehindamise küsimustikud, et saada põhjalikum ülevaade õpilaste koostööoskuste arengust.

Tänuõnad

Artikli valmimist toetas Erasmus+ projekt „Digi-Science: Digitaalsel ajastul uudsete tavade väljatöötamine loodusteaduste õpetamiseks“, lepingu nr 2020-1-EE01-KA226-SCH-093387.

Kasutatud kirjandus

- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096–1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>
- Beichner, R. J., Saul, J. M., Abbott, D. S., Morse, J., Deardorff, D., Allain, R. J., Bonham, S. W., Dancy, M. H., Risley, J. S. (2007). The student-centered activities for large enrollment undergraduate programs (SCALE-UP) project. *Research-Based Reform of University Physics*, 1 (1), 2–39.

- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349–377. <https://doi.org/10.1080/09500690802582241>
- Blatchford, P. (2003). A systematic observational study of teachers' and pupils' behaviour in large and small classes. *Learning and Instruction*, 13(6), 569–595. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00043-9](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00043-9)
- Care, E., & Kim, H. (2018). Assessment of twenty-first century skills: The issue of authenticity. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 21–39). Springer, Cham.
- Chan, C. K. (2001). Peer collaboration and discourse patterns in learning from incompatible information. *Instructional Science*, 29, 443–479. <https://doi.org/10.1023/A:1012099909179>
- Chan, J. W. W., & Pow, J. W. C. (2020). The role of social annotation in facilitating collaborative inquiry-based learning. *Computers & Education*, 147, 103787. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103787>
- Chang, C.-J., Chang, M.-H., Chiu, B.-C., Liu, C.-C., Fan Chiang, S.-H., Wen, C.-T., Hwang, F.-K., Wu, Y.-T., Chao, P.-Y., Lai, C.-H., Wu, S.-W., Chang, C.-K., & Chen, W. (2017). An analysis of student collaborative problem solving activities mediated by collaborative simulations. *Computers & Education*, 114, 222–235. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.008>
- Chen, C.-H., & Tsai, C.-C. (2021). In-service teachers' conceptions of mobile technology-integrated instruction: Tendency towards student-centered learning. *Computers & Education*, 170, 104224. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104224>
- Chen, J., Wang, M., Kirschner, P. A., & Tsai, C.-C. (2018). The role of collaboration, computer use, learning environments, and supporting strategies in CSCL: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 88(6), 799–843. <https://doi.org/10.3102/0034654318791584>
- Chin, C., & Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 109–138. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(200002\)37:2<109::AID-TEA3>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(200002)37:2<109::AID-TEA3>3.0.CO;2-7)
- de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., & Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*, 39, 100536. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>
- Furberg, A. (2009). Socio-cultural aspects of prompting student reflection in Web-based inquiry learning environments: Prompting student reflection. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(4), 397–409. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00320.x>
- Gómez-García, M., Soto-Varela, R., Morón-Marchena, J. A., & del Pino-Espejo, M. J. (2020). Using mobile devices for educational purposes in compulsory secondary education to improve student's learning achievements. *Sustainability*, 12(9), 3724. <https://doi.org/10.3390/su12093724>

- Griffin, P., & Care, E. (Eds.). (2015). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*. Springer Netherlands. <http://www.springer.com/gb/book/9789401793940>.
- Haridusvaldkonna arengukava 2021–2035. <https://www.hm.ee/media/1488/download>.
- Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). A framework for teachable collaborative problem solving skills. In P. Griffin and E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach* (pp. 37–56). Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Hijzen, D., Boekaerts, M., & Vedder, P. (2007). Exploring the links between students' engagement in cooperative learning, their goal preferences and appraisals of instructional conditions in the class- room. *Learning and Instruction, 17*, 673–687 <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.020>
- Hmelo-Silver, C., Duncan, R., & Chinn, C. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist, 42*, 99–107. <https://doi.org/10.1109/TE.2018.2791445>
- Howe, C., Tolmie, A., Thurston, A., Topping, K., Christie, D., Livingston, K., Jessiman, E., & Donaldson, C. (2007). Group work in elementary science: Towards organisational principles for supporting pupil learning. *Learning and Instruction, 17*(5), 549–563. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.004>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Making cooperative learning work. *Theory into Practice, 38*(2), 67–73. <https://doi.org/10.1080/00405849909543834>
- Khasawneh, E., Hodge-Zickerman, A., York, C. S., Smith, T. J., & Mayall, H. (2023). Examining the effect of inquiry-based learning versus traditional lecture-based learning on students' achievement in college algebra. *International Electronic Journal of Mathematics Education, 18*(1), em0724. <https://doi.org/10.29333/iejme/12715>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research, 86*(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Le, H., Janssen, J., & Wubbels, T. (2018). Collaborative learning practices: Teacher and student perceived obstacles to effective student collaboration. *Cambridge Journal of Education, 48*(1), 103–122. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2016.1259389>
- Mayer, R. E. (Ed.). (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.002>
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173>.
- Mercer, N. (1996). The quality of talk in children's collaborative activity in the classroom. *Learning and Instruction, 6*(4), 359–377. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(96\)00021-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(96)00021-7)

- Miedijensky, S., & Tal, T. (2016). Reflection and assessment for learning in science enrichment courses for the gifted. *Studies in Educational Evaluation*, 50, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2016.05.001>
- Moon, J. A. (2013). *Reflection in Learning and Professional Development: Theory and Practice*. Routledge.
- Mäeots, M. (2014). *Inquiry-based learning in a web-based learning environment: a theoretical framework of inquiry-based learning processes* [Doctoral dissertation, University of Tartu]. <https://dspace.ut.ee/handle/10062/43719>
- Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2014). Blending physical and virtual manipulatives in physics laboratory experimentation. In C. Bruguière, A. Tiberghien, & P. Clément (Eds.), *Topics and Trends in Current Science Education* (Vol. 1, pp. 419–433). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7281-6_26
- Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9(1–2), 81–95.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pedaste, M., Palts, T., Kraav, T., & Orav-Puurand, K. (2021). Komplekssete probleemide lahendamise oskus ning selle hindamine ja arendamine gümnaasiumis. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri. Estonian Journal of Education*, 9(1), 138–161. <https://doi.org/10.12697/eha.2021.9.1.06>
- Pedaste, M., Reisenbuk, E., Ilo Saar, A. (2022). Lühikokkuvõte 2021/2022. õppeaasta loodusõpetuse II kooliastme tasemetöö tulemustest. *Testid ja hindamine*. <https://projektid.edu.ee/pages/viewpage.action?pageId=105383695>
- Pei, X., Jin, Y., Zheng, T., & Zhao, J. (2020). Longitudinal effect of a technology-enhanced learning environment on sixth-grade students' science learning: The role of reflection. *International Journal of Science Education*, 42(2), 271–289. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1710000>
- Pöysä-Tarhonen, J., Häkkinen, P., Tarhonen, P., Näykki, P., & Järvelä, S. (2022). „Anything taking shape?” Capturing various layers of small group collaborative problem solving in an experiential geometry course in initial teacher education. *Instructional Science*, 50(1), 1–34. <https://doi.org/10.1007/s11251-021-09562-5>
- Rannastu, M., Siiman, L. A., Mäeots, M., Pedaste, M., & Leijen, Ä. (2019). Does group size affect students' inquiry and collaboration in using computer-based asymmetric collaborative simulations? In M. A. Herzog, Z. Kubincová, P. Han, & M. Temperini (Eds.), *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2019* (pp. 143–154). Springer International Publishing.
- Rannastu-Avalos, M., Mäeots, M., & Siiman, L. A. (2022). How teacher education students collaborate when solving an asymmetric digital task. In L.-H. Wong, Y. Hayashi, C. A. Collazos, C. Alvarez, G. Zurita, & N. Baloian (Eds.), *Col-*

- laboration Technologies and Social Computing* (pp. 158–174). Springer International Publishing.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review, 39*, 37–63. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.12.001>
- Summers, M., & Volet, S. (2010). Group work does not necessarily equal collaborative learning: Evidence from observations and self-reports. *European Journal of Psychology of Education, 25*, 473–492. <https://doi.org/10.1007/s10212-010-0026-5>
- Sun, Y., Yan, Z., & Wu, B. (2022). How differently designed guidance influences simulation-based inquiry learning in science education: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning, 38*(4), 960–976. <https://doi.org/10.1111/jcal.12667>
- Suyatna, A. (2019). Mobile phone utilization for learning: Physics teachers' perception. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni, 8*(2), 241–248. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v8i2.4840>
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction, 21*(3), 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>
- Zeichner, K. (1999). Action research and the preparation of reflective practitioners during the professional practicum. *Practical Experiences in Professional Education, 3*(1), 1–26.
- Zhu, M. & Todd, J. A. (2019). Understanding the connections of collaborative problem solving skills in a simulation-based task through network analysis. In Lund, K., Niccolai, G. P., Lavoué, E., Hmelo-Silver, C., Gweon, G., & Baker, M. (Eds.), *A wide lens: Combining embodied, enactive, extended, and embedded learning in collaborative settings, 13th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) 2019, Volume 2* (pp. 565–568).
- Telenius, M., Yli-Panula, E., Vesterinen, V.-M., & Vauras, M. (2020). Argumentation within upper secondary school student groups during virtual science learning: Quality and quantity of spoken argumentation. *Educational Sciences, 10*(12), 393. <https://doi.org/10.3390/educsci10120393>
- Tire, G., Puksand, H., Lepmann, T., Henno, I., Lindemann, K., Täht, K., Lorenz, B., Silm, G. *PISA 2018 Eesti tulemuste raport. 2019*. Trükk: Atlex Kirjastus.
- Van den Bossche, P., Gijssels, W. H., Segers, M., & Kirschner, P. A. (2006). Social and cognitive factors driving teamwork in collaborative learning environments: Team learning beliefs and behaviors. *Small Group Research, 37*(5), 490–521. <https://doi.org/10.1177/1046496406292938>
- Vauras, M., Volet, S., & Nolen, S. (2019). Supporting motivation in collaborative learning: Challenges in the face of an uncertain future. In E. Gonida & M. Lemos (Eds.), *Motivation in education at a time of global change: Theory, research, and implications for practice*. Emerald.
- Wang, F., Kinzie, M. B., McGuire, P., & Pan, E. (2010). Applying technology to inquiry-based learning in early childhood education. *Early Childhood Education Journal, 37*(5), 381–389. <https://doi.org/10.1007/s10643-009-0364-6>

- Wang, C., Fang, T., & Gu, Y. (2020). Learning performance and behavioral patterns of online collaborative learning: Impact of cognitive load and affordances of different multimedia. *Computers & Education, 143*, 103683. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103683>
- Webb, N. M., Franke, M. L., Marsha, M., Turrou, A. C., Johnson, N. C., & Zimmerman, J. (2019). Teacher practices that promote productive dialogue and learning in mathematics classrooms. *International Journal of Educational Research, 97*, 176–186. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2017.07.009>
- Williams, E. N., & Morrow, S. L. (2009). Achieving trustworthiness in qualitative research: A pan-paradigmatic perspective. *Psychotherapy Research, 19*(4–5), 576–582. <https://doi.org/10.1080/10503300802702113>

Developing collaborative problem-solving skills through inquiry-based learning

Meeli Rannastu-Avalos^{a1}, Mario Mäeots^a, Leo A. Siiman^a

^a *Institute of Education, University of Tartu*

Summary

There is an increasing demand in society to work collaboratively with others to solve problems. However, teachers require guidance and adequate learning resources that can develop students' collaboration skills. The current study creates and tests an inquiry science lesson for classroom implementation based on the Hesse et al. (2015) theoretical model for collaborative problem-solving. The lesson included using smart devices to interact with a collaborative inquiry simulation and followed our previous work involving asymmetric computer simulations (Rannastu et al., 2019). In this study, we included time for students to reflect on their collaboration and inquiry after interacting with the simulation. We aimed to empirically investigate how the lesson affected learners' collaborative, inquiry, and subject-related aspects. Specifically, we formulated three research questions:

1. What was the effect of the lesson on students' domain-specific and inquiry knowledge?
2. How did students reflect on their domain-specific and inquiry learning?
3. How did students assess their collaboration skills?

Hesse et al. (2015) describe collaborative problem-solving skills as involving both social and cognitive domains. The three dimensions proposed by Hesse et al. (2015) to conceptualise collaboration include participation, perspective-taking, and social management skills. Our study involved 7th-grade students ($n = 44$) from two classes at one Estonian public school (mean age = 13.8). Students were randomly assigned into 19 pairs and three triplets. The science lesson involved the topic of electrical circuits and was carried out by the teacher. One researcher made observations during the lesson. The simulation is available at <https://leosiiman.neocities.org/simulations> and allows two students to explore a virtual dollhouse. The simulation (or virtual lab) asymmetrically divides some functionality (e.g., control over certain switches, control over

¹ Institute of Education, University of Tartu, Jakobi 5, 51005 Tartu; meeli.rannastu-avalos@ut.ee.

voltage or resistance values, but not both) to each student. A worksheet was created for each student with questions requiring both to contribute to finding the correct answers since neither student had full functionality over the simulation to answer the questions alone. The worksheet questions were “Which of the three circuits most resembles the circuit of an ordinary house?” and “List all the independent/dependent variables in this simulation.” The first question was associated with subject knowledge, whereas the second one was associated with inquiry knowledge. The worksheet also included the open-ended question: “What do you consider a successful collaboration?” The responses to this open-ended question were analysed using the Hesse et al. (2015) theoretical framework. After completing the worksheet, the students returned it to their teacher and then engaged in a reflection session in which the teacher demonstrated the correct answers. During this time, the students were given a questionnaire to reflect on their performance as well as on their collaboration. The questionnaire included the open-ended questions “Were your responses to the worksheet questions correct or incorrect? If correct, then how did collaboration help you be successful? If incorrect, why was your collaboration unsuccessful?” The questionnaire also included ten Likert scale items (1 = strongly disagree, 5 = strongly agree) to measure the collaborative dimensions of participation (e.g., “I worked hard to solve this task collaboratively”), perspective-taking (e.g., “I changed my mind when my partner brought up new ideas”), social regulation (e.g., “If we disagreed then I tried to find a solution”) and interdependence (e.g., “My partner was dependent on me for information and advice”). The first three dimensions are from the Hesse et al. (2015) framework, whereas the interdependence items were adapted from Van den Bossche et al. (2006). All materials mentioned above were introduced to the teacher before the intervention, as well as a detailed lesson plan and presentation slides.

The first research question asked about the effect of the lesson on subject and inquiry knowledge. The results, in terms of subject learning, showed that 11 groups identified the correct circuit in the virtual dollhouse simulation, while ten groups chose an incorrect circuit. The groups who answered erroneously were generally wrong because they did not observe that switches in their chosen circuit room slightly influenced the light intensity in other rooms. The results related to inquiry learning showed that 55% of groups correctly identified the dependent and independent variables in the simulation.

The second research question examined students’ reflections on their problem-solving performance. The results revealed that many students tended to overestimate their performance when in fact, later grading of their worksheets showed significant mistakes. The open-ended reflection questions were

coded and combined with the worksheet results to distinguish three categories of groups: low, medium and high. The medium and low-scoring groups had trouble identifying the dependent and independent variables (i.e., inquiry knowledge). However, the medium-scoring groups had a slightly higher average score and seemed to understand the relationship of the variables with the virtual lab after the discussion. The low-scoring groups rated their collaboration highly, as indicated by the questionnaire, even though their worksheet performance was poor.

The third research question asked about how students reflected on their collaboration. The results were assessed with the questionnaire items grouped along the dimensions of participation, perspective-taking, social regulation and interdependence. Participation and interdependence scored lower than perspective-taking and social regulation. Surprisingly, interdependence scored relatively lower than the other dimensions because the worksheet questions could not be successfully answered without a joint cooperative effort by both students. The questionnaire results showed no statistically significant differences between students using either simulation version (see Table 2).

In general, research in computer-supported collaborative learning has tended to focus on collaborating to learn rather than learning to collaborate. However, developing student collaboration skills is very important not just for scientific discovery but also in everyday life. In this study, we constructed a classroom activity following the PISA and ATC21s theoretical models for collaborative problem-solving (CPS). Care and Kim (2018) have highlighted the lack of integration of CPS theory into educational practice. Our activity was designed around the physics topic of electrical circuits and involved an inquiry-based learning approach. Notably, we included a reflection session for students to reflect on their collaboration and task performance. Reflection is an essential strategy for student learning (Runnel et al., 2013). The reflection session not only allows a teacher to review the activity with students but to collect self-report data about student collaboration which can be later verified by comparison to objective performance on the worksheet questions. Nevertheless, CPS is a complex construct, and simple measurements do not suffice. Pöysä-Tarhonen et al. (2022) have used triangulating analysis techniques to integrate multiple methods to form a deeper understanding of CPS. Triangulation is a good strategy to increase the credibility and validity of research findings and is necessary for a complex construct like collaboration. Overall, our study contributes to helping identify what exactly CPS can look like in the classroom and how collaboration skills can, in part, be measured in the school learning context. The results are useful for bridging theoretical or controlled

experimental studies of CPS with designing learning activities that teachers can use in practice to help their students develop collaboration skills. Teacher education and teacher training should also assist in understanding how to help students build collaborative skills.

Keywords: collaborative learning, collaborative problem-solving, inquiry learning, collaborative simulations