

**This is an electronic reprint of the original article.
This reprint *may differ* from the original in pagination and typographic detail.**

Author(s): Lämsä, Joni; Hämäläinen, Raija; Koskinen, Pekka; Viiri, Jouni

Title: Yliopistofysiikkaa laatuaikaoppimalla : teknologiset työkalut yhteisöllisen tutkivan oppimisen tukena

Year: 2017

Version:

Please cite the original version:

Lämsä, J., Hämäläinen, R., Koskinen, P., & Viiri, J. (2017). Yliopistofysiikkaa laatuaikaoppimalla : teknologiset työkalut yhteisöllisen tutkivan oppimisen tukena. In J. Viteli, & A. Östman (Eds.), Tuovi 15: Interaktiivinen tekniikka koulutuksessa 2017 -konferenssin tutkijatapaamisen artikkelit (pp. 15-28). Tampereen yliopisto. TRIM research reports, 23. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-0499-7>

All material supplied via JYX is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.

Yliopistofysiikkaa laatuaikaoppimalla: Teknologiset työkalut yhteisöllisen tutkivan oppimisen tukena

Joni Lämsä

joni.lamsa@jyu.fi

Jyväskylän yliopisto / Kasvatustieteiden laitos

Raija Hämäläinen

Jyväskylän yliopisto / Kasvatustieteiden laitos

Pekka Koskinen

Jyväskylän yliopisto / Fysiikan laitos

Jouni Viiri

Jyväskylän yliopisto / Opettajankoulutuslaitos

Tiivistelmä

Keskitymme tässä artikkelissa tutkivien oppimisprosessien dynamiikan kuvaamiseen teknologiatuetussa yliopistofysiikan yhteisöllisessä opiskelussa. Lisäksi kiinnitämme huomiota siihen, miten tutkittavat opiskelijaryhmät hyödyntävät teknologiatuettua oppimisympäristöä eri tutkivan oppimisen vaiheissa. Keräsimme tutkimusta varten aineistoa yliopistotasoiselta termodynamiikan ja optiikan peruskurssilta, joka toteutettiin laatuaikaoppimisen mallin mukaisesti. Kuvaamme tässä artikkelissa laatuaikaoppimisen mallin keskeiset piirteet. Kerätty aineisto sisälsi ruutukaappausvideoita teknologisesta oppimisympäristöstä ja äänitallenteet pienryhmien käymistä keskusteluista. Teorialähtöisen temaattisen analyysin avulla kuvasimme kahden eri pienryhmän välisiä eroja heidän teknologiatuetun tutkivan oppimisprosessinsa dynamiikassa. Lisäksi sisällönanalyysin menetelmin selvitimme, miten kyseiset pienryhmät hyödynsivät tarjottuja teknologisia työkaluja eri tutkivan oppimisen vaiheissa. Tarkastelun kohteeksi valitsimme tehtävän, jossa pienryhmät tutkivat, miten kaasumolekyylin siirtymä riippuu ajasta. Teknologisina työkaluina heillä oli käytössään YouTube-videoklippit ja alusta numeerista analyysiä varten. Löysimme ryhmien väliltä eroja sekä eri tutkivan oppimisen vaiheisiin käytetyn ajan jakautumisesta että näiden prosessien jäsentelmisestä. Saatujen tulosten perusteella vaikuttaakin, että ilman yhteisöllisten oppimisprosessien dynamiikan tarkasteltua näiden prosessien analyysi ei anna välttämättä riittävän monipuolista kuvaa ryhmien kohtaamista haasteista. Tuloksemme tuovat esiin, että erot ryhmien tutkivien oppimisprosessien dynamiikassa ovat yhteydessä ryhmien tapaan hyödyntää tarjottuja teknologisia työkaluja. Näin ollen tutkivien oppimisprosessien tukeminen erityisesti alkuvaiheessa voi auttaa ryhmiä tutustumaan teknologisten työkalujen tarjoamiin ominaisuuksiin, mikä voi edistää teknologioiden tuottavaa käyttöä eri tutkivan oppimisen vaiheiden aikana. Lisää tutkimusta kuitenkin tarvitaan teknologiatuettujen yhteisöllisten oppimisprosessien dynamiikasta, jotta ymmärrys tuottavista prosesseista tukevista ja häiritsevistä tekijöistä lisääntyy.

Avainsanat

Yhteisöllinen oppiminen

Tutkiva oppiminen

Teknologiatuettu oppiminen

Korkeakoulupedagogiikka

1. Johdanto

Fysiikan ja muiden luonnontieteiden opintoihin sitoutuminen on haaste Suomessa, sillä Tilastokeskuksen (2017) mukaan esimerkiksi lukuvuonna 2014-2015 yliopistokoulutuksen luonnontieteiden koulutusaloilla keskeytti yli 13 % opiskelijoista, kun keskimäärin luku oli 7,9 %. Tästä johtuen luonnontieteellisille aloille on löydettävä uusia oppimisen ja ohjauksen käytänteitä tukemaan opintoihin sitoutumista. Kansainvälisen tutkimusperustaisen opetuksen kehittämisen mukaan matemaattis-luonnontieteellisissä aineissa luentomuotoisesta opetuksesta pitäisikin siirtyä kohti opiskelijoita aktivoivia oppimismenetelmiä (esim. Freeman ym., 2014). Tämä on nähty keinona sitouttaa opiskelijoita paremmin opintoihinsa, mikä voisi vähentää opintonsa keskeyttäneiden tai opintoalaa vaihtavien opiskelijoiden määrää luonnontieteellisillä aloilla (Freeman ym., 2014).

Eräs keino aktivoida opiskelijoita on tutkiva oppiminen. Tutkivaa oppimista ohjaa yleisesti yksi tai useampi tutkimuskysymys, jonka opiskelijat muodostavat; joissain tapauksissa myös opettaja voi muotoilla tutkimuskysymyksen opiskelijoille valmiiksi (Lazonder & Harmsen, 2016). Vastatakseen tutkimuskysymyksiin opiskelijoiden on toimittava mille tahansa tutkimukselle tyypillisten periaatteiden mukaan (Keselman, 2003). Tutkivan oppimisen prosessia voidaanakin kuvata viiden eri vaiheen avulla, jotka muodostavat niin sanotun tutkivan oppimisen kehän (Pedaste ym., 2015). Tutkivan oppimisen aikana opiskelijat orientoituvat, käsitteellistävät, tutkivat, tekevät johtopäätöksiä sekä keskustelevat ja pohtivat tutkittavana olevaa ongelmaa. Yliopistotasolla tutkivan oppimisen on todettu kehittävän erityisesti korkeamman tason ajattelun taitoja verrattuna perinteiseen luentomuotoiseen opetukseen (Jensen & Lawson, 2011).

Viime vuosien nopea teknologinen kehitys on mahdollistanut sen, että tutkivia oppimisprosesseja tuetaan yhä useammin erilaisilla tietokoneavusteisilla ratkaisuilla (Pedaste ym., 2015). Tietokonetuettuun tutkivan oppimisen aikana opiskelijat voivat hyödyntää teknologiaa kaikissa tutkivan oppimisen vaiheissa (Bell, Urhahne, Schanze & Ploetzner, 2010). Tutkivan oppimisen tukena käytetyt teknologiset oppimisympäristöt voivat ensinnäkin tarjota työkaluja (esim. simulaatioita, videoita, alustoja numeerista analyysiä varten) opiskelijoiden tueksi. Bellin ym. (2010) mukaan teknologiset työkalut voivat jopa hoitaa joitain tehtäviä, jotka on perinteisesti ajateltu kuuluvan opettajalle. Näyttää on kuitenkin myös siitä, että opettajalla on yhä edelleen tärkeä rooli teknologiatuettujen yhteisöllisten oppimisprosessien tukemisessa (Arnseth & Kränge, 2016).

Toisaalta teknologia voi tukea opiskelijoiden välistä vuorovaikutusta (Stahl, Koschmann & Suthers, 2014) mahdollistaen yhteisöllisen tutkivan oppimisen. Vuorovaikutus opiskelijoiden välillä voi parhaimmillaan lisätä paitsi fysiikan sisältöjen oppimista myös ymmärrystä siitä, miten tieteen tekeminen on yhteisöllistä toimintaa (Jensen & Lawson, 2011). On kuitenkin muistettava, että tuottavien teknologiatuettujen yhteisöllisten oppimistilanteiden onnistunut implementointi on monen asian summa, ja erilaisista kokeiluista on raportoitu myös negatiivisia kokemuksia (Hmelo-Silver, Jeong, Faulkner & Hartley, 2017). Näin ollen huomiota pitää kiinnittää siihen, miten tuottavia teknologiatuettuja yhteisöllisen oppimisen käytänteitä voidaan kehittää yliopistofysiikan opiskelussa.

Yhteisöllisen oppimisen tutkimus on lähtenyt liikkeelle yksilöiden osaamisen mittaamisesta; melko pian on kuitenkin havaittu, että keskeinen analyysiyksikkö on vuorovaikutus opiskelijoiden välillä (Kapur, Voiklis, & Kinzer, 2008). Yhteisöllisten oppimisprosessien tuloksia esiteltäessä raportoidaan kuitenkin usein vain kumulatiivisia arvoja ja prosenttiosuuksia esimerkiksi eri keskusteluluokista (esim. Leinonen, Asikainen, & Hirvonen, 2017). Näiden tulosten lisäksi onkin tärkeää tutkia myös yhteisöllisten oppimisprosessien dynamiikkaa, mikä voi paljastaa näitä prosesseja tukevia tai haittaavia tekijöitä. Esimerkiksi teknologisissa oppimisympäristöissä toimittaessa on tarpeen selvittää, miten opiskelijat hyödyntävät tarjottuja teknologisia työkaluja. Näin ollen tämä artikkeli vastaa seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten yhteisöllisten tutkivien oppimisprosessien dynamiikka eroaa kahden pienryhmän välillä?

2. Miten opiskelijat hyödyntävät tarjottuja teknologisia työkaluja eri tutkivan oppimisen vaiheissa?

2. Menetelmät

Keräsimme tutkimukseen aineistoa Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen termodynamiikan ja optiikan peruskurssilta, joka toteutettiin laatuaikaoppimisen (eng. primetime-learning) mallin mukaisesti. Osana laatuaikaoppimista luennoista ja loppukokeista luovuttiin. Näiden sijaan opiskelijoiden oppimisprosessi vaiheistettiin neljään osaan, joiden muodostamaa kehää opiskelijat seurasivat viikoittain. Laatuaikaoppimisen malli on kuvattu tarkemmin luvussa 2.1. Laatuaikaoppimisen kehä ja eri vaiheiden kuvaukset ovat esitettyinä taulukossa Taulukko 1 ja kuvassa Kuva 1.

Taulukko 1. Kuvaukset eri laatuaikaoppimisen vaiheista.

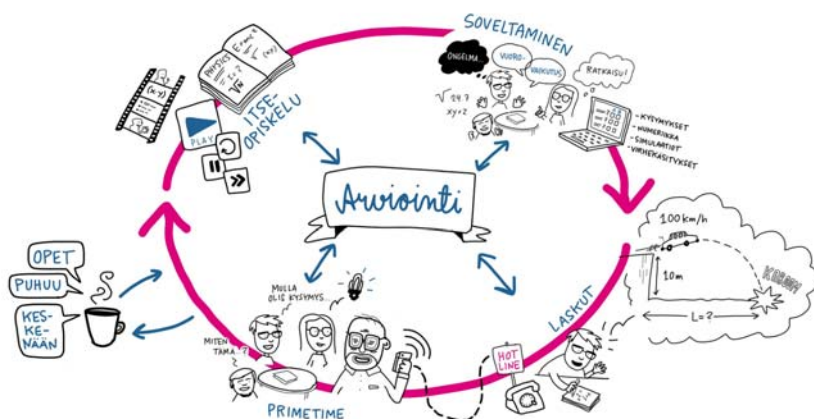
	Itseopiskelu	Soveltaminen	Laskut	Primetime
Tavoite	Opiskelija tutustuu kyseisen viikon keskeisiin käsitteisiin ja sisältöihin itsenäisesti.	Opiskelijat oppivat soveltamaan itseopiskeltuja käsitteitä erilaisiin fysiikan tehtäviin viiden hengen ryhmissä teknologiatuetussa oppimisympäristössä.	Opiskelijat harjoittelevat monipuolisesti yksin tai yhdessä aiemmissa vaiheissa opittujen tietojen soveltamista erilaisiin fysiikan kvantitatiivisiin ongelmiin.	Viiden opiskelijan pienryhmä saa osaamisensa ja oppimisensa reflektointiin tukea opettajalta.
Sisältö	Lyhyet YouTube-videot suomeksi teknologisessa oppimisympäristössä sekä viittaukset kurssikirjan vastaaviin sisältöihin	Erlaisia käsitteellisiä tehtäviä, joista osa tarjoaa teknologisia työkaluja (mm. pieniä ohjelmointitehtäviä, videoita ja simulaatioita) yhteisöllisen tutkivan oppimisen tueksi.	Monivaiheisia fysiikan laskuja	Pienryhmän edellisissä vaiheissa kohtaamat haasteet ja ongelmakohdat
Toteutus	Opiskelija käy itseopiskelupaketin läpi teknologisessa oppimisympäristössä ennen ryhmätunnille osallistumista.	Opiskelijat sopivat keskenään ajan ja paikan, johon he kokoontuvat ilman opettajaa tekemään tehtäviä yhteisen tietokoneen ääreen.	Opiskelijat palauttavat ratkaisunsa tehtäviin teknologiseen oppimisympäristöön ennen opetuntia.	Opettaja ja pienryhmä tapaavat sovittuna aikana ja käyvät läpi opiskelijoiden esiin nostamia teemoja.
Arviointi ja palaute	Itseopiskelupaketin päätteeksi lyhyt monivalintatesti, josta opiskelija saa välittömän palautteen ja oikeat vastaukset perusteluineen.	Jokaisen ratkaistun tehtävän jälkeen opiskelijat saavat palautteen onnistumisestaan sekä oikean vastauksen perusteluineen.	Tehtävien esimerkkiratkaisut tulevat näkyviin opiskelijoiden reflektoinnin tueksi heti palautusajan umpeuduttua. Opettaja arvioi ratkaisut ja kommentoi niitä tarvittaessa opetuneilla.	Opiskelijat saavat opettajalta palautetta osaamisestaan läpi kurssin. Itse- ja vertaisarviointi sekä erillinen opettajan arviointi kurssin lopussa

2.1 Laatuaikaoppimisen malli

Laatuaikaoppimisen ydinajatuksena on vastata niihin haasteisiin, joita yliopisto-opiskeluun erityisesti matemaattis-luonnontieteellisillä aloilla liittyy. Yksi keskeisistä ongelmista on opiskelijoiden heikko sitoutuminen opintoihinsa, mikä näkyy korkeina keskeyttämisprosentteina myös Suomessa (Tilastokeskus, 2017). Tinton (1975) kehittämän teoreettisen mallin perusteella sekä akateeminen että sosiaalinen integraatio opiskelupaikkaan on tärkeää keskeyttämisten välttämiseksi. Laatuaikaoppimiseen kuuluva pienryhmätyöskentely edistääkin erityisesti opiskelijoiden sosiaalista integraatiota (*'Peer-group interaction'*). Lisäksi opettajan ja muutaman opiskelijan muodostaman

pienryhmän primetime-tapaamiset eli opetunnit auttavat opiskelijoita ja opettajia tutustumaan toisiinsa massaluentoja paremmin, mikä tukee opiskelijan akateemista integroitumista (*'Faculty interactions'*).

Tämä tutkimus keskittyy laatu aikaoppimisen mallin toiseen vaiheeseen eli ryhmätunneihin, joissa pienryhmä työskenteli kasvokkain tietokoneellaan teknologisessa oppimisympäristössä ilman ohjaajaa. Pienryhmät kävivät jokaisella ryhmätunnilla läpi 5-10 erilaista tehtävää sisältävän kokonaisuuden, jonka kesto oli kerrasta riippuen noin 60 minuuttia. Tehtävät suunniteltiin siten, että ne edellyttivät itseopiskeltujen käsitteiden soveltamista erilaisiin tilanteisiin. Ryhmätunneilla opiskelijat pystyivät palaamaan niin halutessaan itseopiskelumateriaaleihin tai kertaamaan ja syventämään opiskeltuja asioita kurssikirjasta.



Kuva 1. Laatu aikaoppimisen kehä, jota opiskelijat seurasivat viikoittain.

2.2 Osallistujat

Tutkimukseen osallistuvat yliopisto-opiskelijat olivat pääasiassa toisen ja kolmannen vuoden opiskelijoita matemaattis-luonnontieteellisiltä aloilta. Opiskelijoiden pääaineina oli fysiikka ($n = 55$), kemiaa ($n = 10$), matematiikkaa ($n = 8$), tietotekniikkaa ($n = 3$), tilastotiedettä ($n = 2$) sekä solu- ja molekyylibiologiaa ($n = 1$). Kurssille ilmoittautuneista 79 opiskelijasta 70 suoritti kurssin laatu aikaoppimisen mallin mukaisesti. Näistä opiskelijoista kurssin opettajat muodostivat 14 viiden opiskelijan pienryhmää. Ryhmäjako perustui ennen kurssin alkua pidettyyn kyselyyn, jossa kartoitettiin lyhyesti opiskelijoiden sitoutumista kurssille ja heidän käytössään olevia aikaresursseja. Saman pienryhmän opiskelijat olivat siis orientoituneet kurssille samankaltaisesti. Heidän aikataulunsa olivat myös niiltä osin yhteneviä, että he pystyivät sopimaan pienryhmätapaamisten ajat siten, että kaikki pääsivät paikalle. Esimerkiksi sukupuolen ja pääaineen suhteen ryhmät olivat kuitenkin heterogeenisiä. Kaksi kurssilaisista suoritti kurssin kokonaan itseopiskelemalla.

2.3 Aineisto

Tutkimusta varten seurattiin neljän eri pienryhmän ($n = 20$) työskentelyä ryhmätunneilla eli laatu aikaoppimisen soveltamisvaiheessa (Taulukko 1). Aineisto kerättiin kuvaruutukaappaamalla tietokoneen näyttö, jota ryhmä käytti ratkaistessaan erilaisia tehtäviä teknologisessa oppimisympäristössä. Tähän ryhmä käytti selainpohjaista Screencast-O-Matic -ohjelmistoa (2017). Ruutukaappausvideoiden avulla oli mahdollista selvittää, miten ryhmä hyödynsi teknologista oppimisympäristöä yhteisöllisen tutkivan oppimisen osana. Lisäksi pienryhmien käymät keskustelut nauhoitettiin kannettavaan tietokoneeseen integroidun mikrofonin avulla. Näin ollen aineiston kerääminen ei vaatinut tutkijan läsnäoloa, vaan ryhmä pystyi hoitamaan sen itse, minkä jälkeen he lähettivät video- ja äänitiedostot tutkijalle sähköpostilla. Tällä taattiin ensinnäkin se, että

tutkimukseen osallistuvilla pienryhmillä oli muiden ryhmien tapaan samanlainen vapaus sopia ryhmätuntien ajat ja paikat keskenään ilman ulkopuolista ohjausta. Toisaalta tutkijan läsnäolo ryhmätunneilla olisi voinut häiritä pienryhmien työskentelyä.

Taulukko 2. Tutkivan oppimisen eri vaiheet, niiden määritelmät ja esimerkkikatkelmat.

Vaihe ja osavaiheet	Sisältö	Esimerkki
Orientoituminen	Mielenkiinnon herättäminen ongelmaa kohtaa. Tehtävänannossa esiintyvien käsitteiden tunnistaminen ja ymmärtäminen. Tutustuminen tarjottuihin teknologisiin työkaluihin.	Viola: Paikkavektori? Siis onko tämä paikkavektori nyt, jos se liikkuu täällä näin? [Piirtää paperille.] Petri: Mm? Viola: Nii, onko se paikkavektori sitten tämä... Petri: Kyllä. Viola: ... Vai sitten tämä koko...? Petri: Ei, vaan se suora viiva. Viola: Tämä? Petri: Kyllä.
Käsitteellistäminen: tutkimuskysymysten muotoileminen, hypoteesien muodostaminen	Ongelman ratkaisemiseksi tarvittavien käsitteiden määrittäminen. Toteutettavan tutkimuksen yleiskuvan hahmottaminen. Tutkimuskysymysten ja/tai hypoteesien muodostaminen.	Viola: Meidän pitää nyt vaan, et miten se N [törmäysten lukumäärä] vaikuttaa siihen. Niinkö? Krista: Eli saada N :lle joku kaava... [Petri: Mm, mitä täällä kysyttiin?] Tai joku riippuvuus. Petri: Vai sen niinku... Matkan riippuvuus siitä t :stä [ajasta]. Jees. Matkan riippuvuus ajasta... Miten täällä aika pitäis käyttää?
Tutkiminen: tutkimuksen suorittaminen, aineiston kerääminen, aineiston tulkitseminen	Aineiston keräämisen suunnitteleminen. Aineiston kerääminen, analysoiminen ja tulkitseminen.	Petri: Nää nyt vaihtelee... Viola: Eli se mitä sä [Petri] teet, niin sä kokeilet N :n [törmäysten lukumäärän] arvolla, mikä täältä tulee. [Petri: Joo.] Ja sit se antaa ties mitä. Petri: No siis, se on satunnainen. Tilastollista... Viola: Niin, et suunnilleen, että mitä suuruusluokkaa. Petri: Ni, tossa se oli nyt joku 20 noin pyöreesti [N :n arvo 300]. 700:lla se oli jotain vähän reilu 30. Kokeillaan nyt sillä 500:lla. Muutaman kerran naksuttelen tuota: 11, 15, 25, 21, 15,... Viola: Eiks se oo nyt saman suuruusluokkaa? Petri: No kyllä tää on pikkusen enemmän ku äsken. Se on satunnainen, niin se voi olla vähän mitä sattuu. Yllättävän pieniä.
Yhteenvetäminen	Yhteyksien löytäminen ja tutkimuksesta tehtävien johtopäätösten tekeminen. Tutkimuskysymyksiin ja/tai hypoteesien paikkansapitävyyteen vastaaminen.	Juha: Jos äkkiseltään miettis, niin tuosta kun kertoo nuo termit keskenään... Tai tuon kertoo tuolla itellään, pistetulo, niin siitä tulee noitten kaikkien pistetulot ittensä kanssa plus sitten kaikkien niinku ristiin menevät pistetulot. Ja nuo ittensä kanssa, niin sillä se pituus on tuota... suoraan verrannollinen tuohon t :hen [aikaan], elikkä se tulee t :n neljäntenä nelionä sisälle ja sitten nuissa kaikissa on kuitenkin pituustermiä t neljään niin sitten se tuo $d(t)$ [siirtymä] olis ite suoraan t :hen verrannollinen.
Keskusteleminen: kommunikoiminen reflektioiminen	Keskusteleminen tehdyistä havainnoista ja johtopäätöksistä. Päätösten tekeminen. Prosessin reflektioiminen joko tutkimuksen päätteeksi tai osana yksittäistä tutkivan oppimisen vaihetta.	Petri: Eli sä väittäisit, että se on suoraan verrannollinen. Juha: Kyl mä voisoin heittää. Ihan näin niinku villi veikkaus. Petri: Mäpä napsuttelen tästä [skriptiä]. Viola: Mihin ne ristitermit häviää sitten, tai siis? Juha: Ei ne ristitermit häviä. Ne voi olla, että ne vie sen takas nollaan tai ne voi olla, että ne tuota... ne kasvattaa sitä... Periaatteessa se tarkoittaa, jos se satunnaisesti ottaa suunnan tuota... Öö... Niinku pois päin tuosta pisteestä, niin sillohan se täytyy olla selvästi tuohon t :hen [aikaan], mutta se voi satunnaisesti myös ottaa suuntaa takasin päin. Eli paras arvaus ois tuo t . [Petri muuttaa skriptissä törmäysten lukumäärän arvon 700:sta 300:aan.]

2.4 Analyysi

Analyysin alkuvaiheessa kiinnitimme huomiota enemmän ryhmien käymiin keskusteluihin kuin kuvaruutukaappausvideoihin. Keskusteluja kuunneltaessa löysimme tiettyntyyppisistä tehtävistä tutkiville oppimisprosesseille (Pedaste ym., 2015) tyypillisiä kohtia. Erityisesti teknologisia työkaluja (esim. simulaatioita, alustoja numeerista analyysiä varten) sisältävät tehtävät kannustivat opiskelijoita seuraamaan tutkivalle oppimisprosessille tyypillistä polkua, vaikka heitä ei tähän eksplisiittisesti ohjattu. Näin ollen teemoitelimme (Braun & Clarke, 2006) litteroitua aineistoa Pedasteen ym. (2015) tutkivan oppimisen vaiheiden mukaisesti. Nämä tutkivan oppimisen vaiheet ovat esitettyinä taulukossa Taulukko 2.

Muodostimme analyysiyksiköt tutkivan oppimisen vaiheiden pohjalta siten, että siirtymä tutkivan oppimisen vaiheelta toisella toimi usein luonnollisena siirtymänä myös analyysiyksiköiden välillä. Yksi analyysiyksikkö sisälsi pääsääntöisesti useita puheenvuoroja eri opiskelijoilta. Näin analyysiyksikkö muodosti itsenäisen ja merkityksellisen kokonaisuuden. Esimerkkejä orientoitumisen, käsitteellistämisen ja tutkimisen ympärille muodostetuista analyysiyksiköistä on esitettyinä taulukossa Taulukko 2. Usein keskusteluvaihe oli kuitenkin niin kiinteä osa jotain toista tutkivan oppimisen vaihetta, että nämä kaksi vaihetta muodostivat yhdessä analyysiyksikön. Tällöin analyysiyksikkö koodattiin osin keskusteluvaiheeseen ja osin sitä edeltävään tai seuraavaan tutkivan oppimisen vaiheeseen. Esimerkit yhteenveto- ja keskusteluvaiheesta taulukossa Taulukko 2 muodostavat yhdessä yhden analyysiyksikön. Toisaalta tutkimusvaiheesta löytyi kohtia, joista oli tarkoituksenmukaista muodostaa kaksi tai useampi erillinen analyysiyksikkö. Tällainen tilanne tuli vastaan esimerkiksi silloin, kun ryhmä siirtyi aineiston keruun suunnitteluvaiheesta itse aineiston keruuseen.

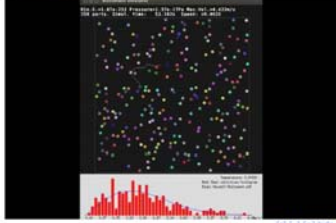
Analyysin seuraavassa vaiheessa opiskelijoiden keskustelua analysoitiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin menetelmin (Krippendorff, 2004). Tällöin huomiota kiinnitettiin paitsi pienryhmässä käytyihin keskusteluihin, myös tapoihin, joilla ryhmä hyödynsi tarjottuja teknologisia työkaluja. Näin ollen analyysin kohteena olivat sekä äänitallenteet että ruutukaappausvideot. Ruutukaappausvideoiden avulla äänitallenteiden perusteella tehtyä litteraatiota täydennettiin lisäämällä sinne huomautuksia opiskelijoiden teknologisten työkalujen hyödyntämisestä. Tämän jälkeen analyysiyksiköiden sisällä tarkasteltiin puheenvuorojen tasolla, kuinka ryhmä hyödynsi tarjottuja työkaluja eri tutkivan oppimisen vaiheissa.

Hyödyntämällä teknologisesta oppimisympäristöstä kerättyä lokidataa valitsimme tarkempaan tarkasteluun tehtävän, joka sisälsi teknologisia työkaluina YouTube-videoklipin ja alustan numeerista analyysiä varten (Kuva 2 ja Kuva 3). Pienryhmien tehtävänä oli selvittää, miten kaasumolekyylin kulkema matka riippuu ajasta. Kaikilta pienryhmiltä (14 kpl, $N = 70$) kerätyn lokidatan perusteella tehtävä osoittautui haastavaksi, sillä siihen käytetty aika oli toiseksi suurin (19 minuuttia), ja ryhmistä vain noin joka toinen (52 %) onnistui ratkaisemaan tehtävän oikein.

6. Tehtävä

Atomen liike kaasusta muistuttaa satunnaiskävelyä. Katso siihen liittyen alla oleva video:

- Satunnaiskävely ja Maxwell-Boltzmann -jakauma



Oletetaan, atomi etenee jokaisen törmäyksen jälkeen täsmälleen vapaan matkan λ verran satunnaiseen suuntaan. (Tämä ei ole paras oletus, kuten videosta voi huomata.) Ajassa t atomi on siirtynyt törmästä $N = \frac{t}{\Delta t}$ kertaa, jolloin atomin paikkavektori on siirtymien summa $\vec{r}(t) = \sum_{i=1}^N \Delta \vec{r}_i$, kun $\vec{r}(0) = 0$.

Lasketaan miten atomin siirtymän suuruus $d(t) = |\vec{r}(t)|$ riippuu törmäyksen määrästä N (ei ajasta t eikä $t \propto N^2$) (vihje: huomaa, että $d(t) = |\vec{r}(t)| = \sqrt{r(t) \cdot r(t)}$ ja että siirtymien suunnat ovat satunnaisia.)

Hyödyntäkää alla olevaa skriptiä ja tarkastele mahtaaako lausua pitää paikkansa (muuttamalla N :n arvoa; $N \leq 1000$). Vastatkaa lopuksi väittämien.

```
Diffuusio tasossa
N = 2; # nopeus vektorit
M = 100; # törmäysten lukumäärä
seed = 0.4, 0.3;
R = randn(2, M);
d(t) = [0, 0];
for i = 1:M
    # kiihtymä kiihti origonaa
    seed_i = 1;
    angle = 2*pi*randn(); # suunta on satunnainen
    a = seed_i*cos(angle); # x-koordinaatti
    b = seed_i*sin(angle); # y-koordinaatti
    d(t) = d + [a, b];
    length = sqrt(d(t) * d(t)); # kiihtymä sin törmäyksen jälkeen
    print('path length', length);
end
save('diffusio', 'd', 'length');
plot(d(t), 'b');
N
```

Check your understanding

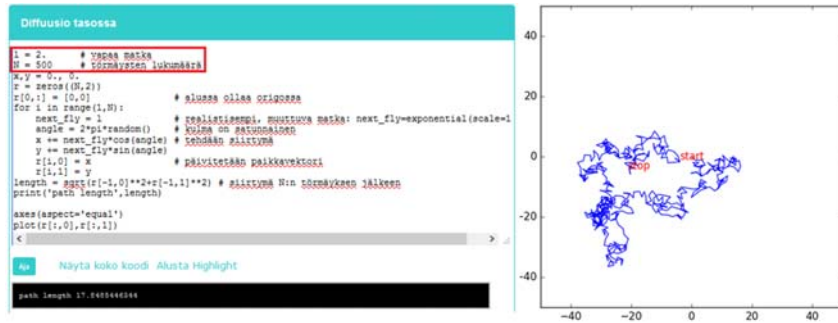
Miten siirtymä käyttäytyy ajan funktiona? (2p)

$d(t) \propto t$

$d(t) \propto \sqrt{t}$

$d(t) \propto t^2$

Kuva 2. Kuvakaappaus yhdestä soveltamisvaiheen tehtävästä, joka pienryhmien piti ratkaista.



Kuva 3. Skriptin antama tuloste (siirtymän suuruus ja visualisointi kaasumolekyylin kulkemasta polusta). Parametrit, joita opiskelijat muuttivat, ovat korostettuna punaisella.

3. Tulokset

Tässä artikkelissa keskitytään kuvan Kuva 2 mukaiseen tehtävään, jossa pienryhmät hyödynsivät YouTube-videoklippiiä ja numeerista skriptiä selvittääkseen, miten kaasumolekyylin kulkema matka riippuu ajasta. Kuvissa Kuva 4 ja Kuva 5 on esitettyä tutkivan oppimisprosessin kulku ajan funktiona kahdelle ryhmälle. Ryhmän 1 haasteet tehtävää ratkaistessa näkyivät erityisesti ensimmäisten 11 minuutin aikana. Kun ryhmä eteni orientoitumisesta tutkimis- ja käsitteellistämisvaiheisiin, he joutuivat palaamaan takaisin orientoitumaan yhteensä neljä kertaa. Tämän ryhmän kohdalla orientoitumisessa oli ennen kaikkea kyse tehtävänannossa esiintyvien käsitteiden tunnistamisesta ja ymmärtämisestä (Taulukko 2). Esimerkiksi 10,6 minuutin kohdalla yksi opiskelijoista pohtii, mitä tehtävässä tutkittava molekyylin siirtymän suuruus $d(t)$ tarkoittaa:

Krista: Siis siirtymän suuruus, se on se vapaa matka, vai?

Petri: Mikä?

Krista: Vapaa matka. Onks se...? Tarkottaako se samaa asiaa kuin siirtymän suuruus?

Petri: Siis mikä suuruus?

Krista: Siirtymä suuruus, onko se niinku vapaa matka?

Petri: Ei, vaan se siirt... Se vapaa matka on toi niinku yksittäinen r.

Krista: Aa, nii, nii, ku et paljon se siirtyy yhteensä niitä.

Petri: Paitsi että ei oo r, ku tuo yksittäinen r, joo.

Viola: Niin, toi Δr_i [”delta är ii”].

Petri: Toi koko siirtymä on siis siitä lähtöpisteestä siihen päätepisteeseen.

Krista: Aivan.

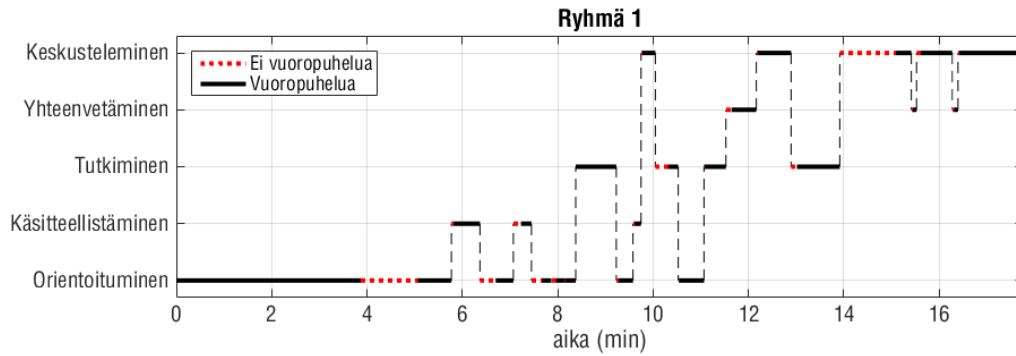
Viola: Joo.

Edellä olevassa katkelmassa Petri tai Viola eivät hyödyntäneet Kristalle vastatessaan tarjottuja teknologisia työkaluja. Tässä tapauksessa sekä käsitettä vapaa matka että siirtymän suuruus olisi voinut visualisoida hyödyntämällä annettua videota, jonka ryhmä katsoi ensimmäiseksi. Näin toimi ryhmä 2 selventäessään kaikille ryhmän jäsenille vapaa matkan käsitettä ($t = 1,6$ min):

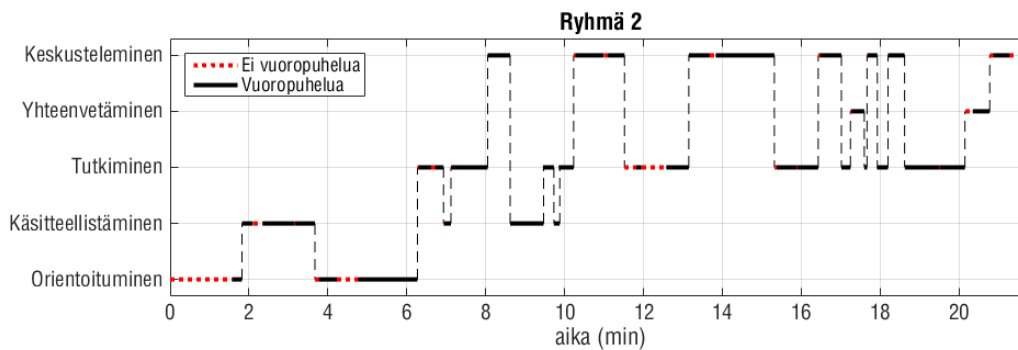
Eetu: Eiks toi vapaa matka ollu niinku se keskiarvo?

Vesa: Nii, kauan se kerkee kulkee suoraan periaatteessa.

Iida: Joo, mut eihän se tossa [videolla] pysy yhtään vakiona.



Kuva 4. Ryhmän 1 tutkivan oppimisen prosessin eteneminen ajan funktiona.



Kuva 5. Ryhmän 2 tutkivan oppimisen prosessin eteneminen ajan funktiona.

Vesa: Ei, ei. Niinhän tossa sanotaan, että... [Osoittaa hiiren kursorilla tehtävänantoa, jossa lukee, että "tämä ei ole paras oletus, kuten videosta voi huomata".]

Ryhmän 2 ensimmäisessä orientoitumisvaiheessa lida pohti ansiokkaasti tehtävänannossa esitettyä oletusta vapaan matkan vakiona pystymisestä suhteessa videoon. Tämän jälkeen Vesa kuitenkin huomasi tehtävänannossa olleen huomautuksen kyseiseen oletukseen liittyen. Sen sijaan ryhmässä 1 Kristan, Petrin ja Violan vastaavassa keskustelussa 10,6 minuutin kohdalla ei tehty näkyväksi sitä, että ryhmä olisi pohtinut vapaan matkan vakioimisen realistisuutta. Koska videon sisällöstä ei keskusteltu orientoitumisvaiheissa, on mahdollista, että osalle ryhmän 1 jäsenistä videolla esitetty sisältö jäi irralliseksi suhteessa tehtävänantoon. Koska ryhmä 2 kävi tehtävän kannalta keskeiset käsitteet läpi alkuvaiheessa, heidän ei tarvinnut enää tämän jälkeen palata orientoitumisvaiheeseen (Kuva 5).

Ryhmän 2 tutkivan oppimisen prosessille tyypillisiä olivat useat siirtymät tutkimis- ja keskusteluvaiheen välillä. Esimerkiksi alla olevasta analyysiyksiköstä luokittelimme opiskelijoiden vuoropuhelun ensimmäisen kuuden puheenvuoron ajalta tutkimisvaiheeseen, minkä jälkeen he siirtyivät keskusteluvaiheeseen:

Tutkimisvaihe (t = 15,9 min)

Vesa: Voidaanhan me laittaa vielä enemmän näitä [viitaten silmukan kierrosten lukumäärään], ku meillä on nää täällä [skriptin ajamisyrittysten määrä] rajoittamassa. Laitetaan tohon tommonen [asettaa kierrosten lukumääräksi 500], nii kestää tunnin tää ajo, mutta tota.

Lasse: Ei se varmaan ihan niin kauan kestä.

Vesa: Ei. Mutta tän [keskimääräisen siirtymän] ei pitäis muuttuu siltikään tossa.

Lasse: Laskeekohan se sen niinku koko matkan?

Joakim: Kyl mä väitän, et se muuttu.

Vesa: Nii se kyllä muuttu.

Keskusteluvaihe (t = 16,5 min)

Lasse: Eiku hei, nii sä et korjannu sitä tota keskiarvolaskussa sitä...

Vesa: Aivan, juu! Se on totta.

Lasse: ... Millä se jakaa sen [jakajana oli edellinen silmukan kierrosten lukumäärä, joka oli 100].

Vesa: Tää pitää siirtää tästä. Eiku niin. Ja tääkin pitää siirtää tästä itseasiassa. Eikun.

Lasse: Summa on ihan oikein.

Vesa: Kyllä.

Lasse: Pistä vaan se muuttuja siihen, kuinka monta kertaa ajetaan se.

Eetu: Mä arvasin tos... Mä arvasin, ku sä kirjoitit, et tossa käy noin.

Vesa: Joo, mäki mietin sitä.

Eetu: Sit unohin ite kuitenkin.

Tässä ryhmä 2 käsitteli systeemin satunnaisuutta lisäämällä ohjelmakoodiin eli skriptiin niin sanotun silmukkarakenteen, jonka avulla he pystyvät laskemaan siirtymän suuruuden satoja kertoja automaattisesti. He myös lisäsivät koodiin rivin, joka laskee keskiarvon näistä siirtymistä. Keskusteluvaiheessa Lasse huomasi kuitenkin pienen virheen koodissa, mikä auttoi heitä selittämään anomalia jo kerätyissä tuloksissa. On kuitenkin huomattava, että systeemin satunnaisuus ei ollut este tehtävän ratkaisulle, vaikka ohjelmointitaidot eivät olisi riittäneet silmukkarakenteen luomiselle. Taulukoimalla manuaalisesti kutakin N :n arvoa kohden riittävän monta siirtymän arvoa pystyi näistä laskettujen keskiarvojen avulla päättelemään siirtymän riippuvuuden törmäysten lukumäärästä eli oleellisesti ajasta. Ryhmän 1 haasteeksi koitui juuri satunnaisuuden käsite. Vaikka tutkimisvaihetta suunniteltaessa ainakin Petri ymmärsi, että systeemin satunnaisuus edellyttää siirtymien keskiarvon laskemista eri törmäysten lukumäärän arvoilla, eivät ryhmän 1 muut jäsenet tarttuneet tähän ajatukseen (t = 11,1 min):

Petri: Meidän nyt vaan pitää tehdä joku tilastollinen hässäkkä tästä, et saahaan siitä ees jotain järkevää aikaseksi. Tai sitten voidaan matemaattisesti... Lähetäänkö vaan naputtelee tästä? [Yksi ryhmän jäsen antaa kielteisen vastauksen.] Eikö?

Tehtävän ratkaisun käännekohta syntyikin, kun Juha teki tämän jälkeen johtopäätöksenä ilman teknologiatuettua tutkimista (t = 11,1 min):

Juha: Jos äkkiseltään miettis, niin tuosta kun kertoo nuo termit keskenään... Tai tuon kertoo tuolla itellään, pistetulo, niin siitä tulee noitten kaikkien pistetulot itensä kanssa plus sitten kaikkien niinku ristiin menevät pistetulot. Ja nuo itensä kanssa, niin sillä se pituus on tuota... suoraan verrannollinen tuohon t:hen, elikkä se tulee t:n neljäntenä neliönä sisälle ja sitten nuissa kaikissa on kuitenkin pituustermiä t neljään niin sitten se tuo $d(t)$ [siirtymä] olis ite suoraan t:hen verrannollinen.

Juhan johtopäätösten jälkeen ryhmä 1 siirtyi vielä kerran tutkimisvaiheeseen hyödyntäen teknologiaa (t = 13,0...13,9 min):

Petri: Nää [siirtymän arvot] nyt vaihtelee...

Viola: Eli se mitä sä [Petri] teet, niin sä kokeilet N :n arvolla, mikä täältä [siirtymän arvoksi] tulee. [Petri: Joo.] Ja sit se antaa ties mitä.

Petri: No siis, se on satunnainen. Tilastollista...

Viola: Niin, et suunnilleen, että mitä suuruusluokkaa.

Petri: Ni, tossa se oli nyt joku 20 noin pyöreesti [N:n arvo 300]. 700:lla se oli jotain vähän reilu 30. Kokeillaan nyt sillä 500:lla. Muutaman kerran naksuttelen tuota: 11, 15, 25, 21, 15, ...

Viola: Eiks se on nyt saman suuruusluokkaa?

Petri: No kyllä tää on pikkusen enemmän ku äsken. Se on satunnainen, niin se voi olla vähän mitä sattuu. Yllättävän pieniä.

Tutkimisvaiheessa kerätyn aineiston tarkastelu ja analyysi jäivät kuitenkin pintapuolisiksi. Näin ollen tuloksia ei käsitelty tilastollisin menetelmin, mitä tehtävän ratkaisu olisi edellyttänyt. Edellä olevassa analyysiyksikössä Petrin kolmas puheenvuoro kuvaa ryhmän 2 teknologisten työkalujen hyödyntämistä osuvasti: "Muutaman kerran naksuttelen tuota". Ryhmä ei siis päässyt yrityksistä huolimatta tutkimisvaiheessa aineiston keräämistä pidemmälle tulosten tulkitsemiseen, analyysiin ja yhdistelemiseen. Lopulta Petri yhtyi Juhan aiemmin tekemään yhteenvetoon ($t = 15,5$ min):

Petri: Olen suoraan verrannollisuuteen yhtenäväinen.

Myös ryhmällä 2 kävi mielessä, että siirtymän ja ajan välinen relaatio voisi olla lineaarinen. Ennen johtopäätösten tekemistä ryhmä päätti kuitenkin Lassen kehotuksesta varmistaa, tukevatko skriptin antamat tulokset tätä väitettä ($t = 19,5$ min ja $20,4$ min):

Tutkimisvaihe ($t = 19,5$ min)

Joakim: Näyttää aika lineaariselta.

Lasse: Mä meinasin just sanoo, et kyl se aika lineaariselta. Mut siitä me saahaan heti tietää, et onko se niinku neliöjuurellinen vai lineaarinen, jos sä heität siihen vaikka 2000 siihen N:ään.

lida: Eiku siinä sanottiin, et se saa olla 1000.

Vesa: No... (N = 1000)

Lasse: Pistä vaikka tuhat joo. Nii nyt se sitten nähdään, onko se kuinka lineaarinen.

Vesa: 27.

Lasse: Ai tuhat oli 27?

lida: Tuhat? En mä kattonu.

Lasse: Tuhat oli 27.

Yhteenvetovaihe ($t = 20,4$ min)

Lasse: Miten ois tuo neliöjuurinen, koska sitten ku siinä on se tuhat, nii...?

lida: Mä sain tännekin neliöjuurta.

Lasse: Nii, et koska se alkaa olemaan 1000, niin senhän pitäis olla teoriassa kymmenen kertaa isompi mitä toi N:n, niin sen pitäis olla noin 90. Niin tota, kyllä väittäisin, että se on neliöjuurellinen. Ja mitä lidakin nyt sai tuolta analyttisesti laskettua. Väittäisin neliöjuurellista.

Ryhmä 2 onnistuikin tässä suhteessa siinä, missä ryhmä 1 epäonnistui: kerätyn aineiston analyysissä, tulkitsemisessä ja yhdistelyssä jopa analyttisesti laskettujen tulosten kanssa. Tutkimisvaihetta suunniteltaessa Lasse osasi myös taitavasti kuvata, miten ryhmän tulee tutkimusasetelma toteuttaa, jotta hypoteesin oikeellisuutta siirtymän ja ajan lineaarisesta suhteesta voidaan tutkia: "Mut siitä me saahaan heti tietää, et onko se niinku neliöjuurellinen vai lineaarinen, jos sä heität siihen vaikka 2000 siihen N:ään."

4. Tiivistelmä

Kuvasimme tässä artikkelissa ensinnäkin Jyväskylän yliopistossa kehitettyä laatu-aikaoppimisen mallia, jossa teknologiatuettu yhteisöllinen oppiminen on keskeisessä osassa. Toisaalta nostimme graafisten esitysten avulla esiin eroja kahden eri pienryhmän teknologiatuetuista yhteisöllisistä tutkivan oppimisen prosesseista. Eroja prosessien välillä voi osittain selittää sillä, kuinka ryhmät hyödynsivät tarjottuja teknologisia työkaluja tutkivan oppimisen tukena. Tulostemme perusteella näyttää siltä, että pelkkä teknologisten työkalujen pintapuolinen käyttö (esimerkiksi videon katsominen tai skriptin ajaminen) ei johda korkeamman tason ajattelua vaativaan toimintaan, kuten tutkimuskysymysten muodostamiseen tai kerätyn tutkimusaineiston tulkintaan ja yhdistelyyn. Sen sijaan teknologisten työkalujen suunnitelmallinen hyödyntäminen ja käyttäminen näyttävät olevan yhteydessä strukturoidumpaan tutkivan oppimisen prosessiin. Vaikka rajoituimme tässä tutkimuksessa vain kahden pienryhmän tutkivan oppimisen prosesseihin numeerista analyysiä vaativassa tehtävässä, antavat tulokset alustavia viitteitä näiden prosessien tukemisen tärkeydestä erityisesti orientoitumisvaiheessa. Lisää tutkimusta kuitenkin tarvitaan teknologiatuettujen yhteisöllisten oppimisprosessien dynamiikan kuvaamisesta esimerkiksi visualisointien avulla. Erityisen tärkeää on tutkia opiskelijoiden rooleja näissä prosesseissa, jotta löydämme keinoja sitouttaa kaikki ryhmän jäsenet tuottavaan teknologiatuettuun yhteisölliseen ongelmanratkaisuun.

5. Pohdinta

Tässä tutkimuksessa kuvattiin ensinnäkin teknologiatuettujen yhteisöllisten oppimisprosessien dynamiikkaa visualisoimalla kahden eri pienryhmän tutkivan oppimisen prosesseja. Tarkempaan tarkasteluun valitsimme tehtävän, jossa ryhmien piti selvittää kaasumolekyylin siirtymän riippuvuus ajasta hyödyntämällä YouTube-videoklippiä ja numeerista analyysiä. Pienryhmien väliltä löytyi eroja siinä, miten paljon he käyttivät aikaa eri tutkivan oppimisen vaiheisiin: esimerkiksi ryhmä 1 orientoitui yhteensä 6,4 minuutin ajan (noin 47 % ajasta), kun ryhmä 2 käytti orientoitumisvaiheeseen vain 2,2 minuuttia (noin 13 % ajasta). Jotta pystyimme selittämään, miksi ryhmällä 1 oli tästä huolimatta haasteita tutkimuksensa suunnittelussa ja toteutuksessa, tutkivan oppimisprosessin dynamiikan visualisointi osoittautui hyödylliseksi. Sen sijaan, että ryhmä 1 olisi orientoitunut tehtävään ja selvittänyt muun muassa tehtävänannon kannalta keskeiset käsitteet heti prosessin alussa, huomasimme, että ryhmän orientoitumiseen käyttämä aika jakautui usealla kerralla (Kuva 4): ryhmä 1 joutui palaamaan orientoitumisvaiheeseen takaisin neljä kertaa sen jälkeen, kun he olivat jo edenneet käsitteellistämisen-, tutkimisen- ja keskusteluvaiheisiin. Näin ollen heidän tutkivan oppimisen prosessinsa alkoi useaan kertaan ikään kuin alusta.

Ryhmä 2 orientoitui sen sijaan prosessinsa alkuvaiheessa, minkä voi olettaa helpottavan prosessin etenemisen suunnittelua. He pystyivätkin alun jälkeen etenemään systemaattisesti käsitteellistämisen- ja tutkimisvaiheisiin toistuvasti tehdyistä havainnoista keskustellen. Näin ollen tarkastelemalla ainoastaan orientoitumiseen liittyviä kumulatiivisia arvoja (6,4 min vs. 2,2 min) tai prosenttiosuuksia (47 % vs. 13 %), on lähes mahdotonta sanoa, mistä ryhmän 1 haasteet tehtävää ratkaistaessa nousevat. Vaikka tässä tutkimuksessa rajoituimme vain kahteen pienryhmään ja yhteen tehtävään, osoittaa analyysimme, että pelkkien kumulatiivisten arvojen ja prosenttiosuuksien analysoiminen voi johtaa jopa virheellisiin päätelmiin: vaikka ryhmä 1 orientoitui melkein puolet ajastaan, heillä oli silti haasteita tehtävänannossa esiintyvien käsitteiden ymmärtämisessä ja teknologisten työkalujen hyödyntämisessä.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella vaikuttaakin siltä, että tutkivan oppimisprosessin suunnitteleminen ja eteneminen olivat yhteydessä ryhmien tapaan hyödyntää teknologisia työkaluja. Löysimme ryhmien väliltä eroja esimerkiksi siinä, viittasivatko he tehtävässä annettuun videoon tehtävänannossa esiintyviä käsitteitä selventäessään. Videolla esitettyä informaatiota esimerkiksi vapaa matkan, siirtymän ja polun käsitteiden välisistä eroista hyödynsi vain ryhmä 2. Tämän lisäksi

vain ryhmä 2 hyödynsi annettua numeerista skriptiä ja tilastollisia menetelmiä niin, että he pystyivät päättämään oikean ratkaisun annettuun tehtävään. Ryhmällä 1 skriptin ja numeriikan hyödyntäminen jäi pintapuoliseksi ”naksutteluksi”, kuten yksi ryhmän jäsenistä aineiston keruutaan muille ryhmäläisille kuvasi.

Koska numeeristen menetelmien hyödyntäminen edellyttää monenlaisten tietojen ja taitojen yhdistämistä, tällaiset tehtävät voivat parhaimmillaan auttaa opiskelijoita muodostamaan tutkittavasta ilmiöstä kokonaisvaltaisen kuvan (Bodin, 2012). Lisäksi esimerkiksi Wags, Cook-Whitt ja Wilensky (2017) huomasivat, että numeeriset menetelmät voivat sitouttaa opiskelijoita tuottavaan tutkivaan oppimiseen jopa ilman eksplisiittistä ohjausta. Tulostemme perusteella näyttää kuitenkin siltä, että pelkkä numeriikan integroiminen osaksi tehtäviä ei takaa tuottavaa yhteisöllistä tutkivan oppimisen prosessia. Aiemman tutkimuksen mukaan opiskelijat voivat tarvita teknologisten työkalujen yhteisölliseen käyttöön yleisemminkin ohjausta (Jeong & Hmelo-Silver, 2010).

Vaikka rajoituimme tarkastelemaan eroja pelkästään kahden eri pienryhmän teknologiatuetuissa tutkivan oppimisen prosesseissa, voi tulosten perusteella päätellä, että tutkivan oppimisen prosessien tukeminen erityisesti alkuvaiheessa saattaisi auttaa pienryhmiä. Orientoitumiseen ja tutkimuskysymysten muotoilemiseen tarjottava tuki voisi helpottaa ryhmiä suunnittelemaan ja etenemään tutkivan oppimisen polkua jäsenellymin. Toisaalta niin tämän kuin aiemman tutkimuksen (Jeong & Hmelo-Silver, 2010) perusteella vaikuttaa, että teknologisiin työkaluihin ja niiden ominaisuuksiin tutustuminen on yhteydessä niiden tuottavaan käyttöön. Näin ollen annettava tuki voi olla esimerkiksi tietokoneavusteisesti tarjottava eksplisiittinen ohjaus teknologisten työkalujen tutustumisen ja tutkimuskysymysten muotoilemisen tueksi. Lisäksi myös ulkoisten skriptien implementointi teknologiatuetun yhteisöllisen oppimisen tueksi voisi edistää pienryhmien tuottavaa ongelmanratkaisua (Kollar, Fischer & Slotta, 2007). Lisätutkimusta kuitenkin tarvitaan teknologiatuettujen yhteisöllisten oppimisprosessien dynamiikan ja teknologioiden hyödyntämisen välisestä suhteesta. Toisaalta tärkeää on tutkia myös, miten eri opiskelijat edistävät tai hankaloittavat yhteisöllisten oppimisprosessien etenemistä teknologiatuetuissa oppimisympäristöissä.

Lähteet

- Arnseth, H. & Krange, I. (2016). What happens when you push the button? Analyzing the functional dynamics of concept development in computer supported science inquiry. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 11(4), 479-502.
- 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.
- Bodin, M. (2012). Mapping university students' epistemic framing of computational physics using network analysis. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1).
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonoug, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
- Hmelo-Silver, C., Jeong, C., Faulkner, R. & Hartley, K. (2017). Computer-supported collaborative learning in STEM domains: Towards a meta-synthesis. *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Jensen, J. L. & Lawson, A. (2011). Effects of collaboration and inquiry on reasoning and achievement in biology. *CBE - Life Science Education*, 10, 64-73.
- Jeong, H. & Hmelo-Silver, C. E. (2010). Productive use of learning resources in an online problem-based learning environment. *Computers in Human Behavior*, 26(1), 84-99.

- Kapur, M., Voiklis, J. & Kinzer, C. K. (2008). Sensitivities to early exchange in synchronous computer-supported collaborative learning (CSCL) groups. *Computers & Education, 51*(1), 54-66.
- Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(9), 898-921.
- Kollar, I., Fischer, F. & Slotta, J. D. (2007). Internal and external scripts in computer-supported collaborative inquiry learning. *Learning and Instruction, 17*(6), 708-721.
- Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: An introduction to its methodology* (2nd ed ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Lazonder, A. & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research, 86*(3), 681-718. doi:10.3102/0034654315627366
- Leinonen, R., Asikainen, M. A. & Hirvonen, P. E. (2017). Peer discussions in lecture-based tutorials in introductory physics. *Physical Review Physics Education Reserach, 13*(1).
- Tilastokeskus (2017). Suomen virallinen tilasto (SVT): Koulutuksen keskeyttäminen [verkkojulkaisu]. Helsinki. Viitattu: 23.5.2017. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/kkesk/index.html>.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, Siswa A N, Kamp, E. T., . . . Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, 47-61.
- ScreenCast-O-Matic (2017). Viitattu 23.5.2017. Saantitapa: <http://screencast-o-matic.com/home>.
- Stahl, G., Koschmann, T. & Suthers, D. (2014). Computer-supported collaborative learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 479-500). Cambridge: Cambridge University Press.
- Tinto, V. (1975). Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. *Review of Educational Research, 45*(1), 89-125.
- Wagh, A., Cook-Whitt, K. & Wilensky, U. (2017). Bridging inquiry-based science and constructionism: Exploring the alignment between students tinkering with code of computational models and goals of inquiry. *Journal of Research in Science Teaching, 54*(5), 615-641.