

JYU DISSERTATIONS 331

Hannu Moilanen

Kehon hyödyntämisen mahdollisuudet luonnontieteiden oppimisessa



UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ
FACULTY OF INFORMATION
TECHNOLOGY

JYU DISSERTATIONS 331

Hannu Moilanen

Kehon hyödyntämisen mahdollisuudet luonnontieteiden oppimisessa

Esitetään Jyväskylän yliopiston informaatioteknologian tiedekunnan suostumuksella
julkisesti tarkastettavaksi yliopiston vanhassa juhlasalissa S212
joulukuun 12. päivänä 2020 kello 12.

Academic dissertation to be publicly discussed, by permission of
the Faculty of Information Technology of the University of Jyväskylä,
in building Seminarium, old festival hall S212
on December 12, 2020, at 12 o'clock noon.



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

JYVÄSKYLÄ 2020

Editors

Timo Männikkö

Faculty of Information Technology, University of Jyväskylä

Päivi Vuorio

Open Science Centre, University of Jyväskylä

Copyright © 2020, by University of Jyväskylä

Permanent link to this publication: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-8452-6>

ISBN 978-951-39-8452-6 (PDF)

URN:ISBN:978-951-39-8452-6

ISSN 2489-9003

ABSTRACT

Moilanen, Hannu

Possibilities of Bodily Learning in Science Education

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2020, 148 p. + original articles

(JYU Dissertations

ISSN 2489-9003; 331)

ISBN 978-951-39-8452-6 (PDF)

In recent years, Finnish pupils' interest in natural sciences education has been declining. For this study, new bodily methods were developed in which learning is based on the bodily learning experience and its reflection. In Finnish science education, the effect of learning methods that utilize bodily learning experiences has not been investigated. The purpose of this study is to explore the possibilities of utilizing the body in multidisciplinary science education and to find out how students experience bodily learning in natural sciences. In addition, the aim is to find out what new information machine learning-based artificial intelligence solutions can process based on the collected data.

The thesis a multi-method study based on four research articles in which students' (n = 611) experiences of utilizing the body in learning were investigated with questionnaires. The responses were analyzed using traditional statistical methods and unsupervised machine learning-based cluster analysis.

The main result of the research is that new methods that utilize the body create a meaningful and memorable learning experience that helps concretize the abstract phenomenon. Bodily learning can take place in various learning environments, and variability as well as increased physical activity can increase students' alertness and interest in instruction. Overall, more than 80% of students found the new methods more interesting compared to the traditional classroom work, which can increase students' motivation and interest in science education. Research shows that the bodily methods could motivate students to learn, especially boys and weaker students, for whom learning abstract science concepts using traditional methods is challenging. Most students felt that learning and remembering phenomena are more effective when the body is utilized in the learning process. Examining the ability of machine learning-based artificial intelligence applications to process new information from survey data, it was found that unsupervised machine learning is a useful tool for identifying students with different learning profiles.

Based on the theoretical framework of the work and the students' experiences, a learning model that utilizes the body was created. This model can be utilized in the design of meaningful science education.

Keywords: learning, bodily learning, learning experience, sensor-based learning, learning analytics, science education

TIIVISTELMÄ

Moilanen, Hannu

Kehon hyödyntämisen mahdollisuudet luonnontieteiden oppimisessa

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2020, 148 s. + alkuperäiset julkaisut

(JYU Dissertations

ISSN 2489-9003; 331)

ISBN 978-951-39-8452-6 (PDF)

Suomalaisten nuorten kiinnostus luonnontieteiden opiskelua kohtaan on ollut viime vuosina laskussa. Tätä tutkimusta varten kehitettiin uusia kehoa hyödyntäviä luonnontieteiden työtapoja, joissa oppiminen perustuu keholliseen oppimiskokemukseen ja sen reflektointiin. Suomalaisessa tiedeopetuksen kontekstissa kehoa hyödyntävien työtapojen vaikutusta oppimiskokemukseen ei ole vielä tutkittu. Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia kehon käytön mahdollisuuksia monialaisessa tiedeopetuksessa ja selvittää, miten oppilaat kokivat kehon hyödyntämisen käytön luonnontieteiden opiskelussa? Lisäksi tavoitteena on tarkastella, mitä uutta tietoa koneoppimis pohjaiset tekoälyratkaisut voivat jalostaa kerätyn datan pohjalta.

Työ on monimenetelmällinen tutkimus, joka perustuu neljään tutkimusartikkeliin. Näissä artikkeleissa oppilaiden (n = 611) kokemuksia kehoa hyödyntävien työtapojen käytöstä selvitettiin kyselylomakkeilla. Vastauksia analysoitiin perinteisin tilastollisin menetelmin sekä ei-ohjattuun koneoppimiseen perustuvalla klusterianalyysillä.

Tutkimuksen päätulos on, että kehoa hyödyntävät työtavat mahdollistavat mielekkään ja mieleenpainuvan oppimiskokemuksen syntymisen ja ne voivat auttaa konkretisoimaan abstraktia ilmiötä. Kehon käyttö mahdollistaa monipuolisten oppimisympäristöjen hyödyntämisen, ja työtapojen mukanaan tuoma vaihtelevuus voi lisätä mielenkiintoa opetukseen ja lisääntynyt fyysinen aktiivisuus voi vaikuttaa viireystilaan positiivisesti. Kaiken kaikkiaan yli 80 prosenttia oppilaista koki kehoa hyödyntävät oppilastyöt mielenkiintoisemmiksi perinteisiin luokkahuonetöihin verrattuna. Uudet työtavat voivat lisätä oppilaiden motivaatiota ja kiinnostusta luonnontieteiden opiskeluun. Tutkimus osoittaa myös, että työtavat voisivat motivoida luonnontieteiden opiskeluun erityisesti poikia ja heikompia opiskelijoita, joille abstraktien luonnontieteiden käsitteiden oppiminen on haastavampaa perinteisin menetelmin. Lisäksi suurin osa opiskelijoista koki, että ilmiöiden oppiminen ja muistaminen on tehokkaampaa, kun kehoa hyödynnetään oppimisprosessissa. Tutkittaessa koneoppimis pohjaisten tekoälysovellusten kykyä jalostaa uutta tietoa kyselydatasta havaittiin, että ohjaamaton koneoppiminen on hyödyllinen työkalu eri oppilasprofiilien tunnistamisessa.

Työn teoreettisen viitekehyksen ja oppilaiden kokemusten pohjalta luotiin kehoa hyödyntävän oppimisen malli, jota voidaan hyödyntää mielekkään tiedeopetuksen suunnittelussa.

Asiasanat: oppiminen, kehollinen oppiminen, oppimiskokemus, sensori-pohjainen oppiminen, oppimisanalytiikka, luonnontieteiden opetus

Author's address Hannu Moilanen
Faculty of Information Technology
University of Jyväskylä
Finland

Supervisors Professor Pekka Neittaanmäki
Faculty of Information Technology
University of Jyväskylä
Finland

Adjunct Professor Marja Kankaanranta
Finnish Institute for Educational Research
University of Jyväskylä
Finland

Adjunct Professor Sami Äyrämö
Faculty of Information Technology
University of Jyväskylä
Finland

Professor Tommi Kärkkäinen
Faculty of Information Technology
University of Jyväskylä
Finland

Reviewers Adjunct Professor Marjaana Kangas
University of Lapland
Finland

Adjunct Professor Pirkko Siklander
University of Oulu
Finland

Opponent Senior Reseacher Ilkka Jormanainen
University of Eastern Finland
Finland

ESIPUHE

Elämä on mielenkiintoinen matka. Pienet asiat ja kohtaamiset saattavat avata uusia ovia ja tuntemattomia polkuja. Eipä olisi nuori, lupaava mailerinalku vuonna 1997 osannut arvata, miten mielenkiintoinen seikkailu olisi edessä, kun jäi niukasti rannalle lääkiksestä. Näin jälkikäteen ajateltuna kaikki matkalla saadut kokemukset ja kohtaamiset ovat osaltaan vaikuttaneet tämän työn rakentumiseen.

Tie toi Jyväskylään opiskelemaan fysiikkaa ja kemiaa, jossa juoksu vaihtuikin musiikkiin, teatteriin ja tanssiin. Jossain vaiheessa opintoihin tulivat mukaan draamakasvatus, tanssipedagogiikka ja laulu ja tie vei ammattiteattereihin ja Portugaliin asti tanssia opiskelemaan. Vaikka tuolloin vuonna 2004 näytti, että taiteesta voisi tulla jopa ammatti, onneksi maltoin ottaa tutkinnon ulos myös fysiikalta, sillä se mahdollisti matkan tutkimaan opettajan työtä. Kaikki kokemukset taiteen ja urheilun saralta antoivat uusia näkökulmia myös luonnontieteiden opettamiseen. Vuonna 2005 sain ensimmäisen vakituisemman matemaattisten aineiden opettajan paikan Kangasniemeltä ja samalla pääsin laulamaan Seminaarinmäen mieslaulajiin, mikä oli ratkaiseva käänne oman opettajuuden kehittymisen ja kannalta. Semmareiden luova ja rohkeasti kokeileva asenne on vaikuttanut opettajuuteeni: Ideoita kannattaa kokeilla rohkeasti ja epäonnistuneesta kokeilusta ei kannata lannistua vaan oppia ja se mahdollisuutena synnyttää jotain uutta.

Vuonna 2012 pääsin sattumusten kautta Jyväskylän normaalikouluun töihin ja tuolloin aloin systemaattisesti keräämään oppilaiden mielipiteitä esimerkiksi tablettien käyttöön liittyvistä opetuskokeiluista. Vuonna 2013 olimme Semmareiden kanssa keikalla yliopiston juhlassa, minkä jälkeen eräs oivallinen seuramies tuli juttelemaan. Aikamme keskusteltuamme kävi ilmi, että opetin hänen lapsenlastaan Norssilla ja pian itselleni valkeni, että kyseinen herra oli dekaani Pekka Neittaanmäki. Keskustelun päätteeksi Pekka kyseli kiinnostusta alkaa kirjoittamaan väitöskirjaa iPadien opetuskäytöstä ja seuraavalla viikolla olimme jo suunnittelemassa prosessia.

Väitöskirjaprosessi oman työn ohessa on ollut välillä haastavaa ja seuraavat henkilöt ovat olleet suurena tukena. Erityisesti haluan kiittää ohjaajiani Pekkaa, Marjaa, Samia ja Tommia. Ilman Pekan panosta en olisi todennäköisesti lähtenyt koko prosessiin mukaan ja hänen kauttaan mahdollistui myös rahoitus vuonna 2017 - 2018, jolloin sain keskittyä täysipäiväisesti tutkimiseen ja artikkelien kirjoittamiseen. Lisäksi olet antanut väitöskirjan loppumetreillä tärkeää ohjausta ja tsemppiä. Marjan ja Samin tuki oli erityisesti artikkelien kirjoitusvaiheessa merkittävä. Marjan ymmärrys pedagogiikasta ja kyky auttaa löytämään rönsyilevistä ideoista tutkimuksen punainen lanka on ollut huikea. Sami on ystävänä ja lenkkikaverina jaksanut kuunnella satoja tunteja huonoja juttujani ja antanut ideoita, sekä ennen kaikkea omalla data-analytiikan osaamisellaan auttanut löytämään tutkimusartikkeleihin uutta näkökulmaa. Tommin apu ja tarkkanäköisyys erityisesti väitöskirjan viimeistelyvaiheessa on ollut korvaamatonta.

Normaalikoululta haluan kiittää erityisesti esimiehiäni Pekka Ruuskasta ja Kirsti Koskea. Pekka on johtavana rehtorina ensimmäisestä työpäivästäni lähtien

kannustanut ja innostanut opetuksen tutkimus- kokeilu- ja kehittämistoimintaan, sekä mahdollistanut upeat resurssit ja puitteet tutkija-opettajana toimimiselle. Kirstin henkinen tuki prosessissa on ollut tärkeä. Erilaiset lukion kehittämishankkeet, joihin olen saanut osallistua, ovat auttaneet myös väitöskirjatyön syntymisessä. Kirstiä saan kiittää myös siitä, että tieni ylipäättään johti vuonna 2012 Norssille.

Suuret kiitokset myös norssin FyKe-huoneen rakkaille kollegoille Helenalle, Inkalle, Kimmolle ja Tompalle. Olen oppinut teiltä paljon opettajuudesta ja ohjaamisesta - omine vahvuuksinemme muodostamme hienon tiimin! Lisäksi olette tukeneet sekä kestäneet tutkimusjaksoista ja reissuista teille aiheutuvaa ylimääräistä kuormaa.

Ystävistä haluaisin kiittää Martti-kerhoa. Olen etuoikeutettu, että minulla on teidän kaltaisia humaaneja arvoja vaalivia laaja-alaisesti maailmanmenoa ihmetteleviä ystäviä, joiden kanssa voidaan jatkaa jo opiskeluaikoina alkanutta maailmanparantamiskeskustelua yhä uudestaan. Kiitokset kaikista yhteisistä kokemuksista ja keskusteluista yli 20 vuoden ajalta. Ne ovat muovanneet minua ja vaikuttivat myös tämän työn syntyyn.

Kiitokset Semmarit-veljille! Olette rakas yhteisö, johon olen saanut kuulua jo 15 vuoden ajan. Semmareissa olen oppinut luovaa, kokeilevaa hulluutta ja ryhmässä toimimisen taitoja sekä päässyt kokemaan aina uudestaan sen käsittämättömän taian, mitä kiertueen valmistumisprosessissa tapahtuu. Huumori auttaa ja kanssanne olen nauranut itselleni useita lisävuosia - kiitokset kaikista näistä uskomattomista reissuista ja kokemuksista!

Rakkaat vanhemmat, Toini ja Seppo, kiitokset kaikesta tuesta ja rukouksista, joilla olette kantaneet kaikki nämä vuodet. Olette tarjonneet minulle turvallisen lapsuuden ja nuoruuden ja mahdollistaneet sen, että olen saanut keskittyä harrastuksiin ja koulunkäyntiin täysipainoisesti. Tukenne jatkuu edelleenkin ja olen siitä äärettömän kiitollinen!

Helena-siskoani haluan kiittää kaikesta sparrauksesta elämän matkalla. Asetit riman isosiskon esimerkillä riittävän korkealle ja sama yritteliäs asenne ilmeisesti tarttui minuunkin. Erityiskiitokset mutkattomasti sujuneesta yhteistyöstä Aivot Liikkeelle!-kirjaprojektissa, joka loi kivijalkaa myös tälle väitöskirjalle.

Viimeisenä rakkaimmat, Mira, Sanni ja Julius. Rakas Mira, tukesi näinä vuosina on ollut korvaamattoman tärkeä ja olet jaksanut kannustaa ja innostaa kaikkina hetkinä. Olet ollut kivijalka ja huolehtinut reissujeni aikana perheen arjesta. Lisäksi olet tarjonnut myös minulle uusia näkökulmia ja mielenkiintoisia keskusteluja yhteisillä pitkillä maastajuoksu- tai pyöräilylenkeillä. Odotan innolla yhteisiä seikkailuita, joita meillä on vielä edessä! Rakkaat lapseni, Sanni ja Julius. Olette suurin saavutus, jonka olen saanut elämässäni aikaan. Tutkikaa, ihmetelkää ja innostukaa elämän matkalla!

Jyväskylässä 22.11.2020
Hannu Moilanen

KUVIOT

| | | |
|----------|---|-----|
| KUVIO 1 | Tutkimuksen päätutkimuskysymykset | 17 |
| KUVIO 2 | Teknologian rooli tutkimuksessa..... | 20 |
| KUVIO 3 | Liikkeen hyödyntämisen eri tasot opetuksessa (Moilanen & Salakka 2016) | 23 |
| KUVIO 4 | Kolbin oppimisen sykli (mukailtu Kolb 2014) | 33 |
| KUVIO 5 | Oppimiskokemukseen ja oppimiseen vaikuttavia keskeisiä tekijöitä (Huotilainen 2019; Ahonen 2019) | 35 |
| KUVIO 6 | Opiskelija mittaamassa trampoliinihyppyyn liittyviä kiihtyvyyksiä ja nopeuksia | 50 |
| KUVIO 7 | Pyörimiseen vaikuttavien tekijöiden reflektointia oppilaiden kanssa | 54 |
| KUVIO 8 | Yläkoulun oppilaat tutkimassa hyvinvointianalysejään | 55 |
| KUVIO 9 | Lukiolaiset veren sokeria mittaamassa..... | 57 |
| KUVIO 10 | Tutkimuksen eteneminen | 60 |
| KUVIO 11 | Kehoa hyödyntävän oppimisen malli..... | 86 |
| KUVIO 12 | Tekoälyä hyödyntävä tulevaisuuden terveydenhuollon ja koulun malli (Moilanen ym. 2018; Neittaanmäki & Lehto 2017)..... | 105 |

TAULUKOT

| | | |
|------------|---|----|
| TAULUKKO 1 | Tutkimusartikkelien artikkelikohtaiset tutkimuskysymykset (alatutkimuskysymykset)..... | 19 |
| TAULUKKO 2 | Kolbin syklin toteutuminen osatutkimuksissa | 47 |
| TAULUKKO 3 | Kyselylomakkeiden kytkeytyminen teoreettiseen viitekehukseen | 64 |
| TAULUKKO 4 | Kerätty tutkimusaineisto ja datan analysointimenetelmät | 67 |
| TAULUKKO 5 | Yhteenveto tutkimuksen päätuloksista..... | 81 |

SISÄLLYS

ABSTRACT

TIIVISTELMÄ

ESIPUHE

KUVIOT JA TAULUKOT

SISÄLLYS

LISTA TUTKIMUSARTIKKELEISTA

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 13 |
| 1.1 | Tutkimuksen taustaa ja tavoite..... | 13 |
| 1.2 | Kehon hyödyntäminen luonnontieteiden oppimisessa..... | 15 |
| 1.3 | Tutkimuskysymykset..... | 17 |
| 1.4 | Teknologian rooli tutkimuksessa..... | 20 |
| 2 | TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN VIITEKEHYS..... | 22 |
| 2.1 | Opetuksen liikunnallistaminen..... | 22 |
| 2.2 | Kehon hyödyntäminen aikaisemmissa luonnontieteiden oppimisen tutkimuksissa..... | 25 |
| 2.3 | Kokemus ja kokemuksellisen oppimisen malli..... | 30 |
| 2.4 | Tunteiden, motivaation, stressin ja tarkkaavaisuuden rooli kokemuksellisessa oppimisessa..... | 34 |
| 2.4.1 | Tunteiden vaikutus oppimiskokemukseen..... | 35 |
| 2.4.2 | Motivaatio – oppimisprosessin alkuunpanija ja ylläpitäjä | 38 |
| 2.4.3 | Stressin vaikutukset oppimiskokemukseen ja oppimiseen | 42 |
| 2.4.4 | Tarkkaavaisuus..... | 44 |
| 3 | TUTKIMUSASETELMA..... | 46 |
| 3.1 | Osatutkimusten kuvaus..... | 46 |
| 3.1.1 | Liikkuvaa lukion tiedeopetusta tablettien avulla PI..... | 49 |
| 3.1.2 | Oppilaiden kokemuksia Fysiikkaa liikkuen -työpajasta ohjaamattoman koneoppimisen avulla selvitettyä PII..... | 52 |
| 3.1.3 | Fysiikkaa liikkuen - 7-luokkalaisten oppilaiden ja opettajien kokemuksia kehollisesta opetuksesta fysiikassa PIII..... | 54 |
| 3.1.4 | Oppilaiden digitaalisen hyvinvointidatan kerääminen ja hyödyntäminen monialaisen opetuksen yhteydessä PIV..... | 55 |
| 3.2 | Tutkimusmenetelmät..... | 58 |
| 3.2.1 | Kokeellinen tutkimus..... | 61 |
| 3.2.2 | Kysely kokemuksista..... | 61 |
| 3.3 | Tutkimusaineisto ja datan analysointimenetelmät..... | 66 |
| 3.3.1 | Tekoäly..... | 69 |
| 3.3.2 | Oppimistiedon louhinta ja oppimisanalytiikka..... | 70 |
| 3.3.3 | Ohjaamaton koneoppiminen ja klusterianalyysi..... | 70 |
| 3.3.4 | Ohjatun koneoppimisen menetelmät – monikerroksinen neuroverkko ja Lasso-regressio..... | 72 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.3.5 | Muut käytetyt tilastolliset analyysimenetelmät | 73 |
| 4 | TULOSTEN YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET | 74 |
| 4.1 | Osatutkimus PI. Liikkuvaa lukion tiedeopetusta tablettien avulla... 74 | |
| 4.2 | Osatutkimus PII. Oppilaiden kokemuksia Fysiikkaa liikkuen - työpajasta ohjaamattoman koneoppimisen avulla selvitettyinä..... | 76 |
| 4.3 | Osatutkimus PIII. Oppilaiden ja opettajien kokemuksia kehollisesta opetuksesta fysiikassa | 77 |
| 4.4 | Osatutkimus PIV. Digitaalisen hyvinvointidatan hyödyntäminen monialaisissa opinnoissa | 79 |
| 4.5 | Yhteenveto päätuloksista..... | 80 |
| 4.6 | Kehoa hyödyntävän oppimisen malli | 85 |
| 5 | POHDINTAA | 91 |
| 5.1 | Tulosten pohdintaa ja analysoimista | 91 |
| 5.2 | Tutkimuksen arviointi | 98 |
| 5.2.1 | Tutkimusotteen arviointi | 98 |
| 5.2.2 | Validiteetti..... | 99 |
| 5.2.3 | Reliabiliteetti ja tulosten yleistettävyys | 100 |
| 5.2.4 | Kvalitatiivinen luotettavuusarvio..... | 101 |
| 5.3 | Tutkimuksen eettisyys | 102 |
| 5.4 | Sidonnaisuudet ja rahoitus..... | 103 |
| 5.5 | Jatkotutkimusideoita | 103 |
| 5.6 | Lopuksi..... | 107 |
| | SUMMARY | 110 |
| | LIITTEET | 113 |
| | LÄHTEET | 122 |
| | ALKUPERÄISET JULKAISUT | |

TUTKIMUSJULKAISUT

PI. Moilanen, H., Äyrämö, S., & Kankaanranta, M., Learning physics outside the classroom by combining use of tablets and bodily activity, Proceedings of EdMedia + Innovate Learning Conference, Association for the Advancement of Computing in Education, 2018.

PII. Moilanen, H., Äyrämö, S., & Kankaanranta, M., Detecting pupils' opinions on learning physics bodily by unsupervised machine learning, Proceedings of E-Learn 2018 - World Conference on E-Learning, Association for the Advancement of Computing in Education, 2018.

PIII. Moilanen, H., Äyrämö, S., & Kankaanranta, M., Fysiikkaa liikkuen – 7-luokkalaisten oppilaiden ja opettajien kokemuksia kehollisesta opetuksesta fysiikassa, in Tutkimuksesta luokkahuoneisiin: Ainedidaktisia tutkimuksia 15, Suomen ainedidaktisen tutkimusseuran julkaisuja, 2019.

PIV. Moilanen, H., Äyrämö, S., Jauhiainen, S., & Kankaanranta, M., Collecting and Using Students' Digital Well-Being Data in Multidisciplinary Teaching, Education Research International, vol. 2018, Article ID 3012079, 11 pages, 2018.

Väitöstutkija on toiminut ensimmäisenä kirjoittajana kaikissa edellä listatuissa JUFO1-tason artikkeleissa. Ne perustuvat Jyväskylän yliopiston normaalikoulun tutkimus-, kokeilu- ja kehittämistoiminnan strategiaan ja tutkija on itse suunnitellut ja toteuttanut tutkimuksen opetuskokeilut sekä kerännyt tutkimusaineiston. Datan analysointivaiheessa tutkija työskenteli vuoden Jyväskylän yliopiston ja Watson Health Cloud Finlandin yhteistyöhankkeessa.

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen taustaa ja tavoite

Viimeaikaiset laajat kansalliset ja kansainväliset selvitykset nostavat pohdittavaksi huolestuttavia suomalaisten koululaisten luonnontieteiden motivaatioon ja osaamiseen liittyviä tutkimustuloksia (PISA 2018; Vettenranta ym. 2016). Tutkimuksista käy myös ilmi, että luonnontieteissä heikosti menestyvien oppilaiden määrä on miltei kolminkertaistunut ja huippuosaajien määrä on vähentynyt liki kolmanneksella. Vuodesta 2006 vuoteen 2015 PISA-tutkimuksen luonnontieteiden pistekeskisarvo on laskenut jopa 32 pistettä ja huolestuttavaa osaamisen heikkeneminen ja motivaation puute on erityisesti pojilla (Vettenranta ym. 2016). Uusimman vuonna 2018 tehdyn PISA-tutkimuksen (PISA 2018) mukaan suomalaisten nuorten luonnontieteiden osaaminen on vielä huonompi kuin vuonna 2015 tehdyssä mittauksessa. Myös tyttöjen ja poikien välinen osaamisero luonnontieteissä oli OECD-maiden suurin ja oppilaiden väliset osaamiserot olivat edelleen kasvaneet. PISA-tulosten johdosta onkin syytä pohtia, mitkä ympäröivässä yhteiskunnassa tai koulussa tapahtuneet muutokset ovat johtaneet siihen, että perinteinen tapa opiskella luonnontieteitä ei enää kiinnosta monia oppilaita, erityisesti poikia, ja millaiset työtavat voisivat lisätä oppilaiden motivaatiota luonnontieteiden opiskeluun.

Suomessa on ryhdytty useisiin toimenpiteisiin uusien työtapojen jalkauttamiseksi kouluun. Vuonna 2015 käynnistettiin Sipilän hallituksen Uusi peruskoulu -kärkihanke, jonka tavoitteena oli uudistaa peruskoulua kehittämällä oppimisympäristöjä ja uutta pedagogiikkaa (Vahtivuori-Hänninen ym. 2016). Myös nykyiset perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmat pyrkivät lisäämään oppilaan kokemuksellisia ja toiminnallisia työtapoja sekä tukemaan oppilaan hyvinvointia (POPS 2014; LOPS 2015). Erilaisia oppimiskokemuksia voidaan tarjota viemällä opetusta ulos luokkahuoneesta ns. laajennettuihin oppimisympäristöihin, joissa myös hyödynnetään uusia oppimista tukevia ja edistäviä teknologisia ratkaisuja (POPS 2014; LOPS 2015). Perusopetuksen opetussuunnitelmassa (OPS

2014) myös pyritään eheyttämään eri oppiaineiden oppisisältöjä laajemmiksi oppiainerajat ylittäviksi monialaisiksi oppimiskokonaisuuksiksi. Esimerkiksi liikuntaa, tanssia ja draaman työtapoja voitaisiin lisätä koulupäivään integroimalla niitä luonnolliseksi osaksi minkä tahansa oppiaineen opetusta. Vuonna 2021 käyttöön otettava uusi lukion opetussuunnitelma pyrkii edelleen edistämään opiskelijoiden laaja-alaisen osaamisen kehittymistä ja oppiainerajat ylittävien opintojen järjestämistä (LOPS 2019). Uusien opetussuunnitelmien mukaisia pedagogisia käytänteitä on kehitetty ja kokeiltu, mutta toistaiseksi niiden vaikuttavuudesta oppilaiden oppimiseen ja oppimiskokemuksiin on vielä vähän tutkittavaa.

Kehollisuus opetuksessa on ajankohtainen aihe, sillä se mainitaan ensimmäistä kertaa myös perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden yleisessä osassa. Käytössä olevan opetussuunnitelman oppimiskäsityksen mukaan "kieli, kehollisuus ja eri aistien käyttö ovat ajattelun ja oppimisen kannalta olennaisia. Uusien tietojen ja taitojen oppimisen rinnalla oppilas oppii refleктоimaan oppimistaan, kokemuksiaan ja tunteitaan" (POPS 2014, 17).

Tämän työn tavoitteena on tutkia kehon käytön mahdollisuuksia yläkoulun ja lukion monialaisessa tiedeopetuksessa sekä oppilaiden kokemuksia kehon hyödyntämisestä oppimistilanteissa. Tutkimus vastaa esitettyihin haasteisiin luonnontieteiden opiskelumotivaation ja osaamisen heikkenemisen osalta. Tutkimusta varten kehitettiin kehoa hyödyntäviä työtapoja, joiden tavoitteena on vaikuttaa positiivisesti oppilaiden oppimiskokemuksiin ja lisätä oppilaiden kiinnostusta luonnontieteiden opiskelua kohtaan.

Väitöstyön tavoitteena tulisi olla vaikuttaa yhteiskunnassa ilmeneviin asioihin ja kehityskulkuihin, vahvistaa tutkittavaan ilmiöön liittyvää tieteellistä keskustelua sekä liittää siihen uusia näkökulmia. Liikunnan positiivisia vaikutuksia aivoihin ja oppimiseen on tutkittu laajasti viimeisen kahden vuosikymmenen aikana erityisesti kognitio- ja neurotieteiden tutkimuksissa (Drollette ym. 2014; Erickson ym. 2011; Hillman ym. 2009; Raichlen & Alexander 2017; Colcombe ym. 2004; Donnelly ym. 2016; Watson ym. 2017; McMorris ym. 2008; Hötting & Röder 2013; van Praag 2009; Tsujii ym. 2013; Nokia ym. 2016; Köhncke ym. 2018), mutta kehon käytön mahdollisuuksia ja työssä kehitettyjen työtapojen vaikutuksia oppilaiden oppimiskokemuksiin ei ole aikaisemmin tutkittu suomalaisessa tiedeopetuksen kontekstissa. Kantomaa ym. (2018) mukaan kehoa hyödyntävien toiminnallisten työtapojen vaikutuksista oppimiseen ja oppimiskokemukseen tarvittaisiin lisää tutkimusta. Tämä tutkimus pyrkii osaltaan lisäämään tietoa kehoa hyödyntävien työtapojen hyödyntämisestä kouluissa.

Tutkimuksella on myös tutkimusmetodologinen uutuusarvo ja kehitystehävä: tutkimuksessa hyödynnetään koneoppimiseen perustuvia data-analyysimenetelmiä, joita ei ole aiemmin käytetty luonnontieteiden oppimiseen liittyvissä tutkimuksissa Suomessa. Työn informaatioteknologiaan ja datatieteeseen perustuva monimenetelmällisyys pyrkii tuomaan uusia sovelluksia ja tutkimusmenetelmiä myös laajemmin suomalaisen oppimisen tutkimuksen kentälle.

Tutkimuskirjallisuuden ja osatutkimusten empiiristen tulosten avulla luotua *Kehoa hyödyntävän oppimisen mallia* voidaan hyödyntää pedagogisesti mielekkään tiedeopetuksen suunnittelussa, toteuttamisessa ja kehittämisessä. Mallin soveltaminen opetuksessa voi virittää oppilaita emotionaalisesti, motivationaalisesti sekä lisätä heidän tarkkaavaisuuttaan. Nämä vaikuttavat oppimiskokemukseen ja mikäli kokemuksia reflektoidaan, voi syntyä oppimista.

1.2 Kehon hyödyntäminen luonnontieteiden oppimisessa

Kolbin kokemuksellisen oppimisen malliin perustuvaa keho-mieli-yhteyden tunnustavaa ja kehollista kokemusta hyödyntävää paradigmaa kutsutaan tutkimuskirjallisuudessa usein termillä kehollinen oppiminen (Anttila 2013; Anttila 2009). Sen mukaan oppiminen perustuu sekä kehollisten kokemusten ja aistimusten reflektointiin että toimintaan. Oppiminen on tällöin vahvasti riippuvainen fyysisen kehon käytöstä. Kehollinen oppiminen pohjautuu kognitiotieteiden tutkimuksiin, joiden mukaan sekä aivojen informaatioprosessit ja kehon fyysiset prosessit kietoutuvat toisiinsa oppimisessa. (Barsalou 1999, 2008; Clark 2008; Fugete ym. 2018; Golonka & Wilson 2012; Lakoff & Johnson 1999; Pfeifer & Bongard 2007; Shapiro, 2011; Stolz 2015; Willems & Francken, 2012; Winn 2003). Kehollinen oppiminen eroaa aikaisemmista oppimiskäsityksistä muun muassa siinä, että se korostaa kokonaisvaltaisemmin koko kehossa tapahtuvan aktiivisuuden, tunteiden ja aistimusten merkitystä oppimiskokemuksen syntymisessä ja oppimisessa (Anttila 2013). Suomalaisessa tutkimuskirjallisuudessa kehollisen oppimisen käsitettä on käytetty erityisesti tanssipedagogiikan yhteydessä (Anttila 2009; Anttila 2013). Käsitteenä se ei kata esimerkiksi neljännessä osatutkimuksessa toteutettuja työtapoja, joissa ilmiön oppiminen perustuu kehon mittaamiseen. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa käytetään kehollisen oppimisen sijaan käsitettä kehon hyödyntäminen oppimisessa.

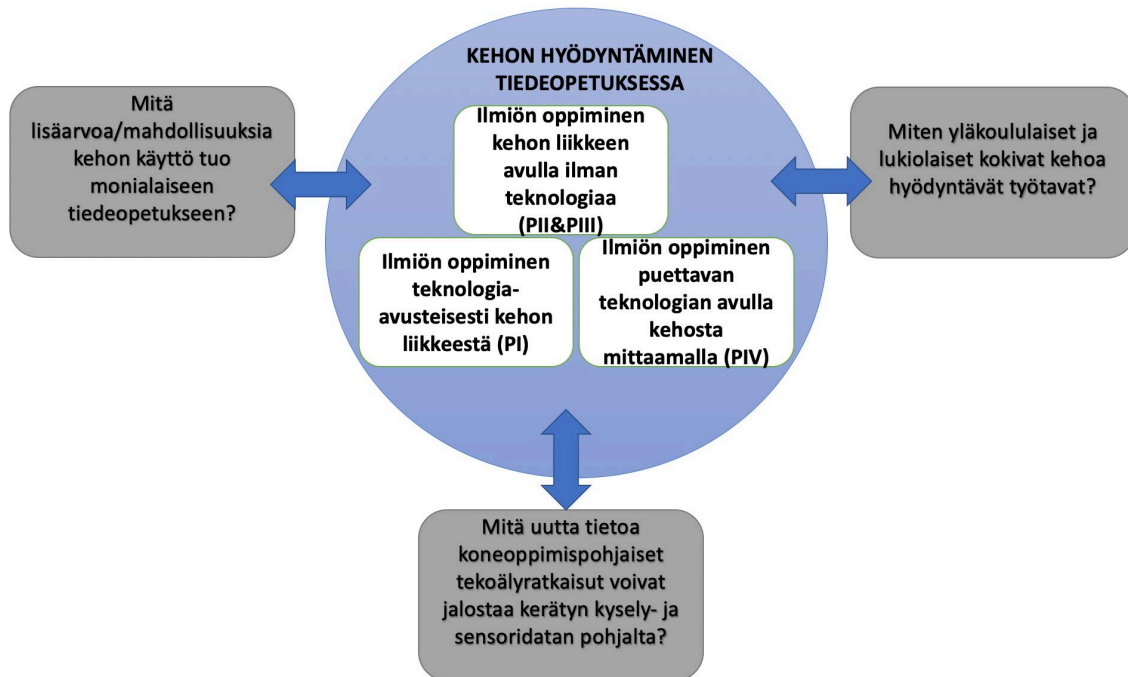
Kolmessa ensimmäisessä osatutkimuksessa PI-PIII kehon tuottama liike on oppilaan kehon liikuttamista paikasta A paikkaan B (Lehto ym. 2003), oppilaan kehon pyörimisliikettä tai tasapainoasentoja. Neljännessä osatutkimuksessa PIV kehon hyödyntäminen tarkoittaa erilaisten fysiologisten suureiden mittaamista kehosta ja kehon liikkeestä erilaisilla mittausvälineillä. Kaikissa osatutkimuksissa kehoa hyödynnetään varsinaisen oppimistavoitteen saavuttamiseksi. Kehon hyödyntämisen tavoitteena on synnyttää abstraktin käsitteen konkretisoiva kehollinen oppimiskokemus, jota reflektoidaan ilmiön oppimisessa (Kolb 2014).

Tutkimuksen eri opetuskokeilut (PI-PIV) sisälsivät kehon käytön lisäksi teknologian ja luokkahuoneiden ulkopuolisten oppimisympäristöjen hyödyntämistä opetuksessa. Tutkimuksen tutkittava ilmiö on kehon käyttö ja konteksti, jossa kehon hyödyntäminen tapahtuu, on monialainen tiedeopetus. Monialainen tiedeopetus määritellään tässä työssä opetussuunnitelmien mukaiseksi eheyttäväksi toiminnaksi, jossa tarkastellaan todellisen maailman ilmiöitä oppiainerajat ylittävinä kokonaisuuksina (POPS 2014; LOPS 2015). Kolmessa ensimmäisessä osatutkimuksessa integroitavat oppiaineet olivat fysiikka ja liikunta, neljännessä osatutkimuksessa fysiikka, liikunta, terveystieteet, biologia ja psykologia. Monialaisen tiedeopetuksen konteksti sisältää myös uuden teknologian ja luokkahuoneen ulkopuolisten oppimisympäristöjen hyödyntämistä. Myöhemmin tulosten yhteenvedossa ja kehoa hyödyntävän oppimisen mallin yhteydessä käytetään käsitettä kehollinen työtapa, joka määritellään tässä työssä opetuksen toteuttamistavaksi, joka hyödyntää kehoa, luokkahuoneen ulkopuolisia oppimisympäristöjä ja yhteistoiminnallisuutta (Vuorinen 2011).

Luonnontieteissä kokeellisuus, käsillä tekeminen, toiminnallisuus ja tutkiva oppiminen ovat olleet luonnollinen ja itsestään selvä osa opetusta Galilein ajoista lähtien (Meisalo & Lavonen 1994). Perinteisessä luonnontieteiden kokeellisessa työskentelyssä kehon hyödyntäminen on tarkoittanut kuitenkin pääosin käsillä tekemistä istuen pulpetin ääressä ja tutkittavana kappaleena on joku esine, esimerkiksi pallo tai vaunu (Lehto ym. 2003). Tässä tutkimuksessa tutkitaan kokonaisvaltaisempaa kehon hyödyntämisestä tiedeopetuksessa ja tutkittavana objektina on oma keho ja opetuksen lähtökohtana kehollinen kokemus (Anttila 2013). Esimerkiksi, jos opiskeltava ilmiö on kitka, perinteissä luokkahuonetyössä vedetään käsin vaunua kitka-alustalla pulpetilla istuen. Tämän tutkimuksen työtavoissa ilmiö koetaan kokonaisvaltaisemmin omalla keholla tuotetusta liikkeestä esimerkiksi liukumalla villasukilla liukkaalla lattialla. Kehon kokonaisvaltaisemmasta hyödyntämisestä on tehty kansainvälisiä tutkimuksia ja ne tukevat ajatusta siitä, että kokonaisvaltaisemmalla kehon käytöllä on mahdollisuus vahvistaa luonnontieteiden käsitteiden oppimista (mm. Kontra ym. 2015; Faber 2011; Richards 2019; Hayes & Kraemerin 2017, Singh 2010; Scherr ym. 2013; Jaeger 2016; Alibali & Nathan 2012) ja vaikuttaa positiivisen oppimiskokemuksen syntymiseen luonnontieteiden opetuksessa (mm. Whitworth ym. 2014; Mylott ym. 2014; Anderson & Wall 2016; Cai ym. 2017; Lindgren ym. 2016). Suomessa kehon hyödyntämistä ei ole vielä tutkittu yläkoulun ja lukion luonnontieteiden opetuksessa, joten tutkimusalueella on selkeä tutkimusaukko suomalaisen koulujärjestelmän sisällä.

1.3 Tutkimuskysymykset

Seuraavalla sivulla oleva kuvio 1 luo kokonaiskuvan tutkimuksesta ja päätutkimuskysymyksistä.



KUVIO 1 Tutkimuksen päätutkimuskysymykset

Tutkimus on artikkeliväitöskirja ja koostuu neljästä osatutkimuksesta PI-PIV (P=research paper). Kehon hyödyntäminen luonnontieteiden opetuksessa on tutkimuksen keskiössä (sininen ympyrä) ja kehon käytön mahdollisuuksia tutkitaan neljässä osatutkimuksessa (PI-PIV) kolmesta eri näkökulmasta. Ensimmäisessä osatutkimuksessa (PI) kehon liikettä hyödynnetään opiskellessa fysiikan mekaniikan ilmiöitä teknologia-avusteisesti luokkahuoneen ulkopuolella. Kehon liikkeen tuottamaa dataa kerättiin, analysoitiin ja mallinnettiin iPadeilla sekä niihin soveltuvilla sovelluksilla ja mittausantureilla. Toisessa (PII) ja kolmannessa (PIII) osatutkimuksessa fysiikan mekaniikan ilmiöitä opittiin kehollisen kokemuksen avulla. Neljännessä osatutkimuksessa (PIV) ilmiön oppiminen tapahtui mittaamalla kehon tuottamaa dataa puettavalla teknologialla ja analysoimalla dataa. Kaikissa osatutkimuksissa yhteistä oli kehon hyödyntäminen ilmiön oppimisessa, oppilaiden oppimiskokemusten analysointi sekä koneoppimiseen pohjautuvien analysointimenetelmien soveltaminen tutkimusdatan, oppilaille tehdyn kyselyn, analysoimisessa. Kolmannessa osatutkimuksessa kysyttiin myös opettajien kokemuksia kehon hyödyntämisestä opetuksessa sekä heidän havaintojaan oppilaiden työskentelystä työpajan aikana. Osatutkimusten toteutusta on kuvattu tarkemmin luvussa 3.1. Osatutkimusten (PI-PIV) avulla pyritään vastaamaan seuraaviin päätutkimuskysymyksiin:

Q1. Mitä lisäarvoa/mahdollisuuksia kehoa hyödyntävät työtavat tuovat monialaiseen tiedeopetukseen?

Q2. Miten yläkoululaiset ja lukiolaiset kokevat kehoa hyödyntävät työtavat?

Q3. Mitä uutta tietoa koneoppimispohjaiset tekoälyratkaisut voivat jallostaa kerätyn kysely- ja sensoridatan pohjalta?

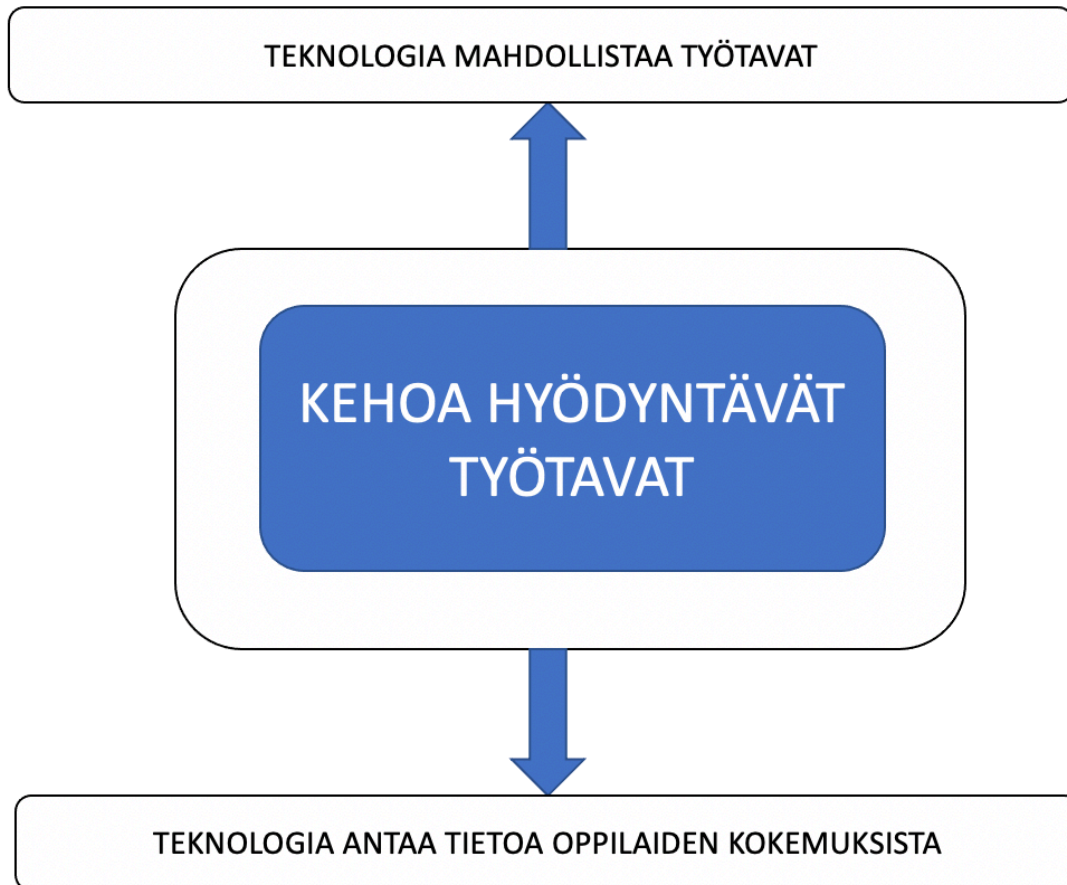
Osatutkimukset sisälsivät lisäksi 16 alatutkimuskysymystä. Taulukossa 1 esitellään tutkimusartikkelien artikkelikohtaiset tutkimuskysymykset (alatutkimuskysymykset). Numeroitujen alatutkimuskysymyksen perässä oleva koodi selittää, mihin kolmesta päätutkimuskysymyksestä Q1, Q2 tai Q3 (Q=main research question) kysymys vastaa. Tutkimukseen osallistui 611 yläkoulun ja lukion oppilasta (13 - 17 v). Tutkimuksessa käytetään yläkoululaisista termiä 'oppilas' ja lukiolaisista termiä 'opiskelija'. Välillä työssä viitataan koko joukkoon (n = 611), jolloin käytetään termiä 'oppilaat'. Osatutkimusten, osallistujien, tutkimusaineiston ja analysointimenetelmien tarkempi kuvaus on luvussa 3.

TAULUKKO 1 Tutkimusartikkelien artikkelikohtaiset tutkimuskysymykset (alatu-
muskysymykset).

| Osatut- kimus | Tutkimuskysymykset (numero viittaa, mihin päätutkimuskysymyksistä Q ky- symys liittyy) |
|------------------|---|
| PI | <p>1.Miten opiskelijat kokevat kehon liikettä ja iPadejä hyödyntävien opetusmenetelmien käytön fysiikan kurssilla? (Q1, Q2)</p> <p>2.Vaikuttaako kehon hyödyntäminen oppimistuloksiin? (Q1)</p> <p>3. Mitä uutta tietoa ohjaamattoman koneoppimisen avulla voidaan jalostaa opiskelijoiden vastausten perusteella? (Q3)</p> |
| PII | <p>1. Mitä lisäarvoa kehollinen oppiminen tuo fysiikan opiskeluun ja miten oppilaat kokivat oppimisen liikunnan avulla? (Q1, Q2)</p> <p>2. Oliko fysiikkaan oppiaineena negatiivisesti ja positiivisesti suhtautuvien oppilaiden välillä eroa työpajan ja sen opetusmenetelmien kokemisessa? (Q1, Q2)</p> <p>3. Mitä uutta tietoa ryhmästä ohjaamaton koneoppiminen voi luoda oppilaskes- selyn perusteella? (Q3)</p> |
| PIII | <p>1.Miten oppilaat kokevat ”Fysiikkaa liikkuen”-työpajan ja erilaiset opetusmenetelmät? (Q1, Q2)</p> <p>2. Ovatko oppilaiden kokemukset/asenteet työpajaan muuttuneet kolmen vuoden aikana? (Q1, Q2)</p> <p>3. Onko toiminnallisten työtapojen käyttö lisääntynyt koulussa fysiikan ja kemian opetuksessa kolmen vuoden aikana?</p> <p>4.. Onko tytöillä ja pojilla eroa työpajan kokemisessa? (Q1, Q2)</p> <p>5. Onko fysiikan arvosanalla vaikutusta kehollisten työtapojen kokemiseen? (Q1, Q2)</p> <p>6. Minkälaisia erilaisia oppilasprofiileja oppilaiden joukosta voidaan tunnistaa? (Q3)</p> <p>7. Miten työpajaan valvojan roolissa osallistuneet aineenopettajat ovat kokeneet opetuksen liikunnallistamisen työssään ja miten he arvioivat oppilaiden työskentelyä työpajassa? (Q1)</p> |
| PIV | <p>1. Onko mahdollista ennustaa koulumenestystä digitaalisen hyvinvointidatan perusteella? (Q3)</p> <p>2. Miten oppilaat kokevat sensoripohjaisen oppimisen? (Q1, Q2)</p> <p>3. Miten kerätään digitaalista hyvinvointidataa suurelta oppilasjoukolta? (Q3)</p> |

1.4 Teknologian rooli tutkimuksessa

Vaikka tutkimuksen tutkittava ilmiö on kehon hyödyntäminen tiedeopetuksessa, on teknologialla kuitenkin työssä tärkeä kaksoisrooli, joka ilmenee alla olevasta kuvioista 2.



KUVIO 2 Teknologian rooli tutkimuksessa

Ensinnäkin teknologia mahdollistaa uusien kehoa hyödyntävien työtapojen toteuttamisen opetustilanteissa. Langattomien mobiililaitteiden ja sensoreiden käyttö mahdollistaa opetuksen siirtämisen luokkahuoneiden ulkopuolelle, jossa oppiminen tapahtuu luonnollisesti autenttisessa oppimisympäristössä (van't Hooft 2013; Wong 2012), jolloin oppimateriaalit, tieto ja työkalut ovat aina oppilaan mukana (Liu ym. 2012). Kun oppiminen tapahtuu aidossa kontekstissa ja tilanteissa, se voi lisätä oppilaiden kiinnostusta ilmiön opiskeluun (Zimmermanin & Howard 2013; Hess & Gunter 2013). Tässä työssä ensimmäisessä (PI) ja neljännessä (PIV) osatutkimuksessa opetus voitiin siirtää luokkahuoneen ulkopuolelle autenttiseen oppimisympäristöön, jossa datan keruu tapahtui omasta kehosta tai kehon liikkeestä teknologian avulla. Perinteisten tietokoneavusteisten mittausjärjestelmien suuri koko ja rajoitettu liikkuvuus on ollut merkittävä haaste tiedeopetuksen kehittämisessä. Uuden teknologian avulla mittausdata ja kurssimateriaalit voidaan siirtää sähköiseen muotoon ja jakaa helposti oppilaille

(Hesser & Schwartz 2012). Teknologian avulla voidaan myös edistää yhteistoiminnallista oppimista (Lan ym. 2007; Zimmermanin & Howard 2013; Hess & Gunter 2013). Ensimmäisessä (PI) ja neljännessä (PIV) osatutkimuksessa kehon tuottamia mittaustuloksia jaettiin, analysoitiin ja pohdittiin myös ryhmissä, joten teknologia mahdollisti myös yhteistoiminnallisen oppimisen oppimisprosessissa (Dillenbourg 1999).

Toiseksi teknologiaa hyödynnettiin tutkittaessa oppilaiden kokemuksia työtavoista koneoppimisen avulla. Tekoäly on laaja käsite ja siihen liittyvien käsitteiden eroja ja tässä tutkimuksessa käytettyjä koneoppimisen menetelmiä esitellään tarkemmin luvussa 3.3. Tässä tutkimuksessa tekoälyllä viitataan koneoppimiseen, joka on läheisesti tiedonlouhintaan liittyvä käsite, jossa kone itsenäisesti oppii sille annetusta datasta (Merilehto 2018). Tässä työssä jalostettiin ohjaamattoman koneoppimisen avulla uutta tietoa kyselydatasta, kun kone luokiteli itsenäisesti oppilaiden kokemuksia ja muodosti heistä erilaisia vastaajaprofiileja oppilaiden oppimiskokemusten perusteella.

2 TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Osatutkimusten (PI-PIV) johdantokappaleet ovat varsin lyhyitä, joten työn teoreettinen viitekehys täydentää niissä esille tuotuja aikaisempia tutkimuksia keuhollisuuden, tunteiden, motivaation ja stressin vaikutuksista oppimiseen ja oppimiskokemukseen. Ensin luodaan katsaus siihen, miten liikettä ja kehoa ollaan hyödynnetty aikaisemmissa, erityisesti luonnontieteiden oppimiseen liittyvissä tutkimuksissa. Seuraavaksi määritellään kokemukseen liittyvät käsitteet ja esitellään Kolbin kokemuksellisen oppimisen malli, jota on hyödynnetty osatutkimusten (PI-PIV) työtapojen suunnittelussa ja toteutuksessa. Luvun lopuksi selvitetään kirjallisuuskatsauksen avulla, miten tunteet, motivaatio, stressi ja tarkkaavaisuus vaikuttavat syntyvään oppimiskokemukseen ja mitkä tekijät/ärsykkeet oppimistilanteessa mahdollisesti vaikuttavat niiden syntymiseen.

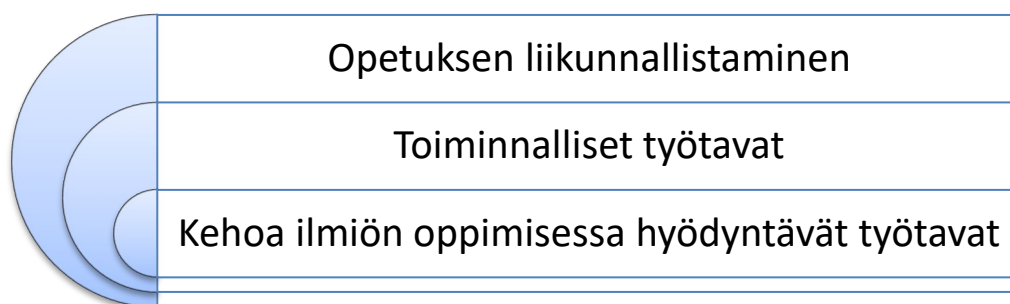
2.1 Opetuksen liikunnallistaminen

Länsimaisessa koulujärjestelmässä vaikutti pitkään käsitys, jossa oppimista pidettiin pelkästään kognitiivisena ja sosiaalisena tapahtumana ja kehoa puolestaan pidetään joko itsestään selvänä tai oppimisen kannalta merkityksettömänä elementtinä (Anttila 2013). Anttilan (2013) mukaan yhteyttä henkisen ja ruumiillisen toiminnan välillä ei hyödynnetä vieläkaan riittävästi opetuksessa, vaikka useiden tutkimusten valossa tiedetäänkin, että kehon käytöllä on selvä yhteys aivojen kognitiiviseen toimintaan, tunne-elämään sekä ihmisen psyykkiseen että fyysiseen hyvinvointiin (Nummenmaa ym. 2018; Anttila 2005, 2013; Sheets-Johnstone 2009; Kontra ym. 2015). Hannafordin (1995) mukaan keholla on olennainen osa kaikessa älyllisessä toiminnassa, myös oppimisessa. Nykyään tiedetään, että kehon käyttö oppimistilanteessa vaikuttaa tunteisiin ja kognitiivisiin prosesseihin ja sillä voidaan syventää oppimista ja vaikuttaa oppimiskokemukseen (Anttila 2013; Merrell 2003; Anderson & Wall 2016; Kontra ym. 2015).

Voimassa olevat opetussuunnitelmat suosittelevat, että myös yläkoulussa ja lukiossakin käytettäisiin eri oppimisstrategioita huomioivia monipuolisia ja

vaihtelevia opetusmenetelmiä (LOPS 2015; POPS 2014). Reiffin (1992) mukaan yksipuoliset opettajajohtoiset opetusmenetelmät suosivat niitä oppilaita, jotka pystyvät hyödyntämään tehokkaammin auditiivista ja visuaalista aistikanavaa oppimisessa ja toiminnallisista työtavoista hyötyvät kinesteettiset oppilaat ovat vaarassa tulla tyrmätyiksi ja oppimiseen vaadittavat oppimiskokemukset jäävät syntymättä. Tämä voi johtaa pahimmillaan oppimisvaikeuksiin (Gage 1995; Leitolta 2001; Rule ym. 2006). Usealla oppijalla kinesteettinen ja taktillinen modali-teetti säilyy oppimista tukevana elementtinä myös myöhemmällä iällä ja tämä pitäisi huomioida myös opetuksen suunnittelussa (Prashnig 2003). Liikkeen hyödyntäminen oppimisessa ankkuroi tiedon pysyvämmiin muistiin ja sen käyttö oppimisen tukena voi auttaa kaikenikäisiä oppijoita (Hannaford 1995).

Liikkuva koulu ja Liikkuva opiskelu -ohjelmilla on tavoitteena lisätä oppilaiden koulupäivänaikaista liikettä esimerkiksi tauttamalla istumista, lisäämällä taukojumppia oppitunneille ja tukemalla oppimista toiminnallisilla työtavoilla ja laajentamalla oppimisympäristöjä luokkahuoneen ulkopuolelle (Aira & Kämppi 2017). Liikettä voi hyödyntää opetuksessa monella tasolla, mikä käy ilmi alla olevasta kuvioista 3.



KUVIO 3 Liikkeen hyödyntämisen eri tasot opetuksessa (Moilanen & Salakka 2016)

Tässä työssä määritellään opetuksen liikunnallistaminen yläkäsitteenä, mikä sisältää joukon liikunnallisia ja toiminnallisia työtapoja ja opetusmenetelmiä, joissa oppilaan kehon liikettä ja liikuntaa käytetään hyväksi oppimisessa tai oppimisen edistämässä. Esimerkiksi erilaiset oppitunnin aikaiset taukojummat ja oppituntia edeltävä liikunta kuuluvat opetuksen liikunnallistamiseen. Tällöin tavoitteena voi olla esimerkiksi vireystilan aktivointi ja istumisen tauottaminen. (Moilanen & Salakka 2016.) Lukuisista neurotieteiden tutkimuksista tiedetään, että fyysinen aktiivisuus voi vaikuttaa positiivisesti kognitioon ja se voi virittää aivoja oppimisen kannalta suotuisampaan tilaan (Breher ym. 2013; Drollette ym. 2014; Erickson ym. 2011; Hillman ym. 2009; Raichlen & Alexander 2017; Colcombe ym. 2004; Donnelly ym. 2016; Watson ym. 2017; McMorris ym. 2008; Hötting & Röder 2013; van Praag 2009; Tsujii ym. 2013; Nokia ym. 2016; Köhncke ym. 2018). On havaittu, että liikkuminen ennen oppituntia tai oppitunnin aikana edistää tarkkaavaisuutta ja toiminnanohjausta, mikä puolestaan edistää oppimista (Donnelly ym. 2016; Watson ym. 2017; Drollette ym. 2014). Opetukseen liikunnallistaminen tarjoaa myös mahdollisuuksia sosiaalisten taitojen, vuorovaikutuksen ja

oppilaan itsetunnon kehittymiseen, mitkä saattavat osaltaan selittää liikunnan positiivisia vaikutuksia oppimiseen (Kantomaa ym. 2013).

Toiminnallisissa työtavoissa oppilaan aktiivinen toiminta on oppimisprosessin keskiössä ja se käsittää laajan joukon erilaisia työtapoja, joiden tavoitteena on edistää oppimista (Ahearn 2001; Lier 2007; Zahoor-ul-Haq ym. 2015; Graczyk ym. 2000; Sahlberg & Leppilampi 1994). Toiminnalliseen pedagogiikkaan voi sisältyä moniaistisuus, kokemuksellisuus, lisääntynyt oppilaiden välinen vuorovaikutus, fyysinen aktiivisuus sekä ajatustyöskentelyn aktivoituminen (Graczyk ym. 2000; Sahlberg & Leppilampi 1994; Cleveland 2011; Tynjälä 1999; Tynjälä 2004; Finkbeiner 2000). Tässä työssä toiminnalliset työtavat käsitetään Jaakkolan ym. (2013) määritelmän mukaisesti joukoksi erilaisia työtapoja, joissa oppimiseen integroituu kehon fyysinen aktiivisuus tai liike. Toiminnallisessa oppimistilanteessa oppija voi hyödyntää havaintoja tehdessään audittiivista, visuaalista tai kinesteettistä/taktillista oppimisen kanavaa omien mieltymystensä mukaan ja informaation vastaanottaminen tapahtuu toiminnan yhteydessä (Fleming & Baume 2006; Dunn ym. 2009; Lier 2007). Toiminnallisessa oppimisessä on mahdollista huomioida kaikenlaiset oppijat ja heidän oppimisen tapansa. Erityisesti ne oppijat, joiden on vaikeaa näyttää osaamistaan perinteisillä tavoilla, voivat hyötyä erityisesti toiminnallisista työtavoista ja saada onnistumisen kokemuksia toiminnallisessa työskentelyssä. Onnistumisen kokemukset ovat tärkeitä, sillä ne lisäävät minä-pystyvyyden tunnetta ja niiden avulla oppimisen ilo ja motivaatio kasvaa. (Leskinen ym. 2016.) Lengelin ja Kuczalan (2010) mukaan liikkeen hyödyntäminen opetuksessa edistää uuden oppimista, sillä se ensinnäkin valmistele aivoja vastaanottavaisemmiksi ja toisaalta se antaa aivoille taukoa, jolloin tiedon tallentamiseen osallistuva hippokampus saa aikaa prosessoida havaittua informaatiota. Näiden lisäksi toiminnalliset työtavat voivat luoda luokkaan stressitöntä ilmapiiriä, joka parantaa luokan koheesiota ja auttaa kertamaan oppittua uudesta näkökulmasta (Lengel & Kuczala 2010.)

Toiminnallisissa työtavoissa liike voi olla myös opiskeltavan ilmiön kannalta merkityksetöntä, kuten opetuskävely koulun pihalla tai monivalintakysymyksiin vastaaminen kehon liikkeen avulla. Yhteistä näille työtavoille on, että liike ja opiskelu tapahtuvat samanaikaisesti. (Moilanen & Salakka 2016.) Jopa opetettavan ilmiön kannalta merkityksettömän liikkeen, kuten seisomisen (Mehta ym. 2015), purukumin syömisen (Morgan ym. 2014) tai käden puristamisen nyrkkiin (Propper ym. 2013) on havaittu vaikuttavan positiivisesti opeteltavan asiasisällön muistiin tallentumiseen. Myös kehollisen toiminnon intensiteetillä ja kokonaisvaltaisuudella on havaittu olevan vaikutusta oppimiseen ja muistiintallentumiseen (Skulmowski & Ray 2017; Alban & Kelley 2013; Johnson-Glenberg ym. 2016).

Tämän työn kehoa ilmiön oppimisessa hyödyntävät työtavat kuuluvat toiminnallisten työtapojen ryhmään. Näissä työtavoissa liike on kuitenkin ilmiön oppimisen kannalta tarkoituksenmukaista ja kehon käytön tavoitteena on synnyttää abstraktin käsitteen konkretisoiva kehollinen oppimiskokemus, jota reflektoidaan ilmiön oppimisessa (Kolb 2014). Oppimistilanteessa voi syntyä entistä

pysyvämpiä muistijälkiä, kun sekä eri aistit että keho osallistuvat oppimisprosessiin (Kontra ym. 2015; Abrahamson ym. 2014) ja kehon hyödyntäminen voi tukea abstraktia ajattelua (Lakoff & Johnson 1980; Hayes & Kraemer 2017; Burke 2009; Moore & Linder 2012). Kun esimerkiksi mallintaa kolmiulotteisen kappaleen pyörimistä käsillä, vapautuu aivojen kognitiivista kapasiteettia enemmän itse ongelman ratkaisuun (Sweller 1988, Goldin-Meadow ym. 2001). Paulsonin (2012) mukaan kehon liike aktivoi monipuolisesti oppilaan aivoja ja keholliseen oppimisprosessiin liittyvät tunteet auttavat oppilaita oppimaan.

2.2 Kehon hyödyntäminen aikaisemmissa luonnontieteiden oppimisen tutkimuksissa

Perinteisesti luonnontieteiden kokeellisessa työskentelyssä käytetään käsiä toimittaessa mittauslaitteiden ja tutkittavien kohteiden kanssa. Seuraavassa esitellään lyhyesti muutamia aikaisempia luonnontieteiden oppimiseen liittyviä tutkimuksia, joissa kehoa on hyödynnetty kokonaisvaltaisemmin ilmiön oppimisessa. Tutkimukset voidaan jakaa kolmeen kategoriaan kuvion 1 (s. 23) jaottelun mukaisesti: ensinnäkin tutkimuksiin, joissa luonnontieteiden ilmiöitä opitaan kehon liikettä hyödyntäen ilman teknologiaa. Toiseksi tutkimuksiin, joissa ilmiön oppiminen tapahtuu teknologia-avusteisesti kehon liikettä hyödyntäen ja kolmenneksi tutkimuksiin, joissa ilmiön oppiminen tapahtuu teknologia-avusteisesti kehosta mitatun datan avulla.

1) Tutkimukset, joissa luonnontieteiden ilmiöitä opitaan kehon liikettä hyödyntäen ilman teknologiaa

Fysiikan opetuksessa kehon hyödyntämisen on havaittu auttavan käsitteen tai ilmiön ymmärtämisessä ja muistiin tallentumisessa useassa tutkimuksessa. Kontra ym. (2015) tutkivat, miten kehollinen kokemus vaikutti oppimiseen opiskeltaessa kulmasuureita. Interventoryhmä koki esimerkiksi vanteen pyörimiseen liittyvän liikemäärämomentin kehollisesti ja kontrolliryhmä katseli, kun toiset suorittivat kokeen. Lyhyt altistuminen voimille vaikutti interventoryhmän oppimiseen siten, että he saivat noin 10 prosenttia parempia pisteitä ilmiön ymmärtämistä mitanneessa testissä kontrolliryhmään verrattuna. Lisäksi aivokuvantamisessa havaittiin, että sensomotoristen aivoalueiden aktivoituminen ennustaa opittavan fysiikan ilmiön ymmärtämistä ja tukee opiskelijoiden päättelyn kehittymistä. Faber (2011) havaitsi tutkimuksissaan, että kehollista opetusmenetelmää fysiikan ilmiöiden oppimiseen (mm. liike, painovoima, ilmanvastus) käyttänyt ryhmä muisti opitun asian paremmin 30 päivän kuluttua verrokkiryhmään verrattuna. Myös Coletta ym. (2019) tekivät Newtonin lakeihin liittyviä opetuskokeiluja, joissa oppilaat istuivat rullien päällä ja kokivat itse kehossaan tasaisen ja kiihtyvän liikkeen erot ja ilmiöön vaikuttavat voimat. Oppilaat pitivät kehollista työtapaa nautinnollisena ja kehon hyödyntäminen vaikutti positiivisesti myös oppimistuloksiin. Erityisesti ne oppilaat, joille fysiikan oppiminen on

vaikeaa perinteisin menetelmin, hyötyivät kehollisesta kokemuksesta käsitteen oppimisessa.

Fysiikkaa opiskeltaessa moni uusi käsite saattaa olla aistein havaitsematon abstrakti ja kokoluokaltaan mikromaailman ilmiö, jonka ymmärtäminen voi olla kognitiivisesti haastavaa (Richards 2019). Hayes ja Kraemerin (2017) mukaan kehon käyttö voi auttaa esimerkiksi luonnontieteiden abstraktien käsitteiden konkretisoitumisessa. Muutamassa tutkimuksessa ja opetuskokeilussa on käytetty roolileikkiä käsitteen ymmärtämisen apuna. Ne perustuvat siihen, että fysiikan abstrakteja ilmiöitä tai käsitteitä mallinnetaan tai näytellään kehon avulla. Esimerkiksi Singh (2010) opetti virtapiirien toimintaa siten, että oppilaat liikkuvat tilassa virtapiirin elektroneina, mikä auttoi konkretisoimaan mikromaailman ilmiötä ja selventämään sähköopin käsitteitä. Oppilaat kokivat uuden tavan oppia fysiikkaa hauskaksi. Richards (2019) opetti aineen olomuotoja, aaltoliikkeen ominaisuuksia ja vektoreiden summautumista roolileikin avulla. Hänen mukaansa kehon hyödyntämiseen perustuvat roolileikit toimivat virkistävinä ”piristysruiskeina” oppitunnilla ja samalla tukevat oppilaiden oppimista ja käsitteen ymmärtämistä. Myös Ruizin (2017) mukaan roolileikit tarjoavat oppilaiden kokemuksen mukaan hauskan tavan lisätä ymmärrystä aalto-opin käsitteistä. Hän muodosti oppilaista tanssivia seisovia aaltoja, jotka olivat joko päistään suljettuja tai avoimia. Richards ja Etkina (2013) konkretisoivat mikroskooppisten rakenneosasten (elektronit, fotonit, ionit) toimintaa aurinkokennoissa roolileikin avulla, joka loi yhteyden makroskooppisen ja mikroskooppisen mallin välille. Tutkijoiden mukaan kehollinen roolileikki haastaa oppilaat ajattelemaan ilmiötä uudesta näkökulmasta ja kehoa hyödyntävät työtavat toimivat fysiikan opettamisessa hyödyllisinä pedagogisina työkaluina. Scherr ym. (2013) mallinsivat energian muunnoksia energiamuodosta toiseen ”energiateatterin” keinoin, jossa oppilaat liikkuvat tilassa energian muunnosten mukaan. Kehollisen toiminnan jälkeen oppilaan kuvailivat sanallisesti ja kaavioiden avulla energiateatterissa mallinnettuja energian muunnoksia. Tutkijoiden mukaan työtapo lisäsi sitoutumista ja osallistumista oppimisprosessiin ja edisti energiansiirtoon liittyvien mekanismien oppimista. Morrow (2000) havaitsi, että kehon liikkeiden (pyöriminen, kallistuminen, ympyräliike) avulla voidaan lisätä ymmärrystä, miten taivaankappaleiden keskinäiset liikkeet vaikuttavat vuodenaikoihin sekä yön ja päivän vaihteluun. Maantieteissäkin kehoa on hyödynnetty muun muassa tukemaan oppilaiden avaruudellista hahmottamista ja ymmärrystä kolmiulotteisten topograafisten karttojen eri alueiden välisistä suhteista (Atit ym. 2016). Jaegerin ym. (2016) tutkimuksessa opiskeltiin maanjärjestyksiin liittyviä ilmiöitä muun muassa simuloimalla järjestyksen voimakkuutta kehollisesti. Kontrolliryhmä suoritti samat aktiviteetit ilman kehollista toimintaa. Tutkimuksen mukaan kehollisuus vaikutti positiivisesti oppimistuloksiin.

Kemian opetuksessa kehollisuutta on hyödynnetty teorian ymmärtämisen apuvälineenä esimerkiksi mallintamalla kolmiulotteisia molekyyliä kehon avulla (Becvar ym. 2005). Burke (2009) integroi tanssia kemian opetukseen ja oppilaiden mukaan tanssi auttoi heitä palauttamaan kemiallisia reaktioita mieleen koetilanteessa.

Myös matematiikan abstraktit käsitteet voivat konkretisoitua kehon käytön avulla. Mooren ja Linderin (2012) tutkimuksessa kehon käyttö syvensi opiskelijoiden geometrian käsitteiden ymmärrystä. Kehon hyödyntämisestä on saatu positiivisia tutkimustuloksia algebran (Cook ym. 2008) ja symmetrian oppimisessa (Valenzeno ym. 2003). Esimerkiksi kehoa algebran oppimisessa hyödyntäneet oppilaat muistivat oppimansa asiat pidempään kuin ei-kehollinen verrokki-ryhmä (Cook ym. 2008).

Tämän työn osatutkimukset PII ja PIII sijoittuvat tähän kategoriaan. Uu-tuusarvo osatutkimuksissa PII ja PIII verrattuna esiteltyihin kansainvälisiin tutkimusartikkeleihin on huomattavasti suurempi otanta, koneoppimiseen perustuvat datananalysointimenetelmät ja eri tekijöiden (sukupuoli, koulumenestys, suhtautuminen) vaikutus oppimiskokemukseen. Myös kehitetyt työtavat ovat uusia.

2) Tutkimukset, joissa ilmiön oppiminen tapahtuu teknologia-avusteisesti kehon liikettä hyödyntäen

Muutamien fysiikan oppimiseen liittyvien tutkimusten tulokset osoittavat, että videopohjainen liikeanalyysi voi lisätä opiskelijoiden motivaatiota ja konkretisoi abstraktia käsitettä tuomalla ilmiön osaksi oppilaiden arkista kokemusmaailmaa (Gröber ym.2014; Ramos ym. 2014; Lohr 2015): Lisäksi videopohjainen liikeanalyysi parantaa mittaustarkkuutta ja mahdollistaa liikkuvamman opiskelun (Ramos ym. 2014) sekä tukee myös oppilaiden ymmärrystä tieteellisistä käsitteistä (Gröber ym.2014; Bonato ym.2017; Ferrer-Roca 2018; Lohr 2015).

Luonnontieteiden opetuksen alalta löytyy useita tutkimuksia, joissa oppiminen kehon liikkeestä tapahtuu teknologiaa hyödyntävissä oppimisympäristöissä. Abrahamson ja Lindgren (2014) tutkivat, miten teknologia-avusteinen kehollinen oppiminen vaikuttaa yläkouluikäisten asteroidien liikkeeseen liittyvien fysiikan lakien oppimiseen. He käyttivät interaktiivista MR-simulaatiota, jossa laser- ja lattiaprojisoinnin avulla oppilaat pääsivät kiinnittämään itsensä digitaaliseen asteroidiin ja ohjaamaan oman kehon liikkeellä asteroidia. Kokeessa opittiin taivaankappaleiden liikkeisiin vaikuttavia fysiikan lakeja, kuten massaa ja gravitaatiokiihtyvyyttä. Verrokki-ryhmä opiskeli asiat ilman kehollista kokemusta simulaation avulla. Kehollinen ryhmä sai ensimmäisessä osatutkimuksessa 76 prosenttia ja toisessa osatutkimuksessa 51 prosenttia korkeampia testituloksia ei-keholliseen ryhmään verrattuna. Toisessa taivaankappaleiden liikkeisiin liittyvässä opetuskokeilussa interaktiivisen kosketusnäytön ja kehon liikkeen yhdistäminen Keplerin lakien opiskelussa lisäsi oppilaiden välistä kyselevää keskustelua ja sitoutti heitä syvemmin oppimisprosessiin (Gregorcic 2015).

Johnson-Glenberg ym. (2016) tutkivat kehollisen oppimisen vaikutuksia oppimistuloksiin opiskeltaessa keskihakuvoima-ilmiötä teknologia-avusteisissa oppimisympäristöissä. Opiskelijat tekivät kolme koetta, jossa molemmilla ryhmillä liikettä käytettiin oppimisessa tukena. Ensimmäisellä ryhmällä liike oli kokonaisvaltaista koko kehoa hyödyntävää liikkumista sekoitettua todellisuutta (*mixed-reality*) hyödyntävässä oppimisympäristössä. Toisella ryhmällä kehollis-

nen aktiviteetti oli nappien painelua eli aktiviteetin kokonaisvaltaisuus ja intensiteetti oli matalammalla tasolla. Liikkeen kokonaisvaltaisuuden ja intensiteetin aste vaikutti oppimistuloksiin: opiskelijoiden oppiminen oli huomattavasti parempaa kaikissa kokeissa kokonaisvaltaisesti kehoa käyttäneillä. Lisäksi nämä opiskelijat muistivat asian paremmin yhden viikon kuluttua oppimistilanteesta (Johnson-Glenberg ym. 2016).

Anderson ja Wall (2016) hyödynsivät oppilaiden liikettä mittaavia liikesensoreita, joiden avulla luotiin reaaliaikainen yhteys kinematiikan kuvaajien ja oppilaiden liikkeen välille. Heidän mukaansa liikesensori-teknologian ja kehon liikkeen yhdistäminen liikkeen lakien opiskelussa antaa opettajille uusia mahdollisuuksia syventää oppilaiden ymmärrystä ja lisätä kiinnostusta opiskeltavaan ilmiöön. Mylott ym. (2014) opettivat opetuskokeillaan balettianssiin liittyviä fysiikan lakeja (impulssi, painopiste, liike) tuottamalla kehon liikkeestä teknologian avulla mittausdataa, joka visualisoitui reaaliaikaisesti kuvaajiksi. Teknologian ja liikkeen yhdistäminen voi heidän mukaansa luoda uusia yhteyksiä mekaniikan lakien ymmärtämiseen hausalla ja aktivoivalla tavalla. Whitworth ym. (2014) opettivat mekaniikan ilmiöitä tuomalla opetettavat ilmiöt lähelle oppilaiden arkimaailmaa ja harrastuksia mallintamalla oppilaan liikettä (mm. rullalautailu, uimahyppy altaaseen, mahallaan liuku saippualla liukastetulla alustalla, jalkapallo) videoanalyysin avulla sekä yhdistämällä fysiikan ilmiö keholliseen kokemukseen. Oppilaiden kokemusten mukaan liikkeen ja teknologian hyödyntäminen lisäsi heidän oppimistaan ja ymmärrystään fysiikan käsitteistä ja työtavat tuntuivat oppilaista merkityksellisiltä, koska ne loivat yhteyden arki-kokemusten ja fysiikan välille hausalla ja motivoivalla tavalla.

Oppilaan kehon liikkeen ja teknologian välistä vuorovaikutusta fysiikan opetuksessa hyödynnettiin myös Cainin ym. (2017) tutkimuksessa, jossa oppilaat oppivat magnetismin kenttäviivojen syntymistä oppilaiden liikettä tunnistavien sensoreiden ja lisätyn todellisuuden avulla. Kontrolliryhmään verrattuna kehon liikettä ja teknologiaa hyödyntänyt interventioryhmä saavutti paremmat oppimistulokset ja työtapa paransi myös oppilaiden kiinnostusta ja motivaatiota ilmiön opiskeluun.

Liikettä tunnistavien näyttöjen ja oppilaiden kehon liikettä on hyödynnetty myös taivaan kappaleiden liikkeitä koskevien lakien opiskelussa. Euler ym. (2019) mukaan kehollinen kokemus voi avata oppilaan mielessä uusia näkökulmia selittäessä tutkittavaa fysiikan ilmiötä ja Gregorcicin (2015) mukaan teknologian ja liikkeen integroiminen voi edistää yhteistoiminnallista oppimista. Myös Han ja Black (2011) korostavat kehollisuuden merkitystä opiskeltaessa voimien ja liikkeen lakeja kosketusnäyttöön perustuvan teknologian avulla. Kehollisella ryhmällä havaittiin edistyneempää päättelyä ilmiön selittämisessä ja he muistivat oppisisällön paremmin ei-keholliseen ryhmään verrattuna. Johnson-Glenberg ym. (2014) tutkivat kehollisuuden ja teknologian vuorovaikutukseen perustuvan EMRELE (Embodied Mixed Reality Learning Environment)-oppimisympäristön vaikutusta kemian titrauksen ja biologian tautien leviämisen opettamisessa. Tutkijoiden mukaan oppimisympäristön mahdollistama lisääntynyt kehollisuus ja yhteistoiminnallisuus selittivät interventioryhmän paremmat oppimistulokset

kontrolliryhmään verrattuna. Enyedy ym. (2012) osoittivat tutkimuksessaan, että jopa 6-8-vuotiaiden lasten abstraktien mekaniikan käsitteiden (voima, kokonaisvoima, kitka, kaksiulotteinen liike) ymmärtäminen mahdollistuu kehollisuutta, leikkiä ja lisättyä todellisuutta yhdistävässä oppimisympäristössä. Lindgren ym. (2016) tutkivat luonnontieteiden oppimista kehon ja teknologian vuorovaikutusta hyödyntävässä MR (mixed reality) -simulaatiossa. Tutkimuksen mukaan MR-teknologia mahdollistaa kokonaisvaltaisen kehollisen vuorovaikutuksen oppimissisällön kanssa ja voi edistää fysiikan käsitteiden oppimista. Lisäksi teknologian ja kehon vuorovaikutus vaikuttaa positiivisesti oppilaiden sitoutumiseen perinteisiin työtapoihin verrattuna ja se voi muokata heidän asenteitaan positiivisemmiksi luonnontieteiden opiskelua kohtaan.

Tässä tutkimuksessa osatutkimuksessa (PI) hyödynnettiin videopohjaista liikeanalyysiä, jossa oppilaan tuottama liike mallinnettiin tablettien avulla kuvaajiksi, joita analysoitiin opittavan käsitteen näkökulmasta. Uutuusarvona kansainvälisiin tutkimusartikkeihin verrattuna on tutkimuksen kesto (6 viikkoa) ja koneoppimiseen perustuvat datan analysointimenetelmät. Opiskelijat toteuttivat työtapoja koko kurssin joka oppitunnilla ja opiskelivat useita fysiikan ilmiöitä kehon liikettä ja teknologiaa hyödyntäen.

3) Tutkimukset, joissa ilmiön oppiminen tapahtuu teknologia-avusteisesti kehosta mitatun datan avulla

Puettavaa sensortechnologiaa voidaan hyödyntää moniin eri tarkoituksiin koulussa (Schneider ym. 2015) ja viimeaikainen teknologinen kehitys helpottaa ja luo uusia mahdollisuuksia niiden hyödyntämiseen opetuskäytössä (Alvarez ym. 2016). Kerättyä hyvinvointidataa voidaan käyttää sensori-pohjaiseen oppimiseen, jossa oppiminen tapahtuu keräämällä digitaalista dataa omasta kehosta ja analysoimalla ja reflektoidulla omia mittaustuloksia. Jos opeteltava ilmiö on esimerkiksi stressi, voivat opiskelijat mitata ja analysoida omia stressitietojaan ja reflektoida, minkälaisissa tilanteissa he tuntevat päivän aikana stressiä ja mitkä tekijät voisivat edesauttaa palautumista (Kulmala & Moilanen 2017).

Sensoripohjaista oppimista on käytetty vain muutamissa tutkimuksissa, joissa sekä oppilaiden että opettajien kokemukset ovat olleet positiivisia. Lee ja Thomas (2011) käyttivät sykemittareita ja askelmittareita viidesluokkalaisten kanssa. Oppilaat tutkivat kuljettujen matkojen ja askeleiden määrän suhteen lisäksi oppilaan pituuden suhdetta askeleen pituuteen. Tämän lisäksi he havaitsivat sykkeiden vaihteluiden eroja kaksosten, lasten ja aikuisten välillä. Itse tuotetusta datasta he oppivat piirtämään kaavioita ja taulukoita ja vertaamaan eri opiskelijoiden eroja ja pohtivat syitä mittaustuloksiin. Oppimistulokset olivat koeryhmällä parempia perinteistä opetusmenetelmää käyttäneeseen kontrolliryhmään verrattuna. Finn ja Mcinnis (2014) käyttivät puettavaa teknologiaa viidennen ja kuudennen luokan oppilaiden kanssa. He havaitsivat, että fyysisen aktiivisuuden lisääminen ja mittaaminen toi oppitunnille hauskuutta ja jännittävyyttä. Tämän lisäksi oman datan käyttö kehitti oppilaiden tutkimustaitoja sekä grafiikoiden analysointia ja tulkintaa. Opetuskokeilun positiiviset vaikutukset näkyivät myös käyttäytymisessä ja keskittymisessä.

Moilanen ja Salakka (2016) käyttivät opetuskokeilussaan Polar-älykelloja lukiolaisilla fysiikan kurssilla, jossa käsiteltiin lämpöilmiöitä eli työtä, energiaa, lämpöä, tehokkuutta ja tehoa. Opiskelijat käyttivät kädessään älykelloa 24 tuntia vuorokaudessa kolmen viikon aikana. Lopuksi opiskelijat tekivät projektitehtävän, jossa hyödynnettiin älykellojen keräämää omasta kehosta mitattua dataa. Opiskelijoista 59 prosenttia vastasi kurssin jälkeen kyselyssä, että mobiililaitteiden (iPad, älykello ja mittausanturit) käyttö edisti ilmiön oppimista fysiikassa. Suurin osa kurssin opiskelijoista toivoi, että älykelloja käytettäisiin muillakin fysiikan kursseille ja että itse mitattua dataa sovellettaisiin fysiikan tehtäviin. Lisäksi useimmat opiskelijat kokivat, että älykello on hyödyllinen, koska se motivoi liikkumaan ja antaa hyödyllistä tietoa nukkumisesta, aktiivisuudesta ja terveyskäyttäytymisestä.

Tässä tutkimuksessa osatutkimuksessa PIV hyödynnettiin Firstbeatin teknologiaa (Firstbeat 2014) ja tutkimus on ensimmäinen, jossa kyseistä teknologiaa hyödynnetään hyvinvointioppimisessa koulussa. Tämän lisäksi uutuusarvo muihin tutkimuksiin verrattuna on iso otanta ja monimenetelmällisyys datan ananalysoinnissa.

2.3 Kokemus ja kokemuksellisen oppimisen malli

Osatutkimusten työtapojen suunnittelussa ja toteutuksessa on sovellettu Kolbin kokemuksellisen oppimisen mallia (2014), jossa kokemus ja sen reflektointi toimii oppimisen perustana. Hyväkään koetulos ei välttämättä takaa syvällistä oppimista ja opitun tiedon siirtymistä pitkäkestoiseen säilömuistiin (Blumenfeld & Ranganath 2007) tai oppimisen merkityksellisyyttä (Jääskelä ym. 2013). Ihminen muistaa tunneperäisiä kokemuksia pitkään (Tulving 1983). Andresenin ym. (2000) mukaan oppimistilanteeseen liittyvällä kokemuksella on suuri rooli ilmiön oppimisen ja muistamisen näkökulmasta. Kokemukset luovat mahdollisuuksia oppimiselle, mutta toisaalta kokemus ei takaa oppimista (Kolb 2014). Ennen kokemuksellisen oppimisen mallin esittelyä on syytä kuitenkin määritellä käsitteet kokemus, oppimiskokemus ja kehollinen kokemus.

Kokemusta on varsin hankala määritellä yksiselitteisesti, sillä se on tutkimuskirjallisuudessa yksi monimerkityksellisimmistä käsitteistä (Kukkola 2018) ja eri filosofian suuntaukset selittävät kokemusta eri näkökulmista (Blackburn 2005; Bunnin 2004). Harju ja Kumpulainen (2009) viittaavat käsitteellä 'kokemus' hetkelliseen elämykseen tai tunteita herättävään tapahtumaan. Näiden kokemusten avulla ihminen saa tietoa maailmasta. Toisaalta heidän mukaansa kokemuksesta voidaan puhua vasta, kun koetut tilanteet ja tunteet joutuvat reflektion kohteeksi. Elkjaerin (2009) mukaan Kolbin ja Dewey'n näkemykset kokemuksesta erosivat siinä suhteessa toisistaan, että Dewey'n 'kokemukseen' sisältyvät ilmiö, ihmiset, toiminta ja ajattelu, kun Kolb erottaa kokemuksellisen toiminnan ja ajattelun toisistaan. Tässä työssä kokemuksen ajatellaan olevan monien kognitiivisten alasysteemien synnyttämä ilmiö, joka syntyy oppilaan aivoissa erilaisten ulkoisten ärsykkeiden ja sisäisten prosessien seurauksena (Dewey 1986). Erilaiset

ulkoiset ja sisäiset ärsykkeet synnyttävät erilaisia erikestoisia tunteita, jotka muodostavat kokemuksen (Blackburn 2005; Bunnin 2004). Kokemus riippuu koki- jasta ja yksilölliset erot johtuvat perimän ja ympäristön välisestä vuorovaikutus- suhteesta (Plomin ym. 2016). Tässä työssä kokemus voi olla kestoltaan lyhytai- kainen hetki oppitunnilta tai läpi kurssin jatkuva pidempikestoinen tunne. Tässä tutkimuksessa myös tunteiden, motivaation, stressin ja tarkkaavaisuuden näh- dään vaikuttavan syntyvään kokemukseen laatuun ja niitä käsitellään myöhem- min luvussa 2.4.

Opetuksessa kokemuksen tavoitteena on toimia ilmiön oppimista tukevana työkaluna (Karppinen 2005). Kun kokemusta hyödynnetään oppimisen konteks- tissa, voidaan puhua oppimiskokemuksesta (Varila 1999). Silkelän (1999) mu- kaan merkityksellisiin oppimiskokemuksiin liittyy tiedon oppimisen lisäksi hen- kilökohtainen tunnekokemus, joka käynnistää muutokseen johtavan prosessin. Kun oppiminen on merkityksellistä ja mielekästä, siihen linkittyvä tunnekoke- mus, toiminnallinen kokemus ja kognitiivinen kokemus sitouttavat oppilasta op- pimisprosessiin (Jääskelä ym. 2013). Oppimiskokemus on aina henkilökohtainen ilmiö, sillä sama ulkoinen ärsyke tai tapahtuma aiheuttaa kullekin kokijalle eri- laisen kokemuksen (Sikkelä 1999). Tämä riippuu kokijan elämysmaailmasta, to- dellisuuskäsityksestä sekä persoonallisista seikoista kuten temperamentista (Kel- tinkangas-Järvinen 2004; Silkelä 1999).

Tässä tutkimuksessa kehon käytöllä on tärkeä rooli oppimiskokemuksen syntymisessä, joten opetustilanteissa syntyvät kokemukset ovat kehollisia koke- muksia. Maurice Merleau-Ponty (2002) on luonut perusteet keho-fenomenolo- gian tutkimukselle, jossa kehollinen kokemus ymmärretään vahvasti subjektiiviseksi ei-kielelliseksi kehossa syntyväksi kokemukseksi (Klemola 1998; Mer- leau-Ponty 2002; Koski 2000). Merleau-Pontyn (2002) keskeinen ajatus on, että vuorovaikutamme ympäristön kanssa ensisijaisesti liikkumalla, tuntemalla ja ha- vaitsemalla, jolloin kehollisen kokemuksen pohjana ovat aistihavainnot. Vuoro- vaikutuksesta syntyvät keholliset kokemukset ovat sanatonta tietoa kehon sisäi- sistä tuntemuksista.

Tässä tutkimuksessa kokemuksellisella oppimisella viitataan oppimiseen, jossa oppiminen perustuu oppijan kokemuksiin ja niiden reflektioon (Lewin 1946; Dewey 1986; Kolb 2014). Kaikki aito oppiminen syntyy Deweyn mukaan koke- muksen kautta (Dewey 1986). Boud & Miller (1996) väittävät, ettei oppimisesta voi edes puhua, jos siinä ei ole mukana kokemus ja kokemusten merkitys mieleen palauttamisessa. Kokemuksellinen oppiminen on eri aistikanavia stimuloivaa, ja oppijaa monipuolisesti aktivoivaa toimintaa. Se vaikuttaa kokonaisvaltaisesti ko- kemuksiin, tunteisiin, mielikuviin ja mielikuvitukseen. Kun saavutettu kokemus on merkityksellinen, se voi parhaimmillaan käynnistää myönteisen oppimisen syklin (Kolb 2014).

Kokemuksellinen ja kokonaisvaltainen oppiminen tapahtuu sekä ulkoisten että sisäisten prosessien (muun muassa tunteiden, havaintojen, motivaation, ajat- telun, muistin) yhteistyönä. Kokemuksellisissa oppimisteorioissa painottuu op- pijan aktiivinen ja itseohjautuva rooli sekä psyykkisten, fyysisten ja sosiaalisten

kokemusten hyödyntäminen (Kolb 2014). Kokemuksellisessa oppimisessa oppiminen on pääosin toiminnan jälkeistä reflektointia.

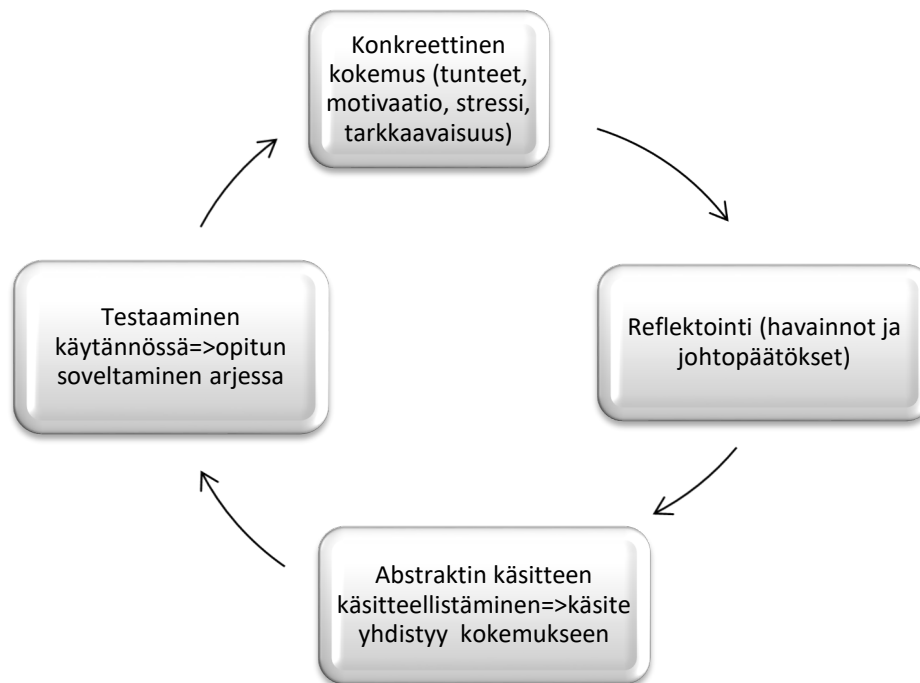
Kokemuksellisen oppimisteorian perustana voidaan pitää Lewinin (1946) toimintatutkimuksellista lähestymistapaa, Deweyn (1986) tekemällä oppimisen mallia ja Piagetin (1976) kehitysteoriaa. Kaikissa näissä oppiminen kuvataan prosessina, jossa käsitteet johdetaan kokemuksesta ja niitä jatkuvasti muokataan kokemuksen avulla. Kolb (2014) kehitti Lewinin, Deweyn ja Piagetin teorioihin pohjautuen kokemuksellisen oppimisen nelivaiheisen syklin (Kuvio 4).

Lewin (1946) oli niin kutsutun laboratorioskoulukunnan ja toimintatutkimuksen kehittäjä ja hänen oppimismallissa korostuvat konkreettinen tässä ja nyt -kokemus, joka antaa abstraktille käsitteelle henkilökohtaisen merkityksen, elävyyden ja rakenteen. Lewin korosti Deweyta enemmän ryhmässä toimimista, sillä hänen mukaansa jatkuva vuorovaikutus toisten kanssa tehostaa oppimista. Oppimista voidaan pitää sosiaalisena tapahtumana ja sosiaalisessa vuorovaikutuksessa syntyvillä kokemuksilla ja tunteilla on tärkeä roolia oppimisessa (Lewin 1946; Vygotsky 1978; Siegel 1999). Oppimme vuorovaikutuksessa muiden kanssa (Vygotsky 1978).

Deweyn (1986) oppimisprosessin malli on hyvin samanlainen lewiniläisen mallin kanssa. Oppimisessa konkreettisen kokemuksen impulssit, tunteet ja halut muuttuvat korkeamman asteiseksi tarkoitukseksi. Deweyn mukaan on olemassa oppimisen kannalta merkityksellisiä ja merkityksettömiä kokemuksia. Jotkut kokemukset voivat jopa haitata oppimisprosessia ja kaventaa ajattelua. Oppimisen näkökulmasta merkityksellisiä ovat sellaiset kokemukset, jotka johtavat oppimiseen. Deweyn mukaan koulu on paikka, jossa mielekkäillä työtavoilla opitaan elämää varten.

Piaget (1976) tutki lapsen kognitiivista kehitystä ja havaitsi, miten kognitiivinen toiminta muodostuu konkreettisten kokemusten kautta ja siihen sisältyy oleellisesti vuorovaikutus ympäristön kanssa. Abstraktin ja symbolisen päättelykyvyn muodostavat konkreettinen toiminta ja sensomotoriset aistimukset, joita lapsi saa tutkiessaan ympäristöään. Piagetin mukaan oppimisen vuorovaikutusprosesseja ovat akkomodaatio eli olemassa olevien käsitteiden mukautuminen kokemusten suuntaisiksi ja assimilaatio eli uusien kokemusten sulautuminen olemassa oleviin käsitteisiin. Piagetin mallissa havainnoista syntyviä muistijälkiä voidaan vahvistaa oikeanlaisella kokemuksella.

Kolbin (2014) mukaan kokemuksen muutos toimii keskeisenä tekijänä oppimisprosessissa ja uuden tiedon luomisessa. Kolbin mukaan oppiminen on nelivaiheinen sykli (Kuvio 4).



KUVIO 4 Kolbin oppimisen sykli (mukailtu Kolb 2014)

Syklin ensimmäisessä vaiheessa on konkreettinen omakohtainen kokemus. Tässä työssä kokemus on luonteeltaan kehollinen. Kun keho liikkuu ja kokee, se tulkitsee näitä kokemuksia fyysisesti, emotionaalisesti ja kognitiivisesti siten, että keho osallistuu koettujen tapahtumien tallentamiseen (Mackenzie 2013). Hickey-Moody'n (2009) mukaan keholliseen toimintoon yhdistyvät tunteet ja oppiminen syntyy kehon kyvystä tuntea, aistia, vastata ja kuvitella.

Toisessa vaiheessa kokemusta havainnoidaan reflektion avulla. Kolbin (2014) mukaan kokemus vaatii aina reflektoinnin. Oppiminen ei siis nouse kokemuksesta itsestään ja kokemuksellisen oppimisen haaste piilee siinä, miten muuttaa kokemus reflektoinnin avulla oppimiseksi (Kolb 2014). Boudin ja Millerin mukaan (1996) kokemuksen muuntuminen aivoissa jäsentyneeksi tiedoksi vaatii reflektion. Reflektion avulla voidaan saavuttaa ilmiöstä uutta ymmärrystä ja se voi muuttaa ja laajentaa siten tietojamme (Boud ym. 2013). Syvässä oppimisessa käytännön toiminta ja teoria yhdistyvät ja uuden oppiminen tapahtuu usein kokemuksilla refleктоimalla ja yhdistelmällä opittua aikaisempiin tietoihin (Mezirow ym. 1995; Tynjälä 1999). Reflektoinnissa saavutettu kokemus tulee elää uudelleen, arvioida ja jäsentää suhteessa aikaisempiin tietoihin (Chow & Harfitt 2018).

Reflektiota voi tapahtua alitajuisesti, mutta Kolb (2014) korostaa tietoisien reflektoinnin merkitystä oppimisprosessissa. Kokemuksen reflektointi voi tapahtua yksin, parin kanssa tai ryhmässä (Boud ym. 2013). Erityisesti ryhmässä tapahtuvan on havaittu lisäävän reflektoinnin merkityksellisyyttä ja auttavan opiskelijoita pääsemään reflektoinnissa korkeammalle tasolle (Konak ym. 2014). Reflektio vaatii metakognitiivisia taitoja ja näiden taitojen puute voi olla esteenä kokemukselliselle oppimiselle (Kolb 2014; Chow & Harfitt 2018). Tässä tutkimuksessa

reflektointia toteutettiin dialogisesti keskustelemalla parin kanssa, ryhmissä ja opettajajohtoisesti (Boud ym. 2013). Sen lisäksi reflektointia tehtiin kirjoittamalla ja laskemalla omaan kehoon liittyviä laskutehtäviä. Kirjoittaminen on havaittu hyväksi työkaluksi kokemuksen reflektoinnissa (Lonka 1987; Swartz & Triscari 2011).

Tässä työssä reflektoinnin kohteena oli kehollinen oppimiskokemus. Tunnistamalla ja tulemalla tietoiseksi kehollisen kokemuksen aiheuttamista sisäisistä tuntemuksista ja niissä tapahtuvissa muutoksissa mahdollistuu kehollisen kokemuksen reflektointi, jonka avulla voi syntyä uutta tietoa ja oppimista (Parviainen 2016; Klemola 1998; Anttila 2013).

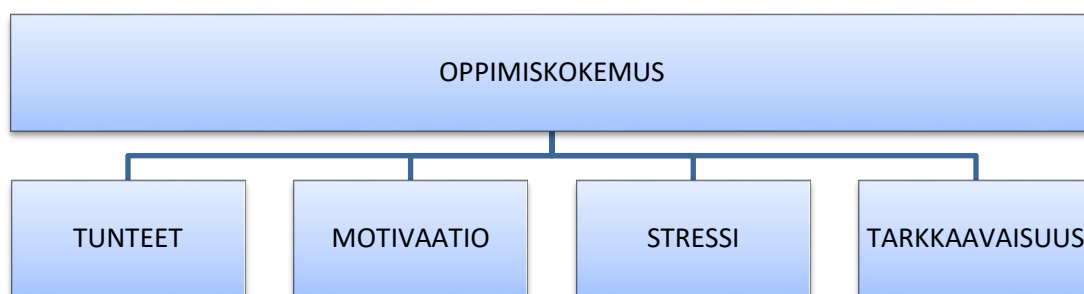
Kolmannessa vaiheessa Kolbin sykliä tapahtuu kokemuksen abstrakti käsitteellistäminen ja ymmärtäminen. Piagetin vaiheteorian mukaan 7–11-vuotiailla lapsilla abstraktin ajattelun taso on vielä rajallinen, joten oppimisen tulisi perustua lasten kehollisten kokemusten varaan (Prashnig 2003; Piaget 1976). Konkreettinen kinesteettinen eli kehollinen kokemus antaa lapselle informaatiota tutkittavasta kohteesta (Prashnig 2003; Tikkanen 2008). Lehtisen ym. (2007) mukaan kaikilla yläkouluikäisillä oppilailla abstrakti ajattelu ei ole kehittynyt riittävästi ja he tarvitsivat edelleenkin kehollisen kokemuksen oppimisen tueksi. Kehon käyttö ja kehollisen kokemuksen reflektointi voi tukea myös luonnontieteiden abstraktien käsitteiden konkretisoitumista (Lakoff & Johnson 1980; Hayes & Kraemer 2017; Burke 2009; Moore & Linder 2012; Kontra ym. 2015). Lakoff ja Johnson (1999) toteavat, että keholliset kokemukset ovat välttämättömiä käsitteellisen ja abstraktin ajattelun kehitykselle. Vuosikymmenten aikana kertyneen tutkimusnäytön perusteella harva oppimisen tutkijoista enää kiistää kehollisen kokemuksen ja käsitteellisen ajattelun välistä yhteyttä (Anttila 2013; Hayes & Kraemer 2017; Kontra ym. 2015; Lakoff & Johnson 1980).

Kokemuksellisen oppimisen mallin viimeinen vaihe - soveltaminen - on uuden tiedon aktiivista kokeilua käytännössä. Tutkimuksen työtapojen tavoitteena on, että nuoret osaisivat soveltaa arjessa työtavoissa opittua tietoa fysiikan mekaniikan ilmiöistä esimerkiksi omissa harrastuksissaan ja parantaa hyvinvointimittausten avulla omaa hyvinvointiaan.

2.4 Tunteiden, motivaation, stressin ja tarkkaavaisuuden rooli kokemuksellisessa oppimisessä

Nykyisen peruskoulun opetussuunnitelman mukaan perustana oppimiselle toimivat oppilaan kokemukset, tunteet, kiinnostuksen kohteet sekä vuorovaikutus toisten kanssa (POPS 2014). Positiiviset oppimiskokemukset voivat lisätä kiinnostusta kyseisen oppiaineen opiskeluun ja tämä saattaa vaikuttaa positiivisesti myös oppimistuloksiin ja hyvinvointiin (Pekrun ym. 2002). Mielekkäällä ja merkityksellisellä oppimiskokemuksella on vaikutusta oppimisen keskeisiin perusmekanismeihin, kuten sisäiseen motivaation syntymiseen (Salmela-Aro & Nurmi 2017; Koskinen 2016; Engeström 1981; Deci & Ryan 2010).

Kuvio 5 jäsentää tämän työn kannalta keskeisimmät oppimiskokemukseen vaikuttavat tekijät, jotka ovat tunteet, motivaatio, stressi ja tarkkaavaisuus.



KUVIO 5 Oppimiskokemukseen ja oppimiseen vaikuttavia keskeisiä tekijöitä (Huotilainen 2019; Ahonen 2019)

Kolbin (2014) mukaan "oppiminen muuttaa konkreettisen kokemuksen impulsit, tunteet ja halut korkeammanasteiseksi tarkoitukseksi". Kokemukselliseen oppimiseen liittyvät siis tunteet. Halulla oppia, motivaatiolla, on nykyisen käsityksen mukaan keskeinen rooli oppimisprosessissa (Deci & Ryan 2010; Huotilainen 2019; Salmela-Aro & Nurmi 2017). Myös stressillä ja tarkkaavaisuudella on vaikutusta syntyvään oppimiskokemukseen (Joëls ym. 2006; LaPine ym. 2004; Huotilainen 2019). Seuraavaksi perustellaan tarkemmin, miten tunteet, motivaatio, stressi ja tarkkaavaisuus vaikuttavat oppimiskokemukseen ja mitkä tekijät voivat vaikuttaa niiden esiintymiseen oppimistilanteessa.

2.4.1 Tunteiden vaikutus oppimiskokemukseen

Aikaisemmin tunteita pidettiin toissijaisena oppimisprosessissa, mutta tutkimukset osoittavat, että tunteilla on suuri merkitys oppimiselle ja oppimiskokemukselle (Mayer ym. 2000; Walker ym. 2003; D'Argenbaum ym. 2002; Pekrun 1992). Dewey (1986) ja Kolb (2004) esittävät, että tunteet ovat oppimisprosessin käynnistäjiä ja ne herättävät motivaation ja vaikuttavat oppimiskokemuksen syntymiseen. Voidaan ajatella, että kokemus syntyy tunteista ja oppiminen on neurobiologisesti mahdotonta ilman tunteita (Immordino-Yang & Damasio 2007). Tunne toimii oppimisprosessin aloittavana impulssina ja polttoaineena, joka mahdollistaa oppimistilanteen läpiviemisen (Zull 2002). Tunnetta tarvitaan kuitenkin oikea määrä - ei liikaa eikä liian vähän (Zull 2002). Ulkoiset ärsykkeet laukaisevat tunteita, jotka vaikuttavat ihmisen käyttäytymiseen, ilmaisuun, motivaatioon ja kognitioon kussakin tilanteessa (Tyng ym. 2017). Tunteita nostattavat ärsykkeet saavat oppimistilanteessa osakseen enemmän huomiota kuin tunneutraalit ärsykkeet (Schupp ym. 2007) ja tunneviritetyt tapahtumat muistetaan paremmin tunneutraaleihin verrattuna (Bechara ym. 1995; Tyng ym. 2017). Tunneperäiset muistot linkittyvät tehokkaammin aiemmin opittuun, mikä edistää pitkäkestoiseen muistiin tallentumista (Andreasen ym. 1999) ja tunnepitoiset oppimiskokemukset näytetään muistettavan elävästi, tarkasti ja pitkään

(Tyng ym. 2017). Lisäksi tunteiden läsnäolon oppimistilanteessa on havaittu lisäävän motivaatiota ja tarkkaavaisuutta, mikä vaikuttaa oppimiseen ja asian muistamiseen positiivisesti (Pekrun 1992; Seli ym. 2016; Schupp ym. 2007; Bechara ym. 1995). Tässä tutkimuksessa kehoa hyödyntävät työtavat toimivat ärsykkeinä (Tyng ym. 2017), joiden tavoitteena on synnyttää oppilaissa oppimista edistäviä tunnereaktioita, jotka vaikuttavat oppimistilanteen mielekkyyteen ja mieleenpainuvuuteen.

Kleinginnan (1981) määritelmän mukaan tunteet kuvaavat monimutkaista subjektiivisten ja objektiivisten muuttujien välistä vuorovaikutusta, joita välittävät hermostolliset ja hormonaaliset järjestelmät. Erilaiset tunteet voidaan sijoittaa valenssi-/virittävyys-jatkumolle, joista valenssi määrittää, kuinka myönteinen tai kielteinen tunnetila on ja virittävyys määrittää, passivoiko vai aktivoiko tunne oppijaa (Pekrun ym. 1992). Tämän lisäksi tunteet säätelevät kognitiivisia prosesseja, aktivoivat kehon ja aivojen psykologisia ja fysiologisia muutoksia sekä motivoivat tavoitteellista ja olosuhteisiin mukautuvaa käyttäytymistä. Pankseppin (1998) määritelmän mukaan jokaisella tunteella on tyypillinen ”tunneääni”, joka aiheuttaa ihmisessä tilannesidonnaisia selviytymistä tai oppimista estäviä tai edistäviä reaktioita. Hänen mukaansa subjektiiviset kokemukset, tunteet, uuden tiedon luominen ja vastaanottaminen sekä päätösten teko syntyvät limbisten aivoalueiden ja muiden aivoalueiden yhteistyössä. Tässä työssä käytettyjen työtapojen tavoitteena oli synnyttää oppilaissa oppimista edistäviä myönteisiä tunteita.

Luokkahuoneessa esiintyvät tunteet, kuten ahdistus, stressi, ilo, viha, toivo, ylpeys ja ikävystyminen, voivat vaikuttaa oppilaisiin ja oppimiskokemukseen monella eri tavalla (Pekrun ym. 2002). Kielteisten tunteiden kokeminen saattaa vähentää työmuistin kapasiteettia (Spachholz ym. 2014) ja kaventaa oppilaiden ajattelua etsittäessä ratkaisumahdollisuuksia (Haager ym. 2014). Kielteiset tunteet tyypillisesti myös passivoivat ja aiheuttavat esteistä oppimiselle. (Salmela-Aro & Nurmi 2017.) Rantala (2005) havaitsi väitöstutkimuksessaan, että työtavat, joissa oppilailla on aktiivinen toimijan rooli passiivisen kuuntelijan sijaan, synnyttävät oppilaissa oppimiseen iloon liittyviä tunteita. Tämän tutkimuksen työtavat pyrkivät edistämään oppilaan aktiivista roolia ja sitä kautta oppimisen iloa.

Oppimiskokemukseen vaikuttavat oppimistilanteessa esiintyvien tunteiden intensiteetti, laatu, kesto sekä tunteita koskeva tietoisuuden ja kontrolloinnin taso (McLeod 1988). Erilaiset oppimistilanteisiin liittyvät tunteet voidaan jakaa niiden valenssin (tunnearvon) perusteella myönteisiin ja kielteisiin (Watson ym. 1988; Pekrun 2006) ja Varilan (1999) mukaan myös oppimiskokemukset voidaan jakaa myönteisiin ja kielteisiin oppimiskokemuksiin. Tämän tutkimuksen tavoitteena ei ollut selvittää oppilaiden yksittäisiä lyhytkestoisia tunteita vaan työ tutkii oppilaiden myönteisiä/kielteisiä oppimiskokemuksia. Oppimiskokemukseen vaikuttavat laaduiltaan ja kestoiltaan erilaisista tunteet (Blackburn 2005; Bunnin 2004).

Rogersin (1969) mukaan oppimiskokemukset voidaan jakaa merkityksellisiin ja merkityksettömiin oppimiskokemuksiin. Silkelän (1999) mukaan tunteet

ovat läsnä merkityksellisessä oppimiskokemuksessa. Erityisesti myönteiset tunteet synnyttävät positiivisia, merkityksellisiä oppimiskokemuksia (Salmela-Aro & Nurmi 2017; Silkelä 1999). Merkitykselliseen oppimiskokemukseen liittyy oleellisesti kokemus opetuksen mielekkyydestä (Rogers 1969; Engeström 1981). Oppimisen yhteydessä mielekkyys usein viittaa oppilaan omiin käsityksiin oppimistilanteen tärkeydestä, hyödyllisyydestä ja kiinnostavuudesta (Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004). Työtavan merkityksellisyyden ja mielekkyyden tunne syntyy oppilaan omakohtaisesta kokemuksesta (Salmela-Aro & Nurmi 2017). Omakohtaisuuden ja mielekkyyden kokemus sekä myönteiset tunteet ja palkkiot vaikuttavat myös motivaatioon oppimistilanteessa (Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981).

Koskinen (2016) tutki väitöskirjassaan mielekkyyttä matematiikan oppimisen näkökulmasta ja hänen mukaansa mielekkään oppimiskokemuksen keskeisiä elementtejä ovat tunteet, motivaatio ja ilmiön ymmärtäminen, jotka kietoutuvat oppimisprosessissa yhteen psykodynaamiseksi kokonaisuudeksi. Brunerin (1974) mukaan opetuksen merkityksellisyyteen vaikuttaa se, että käsiteltävä asia konkreettinen (real), kiinnostusta herättävä (exciting) ja oppijan näkökulmasta mielekäs (meaningful). Mielekkyyden kokemuksen syntymisen edellytyksenä on se, että oppilas kykenee suhteuttamaan uutta tietoa merkityksellisesti aiempaan tietoon (Ausubel 1968; Novak 2010) ja että oppilaalla on sisäinen halu oppia uutta ja motivaatio panostaa aktiivisesti oppimisprosessiin (Ausubel 1968). Mielekkyyteen ja tiedon haluun voidaan vaikuttaa opetustilanteessa rutiinin rikkomisen kautta (Ausubel 1968), luomalla yhteyksiä oppilaan arkisen kokemusmaailman ja opetettavan asian välillä (Lowell 1972; Mack 1995) sekä järjestämällä oppimistilanne oppimisympäristössä, joka herättää ja ylläpitää oppilaan kiinnostusta (Rogers 1969). Mielekkyyden tunteeseen oppimistilanteissa voidaan vaikuttaa myös yhteistoiminnallisuuden avulla; aktiivinen osallistuminen yhteiseen toimintaan synnyttää merkityksellisyyttä (Jonassen ym. 1999; Cobb ym. 1992). Novakin (2010) mukaan mielekäs oppiminen perustuu ajattelun, tunteiden ja toiminnan vuorovaikutukseen, mikä sitouttaa oppilasta oppimisprosessiin. Hänen mukaansa ”mielekkäästi opittu tieto, jonka olemme rakentaneet yhdistelemällä toimintamme, tunteemme ja tietoiset ajatuksemme, on tietoa, jonka hallitsemme”.

Schiefele ja Csikszentmihalyi (1995) määrittävät mielekkääseen oppimiskokemukseen liittyvän käsitteen, ”kokemuksen laadun”, kokonaisuudeksi, joka pitää sisällään emotionaalisia (onni, ilo, jne.), motivaationaalisia (halu suorittaa tehtävä, halu osallistua toimintaan, jne.) ja kognitiivisia (tarkkaavaisuus, itsetietoisuus, jne.) tekijöitä. Oppimiskokemuksen laatu voidaan arvioida joko positiivisena tai negatiivisena kokemuksena ja positiivinen kokemus edistää sisäisen motivaation syntymistä ja halua oppia.

Middletonin ja Spaniasen (1999) mukaan positiiviset oppimiskokemukset vaikuttavat oppimisen mielekkyyteen ja ne sitouttavat oppilaita oppimisprosessiin. Oppilaat, joilla on oppiaineeseen liittyviä positiivisia oppimiskokemuksia, kokevat vähemmän ahdistusta, ovat vähemmän estyneitä ja saavuttavat useimmin flow-kokemuksen verrattuna oppilaisiin, joilla on kielteisiä kokemuksia op-

piaineesta. Oppimiskokemuksen mielekkyyteen vaikuttaa myös oppilaan aktiivista, mielekästä toimintaa ruokkiva oppimisympäristö sekä oppilaan käsitykset omista taidoistaan.

Tässä tutkimuksessa esitettiin oppilaille kysymyksiä, jotka mittaavat oppilaiden kokemuksia kehollisten työtapojen mielekkyydestä, merkityksellisyydestä ja hyödyllisyydestä. Oppilaiden vastausten perusteella pyritään selvittämään vastaajan myönteistä/kielteistä tunnearvoa työtapoja kohtaan. Kysymykset löytyvät liitteestä 1.

2.4.2 Motivaatio – oppimisprosessin alkuunpanija ja ylläpitäjä

Motivaatio on laaja käsite ja ihmisen käyttäytymistä ja sisäisiä kokemuksia selittävien tieteenalojen yksi tutkituimmista osa-alueista (Liukkonen 2017; Ryan & Deci 2000; Deci & Ryan 2010). Liukkonen (2017) ja Huotilainen (2019) määrittelevät motivaation pitkäkestoiseksi kiinnostuksen ja innostuksen tilaksi, johon liittyy tavoite. Motivaatio on keskeisessä roolissa merkityksellisen oppimiskokemuksen synnyssä, sillä motivaatioon vaikuttavat erityisesti oppilaan kiinnostus sekä kokemus käsiteltävän asian merkityksellisyydestä, mielekkyydestä ja hyödyllisyydestä (Salmela-Aro & Nurmi 2017, Paane-Tiainen 2000; Eccles ym. 1983). Oppiminen, motivaatio ja tunne ovat sidoksissa toisiinsa (Huotilainen 2019). Tässä tutkimuksessa motivaation ajatellaan olevan oppimistilanteessa toiminnan alkuunpanija ja oppimisprosessin ohjaava ”voima”. Se virittää ja suuntaa oppilaan keskittymisen ja kiinnostuksen opeteltavaan ilmiöön sekä saa oppilaan innostumaan tehtävästä ja ohjaa käyttäytymistä tavoitteen saavuttamiseksi (Salmela-Aro & Nurmi 2017; Paane-Tiainen 2000; Engström 1981). Motivaation puutteen on havaittu estävän oppimista luonnontieteissä (Kärnä ym. 2012; Lavonen ym. 2005). Tässä työssä käytetyt työtavat pyrkivät herättämään oppilaiden kiinnostuksen, toisin sanoen motivoimaan heitä ilmiön opiskeluun (Salmela-Aro & Tuominen-Soini 2013; Toom & Pyhäntö 2013).

Motivaatiolla on yleisesti erilaisia tehtäviä oppimisprosessissa. Ball (1977) määrittää motivaatiolle kolme toimintaa virittävää ja ohjaavaa funktiota, jotka vaikuttavat käyttäytymiseen oppimistilanteessa. Ensimmäiseksi vaaditaan virittävä funktio, jossa oppilaan uteliaisuus herää ja hän ”virittyy” toimimaan tilanteessa, koska kokee asian merkitykselliseksi. Toinen funktio on suuntaava, jossa oppilas suuntaa toimintaansa kohti tavoitetta ja päämäärää. Kolmanneksi ylläpitävä funktio pitää toimintaa yllä, kunnes päämäärä on saavutettu. Driscoll (2005) kuvaa motivointia prosessina, joka vaatii aluksi oppilaan tarkkaavaisuuden herättämisen ja sitouttamisen oppimisprosessiin. Toisessa vaiheessa korostetaan oppimiskokemuksen merkityksellisyyttä, joka saa oppilaan sellaiseen tilaan, joka suuntaa oppimista eteenpäin kohti tavoitteita. Kolmannessa vaiheessa korostetaan myös opettajan roolia motivaation ylläpitäjänä, joka tukee prosessia motivoimalla ja antamalla palautetta siten, että osaamisesta saadut palkkiot vahvistaisivat halua oppia lisää. Renningerin ja Sun (2012) mukaan motivaation ylläpitäminen on haastavampaa kuin sen hetkellinen virittäminen: ylläpitoon vaaditaan se, että oppija kokee opeteltavan asian mielekkääksi ja merkitykselliseksi. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli luoda kehoa hyödyntävien työtapojen avulla

mielekkäitä ja merkityksellisiä oppimistilanteita, jotka virittäisivät ja ylläpitäisivät oppilaan motivaatiota.

Hirsjärven (1983) mukaan motivaatio koostuu tiedostetuista ja tiedostamattomista ulkoisista ja sisäisistä sekä sosiaalisista ja biologisista tekijöistä, jotka ohjaavat tavoitteellista käyttäytymistä tiettyjä päämääriä kohti. Yksi tunnetuimmista motivaatioteorioista jakaa motivaation amotivaatioon, sisäiseen ja ulkoiseen motivaatioon (Deci & Ryan 2010). Amotivaatio tarkoittaa motivaation täydellistä puuttumista, jolloin amotivoituneelta henkilöltä puuttuu kyky toimia tilanteen vaatimalla tavalla. Ulkoinen motivaatio ajaa henkilön toimimaan ulkoisesta vaatimuksesta tai palkkion/rangaistuksen uhan takia. Sisäinen motivaatio olisi oppimistilanteessa toivottavaa, koska tällöin henkilö ei kaipaa ulkoista palkkiota vaan oppiminen itsessään tuo mielihyvän ja palkkion. (Deci & Ryan 2010.) Sisäisen motivaation on havaittu vaikuttavan oppimistuloksiin ja luovuuteen positiivisesti (Freeman ym. 2008). Ulkoisesti motivoitunut opiskelu on henkisesti kuormittavaa, koska se vaatii opiskelijalta enemmän itsesääätelyä suuntamaan tarkkaavaisuuden oikeaan asiaan (de Ridder ym. 2012). Sisäisesti motivoitunut opiskelija käyttää vähemmän energiaa itsesääteilyyn ja tehtävässä pysymiseen, sillä innostus tekemisessä itsessään vetää opiskelijaa tehtävän ääreen (Ryan & Deci 2000). Sisäisesti motivoitunut opiskelija uupuu vähemmän verrattuna ulkoisesti motivoituneeseen suorittaessaan samanlaista. (Moller ym. 2006; Nix ym. 1999). Näiden lisäksi sisäisesti motivoitunut opiskelija saavuttaa useimmin flow-tilan (Spaulding 1992). Flow-tila on optimaalisen toiminnan tila, jossa ihminen keskittyy niin intensiivisesti tekemiseensä, että menettää ajantajun ja unohtaa muut ympäröivät velvollisuudet (Csikszentmihalyi 2008; Spaulding 1992). Tämän tutkimuksen ensimmäisessä osatutkimuksessa PI pyrittiin myös selvittämään, millaisia työtapoja käyttämällä opiskelijat pääsivät flow-tilaan.

Oppimisprosessin aikana koetuilla tunteilla on vaikutusta motivaatioon, joka vaikuttaa oppimiseen (Freeman ym. 2008). Pekrunin (2006) teorian mukaan tunteet, kognitio ja motivaatio vuorovaikuttavat toisiinsa tiiviisti ja liittyvät oppilaille merkityksellisen oppimiskokemuksen syntymiseen. Ensinnäkin tunteet ja motivaatio ylläpitävät tavoitteellista toimintaa (Reeve 2005; Beck 1990). Tunteet itsessään ovat motiiveja, mikä saa aikaan motivoitumisen toimintaan sekä toistamaan käyttäytymistä. Tunteet liittyvät motivaation kannalta merkittäviin onnistumisen ja epäonnistumisen kokemuksiin ja ohjaavat ihmisen käyttäytymistä (Reeve 2005). Beckin (1990) mukaan tunteet motivoivat yksilöä kohti toimintaa, josta on palkkiona nautinnolliseksi koettuja tunnetiloja ja toisaalta välttämään epämiellyttäviä negatiivisia tunnetiloja aiheuttavia tilanteita. Positiivisten tunteiden on havaittu vaikuttavan motivaatioon (Løvoll 2017) ja laajentavan ajattelua (Isen 2000). Sen sijaan negatiivisten tunteiden havaitaan vähentävän motivaatiota ja yritystä prosessoida tietoa (Pekrun ym. 2011). Negatiivisista tunteista hämmennyksen on havaittu edistävän valmiiksi motivoituneiden oppilaiden kohdalla oppimista. Turhautuneisuus ja ärsyyntyneisyys siitä, että asiaa ei vielä ymmärretä, voi motivoida tietyt oppilaat näkemään vaivaa asian selvittä-

miseksi. (D’Mello ym. 2014.) Tässä tutkimuksessa motivaatioon pyrittiin vaikuttamaan synnyttämällä työtapojen avulla oppilaille positiivisia tunteita ja oppimiskokemuksia.

Oppilaan motivaatioon vaikuttavat useat tekijät, joihin opettaja pystyy vaikuttamaan (Peltonen & Ruohotie 1992). Ryanin ja Decin (2000) itseohjautuvuusteorian mukaan sisäisen motivaation syntymiseen opetustilanteessa vaikuttaa kolmen psykologisen perustarpeen, nimittäin omaehtoisuuden, yhteenkuuluvuuden ja kyvykkyyden osoittamisen huomioiminen. Kyvykkyyden osoittamiseen ja siitä nousevaan motivaatioon vaikuttaa tehtävän sopiva haastetaso (Lepper & Henderlong 2000; Peltonen & Ruohotie 1992; Salmela-Aro 2018). Schneiderin ym. (2016) mukaan optimaalisen oppimistilanteen syntyyn tiedeopetuksessa vaikuttavat tehtävän sopiva haastetaso, oppilaan taidot, henkilökohtaiset tunteet ja kiinnostus. Oppimistilanteessa annettujen tehtävien tulisi olla haastetasoltaan sellaisia, että oppilas kokee onnistumisen elämyksiä. Toisaalta, jos tehtävät ovat liian helppoja omaan osaamiseen nähden, oppilas saattaa tylsistyä (Stipek 1993). Liian haastavista tehtävistä seuraavat jatkuvat epäonnistumiset voivat aikaansaada ahdistusta, joka tuhoaa sisäisen motivaation. Sopiva vaativuuksitaso synnyttää oppilaassa motivaatiota lisäävää hallinnan tunnetta ja hän kokee pystyvänsä etenemään tehtävässä (Huotilainen 2019). Tässä tutkimuksessa oppilaille annetut tehtävät pyrittiin suunnittelemaan vaativuuksaltaan sellaisiksi, että oppilaat motivoituisivat tehtävistä.

Fordin (1992) mukaan ihminen motivoituu, kun hänellä on tavoite, jota kohti suunnata toimintaansa. Motivaation syntymiseen vaikuttavat myönteiset tunteet, toimijauskomukset ja selviytymisuskomukset, jotka muovautuvat vuorovaikutuksessa ympäristön tarjoamien mahdollisuuksien kanssa (Ford 1992). Positiivisesti virittynyt mieli vahvistaa pystyvyyden tunnetta ja edesauttaa tavoitteiden saavuttamista (Bandura 1977). Fordin (1992) toimijauskomusten käsite on lähellä Banduran (1977) minä-pystyvyyden käsitettä. Ihmisen pystyvyyden kokemuksesta riippuu hänen toimintansa tavoitteellisessa työskentelyssä, esimerkiksi uuden asian opiskelussa. Myös toimintaympäristö ja sen tarjoamat mahdollisuudet vaikuttavat pystyvyyden tunteeseen. Banduran (1977) mukaan sellaiset ihmiset, joilla on hyvä pystyvyyden tunne, ottavat haastavampia tehtäviä vastaan. Myös Eccles (1983; 2004; Eccles & Midgley 1989) painottaa odotusarvoteoriassaan oppilaan omien odotusten ja minäkäsityksen vaikutusta motivaatioon. Jos oppilas arvostaa tehtävässä onnistumista ja uskoo pärjäävänsä siinä, hän usein tekee enemmän töitä tehtävän eteen, mikä vaikuttaa onnistumiseen. Pätevyyden tunteen syntymisen on havaittu vaikuttavan sisäisen oppimismotivaation kehittymiseen (Ryan & Deci 2000; Byman 2002, Stipek 1993, Liukkonen 2017; Boekaerts 2002) ja sitä voidaan edesauttaa antamalla positiivista palautetta (Byman 2002). Usein kielteiset tunteet oppimisessa liittyvät pystymisen tai osaamisen tunteen puutteeseen tai siihen, että oppilas ei itse pysty vaikuttamaan lopputulokseen. Myönteisten tunteiden syntymiseen voidaan vaikuttaa lisäämällä oppilaan hallinnan tunnetta ja vahvistamalla käsityksiä heidän omasta minäpystyvyydestään (Pekrun 2006). Tämän tutkimuksen työtavat pyrittiinkin suunnittelemaan sellaisiksi, että oppilaat motivoituisivat tehtävistä.

nittelemaan käytännönläheisiksi ja toiminnallisiksi ja opiskeltavat ilmiöt linkittyivät oppilaiden omiin kokemuksiin. Tällä pyrittiin siihen, että myös heikot oppilaat kokisivat minä-pystyvyyttä vahvistavia positiivisia oppimiskokemuksia.

Oppilaiden autonomian kokemukset ovat erittäin merkittäviä motivaation kannalta (Deci & Ryan 2000, 2008). Opettajan liiallinen kontrolli ja oppilaan vähäinen osallisuuden tunne vähentävät motivaatiota ja kiinnostuksen tunnetta (Tsai ym. 2008; Lepper & Henderlong 2000; Boekaerts 2002; Salmela-Aro 2018). Ylhäältä alaspäin toteutettu päätöksenteko heikentää motivaatiota ja oppilaiden motivaation säilymisen kannalta on merkittävää, että heille muodostuu osallisuuden kokemus siitä, että he voivat olla vaikuttamassa opetustilanteen eteneeseen jollakin tasolla (Rauste-von Wright ym. 2003; Byman 2002). Nykyisen oppimiskäsityksen mukaan oppiminen on aktiivinen tiedon konstruointiprosessi, jossa omaehtoisuus on keskeisessä roolissa (Lonka 1997; Tynjälä 1999). Motivaatiojärjestelmän muodostumiseen vaikuttavat oppijan yksilölliset tavoitteet ja arvot (Rauste-von Wright ym. 2003). Tämän tutkimuksen aktiiviset työtavat pyrkivät osallistamaan oppilaita ja antamaan mahdollisuuksia vaikuttaa oppimisprosessin kulkuun.

Viime aikoina motivaatiotutkimuksessa on yksilöllisen näkökulman sijaan korostunut oppimismotivaation sosiaalinen luonne, jossa oppiminen ja motivaatio kumpuavat yhä enemmän sosiaalisista ja tilannesidonnaisista vuorovaikutustapahtumista, joissa opitaan yhdessä (Salmela-Aro 2018). Decin ja Ryanin (2010) mukaan sisäisen motivaation kolmas keskeinen tekijä nousee ihmisen perustarpeesta tuntee yhteyttä toisiin ihmisiin. Motivaatio on kytköksissä ympärillämme oleviin ihmisiin: kun oppilas kokee olevansa osa kannustavaa, turvallista ja lämminhenkistä ryhmää, se vaikuttaa positiivisesti hänen toimintaansa oppimistilanteessa. (Baumeister & Leary 1995). Martelan ja Jarenkon (2014) mukaan yksilön kokema yhteys toisiin ihmisiin vaikuttaa positiivisesti sisäiseen motivaatioon. Ryhmässä toimiessa voi saavuttaa kokemuksen siitä, että saa toiminnallaan aikaan hyviä asioita muille ryhmäläisille. Tämän tutkimuksen työtavat suunniteltiin yhteistoiminnallisiksi, millä uskottiin olevan vaikutusta myös motivaation syntymiseen.

Tsain ym. (2008) mukaan kiinnostuksen syöttäminen oppimistilanteessa saattaa olla usein haastavaa, sillä aikuiset päättävät tunnilla opiskeltavat asiat ja ilmiöt. Uteliaisuuden ja kiinnostuksen syöttäminen opettavaan asiaan vaikuttaa motivaation syntymiseen oppilaissa. Oppilaiden kiinnostusta voidaan lisätä tuomalla tunnin tavoitteet selkeästi esille ja aktivoimalla oppilaiden aiempaa tietämystä käsiteltävästä ilmiöstä (Tsai ym 2008). Oppilaan motivaatio herää, jos hän kokee olevansa tekemisissä sellaisen asian kanssa, joka liittyy hänelle mielekkäisiin asioihin, hänen omaan arkeensa tai tulevaisuuteensa (Huotilainen 2019; Lepper & Henderlong 2000). Kaikissa tämän tutkimuksen työtavoissa tutkimuksen kohteena oli oppilaan oma keho tai kehon liikkeen aikaansaama mittaustulos. Omakohtaisuuden avulla pyrittiin lisäämään motivaation syntymistä.

Käytännön oppimistilanteissa opettaja voi vaikuttaa oppilaiden motivaatioon esimerkiksi käyttämällä sellaisia työtapoja, jotka herättäisivät kiinnostuksen mahdollisimman monessa oppilaassa. Opettajan olisi hyvä tiedostaa, mikä on opetettavalle kohde- ja ikäryhmälle tarkoituksenmukaista toimintaa ja miten hän opetustyyllillään voisi edistää suotuisien vuorovaikutustilanteiden syntymistä ja poistaa motivaatiota häiritseviä tekijöitä opetustilanteesta. (Peltonen & Ruohotie 1992.) Muita motivaatioon oppimistilanteessa vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa uutuuden tunteen ylläpitäminen käyttämällä vaihtelevia työtapoja, aiheen tai näkökulman valitseminen oppilaiden kiinnostuksen kohteiden mukaan, mahdollisuus valita eri tehtävistä sekä välitön palautteenanto tehtävän suorittamisen jälkeen (Lepper & Henderlong 2000; Kyriacou 1998; Fontana 1995). Perinteisen oppitunnin rutiininomaisten käytänteiden rikkomisen on havaittu stimuloivan oppilaiden motivaatiota ja herättävän luontaista uteliaisuutta ja luovan jännitettä oppitunnille (Brophy 2013). Tässä tutkimuksessa perinteisen oppitunnin rutiinia rikottiin hyödyntämällä omaa kehoa, vaihtamalla oppimisympäristöä ja käyttämällä uutta teknologiaa.

2.4.3 Stressin vaikutukset oppimiskokemukseen ja oppimiseen

Neljännessä osatutkimuksessa PIV käsitellään stressin vaikutusta oppimiskokemukseen ja oppimiseen. Stressi liittyy tunteisiin, motivaatioon ja vireystilaan sekä vaikuttaa oppimiskokemuksen syntymiseen (Vogel & Schwabe 2016; Larsen ym. 2008; Haug ym. 2009). Tässä tutkimuksessa stressillä tarkoitetaan oppilaan oppimistilanteessa kokemaa subjektiivista stressikokemusta, joka voi saada aikaan fyysisiä, psyykkisiä ja sosiaalisia oireita (Selyé 1956). Stressi syntyy vuorovaikutuksesta ympäristön ja yksilön välillä. Erilaiset ulkopuoliset ja sisäiset stressitekijät vaikuttavat oppilaiden stressikokemuksiin eri tavoin opetustilanteissa. (Ahola & Lindholm 2012.)

Stressikokemus aiheuttaa kehossa mitattavissa olevia fysiologisia reaktiota, joita mitattiin oppilailta neljännessä osatutkimuksessa PIV. Tunteet ja ajatukset vaikuttavat autonomisen hermoston toimintaan ja vastavuoroisesti autonomisen hermoston aktivoituminen voi vaikuttaa tunteisiin ja motivaation syntymiseen (Larsen ym. 2008; Haug ym. 2009). Eri tunteet aktivoivat autonomista hermostoa eri tavoin ja niiden aiheuttamia fysiologisia muutoksia voidaan mitata esimerkiksi sydämen ja hengityselimistön toiminnan sekä ihon sähkönjohtavuuden kautta (Kreibig 2010; Nummenmaa ym. 2018). Useimmin käytettyjä muuttujia ovat syke ja sykevälivaihtelu, ihon sähkönjohtavuus, pupillien laajeneminen, systolinen ja diastolinen verenpaine, perifeerinen resistanssi sekä sormen lämpötila ja pulssi (Mauss 2009, Kreibig 2010). Stressikokemus aktivoi HPA-akselin (hypotalamus-aivolisäke-lisämunuainen) ja sympaattisen-lisämunuaisen (SAM) järjestelmän, mikä nostaa verenpainetta, sykettä (HR) ja kortisolin pitoisuutta veressä, virtsassa ja syljessä ja vähentää sykevälivaihtelua (HRV) (Cohen ym. 1995; Montano ym. 2009).

Tässä työssä oppilaiden objektiivista stressiä mitattiin Firstbeat Bodyguard2-sensorilla, jolla voidaan mitata objektiivista stressiä muun muassa parasympaattisen ja sympaattisen hermoston aktivoitumisasteen perusteella

(Firstbeat 2014). Mittausten ensisijainen tavoite oli antaa oppilaille tietoa arjen stressiä aiheuttavista tilanteista sekä siitä, miten stressistä voisi palautua. Oma-kohtaisten mittausten avulla oppilaat pystyivät miettimään konkreettisia keinoja, joilla he voisivat optimoida kuormituksen ja palautumisen suhdetta arjessaan. Lisäksi oppilailta kerättyä Firstbeat-mittausten raaka-dataa ja dataa oppilaiden oppiainekohtaisista arvosanoista käytettiin oppilaan koulumenestyksen ennustamiseen.

Itse koetun stressin ja oppimistilanteisiin liittyvien tunteiden vaikutuksia kurssin arvosanoihin on Suomessa tutkittu yliopisto-opiskelijoilla (Ketonen & Lonka 2012), mutta objektiivisesti mitatun stressin vaikutuksia kouluarvosanoihin Suomessa ei ole vielä tutkittu. Firstbeatin BG-antureita on käytetty Suomessa ainakin oppimiskokemukseen liittyvien fysiologisten vasteiden mittaamiseen esimerkiksi Vesisenahon ym. (2019) tutkimuksessa.

Stressi ja stressihormonit vaikuttavat muistin toimintaan ja oppimiseen sekä positiivisesti että negatiivisesti. Stressireaktio aktivoi sympaattisen hermoston ja HPA-akselin toimintaa ja vapauttaa vereen stressihormoneja, kuten kortisolia ja adrenaliinia, mikä aiheuttaa kehossa vireystilaa ja suorituskykyä lisääviä fysiologisia muutoksia (Joëls ym. 2006). Stressihormonien pitoisuuden vaikutus kognitiivisiin toimintoihin näyttää kuitenkin noudattavan ylösalaisin käännetyn U-muotoisen käyrän muotoa. Tämä tarkoittaa, että muisti ja kognitiiviset toiminnat paranevat aluksi, mutta tietyn stressitason jälkeen stressireaktio voi estää oppimisen kannalta tärkeiden prefrontaalisten aivoalueiden tehokkaan toimimisen ja vaikuttaa kielteisesti oppimiseen (Salehi ym. 2010). Kun limbisen järjestelmän, emotionaalisen prosessoinnin keskus, hallitsee stressaavia tilanteita, korkeampiin kognitiivisiin toimintoihin liittyvä prefrontaalinen kuori voi pysähtyä väliaikaisesti (LeDoux ym. 2006; Dalgleish & Power 1999). Pitkittyneellä stressillä on haitallisia vaikutuksia kognitioon ja aivojen rakenteisiin, mikä voi johtaa muistihäiriöihin ja mielenterveysongelmiin (Sandi & Pinelo-Nava 2007). Pitkittynyt stressi vaikuttaa negatiivisesti myös unen laatuun, mikä vaikuttaa oleellisesti tunnetilaan, muistiin ja oppimiseen (Dewald ym. 2010; Potkin & Bunney 2012; Adelantado-Renau 2018). Liian korkeana pysyvät stressihormonipitoisuudet voivat aiheuttaa elimistössä pysyvän hälytystilan, jossa mantelitulmakkeen reagoitiherkkyys lisääntyy ja vähäisemmätkin uhkaärsykkeet saattavat merkitä elimistön mielestä vaaraa. Tällöin yksilön havainnointi- ja toimintakyky kaventuu ja kokemukset ympäristön hallinnasta saattavat jäädä vähäisiksi. (Lupien ym. 2009).

Jos oppimistilanne on oppilaan näkökulmasta liian stressaava, mantelitulmakkeen ja limbisen järjestelmän voimakas aktivoituminen voi synnyttää toimimisen mallin, joka estää etuotsalohkon kehittyneempien aivoalueiden toimimista ja oppimista. Uhkatilanteessa aivot käyttävät enemmän kapasiteettia tunnistamaan ja suojelemaan yksilöä mahdollisilta uhilta, mikä ottaa pois resursseja aivoalueilta, jotka osallistuvat mm. pidemmän aikavälin suunnitteluun ja itsesäätelyyn (Lupien ym. 2009). Pahimmillaan stressi voi laukaista oppimistilanteesta niin kutsutun "taistele tai pakene" -reaktion, joka kehittyi nisäkkäiden eloonjäämismekanismiksi. Se mahdollistaa ihmisten ja muiden nisäkkäiden reagoinnin

nopeasti hengenvaarallisiin tilanteisiin. Tällöin aivojen toiminta keskittyy miettimään ulospääsyä tilanteesta tai aivoissa voi syntyä lamaantumisreaktio, joka häiritsee oppimista (Cannon 1916).

Nykyisten kuvantamismenetelmien avulla voidaan arvioida, mitkä tekijät oppimisprosessissa stimuloivat tai estävät aivojen eri osien välistä viestintää (Shadmehr & Holcomb 1997; Sowell ym. 2003; Huotilainen 2019). Positiiviset tunteet ja myönteinen oppimisilmapiiri voivat hillitä oppimisen kannalta haitallista stressireaktiota oppimistilanteessa. Tällöin oppimisen kannalta keskeiset aivoalueet voivat osallistua tiedollisiin ja luoviin toimintoihin, joita syväoppiminen vaatii (Burgdorf & Panksepp 2006; Tyng ym. 2017). Tämän tutkimuksen työtapojen emotionaalinen ympäristö pyrittiin luomaan tunnelmaltaan rennoksi ja myös huumoria käytettiin työpajoissa tunnelman keventäjänä.

Yksi näkökulma havainnoida stressin vaikutuksia oppimistilanteessa on tutkia, miten opiskelijat itse kokevat uuden oppimistilanteen. LaPinen ym. (2004) mukaan liian haastava tehtävä voi laukaista niin kutsutun estostressi-reaktion, joka vaikuttaa negatiivisesti opiskelijan motivaatioon ja kognitioon tehtävää suorittaessa. Vastaavasti, kun tehtävän haastetaso on sopiva, voidaan puhua haastestressistä, joka mahdollistaa aivojen tehokkaan toiminnan oppimistilanteessa. Positiivinen haastestressi on yhteydessä lisääntyneeseen motivaatioon oppimistilanteessa ja parantaa tehtävästä suoriutumista (LaPine ym. 2004). Tässä tutkimuksessa työtavat pyrittiin suunnittelemaan siten, että tehtävät olisivat haastetasoltaan sovellettavissa siten, että ne huomioisivat eri oppilaiden taitotasot. Kyselylomakkeen kysymyksissä (Liite 1) ei kysytä oppilailta suoraan kokemuksia työtapojen stressaavuudesta, mutta erityisesti avoimien kysymysten vastausten toivottiin myös tuovan ilmi mahdollisia stressikokemuksia. Tämän lisäksi objektiivisia stressimittauksia hyödynnettiin neljännessä osatutkimuksessa PIV tutkimuksen kolmannen päätutkimuskysymyksen yhteydessä ennustettaessa kouluarvosanoja hyvinvointidatan avulla.

2.4.4 Tarkkaavaisuus

Lähtökohtana uuden oppimiselle on riittävä aivojen vireystila ja tarkkaavaisuus, joka on huomion suuntaamista ja riittävän pitkäkestoista ylläpitämistä opeteltavaan asiaan (Huotilainen 2019). Tunteet, motivaatio ja sopiva stressi vaikuttavat osaltaan tarkkaavaisuuteen oppimisprosessissa (Ahonen ym. 2019; Huotilainen 2019; Winkielman ym. 2007; Vuilleumier 2005; Pekrun 1992). Tarkkaavaisuus ja sopiva vireystila vaikuttavat oppimiskokemuksen syntymiseen ja muistiin tallentumiseen (Hu ym. 2007; Joëls ym. 2006). Opetusta suunniteltaessa on löydettävä keinoja ja ärsykeitä, joilla saadaan vangittua oppijan tarkkaavaisuus ja herätettyä kiinnostus (Renninger 2000; Huotilainen 2019).

Tarkkaavaisuus on toiminto, joka vaikuttaa kykyymme vastaanottaa ja suodattaa aisti-informaatiota. Koska ihminen ei pysty tietoisesti vastaanottamaan kaikkea aisti-informaatiota, tarkkaavaisuudella on tärkeä tehtävä säädellä, mitä informaatiota kulloinkin käsitellään tietoisesti. (Alho ym. 2006.) Aivot suuntaavat tarkkaavaisuutta joko valikoivasti tai tahattomasti. Näin ollen on olemassa

kahdenlaista tarkkaavaisuutta: automaattista ja tahdonalaista. Oppimisessa vaaditaan tarkkaavaisuuden suuntaamista opetettavaan ilmiöön ja ihminen on tällöin tietoinen toimintansa tavoitteista. Automaattisessa tarkkaavaisuuden suuntautumisessa huomio suuntautuu tahattomasti ärsykkeeseen sen ominaisuuksien vuoksi. Tahdonalainen tietoinen prosessointi vaatii enemmän kapasiteettia kuin automaattinen. (Koivisto 2006.) Tunne on yhteydessä tarkkaavaisuuteen, sillä aivot saavat tiedon sekä eri ärsykkeiden tunnenerkityksestä ja ne virittävät ja suuntaavat tarkkaavaisuutta erityisesti tunnetta virittäviin, oppijan näkökulmasta merkityksellisiin ärsykkeisiin (Mesulam 1981; Wolfe 1998). Tässä tutkimuksessa työtavoilla pyrittiin antamaan perinteisestä luokkahuoneopetuksesta poikkeavia ärsykeitä, jotka virittäisivät oppilaiden tarkkaavaisuutta ilmiön opiskeluun.

Oppimisessa tarkkaavaisuuden ylläpidon kannalta on tärkeää, että vireystila pysyy oppimisen kannalta optimaalisella tasolla. Vireystila tarkoittaa ihmisen sen hetkistä toimintavalmiuden tasoa. Perusvireystilaan vaikuttavat monet tekijät, kuten uni ja ravinto, mutta vireystilaan voidaan hetkellisesti vaikuttaa äkillisillä ulkoisilla ärsykkeillä. (Fischer ym. 2008.) Tässä tutkimuksessa neljän osatutkimuksen (PIV) työtavoilla pyrittiin parantamaan oppilaiden tietämystä omaan vireystilaan ja kokonaisvaltaiseen hyvinvointiin vaikuttavista keskeisistä tekijöistä, kuten unesta, liikunnasta, stressistä ja ravinnosta (Moilanen ym. 2018).

Kaikkien neljän osatutkimuksen PI-PIV keholliset työtavat sisälsivät kokonaisvaltaista kehon liikettä, joka lisäsi oppilaiden fyysistä aktiivisuutta oppitunnilta. Fyysisen aktiivisuuden on havaittu useassa tutkimuksessa vaikuttavan positiivisesti oppilaiden tarkkaavaisuuteen ja keskittymiseen opetustilanteissa (Ma ym. 2014; Hillman ym. 2009; Drollette ym. 2014; Crova ym., 2013; Hillman ym. 2008; Padilla ym. 2014; van der Niet ym. 2016). Dopamiinilla on havaittu olevan keskeinen rooli tarkkaavaisuuden suuntaamisessa (O'Reilly ym. 2002; Sonuga-Barke 2002; Volkow ym. 2009). Esimerkiksi liikunnalla ja fyysisellä aktiivisuudella on mahdollista vaikuttaa tarkkaavaisuuteen ja vireystilaan vaikuttaviin dopamiini- ja noradrenaliinitasoihin positiivisesti (Meuusen & de Meirleir 1995). Myös oppimistilanteen uutuuden ja rutiinin rikkomisen on havaittu vaikuttavan positiivisesti tarkkaavaisuuteen vaikuttaviin mekanismeihin kognitio- ja neurotieteiden tutkimuksissa (Schomaker 2019; Kormi-Nouri ym. 2005; Tulving & Kroll 1995; Spanagel & Weiss 1999; Bunzeck & Duzel 2006; Kempadoo ym. 2016; McNamara & Dupret 2017; Takeuchi ym. 2016) sekä uuden oppimisympäristön (Schomaker 2019; Moser ym. 1994; Davis 2004, Li ym. 2003; Bruel-Jungerman ym. 2005). Lisäksi kasvokkain tapahtuva vuorovaikutus voi vaikuttaa tarkkaavaisuuteen ja tunteiden säätelyyn vaikuttaviin mekanismeihin oppimista edistävästi (Hari ym. 2015; Schore 2001; Siegel 1999). Tämän tutkimuksen työtavat rikkoivat perinteistä luonnontieteiden opetuksen rutiinia kehollisuuden ja oppimisympäristön näkökulmasta ja suurin osa työtavoista sisälsi yhteistoiminnallisuutta.

3 TUTKIMUSASETELMA

Tässä luvussa kuvataan, miten osatutkimukset toteutettiin käytännössä. Tämän jälkeen kuvataan työn monimenetelmällistä tutkimusmenetelmää, tutkimuksen eri vaiheita, tutkimusaineistoa ja datan analyointimenetelmiä.

3.1 Osatutkimusten kuvaus

Tämän tutkimuksen teoreettinen viitekehys perustuu Kolbin kokemuksellisen oppimisen malliin. Myös osatutkimusten suunnittelussa ja toteutuksessa hyödynnettiin Kolbin sykliä (Kolb 2014) taulukon 2 mukaisesti.

Osatutkimusten käytännön toteutusta on kuvattu seuraavissa alaluvuissa.

TAULUKKO 2 Kolbin syklin toteutuminen osatutkimuksissa

| OSATUTKIMUS JA TOTEUTUS | KOKEMUS /TOIMINTA | REFLEKTOINTI JA ILMIÖN KÄSITTEELLISTÄMINEN | OPPIMISEN TAVOITTEET | SOVELLUS KÄYTÄNTÖÖN |
|--|---|---|---|---|
| <p>Liikkuvaa lukioiden tiedeopetusta tablettien avulla (PI)</p> <p>Toteutus Fysiikan mekaniikan kurssit 4 ja 5 vuosina 2013-2015</p> | <p>Mitataan omasta liikuntasuorituksesta videoanalyysisovelluksella opittavia fysiikan suureita. Mittaukset tapahtuivat luokkahuoneen ulkopuolella ja tehtiin ryhmissä.</p> | <p>Heti oppilastyön jälkeen laskettiin ja mallinnettiin liikuntasuoritusta fysiikkaa ryhmissä ja käsitteellistettiin koettuja ilmiöitä. Myös kotona laskettiin ilmiöön liittyviä laskuja. Lisäksi tehtiin projektityö, jossa pohdittiin kurssin fysiikan ilmiöitä oman lajin näkökulmasta. Loppureflektointi tapahtui sähköisen kyselylomakkeen avulla kurssin jälkeen.</p> | <p>Oppia ymmärtämään liikkeeseen ja pyörimiseen fysiikan käsitteitä ja lakeja ja sekä soveltamaan niitä käytännön elämässä. Oppia uuden teknologian soveltamista ja vuorovaikutustaitoja.</p> | <p>Opiskelija oppii soveltamaan ja hyödyntämään mekaniikan lakeja omassa liikuntaharastuksessaan.</p> |
| <p>Oppilaiden mielipiteitä Fysiikkaa liikkuu -työpajasta ohjaamattoman koneoppimisen avulla selvitettyinä (PII)</p> <p>Toteutus vuosina 2016-2017 Fysiikkaa liikkuu työpajassa</p> | <p>Opiskellaan mekaniikan oppisisältöjä siten, että opiskeltava ilmiö koetaan omalla keholla. Toiminta tapahtuu luokkahuoneen ulkopuolella ryhmissä sekä yksilötehtävinä.</p> | <p>Yhdessä ryhmissä ja opettajajohtoisesti heti kehollisen kokeilun jälkeen. Koettu ilmiö käsitteellistettiin ja pohdittiin siihen vaikuttavia tekijöitä. Työpajan jälkeen reflektointi työpajaa sähköisellä kyselyllä.</p> | <p>Oppia pyörimiseen tasapainoon ja liikkeeseen liittyviä fysiikan käsitteitä ja ilmiöitä sekä soveltamaan niitä käytännön elämässä.</p> | <p>Oppilas oppii soveltamaan ja hyödyntämään mekaniikan lakeja omassa liikuntaharastuksessaan.</p> |

jatkuu

TAULUKKO 2 jatkuu

| OSATUTKIMUS JA TOTEUTUS | KOKEMUS /TOIMINTA | REFLEKTOINTI JA ILMIÖN KÄSITTEELLISTÄMINEN | OPPIMISEN TAVOITTEET | SOVELLUS KÄYTÄNTÖÖN |
|---|---|---|---|---|
| <p>Fysiikkaa liikkuu-7-luokkalaisten oppilaiden ja opettajien kokemuksia kehollisesta opetuksesta fysiikassa (PIII)</p> <p>Toteutus keväällä 2018 Fysiikkaa liikkuu-työpajassa</p> | <p>Opiskellaan mekaniikan oppisisältöjä, siten että opiskeltava ilmiö koetaan omalla keholla. Toiminta tapahtuu luokkahuoneen ulkopuolella ryhmissä sekä yksilötehtävinä.</p> | <p>Yhdessä ryhmissä ja opettajajohtoisesti heti kehollisen kokeilun jälkeen. Koettu ilmiö käsitteellistettiin ja pohdittiin siihen vaikuttavia tekijöitä. Työpajan jälkeen reflektointi työpajaa sähköisellä kyselyllä.</p> | <p>Oppia pyörimiseen tasapainoon ja liikkeeseen liittyviä fysiikan ilmiöitä ja soveltamaan lakeja käytännön elämässä.</p> | <p>Oppilas oppii soveltamaan ja hyödyntämään mekaniikan lakeja omassa liikuntaharrastuksessaan.</p> |
| <p>Oppilaista kerätyn digitaalisen hyvinvointidatan kerääminen ja hyödyntäminen monialaisen opetuksen yhteydessä (PIV)</p> <p>Toteutus 2017 yläkoulun hyvinvointi -teemapäivinä ja vuosina 2017-2018 lukion Liikunta, hyvinvointi ja mittaaminen-kursseilla</p> | <p>Opiskellaan liikuntaan, stressiin, palautumiseen ja uneen liittyviä suureita omasta kehosta mitaten. Toiminta luokkahuoneen ulkopuolella sekä ryhmätyökentelyä, että yksilötyökentelyä</p> | <p>Yhdessä ryhmissä käsiteltiin hyvinvointianalyysin tuloksia ja pohdittiin, miten omaa kokonaisvaltaista hyvinvointia voisi parantaa. Lukiolaisilla reflektointia ja käsitteellistämistä tapahtui myös itsenäisesti projektitehtäviä tehdessä. Molemmilla ryhmillä loppureflektointi kyselylomakkeella</p> | <p>Oppia kokonaisvaltaiseen hyvinvointiin vaikuttavia tekijöitä mittauksia tehden ja mittaustuloksia analysoiden. Oppia uuden teknologian soveltamista ja vuorovaikutustaitoja.</p> | <p>Oppilas/opiskelija oppii soveltamaan tietoa kokonaisvaltaiseen hyvinvoinnin osatekijöistä arjen valinnoissa ja tiedon avulla parantaa arjessa jaksamista ja edistää oppimista.</p> |

3.1.1 Liikkuvaa lukion tiedeopetusta tablettien avulla PI

Tutkimusaineisto kerättiin Jyväskylän normaalikoulun lukiossa fysiikan syventävillä mekaniikan kursseilla Fy4 ja Fy5 vuosina 2013-2015. Ensimmäinen opetuskokeilu toteutettiin syksyllä 2013 lukion toiselle vuosikurssille kurssilla Fy5 "Pyöriminen ja gravitaatio". Tutkimuksen interventoryhmään kuului 63 lukion toisen vuosikurssin opiskelijaa. Kurssin kuusi perinteisesti luokassa tehtävää oppilastyötä tehtiin luokkahuoneen ulkopuolella liikunta- ja telinesalissa tai Jyväskylässä Mäki-Matin ja Lounaispuiston perhepuistoissa. Tutkittavana ja liikuteltavana kappaleena oli perinteisten liikuteltavien vaunujen ja muiden kappaleiden sijasta oppilaan oma keho. Mittausaineisto kerättiin ja analysoitiin iPadeilla sekä siihen soveltuvilla sovelluksilla ja mittausantureilla. Tätä mittausdataa ja datan analysoimista käytettiin ilmiön oppimisen tukena. Kurssin viimeisellä tapaamiskerralla toteutettiin loppukysely Google Drive -verkkoympäristöön luodulla sähköisellä kyselylomakkeella, joka tallennettiin myöhempää tutkimusta ja analysoimista varten. Kurssin projektityössä piti selvittää, miten kursilla opitut fysiikan lait liittyvät itseään kiinnostavaan urheilulajiin. Interventoryhmän ja kontrolliryhmän kurssiarvosanat tuotiin Primus-järjestelmästä Excel-tiedostoon, jotta voitiin verrata oppimistuloksia ryhmien välillä.

Syksyllä 2014 Fy4 "Liikkeen lait" -kurssin asiasällöt (nopeus, kiihtyvyys, voima, Newtonin lait, kitka, teho, työ, energia, liikemäärä, impulssi, liikemäärä, pyörimislait, tasapaino, momentti, painovoima, heittoliike jne.) liitettiin urheilun fysiikkaan. Oppimisympäristöt laajennettiin tälläkin kurssilla ulos luokkahuoneesta liikuntasaliin, urheilukentälle, telinesaliin ja kuntosaliin. Perinteisesti luokassa tehtävät kurssin oppilastyöt korvattiin luokkahuoneen ulkopuolella tehdyillä töillä, joissa koevälineenä oli oppilas itse. Mittauslaitteina olivat oppilaiden iPad-tabletit ja niissä muun muassa kiihtyvyyssanturit sekä ohjelmistot nopeuden ja kiihtyvyyden määrittämiseen videokuvasta (ks. kuvio 6). Niin ikään käytössä oli iPadeihin liitettäviä erilaisia antureita, muun muassa voiman mittamiseen.



KUVIO 6 Opiskelija mittaamassa trampoliinihyppyyn liittyviä kiihtyvyyksiä ja nopeuksia

Lisäksi toteutettiin vierailut Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitokseen sekä Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskukseen, joissa tutustuttiin testaamiseen ja mittaamiseen Suomen urheilun huipulla ja tehtiin mittauksia yhdessä tutkijoiden kanssa. Kurssilla tehtiin kirjan tehtävien lisäksi biomekaniikkaan ja urheilun fysiikkaan liittyviä laskutehtäviä sekä oman urheilulajin fysiikkaan liittyvä arvostettava projektityö, joka vaikutti kurssin arviointiin. Yksi kurssin tavoitteista oli se, että urheilua harrastavat nuoret voisivat kurssilla opitun fysiikan avulla saada konkreettista hyötyä oman lajinsa harjoitteluun, muun muassa juoksun ja rinnallevedon biomekaniikan tutkimisen avulla. Joka tunti tavoitteena oli reflektoida, miten kyseisellä tunnilla opitut fysiikan lait liittyvät oppilaan omaan lajiin, ja tätä kautta tuoda opetettavia asioita lähemmäksi oppilaan omaa kokemusmaailmaa. Tälläkin kurssilla loppukysely toteutettiin viimeisellä tapauksella Google forms -lomakkeella (Liite 1).

Esimerkkejä osatutkimuksen oppilastöistä:

Kulmakiikkyvyys ympyräliikkeessä

Opiskelija liikkuu liikuntasalin keskiympyrässä ympyrärataa pitkin. Pari mittaa väliaikoja iPadin kellolla neljäsosakierrosten välein. Aluksi kävellään hitaasti ja vauhti kiihtyy kahden kierroksen aikana asteittain hitaasta kävelystä reippaaseen juoksuun. Työn jälkeen aineistosta tehdään Ipadeillä (aika, kiertokulma)-kuvaaja ja pohditaan kuvaajan kulmakertoimen (kulmanopeuden) käyttäytymistä. Kuvaajan avulla johdetaan uusi suure, kulmakiikkyvyys.

Normaalikiiktyvyys ympyräliikkeessä

Oppilaat tekevät koulun pihalle säteeltään noin 30 metrisen ympyräradan (mitataan rullamitalla). Tavoitteena on kiertää rata juoksemalla tai pyörällä mahdollisimman tasaisella nopeudella. Nopeutta kontrolloidaan iPadin ilmaisella Speedmeter-sovelluksella tai älypuhelimien Sport Tracker -sovelluksella. Opiskelijat laskevat mitatun nopeuden ja ympyräradan säteen avulla oman normaalikiiktyvyytensä ja pohtivat voimia, jotka kohdistuivat heihin ympyräradalla liikkeessä. Kiihtyvyyttä voidaan mitata myös suoraan iPadin antureilla esimerkiksi ilmaisella Sparkvue-sovelluksella. Opiskelijat voivat verrata iPadeilla mitattua arvoa nopeuden ja radan säteen avulla laskettuun arvoon ja pohtia syitä, mikäli arvot eroavat toisistaan.

Hitausmomentin määrittäminen 1

Opiskelijat rakentavat telinesaliin esimerkiksi patjoista lähtölavan, josta lähdeään keinumaa joko renkaiden tai köyden varassa. Aluksi selvitetään, miten köyden tai renkaiden pituus voitaisiin mitata sekä lasketaan opiskelijan massakeskipisteen etäisyys ripustuspisteestä. Tämän jälkeen mitataan massakeskipisteen korkeuden ero keinumisliikkeen radan alimman ja ylimmän pisteiden välillä. Seuraavaksi heiluriliikettä kuvataan Vernier Video Physics -ohjelman avulla selvittää keinumajan nopeus radan alimmassa pisteessä. Sama tehdään matemaattisesti kynällä ja paperilla energiaperiaatteen avulla. Tämän jälkeen opiskelijat selvittävät videokuvasta yhteen heilahdukseen kuluneen ajan T ja laskevat fyysisen heilurin kaavalla oman hitausmomenttinsa. Lisäksi hitausmomentti lasketaan taulukkokirjan pistemäisen massapisteen kaavalla ja verrataan eroja fyysisen heilurin kaavalla laskettuun. Lisätehtävänä voidaan mitata keinumajan kiihtyvyyttä heiluriliikkeessä iPadin omilla kiihtyvyyksiantureilla ja pohtia, miten kiihtyvyys muuttuu liikkeen aikana sekä milloin keinumajalla on tangentiaalinen/normaalikiiktyvyys.

Hitausmomentin määrittäminen 2

Opiskelijat rakentavat telinesaliin kaltevan tason patjoista ja penkeistä ja vierivät sen "tukkeina" ylhäältä alas. Vierijän loppunopeus tason alapäässä voidaan selvittää, kun mitataan tason pituus, korkeus sekä vierimiseen kulunut aika. Lisäksi loppunopeus selvitetään iPadille kuvatusta videosta Vernier video Physics -sovelluksella. Lopuksi lasketaan energiaperiaatteen avulla vierivän opiskelijan hitausmomentti.

Pyörimismäärän säilymisperiaate karusellissa

Kaksi opiskelijaa pyörii karusellissa. Ensin menään karusellin ulkokehälle etäisyydelle r_1 . Annetaan karusellille vauhtia ja kuvataan iPadeilla pyörimistä. Tämän avulla selvitetään pyörimisnopeus n_1 . Seuraavaksi opiskelijat kiskovat itsensä lähemmäksi karusellin keskipistettä etäisyydelle r_2 ja selvitetään videokuvasta

muuttunut pyörimisnopeus n_2 . Lopuksi selvitetään, toteutuuko ilmiössä pyörimismäärän säilymislaki ja pohditaan syitä, mikäli kokeelliset tulokset eivät vastaa teoriaa.

Heittoliike

Opiskelijat mallintavat heittoliikettä esimerkiksi hyppimällä telinesalin trampoliinilta volttimonttuun. Hyppysuorituksia kuvataan iPadeilla ja videokuva muunnetaan graafiseksi kuvaajiksi Vernier Video Physics -sovellun avulla. Kuvaajista voidaan selvittää kantama, lähtönopeus, loppunopeus, lähtökulma ja lentoaika. Tämän jälkeen reflektoidaan, miten käytäntö kytkeytyy teoriaan laskemalla laskukaavan avulla heittoliikkeen teoreettinen kantama ja pohtimalla toteutuuko kantama kuvatussa hypyssä. Lisätehtävänä on mitata kiihtyvyyksiä hypyssä siten, että hyppääjällä on iPad sylissä (Kuvio 6) ja selvittää, miten kiihtyvyys muuttuu hypyn aikana.

Arvosteltava kurssin projektityö: Miten viedä kurssin asiat omien harrastusten pariin?

Opiskelijat valmistavat arvosteltavan opetusvideon esimerkiksi Explain Everything- ja iMovie-sovellusten avulla. Opetusvideossa he selvittävät, miten kurssilla opitut fysiikan lait liittyvät heidän omiin harrastuksiinsa tai kiinnostuksen kohteisiinsa. Esimerkiksi tanssia harrastavat opiskelijat voivat tarkastella, miten kitka, tasapainolait ja pyörimiseen liittyvät kurssin ilmiöt liittyvät tanssiin ja miten he voisivat hyödyntää niitä piruetin tekemissä tai breakdancen spineissä.

3.1.2 Oppilaiden kokemuksia Fysiikkaa liikkuen -työpajasta ohjaamattoman koneoppimisen avulla selvitettyinä PII

Tutkimus toteutettiin keskisuomalaisessa noin 400 oppilaan yläkoulussa lukuvuonna 2016 - 2017. Vieraileva tutkijaopettaja toteutti seitsemäsluokkalaisille kahden tunnin "Fysiikkaa liikkuen" -nimisen työpajan. Tutkimukseen osallistui yhteensä 17 eri oppilasryhmää, yhteensä 224 oppilasta, josta poikia oli 108 ja tyttöjä 116.

Fysiikkaa liikkuen -työpajan tavoitteena oli opiskella liikkeeseen, tasapainoon ja pyörimiseen vaikuttavia fysiikan lakeja kehoa hyödyntävillä työtavoilla ja siirtää opittua tietoa oppilaan omiin harrastuksiin. Yksi työpajoista videoitiin ja kaikille oppilaille tehtiin kokemuksia kartoittava loppukysely heti työpajan päätteeksi Google forms -kyselylomakkeella (Liite 1). Osatutkimuksen kulkua on kuvattu tarkemmin tutkimusartikkelissa PIII, mutta alla on muutama esimerkki oppilastöistä:

Kitkan kokeminen viivajuoksussa

Osalle oppilaista jaetaan villasukat. Osa oppilaista ottaa sukat pois ja osa käyttää tavallisia sukkia. Seuraavaksi pidetään leikkimielinen viivajuoksukilpailu. Kilpailun jälkeen pohditaan, mistä kitka syntyy ja miten se vaikuttaa viivajuoksuun. Tämän lisäksi keskustellaan, miten oppilaat huomioivat kitkaa omissa harrastuksissaan kuten tanssissa, jalkapallossa, yleisurheilussa, laskettelussa tai luistelussa.

10000 euroa

Oppilaat ovat tässä vaiheessa työpajaa jo käsitelleet tukipinnan ja painopisteen käsitteet. Opettaja laittaa kännykkänsä tai lompakkonsa panokseksi ja pyytää oppilaita kokeilemaan seuraavaa: ”Nojaa seinään siten, että selkäsi on suorana ja kantapäät ja takapuoli ovat kiinni seinässä. Sijoita kännykkä tai lompakko noin 30 cm:n etäisyydelle kengän kärjistä. Nosta kännykkä tai lompakko maasta siten, että polvesi ovat koko ajan suorana (Moilanen ym. 2019)”. Jos tehtävä onnistuu, oppilas saa pitää poimimansa kappaleen ja 10000 euroa. Seuraavaksi pohditaan, miksi tehtävä on mahdoton. Milloin kappele kaatuu ja miten esimerkiksi pellekengät auttaisivat asiaa?

Tuolilla ja lattialla pyörimistä

Aluksi opettaja menee pyörivälle tuolille ja opettaa opettajajohtoisesti tuolilla painojen kanssa demonstroiden pyörimisakselin, hitausmomentin, kulmanopeuden ja pyörimismäärän käsitteet (kuvio 7). Seuraavaksi oppilaat testaavat pyörimistä tuolilla ja lattialla eri kehon osien (pylly, selkä) varassa. Oppilaat istuvat tuolilla kädet ja jalat suoriksi ojennettuina. Tuoli laitetaan pyörimään ja tuodaan kädet ja jalat mahdollisimman lähelle vartaloa havaitaan, että pyörimisnopeus muuttuu. Mikä mahtaa olla syynä ilmiöön? Tarkoituksena on kokea kehollisesti, miten hitausmomentin muutos ja siitä seuraava kulmanopeuden muutos. Tämän lisäksi oppilaat kokeilevat pyörimistä pyllyllään ja selän varassa. Kuka pyörii useimman kierroksen? Miten housujen/paidan materiaali vaikuttaa pyörimiseen? Miten saadaan mahdollisimman suuri pyörimismäärä pyörimiseen ja miten kannattaa pyöriä, että kehon hitausmomentti olisi mahdollisimman pieni? Miten voit hyötyä opitusta ilmiöstä omassa harrastuksessasi (tanssi, lumilautailu, trampoliinihyppy, telinevoimistelu jne.)?



KUVIO 7 Pyörimiseen vaikuttavien tekijöiden reflektointia oppilaiden kanssa

Lopputanssi

Työpajan loppuksi kerrataan liikkeeseen, tasapainoon ja pyörimiseen liittyviä asioita lopputanssin avulla. Oppilaat suunnittelevat ryhmissä kuuden liikkeen liikesarjan, joka sisältää kaksi tasapainoasentoa eli freezeä, kaksi pyörimisliikettä ja kaksi erilaista etenemisliikettä tilassa. Työpajan päätteeksi liikesarjat esitetään musiikin tahdissa muille.

3.1.3 Fysiikkaa liikkuen - 7-luokkalaisten oppilaiden ja opettajien kokemuksia kehollisesta opetuksesta fysiikassa PIII

Tässä osatutkimuksessa tutkimusaineisto kerättiin edellä kuvatussa ”Fysiikkaa liikkuen” -työpajassa. Tutkimusaineistoa täydennettiin pitämällä työpaja keväällä 2018 yhteensä 124 yläkoulun seitsemännen luokan oppilaalle. Tämä osatutkimus pyrki selvittämään, esiintyikö 7-luokkalaisten kokemuksissa suhteessa työpajaan muutoksia vuosien 2016–2018 välillä ja oliko uusi opetussuunnitelma ja Liikkuva koulu -ohjelma vaikuttaneet liikunnallisten työtapojen käytön lisääntymiseen tiedeopetuksessa oppilaiden näkökulmasta. PISA-tutkimus 2015 nosti erityishuolen poikien motivaation hiipumisesta luonnontieteitä kohtaan ja luonnontieteissä heikkojen oppilaiden kasvavasta määrästä (Vettenranta ym. 2016). Tämä osatutkimus pyrki vertailemaan, oliko sukupuolella ja koulumenestyksellä vaikutusta opetusmenetelmien kokemiseen. Tutkimuksessa selvitettiin myös kyselyn avulla työpajaa valvovien opettajien (n = 8) suhtautumista liikunnallisten työtapojen käyttöön sekä heidän havaintojaan oppilaiden toiminnasta työpajan aikana. Oppilaille ja työpajaa valvoville opettajille tehtiin loppukysely heti työpajan päätteeksi Google Drive -verkkoympäristöön luodulla sähköisellä kyselylomakkeella, jonka kysymykset löytyvät liitteestä 1.

3.1.4 Oppilaiden digitaalisen hyvinvointidatan kerääminen ja hyödyntäminen monialaisen opetuksen yhteydessä PIV

Yläkoulu: Monialainen hyvinvointi -teemapäivä

Normaalikoulun yläkoulun kevään 2017 teema oli itsestä huolehtiminen ja arjen taidot. Tässä osatutkimuksessa suunniteltiin yläkoulun oppilaille (n = 161) monialainen hyvinvointi-teemapäivä, jonka keskeiset sisällöt olivat uni, stressinhallinta ja fyysinen aktiivisuus. Oppilaille annettiin mahdollisuus tehdä Firstbeatin hyvinvointianalyysi Bodyguard2-sensorilla (Firstbeat 2014), joka mittaa mm. oppilaan sykettä, sykeväli vaihtelua ja liikettä vähintään kolmen päivän ajan. Oppilaita ohjeistettiin aloittamaan mittaukset torstai- ja lopettamaan aikaisin- taan sunnuntai- aamuna. Hyvinvointimittaukset toteutettiin ennen teemapäivää ja tutkijaopettaja purki mittarit ja tulosti hyvinvointianalyysit, jotka jaettiin oppilaille teemapäivänä. Tavoitteena oli, että oppilas saisi mittausten avulla henkilökohtaisen palautteen esimerkiksi eri stressitekijöistä, palautumisen riittävydestä ja unen laadusta sekä liikunnan vaikutuksista terveydelle ja kunnolle.

Teema-päivänä kukin oppilas kiersi kolme toiminnallista työpajaa (kesto 45 min/työpaja), joissa aiheina olivat uni, fyysinen aktiivisuus ja stressin hallinta. Työpajoissa pohdittiin oppilaiden mittaustuloksia ja mietittiin konkreettisia keinoja hallita stressiä arjen keskellä. Liäksi tarjottiin työkaluja mahdollisiin uniongelmiin.



KUVIO 8

Yläkoulun oppilaat tutkimassa hyvinvointianalyysijään

Lukio: Liikunta, hyvinvointi ja mittaaminen -kurssi

Keväällä 2017 normaalikoulun lukiossa järjestettiin ensimmäisen kerran lukion uuden opetussuunnitelman mukaisten teemaopintojen ”Liikunta, hyvinvointi ja mittaaminen” -kurssi. Valinnainen kurssi integroi fysiikkaa, kemiaa, liikuntaa, terveystietoa, biologiaa ja psykologiaa, ja sen teemoina olivat liikunta, stressi ja ajanhallinta sekä uni ja ravinto.

Kurssin tavoitteena oli, että opiskelijat mittaavat omasta kehostaan ja liikeestään nykYTEKNIKALLA mitattavissa olevia hyvinvointisuureita ja opiskelevat omien mittausten avulla hyvinvointiin liittyviä ilmiöitä ja käsitteitä. Kurssin tavoitteena oli opiskelijan kokonaisvaltaisen hyvinvoinnin parantaminen mitatun tiedon ja saadun palautteen avulla. Opiskelijoille jaettiin kurssin ajaksi Polar M200 -älykellot (Polar 2019), he tekivät Firstbeatin hyvinvointianalyysin (Firstbeat 2014) sekä testasivat unen ja liikunnan mittaamista myös mobiilisovelluksilla ja Emfitin unenmittausantureilla (Emfit 2019). Kulmala & Moilanen (2017) kuvaa kurssin toteutuksen yksityiskohtaisesti, mutta alla esitellään muutamia kurssin kehon mittaamista hyödyntäviä työtapoja:

Unen seuranta. Taulukoi keskimääräinen uniaika/vuorokausi Polarin mittarilla mittaussjakson aikana ja Firstbeatin mittarilla muutaman päivän mittaussjakson ajan. Onko eri laitteilla tehdyissä mittauksissa eroa? Huomaatko mittauksista tekijöitä, jotka häiritsevät uniasi? Miten voisit parantaa unen laatua/määrää? Mitä seurauksia liian vähäisellä unella tai huonolla unenlaadulla on ihmiselle ja oppimiselle? Mikä unen vaihe erityisesti on palautumisen kannalta tärkeä ja miksi?

Hermoston stressi/palautuminen. Taulukoi exceliin Firstbeatin mittaamat keskimääräinen palautumisen määrä/vrk prosentteina, unijakson pituus (keskiarvo mittaussjaksolta) ja palautumisen määrä unijaksosta (prosentteina). Miten selität termin sykevälivaihtelu (HRV *heart rate variability*) ja mitä se kertoo autonomisen hermoston tilasta? Mitä erilaisia kehon fysiologiaan liittyvää tietoa saadaan, kun mitataan HRV:tä? Mitkä olivat stressaavimpia hetkiä arjessasi? Mitä keinoja sinulla on stressinhallintaan?

Verenpaine. Mittaa verenpaineesi kolmesti (aamu, päivä ja ilta). Tee mittaus myös koeviikolla ennen koetta. Vaihteleeko verenpaineesi päivän mittaan? Mitä haittaa korkeasta/matalasta verenpaineesta voi olla?

Kevennyshyppy. Käy mittaamassa kolme kertaa toukokuun aikana tuloksesi kevennyshyppystä. Ohjeet laboratoriossa. Miksi Suomen hiihtomaajoukkue käyttää aamuisia kevennyshyppyjä palautumisen seurannassa?



KUVIO 9

Lukiolaiset veren sokeria mittaamassa

Tässä osatutkimuksessa kerättiin hyvinvointidataa sekä oppimista että tutki-
musta varten. Firstbeat-mittauksiin osallistui 198 13–17-vuotiasta oppilasta ja
he oppivat hyvinvointiin vaikuttavia tekijöitä omia mittaustuloksiaan analysoi-
malla ja refleктоimalla. Yläkoulun teemapäivän ja lukion kurssin päätteeksi teh-
tiin loppukysely Google Drive -verkkoympäristöön luodulla sähköisellä kysely-
lomakkeella, jonka kysymykset löytyvät liitteestä 1.

3.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus koostuu neljästä osatutkimuksesta (PI, PII, PIII, PIV), jotka muodosta-
vat monimenetelmällisen kokonaisuuden, joka voidaan määritellä monimenetel-
mälliseksi (*mixed-method*) tutkimukseksi. Tämä tutkimus pyrkii vastaamaan mo-
nimenetelmällisesti tutkimuskysymyksiin, ja se sisältää sekä kvalitatiivisia että
kvantitatiivisia lähestymistapoja kysymystyypeissä, tutkimusmenetelmissä sekä
tiedonkeruu- ja analysointimenetelmissä (Creswell 2011; Tashakkori & Teddlie
2009; Pernaa 2013). Monimenetelmällisyyden käyttö on perusteltua tutkimusongel-
missa, joissa kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen lähestymistavan yhdistäminen
syventää ymmärrystä ja antaa monipuolisemman kuvan tutkittavasta ilmiöstä
(Creswell & Clark 2017; Johnson & Onwuegbuzie 2004). Johnson ja Onwuegbuzie
(2004) mukaan erilaisten menetelmien tarkoituksenmukainen käyttö tutkimuk-
sen eri vaiheissa lisää tutkimuksen vahvuutta. Monimenetelmälliselle tutkimuk-
selle on tyypillistä, että käytettävät menetelmät määräytyvät tutkimusongelman
ja tutkimuskysymyksen mukaan (Creswell & Clark 2017). Tässä tutkimuksessa
eri tutkimuskysymysten analysoimisessa käytettiin eri menetelmiä. Monimene-
telmällinen tutkimus on saavuttanut viime vuosina suosiota monella eri alalla
monimuotoisuutensa ja laajojen soveltamismahdollisuuksiensa vuoksi (Johnson
& Onwuegbuzie 2004; Symonds & Gorard 2010; Tashakkori & Teddlie 2011). Eri-
tyisesti ihmistieteisiin liittyvät ilmiöt ovat kompleksisia ja monitahoisia, jolloin
monimenetelmällinen tutkimus voi tarjota syvällisempää ymmärrystä tutkitta-
vasta ilmiöstä (Fetters ym. 2013). Viime vuosina kokemuksen tutkiminen onkin
lisääntynyt ihmistieteissä ja kehitystä on edesauttanut tutkimustapojen moni-
naistuminen (Toikkanen & Virtanen 2018). Tässä tutkimuksessa ollaan kiinnos-
tuneita enemmän oppilaiden kokemuksista numeeristen oppimistulosten vertai-
lun sijasta, jolloin monimenetelmällinen, uusia datan analysointimenetelmiä si-
sältävä tutkimusote voi tarjota monipuolisempaa tietoa tutkittavasta ilmiöstä.

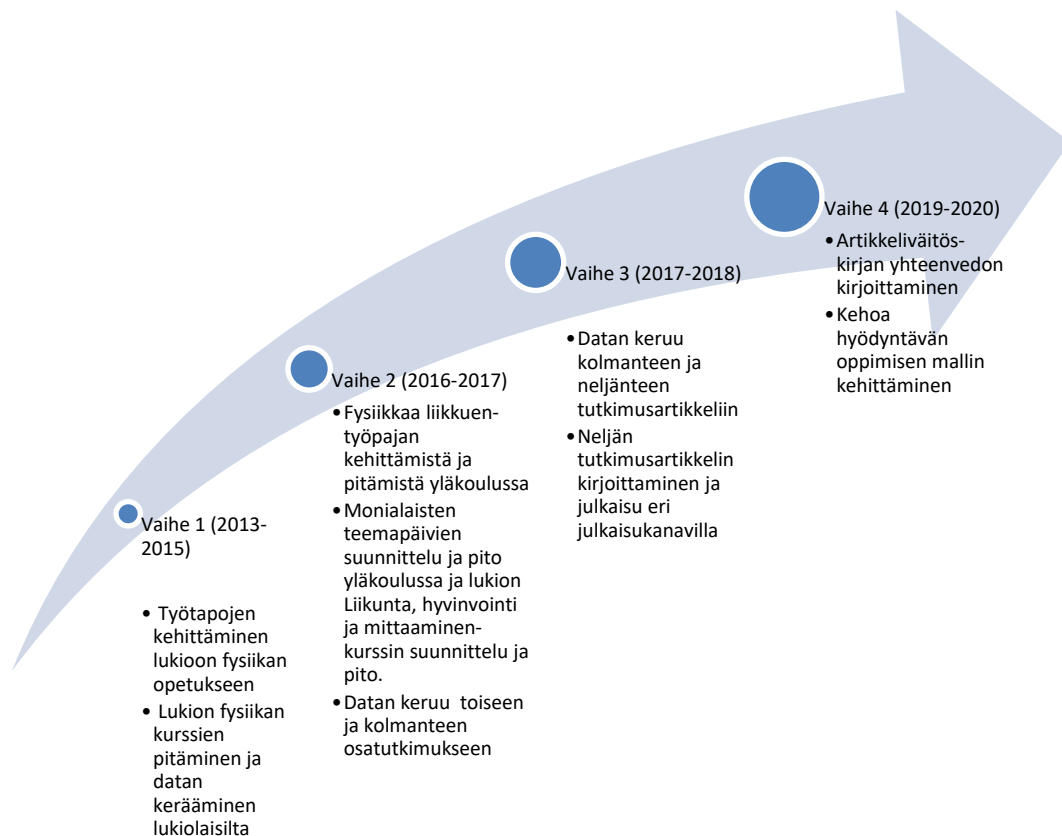
Fettersin ym. (2013) ja Johnson ja Onwuegbuzien (2004) mukaan aineisto-
jen ja menetelmien sekoittaminen ”mixing” voi tapahtua useassa eri vaiheessa
tutkimusprosessia. Toisen menetelmän avulla tuotettu tietoa tutkittavasta koh-
teesta voi lisätä toisen menetelmän tuottamaa tietoa (building). Esimerkiksi
tässä tutkimuksessa kyselylomakkeiden avoimien kvalitatiivisten kysymysten
analysointi toi lisää tietoa oppilaiden kokemuksista ja yhdessä kvantitatiivisten
vastausten kanssa tutkittavasta ilmiöstä saatiin tarkempaa tietoa. On myös
mahdollista käyttää toisen aineiston näytteitä tutkimuksen aikana (connecting),

jolloin aineistojen yhdistäminen tapahtuu peräkkäisesti. Esimerkiksi kvantitatiivisen kyselyaineiston perusteella valitaan haastateltavat kvalitatiiviseen haastattelun. Eri aineistot voidaan tuoda yhteen vasta analysointivaiheessa (merging), kuten neljännessä osatutkimuksessa PIV toteutettiin. Lisäksi on mahdollista linkittää eri menetelmin keräytyttyjä aineistoja ja niistä tehtyjä analyysyjä ei kohdissa tutkimusprosessia (embedding).

Ihmisen toimintaan liittyvä tutkimus sisältää väistämättä useita epävarmuustekijöitä. Tämän vuoksi monimenetelmällisessä tutkimusprosessissa tulee säilyttää joustavuus ja avoimuus (Feilzer 2010; Johnson & Onwuegbuzie 2004). Tutkimuksen monimenetelmällisyys vaatiikin sitoutumista epävarmuuteen ja sen tunnustamista, että tutkimuksen tulokset eivät tarjoa absoluuttista totuutta tutkittavasta ilmiöstä (Teddlie & Tashakkori 2009). Erilaisista lähteistä kerättävän ja tallennettavan digitaalisen datan määrä kasvaa nykyään voimakkaasti, jolloin uusien monimenetelmällisten data-analysointimenetelmien avulla ja eri datalähteitä yhdistelemällä tutkittavasta ilmiöstä voidaan jalostaa uutta tietoa, johon perinteisillä monometodisilla tutkimusmenetelmillä ei pystytä (Neittaanmäki ym. 2019). Tässä tutkimuksessa kerättyä dataa on käsitelty perinteisten tilastollisten menetelmien lisäksi koneoppimisen avulla (Moilanen ym. 2017a; Moilanen ym. 2017b).

Eri osatutkimuksissa käytettiin kokeellista tutkimusta (kenttäkokeet) ja pääaineiston keruussa sähköistä kyselytutkimusta. Kyselytutkimuksien aineistoja analysoitiin sekä määrällisesti että laadullisesti. Tämän lisäksi tutkimuksessa pääaineistoa täydentäviä sivuaineistoja kerättiin monella eri tavalla kuten videomalla työpajaa, teettämällä opettajille kysely ja keräämällä sekä digitaalista hyvinvointidataa että opiskelijoiden tekemät projektitehtävät ja kokeet talteen myöhempää tarkastelua ja mahdollista jatkotutkimusta varten. Toimin tutkimuksessa tutkija-opettajan roolissa osana prosessia, joten objektiivisuuden vaaliminen on erityisen tärkeää. Opettajille tehdyn kyselyn tarkoituksena oli saada tutkimukseen objektiivista ulkopuolisen asiantuntijan näkökulmaa, joka voisi täydentää tutkija-opettajan havaintoja ja tulkintoja (Krueger & Casey 2000).

Tutkimuksen ajallinen eteneminen käy ilmi alla olevasta kuviosta 10.



KUVIO 10 Tutkimuksen eteneminen

Ensimmäisessä vaiheessa (2013 – 2015) kehitettiin lukion mekaniikan kursseille työtapoja, joissa opiskeltiin fysiikkaa ulkona liikkuen tablettien avulla ja toteutettiin ensimmäinen osatutkimus PI. Opiskelijoiden kokemuksia analysoidessa kävi ilmi, että opiskelijat eivät juurikaan maininneet käytettyä teknologiaa vastauksissaan. Tämän vuoksi seuraavassa osatutkimuksessa haluttiin jättää teknologia kokonaan pois ja siirtää opetuskokeilu yläkouluun, jossa tutkittiin kehoillisten työtapojen vaikutusta 7-luokkalaisten oppimiskokemuksiin fysiikan opiskelussa. Vaiheessa 2 (2016 – 2017) suunniteltiin ja toteutettiin ”Fysiikkaa liikkuen”-työpajat ja kerättiin aineisto toiseen osatutkimukseen PII. Lisäksi kehon hyödyntämisestä tiedeopetuksessa laajennettiin myös kehon mittaamiseen ja hyvinvointioppimiseen. Tätä varten suunniteltiin ja toteutettiin yläkoulun monialaiset hyvinvointi-teemapäivät ja lukiolaisten ”Liikunta, hyvinvointi ja mittaaminen”-kurssi. Vaiheessa 3 (2017 – 2018) järjestettiin kolmannen kerran ”Fysiikkaa liikkuen”-työpajat sekä toisen kerran lukiolaisten ”Liikunta, hyvinvointi ja mittaaminen”-kurssi. Fysiikkaa liikkuen -työpajat järjestettiin kolmena vuotena peräkkäin, jotta voitiin vertailla, onko oppilaiden kokemukset muuttuneet kolmen vuoden aikana. Liikkuva koulu -ohjelman myötä koulussa oli lisääntynyt toiminnallisten työtapojen käyttö, joten uutuudenviehätys ei mahdollisesti vaikuttanut työtapojen kokemiseen kolmantena vuonna 2018 samoissa määrin kuin vuonna 2016. Kolmannessa osatutkimuksessa PIII tarkasteltiin myös työpajaa seurannei-

den opettajien kokemuksia ja havaintoja työpajasta. Kolmannessa vaiheessa kirjoitettiin ja julkaistiin työn neljä osatutkimusta (PI, PII, PIII ja PIV). Neljännessä vaiheessa (2019 – 2020) keskityttiin artikkeliväitöskirjan yhteenvedon kirjoittamiseen.

3.2.1 Kokeellinen tutkimus

Tämän tutkimuksen osatutkimuksissa tutkittiin valitun toiminnan (kehollisen työtavan) vaikutusta oppimisen kannalta keskeiseen ilmiöön (oppilaiden oppimiskokemus). Tällöin usein käytetään kokeellista tutkimusta (Robson 2002). Perinteisessä kokeellisessa tutkimuksessa tutkimustilanne on muodostettu siten, että tutkija pyrkii havainnoimaan ilmiöiden vaikutuksia ja syy – seuraus-suhteita kontrolloimalla kaikkia ilmiöön liittyviä tekijöitä (Soininen 1995). Kaikkien oppimistilanteeseen vaikuttavien muuttujien vakioiminen ja kontrollointi on haastavaa (Pernaa 2013). Näin ollen tutkimuksen kokeellinen menetelmä voidaan tarkentaa kvasikokeelliseksi tutkimukseksi, sillä sen pyrkimyksenä ei ole kaikkien koetilanteeseen liittyvien muuttujien kontrollointi (Anttila 1998). Ensimmäisessä osatutkimuksessa PI käytettiin kokeellisen tutkimuksen perinteen mukaista tutkittavien kohteiden satunnaista jaottelua koe- ja kontrolliryhmiin ja niiden oppimistulosten tilastollista vertailua. Kolmessa muussa osatutkimuksessa PII, PIII ja PIV kontrolliryhmiä ei voitu muodostaa, koska tutkimukseen ei löytynyt oppilasryhmiä, joissa vastaavat asiasällöt oltaisiin voitu opettaa luokkahuoneessa perinteisin opetusmenetelmin työpajoja vastaavassa aikaikkunassa. Kontrolliryhmien puuttumista paikattiin sillä, että oppilaat vertasivat kokemuksiaan aikaisempiin fysiikan kursseihin ja aikaisempiin kokemuksiin luonnontieteiden oppitunneista, joissa työskentely tapahtui pääasiassa ei-kehollisin menetelmin luokkahuoneessa.

3.2.2 Kysely kokemuksista

Tämän tutkimuksen pääaineiston (kysely oppilaiden kokemuksista) keruu toteutettiin sähköisellä kyselylomakkeella. Kyselytutkimus pyrkii selittämään, vertailemaan ja kuvailemaan ilmiötä, tässä tutkimuksessa oppilaiden kokemuksia kehoa hyödyntävistä työtavoista. (Hirsjärvi ym. 2009; Soininen 1995). Sähköinen kyselytutkimus on suosittu, nopea, taloudellinen, tietosuojaltaan hyvä, objektiivinen ja vaivaton tapa kerätä laajojakin tutkimusaineistoja (Hirsjärvi ym. 2009; Soininen 1995; Robson 2002). Koska kerätty data on valmiiksi sähköisessä muodossa, se on helppo analysoida.

Kyselylomakkeen suunnittelussa ja laatimisessa tutkijalla tulee olla selkeästi määriteltynä tutkimusongelma, jota halutaan mitata. Tässä tutkimuksessa haluttiin mitata eri ikäisten oppilaiden kokemuksia kehoa hyödyntävien työtapojen käytöstä tiedeopetuksessa. Tutkimusongelman määrittelyn jälkeen valitaan parhaiten sopiva kohderyhmä ja tiedonkeruumenetelmä eli mittari, jolla tutkittavasta kohteesta halutaan saada tietoa (Heikkilä 2008). Tässä tutkimuksessa valittiin kohteeksi yläkoulu- ja lukioikäiset oppilaat ja mittariksi itse laadittu kyselylomake. Tutkimusta suunniteltaessa tulisi pohtia kysymyksiä mitä, mistä ja

miten mitataan (Heikkilä 2008). Kyselylomakkeen laatiminen vaatii tutkimusongelman pohtimista ja siihen liittyvään teoriaan perehtymistä sekä käsitteiden selkeää määrittelyä (Heikkilä 2008). Tässä tutkimuksessa kyselylomakkeen laadintaa edelsi tutkimuksen kannalta keskeiseen teoreettiseen taustaan tutustuminen ja taustalla olivat tutkimuksen teoreettisessa viitekehyksessä esitellyt tutkimukset, joiden mukaan positiivinen tunne, motivaatio, tarkkaavaisuus ja stressi vaikuttavat oppimiseen ja oppimiskokemuksen syntymiseen. Tältä pohjalta laadittiin kyselylomakkeet (Liite 1), jotka antaisivat monipuolista ja mahdollisimman luotettavaa tietoa oppilaiden kokemuksista. Osatutkimusten PI - PIII kyselylomakkeiden kysymykset laadittiin yhdessä ohjaajan (Marja Kankaanranta) kanssa. Neljännen osatutkimuksen kysymykset laadittiin itsenäisesti.

Hirsjärven ym. (2009) mukaan asteikolliset kysymykset ja monivalintakysymykset kuuluvat perinteisesti määrälliseen tutkimukseen, kun taas avoimien kysymyksien analysoinnin katsotaan olevan laadullista tutkimusta. Kyselylomakkeiden avoimia kysymyksiä voidaan kvalitatiivisen analyysin lisäksi käyttää kvantitatiivisissa analyysissä. Avoimissa kysymyksissä saadut sanalliset vastaukset on mahdollista lajitella ja koodata numeerisiksi (Vilkka 2007). Tämän tutkimuksen avoimien kysymysten vastauksien analysoinnissa käytettiin luokitte-
lua ja koodausta. Avoimista vastauksista etsittiin yhteneväisyyksiä, joiden pohjalta muodostettiin eri luokat, jonne eri vastaukset kategorisoitiin. Luokista muodostettiin muuttujia, joille annettiin numeerinen arvo analysoimisen helpottamiseksi. Numeroituja luokkia käytettiin laskettaessa prosentiosuuksia ja eri luokkiin sijoittuvien vastausten esiintymismääriä ja prosentiosuuksia (Cohen ym. 2011) sekä myöhemmin klusterianalyysissä.

Kyselylomakkeen laatijan on otettava huomioon se, miten aineisto käsitellään (Heikkilä 2008). Tutkimuksen kannalta on tärkeää, että lomakkeen kysymykset ovat sisällöllisesti oikeita ja mahdollistavat tilastollisen analyysin (Vehkalahti 2008). Tässä tutkimuksessa kyselylomaketta laadittaessa oli tiedossa, että kyselylomakkeiden dataa käsiteltäisiin myös ohjaamattoman koneoppimisen avulla ja että tutkimusasetelmana olisi monimenetelmällinen tutkimus. Tämän vuoksi kyselylomakkeeseen haluttiin määrällisten asteikollisten kysymysten lisäksi avoimia laadullisia kysymyksiä.

Oppimiskokemukseen liittyvien subjektiivisten tunteiden mittaamisessa PANAS-mittari (Watson ym. 1988) on yksi käytetyimmistä asteikoista oppimistilanteen itsearvioinnissa. Lomakkeessa on kymmenen positiivista ja kymmenen negatiivista tunnetilaa kuvaavaa adjektiivia. PANAS-mittarissa tunnetilaa mitataan 5-portaisen Likert-asteikolla (1 = ei ollenkaan tai hyvin vähän, 5 = erittäin paljon). Tässä tutkimuksessa kuitenkin koettiin, että tutkittavasta ilmiöstä (oppimiskokemuksesta) saataisiin monipuolisempi kuva itsetehdyllä lomakkeella. Itse tehty lomake (Liite 1) olisi selkeämpi nuorimmille vastaajille ja lisäksi sitä voitiin rikastaa avoimilla kysymyksillä, mikä antaa monimenetelmällisessä tutkimuksessa lisää tietoa tutkittavasta ilmiöstä (Creswell & Clark 2017; Johnson & Onwuegbuzie 2004).

Heikkilän (2008) mukaan kyselylomakkeessa kannattaa mahdollisuuksien mukaan käyttää tiedeyhteisön aiemmin käyttämiä ja omaksumia mittareita sekä

vastausskaaloja. Koska tämän tutkimuksen työtapojen käytöstä ei oltu vielä tehty tieteellistä tutkimusta, pohjaa tarkoituksenmukaiselle kyselylomakkeelle ei löytynyt valmiina. Tämän tutkimuksen pääasialliseksi asennemittariksi valikoitui viisiportainen Likertin asteikko, jonka avulla voidaan mitata oppilaan kokemukseen perustuvia mielipiteitä järjestysasteikolla. Likertin asteikko mittaa sekä myönteistä että kielteistä asennetta kysymykseen siten, että toisena ääripäänä on väittämä `täysin samaa mieltä` ja toisena ääripäänä `täysin eri mieltä`. (Vilkka 2007.)

Asteikkoihin perustuvien kvantitatiivisten kysymysten lisäksi tutkimuksen oppilailta kerättiin tietoa avoimilla kysymyksillä, jotka antoivat mahdollisuuden tuoda esille omia ajatuksia ja kokemuksia työtavoista. Avoimia kysymyksiä laadittaessa oli tiedossa, että todennäköisesti osa oppilaista jättää vastaamatta niihin. Tämän tutkimuksen yhtenä tehtävänä oli muodostaa vastauksista erilaisia oppilasprofieileita ohjaamattoman koneoppimisen avulla ja vastaamatta jättäminenkin ja vastaamiseen kulunut aika antaa tärkeää tietoa oppilaasta klustereita muodostettaessa.

Heikkilän (2008) mukaan lomakkeen laatijan on varmistettava, että tutkimusasetelmasta saadaan vastattua asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Kyselylomaketta suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon oppilaiden ikä, taidot vastata kyselyyn, sopiva aika ja oppilaiden motivaatio kyselyyn vastaamiseen (Heikkilä 2008). Tässä tutkimuksessa kahdessa osatutkimuksessa PI ja PII kohderyhmänä oli 7-luokkalaiset oppilaat, joten kysymysten selkeyteen ja kohtuulliseen pituuteen kiinnitettiin erityistä huomiota. Kyselylomakkeita laadittaessa pyrittiin pitämään kyselyt sopivan lyhyinä, jotta oppilaat jaksaisivat keskittyä niihin kunnolla. Kyselylomake testattiin ja havaittiin, että kysymysten määrä kannattaa rajata siten, että siihen vastaamiseen kuluu oppilaalta korkeintaan 15 minuuttia. Koska tässä tutkimuksessa tutkimuksella oli myös metodologinen kehitystehtävä, erilaisten oppilasprofieilien tunnistaminen ohjaamattoman koneoppimisen avulla, kyselylomakkeen laadinnassa kiinnitettiin huomiota siihen, että tutkimusongelmaan vastaamisen lisäksi sitä voitaisiin käyttää kurssipalautteen keräämisessä ja erilaisen profiilien tunnistamiseen oppilasjoukosta.

Oppilaiden kokemusten mittaaminen kyselylomakkeella

Luvussa 2.5 esiteltiin motivaation, kiinnostuksen ja tunteiden vaikutusta oppimiskokemukseen. Osatutkimusten (PI, PII, PIII, PIV) kyselylomakkeet mittasivat oppilaiden kokemuksia erityisesti mielekkyyden/merkityksellisyyden, kiinnostuksen ja motivaation näkökulmasta. Tutkimuksen osatutkimuskohtaiset kyselylomakkeet löytyvät liitteestä 1. Taulukoon 3 on koottu, mitä oppimiskokemukseen liittyviä ilmiöitä kyselylomakkeilla mitattiin sekä miten mitattavat ilmiöt/tekijät kytkeytyvät tämän tutkimuksen teoreettiseen viitekehykseen.

TAULUKKO 3 Kyselylomakkeiden kytkeytyminen teoreettiseen viitekehykseen

| Kyselylomakkeella mitattava ilmiö | Mitattavan ilmiön kytkeytyminen tutkimuskirjallisuuteen |
|---|---|
| <i>Myönteinen/kielteinen oppimiskokemus</i> | Varila 1999; Pekrun 2006 |
| <i>Negatiivinen/positiivinen suhtautuminen/Asenne</i> | Viljaranta ym. 2015; Erwin 2001; Schunk & Richardson 2011; Nuttin ym. 1984; Tuohilampi & Hannula 2013; Hannula 2003 |
| <i>Kokemus mielekkyydestä/merkityksellisyydestä</i> | Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013 |
| <i>Kiinnostavuus, mielenkiinto</i> | Eccles ym. 1983; Lehtinen & Kuusinen 2007; Wigfield 1997; Salmela-aro & Tuominen-Soini 2013; Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Renninger 2000; Mcleod 1988 |
| <i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> | Eccles ym. 1983 |
| <i>Flow-kokemus</i> | Csikszentmihalyi 1992 |
| <i>Kehollisuuden, oppimisympäristön ja vuorovaikutuksen vaikutus muistiintallentumiseen</i> | Hannaford 1995; Kontra ym. 2015; Abrahamson ym. 2014; Bruehl-Jungerman ym. 2005; Kyndt ym. 2013 |
| <i>Minä-pystyvyyden vaikutus oppimiskokemukseen</i> | Ryan & Deci 2000 |
| <i>Aikaisempien positii- visten/negatiivisten oppimiskokemusten vaikutus motivaatioon ja kiinnostukseen</i> | Ryan & Deci 2000; Ford 1992 |
| <i>Vaihtelevuuden, rutii- nin rikkomisen ja uu- tuudenviehätyksen vaikutus oppimiskokemukseen</i> | Smeds ym. 2015; Kontra ym. 2015; Schomaker 2019; Kormi-Nouri ym. 2005; Tulving & Kroll 1995; Spanagel & Weiss 1999; Duzel ym. 2006 |
| <i>Sukupuolen vaikutus motivaatioon luonnon- tieteiden opiskelussa</i> | Vettenranta ym. 2016; Juuti ym. 2010 |

Luvussa 2 esiteltiin laajemmin tunteisiin ja motivaatioon liittyviä tutkimuksia. Taulukkoon 3 on koottu tutkimuksia, joita hyödynnettiin erityisesti kyselylomakkeita laadittaessa. Kyselylomakkeeseen (Liite 1) laadittiin kysymyksiä, joiden avulla selvitettiin yleisesti kehoa hyödyntävien työtapojen mielekkyyttä/merkityksellisyyttä sekä merkityksellisiä asioita/hetkiä oppitunneilta. Brophyn (2013) mukaan kiinnostukseen ja oppimismotivaatioon vaikuttaa, miten mielekkäiksi ja merkityksellisiksi oppilas kokee opiskeltavat asiat. Motivaatioon liittyy myös oleellisesti kiinnostus (Eccles ym. 1983; Lehtinen & Kuusinen 2007; Salmela-Aro & Nurmi 2017). McLeod (1988) kuvaa oppilaan motivoitumiseen ja oppimisprosessiin sitoutumiseen vaikuttaa kolme keskeistä kysymystä: Missä määrin toiminta herättää kiinnostusta, onko toiminta haastetasoltaan sopiva ja kokeeko oppilas toiminnan mielenkiintoiseksi ja tärkeäksi? Kyselylomakkeissa (Liite 1) oli useita kysymyksiä, joilla pyrittiin mittaamaan oppilaiden kiinnostusta kehollisiin työtapoihin. Renninger & Hidi (2011) määrittelevät tilannekohtaisen kiinnostuksen olevan lyhytkestoinen myönteinen tunnetila, jonka tehtävä tai tilanne herättää yksilössä. Se lisää oppilaan keskittymistä kiinnostuksen kohteeseen. Henkilökohtainen kiinnostus on puolestaan kestoaltaan pysyvämpi taipumus kehittyä ja työskennellä tehtävän parissa (Salmela-Aro & Nurmi 2017). Kyselylomakkeiden kysymyksissä pyrittiin selvittämään erityisesti työtapojen mahdollisesti nostattamaa tilannekohtaista kiinnostusta. Ecclesin ym. (1983) odotusarvoteorian mukaan tehtävän hyötyarvo riippuu siitä, miten oppilas kokee tehtävän hyödyttävän joko pitkän tai lyhyen aikavälin suunnitelmien toteutumisessa. Kyselylomakkeella pyrittiin myös selvittämään, miten hyödyllisiksi oppilaat kokivat keholliset työtavat ja mitkä kurssin työtavoista olivat oppilaiden omien kokemusten mukaan hyödyllisimpiä.

Myös myönteisellä tai kielteisellä suhtautumisella/asenteella tiedetään olevan vaikutusta motivaatioon, mielekkyyden kokemukseen, minäpystyvyyteen, oppimistuloksiin ja tavoitteisiin (Viljaranta ym. 2015; Erwin 2001; Schunk & Richardson 2011; Nuttin ym. 1984; Tuohilampi & Hannula 2013; Hannula 2003; Zimmermann ym. 2008). Asenne tarkoittaa tässä tutkimuksessa kielteistä tai myönteistä suhtautumista johonkin kohteeseen (Erwin 2001). Hannulan (2004) väitöstutkimuksen mukaan asenteella on vuorovaikutussuhde motivaation, tunteiden ja kognitiivisten ominaisuuksien, kuten minäpystyvyyden kanssa. Hänen mukaansa olisi tärkeää synnyttää merkityksellinen suhde ja emotionaalinen yhteys opiskeltavaa asiaa kohtaan. Nuttin ym. (1984) korostaa yksilöllisten ominaisuuksien ja asenteiden vaikutusta motivaatioon ja mielekkyyden kokemukseen. Henkilön yksilölliset asenteet, tarpeet ja harrastukset saattavat sytyttää kiinnostuksen asiaan, jota toinen ei taas koe ollenkaan mielekkääksi. Tässä tutkimuksessa hypoteesina oli, että negatiivinen suhtautuminen/asenne ja vähäinen pitäminen fysiikasta oppiaineena vaikuttaisi myös oppilaiden työskentelyyn ja kokemuksiin ”Fysiikkaa liikkuen”-työpajassa. Kyselylomake (Liite 1) pyrki selvittämään yläkoululaisten yleisesti asennetta/suhtautumista fysiikkaan oppiaineena ja myös suhtautumista kehoa hyödyntäviin työtapoihin.

Liitteestä 1 löytyy taulukoituna osatutkimusten kyselylomakkeiden jokaisen kysymyksen kytkeytyminen tutkimuskirjallisuuteen. Lisäksi perustellaan kysymyskohtaisesti, mitä kysymyksen avulla voidaan päätellä tutkittavasta ilmiöstä. Oppilaan vastaukset kyselylomakkeen kysymyksiin muunnettiin numeeriseen muotoon, josta voitiin datan analysoinnin avulla päätellä, oliko oppimiskokemus kokonaisuudessaan positiivinen vai negatiivinen. Esimerkiksi osatutkimuksen PI kyselylomakkeen avoin kysymys ”Minkälainen kurssi oli suhteessa fysiikan aikaisempiin kursseihin?” mittaa osaltaan oppilaan myönteistä/kielteistä oppimiskokemusta, negatiivista/positiivista suhtautumista, oppimiskokemuksen mielekkyyttä/merkityksellisyyttä, kiinnostavuutta sekä hyödyllisyyttä. Tämän avoimen kysymyksen vastaukset koodattiin alaluokkiin (kiinnostavampi kuin aiemmat 1, neutraali/samanlainen kuin aikaisemmat 2, opiskelija piti aiemmista kursseista enemmän 3). Esimerkkinä positiivisesta vastauksesta ”Hauskempi, mielekkäämpi, kiinnostavampi, käytännönläheisempi” osoittaa, että kokemus kurssista oli positiivinen. Neutraalista vastauksesta esimerkki: ”aika samanlainen”. Negatiivisesta suhtautumisesta/kokemuksesta esimerkki: ”Olen tykännyt enemmän aikaisemmista kursseista”. Mikäli opiskelija koki kurssin kiinnostavammaksi/mielekkäämmäksi edellisiin kursseihin verrattuna, joissa tehtiin luokkahuoneessa oppikirjan oppilastöitä, voidaan vastauksesta päätellä, että opiskelija on kokenut kurssin keholliset työtävät positiivisena, mielekkäinä ja kiinnostavina.

3.3 Tutkimusaineisto ja datan analysointimenetelmät

Tutkimusaineistoa analysoitiin monimenetelmällisen tutkimusotteen mukaisesti useassa eli viidessä eri vaiheessa ja aineisto koostuu seitsemästä eri datajoukoista (Creswell 2011). Taulukkoon 4 on koottu, millaista tutkimusaineistoa eri osatutkimuksissa kerättiin. Tutkimukselle tyypillinen monimenetelmällisyys näkyy tässä tutkimuksessa myös datan analysoimisessa. Eri osatutkimuksissa käytetyt datan analysointimenetelmät näkyvät myös taulukossa 4.

TAULUKKO 4 Kerätty tutkimusaineisto ja datan analysointimenetelmät

| Osatutkimus | Tutkittavat ja kerätty tutkimusaineisto | Datan analysointimenetelmät |
|---|--|--|
| <p>PI. Liikkuvaa lukion tiedeopetusta tabletien avulla</p> | <p>Interventioryhmä lukion 2-vuosikurssin opiskelijat (n = 62)</p> <p>Kontrolliryhmä lukion 2-vuosikurssin opiskelijat (n = 117)</p> <p>Kyselylomake interventioryhmille (n = 62), joka koostui 13 kysymyksestä, joista 4 oli numeeriseen asteikkoon perustuvia ja 7 kvalitatiivista avointa kysymystä.</p> <p>Opiskelijoiden kokeet ja kurssiarvosanat. Interventioryhmät (n = 62), kontrolliryhmät (n = 117)</p> | <p>Interventio- ja kontrolliryhmien arvosanojen vertailu Wilcoxonin järjestyslukutestillä.</p> <p>Kyselyaineiston exploratiivinen klusterianalyysi K-spatialmedianimenetelmällä.</p> |
| <p>PII. Oppilaiden kokemuksia Fysiikkaa liikkuen -työpajasta ohjaamattoman koneoppimisen avulla selvitettyinä</p> | <p>Yläkoulun 7-luokan oppilaat (n = 224)</p> <p>Oppilaskysely (n = 224), joka koostui 9 kysymyksestä, joista 6 oli numeeriseen asteikkoon perustuvia ja 3 kvalitatiivista avointa kysymystä.</p> <p>Yhden työpajan kuvaaminen videolle (jatkotutkimusta varten)</p> | <p>Interventio- ja kontrolliryhmien arvosanojen vertailu Wilcoxonin järjestyslukutestillä.</p> <p>Kyselyaineiston exploratiivinen klusterianalyysi K-spatialmedianimenetelmällä.</p> |

jatkuu

TAULUKKO 4 jatkuu

| Osatutkimus | Tutkittavat ja kerätty tutkimusaineisto | Datan analysointimenetelmät |
|---|--|---|
| <p>PIII. Fysiikkaa liikkuksen - 7-luokkalaisten oppilaiden ja opettajien kokemuksia kehollisesta opetuksesta fysiikassa</p> | <p>Yläkoulun 7. luokan oppilaat (n = 351) ja ryhmiä valvovat opettajat (n = 8)</p> <p>Oppilaskysely (n = 351), joka koostui 12 kysymyksestä, joista 9 oli numeeriseen asteikkoon perustuvia ja 3 kvalitatiivista avointa kysymystä.</p> <p>Kyselylomake valvoille opettajille (n = 8), joka koostui 6 kysymyksestä, joista 2 oli numeeriseen asteikkoon perustuvia ja 4 kvalitatiivista avointa kysymystä</p> | <p>Vuosikurssien välinen vertailu Kruskal-Wallis -menetelmällä. Wilcoxonin järjestyssummatesti kahden eri ryhmän välisessä vertailussa.</p> <p>Kyselyaineiston exploratiivinen klusterianalyysi K-spatialmedianimenetelmällä.</p> |
| <p>PIV. Oppilaista kerätyn digitaalisen hyvinvointidatan kerääminen ja hyödyntäminen monialaisen opetuksen yhteydessä</p> | <p>Yläkoulun 7. - 9. luokan oppilaat (n = 161) ja lukion ensimmäisen ja toisen vuosikurssin opiskelijat (n = 37)</p> <p>Oppilaskysely (n = 198), joka koostui 9 kysymyksestä, joista 7 oli numeeriseen asteikkoon perustuvia ja 2 kvalitatiivista avointa kysymystä.</p> <p>Firstbeat bodyguard2-sensoreiden mittausdata (n = 112), joka sisältää 49 muuttujaa</p> <p>Kaikkien Firstbeat-mittauksiin osallistuneiden kurssiarvosanat Wilma-järjestelmästä (n = 112). Data sisältää 119 muuttujaa</p> <p>Lukiolaisten kurssin projektiöt (n = 37)</p> | <p>Tilastollinen analyysi keskiarvojen, mediaanien, keskihajontojen ja vastausten lukumäärien sekä niiden suhteellisten osuuksien perusteella</p> <p>Lasso regressio Multilayer Perceptron (MLP)</p> <p>Lasso regressio Multi-layer Perceptron (MLP) Pearsonin korrelaatiotesti Firstbeat mittausten ja kurssiarvosanojen välillä</p> |

Ensimmäisen osatutkimuksen PI interventioryhmään kuului 62 lukion toisen vuosikurssin opiskelijaa. Kontrolliryhmä koostui 117 opiskelijan joukosta. Interventioryhmään kuuluneiden opiskelijoiden vastauksia kyselylomakkeisiin analysoitiin ohjaamattomalla koneoppimisella (K-spatialmediaanimenetelmä), jolla muotoutuivat eri oppilasprofiilit. Tämän lisäksi interventio- ja kontrolliryhmien arvosanoja vertailtiin Wilcoxonin järjestyslukutestillä.

Toisessa ja kolmannessa osatutkimuksessa (PI, PII) K-spatialmediaanimenetelmä luokitteli 7-luokkalaisten oppilaiden kyselylomakkeiden vastauksien perusteella oppilaat kolmeen eri oppilasprofiiliin. Toiseen osatutkimukseen osallistui 224 oppilasta, kolmanteen 351 oppilasta sekä heidän lisäksi 8 opettajaa.

Neljännessä osatutkimuksessa tekoälypohjaisia koneoppimiskäytäntöjä sovellettiin hyödyntämällä Lasso regressio- ja Multi-layer Perceptron-menetelmiä. Osatutkimukseen osallistui 198 yläkoulun ja lukion oppilasta. Datajoukot koostuivat Firstbeatin senioreiden mittaamasta raakadatasta, kyselylomakkeiden vastauksista sekä Wilma-järjestelmän kurssiarvosanoista. Lisäksi lukiolaisilta kerättiin jatkotutkimuksia varten kurssin projektityöt. Seuraavaksi esitellään tarkemmin tässä työssä käytettyjä koneoppimispohjaisia tekoälyratkaisuja.

3.3.1 Tekoäly

Tekoäly on laaja käsite, mutta tässä tutkimuksessa sillä viitataan tietokoneohjelmaan, jolla on ihmismäistä ”älykäästä” kykyä tulkita dataa, oppia datasta ja käyttää opittuja asioita ohjelmalle määritettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi ja lisäksi joustavasti sopeuttaa toimintaansa tehtävään sopivaksi (Kaplan & Haenlain 2019).

Tekoäly on tällä hetkellä yksi yhteiskuntaa nopeimmin muuttavista teknologioista. Nykyiset tekoälysovellukset perustuvat valtaosin dataa hyödyntäviin koneoppimismenetelmiin, joita on sovellettu Suomessa erityisesti terveyden, hyvinvoinnin ja lääketieteen sovelluksissa (Neittaanmäki ym. 2019). Väitöskirjatutkimuksen tavoitteena on luoda uutta tieteellistä tietoa ja tähän mennessä erilaisen koneoppimispohjaisten tekoälyratkaisujen kykyä luoda uutta tietoa oppilailta kerätystä kyselylomakedatasta tai sensoridatasta on tutkittu vähän opetus-alalla Suomessa. Tämän vuoksi perinteisten tilastollisten menetelmien lisäksi tässä tutkimuksessa haluttiin testata erilaisten koneoppimispohjaisten menetelmien kyvykkyyttä jalostaa uutta tietoa opetustilanteista kerätystä tutkimusaineistosta.

Nykyään suurin osa tekoälysovelluksista perustuu koneoppimiseen. Carbonellin ym. (1983) mukaan koneoppiminen tarkoittaa tietokonejärjestelmän ohjelmoimista siten, että järjestelmä voi muuttaa toimintaansa jonkin tehtävän ratkaisun edetessä ilman erillisiä ihmisen antamia lisäkäskyjä. Toisin sanoen koneoppimisessa algoritmin suorittama toiminto ei ole ohjelmoitu valmiiksi, vaan kone voi oppia itsenäisesti sille syötetyn datan perusteella (Merilehto 2018). Koneoppimisen avulla tietokone voidaan opettaa tunnistamaan ja luokittelemaan hahmoja sekä tekemään ennusteita reaali maailman ilmiöistä (Bishop 2006). Koneoppiminen luokitellaan perinteisesti kahteen kategoriaan: ohjattuun (engl. supervised learning) ja ohjaamattomaan oppimiseen (engl. unsupervised learning)

(Friedman ym. 2001). Ohjatussa koneoppimisessa nimensä mukaisesti algoritmi oppii sille syötetyn oppimisdatan avulla ja tekee esimerkiksi sille opetettua luokittelua (Russell & Norvig 2010). Vasteet voivat olla luokiteltuja muuttujia, kuten esimerkiksi lääketieteellisessä tutkimuksessa kasvaimen tyyppi (hyvänlaatuinen = 0 / pahanlaatuinen = 1) (Neittaanmäki ym. 2019). Ohjaamattomassa oppimisessä datan sisäisestä rakenteesta pyritään tunnistamaan uusia suhteita ja riippuvuuksia ja esimerkiksi toisistaan poikkeavia rakenteita. Kun ohjatun oppimisen tavoitteena on luokitella dataa halutulla tavalla, ohjaamattoman oppimisen tavoitteena on etsiä piilossa olevia riippuvuuksia datasta. (Duda ym. 2012.)

3.3.2 Oppimistiedon louhinta ja oppimisanalytiikka

Tiedonlouhinta (*data mining*) tarkoittaa menetelmiä, joilla pyritään löytämään säännönmukaisuuksia ja jalostamaan uutta mielenkiintoista tietoa suurista datamassoista (Han & Black 2011; Hand & Adams 2014). Tiedonlouhinnalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa teknologiaa ja analysointimenetelmiä, joilla voidaan löytää tilastollisia säännönmukaisuuksia oppilaista kerätyistä datasta.

Oppimistiedon louhinta (*educational data mining*, EDM) on kehittyvä tieteenala, joka hyödyntää muun muassa uusia koneoppimiseen perustuvia datan louhimismenetelmiä opetuksen kontekstissa ja pyrkii luomaan uutta tietoa opettajille ja päätöksen tekijöille datan pohjalta (Baker & Yacef 2009; Romero & Ventura 2010; Calders & Pechenizkiy 2012). EDM hyödyntää opetustilanteista syntyvää dataa ja soveltaa datan louhintamenetelmiä, kuten ennustamista, klusterointia, datajoukkojen tietojen välisten suhteiden etsimistä, tiedon tiivistämistä ja uuden tiedon jalostamista perinteisestä oppilaskyselydatasta (Baker & Yacef 2009; Baker 2010).

Oppimisanalytiikalla (*learning analytics*, LA) tarkoitetaan oppimistapahtumissa syntyvän datan mittaamista, keräämistä, analysointia ja raportointia uusilla kvantitatiivisilla laskennallisilla menetelmillä (Siemens & Baker 2012; Knight ym. 2017). Näiden avulla pyritään tuottamaan hyödyllistä koulutukseen liittyvää informaatiota eri sidosryhmille, jolla pyritään tukemaan, kehittämään ja optimoimaan oppimista, oppimisympäristöä sekä käytettäviä oppimateriaaleja. (Siemens 2013; Ferguson 2012; Siemens & Baker 2012). Oppimisanalytiikan ja oppimistiedon louhinnan välillä on paljon yhtäläisyyksiä, mutta myös joitakin eroavaisuuksia. Keskeisimpänä erona voidaan pitää sitä, että LA antaa tilaa enemmän ihmisen tekemälle tulkinnalle, kun taas EDM perustuu enemmän ohjelman suorittamiin automatisoituihin prosesseihin ja menetelmiin tiedon tutkimisessa ja tulkitsemisessä (Siemens & Baker 2012).

3.3.3 Ohjaamaton koneoppiminen ja klusterianalyysi

Klusterointi on ohjaamattoman koneoppimisen keskeinen menetelmä (Hastie ym. 2009; Bishop 2006). Klusterointia käytetään tiedonlouhinnassa, jossa keskenään samankaltaisia piirteitä omaavat datapisteet yhdistetään omiksi osajoukoikseen, klustereiksi. Saman datamassan eri klusterit poikkeavat siis toisistaan ominaisuuksiltaan (Han

& Black 2011). Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli tunnistaa aineistosta keskenään samankaltaisten oppilaiden ryhmiä eli koko aineistoa yksilöllisempiä oppilasprofiileja. Tässä työssä sovelletaan tiedonlouhintaa etsimällä toisistaan eroavia klustereita jakaumaoletuksista riippumattomalla K-spatialmedians -monimuuttujamenetelmällä (Äyrämö 2006). Robusti klusterointi perustuu klassisia menetelmiä väljempiin jakaumaoletuksiin ja sen avulla voidaan tuottaa datan rakenteeseen perustuvia tulkintoja epätäydellisestäkin datasta (Äyrämö 2006). Menetelmää on sovellettu oppimisanalytiikassa Suomessa aikaisemmin esimerkiksi PISA-kyselyyn vastanneiden oppilaiden profiloinnissa (Saarela 2017; Saarela & Kärkkäinen 2017) ja oppilaiden toimijuuden analysoinnissa (Jääskelä ym. 2020).

Syöte-muuttujat esikäsiteltiin lineaarisella skaalauksella muuntamalla kaksijakoiset 0/1 muuttujat arvoiksi $[1/4, 3/4]$, diskreetti (1,2,3) asteikon muuttujat alueelle $[1/6, 5/6]$ ja Likert-asteikolliset muuttujat (1,2,3,4,5) alueelle $[1/10, 9/10]$. Perinteisen min-max -skaalauksen sijaan käytettiin eri skaalausvälejä, jotta vähemmän arvoa sisältävät diskreetit muuttuvat eivät saisi suurempaa painoarvoa klusteroinnin keskiössä olevassa etäisyyden laskennassa.

Tässä tutkimuksessa klusterianalyysin tarkoituksena oli jalostaa uutta tietoa monimuuttujaisesta datasta ja luoda dataan perustuvia hypoteeseja. Klusterianalyysin avulla etsittiin klustereita, joissa oppilaat ilmaisevat samanlaista asennetta klustereiden sisällä ja erilaista asennetta klustereiden välillä. Toisin sanoen saman klusterin oppilaat ovat vastanneet kyselylomakkeen kysymyksiin samantapaisesti.

Klassiset koneoppimismenetelmät, kuten tavallinen pienimmän neliösumman regressiomenetelmä ja K-means -klusterointi eivät toimi luotettavasti, mikäli kyselydatasta puuttuu tietoja ja mikäli datan määrä on pieni. Tässä työssä käytetty menetelmä, K-spatialmedians, on vankempi (engl. *robust*) etenkin pienten aineistojen poikkeaville havainnoille, sillä se laskee klustereiden edustavimmat pisteet, eli prototyypit käyttäen niiden ja havaintoja kuvaavien datapisteiden välisiä ei-neliöityjä, euklidisia etäisyyksiä. Tämän ansiosta menetelmällä sanotaan olevan korkeampi (50 %) murtumispiste (engl. *breakdown point*) kuin klassisilla menetelmillä (0 %) (Huber 2011). Murtumispisteen arvo 50 % tarkoittaa, että vähintään puolet datapisteistä pitää "häiritä" äärettömästi, jotta klusterin keskipisteet siirtyvät äärettömästi. K-spatialmedians -menetelmä klusteroi sekä täydelliset että epätäydelliset havainnot ilman aineiston imputointia (Äyrämö 2006).

Menetelmän löytämät klusteriprototyypit kuvaavat kunkin ryhmän tyypillistä käyttäytymistä. Klustereiden lukumäärän valintaan on olemassa useita erilaisiin klusterimallin määrittämiin perustuvia indeksejä (Hämäläinen ym. 2017; Niemelä ym. 2018), joita on yleistetty myös epätäydelliselle datalle, mutta tämän työn lukumäärä $K=3$, valittiin tulkitsemalla visuaalisesti eri vaihtoehtoja. Klusterimallin tuottamia ryhmiä tulkittiin visuaalisesti pylväskuvion avulla. Klusterialgoritmin mallit tulkittiin laadullisesti kiinnittämällä huomio niihin muuttujiin, joissa klusterille tyypillisessä vastauksessa havaittiin koko aineistolle tyypillisestä vastauksesta poikkeava trendi. Kaikkien osatutkimusten klusterianalyysit suoritettiin MATLAB R2016b (MathWorks Inc.) ohjelmistolla käyttäen Statistics

and Machine Learning Toolboxia (Version 10.1) ja itse toteutettua K-spatialmedians -klusterianalyysimenetelmää epätäydellisen aineiston klusterointiin (Äyrämö 2006).

3.3.4 Ohjatun koneoppimisen menetelmät - monikerroksinen neuroverkko ja Lasso-regressio

Keinotekoiset neuroverkot (*artificial neural network*) ovat matemaattisen laskennan ja informaation käsittelyn malleja, jotka perustuvat ihmisen aivojen toimintaa jäljittelevään yhdistävään laskentaan (Haykin ym. 2009). 2010-luvulla neuroverkkojen koulutukseen tarvittava suuri datan määrä, laskentatehon kasvu ja uudet opetusalgoritmit ovat sysänneet neuroverkkotutkimuksen uudelle tasolle (Neittaanmäki ym. 2019). Keinotekoisien neuroverkkojen suuri oppimiskapasiteetti tekee niistä teoreettisesti kiinnostavia ja nykyään neuroverkkoihin perustuvia sovelluksia käytetäänkin esimerkiksi kuvantunnistuksessa, puheentunnistuksessa, konenäössä, kieltenkääntäjissä, peleissä ja lääketieteellisissä diagnooseissa (Neittaanmäki ym. 2019). Tämän työn kolmannen päätutkimuskysymyksen tavoitteena on tarkastella koneoppimis pohjaisten tekoälyratkaisujen kykyä jalostaa uutta tietoa oppilailta kerätystä datasta. Oppilaiden hyvinvointidatasta pyrittiin ennustamaan keinotekoisien neuroverkkojen avulla oppilaiden kouluarvosanoja, sillä hypotesimme oli, että mitatuista suureista esimerkiksi uni ja fyysinen aktiivisuus saattaisi korreloida oppilaan kouluarvosanojen kanssa.

Tässä tutkimuksessa käytetyn yhdestä piilokerroksesta koostuvan epälineaarisen monikerros- eli MLP-neuroverkon avulla voidaan approksimoida ja mallintaa mikä tahansa jatkuva funktio (Hornik 1991). MLP on yksi käytetyimmistä ohjatun oppimisen neuroverkoista. Se koostuu syöte- ja ulostulokerroksesta ja niiden välissä olevista piilokerroksista ja se voi sisältää takaisinkytkentöjä ja "hyppylinkkejä", joissa jokin kerros ohitetaan. Kukin kerros voi rakentua yhdestä tai useammasta yksiköstä tai "neuronista". (Hornik 1991.)

MLP:n lisäksi arvosanojen ennustamiseksi käytettiin Lasso-regressiota. Lasso-regressio soveltuu korrelaatioiden etsimiseen tilanteissa, joissa muuttujia on paljon suhteessa havaintoihin (Tibshirani 1996). Tässä tutkimuksessa ennustetarkkuutta estimoitiin lineaarisella Lasso-regressiolla ja 10-kertaisella ristiinvalidoinnilla (Python-ohjelmointikieli, sklearn-kirjasto, LassoCV-funktio) ja laskettiin ristiinvalidoinnilla saatujen ennustettujen arvosanojen ja todellisten arvosanojen välinen korrelaatio.

MLP-malleja testattiin käyttäen sklearn-kirjaston MLPRegressor-funktiota eri parametrien arvoilla. Kaikki käytettävissä olevat aktivointitoiminnot ("identity," "logistic," "tanh" ja "relu") testattiin. Ratkaisijan "lbfgs" (optimoija kvasi-Newtonin menetelmien perheessä) on havaittu toimivan paremmin pienille datajoukoille (Kärkkäinen 2002), joten sitä päädyttiin käyttämään tutkimuksessa. Tutkimuksessa testattiin seuraavilla hyperparametrien arvoilla koulutetut mallit: yksi piilokerros, jossa oli 3, 6 ja 9 neuronaa ja regulaatiokertoimien arvot 0,0001, 0,001 ja 0,1. Neuroverkon regulaatiokertoimet ovat l2-normiin perustuvan regularisointi-termin painotuksia, joilla voidaan rajoittaa mallin painokertoimen kas-

vua ja siten yksinkertaistaa mallia (Kärkkäinen 2002). Mitä suurempi on regularisointikertoimen arvo, sitä voimakkaammin mallin kertoimien kasvua hillitään ja mallista tulee yksinkertaisempi.

Kokeilimme myös yksinkertaisempaa ennustustehtävää, jossa opiskelijat järjestettiin keskiarvon perusteella paremmuusjärjestykseen. Tehtävänä oli ennustaa hyvinvointidatan perusteella, kuuluuko oppilas koulumenetykseltään parhaaseen vai huonoimpaan kolmannekseen (Moilanen ym. 2018). Ennustuksen lisäksi laskettiin Pearson-korrelaatiot keskiarvojen ja hyvinvointimuuttujien välillä. Pearsonin korrelaatiotesti laskee kahden muuttujan välistä lineaarista riippuvuutta kuvaavan korrelaatiokertoimen, joka asettuu aina $-1:n$ ja $1:n$ välille. Korrelaatiokertoimen arvo 0 kertoo, ettei tutkittavien muuttujien välillä ole lineaarista riippuvuutta. (Heikkilä 2008.)

3.3.5 Muut käytetyt tilastolliset analyysimenetelmät

Tilastollisia hypoteesitestejä käytettiin osatutkimuksissa PI-PIII tutkittaessa ryhmien välisiä eroja tutkimuskysymyksiin vastaamisissa. Osatutkimuksessa PI vertailtiin kontrolli- ja interventioryhmän välisiä kurssiarvosanoja. Datan normaalius testattiin Lillieforsin testillä viiden prosentin merkitsevyystasolla (Lilliefors 1967). Koska kumpikaan datajoukko ei noudattanut normaalijakaumaa, ryhmien välistä eroa tutkittiin Wilcoxonin järjestyslukutestillä, jossa ryhmien välinen ero todettiin tilastollisesti merkitseväksi, kun $p \leq 0.05$ (Wilcoxon 1945).

Osatutkimuksissa PII ja PIII tarkasteltiin, miten eri ryhmät vastasivat työpajan mielekkyyttä mittaaviin asteikollisiin kysymyksiin. Osatutkimuksessa PIII vertailtiin, oliko oppilaiden kokemuksissa eroja vuosien välillä. Menetelmänä käytettiin Kruskal-Wallis -menetelmää ja Bonferroni- monivertailukorjausta (muuttujien määrä \times ryhmien määrä = $7 \times 3 = 21$). Kruskal-Wallis -testin kohdalla ei tarvitse olettaa normaalijakautuneisuutta ja se soveltuu hyvin mielipideasteikoille (Kruskal & Wallis 1952).

Osatutkimuksissa PII ja PIII verrattiin kahden ryhmän (tytöt/pojat, heikot/hyvät, kielteisesti/positiivisesti suhtautuvat) välisiä eroavaisuuksia asteikollisissa vastauksissa. Tällöin menetelmänä käytettiin Wilcoxonin kahden otoksen järjestyslukutestiä, joka soveltuu erityisesti, kun halutaan verrata kahden riippumattoman otoksen mediaaneissa olevaa eroa (Corder & Foreman 2014). Testin antamiin p-arvoihin sovellettiin Bonferroni-korjausta hypoteesien lukumäärän suhteen. Ryhmien välinen ero todettiin tilastollisesti merkitseväksi, kun $p \leq 0.05$.

4 TULOSTEN YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Osatutkimus PI. Liikkuvaa lukion tiedeopetusta tablettien avulla

Ensimmäistä osatutkimusta PI varten kehitettiin lukion mekaniikan kursseille uusia työtapoja, joissa yhdistyivät kehon liike, iPadien käyttö ja luokkahuoneen ulkopuolella opiskelu. Tavoitteena oli tutkia, miten opiskelijat kokivat uudet työtavat ja miten ne vaikuttivat oppimistuloksiin. Osatutkimuksella oli myös metodologinen kehitystehtävä, jonka tarkoituksena on tunnistaa oppilaiden vastauksista eri oppilasprofiileja ohjaamattoman koneoppimisen avulla.

Merkittävä osa (89 prosenttia) tutkimukseen osallistuneista opiskelijoista koki kurssien uudet oppilastyöt positiivisempina perinteisiin luokkahuoneessa tehtyihin oppikirjan oppilastöihin verrattuna ja 80 prosenttia opiskelijoista koki teknologian käytön kurssilla positiivisena. Suurin osa opiskelijoista koki, että kurssin eri työtavoista oman oppimisen kannalta hyödyllisimmät ja tehokkaimmat olivat ulkona tehdyt kehon liikettä mittaavat oppilastyöt. Opiskelijat kokivat nämä opetusmenetelmät mielenkiintoisemmiksi ja havainnollisemmiksi, koska ne olivat käytännöllisempiä. Oppilastöiden katsottiin lisäävän vireystilaa, koska ne olivat ”mielenkiintoisempia”, ja töihin sisältynyt ”liikkuminen auttoi pysymään valppaana” ja ilmiön opiskelu itsetuotetusta liikkeestä lisäsi tehtävien mielekkyyttä ja ymmärrystä tutkittavasta ilmiöstä.

Lähes 80 prosenttia opiskelijoista suhtautui iPadien käyttöön kurssilla positiivisesti ja oli sitä mieltä, että iPad oppimisvälineenä ei vie huomiota itse tutkittavan fysiikan ilmiön oppimisesta. Yli 60 prosenttia opiskelijoista koki myös iPadien tuoneen lisäarvoa opetukseen (66 %) ja tehostaneen fysiikan oppimista kurssilla (63 %). Videoanalyysin tekeminen liikkeestä auttoi yli puolta (51 %) kyselyyn vastanneista fysiikan ilmiöiden oppimisessa.

Tutkimustulokset osoittavat, että opiskelijat kokivat liikkeen avulla oppimisen myönteisesti. He arvioivat, että kehon hyödyntäminen fysiikan oppilastöissä ja omat kokeilut lisäävät heidän ymmärrystään tutkittavista ilmiöistä. Oli mielenkiintoista, että kukaan ei maininnut käytettyä teknologiaa vastauksissaan. Sen sijaan kehon käytön pedagogisena menetelmänä ja oppimisympäristön siirtämisen luokkahuoneen ulkopuolelle mainittiin lisäävän tehtävien tarkoituksenmukaisuutta.

Interventioryhmän kurssikokeella mitatuilla oppimistuloksilla ei ollut eroa perinteisiä luokkahuonetöitä suorittaneeseen kontrolliryhmään verrattuna. Toisaalta interventioryhmän tekemät oppilastyöt veivät siirtymisineen ja uuden teknologian käyttöönoton opetteluun vuoksi enemmän aikaa oppitunneilta perinteiseltä laskemiselta. Koska kurssikoe testasi perinteistä laskemista, saatu tulos oli jopa positiivinen: interventioryhmä oppi kokeessa testatut asiat tehokkaammin. On myös todennäköistä ja havaittavissa opiskelijoiden avoimien vastausten perusteella, että uusien töiden avulla interventioryhmä oppi luovuutta, tieto- ja viestintäteknologisia taitoja ja sosiaalisia taitoja sekä muita uusien opetussuunnitelmien esille tuomia tulevaisuuden taitoja (Griffin & Care 2014), joita kontrolliryhmä ei päässyt harjoittelemaan perinteisissä oppilastöissä samassa suhteessa. Interventioryhmillä tieto- ja viestintäteknologian käyttö oli monipuolisempaa verrattuna kontrolliryhmiin ja he pääsivät itse vaikuttamaan ja käyttämään luovuuttaan mittausten suunnittelussa ja toteutuksessa kontrolliryhmää enemmän.

Tutkimuksessa on myös metodologinen kehittämistehtävä, jonka tarkoituksena on tunnistaa erilaisia opiskelijaprofiileita käyttämällä ei-ohjattua koneoppimista. Opiskelijoista 69 prosenttia kuului uusista työtavoista innostuvien ja motivoituvien opiskelijoiden ryhmään. Heidän kokemuksensa sekä kehon, että teknologian käytöstä kurssilla olivat positiivisia. He kokivat myös, että kurssin työtavoista heidän oman oppimisensa kannalta vaikuttavampia ja mieleenpainuvimpia olivat liikkuvat luokkahuoneen ulkopuolella tehdyt oppilastyöt. Silti 18 prosenttia opiskelijoista kuului teknologiavastaiseen klusteriin, jonka oppilaat pitivät liikunnan avulla oppimisesta mutta eivät kokeneet teknologian tuovan mitään lisäarvoa oppimiseen. Kolmas löydetty opiskelija-profiili (13 prosenttia) koostui opiskelijoista, jotka eivät motivoituneet uusista työtavoista ja jättivät muita opiskelijoita useammin vastaamatta kyselyn avoimiin kysymyksiin. Ohjaamaton koneoppiminen voi olla hyödyllinen työkalu opettajille, jos halutaan selvittää minkälaisista opetusmenetelmistä ryhmien opiskelijat pitävät ja mahdollisesti eniten hyötyvät sekä millaisia opiskelijaprofiileita eri ryhmissä löytyy.

4.2 Osatutkimus PII. Oppilaiden kokemuksia Fysiikkaa liikkuen -työpajasta ohjaamattoman koneoppimisen avulla selvitetynä

Toisen osatutkimuksen PII tarkoituksena oli tutkia kehon käytön hyötyjä yläkouluun fysiikan opiskelussa sekä miten oppilaat kokivat kehoa hyödyntävät työtavat fysiikan opiskelussa. Oppilaat osallistuivat lukuvuonna 2016 – 2017 keskisuomalaisessa koulussa seitsemäsluokkalaisille järjestettyyn kahden tunnin mittaiseen ”Fysiikkaa tanssien” -työpajaan. Tutkimuksessa vertailtiin, oliko fysiikkaan myönteisesti ja kielteisesti suhtautuvilla oppilailla työpajan ja kehollisten opetusmenetelmien kokemisessa eroja. Lisäksi menetelmällisenä kysymyksenä tutkittiin, miten oppilaita voidaan vastausten perusteella ryhmitellä eri kategorioihin työpajassa oppimiensa asioiden ja työpajaan suhtautumisen perusteella.

Ensimmäiseen päätutkimuskysymykseen vastaamiseksi kartoitettiin kansainvälisten tutkimusartikkelien avulla kehollisen oppimisen hyötyjä, joita ovat muun muassa positiiviset vaikutukset kognitioon ja muistiintallentumiseen. Kahteen muuhun väitöskirjan päätutkimuskysymykseen pyrittiin vastaamaan oppilailta kerätyn sähköisen aineiston ja sen analysoinnin avulla. Tutkimusaineisto kerättiin sähköisellä kyselyllä ”Fysiikkaa tanssien” -työpajan yhteydessä. Kyselyyn vastasi yhteensä 224 oppilasta, josta poikia oli 108 ja tyttöjä 116. Aineisto analysoitiin tilastollisten hypoteesitestien, klusterianalyysin ja assosiaatioanalyysin keinoin. Tulosten mukaan 86,4 % oppilaista koki, että työpajan oppilastyöt tuntuivat mielekkäämmiltä kuin perinteiset luokassa tehdyt fysiikan oppilastyöt. Myönteisesti ja kielteisesti fysiikkaan oppiaineena suhtautuvilla oppilailla ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa työpajan mielekkyyttä kartoittavissa kysymyksissä, joten liikunnallisten työtapojen käyttäminen voisi lisätä lähtökohteisesti fysiikkaan oppiaineena negatiivisesti suhtautuvien oppilaiden kiinnostusta fysiikan opiskeluun. Klusterianalyysissa aineistosta nousi esille kolme toisistaan eroavaa oppilasryhmää: positiivisesti työpajaan suhtautuvien tunnekehollisten oppilaiden ryhmä (n = 128), kiireellä kyselyyn vastanneiden positiivisesti suhtautuvien ryhmä (n = 73), jotka kuitenkin suhtautuivat positiivisesti työpajan menetelmiin ja kielteisimmin työpajan sisältöihin suhtautuvien ryhmä (n = 22). Klusterianalyysi voi tarjota opettajalle uusia työkaluja, joilla muodostaa tietoa oppilaista ja opetuksen vaikuttavuudesta. Tutkimuksessa käytettyjen kyselylomakkeiden ja analyysimenetelmien avulla opettaja voi saada esimerkiksi tietoa, minkälaisista luonnontieteiden työtavoista kurssin oppilaat pitävät ja minkälaisia oppimisstrategioita he suosivat. Saadulla tiedolla opettaja pystyy optimoimaan opetustaan kullekin ryhmälle sopivammaksi.

4.3 Osatutkimus PIII. Oppilaiden ja opettajien kokemuksia kehollisesta opetuksesta fysiikassa

Kolmas osatutkimus PIII tarkasteli, miten oppilaat ja opettajat kokivat kehon liikettä hyödyntävien fysiikan opetusmenetelmien käytön. Oppilaat (n = 351) ja opettajat (n = 8) osallistuivat lukuvuonna 2016-2018 keskisuomalaisessa koulussa seitsemäsluokkalaisille järjestettyyn kahden tunnin mittaiseen ”Fysiikkaa liikuen” -työpajaan. Tutkimusaineisto kerättiin sähköisellä kyselyllä työpajan yhteydessä. Kyselyyn vastasi yhteensä 351 oppilasta, josta poikia oli 47 prosenttia (n = 165) ja tyttöjä 53 prosenttia (n = 186). Aineisto analysoitiin tilastollisten hypoteesitestien ja klusterianalyysin keinoin.

PISA 2015-tutkimus nosti huolen erityisesti poikien luonnontieteiden osaaamisesta ja kiinnostuksen laskusta ja tutkija-opettajaa kiinnosti, voisiko heikot oppilaat motivoitua kehon käytöstä fysiikan mekaniikan ilmiöiden opiskelussa. Siksi tässä tutkimuksessa vertailtiin, oliko sukupuolella ja koulumenestyksellä vaikutusta opetusmenetelmien kokemiseen. Tutkimuksessa selvitettiin myös, olivatko uusi opetussuunnitelma ja ”Liikkuva koulu”-ohjelma vaikuttaneet liikunnallisten työtapojen käytön lisääntymiseen tiedeopetuksessa oppilaiden näkökulmasta ja oliko oppilaiden suhtautumisessa työpajaan tapahtunut muutoksia vuosien 2016 – 2018 välisenä aikana. Myös valvovien opettajien suhtautumista liikunnallistavien työtapojen käyttöön sekä opettajien havaintoja oppilaiden työpajan aikaisesta toiminnasta selvitettiin kyselyn avulla. Tässäkin tutkimuksessa menetelmällisenä kysymyksenä tutkittiin, miten oppilaita voidaan vastausten perusteella ryhmitellä eri kategorioihin työpajassa oppimiensa asioiden ja työpajan kokemisen perusteella.

Tutkimusaineiston analysoinnin perusteella 80,9 % oppilaista koki, että työpajan oppilastyöt tuntuivat mielekkäämmiltä kuin perinteiset luokassa tehdyt fysiikan oppilastyöt. Oppilaista 79,2 % koki, että oppiminen on tehokkaampaa kuin liikuteltavana kappaleena ja tutkimuksen kohteena on oma keho. Edelleen 88,0 % oppilaista koki, että fysiikan ja kemian opiskelu on mukavampaa jossain muualla oman luokkahuoneen ulkopuolella. Merkittävä osa (76,9 %) oppilaista haluaisi liikunnallistavia opetusmenetelmiä myös muiden aineiden oppitunneille. Noin neljäsosa (26,2 %) oppilaista kuitenkin koki, että liikunnallistavat työtavat veivät huomion pois itse fysiikan ilmiöstä. Kokonaisuudessaan voidaan todeta, että valtaosa oppilaista koki fysiikan opiskelun liikkeen ja kehon avulla positiivisena oppimiskokemuksena.

Oppilaiden mielestä liikunnallisten työtapojen käyttö ei ollut lisääntynyt tiedeopetuksessa vuosina 2016 – 2018. Oppilaiden suhtautumisessa työpajaan ei ollut eroja eri vuosien välillä. Myöskään tyttöjen ja poikien suhtautumisessa työpajaan ei havaittu eroja. Näiden lisäksi oppilaan itseraportoidulla koulumenestyksellä ei ollut vaikutusta kokemukseen työpajasta. Koska eri sukupuolella ja fysiikan arvosanalla ei ollut vaikutusta työpajan kokemiseen, voidaan päätellä, että kaikki oppilaat sukupuolesta ja koulumenestyksestä riippumatta kokivat

työpajan menetöt yhtä positiivisina. "Liikkuva koulu"-ohjelma oli opettajien mukaan lisännyt toiminnallisten työtapojen käyttöä useissa oppiaineissa vuosien 2016–2018 välillä, joten toiminnallisten työtapojen uutuudenviehätys ei näyttänyt vaikuttavan kokemukseen.

Työpajaa seuranneista valvovista opettajista (n = 8) viisi ilmoitti käyttävänsä liikunnallistavia opetusmenetelmiä useamman kerran viikossa mutta kolme ei lainkaan. Liikunnallistavia opetusmenetelmiä käyttävistä opettajista kaikki kokivat, että opetuksen liikunnallistamisesta on heille hyötyä omassa oppiaineessaan. Opettajat mainitsivat työtapojen hyödyiksi vaihtelun perinteiseen oppituntiin, liikunnan terveyshyödyt ja vireystilan sekä keskittymisen parantumisen. Kahdessa vastauksessa todettiin, että liike auttaa muistiin tallentumisessa. Haittapuolena opettajat mainitsivat muun muassa ongelmat ryhmänhallinnassa levottomien ryhmien kanssa. Erään opettajan mukaan pienikin normaalista poikkeava toimi aiheuttaa levottomuutta ja tehtävästä toiseen siirtymisessä kestää todella kauan. Toisen opettajan ongelmana on se, että osa oppilaista ottaa oppilastyöt "rentoiluna", jolloin työt tehdään vähän vasemmalla kädellä ja ryhmän tulokset ovat "vähän sitä sun tätä". Kolmas opettaja arvioi työtapojen hyötysuhdetta ja totesi, että "yksittäisen pienen tehtävän toteuttaminen siirtymiseen ja palautusrahoitteluineen lohkaisee usein opiskeluajasta suhteettoman suuren pa-lasen verrattuna ko. tehtävän painoarvoon."

Kysyttäessä opettajilta, miten oppilaat osallistuivat työpajan harjoitteisiin ja työskentelivät työpajassa, viisi kahdeksasta opettajasta arvioi ryhmän kokonaisuudessaan toimineen työpajassa hyvin, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Kahden opettajan arvoissa heidän valvottavanaan oli "ujo, hitaasti lämpiävä ryhmä, joka teki annettujen ohjeiden mukaisesti, mutta ujonpuoleisesti." Opettajan mukaan ryhmän oppilaat "tekisivät kaiken yksin, jos mahdollista" ja "eivät tykkää ryhmätehtävistä". Yksi opettajista arvio, että "työpajan alku oli levotonta ja fokus siirtyi välillä ihan muihin juttuihin. Kun oppilaat pääsivät alkujännityksestä, toiminta alkoi sujua." Kokonaisuutena voidaan todeta, että opettajat vastaukset validoivat hyvin tutkija-opettajan kokemukset. Kaksi ryhmää olivat tutkija-opettajankin mielestä haastavampia ja kokemukset ryhmistä olivat samansuuntaiset opettajien havaintojen kanssa.

Tässäkin osatutkimuksessa aineistosta nousi klusterianalyysissä esille kolme toisistaan eroavaa oppilasryhmää. Yhteensä 58 prosenttia oppilaista (n = 201) luokiteltiin ohjaamattoman koneoppisen avulla luokkaan, joka suhtautuu positiivisesti työpajan opetusmenetelmiin. Heille tyypillisten avoimien vastausten mukaan liike edesauttaa oppimista ja tuo positiivista tunnetta ja vaihtelevuutta. Heidän avoimissa vastauksissaan korostuivat kategoriat "liike edesauttaa oppimista", "tunne", "vaihtelevuus" ja "liikunnan hyödyt". Mieleenpainuvimpina asioina nähtiin koko aineistoa useammin oma tanssi, 10000 euron tavoittelu, pyöriminen ja painopiste. Mieleenpainuvimmat asiat liittyivät hetkiin, joissa kehollinen opetusmenetelmä oli vahvasti läsnä ilmiön opiskelussa.

Toinen luokka muodostui kyselyyn kiireellä vastanneiden 29 prosentin ryhmästä (n = 99), joka koki opetusmenetelmät positiivisina, mutta jätti avoimiin kysymyksiin edellistä ryhmää enemmän tyhjiä vastauksia.

Kolmas ryhmä koostui 13 prosentista oppilaita ($n = 45$) ja he suhtautuivat kielteisimmin työpajan sisältöihin. Klusterin tyypilliset vastaukset ovat viiden asteikollisen kysymyksen (Liite 1) osalta tasoa 2 kun muut ryhmien vastaukset näihin kysymyksiin ovat tasolla 3/3 ja 4-5/5. Ainoastaan "Kitka" ja "Tukipinta" nousivat esille kysymyksessä tärkeimmistä työpajassa opituista asioista. Koko aineistoon verrattuna klusterin oppilaat vastasivat kysymykseen useammin "Ei mitään", "En tiedä" tai "Joku muu" ja noin puolet ei vastannut lainkaan kysymykseen. Kysymykseen "Miksi liikunnallisia työpajoja pitäisi mielestäsi olla enemmän?" klusterin oppilaiden vastaukset jakautuivat vaihtoehtoihin "Liikunnan hyödyt", "Ei pitäisi", "En osaa sanoa", "Muu" ja lähes puolet eivät vastanneet. Pieni osa klusterista näki mieleenpainuvimpana hetkenä oman tanssin, mutta tyypillisesti oppilaat vastasivat "Liittyy muuhun" tai jättivät vastaamatta.

Tämä osatutkimus osoittaa, että keholliset työtavat voisivat motivoida luonnontieteiden opiskeluun erityisesti poikia ja heikompia oppilaita, joille luonnontieteiden abstraktien käsitteiden opiskelu perinteisin opetusmenetelmin on haastavaa. Jotta uudet keholliset opetusmenetelmät leviäisivät kouluihin vielä laajemmin, opettajankoulutuksen tulisi tarjota tuleville opettajille lisää tutkittua tietoa menetelmien hyödyistä sekä antaa konkreettisia käytännön työkaluja opetuksen liikunnallistamiseen eri oppiaineissa.

4.4 Osatutkimus PIV. Digitaalisen hyvinvointidatan hyödyntäminen monialaisissa opinnoissa

Neljännessä osatutkimuksessa PIV tarkasteltiin, miten opiskelijat ($n = 198$, 13-17-vuotiaat) kokivat sensoripohjaisen oppimisen uuden opetussuunnitelman mukaisten monialaisten "Hyvinvointi"-teemakurssien yhteydessä Jyväskylän normaalikoulun yläkoulussa ja lukiossa. Sensoripohjaisessa oppimisessä ilmiön oppiminen tapahtui mittaamalla ja analysoimalla omasta kehosta mitattua terveys- ja hyvinvointidataa mm. puettavan sensoriteknologian ja älykellojen avulla. Toisin sanoen oppilaiden henkilökohtaista mittausdataa käytettiin lähtökohtana opetuksessa. Tarkoituksena oli selvittää, miten opiskelijat kokivat sensoripohjaisen oppimisen ja saivatko he mittausten avulla uutta tietoa, joka voisi edistää heidän omaa hyvinvointiaan. Samalla pyrittiin myös tutkimaan, miten digitaalista hyvinvointidataa voidaan kerätä ja hyödyntää. Tässä tutkimuksessa pyrittiin ennustamaan hyvinvointidatan avulla oppilaan koulumenestystä.

Tulokset osoittivat, että sensoripohjainen oppiminen voi edistää opiskelijoiden oppimista ja hyvinvointia. Analyysin mukaan kaikki lukiolaiset ($n = 37$) kokivat, että kun kurssin mittausdata on oman kehon tuottamaa, se tekee ilmiön opiskelun mielenkiintoisemmaksi. Yläkoululaisista 87 % ($n = 161$) koki, että kun kurssin asioita opiskellaan oman kehon suureita mitaten, opiskeltavat asiat jäävät paremmin mieleen. Mittauksiin osallistuneista yläkoululaisista 78 % oli sitä

mieltä, että kurssilla suoritettu hyvinvointianalyysi oli hyödyllinen ja 66,5 % oppilaista koki saaneensa tietoa, jonka avulla he voisivat parantaa henkilökohtaista hyvinvointiaan.

Kun lukiolaisilta kysyttiin, mitkä tehtävät kurssilla olivat heidän oman oppimisensa kannalta hyödyllisimpiä tai tehokkaimpia, 84 prosenttia opiskelijoista mainitsi oman kehon mittaukset. Asiantuntijoiden luennot mainittiin 32:ssa prosentissa opiskelijoiden vastauksia. Pieni osa opiskelijoista (8 %) koki, että kurssin projektityön kirjoittaminen oli tehokasta heidän oppimiselleen ja 5 % opiskelijoista koki ryhmäkeskustelut oppimisen kannalta tehokkaimpina hetkinä kurssilla. Opiskelijoilta kysyttiin myös, mitkä kurssin sisällöistä he muistivat parhaiten kurssin jälkeen ja 72 prosenttia opiskelijoista mainitsi muistavansa parhaiten mittaukset kurssin jälkeen. Luennot mainittiin noin kolmanneksessa opiskelijoiden vastauksista. Kyselyn tulokset osoittavat, että sensoripohjainen oppiminen vaikuttaa positiivisesti opiskelijoiden oppimiskokemuksiin ja synnyttää mieleenpainuvia oppimistilanteita.

Tutkimuksessa havaittiin, että nykyteknologian avulla digitaalista hyvinvointidataa on varsin helppo kerätä suureltakin joukolta oppilaita. Erityisesti älykelloilla hyvinvointidatan kerääminen oli helppoa ja vaivatonta sekä mahdollisti pitkäaikaisen datankeruun (3 - 4 viikkoa). Vastaavasti Firstbeatin antureilla mitausjakso oli lyhyempi (3 - 5 päivää) ja datankeruuprosessi oli työlämpi. Firstbeatin mittausdatasta konstruoitu hyvinvointianalyysi kuitenkin antaa oppilaille tarkkaa ja monipuolista tietoa omaan hyvinvointiin liittyvistä tekijöistä.

Tutkimuksessa kehitettiin sensoripohjaisen oppimisen malli, joka kuvaa sensoridatan käyttömahdollisuuksia koulussa. Hyvinvointidataa voitaisiin ilmiön oppimisen ja oppilaan hyvinvoinnin lisäämisen lisäksi hyödyntää ennaltaehkäisevässä terveydenhuollossa ja osatutkimuksessa PIV esiteltävän sensoripohjaisen oppimisen mallin mukaisesti.

Tässä osatutkimuksessa sensoridataa hyödynnettiin erityisesti ilmiön oppimisessa ja oppilaan oman hyvinvoinnin edistämistarkoituksessa. Lisäksi kertynyttä dataa käytettiin tutkimuksellisessa tarkoituksessa.

Koulussa oppilaista kertyvä digitaalinen data tarjoaa tekoälylle mahdollisuuden jalostaa uutta tietoa yhdistelemällä eri datalähteitä. Tässä tutkimuksessa pyrittiin yhdistelemään Wilma-järjestelmän tietoja oppilaan kouluarvosanoista kursseilla kerätyn Firstbeatin hyvinvointidatan kanssa. Kuitenkaan korrelaatioita koulumenestyksen ja eri hyvinvointimuuttujien välillä ei tässä tutkimuksessa löytynyt, mutta osatutkimus synnytti ideoita datan soveltamiselle jatkotutkimuksessa.

4.5 Yhteenveto päätuloksista

Työssä tutkitaan kehon hyödyntämiseen mahdollisuuksia luonnontieteiden oppimisessa kolmesta eri näkökulmasta: 1. ilmiön oppiminen kehon liikkeen avulla ilman teknologiaa, 2. ilmiön oppiminen teknologia-avusteisesti kehon liikkeestä

ja 3. ilmiön oppiminen puettavan teknologian avulla kehosta mittaamalla. Tutkimuksen päätulokset on koottu alla olevaan taulukkoon 5. Taulukosta käy ilmi päätutkimuskysymys (Q) ja mihin osatutkimuskohtaiseen (P) tulokseen viitataan kyseisen päätuloksen yhteydessä. Päätuloksia analysoidaan tarkemmin luvussa 5.

TAULUKKO 5 Yhteenveto tutkimuksen päätuloksista

| QI Mitä lisäarvoa/mahdollisuuksia kehon käyttö tuo monialaiseen tiedeopetukseen? |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Kehon käyttö mahdollistaa mieleenpainuvamman oppimiskokemuksen syntymisen (PI-PIV). 2. Kehon käyttö mahdollistaa mielekkäiden oppimiskokemusten syntymisen tiedeopetuksessa ja voi siten lisätä kiinnostusta luonnontieteiden opiskeluun (PI-PIV). 3. Kehoa hyödyntävät työtavat mahdollistavat monipuolisten oppimisympäristöjen ja opetusteknologioiden hyödyntämisen aidoissa konteksteissa ja tilanteissa oppilaiden kokemusten mukaan mielekkäällä tavalla (PI, PIV). 4. Kehon käyttö mahdollistaa fyysisen aktiivisuuden lisääntymisen oppitunnin aikana, mikä voi vaikuttaa positiivisesti kognitioon (PI-PIV) 5. Kehon käyttö mahdollistaa abstraktien luonnontieteiden ilmiöiden ja käsitteiden konkretisoitumisen(PI-PIV) 6. Kehon mittaaminen puettavalla teknologialla mahdollistaa sensoripohjaisen oppimisen, jossa samaa dataa voidaan hyödyntää hyvinvointioppimisen, tutkimuksen tai ennaltaehkäisevään terveydenhuollon tarpeisiin (PIV). 7. Kehoa hyödyntävien työtapojen käyttö mahdollistaa tehokkaamman oppimisen (PI, PIV). |

jatkuu

TAULUKKO 5 jatkuu

| |
|--|
| <p>Q2 Miten yläkoululaiset ja lukiolaiset kokivat uusien opetusmenetelmien käytön?</p> |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Analyysi osoittaa, että kaikissa osatutkimuksissa yli 80 prosenttia oppilaista kokee kehoa hyödyntävät työtavat mielekkäämpinä ja kiinnostavampina kuin perinteiset luokkahuonemetodit (PI-PIV). 2. Valtaosa oppilaista kokee, että asiat jäävät paremmin mieleen ja oppiminen on tehokkaampaa, kun käytetään omaa kehoa (PI-PIV). 3. Oppilaiden kokemusten mukaan kehoa hyödyntävät työtavat tuovat vaihtelevuutta, lisäävät vireystilaa ja havainnollistavat ilmiötä ymmärrettävällä tavalla (PI-PIV). 4. Suurin osa lukiolaisista kokee, että kehon liikettä hyödyntävät oppilastyöt olivat kurssin eri työtavoista oman oppimisen kannalta hyödyllisimmät ja tehokkaimmat (PI, PIV). 5. Yläkoulussa sukupuolella, fysiikan arvosanalla ja suhtautumisella fysiikkaan oppiaineena ei ole vaikutusta työtapojen kokemiseen (PII, PIII). 6. Oppilaiden kokema työtapojen mielekkyys pysyi eri vuosina (2016 - 2018) samanalaisena (PIII). |
| <p>Q3 Miten uutta tietoa koneoppimis pohjaiset tekoälyratkaisut voivat jalostaa kouluissa kerätyn kysely- ja hyvinvointidatan pohjalta?</p> |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Ohjaamattoman koneoppimisen avulla kyselydatasta voidaan tunnistaa erilaisia oppilasprofiileita (PI-PIII). 2. Koneoppimis pohjaisten tekoälyratkaisujen avulla voidaan löytää uusia riippuvuussuhteita monimuuttujaisten aineistojen, esimerkiksi oppilaiden arvosanojen ja hyvinvointimittausten välillä (PIV). 3. Työssä käytettyjä koneoppimis pohjaisia tekoälyratkaisuja voidaan soveltaa muissakin käyttötarkoituksissa kouluissa, kuten ennaltaehkäisevässä terveydenhuollossa, syrjäytymisen ehkäisyssä, oppilaiden vahvuuksien ja temperamentti/ persoonallisuuspiirteiden tunnistamisessa (PIV). 4. Tulevaisuudessa sensoriteknologian ja tekoälyn kehittyessä tekoäly voi tarjota entistä parempia ja personoidumpia suosituksia oman hyvinvoinnin ja sitä kautta oppimisedellytysten kehittämiseksi (PIV). |

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä pyritään selvittämään, mitä lisäarvoa ja mahdollisuuksia kehoa hyödyntävät työtavat tuovat tiedeopetukseen. Perinteisessä tiedeopetuksessa kokeellinen työskentely tapahtuu usein luokkahuoneessa staattisesti istuen pulpetin ääressä, jotakin objektia, esim. vaunua liikutellen. Tässä tutkimuksessa löydettiin seitsemän lisäarvoa/hyötyä, jotka kehoa hyödyntävät työtavat mahdollistavat.

Ensinnäkin oppilaiden kokemusten mukaan keholliset työtavat mahdollistavat kokonaisvaltaisemman kehon käytön opetuksessa, mikä voi synnyttää mielenpainuvamman oppimiskokemuksen. Kun oppimisessa käytetään omaa kehoa, oppilas voi aistia monenlaisia kehollisia ja emotionaalisia tuntemuksia, jotka mahdollistavat oppimistilanteen ankkuroitumisen keho- ja tunnemuistiin, jolloin pitkäkestoisen muistijäljen syntymisen todennäköisyys kasvaa. Valtaosa oppilaista koki, että asiat jäävät paremmin mieleen ja oppiminen on tehokkaampaa, kun käytetään omaa kehoa. *Toiseksi* kehon käyttö mahdollistaa mielekkään oppimiskokemuksen syntymisen tiedeopetuksessa ja voi siten lisätä kiinnostusta luonnontieteiden opiskeluun. Oppilaiden avoimien vastausten perusteella käytännönläheisyys ja kehon käyttö lisäävät oppilaiden kiinnostusta ja auttaa havainnollistamaan ilmiötä mielenkiintoisemmalla tavalla perinteiseen luokkahuoneetöyöhön verrattuna. *Kolmanneksi* kehoa hyödyntävät työtavat mahdollistavat oppilaiden kokemusten mukaan monipuolisten oppimisympäristöjen ja opetus-tekniologioiden hyödyntämisen aidoissa konteksteissa ja tilanteissa mielekkäällä tavalla. *Neljänneksi* kehon käyttö mahdollistaa fyysisen aktiivisuuden lisääntymisen oppitunnin aikana, mikä voi vaikuttaa positiivisesti kognitioon. Oppilaat kokivat muun muassa työtapojen sisältämän fyysisen aktiivisuuden lisäävän viireystilaa perinteiseen luokkahuoneopiskeluun verrattuna. *Viidenneksi* kehon käyttö mahdollistaa abstraktien luonnontieteiden ilmiöiden ja käsitteiden konkretisoitumisen. Kehollinen kokemus voi linkittää fysiikan ilmiön, esimerkiksi kiihtyvyyden, lähemmäksi oppilaan omaa kokemusmaailmaa esimerkiksi urheiluharrastusta. Uuden fysiikan ilmiön oppiminen on helpompaa, kun opetettava asia voidaan linkittää konkreettiseen omakohtaiseen kokemukseen. Työtapojen kehollisuus voi auttaa erityisesti heikompia oppilaita konkretisoimaan abstrakteja fysiikan käsitteitä. *Kuudenneksi* teknologia-avusteinen kehon käyttö mahdollistaa hyvinvointidatan keruun koulussa opetuksen yhteydessä. Samaa dataa voidaan hyödyntää hyvinvointioppimisen, tutkimuksen tai ennaltaehkäisevään terveydenhuollon tarpeisiin. Kun ilmiötä opiskellaan oman kehon liikkeestä tai mittaamalla oman kehon hyvinvointisuureita, on mahdollista syventää oppimiskokemusta ja edistää hyvinvointioppimista. *Seitsemänneksi* kehoa hyödyntävien työtapojen käyttö mahdollistaa oppilaiden kokemusten analysoinnin ja oppimistulosten vertailun perusteella tehokkaamman oppimisen.

Toinen tutkimuskysymys tarkastelee, miten yläkoululaiset ja lukiolaiset kokivat uusien opetusmenetelmien käytön. Kaikissa osatutkimuksissa yli 80 prosenttia oppilaista koki tutkimuksen työtavat positiivisina, mikä osoittaa, että työtapojen lisäämisellä perinteiseen tiedeopetukseen voisi olla positiivisia vaikutuksia oppilaiden asenteisiin luonnontieteiden opiskelua kohtaan. Erityisesti oppi-

laat kokivat, että työtavat lisäsivät kiinnostavuutta ja mielekkyyttä fysiikan opiskeluun, mikä osoittaa, että tutkimuksen työtapojen käytöllä tiedeopetuksessa voisi olla positiivisia vaikutuksia oppilaiden asenteisiin ja motivaatioon luonnontieteiden opiskelua kohtaan. Suurin osa oppilaista koki, että asiat jäivät paremmin mieleen ja oppiminen on tehokkaampaa, kun käytetään omaa kehoa. Ensimmäisessä osatutkimuksessa suurin osa opiskelijoista koki, että kurssin eri työtavoista oman oppimisen kannalta hyödyllisimmät ja tehokkaimmat olivat ulkona tehdyt oppilastyöt. Opiskelijat kokivat nämä opetusmenetelmät mielenkiintoisemmiksi ja havainnollisemmiksi, koska ne olivat käytännöllisempiä. Oppilastöiden katsottiin lisäävän vireystilaa, koska ne olivat ”mielenkiintoisempia” ja töihin sisältynyt ”liikkuminen auttoi pysymään valppaana” ja ilmiön opiskelu itsetuotetusta liikkeestä lisäsi tehtävien mielekkyyttä ja ymmärrystä tutkittavasta ilmiöstä. Yläkoulussa sukupuolella, fysiikan arvosanalla ja suhtautumisella fysiikkaan oppiaineena ei ollut vaikutusta työtapojen kokemiseen, joten tulosten mukaan työtavat sopivat keskimäärin kaikille oppilaille ja voisivat lisätä erityisesti PISA-tutkimuksessa esille nousseiden heikosti fysiikassa menestyvien poikien motivaatiota luonnontieteiden opiskeluun. Myöskään työtapojen mielenkiinto ei vähentynyt kolmen vuoden aikana, vaikka yleisesti toiminnallisten opetusmenetelmien käyttö oli koulussa lisääntynyt.

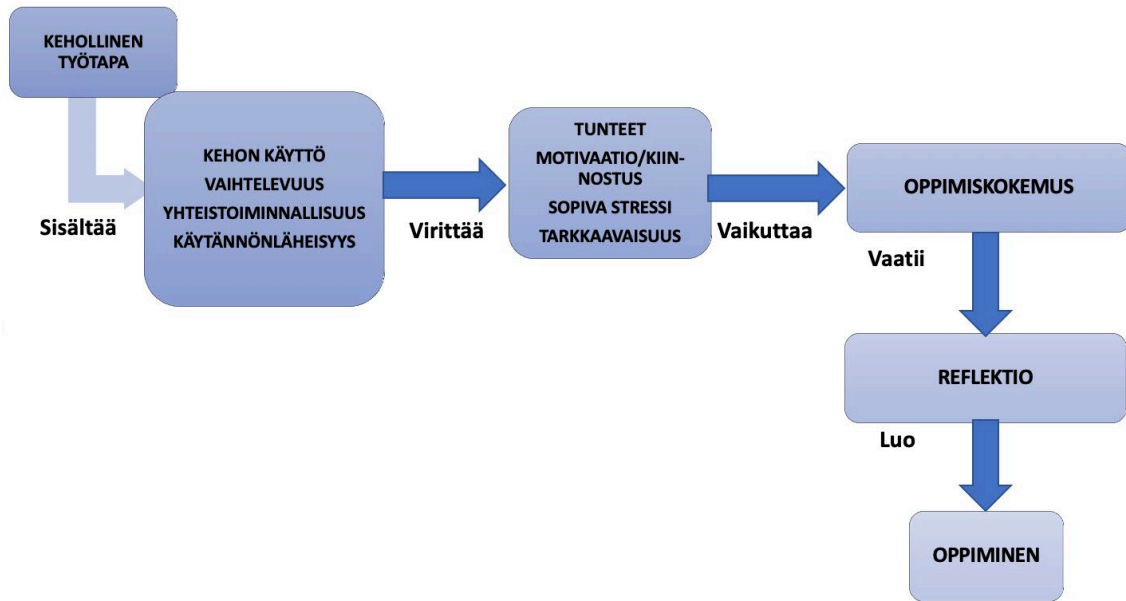
Kolmas tutkimuskysymys tarkastelee, mitä uutta tietoa tekoäly voi jalostaa kerätyn kysely- ja hyvinvointidatan datan pohjalta. Nykyisten mobiililaitteiden avulla voidaan kerätä helposti ja nopeasti oppilailta palautetta esimerkiksi työpajan tai kurssin jälkeen. Ohjaamattoman koneoppimisen avulla kyselydatasta voidaan jalostaa opettajalle uutta tietoa opetettavasta ryhmästä (Moilanen ym. 2017a). Esimerkiksi tietoa millaisista opetusmenetelmistä opiskelijat pitävät ja minkälaisia eri oppilasprofiileita ryhmistä löytyy. Tämä voi antaa opettajalle tärkeää tietoa opetettavasta ryhmästä ja auttaa opettajaa valitsemaan kullekin ryhmälle opetustyylin, joka huomioisi ryhmän tarpeet ja oppimisstrategiat parhaalla mahdollisella tavalla. Nykyisellä mobiiliteknologialla ja puettavalla teknologialla voidaan kerätä oppilaista hyvinvointidata vaivattomasti. Erityisesti älykelloilla datan kerääminen on vaivatonta. Kehoon kiinnitettävillä sensoreilla datan keruu oli työläämpää, mutta toisaalta niiden avulla kerätty data oli tarkempaa ja sen avulla saatu hyvinvointianalyysi oli oppilaille hyödyllinen. Koneoppimispohjaiset tekoälyratkaisut luovat uusia mahdollisuuksia löytää riippuvuussuhteita monimuuttujaisten aineistojen eri suureiden välille. Osatutkimuksen PIV tutkimusaineistossa oli 49 muuttujaa, joiden käsittely perinteisin tilastollisin menetelmin olisi ollut haastavaa ja aikaavievää. Koneoppimiseen perustuvat algoritmit löysivät kuitenkin merkittävän korrelaation ($-0,267$, $p < 0,01$) oppilaiden hiilihydraattien kulutuksen (EECH) ja keskiarvon välille (Moilanen ym. 2017b). Kouluissa kertynyttä dataa ja tekoälyä voitaisiin käyttää tulevaisuudessa kouluissa hyvinvoinnin ja oppimisen lisäämisen lisäksi myös ennaltaehkäisevässä terveydenhuollossa ja esimerkiksi syrjäytymisvaarassa olevien oppilaiden tunnistamisessa. Tällä hetkellä koulujen monipuolisia datalähteitä yhdistellään vielä vähän, mutta tulevaisuudessa niiden yhdistäminen ja erilaiset koneoppimispohjaiset tekoälyratkaisut voisivat tarjota mielenkiintoisia mahdollisuuksia myös

esimerkiksi vahvuuksien ja temperamentti- ja persoonallisuuspiirteiden tunnistamisessa sekä oppimisen tukemisessa ja edistymisen seurannassa. Tulevaisuudessa sensoriteknologian ja tekoälyn kehittyessä tekoäly voi tarjota entistä parempia ja personoidumpia suosituksia oman hyvinvoinnin ja sitä kautta oppimisedellytysten kehittämiseksi.

Edellä esiteltyjen tutkimuksen päätulosten reflektoinnin ja tutkimuskirjallisuuteen syventymisen tuloksena syntyi kehoa hyödyntävän oppimisen malli, jota esitellään seuraavaksi.

4.6 Kehoa hyödyntävän oppimisen malli

Kehoa hyödyntävän oppimisen malli yhdistää työn empiirisen osan tuloksia ja teoreettisessa viitekehyksessä esiteltyä tutkimuskirjallisuutta sekä ottaa huomioon myös oppimisympäristön ja yhteistoiminnallisuuden vaikutuksen oppimisprosessissa. Kehoa hyödyntävän oppimisen mallin lähtökohtana on käytetty Deweyn (1986) teoriaa, jonka mukaan kokemus kytkeytyy aina ympäristön tapahtumiin ja ärsykkeisiin. Opettaja pystyy vaikuttamaan vuorovaikutuksellaan ja käyttämillään opetusmenetelmillään antamaan erilaisia ärsykejä, jotka voivat vaikuttaa esimerkiksi oppilaiden tarkkaavaisuuteen, kiinnostukseen, motivaatioon sekä tunteen syntymiseen ja muistin toimintaan (Schutz ym. 2007; Hari ym. 2015; Davis & Whalen 2001, Winkielman ym. 2007; Burgdorf & Panksepp 2006; Tyng ym. 2017; Renninger 2000). Esiteltävä malli perustuu Kolbin kokemuksellisen oppimisen syklin kahteen ensimmäiseen vaiheeseen, konkreettiseen kokeemukseen ja sen reflektointiin (Kolb 2014). Erona Kolbin kokemuksellisen oppimisen malliin on se, että kehoa hyödyntävän oppimisen malli tarkastelee erityisesti Kolbin syklin ensimmäisen vaiheen oppimiskokemuksena nimenomaan kehollisen työtavan synnyttämää kehollista oppimiskokemusta. Malli siis keskittyy tarkastelmaan kehollisten työtapojen sisältämiä eri ärsykejä, jotka voivat vaikuttaa positiivisen oppimiskokemuksen syntymiseen ja siten luoda reflektion avulla mielekästä oppimista. Mallin tavoite on toimia pedagogisena mallina ja antaa opettajille tutkittua tietoa pedagogisesti mielekkään opetuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Seuraavaksi esitellään kuviossa 11 mallin rakenne, jota avataan tekstissä alla tiiviisti, sillä luvun 2 teoreettisessa viitekehyksessä kehon käyttöön, tunteisiin, motivaatioon, tarkkaavaisuuteen, stressiin ja reflektioon liittyviä tutkimuksia esiteltiin laajemmin. Luvun 5 tulosten pohdinnassa mallia analysoidaan tarkemmin.



KUVIO 11 Kehoa hyödyntävän oppimisen malli

Kehollinen työtapa

Kehollinen työtapa on tutkimuksessa kehitetty termi, jossa yhdistyvät kehon hyödyntäminen oppimisessa, luokkahuoneen ulkopuolella oppiminen ja yhteistoiminnallisuus. Tämän tutkimuksen keholliset työtavat *sisältävät* elementtejä tai ärsykejä (kehon käyttö, vaihtelevuus, yhteistoiminnallisuus, käytännönläheisyys), jotka voivat *virittää* oppimiskokemukseen vaikuttavia mekanismeja (tunteet, motivaatio ja kiinnostus, sopiva stressi, tarkkaavaisuus) oppilaassa.

Kehon käyttö

Tutkimuksen kaikissa osatutkimuksissa (PI-PIV) hyödynnettiin kehoa, jolloin oppiminen oli moniaistista ja samalla lisäsi oppitunnin aikaista fyysistä aktiivisuutta. Monikanavaisuuden hyödyntäminen opetuksessa ja oppimisessa tukee erilaisia oppimistyyplejä sekä tehostaa muistijälkien syntymistä (Shams & Seitz 2008; Kontra ym. 2015). Myös tässä tutkimuksessa valtaosa oppilaista koki, että asiat jäävät paremmin mieleen ja oppiminen on tehokkaampaa, kun käytetään omaa kehoa. Esimerkiksi lukiolaiset kokivat, että kurssin keholliset oppilastyöt olivat heidän oppimisen kannalta hyödyllisimpiä ja vaikuttavimpia hetkiä. Luvussa 2 käsiteltiin kattavammin, miten kehon käyttö ja liike voi vaikuttaa positiivisesti oppimiseen muun muassa konkretisoimalla abstrakteja luonnontieteiden käsitteitä (mm. Lakoff & Johnson 1980; Hayes & Kraemer 2017; Burke 2009; Moore & Linder 2012) ja vaikuttamalla positiivisesti kognitioon (Drollette ym. 2014; Erickson ym. 2011; Hillman ym. 2009; Raichlen & Alexander 2017; Colcombe ym. 2004; Donnelly ym. 2016; Watson ym. 2017). Useissa oppilaiden vastauksissa mainittiinkin, että töihin sisältynyt ”liikkuminen” lisäsi vireystilaa.

Vaihtelevuus

Tutkittaessa oppilaiden kokemuksia kehollisista työtavoista useissa vastauksissa mainittiin, että liikunnalliset työtavat tuovat mukavaa vaihtelua oppitunnille. Wilsonin ym. (2007) mukaan vaihtelevuus opetuksessa vaikuttaa positiivisesti tarkkaavaisuuden, mielenkiinnon ja motivaation ylläpitoon. Keholliset työtavat voivat tuoda vaihtelevuutta opetukseen ja rikkoa opetuksen rutiinia käytetyn teknologian, oppimisympäristöjen ja opetusmenetelmien suhteen, kuten tässä tutkimuksessa tehtiin. Muissakin tutkimuksissa on havaittu, että uutuudenviehätys, perinteisen oppitunnin rutiinin rikkominen ja vaihtelevuus on tehokas keino lisätä kiinnostusta ja luoda mieleenpainuvia oppimiskokemuksia (Smeds ym. 2015; Kontra ym. 2015; Schomaker 2019; Kormi-Nouri ym. 2005; Tulving & Kroll 1995; Spanagel & Weiss 1999; Duzel ym. 2006).

Useiden tutkimusten mukaan luokkahuoneen ulkopuolinen oppimisympäristö tukee oppimista (Smeds ym. 2015; McRae 1990; Palmberg & Kuru 2000; Kangas 2010a, Kangas 2010b). Ulkona oppiessa oppilailla on mahdollista saada moniaistisia oppimiskokemuksia ja tällä on havaittu olevan positiivisia vaikutuksia muun muassa kognitioon (Smeds ym. 2015; McRae 1990). Marttilan (2016) väitöstutkimuksessa havaittiin, että elämys- ja seikkailupedagoginen luontoliikunta vaikutti positiivisesti kouluviihtyvyyteen, yhteisöllisyyteen, motivaatioon ja liikunnan määrään sekä tuki oppimista. Lavosen ym. (2005) mukaan oppilaat, erityisesti tytöt, toivoivatkin tiedeopetukseen vaihtelevuutta erilaisten koulun ulkopuolelle tapahtuvien vierailuiden muodossa. Uusia virikkeitä sisältävässä oppimisympäristössä opiskelun on havaittu vaikuttavan positiivisesti kognitioon tehostaen aistihavaintojen syntymistä ja muistin toimintaa (Oppezzo & Schwartz 2014; Schomaker 2019). Tässä tutkimuksessa opiskelu luokkahuoneen ulkopuolisissa oppimisympäristöissä koettiin mielekkäänä ja oppilaiden kokemusten mukaan keholliset työtavat synnyttivät mieleenpainuvia oppimiskokemuksia.

Yhteistoiminnallisuus

Tutkimuksen kehollisissa työtavoissa oppiminen tapahtui pääosin ryhmissä yhteistoiminnallisesti (Dillenbourg 1999). Työtavoissa käytetty teknologia mahdollisti lisääntyneen yhteistoiminnallisuuden (Lan ym. 2007; Zimmermanin & Howardin 2013; Hess & Gunter 2013). Nykyiset opetussuunnitelmat korostavat vuorovaikutuksen merkitystä oppimisessa (POPS 2014; LOPS 2015). Ihminen on lähtökohtaisesti yhteisöllinen ja oppiminen tapahtuu usein vuorovaikutuksessa ympäristön ja ympäröivän kulttuurin sekä ihmisten kanssa (Ahonen ym. 2019). Kyndtin ym. (2013) tekemän meta-analyysin mukaan oppiminen yhteistyössä toisten kanssa tuottaa parhaita tuloksia. Yhteistoiminnallisuuden on havaittu vaikuttavan positiivisesti motivaatioon, minä-pystyvyyteen, sitoutumiseen ja kognitioon oppimisprosessissa (Blumenfeld ym. 2006; Laal & Ghodsi 2012). Yhteistoiminnallisuutta sisältävät työtavat voivat edistää oppimista (Sawyer 2004; Sawyer 2006) sekä oppimista edesauttavien tunteiden syntymistä (Siegel 1999;

Kangas 2010a). Kehollisten työtapojen käyttäminen opetuksessa antaa mahdollisuuden lisätä sosiaalista vuorovaikutusta ja kouluviihtyvyyttä, mikä saattaa vaikuttaa positiivisesti oppimiseen (Kantomaa ym. 2013).

Käytännönläheisyys

Opiskelijat kokivat keholliset työtavat mielenkiintoisemmiksi ja havainnollisemmiksi, koska ne olivat käytännöllisempiä. Käytännönläheisyys ja konkretia helpottavat erityisesti heikompien oppilaiden oppimista ja mahdollistavat konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaisen uuden asian linkittymisen jo opittuihin tietoihin, mikä helpottaa uuden asian omaksumista (Fosnot 2013; Ahonen ym. 2019). Tässä tutkimuksessa käytetyt keholliset työtavat pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman käytännönläheisiksi siten, että oppilaat voisivat linkittää opiskeltavat ilmiöt omiin harrastuksiinsa ja kokonaisvaltaisen hyvinvointinsa osa-alueisiin. Kun oppilas pystyy yhdistämään konkreettisen arkielämän esimerkiksi omaan urheiluharrastukseensa liittyvän kehollisen kokemuksen opiskeltavaan ilmiöön, oppiminen voi tehostua (Ahonen ym. 2019; Kontra ym. 2015). Tässä työssä käytetty teknologia ja oppimisympäristöt mahdollistivat myös oppimisen aidossa kontekstissa ja tilanteissa.

Kehoa hyödyntävän oppimisen mallissa seuraavassa vaiheessa edellä käsitellyt elementit toimivat ärsykkeinä ja virittävät vastaanottajassa eli oppilaassa erilaisia tunteita ja vaikuttavat myös oppijan motivaatioon, kiinnostavuuteen, stressiin sekä tarkkaavaisuuteen.

Tunteet, motivaatio ja kiinnostus, stressi ja tarkkaavaisuus

Luvussa 2.4 käsiteltiin tunteiden, motivaation ja kiinnostuksen, stressin ja tarkkaavaisuuden vaikutusta oppimiseen ja oppimiskokemukseen tarkemmin. Oppimiskokemus syntyy tunteista ja oppimisprosessi on neurobiologisesti mahdollista ilman tunteita (Immordino-Yang & Damasio 2007; Tyng ym. 2017). Tunne toimii oppimisprosessin aloittavana impulssina ja polttoaineena, joka mahdollistaa oppimistilanteen läpiviemisen (Zull 2002). Tunteet ja motivaatio vaikuttavat sitoutumiseen sekä tarkkaavaisuuteen ja sen ylläpitoon oppimisprosessissa (Bransford ym. 2006).

Tällä hetkellä yksi tiedeopetuksen suurimmista haasteista on se, etteivät oppilaat koe opetusta motivoivaksi ja kiinnostavaksi (PISA2018), mikä on huolestuttavaa, koska ensimmäinen vaihe oppimisprosessia on tietoisien sisällöllisten kiinnostuksen herääminen (Engeströmin 1981). Kiinnostus on Hidin ja Renningerin (2006) mukaan psykologinen tila, jolle on tunnusomaista positiivinen tunnetila ja keskittyminen. Työtavat suunniteltiin siten, että niissä olisi oppilaiden kiinnostuksen herättäviä tekijöitä, kuten esimerkiksi luokkahuoneen ulkopuolinen oppimisympäristö, teknologia ja opiskeltavan ilmiön linkittäminen omiin harrastuksiinsa sekä kokonaisvaltaisen hyvinvoinnin osa-alueisiin. Luvussa 2 esiteltujen motivaatioteorioiden mukaan muun muassa opetusmenetelmän kiinnostavuus (Eccles 1983; Lehtisen & Kuusinen 2007; Salmela-Aro & Nurmi 2017),

mielekkyyden ja merkityksellisyyden kokemus (Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemi-virta 2004; Brophy 2013) sekä kokemus hyödyllisyydestä (Eccles ym. 1983) vaikuttavat positiivisesti motivaatioon ja positiivisen oppimiskokemuksen syntymiseen.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin kehittämään luonnontieteiden työtapoja, jotka herättäisivät oppilaan kiinnostuksen ja motivaation opiskeltavaan ilmiöön. Oppilaiden kokemusten analyttinen tarkastelu osoittaa, että käytetyt työtavat voivat lisätä oppilaiden kiinnostusta ilmiön opiskeluun ja auttaa havainnollistamaan ilmiötä mielenkiintoisemmalla tavalla perinteiseen luokkahuoneessa tapahtuneeseen opetukseen verrattuna. Oppilaat kokivat, että ilmiön opiskelu itsetuotetusta liikkeestä ja oman kehon tuottamasta datasta lisäsivät tehtävien mielekkyyttä ja heidän ymmärrystään tutkittavasta ilmiöstä, mikä osoittaa, että tutkimuksen työtapojen lisäämisellä tiedeopetukseen voisi olla positiivisia vaikutuksia oppilaiden asenteisiin ja kiinnostukseen luonnontieteiden opiskelua kohtaan.

Oppilaiden vastausten mukaan kehollisten työtapojen katsottiin lisäävän vireystilaa, koska ne olivat ”mielenkiintoisempia”, ja töihin sisältynyt ”liikkuminen auttoi pysymään valppaana”. Muistin ja aivojen toiminta vaatii sopivan stressitason, sillä se tehostaa tarkkaavaisuutta, vireystilaa ja oppimista, mutta liiallinen stressi voi estää oppimista (Salehi ym. 2010; Huotilainen 2019; Lupien ym. 2009; LaPine ym. 2004). Koska valtaosa oppilaista koki keholliset työtavat positiivisina ja mieleenpainuvina, voidaan päätellä, että työtavat eivät aiheuttaneet näissä oppilaissa oppimista estävää negatiivista stressikokemusta.

Kehollisen työtapojen elementeistä kehon käyttö, vaihtelevuus, yhteistoiminnallisuus ja käytännönläheisyys toimivat ärsykkeinä, jotka *virittävät* tunteen, motivaation ja kiinnostuksen, sopivan stressin ja tarkkaavaisuuden. Näillä on keskinäinen vuorovaikutussuhde (Huotilainen 2019). Esimerkiksi positiivinen tunne voi vaikuttaa motivaatioon ja kiinnostukseen, stressiin, tarkkaavaisuuteen ja *virittää* myös aivojen sekä muistin toimintaa oppimista edistävällä tavalla (Walker ym. 2003; D’Argenbaum ym. 2002; Burgdorf & Panksepp 2006; Tyng ym. 2017). Tunteet, motivaatio ja kiinnostus, stressi ja tarkkaavaisuus *vaikuttavat* yhdessä oppimiskokemuksen muodostumiseen.

Oppimiskokemus

Useassa kansainvälisessä tutkimuksessa on havaittu kehollisten työtapojen hyödyllisyys ja positiiviset vaikutukset oppimiskokemukseen (mm. Colletta ym. 2019; Scherr ym. 2013; Whitworth ym. 2014; Cai ym. 2017). Tämän työn osatutkimuksissa yli 80 prosenttia oppilaista koki tutkimuksen työtavat mielekkäämpinä ja kiinnostavampina verrattuna perinteisiin luokkatöihin. Erityisesti oppilaat kokivat, että keholliset työtavat lisäävät kiinnostavuutta ja mielekkyyttä fyysisen opiskeluun, mikä osoittaa, että tutkimuksen työtapojen lisäämisellä perinteiseen tiedeopetukseen voisi olla positiivisia vaikutuksia oppilaiden asenteisiin ja kiinnostukseen luonnontieteiden opiskelua kohtaan myös Suomessa. Kehon käyttö, yhdessä tekeminen ja erilainen oppimisympäristö toimivat ärsykkeinä,

jotka synnyttävät oppilaissa erilaisia ja eri kestoisia tunteita, jotka vaikuttavat oppimiskokemukseen. Tämä tutkimus osoittaa, että kehollisten työtapojen käyttö mahdollistaa mieleenpainuvien ja mielekkäiden oppimiskokemusten syntymisen.

Reflektio

Kuten kehoa hyödyntävän oppimisen mallissa esitetään, tietyt kriteerit täytettyään kehollinen opetusmenetelmä voi *luoda* oppimista. Oppiminen ei kuitenkaan nouse kokemuksesta itsestään ja kokemuksellisen ja elämyksellisen oppimisen haaste piilee siinä, miten muuttaa kokemus oppimiseksi. Boudin ja Millerin mukaan (1996) kokemuksen muuntuminen aivoissa jäsentyneeksi tiedoksi *vaatii* reflektion. Yhteistoiminnallinen ja aktiivinen kokemuksen tutkiminen, analysointi ja pohtiminen voi muuntaa kokemuksen oppimiseksi (Boud & Miller 1996). Myös Kolb (2014) korostaa tärkeäksi osaksi oppimista toiminnan ja kokemuksen jälkeisen reflektoinnin. Kokemuksen reflektointi eli uuden ilmiön oppiminen voi olla tehokkaampaa, kun se tapahtuu heti liikunnallisen oppilastyön jälkeen, jolloin aivot ovat virittyneet vastaanottavaiseen tilaan (Nokia ym. 2016) ja opittavaa ilmiötä pystyy linkittämään vasta koettuun konkreettiseen keholliseen kokemukseen (Kontra ym. 2015).

Johtopäätöksenä tutkimuskirjallisuuteen ja oppilaiden vastauksiin viitaten voidaan todeta, että kehollisilla työtavoilla voidaan vaikuttaa mieleenpainuvan ja mielekkään oppimiskokemuksen syntymiseen. Työtavat *sisältävät* elementtejä, jotka *virittävät* oppilaassa tunteisiin, motivaatioon ja kiinnostukseen, tarkkaavaisuuteen ja stressiin vaikuttavia mekanismeja, jotka yhdessä *vaikuttavat* positiivisten oppimiskokemusten syntymiseen. Työtapojen synnyttämä kehollinen oppimiskokemus *vaatii* reflektion, jonka avulla voidaan *luoda* oppimista.

5 POHDINTAA

Tässä luvussa peilataan tutkimustuloksia olemassa olevaan tieteelliseen kirjallisuuteen ja arvioidaan tutkimuksen merkitystä ja käytännön hyötyjä. Tämän jälkeen arvioidaan tutkimuksen tieteellisiä rajoituksia, luotettavuutta ja validiteettia. Lopuksi tuodaan vielä esille tutkijan omaa pohdintaa ja mahdollisia jatkotutkimusideoita.

5.1 Tulosten pohdintaa ja analysoimista

Oppimiskokemuksen tutkiminen on lähtökohtaisesti haastavaa, koska oppimisprosessissa oppilaan oppimiskokemukseen vaikuttavat lukuisat tekijät, joiden vakioiminen on mahdotonta toimittaessa kouluympäristössä. Dunn ym. (2009) mukaan näitä tekijöitä ovat muun muassa *ympäristö* (ääni, valaistus, lämpötila ja istumajärjestys), *emootiot* (motivaatio, sinnikkyys työskennellä, vastuu, oppitunnin struktuurit), *sosiaaliset suhteet* (oppiminen yksin, parin kanssa, ryhmien koostumus, suhteet aikuisiin/opettajaan, vaihtelevuus), *fysiologiset ominaisuudet* (oppimistrategia, ruokailu, ajankohta, fyysinen aktiivisuus) ja *psykologiset taipumukset* (analyttinen vs. globaali, impulsiivisuus vs. reflektiivisyys).

Beckerin (2014) ym. mukaan opettajan tunnetilalla ja innostuneisuudella on suurempi vaikutus oppilaiden oppimiseen kuin millään muulla pedagogisella käyttäytymisellä. Tässä tutkimuksessa esimerkiksi opettajan vaikutusta syntyvään oppimiskokemukseen ei analysoitu tarkemmin, koska opettaja oli sama kaikissa osatutkimuksissa. Oppimisympäristöllä ja käytetyllä teknologialla sen sijaan tulosten mukaan vaikutusta oppimiskokemukseen. Merkittävä osa (88 prosenttia) oppilaista koki, että fysiikan ja kemian opiskelu on mukavampaa luokkahuoneen ulkopuolisissa oppimisympäristöissä. Ensimmäisen osatutkimuksen lukiolaisista 87 prosenttia koki kehon liikkeen avulla oppimisen positiivisena. Kokemukset sekä kehon että teknologian käytöstä kurssilla olivat positiivisia 69 prosentilla opiskelijoista, joten 18 prosenttia opiskelijoista kuului teknologiavastaiseen klusteriin, jonka oppilaat pitivät liikkeen avulla oppimisesta, mutta eivät

kokeneet teknologian tuovan lisäarvoa oppimiseen. Näin ollen kehollisuus nousee tässä tutkimuksessa teknologiaa suuremmaksi oppimiskokemukseen vaikuttavaksi tekijäksi

Yksi tutkimuksen tuloksia on, että kehon käyttö mahdollistaa mielekkäiden oppimiskokemusten syntymisen tiedeopetuksessa ja voi siten lisätä kiinnostusta luonnontieteiden opiskeluun. Fabritius ja Hagemann (2018) toteaa, että parhaat edellytykset merkityksellisen oppimiskokemuksen syntymiseen on, kun kokemus on samanaikaisesti hauska, sopivan haastava, palkitseva ja altistaa oppijan jollekin uudelle. Kokonaisuutena kaikki oppilasryhmät kokivat keholliset opetusmenetelmät myönteisinä ja tulokset osoittavat, että kehollisilla työtavoilla voidaan vaikuttaa merkityksellisen ja mielekkään oppimiskokemuksen syntymiseen. Sukupuolella, fysiikan arvosanalla ja suhtautumisella fysiikkaan oppiaineena ei ollut vaikutusta työtapojen kokemiseen, joten tulosten mukaan työtavat sopivat keskimäärin kaikille oppilaille ja voisivat lisätä erityisesti PISA-tutkimuksessa esille nousseiden heikosti fysiikassa menestyvien poikien motivaatiota luonnontieteiden opiskeluun (Vettenranta ym. 2016). Viimeisimmät PISA-tutkimukset osoittavat erityisesti suomalaisten poikien kiinnostuksen luonnontieteitä kohtaan heikentyneen ja heidän suoriutumisensa olleen tyttöjä heikompaa (Vettenranta ym. 2016; PISA 2018). Tämän tutkimuksen mukaan oppilaiden sukupuolella tai koulumenestyksellä ei ollut yhteyttä heidän kokemukseensa työpajasta ja kehollisista opetusmenetelmistä. Keholliset opetusmenetelmät näyttäisivät siis kiinnostavan myös heikkoja poikia. Työtavat voisivat motivoida luonnontieteiden opiskeluun myös poikia ja heikompia oppilaita, joille luonnontieteiden abstraktien käsitteiden oppiminen on haastavaa. Aiempien tutkimusten valossa liikunnan lisäämisestä oppitunnille hyötyvät kaikki, mutta ylivilkkaat ja oppimistuloksiltaan heikommat oppilaat hyötyvät eniten liikunnan integroimisesta oppitunteihin (Hillman ym. 2008; Drollette ym. 2014; Kujala ym. 2012).

Tutkimuksen mukaan kehoa hyödyntävät työtavat mahdollistavat monipuolisten oppimisympäristöjen ja opetusteknologian hyödyntämisen yläkoulun ja lukion tiedeopetuksessa oppilaiden kokemusten mukaan mielekkäällä tavalla. Tämä tukee aikaisempia tutkimuksia, joiden mukaan mobiililaitteet voivat lisätä oppilaiden kiinnostusta opiskeltavaa ilmiöön mahdollistamalla luokkahuoneen ulkopuolella tapahtuvaa oppimista aidossa kontekstissa ja tilanteissa (Zimmerman & Howard 2013; Hess & Gunter 2013). Mobiiliteknologian avulla on mahdollistaa myös edistää yhteistoiminnallista oppimista (Zimmerman & Howard 2013; Hess & Gunter, 2013; Barker ym. 2005).

Oppimiseen vaikuttavista tekijöistä oppimisympäristön on havaittu useissa tutkimuksissa vaikuttavan oppimiseen ja oppimistilanteessa käytettävään pedagogiikkaan (Blackmore ym. 2011; Oblinger 2006; Walker ym. 2011). Suomessa Hyvönen (2008) ja Kangas (2010a) ovat väitöstutkimuksissaan luoneet pohjaa leikillisen oppimisen ja leikillisten oppimisympäristöjen tutkimukselle. Leikillisessä oppimisessä yhdistyvät luovuus, leikillisuus, autenttisuus, konkreettisuus, narratiivisuus, yhteisöllisyys, emotionaalisuus ja kehollisuus sekä teknologian ja median monipuolinen hyödyntäminen (Hyvönen 2008; Kangas 2010b). Luovat ja

leikilliset oppimisympäristöt puolestaan sisältävät mm. erilaisia formaaleja ja in-formaaleja oppimisen paikkoja ja tiloja sekä uusia teknologioita, jotka mahdollis-tavat liikunnallisuuden, luovuuden, leikillisyyden ja kokonaisvaltaisen hyvin-voinnin kehittymisen. (Kangas 2010a.) Kankaan leikillisen oppimisen mallin on havaittu lisäävän oppimisen iloa ja palkitsevuutta 7–12-vuotiaiden lasten kes-kuudessa (Kangas 2010b). Tässä työssä testatut opetusmenetelmät sisälsivät pal-jon Kankaan mallin elementtejä, kuten kehollisuus, fyysinen aktiivisuus, yhtei-söllisyys, uudet teknologiat ja luokkahuoneen ulkopuoliset oppimisympäristöt. Ihminen on pohjimmiltaan Homo Ludens, leikkivä ihminen (Huizinga 1984) ja leikkisä ja luova ote sopivat tämän tutkimusten tulosten valossa myös yläkoulun ja lukion tiedeopetukseen. Hyvösen (2008) mukaan leikillisten oppimisympäris-töjen opetuskäyttö voi lisätä sosiaalista vuorovaikutusta, kouluviihtyvyyttä, osallistumista lapsilla sekä parantaa heidän oppimistuloksia. Tämä työ osoittaa, että leikillisten ja kehoa hyödyntävien työtapojen elementit voivat lisätä opetuk-sen mielekkyyttä ja kokemuksellisuutta myös vanhemmilla oppilailla.

Juuti (2005) tutki väitöskirjassaan luonnontieteiden oppimisympäristöjä fy-siikan verkkopohjaisen oppimisympäristön kehittämisen näkökulmasta. Hänen mukaansa oppimisympäristössä on tärkeää konkreettisuus ja havainnollistavuus. Oppimisympäristön tulisi tarjota virikkeitä, jotka aktivoivat oppilaiden kogni-tioita ja työskentelyä ja ohjaavat kokeelliseen työskentelyyn. Oppimisympäristön tulisi myös olla fysikaalisesti ja pedagogisesti mielekäs. Oppilaat mainitsivat avoimissa vastauksissaan muun muassa kehollisten työtapojen havainnollista-van fysiikan ilmiötä mielekkäällä ja konkreettisella tavalla. Lisäksi työtapoihin sisällytetty yhteistoiminnallisuus mahdollisti vertais- ja asiantuntijatuen, mitä Juuti (2005) korostaa hyvän oppimisympäristön yhtenä ominaisuutena.

Työssä havaittiin, että teknologia-avusteinen kehon käyttö mahdollistaa hyvinvointidatan keruun koulussa opetuksen yhteydessä, jossa samaa dataa voi-daan hyödyntää hyvinvointioppimisen, tutkimuksen tai ennaltaehkäisevään ter-veydenhuollon tarpeisiin (Moilanen ym. 2019). Hyvinvointioppimisen näkökul-masta teknologia-avusteinen kehon hyödyntäminen oli oppilaiden mielestä mie-lekäästä ja vaikuttavaa. Analyysin mukaan kaikki lukiolaiset kokivat, että kun kurssin mittausdata on oman kehon tuottamaa, se tekee ilmiön opiskelun mie-lenkiintoisemmaksi. Yläkoululaisista 87 % koki, että kun kurssin asioita opiskel-laan oman kehon suureita mitaten, opiskeltavat asiat jäävät paremmin mieleen. Mittauksiin osallistuneista yläkoululaisista 78 % oli sitä mieltä, että kurssilla suo-ritettu hyvinvointianalyysi oli hyödyllinen ja 66,5 % oppilaista koki saaneensa tietoa, jonka avulla he voisivat parantaa henkilökohtaista hyvinvointiaan.

Tällä hetkellä yhteiskunnassa on huoli nuorten vähäisestä fyysisestä aktii-visuudesta (Kokko & Martin 2019), väsymyksestä ja stressistä (THL 2017; THL 2019; Salmela-Aro & Read 2017) ja vähentyneestä unen määrästä (THL 2019), jo-ten työtavat, jotka lisäävät nuorten tietoa omasta hyvinvoinnista, ovat tarpeen. Fyysinen aktiivisuus vaikuttaa oppimisen kannalta tärkeisiin perusmekanismeih-in, kuten tarkkaavaisuuteen ja keskittymiseen sekä parantavat tiedon tallentu-mista muistiin (Syväoja 2014; Kantomaa ym. 2013; Kantomaa ym. 2018). Uni on

yksi vireystilan, mielialan ja oppimisen kulmakivistä (Curcio ym. 2006) ja liiallinen pitkittynyt stressi vaikuttaa negatiivisesti oppimiseen (Schwabe ym. 2012). Pohdittaessa syitä oppailaiden kiinnostuksen laskuun luonnontieteiden opiskelua kohtaan (PISA 2018) edellä mainitut tekijät (uni, ravinto, liikunta ja stressi) ja näiden lisäksi voimakkaasti lisääntynyt ruutuaika (Rosen ym. 2016; Grover ym. 2016; Wood ym. 2013; THL 2019) saattavat osaltaan vaikuttaa myös ilmiöön.

Tässä työssä hyvinvointi nähdään osana oppimiskokemusta Seligmanin (2012) PERMA-mallin mukaisesti. PERMA-mallissa hyvinvointi koostuu myönteisistä tunteista, sitoutumisesta, onnistumisen kokemuksista, sosiaalisesta vuorovaikutuksesta ja merkityksellisyyden kokemisesta. Toimenpiteet kokonaisvaltaisen hyvinvoinnin lisäämiseksi on huomioitu myös opetussuunnitelmissa, sillä ne vaikuttavat kouluviihtyvyyteen ja oppimiseen. Opetussuunnitelmien perusteissa korostetaan opiskelijan valmiutta huolehtia omasta ja ympäristön psyykkisestä ja fyysisestä hyvinvoinnista sekä halua ylläpitää näitä. Tavoitteena on, että oppilas oppisi tuntemaan ja ymmärtämään tekijöitä, jotka edistävät hyvinvointia ja terveyttä sekä etsimään niihin liittyvää tietoa. Opetussuunnitelmien mukaan oppilaiden toimenpiteet koulupäivän aikaisen fyysisen aktiivisuuden ja mielen hyvinvoinnin lisäämiseksi tulisi integroida luonnolliseksi osaksi jokaista koulupäivää. Hyvinvointi olisi otettava huomioon myös uusien oppimisympäristöjen kehittämistyössä. (OPS 2014; LOPS 2015; LOPS 2019.)

Tutkimus osoittaa, että teknologia-avusteinen kehon hyödyntäminen tarjoaa oppilaiden kokemusten mukaan kiinnostavan, hyödyllisen ja mieleenpainuvan tavan oppia omasta hyvinvoinnista kehon mittaamisen avulla. Oikein käytetyt mittaukset voivat antaa opiskelijoille arvokasta tietoa itsestään sekä siitä, kuinka opiskelijan omat toimet vaikuttavat kehon ja mielen toimintaan. Parhaimmillaan tämä herättää kiinnostusta oman terveystietämisen kehittämiseen ja kokonaisvaltaisen hyvinvoinnin paranemiseen. Kokonaisvaltainen hyvinvointi puolestaan takaa paremmat edellytykset oppimiselle. Samalla työtapojen avulla on mahdollista lisätä koulupäivän aikaista fyysistä aktiivisuutta ja oppilaiden hyvinvointia. Vaikka tulokset osoittavat, että oppilaat kokivat saaneensa hyödyllistä tietoa, jonka avulla he voivat parantaa henkilökohtaista hyvinvointiaan, työ ei kuitenkaan tutki, pystyivätkö oppilaat tekemään tiedon avulla pysyviä muutoksia, jotka näkyisivät konkreettisesti myös hyvinvoinnin lisääntymisenä arjessa.

Pohdittaessa kehoa hyödyntävän oppimisen mallin toimivuutta käytännön opetustyössä voidaan tulosten mukaan vetää johtopäätös, että malli toimii tutkimuksen kontekstissa mielekkään ja mieleenpainuvan oppimiskokemuksen synnyttäjänä suurimmalle osalle tutkimukseen osallistuneista oppilaista. Malli pohjautuu Kolbin kokemuksellisen oppimisen malliin ja Kolb (2014) toteaa, että mallin toimivuus vaatii oppilaalta kykyä sitoutua ja heittäytyä oppitilanteeseen avoimesti ja ilman ennakkoluuloja. Osalle oppilaista heittäytyminen kehollisiin harjoitteisiin, esimerkiksi liukumiseen villasukat jalassa, on haastavaa. Sekä lukiolaisista että yläkoululaisista löytyi ohjaamattoman koneoppimisen avulla 13 prosentin osuus, joka koki työtävät negatiivisina. Tätä ryhmää olisi hyödyllistä analysoida jatkotutkimuksissa tarkemmin. Mikä työtavoissa ahdisti ja aiheutti

negatiivisen kokemuksen ja mikä esti kokemukseen heittäytymisen? Vaikuttiko negatiivisiin kokemuksiin vuorovaikutus muiden oppilaiden kanssa vai liikkeen käyttö oppimisessa vai mistä syystä työtapa ei tuntunut kiinnostavalta? Valitettavasti tämä tutkimus ei tarjoa tietoa näistä syistä, sillä kyseinen joukko jätti systemaattisesti vastaamatta avoimiin kysymyksiin.

Kehoa hyödyntävän oppimisen malli vaatii Kolbin mallin mukaisesti kehollisen kokemuksen reflektoinnin. Kolbin (2014) mukaan oppilaalta vaaditaan kykyä reflektointiin eli kokemuksen pohdintaan ja tarkkailuun. Vaikka kaikissa osatutkimuksissa toteutettiin kehollisen kokemuksen reflektointia, on tämän tutkimuksen perusteella vaikea arvioida, erityisesti yläkoululaisten osalta, kuinka kokemuksen reflektoinnissa onnistuttiin. Neljännessä osatutkimuksessa 87 % yläkoulun oppilaista koki, että kun kurssin asioita opiskellaan oman kehon suoreita mitaten, opiskeltavat asiat jäävät paremmin mieleen. Tämä viittaa siihen, että oppimista ja reflektointia on tapahtunut, mutta reflektion syvällisyydestä ja näkökulmien monipuolisuudesta tai ylipäättään oppilaan kyvystä reflektointiin ei voida vetää johtopäätöksiä. Lukiolaisilta kerättiin kurssien jälkeen projektityöt ja ensimmäisessä osatutkimuksessa teetettiin kurssikoe. Näissä kirjallisissa tuotoksissa he osoittivat kykyään reflektoida kurssin ilmiöitä, mutta niitä hyödynnettiin kurssien arvioinnissa. Kuitenkin tulosten mukaan 84 prosenttia lukiolaisista koki kehollisen kokemuksen reflektoinnin avulla oppiminen hyödyllisimmäksi ja tehokkaimmiksi kurssin työtavoista ja 72 prosenttia mainitsi muistavansa keholliset työtavat parhaiten kurssilta.

Kolmantena vaatimuksena mallinsa toimivuudelle Kolb (2014) asettaa kyvyn abstraktiin käsitteellistämiseen eli oppilaan tulisi kyetä luomaan kokemuksestaan käsitteitä ja malleja. Toisessa ja kolmannessa osatutkimuksessa tutkimuksiin osallistuneet oppilaat olivat 7-luokkalaista, joten on mahdollista, että osalla oppilaista abstraktiin käsitteellistämiseen ei ole vielä riittävän kehittynyt kykyä ikävaiheessa (Piaget ym. 1977). Kuitenkin kehon hyödyntämisen on havaittu tukevan luonnontieteiden opiskelussa abstraktia käsitteellistämistä eri ikäisillä oppijoilla (Lakoff & Johnson 1980; Hayes & Kraemer 2017; Burke 2009; Moore & Linder 2012). Liikkeen käytön on havaittu edistävän kognitiivista ja sensorimotorista oppimista ja kehollisten menetelmien avulla kinesteettiset ja oppimisvaikeuksista kärsivät oppilaat voisivat saada tukea oppimiseen ja koulutyöhön (Anttila 2013). Neljänneksi Kolbin (2014) mukaan oppilaalla tulisi olla kykyä käytäntöön soveltamiseen. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että oppilaat kokivat saavansa hyödyllistä tietoa omaan hyvinvointiinsa liittyvistä tekijöistä kehoa hyödyntävien mittausten avulla, mutta tutkimus ei selvittänyt, onnistuiko opitun tiedon soveltaminen arjessa.

Kolbin kokemuksellisen oppimisen malli on saanut osakseen myös kritiikkiä siitä, käytännön oppimistilanteissa oppiminen ei aina tapahdu syklin järjestyksessä vaan prosessin eri vaiheet, kuten kokeilu ja havainnointi voivat sekoitua ja tapahtua päällekkäin. Lisäksi mallia kritisoidaan sen hankalan mitattavuuden takia ja siitä, että se korostaa liikaa henkilökohtaisen kokemuksen merkitystä

muiden oppimiseen vaikuttavien tekijöiden, kuten vuorovaikutuksen kustannuksella. (Kayes 2002.) Tämän vuoksi kehoa hyödyntävään oppimisen malliin haluttiin ottaa myös vuorovaikutuksen rooli mukaan kokemuksen syntymisessä.

Oppilaiden kokemusten mukaan kehoa hyödyntävät työtavat toivat vaihtelevuutta, lisäsivät vireystilaa ja havainnollistivat ilmiötä ymmärrettävällä tavalla. Myös kehoa hyödyntävän oppimisen mallissa yhdeksi kokemukseen vaikuttavaksi tekijäksi valittiin vaihtelevuus. Perinteisen oppitunnin rutiinomaisten käytänteiden rikkomisen on havaittu stimuloivan oppilaiden motivaatiota ja herättävän luontaista uteliaisuutta ja luovan jännitettä oppitunnille (Brophy 2013). Tutkimuksessa käytettyjen työtapojen käyttö tiedeopetuksessa on oppilaille vaihtelevaa ja mielekästä. Entäpä sitten, jos tulevaisuudessa vastaavanlaisia työtapoja käytetään rutiinomaisesti tiedeopetuksessa joka tunnilla? Syntyykö silloin enää yhtä vahvoja oppimiskokemuksia kuin tutkimuksessa, jolloin niihin saattoi liittyä vielä tietty uutuudenviehätys? Toisaalta, jos rutiinien rikkomisesta opetuksessa tulee itsetarkoitus ja rutiini, se saattaa menettää tehonsa. Mielekkään oppitunnin rakentaminen vaatii myös tylsiä suvantokohtia sekä rutiinin rikkomisen hetkiä hyvän elokuvan tavoin. Draamakasvatuksessa opetetaan, että hyvän tarinan kiinnostavuus perustuu rutiinin rikkomiseen (Johnstone 2012). Oppitunnille voisi suunnitella teatteriesityksen tavoin hetkiä, joissa ”ennalta arvatavaa” tunnin kulkua rikotaan. Oman kokemukseni mukaan vanha klisee ”kohutus kaikessa” pätee myös tutkimuksessa kehitettyjen opetusmenetelmien käytössä opetuksessa. Yhdistettynä muihin monipuolisiin opetusmenetelmiin kehoa hyödyntävät työtavat voivat tuottaa oppituntien ja koulupäivän keskelle rutiineja rikkovia vaihtelevia, merkityksellisiä oppimiskokemuksia.

Yksi tutkimuksen tutkimuskysymyksistä on, mitä uutta tietoa koneoppimis pohjaiset tekoälyratkaisut voisivat jalostaa koulussa kerätyn digitaalisen datan pohjalta? Nykyisin koulussa teetetään oppilailla paljon erilaisia sähköisiä kyselyitä ja kerätään esimerkiksi kurssipalautetta sähköisessä muodossa. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että uuden teknologian avulla palautteen kerääminen on helppoa ja vaivatonta. Uudella mobiiliteknologialla ja puettavalla teknologialla myös hyvinvointidatan kerääminen oppilaista onnistuu entistä luotettavammin, halvemmin ja vaivattomammin. Tässä tutkimuksessa käytettävissä oli kyselydataa, oppilaiden Wilma-järjestelmästä kerättyä dataa koulumenestyksestä sekä Firstbeatin antureilla mitattua hyvinvointidataa. Kyselylomakkeiden vastauksista jalostettiin ohjaamattoman koneoppimisen avulla opettajalle uutta tietoa opetettavasta ryhmästä. Perinteisesti koulussa annettava luokkahuoneopetus perustuu valtaosin *one size fits all* -strategiaan, jossa oppimisessa keskimäärin toimivimmaksi todetun tai tutkimuksella osoitetun menettelyn kohdennetaan kaikkiin oppilaisiin. Tässä tutkimuksessa robustit klusterointimenetelmät auttoivat löytämään tutkimusaineistosta erilaisia oppilasprofiileita. Tällöin havaittiin, että pieni osa oppilaista profiloitui oppilaiksi, jolle mahdollisesti perinteiset opetusmenetelmät sopisivat paremmin ilmiön opettamisessa. Tämä voi olla opettajalle hyödyllistä tietoa. Se voi esimerkiksi auttaa opettajaa valitsemaan kullekin ryhmälle opetustyylin, joka huomioisi ryhmän ja yksilöiden tarpeet ja oppimisstrategiat parhaalla mahdollisella tavalla.

Ensimmäisessä osatutkimuksessa suurin osa (69 %) opiskelijoista kuului profiiliin, joka innostui tutkimuksen uusista työtavoista ja koki ne positiivisina. Toiseen profiiliin kuului enemmän perinteisestä kynä-paperi-pedagogiikasta pitävä joukko opiskelijoita (18 %) ja kolmanteen profiiliin (13 %) kuuluivat negatiivisesti työtapoihin suhtautuneet opiskelijat, jotka jättivät enimmäkseen tyhjiä vastauksia avoimiin kysymyksiin. Myös yläkoululaisille pidetyissä työpajoissa erottautuivat kolme selkeää oppilasprofiilia: Positiivisten kokijoiden ryhmä (58 %), positiivisesti suhtautuvien, mutta hätäisesti avoimiin kysymyksiin vastanneiden ryhmä (29 %), sekä negatiivisesti työpajan metodeihin suhtautunut ryhmä (13 %). Saarela ja Kärkkäinen (2017) kuvaavat klusteroinnin käyttöä oppilasryhmien profiloimiseksi PISA-tutkimuksen vastauksista. Tämä tutkimus vahvistaa sen, että klusterointi voisi toimia apuvälineenä myös opettajan työhön liittyvissä didaktisissa ratkaisuissa, sillä sen avulla opettaja saa uutta tietoa opetettavasta ryhmästä ja sen erityispiirteistä.

Negatiivisesti työpajan metodeihin suhtautuneiden tarkempi haastattelu ja analysointi voisi tuoda esille esimerkiksi oppilaiden kiusaamistapauksia tai muita tekijöitä, jotka saattavat kohottaa nuoren syrjäytymisriskiä. Ylipäätään koneoppimisen metodeissa ja datan louhinnassa tyypillisestä käyttäytymisestä poikkeavat tapaukset muodostavat tutkijoille kiinnostavimman ryhmän, oli sitten kyseessä ihosyövän tunnistaminen luomesta (Esteva ym. 2017) tai lahjakkaan jalkapalloilijan tunnistaminen (Jauhiainen ym. 2019). Tähän mennessä koneoppimisen menetelmiä on käytetty Suomessa toimijuuden haasteista kärsivien opiskelijoiden tunnistamiseen (Jääskelä ym. 2020) ja muun muassa alueellisen syrjäytymisriskikartan rakentamisessa kouluterveyskyselyn pohjalta (Talvitie-Lamberg ym. 2018). Tässä tutkimuksessa käytettyä ohjaamatonta koneoppimista voisi käyttää myös esimerkiksi syrjäytymisriskissä olevien oppilaiden tunnistamiseen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Ottamalla mukaan laajempia kysymyspatteristoja tutkimuksessa käytettyä menetelmää voisi hyödyntää myös oppilaiden vahvuuksien ja temperamentti/persoonallisuuspiirteiden tunnistamisessa tai ennaltaehkäisevässä terveydenhuollossa.

Kyselydatan lisäksi testasimme tekoälyn kykyä ennustaa oppilasta kerätyn hyvinvointidatan perusteella koulumenestystä. Hypotesimme oli aikaisempien tutkimusten perusteella, että koulumenestys voisi korreloida esimerkiksi fyysisen aktiivisuuden ja unen määrän kanssa. Objektiivisesti mitatun stressin korrelaatiota koulumenestykseen ei oltu aiemmin tutkittu. Tekoälyn luoma malli ennusti kuitenkin heikosti arvosanoja oppilaan hyvinvointi datasta. Tässä tutkimuksessa satunnaistetut tekijät näyttävät vaikuttavan mittauksiin kolmen päivän mittausjakson aikana. Lisäksi jokaisen oppilaan kohdalla pitäisi kalibroida stressimittari. Toisin sanoen pitäisi ensin määrittää stressin nollassa esimerkiksi rentoutumisharjoituksen avulla ja toinen ääripää esimerkiksi jollakin standardoidulla stressitestillä. Saadut mittaustulokset arjessa suhteutettaisiin sitten näihin ääripäihin. Jatkotutkimuksessa myös pidempi mittausjakso antaa tarkempia tuloksia. Dataa voitaisiin kerätä viikon jakso ennen intervention aloittamista, jolloin mittaukset voisi suhteuttaa mitattuun perustasoon.

Kun oppilailta kerätään hyvinvointidataa ja kehitetään tekoälyyn ja koneoppimiseen liittyviä koulusovelluksia, pitäisi huomioida eettisyys. Tässä tutkimuksessa datan keruu ja säilytys toteutettiin Jyväskylän yliopiston tutkimuseettisten ohjeiden mukaisesti. Vakkurin ja Kemellin (2019) mukaan nykyisin luotetaan siihen, että tekoäly tekee päätökset luotettavasti, mutta maailmalla on kuitenkin lukuisia esimerkkejä huonosti toimivista tekoälyistä. Myös kerätessä oppilailta massadataa pitää huomioida eettisyys kaikissa tutkimuksen eri prosesseissa. Ensinnäkin kaiken datan keräämisen pitää olla luvanvaraista. Kuitenkin myös suostumuksella tapahtuvaan datankeruuseen kuuluu eettisesti arveluttavia seikkoja. Esimerkiksi Johnsonin (2008) mukaan datankeruulla voi olla kauaskantoisia vaikutuksia. Datan kerääminen voi aiheuttaa ihmisille kollektiivisen tarkkailtavana olemisen tunteen, jonka vuoksi ihmiset saattavat rajoittaa tekemisiään. Tämä voi vaikuttaa yksilönvarauksien toteutumisen heikkenemiseen, jolla voi olla yhteiskunnallisia vaikutuksia. (Johnson 2008.)

Lerman (2013) esittää huolensa massadatan katveessa olevista ihmisistä. Tällä tarkoitetaan usein huono-osaisia ihmisiä, joista ei kerätä dataa parempiosaisista eriyvien elämäntapojen vuoksi. Massadatan analysointiin perustuvat yhteiskunnalliset päätökset saattavatkin suosia hyväosaisia ja heikentää huonoosaisten asemaa entisestään (Lerman 2013). Esimerkiksi jo tällä hetkellä tietyt vakuutusyhtiöt tarjoavat asiakkailleen ilmaisia aktiivisuusrannekkeita ja niitä käyttämällä asiakkaiden on mahdollista saada vakuutusmaksuistaan alennusta. Data-analyysiin pohjautuvat älykkäät järjestelmät, jotka vaikuttavat luottopäätösten ja vakuutusmaksujen määräytymiseen, voivat vaikuttaa syrjäytymiskehitykseen ja valinnanvapauden kaventumiseen sekä lisätä entisestään yhteiskunnallista eriarvoistumista. (Tene & Polonetsky 2012)

Custersin (2016) mukaan ongelmana massadatan keruussa on datan eettinen säilytys. Monet dataa keräävät organisaatiot eivät poista käyttäjistä kerättyjä tietoja, vaikka käyttäjä olisi jo lopettanut palvelun käytön. Tällöin on olemassa riski, että käyttäjistä kerätty data jää vuosikausiksi yrityksen tietokantoihin ja saattaa altistua esimerkiksi tietomurroille (Custers 2016).

5.2 Tutkimuksen arviointi

Tässä luvussa arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta. Lisäksi arvioidaan tutkimuksen onnistumista tutkimusotteen näkökulmasta.

5.2.1 Tutkimusotteen arviointi

Tutkimuksessa haluttiin saavuttaa monipuolinen kuvaus tutkittavasta ilmiöstä ja tämän vuoksi kerättiin sekä määrällistä että laadullista tutkimusaineistoa. Monimenetelmällisellä tutkimusotteella pyrittiin parantamaan tutkimuksen validiutta (Hirsjärvi ym. 2009). Robsonin (2002) mukaan monimenetelmällisen tutkimuksen yhteydessä useiden tutkimusmenetelmien yhteiskäyttö tarkoittaa metodologista triangulaatiota (Robson 2002). Ihmistutkimuksessa ilmiöt ovat usein

hyvin kompleksisia, joten monimenetelmällisen tutkimusotteen on havaittu lisäävän tutkimuksen validiteettia (Fetters ym. 2013).

Koska tutkimus on monimenetelmällinen, sen validiteettiä ja reliabiliteettiä arvioidessa valitaan tarkasteluun näkökulmia, jotka ovat yhteisiä sekä määrälliselle että laadulliselle tutkimukselle.

5.2.2 Validiteetti

Validiteetti kuvaa sitä, miten hyvin kvantitatiivisessä tutkimuksessa käytetty mittari, esimerkiksi kyselylomake, antaa tietoa sitä tutkittavasta ilmiöstä (Vilka 2007). Nummenmaan ym. (1997) mukaan tutkijan pitää validiutta pohtiessa tutkiskella kriittisesti, voidaanko kerätyn aineiston, tutkimus- ja analysointimenetelmien sekä saatujen tulosten perusteella esittää tutkimuksen johtopäätöksiä.

Tässä tutkimuksessa haluttiin tarkastella oppilaiden kokemuksia uusista työtavoista ja kokemuksia mitattiin sähköisillä kyselylomakkeilla, joihin oppilaat ja opettajat vastasivat. Vilkan (2007) mukaan tutkijan pitää pystyä siirtämään käytetyn teorian käsitteet arkikielen tasolle kyselylomakkeeseen eli mittariin. Mikäli kyselyssä käsitteet johtavat vastaajia harhaan, validius huononee. Kyselylomakkeita laadittaessa otettiin huomioon vastaajien ikä ja pyrittiin sisällöllisesti mahdollisimman konkreettisiin ja ymmärrettäviin kysymyksiin. Esimerkiksi luksiolaisten kyselylomakkeessa Flow-kokemus selitettiin tarkemmin ja opettajien kyselylomakkeessa termi ”liikunnallistavat opetusmenetelmät” kuvattiin vastaajille. Vastaajat vastasivat kyselyihin anonyymisti, millä pyrittiin lisäämään validiutta, sillä nimellisessä kyselyssä oppilaat olisivat saattaneet ajatella, että heidän vastauksensa vaikuttavat kurssin arviointiin. Kolmannessa osatutkimuksessa haluttiin kysellä myös työpajoja seuraavien opettajien havaintoja oppilaiden toiminnasta, millä pyrittiin lisäämään tutkimuksen luotettavuutta.

Heikkilän (2008) mukaan tutkimuksen kysymysten tulisi mitata oikeita asioita kattaen koko tutkimusongelman. Määrällisen tutkimuksen avulla saadaan yleensä kartoitettua yleiskuva tutkittavasta ilmiöstä, mutta sen avulla ei kyetä selvittämään ilmiöiden syitä tai vastaamaan tilastollisesta analyysistä esiinnoussisiin ”miksi”-kysymyksiin (Robson 2002). Hirsjärven ym. (2009) mukaan avoimet kysymykset voivat auttaa poikkeavien vastauksien tulkinnessa ja osoittaa, mikä on keskeistä ja tärkeää vastaajien ajattelussa (Hirsjärvi 2009). Tässä tutkimuksessa tutkimuskysymykset selvittivät kattavasti oppilaiden kokemuksia sekä asteikollisten että avoimien kysymysten avulla. Tutkimuksessa käytettyjä Likert-asteikollisia kysymyksiä analysoitaessa pitää huomioida, että myönteiset väittämät saattavat vaikuttaa oppilaiden vastauksiin johdattelevasti. Tämän vuoksi mukaan otettiin myös muita asteikollisia väittämiä ja avoimia kysymyksiä. Kysymyslomaketta laadittaessa otettiin huomioon kysymysten kohtuullinen määrä, sillä liian pitkä kyselylomake saattaisi vaikuttaa vastaajien keskittymiseen ja vastausten laatuun.

Tutkimuksen sisäistä validiteettiä tarkastellessa pitäisi kiinnittää huomiota aikaan ja itse mittaustapahtumaan liittyviin tekijöihin. Jokaisen osatutkimuksen aineisto kerättiin pidemmällä aikavälillä, mutta eri vuosien tuloksissa ei ollut

merkittäviä eroja. Oppilaiden vireystila ja tarkkaavaisuus saattavat vaihdella kelloajan ja viikonpäivän mukaan, mikä voi vaikuttaa oppimiskokemukseen. Tämän vuoksi toisen ja kolmannen osatutkimuksen työpajoja toteutettiin eri viikonpäivinä ja kellonaikoina. Sisäisen validoinnin parantamiseksi työpajat pidettiin samanlaisina ja loppukysely toteutettiin kaikissa työpajoissa samalla protokollalla.

5.2.3 Reliabiliteetti ja tulosten yleistettävyys

Tutkimuksen reliabiliteetti kuvaa tutkimustulosten pysyvyyttä ja toistettavuutta. Hyvän reliabiliteetin omaavassa tutkimuksessa tulokset ovat samat tutkijasta riippumatta (Vilka 2007; Hirsjärvi ym. 2005). Tässä tutkimuksessa eri ryhmillä ja vuosilla ei ollut merkittävää vaikutusta kyselyn tuloksiin eli tutkimuksen pysyvyys ja toistettavuus toteutuivat hyvin. Kolmessa ensimmäisessä tutkimuksessa työpajat piti sama opettaja, mikä voi vaikuttaa tutkimuksen toistettavuuteen eri tutkimusympäristöissä. Neljännessä osatutkimuksessa "Liikunta, fyysikkä ja mittaaminen"-kurssilla kevään 2017 ja 2018 otannoissa oli eri opettaja. Opiskelijoiden kokemuksissa ei ollut vuosien välillä merkittävää eroa, joten opettaja ei vaikuttanut oppilaiden kokemuksiin ja vastauksiin.

Kvantitatiivisten datan eli numeerisen tiedon pohjalta selvitettiin tässä tutkimuksessa eri muuttujien välisiä riippuvuuksia, prosenttiosuuksia, lukumääriä ja tutkittavissa ilmiöissä tapahtuneita muutoksia (Hirsjärvi 2009). Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat tarpeeksi suuri ja edustava otos sekä korkea vastausprosentti (Heikkilä 2008; Hirsjärvi 2009). Edellä mainittujen kriteerien voidaan katsoa toteutuneen tässä tutkimuksessa, sillä eri osatutkimuksissa tutkittavien henkilöiden määrä vaihteli useiden satojen vastanneiden välillä ($n = 179-358$) ja vastausprosentti oli liki 100 %.

Vilkan (2007) mukaan tutkimuksen reliabiliteettiin vaikuttaa se, miten hyvin otanta edustaa perusjoukkoa. Tutkimuksen otannan valinnassa pyrittiin kiinnittämään huomiota siihen, että tutkittava perusjoukko olisi heterogeeninen (koulumenestys, sukupuoli, perhetausta) ja kuvaisi keskimääräistä suomalaista koululuokkaa mahdollisimman hyvin. Näin otannasta saadut tutkimustulokset voisi yleistää koskemaan koko perusjoukkoa. Toisaalta Heikkilän (2008) mukaan mittaustulokset ovat päteviä vaan tietyssä ajassa ja paikassa, eikä niitä tulisi yleistää niiden pätevyysalueen eli tehdyn tutkimuksen ulkopuolelle. Osatutkimukset toteutettiin kahdessa koulussa useassa eri satunnaisesti valitussa luokassa ja toiseksi kouluksi pyrittiin valitsemaan koulu, jossa liikuntaa hyödyntäviä opetusmenetelmiä oltiin käytetty vähän tiedeopetuksessa. Koska ensimmäinen ja neljäs osatutkimus perustuivat uuden teknologian hyödyntämiseen ja vaativat oppilailta omat tabletit, kouluksi valikoitui tutkija-opettajan oma koulu. Neljä osatutkimusta olivat tapaustutkimuksia, joiden perusteella ei voi tehdä laajaa tilastollista yleistämistä, mutta tuloksiin ja teoriaan tukeutuen voidaan toteuttaa analyyttistä yleistämistä. Tulosten laajempi yleistäminen vaatisikin vielä jatko-tutkimuksia useammassa ympäristöissä, mutta kyseinen otanta tarjoaa kuitenkin mitattua tietoa, jota voidaan hyödyntää kehitettäessä uuden opetussuunnitelman mukaisia tiedeopetuksen käytänteitä suomalaiskouluissa.

5.2.4 Kvalitatiivinen luotettavuusarvio

Koska tutkimus sisälsi myös kvalitatiivista tutkimusotetta, tulee luotettavuusarvioinnissa tarkastella myös uskottavuutta (credibility), siirrettävyyttä (transferability), riippuvuutta, varmuutta (dependability) ja vahvistettavuutta (confirmability) (Tuomi & Sarajärvi 2009). Laadullisen tutkimuksen uskottavuutta tarkasteltaessa tutkijan olisi reflektoitava, vastaavatko hänen omat käsitteiden määrittelynsä ja tulkintansa tutkimukseen osallistuvien vastaavia käsityksiä (Tuomi & Sarajärvi 2009). Tämän tutkimuksen uskottavuutta pyritään vahvistamaan kuvaamalla tutkimuksen toteutus sekä tulosten analysointi ja käsittely yksityiskohdaisesti. Tässä tutkimuksessa tutkija on käyttänyt yli 15 vuotta aikaa luokkahuoneessa tapahtuvien ilmiöiden ja oppilaiden toiminnan ymmärtämiseen, tutkimiseen ja pohtimiseen, mikä on Tuomen ja Sarajärven (2009) yksi tutkimuksen uskottavuutta lisäävä tekijä.

Siirrettävyydellä kuvataan sitä, miten tutkimuksen tuloksia voitaisiin soveltaa myös muissa konteksteissa (Tuomi & Sarajärvi 2009). Tutkimus antaa tietoa positiivisen oppimiskokemuksen syntyyn vaikuttavista tekijöistä ja uusista tavoista kerätä ja louhia opetuksen yhteydessä syntyvää dataa. Tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa minkä tahansa aineen opetukseen, sillä tutkimuksen peruspilarit, kehollisuus, yhteistoiminnallisuus, teknologian käyttö ja laajentuneet autenttiset oppimisympäristöt voidaan ottaa käyttöön missä tahansa oppiaineessa.

Eskolan ja Suorannan (1998) mukaan *varmuus* tarkoittaa, että tutkija pohtii kriittisesti omia ennakko-oletuksiaan ja muita tutkimukseen vaikuttavia tekijöitä. Vahvistusharha (Confirmation bias) on kognitiivinen vinouma, jossa esimerkiksi tutkija on taipuvainen puoltamaan ja valikoimaan omia ennakkokäsityksiään ja hypoteesejaan tukevaa informaatiota. Tässä tutkimuksessa pyrittiin tutustumaan objektiivisesti ja neutraalisti esimerkiksi teknologian opetuskäyttöä puoltaviin ja kritisoiviin tutkimusartikkeleihin. Kvantitatiivinen aineisto antaa numeerisen datan luoda kuva tutkittavasta ilmiöstä, jolloin tutkijan mahdolliset omat ennakkokäsitykset eivät pääse vaikuttamaan tutkimukseen. Opetustilanteeseen liittyy paljon muuttujia, joita tutkija-opettaja ei pysty mitenkään kontrolloimaan. Vireystilaan vaikuttavat mm. tunnin ajankohta ja viikonpäivä sekä se, miten oppilas on nukkunut, syönyt ja liikkunut ennen oppituntia. Opettaja ei voi kontrolloida oppilaan kotona tai välitunneilla sattuneita ikäviä tapahtumia, jotka voivat vaikuttaa oleellisesti oppilaan tunnetilaan ja keskittymiseen oppitunneilla. Tässä tutkimuksessa pyrittiin ottamaan useita otoksia edellä mainittujen objektiivisten muuttujien vaikutuksen minimoinniksi.

Vahvistettavuus tarkoittaa tutkimustulosten vertailua aiempiin vastaaviin tutkimuksiin. Mikäli tulokset ovat samankaltaisia, se osoittaa, että tulokset ovat vahvistettavissa (Eskola & Suoranta 1998). Tutkimusprosessi on kuvattu tarkasti ja tutkimuksen johtopäätökset saavat tukea aikeisemmilta tutkimuksilta, joita väitöskirjaan on kerätty. Nämä tekijät lisäävät tutkimuksen neutraaliutta ja vahvistavuutta.

5.3 Tutkimuksen eettisyys

Tässä tutkimuksessa noudatettiin Jyväskylän yliopiston ja tutkimuseettinen neuvottelukunnan (TENK) antamia yleisesti hyväksytyjä hyvän tieteellisen käytännön periaatteita (Varantola ym. 2013).

1. Tutkimuksen suunnittelu, toteutus ja raportointi noudattavat tiedeyhteisön odottamia toimintatapoja, joihin kuuluvat objektiivisuus, rehellisyys ja yleinen huolellisuus ja tarkkuus. Tutkimuksessa on viitattu tarkoilla lähdeviitteillä käyttäen Jyväskylän yliopiston IT-tiedekunnan väitöskirjoissa käytettyä viittausmallia.
2. Tiedonhankinnassa on tuotu aina ilmi, että aineistoja kerätään tieteelliseen tutkimukseen. Toisessa ja kolmannessa osatutkimuksessa oppilaita ja vanhempia informoitiin työpajoista Wilma-järjestelmän avulla ja oppilaat osallistuivat niihin vapaaehtoisesti tietoisina siitä, että palautetta käytetään tutkimustarkoituksessa. Ketään ei pakotettu myöskään osallistumaan työpajoihin, vaan halutessaan sai seurata työpajojen kulkua opettajan kanssa katsomosta. Neljännessä osatutkimuksessa oppilaille jaettiin kotiin tutkimuslupalaput ja oppilaat eivät voineet osallistua mittauksiin ilman, että huoltajien ja oppilaiden oma suostumus oli annettu. Ensimmäisessä osatutkimuksessa tutkimusaineisto kerättiin normaalin kurssipalautteen yhteydessä ja opiskelijoita informoitiin asiasta ja kyselylomakkeen täyttäminen oli vapaaehtoista.
3. Tutkimukseen liittyvät tutkimusaineistot on säilytetty/säilytetään tietoturvallisesti it-tiedekunnan suojatuilla servereillä ja oppilaiden henkilöllisyyttä ei pääse jäljittämään, koska vastauksissa ei ole oppilaiden nimiä ja hyvinvointianalyysin osallistuneiden nimet on koodattu numeroiksi, joita vastaavat nimet on hävitetty. Tutkimusaineistoon ovat päässeet kärsiksi vain osatutkimusten kirjoittamiseen osallistuneet henkilöt.
4. Koska tutkimuksen toteuttaminen tapahtui tavallisen opetustyön yhteydessä opetussuunnitelmien mukaisilla oppitunneilla, tutkimuksessa olivat voimassa koulun vakuutukset. Olin yhteydessä Jyväskylän yliopiston eettiseen toimikuntaan eettisen ennakoarvioinnin suhteen, mutta sitä ei haettu, koska tutkimus ja aineiston kerääminen tapahtui tavallisessa opetustilanteessa ja siitä ei aiheutunut fyysistä, psyykkistä, sosiaalista tai taloudellista haittaa, joka on vastoin tutkittavan etua ja joka samalla rikkoo hänen oikeuksiaan.

5.4 Sidonnaisuudet ja rahoitus

Olen tehnyt tutkimusta oman opetustyöni ohessa Jyväskylän normaalikoululla, joten tutkimukseni päärahoittaja on Jyväskylän yliopisto. Tutkimus liittyy normaaliin opetuksen tutkimus-, kokeilu- ja kehittämistoimintaan, joka on yksi normaalikoulun lehtorin perustehtävistä. Vuosina 2017 - 2018 työskentelin kahdeksan kuukautta Tekesin rahoittamassa Jyväskylän yliopiston ja IBM:n hankkeessa, jossa tutkittiin tekoälyn kyvykkyyttä jalostaa uutta tietoa erilaisista dataseteistä. Keväällä 2019 sain informaatioteknologian tiedekunnan tutkijakoulusta rahoitusta huhti-toukokuuksi. Hankkeessa sain ideoita ja apua myös oman tutkimusdatan käsittelyyn ja FT, dosentti Sami Äyrämö ja FM Susanne Jauhiainen auttoivat minua tutkimukseen liittyvässä data-analytiikassa. Tutkimuksessa käytettiin esimerkiksi Applen, Pascon, Vernierin, Polarin, EmFitin ja Firstbeatin teknologioita, mutta näihin minulla ei ole minkäänlaisia sidonnaisuuksia, jotka olisivat vaikuttaneet tutkimuksen kulkuun ja tuloksiin.

5.5 Jatkotutkimusideoita

Nykyteknologian avulla oppimiskokemusta ja tunteita on mahdollista mitata puettavan teknologian avulla oppijan kehosta (Vesisenaho ym. 2019; Nummenmaa ym. 2018). Mielenkiintoinen jatkotutkimusidea olisi oppimiskokemuksen mittaaminen ja tutkiminen luokkahuoneessa puettavan teknologian avulla. Käsikirjoituksen ensimmäisessä versiossa kognitiivis-neurotieteellisten tutkimusten avulla pyrittiin selittämään oppimiskokemuksen vaikuttavien tekijöiden (tunteiden, motivaation, stressin ja tarkkaavaisuuden) syntymistä aivoissa, mutta koska työssä kerätty empiirinen aineisto ei liittynyt neurotieteisiin, neurotieteellinen näkökulma päädyttiin lopulta jättämään pois. Kognitiivis-neurologisen näkökulman yhdistäminen kehoa hyödyntävän oppimisen malliin olisi kuitenkin mielenkiintoinen jatkotutkimuksen kohde, jonka tutkimiseen meillä Jyväskylän normaalikoululla on hyvät puitteet. Hankimme vuonna 2018 aivojen EEG-aktiivisuutta mittaavat Emotivin aivosähköpannat ja tässäkin tutkimuksessa käytettyjen Firstbeatin antureiden ne voisivat tarjota mielenkiintoista dataa oppimistilanteista. Tutkimus on vasta alussa, mutta olisi mielenkiintoista tutkia, miten eri opetusmenetelmät vaikuttavat oppilaiden aivoihin ja fysiologiaan (tunteisiin) ja miten puettavalla teknologialla mitatut suuret korreloivat oppilaiden omien subjektiivisten kokemusten ja tunteiden kanssa. Näkyykö aivosähköjen synkronoitumista opettajan ja oppilaiden välillä, kun opettaja ja ryhmä ovat innostuneessa oppimisen tilassa? Millaiset tapahtumat tavallisilla oppitunneilla laukailevat kyseisiä reaktioita? Miten kehon hyödyntäminen opetuksessa näkyisi näissä mittauksissa ja näkyvätkö merkkitykselliset ja mielekkäät oppimiskokemukset myös sensoreiden mittaamassa datassa?

Tässä tutkimuksessa tutkittiin erilaisten oppilasprofiilien tunnistamista ohjaamattoman koneoppimisen avulla ja jalostettiin uutta tietoa hyvinvointidatasta

ja arvosanoista tekoälyn avulla. Neljännessä osatutkimuksen PIV esitellyn sensoripohjaisen oppimisen mallin mukaan samaa dataa voidaan hyödyntää kouluissa hyvinvointioppimisen, tutkimuksen tai ennaltaehkäisevän terveydenhuollon tarpeisiin. Tässä tutkimuksessa oppilaiden hyvinvointidataa analysoivat tutkijat. Jatkotutkimusideana olisi mielenkiintoista tutkia, miten itse oppilaat kokevat oman datan tutkimisen ja analysoimisen koneoppimisen sovelluksilla. Olemme parhaillaan suunnitelmassa monialaista ”Mittaamalla hyvinvointia”-pilottikurssia lukioon, jossa oppilas itse kerää ja tallentaa hyvinvointiin liittyvien mittausten dataa ja myös käsittelee omaa dataansa yksinkertaisilla koneoppimisen sovelluksilla. Muutamat tuoreet tutkimukset osoittavat, että eri ikäiset oppilaat kykenevät itsekkin käyttämään yksinkertaisia koneoppimisen sovelluksia oppilaiden näkökulmasta mielekkäällä tavalla (Vartiainen ym. 2020; Toivonen ym. 2020; Mariescu-Istodor & Jormanainen 2019)

Nykyajan koulu kerää valtavat määrät digitaalista dataa oppilaista ja Suomessa olisi hyvät edellytykset sekä tekoälyn kehittämiseen että hyödyntämiseen kouluissa korkean osaamistason ja laajasti digitalisoituneen koulujärjestelmän ansiosta (Neittaanmäki & Lehto 2017). Valitettavasti tekoälypohjaista datan louhimista tai oppimisanalytiikkaa ei juurikaan hyödynnetä Suomen koululaitoksessa. Tällä saralla olisi useita jatkotutkimusideoita ja sovelluksia, joita esittelen seuraavaksi.

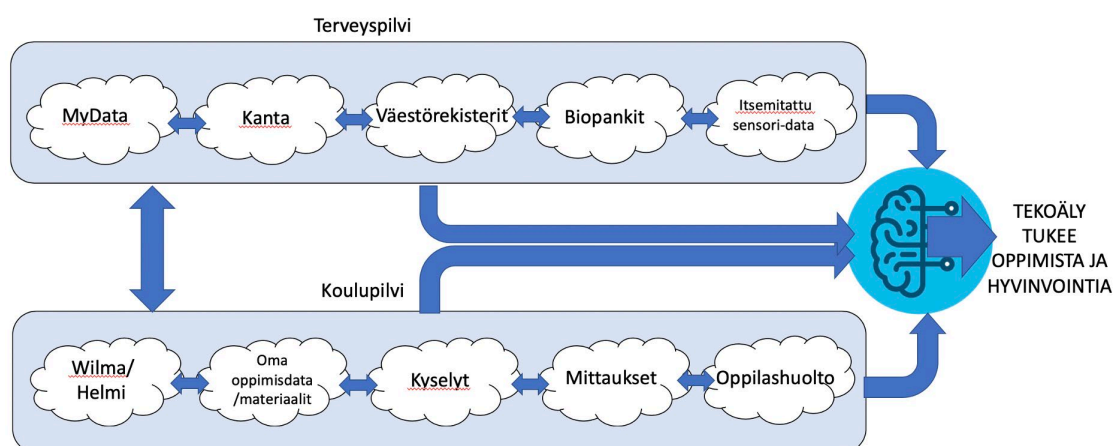
Nykyisin suomalaisessa koulujärjestelmässä kertyy paljon digitaalisessa muodossa olevaa dataa oppilaista ja oppimisesta. Esimerkiksi koulun oppilashallinto-ohjelmat (Wilma, Helmi) rekisteröivät tietoa mm. kouluarvosanoista, kurssisuorituksista, poissaoloista, häiriökäyttäytymisestä, erityisen tuen tarpeesta ja perhesuhteista sekä asuinpaikasta. Oppilas tuottaa digitaalista dataa koulu-uransa aikana valtavat määrät. Koulun ja oppimateriaalien digitalisoinnin myötä erilaisiin pilvipalveluihin (esim. Google drive, Dropbox, iCloud) tallennetaan oppilaiden tuotoksia ja digitaaliset kirjat seuraavat oppilaan edistymistä esimerkiksi matematiikassa. Ongelmana tällä hetkellä on oppimisdatan omistajuus ja pirstoutuneisuus eri kaupallisten pilvipalveluiden palvelimille. Ideaalitulanteessa kaiken oppimisdatan tulisi olla oppijan itsensä hallinnassa ja omistamaa, jota voitaisiin datan omistajan eli oppilaan itsensä luvalla hyödyntää eri sovellusten käytössä.

Koulussa teetetään oppilailla vuosittain suuri määrä erilaisia sähköisiä kyselyitä, esimerkiksi keräämällä kurssipalautetta ja koulukohtaisista tietoa esim. kiusaamisesta. Lisäksi laajoissa kansallisissa selvityksissä tutkitaan esimerkiksi terveyskäyttäytymistä (THL, Liitu) ja verrataan oppimistuloksia muihin maihin (PISA). Tällä hetkellä kertyneitä aineistoja ei juurikaan yhdistellä, vaan nimettömät kyselyt pyrkivät selvittämään kansallisen koulujärjestelmän tilaa tai koulun tilaa suhteessa kysytyyn ilmiöön. Nimettömissä kyselyissä on etunsa. Oppilaat saattavat vastata kyselyihin tuolloin rehellisemmin, mutta mikäli kerätty kyselydata voitaisiin personoida, se tarjoaisi mahdollisesti uusia työkaluja esimerkiksi tekoälyn hyödyntämiseen syrjäytymisen ehkäisyssä.

Koulussa tehdään oppitunneilla monia mittauksia opetuksen yhteydessä. Esimerkiksi biologian ja terveystiedon tunneilla voidaan mitata keuhkojen tilavuutta, hengityksen huippuvirtausta, verenpainetta ja veren sokeria. Liikunnan opetuksessa tehdään erilaisia fyysistä toimintakykyä mittaavia testejä (esim. Move) ja psykologian tunnilla saatetaan tehdä persoonallisuus- ja temperamenttitestejä. Myös opinto-ohjauksessa opitaan tunnistamaan oppilaan vahvuuksia erilaisten testien avulla. Tällä hetkellä eri oppiaineiden testien ja mittausten tietoja ei yhdistellä eikä tallenneta järjestelmällisesti.

Koulun oppilashuolto (psykologi, kouluterveydenhuolto, koulukuraattori) kerää oppilaista tietoa, joka liittyy esimerkiksi koulunkäynnin vaikeuksiin. Oppilashuoltoon liittyvä tieto voisi olla hyödyllistä myös sosiaali- ja terveydenhuollon (SoTe)-puolella, mutta tässäkin tapauksessa kerätty data jää omiksi pirstoutuneiksi saarekkeiksi, eikä eri oppilashuollon toimijoiden dataa voida esimerkiksi yksityisyyden suojaan ja tietoturvaan perustuvista syistä yhdistellä.

Edellä esiteltyjä massadata-lähteitä voitaisiin hyödyntää alla olevan kuvion 12 mukaisesti koulussa, jolloin tietojen yhdistely loisi mielenkiintoisia mahdollisuuksia toteuttaa oppimistiedon louhintaa ja kehittää oppimisanalytiikan sovelluksia koulussa. Koulussa kertyvää dataa voitaisiin hyödyntää ennaltaehkäisevässä esimerkiksi terveydenhuollossa, syrjäytymisen ennaltaehkäisyssä, vahvuuksien tunnistamisessa ja yksinäisyyden vähentämisessä. Tekoälyteknologia voisi louhia oppilaan datasta poikkeavuuksia ja hälyttää automaattisesti, jos esimerkiksi terveydentilaan liittyvät muuttujat näyttävät huolestuttavilta. Esimerkiksi puettavan teknologian tuottaman datan ja tekoälyn avulla ollaan onnistuttu ennakoimaan sydänkohtausta (Turakhia ym. 2019; Perex ym. 2019; Stehlik ym. 2018) ja parhaillaan tutkitaan, voiko älylappu havaita korona-viruksen merkit ennen käyttäjänsä.



KUVIO 12 Tekoälyä hyödyntävä tulevaisuuden terveydenhuollon ja koulun malli (Moilanen ym. 2018; Neittaanmäki & Lehto 2017)

Tällä hetkellä kuvion 12 datapilvet jäävät omiksi saarekkeikseen eri sidosryhmille ja tietolähteitä ei yhdistellä. Myös tiukentuneet tietosuoja-asetukset ja yksityisyyden suojaan liittyvät lait (esim. General Data Protection Regulation, GDPR) lisäävät haasteita datojen yhdistelyyn. Eri sovellukset ja protokollat vaikeuttavat

myös datan siirtymistä eri rajapintojen välillä. Ongelma on usein myös datan omistajuus. Esimerkiksi koulussa käytössä olevissa eri pilvipalveluissa (mm. Google drive, Dropbox) data ei ole yksin oppilaan omistuksessa ja oppilaan dataa voidaan hyödyntää esimerkiksi kaupallisissa tarkoituksissa. Tässä tutkimuksessa kerättiin dataa Polarin ja Firstbeatin antureilla, jolloin oppilaan datan omistavat kaupalliset toimijat. Jos oppilas esimerkiksi haluaisi siirtää koulussa älykellolla mitattua terveystietoa vaikkapa Kelan Omakannan omatietovarantoon, tämä ei vielä tällä hetkellä onnistu, koska kaupallisilla toimijoilla ei vaikuttaisi olevan taloudellisia intressejä rakentaa rajapintasovelluksia ja luovuttaa dataa Kelan Omatietovarannon tyyppisiin julkisiin palveluihin. Jotta datan keruu ja tekoälyn laaja-alainen hyödyntäminen onnistuisi kouluissa, pitäisi oppilaan itse lähtökohtaisesti omistaa kaikki hänestä kertynyt data, päättää kenelle dataa luovutetaan sekä mihin sitä käytetään. Tähän voitaisiin päästä tulevaisuudessa esimerkiksi lohkoketjuteknologialla (Salonen ym. 2018). Lohkoketjuteknologia mahdollistaisi monia sovelluksia tietojen käsittelyssä ja tietojen turvaamisessa. Kuvion 12 keskitetyssä kansallisessa terveys- ja kouludatan yhdistävässä tietovarannossa eri datalähteet olisivat yhteensopivia tai koko järjestelmä jopa keskitetty eli yksi yhteinen lohkoketju kaikelle koulussa syntyvälle tiedolle. Tätä tietovarantoa voisivat sitten eri tahot hyödyntää oppilaan valtuutuksella lakien ja asetusten mukaisesti.

Lääketieteissä yksilöllinen vaihtelevuus huomioidaan potilaiden hoidossa ja koneoppimiseen ja suurten tietomassojen hyödyntämiseen perustuvat teknologiat pyrkivät räätälöimään potilaalle parhaan mahdollisen hoitosuosituksen (Neittaanmäki & Lehto 2017). Esimerkiksi uudet älykellot hyödyntävät tekoälyä antamalla myös entistä personoidumpia liikuntasuosituksia ja ohjaavat löytämään tasapainon kuormituksen ja palautumisen välille. Vastaavasti tekoäly voisi auttaa myös oppilaita yksilöllisemmän oppimisen kautta. Oppimistilanteessa on tärkeää saada riittävästi motivaation säilymistä ja hyvää itsetuntoa tukevia onnistumisen kokemuksia ja kannustavaa palautetta, jotka johtavat myönteisiin tunnekokemuksiin (Ahonen ym. 2019). Kone voisi oppia tarjoamaan erilaisille oppijoille haastetasoltaan mahdollisimman sopivia tehtäviä ja muita sisältöjä, jos se saa käyttöönsä riittävästi dataa siitä, miten eri oppilaat ovat suoriutuneet opinnoissaan (Kim 2014). Myös luokkahuoneen vuorovaikutussuhteet, opiskeluajan kohta ja oppijan tunne- ja vireystila vaikuttavat oppimiseen ja tekoäly voisi opettaa huomioimaan ja optimoimaan nämä valittaessa oppimissisältöjä ja opetusmenetelmiä.

Koulu saavuttaa kattavasti koko ikäluokan ja esimerkiksi terveystarkastukset tehdään 1., 5. ja 8. luokalla, joten koulu on edelleenkin laajalti käyttämätön potentiaali ja valtava datalähde mietittäessä tulevaisuuden SoTe-ratkaisuja. Pitäisikin rakentaa järjestelmä, jossa kouluista kertyvä laaja hyvinvointiin, terveyteen ja oppimiseen liittyvä data palvelisi myös sosiaali- ja terveydenhuoltosektoria ennaltaehkäisevässä terveydenhuollossa ja syrjäytymisen ennaltaehkäisyssä. On kuitenkin syytä muistaa, että tiedonhallinnan etiikka ja turvallisuus ovat tärkeimmät tekijät tiedonkeruuprosessissa. Kaiken mittaamisen ja datan luovuttamisen tulee perustua vapaaehtoisuuteen ja tapahtua oppilaan valtuutuksella.

Merkittävä haaste koulusta kertyvän datan tekoälypohjaiselle hyödyntämiselle on osaajien ja resurssien puute opetuspuolella (Koho 2018). Suomenkielisten sovellusten markkina-alueet ovat niin pienet, että suurilla koulutusteknologia-alan toimijoilla, kuten Apple, Google ja Microsoft ei välttämättä ole taloudellisia intressejä kehittää suomenkielisiä tekoälysovelluksia kouluhimme. Toisaalta suomalaisista tekoälyosaajista on pula ja koulutusalan sovelluskehittäjät eivät välttämättä pysty kilpailemaan esimerkiksi palkan suhteen parhaista osaajista suuriin yrityksiin verrattuna.

5.6 Lopuksi

Kun seuraan työssäni opetusharjoittelijoiden opetusta luokan perältä, huomaan oppilaiden vireystilassa ja kiinnostuksessa selkeitä vaihteluita oppitunnin aikana. Välillä opetettava asia, opetustyyli tai työtavat eivät aina motivoi oppilaita, jolloin luokassa saattaa esiintyä levottomuutta tai uneliaisuutta. Välillä tunnilla tulee kuitenkin hetkiä, jolloin huomaa, että oppilaiden mielenkiinto ja tarkkaavaisuus on selkeästi herännyt opetettavaan asiaan. Näistä kokemuksista ja havainnoista nousi motivaatio tutkia tarkemmin, mitkä tekijät vaikuttavat oppilaiden kiinnostuksen heräämiseen oppimistilanteissa.

Kiinnostuksen herättäminen luonnontieteiden opiskeluun on iso haaste, sillä yhteiskunta kaipaa yhä enenevässä määrin luonnontieteiden osaajia ratkaisemaan niin ympäristöuhkia kuin kehittämään Suomen taloutta piristäviä teknologioita innovaatioita. Nykynuoret viettävät aikaan digitaalisissa ympäristöissä ja saavat sieltä elämyksiä ja virikkeitä, joiden kanssa koulun on vaikea kilpailla viihdyttävyydessä. Nykyiset opetussuunnitelmat ja sen myötä nykyinen tiedeopetus ei enää kaikilta osin vastaa nykypäivän oppilaiden maailmankuvaa ja heidän arkitodellisuuttaan. Tämä kuilu saattaa vaikuttaa oppilaiden opiskelumotivaatioon ja kouluviihtyvyyteen, elleivät koulun pedagogiset käytänteet pysy ajan tasalla ja kykene vastaamaan nykyajan haasteisiin (Smeds ym. 2010). Tässä työssä kehitetyt keholliset työtavat herättivät oppilaissa tulosten mukaan kiinnostusta ja synnyttivät positiivisia oppimiskokemuksia.

Juuti ym. (2010) mukaan vielä vuonna 2010 suomalaiset pojat kokivat perinteiset luonnontieteiden opetusmenetelmät, kuten opettajajohtoisen opetuksen, tehtävien itsenäisen ratkomisen, kirjan lukemisen ja perinteiset luokkahuoneessa tehdyt oppilastyöt mielekkäimmiksi työtavoiksi opiskella luonnontieteitä. Tytöt puolestaan halusivat enemmän keskustelua luonnontieteiden opetukseen (Juuti ym. 2010). Ympäröivä maailma kehittyy tällä hetkellä nopeampaa tahtia kuin koskaan aikaisemmin. PISA-tutkimusten tulokset osoittavat (PISA 2018; Vetteranta ym. 2016), että tilanne on muuttunut etenkin poikien osalta vuodesta 2010. Perinteiset luonnontieteiden menetelmät eivät herätä enää tässä ajassa yhtä laajaa kiinnostusta. Tämän vuoksi luonnontieteiden työtapojen modernisoiminen vaatii jatkuvaa kehitystyötä ja tutkimusta, jotta se vastaisi paremmin nuorten arkitodellisuuteen ja herättäisi sitä kautta kiinnostusta.

Olen pitänyt toiminnallisten työtapojen koulutuksia liki 200 oppilaitoksessa vuodesta 2015 alkaen ja olen havainnut, että vanhojen ajatusmallien ja rutiinien muuttaminen ja uusien työtapojen käyttöönotto vaatii opettajilta aikaa. Viime vuosina muutostahti suomalaisessa peruskoulussa on ollut nopea, mikä stressaa useita opettajia. Uudet opetussuunnitelmat ovat tällä hetkellä käytössä, koulujen digitalisointi on kovassa vauhdissa sekä Liikkuva koulu- ja Liikkuva opiskelu -ohjelmat liikuttavat oppilaita kesken oppitunnin. Esimerkiksi opettajilta kysyttäessä uusi opetussuunnitelma saa opettajilta tyrmäyksen. Vain joka neljäs opettaja oli Ylen kyselyssä sitä mieltä, että se edistää oppimista. Vastaajina oli 607 opettajaa ja rehtoria (Tolkki 2019). Ylen kysely osoittaa, että useat opettajat kokevat, että muutos ei tapahdu oppiminen edellä tai sitten opettajilla ei ole vielä yhteistä näkemystä, mitä tulevaisuuden taitojen oppiminen kouluissa on käytännössä. Toiminnallisuutta, ilmiöpohjaisuutta ja digitaalisuutta korostavat uudet opetussuunnitelmat vaativat opettajilta hyppäystä toisen tyyppiseen ajatteluun, jossa oppiminen nähdään laaja-alaisempana ilmiönä. Tutkittua tietoa uudistusten vaikutuksista oppimiseen tarvitaan edelleenkin lisää ja tämänkin tutkimuksen yhtenä tavoitteena on, että nämä positiiviset tulokset kehon hyödyntämisen mahdollisuuksista voisivat rohkaista ja motivoida opettajia kokeilemaan kehollisia työtapoja omassa opetuksessaan.

Tällä hetkellä kukaan ei pysty ennustamaan, miltä koulu näyttää 30 vuoden kuluttua. Tämän vuoksi jopa maan johtavat koulutuksen asiantuntijat ovat eri mieltä siitä, kuinka paljon vanhoja työtapoja pitäisi säilyttää. Edelleenkin pitkäjänteinen työskentely, tylsyyden sietäminen ja itsesätelytaidot ovat usean tutkijan mielestä tärkeitä taitoja, joita pitäisi edelleenkin koulussa harjoitella. Edelleenkin oppimiseen ei näytä olevan oikotietä, vaan oppiminen vaatii oppijalta aikaa ja systemaattista harjoittelua, joka perustuu usein keskittyneisiin toistoihin. Tämä tutkimus alleviivaa tunteiden ja kiinnostuksen heräämisen vaikutusta oppimisprosessissa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena ei ole laittaa eri opetusmenetelmiä paremmuusjärjestykseen. Mielestäni koulussa tarvitaan edelleenkin myös vanhoja hyväksi havaittuja opetusmenetelmiä: opettajajohtoista luennointia, itsenäistä ja keskittyntä tehtävien tekemistä kotona ja koulussa, kotitehtävien tekemistä ja perinteistä lukemista. Opettajan pääasiallinen tehtävä ei ole käytetyn opetusmenetelmän avulla viihdyttää oppilaita. Sen sijaan välillä voi olla tarkoituksenmukaista rauhoittaa opetustilannetta opettajajohtoisella toiminnalla. Perinteisten työtapojen lisäksi kannattaa väillä käyttää kokemuksia ja elämyksiä tuottavia työtapoja, sillä niiden avulla voidaan oppilaita koukuttaa fysiikan opiskeluun ja vaikuttaa fysiikan mielekkyyteen oppiaineena. Tämä tutkimus osoittaa, että kehollisilla työtavoilla voidaan luoda luonnontieteiden oppitunneille mielenpainuvia ja mielekkäitä oppimiskokemuksia. Tämä voisi parhaimmillaan muuttaa oppilaiden asennetta myönteisemmäksi luonnontieteiden opiskelua kohtaan.

Oma viidesluokkalainen poikani tekee kotitehtävät pääsääntöisesti Chromebook-kannettavallaan digitaalisiin materiaaleihin. Hänen koulureppunsa on paljon kevyempi kuin itselläni aikoinaan, sillä paperisia oppikirjoja ei tarvitse

enää kantaa, kun kaikki oppimateriaalit ovat digitaalisia. Illalla kotitehtäviä tehdessään hän kuitenkin usein kaipaa vanhaa paperista kirjaansa, kun digitaalisen kirjan käytettävyyks on niin huono. Samoin monet opettamani lukiolaiset kyseenalaistavat uudet sähköiset kokeet; ennen kaavojen kirjoittaminen ja piirtäminen kynällä ja paperilla oli paljon helpompaa. Pitääkin kriittisesti kyseenalaistaa ja pohtia, mikä on järkevää ja mielekästä teknologian hyödyntämistä opetuksessa? Miten uutta teknologiaa voitaisiin käyttää järkevästi ja luoda uusia pedagogisia käytänteitä, joista oppilaat oikeasti hyötyvät? Mitä lisäarvoa uudet teknologiat tuovat oppimiseen? Mielestäni parhaimmillaan digitaalinen laite toimii uudenlaisen oppimisen mahdollistajana. Tässäkin työssä teknologia mahdollistaa kehollisten työtapojen toteuttamisen ja siten kehollisten oppimiskokemusten syntymisen, mutta itsessään laitteen roolia ei kannata korostaa liikaa oppimisprosessissa. Edelleenkin keskeisiä kysymyksiä ovat: Mitä oppiminen on, mitä se edellyttää ja miten teknologia voi tukea oppimisprosessia? Uudet teknologiat mahdollistavat esimerkiksi ulkona opiskelun, jolla voidaan lisätä oppimisen kokemuksellisuutta ja elämyksellisyyttä. Kuitenkin tärkeä pohtia kokemuksellisen oppimisen suunnittelussa ja käytössä, miten muuttaa kokemus oppimiseksi.

Becker (2014) ym. mukaan opettajan tunnetilalla on suurempi vaikutus oppilaiden oppimiseen kuin millään muulla pedagogisella käyttäytymisellä. Innostuneella ja monipuolisia työtapoja käyttävällä opettajalla voi olla suuri vaikutus oppilaiden asenteisiin oppiainetta kohtaan ja siihen, miten esimerkiksi lukiolaiset valitsevat syventäviä fysiikan ja kemian kursseja ja mihin he suuntaavat jatkoopinnoissaan. Gruberin ym. (2014) mukaan uteliaisuus on tehokkain mielentila oppimiselle. Opettajalla ja hänen käyttämillään työtavoilla on suuri rooli uteliaisuuden herättämisessä oppilaassa. Opettajankoulutuksen tulisi tarjota opettajille uusia työkaluja, joilla herättää oppilaan luontainen uteliaisuus, motivaatio ja kiinnostus luonnontieteiden oppimista kohtaan. Uudet opettajat tarvitsevat tutkittua tietoa uusien opetusmenetelmien, oppimisympäristöjen ja teknologioiden tuomista mahdollisuuksista ja lisäarvosta oppimiselle. Tämä tutkimus pyrkii osaltaan vastaamaan tähän tarpeeseen esittelemällä keho hyödyntäviä työtapoja. Matematiikan, fysiikan ja osin kemian hakijamäärät ovat laskeneet yliopistoissa viime vuosina jyrkästi ja matemaattisten aineiden opettajiksi suuntautuu yhä vähemmän opiskelijoita. Opettajankoulutuksen on pysyttävä opetusmenetelmien ja tekniikan kehityksen mukana, ja koulutuksen tehtävä on tarjota tuleville opettajille mahdollisimman ajankohtaiset edellytykset selviytyä jatkuvasti muuttuvassa koulumaailmassa. Tärkein tehtävä olisi tuottaa tulevaisuudessa innostuneita ja omaa työtään reflektoiden kehittäviä tiedeopettajia, jotka kykenevät monipuolisilla opetusmenetelmillään koukuttamaan ja motivoivaan oppilaita luonnontieteiden opiskeluun. Pitkän ajan kuluessa tunneilla opitut asiat valitettavasti unohtuvat, mutta tunnilla koetut tunteet ja kokemukset eivät.

SUMMARY

Finnish pupils' interest in science education has been declining in recent years according to the declining PISA test scores (Programme for International Student Assessment [PISA], 2018). In light of the PISA results, it is worth considering what changes in society or school have led to the traditional science education no longer being of interest to many students, especially boys, and what learning methods could trigger students' interest in science. For this study, new bodily learning methods were developed in which learning is based on bodily learning experience and its reflection. These methods were developed with the aim of influencing students' learning experiences positively and increasing students' interest in science. In Finnish science education, the effect of learning methods that utilize bodily learning experiences has not been investigated. The aim of this study was to explore the possibilities of utilizing the body in multidisciplinary science education and to find out how students experience the bodily learning methods in science education. In addition, the study explored what new information machine learning-based artificial intelligence solutions can process based on the collected data.

In this study, the utilization of the body in the learning process is defined from two different perspectives. In the first three research articles (PI–PIII), utilization of the body moves from position A to position B (Lehto et al., 2003), rotational movement or equilibrium positions. In the fourth research article (PIV), utilization of the body means measurement of different physiological quantities from the body and from the movement with different digital sensors. In all research articles (PI–PIV), the body is utilized to achieve the actual learning goal. The goal of using the body is to create a concrete bodily learning experience that concretizes the abstract concept and that is reflected in the learning of the phenomenon (Kolb, 2014).

The theoretical background of this thesis consists of an overview of how movement and students' bodies have been utilized in learning in previous research, especially related to science education. Then, the concepts related to experience and bodily experience are defined, and Kolb's experiential learning cycle, which has been utilized in the design and implementation of learning methods of this thesis, is presented. The theoretical background also describes how emotions, motivation, stress, and attention affect the emergence of learning experiences, and which factors or stimuli in a learning situation may influence the emergence.

The mixed-method study included qualitative and quantitative approaches to question types, research methods, and data collection and analysis methods (Creswell, 2011; Perna, 2013; Tashakkori & Teddlie, 2009). The main research data were collected with questionnaires answered by 611 pupils. The responses were analyzed by using traditional statistical methods and unsupervised machine learning to find out how students perceived the new bodily methods. In this study, new information from the questionnaire data was processed through K-spatial medians clustering, as the machine independently classified students'

answers and formed different respondent profiles based on students' learning experiences. Based on the students' answers to the questionnaires, we found three distinct groups of students.

The first research question investigated the possibilities of bodily learning in science teaching. Seven affordances were found:

1. Use of the body enables the creation of a meaningful and memorable learning experience.
2. Use of the body increases interest in science education.
3. The bodily learning methods enable the utilization of diverse learning environments and learning technologies in real contexts and situations according to the students' experiences in a meaningful way.
4. Use of the body enables increased physical activity during the lesson, which can have a positive effect on cognition.
5. Use of the body enables the concretization of abstract phenomena and concepts.
6. Measuring the body with wearable technology enables sensor-based learning, in which the same data can be utilized for well-being learning, research, or preventive health care needs.
7. Use of bodily learning methods enables more effective learning.

The analysis of the students' responses showed that more than 80% of the students found the bodily methods more meaningful and interesting than traditional classroom methods. The majority of students felt that learning content was better remembered, and their learning was more effective, when they use their bodies during the learning process. According to the students' experiences, bodily methods also increased the students' alertness and illustrated the phenomenon in an understandable, concrete way. The majority of upper secondary students felt that during the course the tasks that included body movement were the most useful and effective among different learning methods. In lower secondary school, gender, physics grade, and attitudes toward physics as a subject had no effect on the experience of bodily methods. In addition, the meaningfulness of the bodily methods experienced by the pupils remained the same in different years (2016–2018).

Another aim of the study was identifying different pupil profiles through the use of unsupervised machine learning to process new information about students' learning experiences during the course. The study showed that unsupervised machine learning can be used to identify different student profiles from the survey data, and artificial intelligence solutions can be used to find new dependencies between multivariate data, such as student grades and well-being

measurements. The machine learning–based solutions could be applied to other applications in future schools, such as preventive health care, prevention of exclusion, and identification of students’ strengths and temperament or personality traits. In the future, with the development of sensor technology and artificial intelligence, artificial intelligence can offer better and more personalized recommendations for the development of an individual’s well-being and learning conditions.

Based on the theoretical framework of the work and the students’ experiences, a learning model that utilizes the body was created. This model can be used to design meaningful science education. The model was based on Kolb’s cycle, and it showed based on the literature and students’ responses that bodily methods can contribute to the emergence of a memorable and meaningful learning experience. The bodily methods include elements that tune the mechanisms that affect students’ emotions, motivation and interest, attention, and stress, which together contribute to the emergence of positive learning experiences. To create learning, the bodily learning experience requires reflection.

LIITTEET

LIITE 1 OSATUTKIMUSTEN KYSELYLOMAKKEIDEN KY- SYMYKSET

TAULUKKO 6 Opiskelijoiden oppimiskokemuksia kartoittavat kysymykset ensimmäisessä osatutkimuksessa PI

| Kyselylomakkeen kysymys | Miten kysymys kytkeytyy tutkimuskirjallisuuteen? | Kysymyksen analysointi-Mitä kysymyksen avulla voidaan päätellä? |
|--|---|--|
| 1.Minkälainen kurssi oli suhteessa fysiikan aikaisempiin kursseihin? | <p><i>Myönteinen/kielteinen oppimiskokemus</i> (Varila 1999; Pekrun 2006) <i>Negatiivinen/positiivinen suhtautumisen/Asenne</i> (Viljaranta ym. 2015; Erwin 2001; Schunk & Richardson 2011; Nuttin ym. 1984; Tuohilampi & Hannula 2013; Hannula 2003) <i>Kokemus mielekkyydestä/merkityksellisyydestä</i> (Nurmi&Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013)</p> <p><i>Kiinnostavuus, mielenkiinto</i> (Eccles 1983; Lehtinen & K uusinen 2007; Wigfield 1997; Salmela-aro & Tuominen-Soini 2013; Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000) <i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983)</p> | <p>Tämän avoimen kysymyksen vastaukset koodattiin alaluokkiin (kiinnostavampi kuin aiemmat, neutraali/samanlainen kuin aikaisemmat, opiskelija piti aiemmista kursseista enemmän)</p> <p>Esimerkkinä positiivisesta vastauksesta " Hauskempi, mielekkäämpi, kiinnostavampi, käytännönläheisempi" osoittaa, että kokemus kurssista oli positiivinen. Neutraalista vastauksesta esimerkki: "aika samanlainen". Negatiivisesta suhtautumisesta/kokemuksesta esimerkki: "Olen tykännyt enemmän aikaisemmista kursseista". Mikäli opiskelija koki kurssin kiinnostavammaksi/mielekkäämmäksi edellisiin kursseihin verrattuna, joissa tehtiin luokkahuoneessa oppikirjan oppilastöitä, voidaan päätellä, että opiskelija on kokenut kurssin keholliset työtavat positiivisena, mielekkäinä ja kiinnostavina.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| <p>2. Mitkä asiat / tehtävät/oppilastyöt olivat mielestäsi hyödyllisimpiä tai vaikuttavimpia oman oppimisesi kannalta?</p> | <p><i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983) <i>Kokemus merkityksellisyydestä</i> (Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013)</p> | <p>Opiskelijoiden avoimet vastaukset lajiteltiin eri kategorioihin, jotka olivat: Yhdessä laskeminen, yksin laskeminen, oppilastyöt, demonstraatiot, opettajajohtoinen opetus, kotitehtävien läpikäynti, vierailu, projekti, itsenäinen työskentely. Esimerkiksi vastaus "Omat testit, jossa opittu asia otettiin konkreettisesti käyttöön, eikä jäänyt pelkäksi sanahelinäksi taululle." koodattiin kuuluvaksi oppilastyöihin. Tätä kysymystä käytettiin arvioidessa opiskelijoiden kokemuksia kehollisten työtapojen hyödyllisyydestä ja eri opiskelijaprofiilien muodostamisessa ohjaamattoman koneoppimisen avulla. Mikäli opiskelija mainitsi vastauksessaan keholliset työtavat/oppilastyö, voidaan päätellä, että hän koki ne hyödylliseksi, mikä viittaa positiiviseen kokemukseen.</p> |
| <p>3. Koitko kurssilla ns. flow-ilmiötä eli uppoutuvaksi tehtävään tai tekemiseen? Jos koit, niin minkälaisissa tilanteissa? Mitä silloin tehtiin? Mikä oli oma roolisi tekemisessä?</p> | <p><i>Flow-kokemus</i> (Csikszentmihalyi 1992)</p> | <p>Opiskelijoiden vastaukset lajiteltiin sen mukaan mihin mahdolliset saavutetut flow-kokemukset liittyivät. Vastausryhmät olivat 1. Laskeminen/ajattelu 2. Fyysinen aktiivisuus oppilastyöissä 3. Ei kokemusta 4. Ei muistikuvaa 5. Onnistumisen hetket 6. Tyhjä vastaus 7. Asiat, jotka linkittyivät käytäntöön. Vastauksia käytettiin opiskelija profiileiden luomisessa ohjaamattomalla koneoppimisen avulla, sekä analysoitaessa oppimiskokemuksia. Mikäli opiskelija mainitsi, että hän saavutti flow-kokemuksen kehollisten työtapojen yhteydessä, tämä viittaa positiiviseen oppimiskokemukseen.</p> |
| <p>4. Lähes kaikki kurssin oppilastyöt tehtiin luokkahuoneen ulkopuolella. Mitä mieltä olit näistä töistä verrattuna perinteisiin luokassa tehtyihin oppilastyöihin?</p> | <p><i>Myönteinen/kielteinen oppimiskokemus</i> (Varila 1999; Pekrun 2006) <i>Negatiivinen/positiivinen suhtautuminen/Asenne</i> (Viljaranta ym. 2015; Erwin 2001; Schunk & Richardson 2011; Nuttin ym. 1984; Tuohilampi & Hannula 2013; Hannula 2003) <i>Kiinnostavuus, mielenkiinto</i> (Eccles 1983;</p> | <p>Opiskelijoiden avoimet vastaukset luokiteltiin kolmeen luokkaan: positiivinen vastaus " paljon mielenkiintoisempia ja niihin riitti kiinnostus paljon helpommin ja teki kokeista mielekkäämpiä". Neutraali vastaus: " Mukavaa vaihtelua mutta ei niin tehokasta" Negatiivinen vastaus: " pidän normaaleista töistä enemmän." Mikäli opiskelijan vastaus on positiivinen, voidaan olettaa, että hän kokee kurssin keholliset oppilastyöt mielekkäinä ja kiinnostavina.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>Lehtinen & Kuusinen 2007; Wigfield 1997; Salmela-aro & Tuominen-Soini 2013; Nurmi&Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000)</p> <p><i>Kokemus mielekkyydestä/merkityksellisyydestä</i> (Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013)</p> <p><i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983)</p> | |
| <p>5.Mitä lisäarvoa Ipadien käyttö mielestäsi toi kurssille?</p> | <p><i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983)</p> <p><i>Kokemus merkityksellisyydestä</i> (Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004)</p> | <p>Kurssien keholliset oppilastyöt hyödynsivät IPadejä. Avoimet vastaukset luokiteltiin eri vastauskategorioihin, jotka olivat: Lisää tarkkaavaisuutta, auttaa oppimaan, tunne, vaihtelevuus, mahdollistaa uusia asioita, ei mitään, en osaa sanoa, tyhjä vastaus. Tämän kysymyksen tarkoitus oli selvittää, miten opiskelijat suhtautuivat Ipadien hyödyntämiseen opetuksessa. Mikäli opiskelijoiden vastaus liittyy viiteen ensimmäiseen luokkaan, voidaan päätellä että, että opiskelija koki käytetystä. teknologiasta olleen lisäarvoa kurssilla.</p> |

Alla olevaan taulukkoon 7 on koottu toisen ja kolmannen osatutkimuksen oppilaiden oppimiskokemuksia kartoittavat kyselylomakkeen kysymykset. Tämän lisäksi taulukosta käy ilmi, miten kysymys kytkeytyy luvun 2 tutkimuskirjallisuuteen ja mitä kysymyksen avulla voidaan päätellä.

TAULUKKO 7 Oppilaiden oppimiskokemuksia kartoittavat kysymykset toisessa ja kolmannessa osatutkimuksessa PII ja PIII

| Kyselylomakkeen kysymys | Miten kysymys kytkeytyy tutkimuskirjallisuuteen? | Kysymyksen analysointi-Mitä kysymyksen avulla voidaan päätellä? |
|--|---|--|
| 1.Mitkä ovat tärkeimmät työpajassa oppimasi asiat? | <p><i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983) <i>Kokemus mielekkyydestä/merkityksellisyydestä</i> (Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013) <i>Kiinnostavuus, mielenkiinto</i> (Eccles 1983; Lehtinen & Kuusinen 2007; Wigfield 1997; Salmela-aro & Tuominen-Soini 2013; Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000)</p> | <p>Oppilaiden avoimet vastaukset lajiteltiin 19 eri vastauskategoriaan, joista 10 ensimmäistä liittyivät asioihin, joita opiskeltiin kehollisilla työtaivoilla. Mikäli oppilas mainitsee tärkeimmäksi asiaksi asian, joka opiskeltiin kehollisella työtavalla, oppilas oletettavasti koki kehollisen työtavan hyödyllisenä ja mielekkäänä asiaa opiskeltaessa.</p> |
| 2.Oppiminen on tehokkaampaa, kun liikuttavana kappaleena ja tutkimuksen kohteena on oma keho | <p><i>Myönteinen/kielteinen oppimiskokemus</i> (Varila 1999; Pekrun 2006) <i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983) <i>Kokemus mielekkyydestä/merkityksellisyydestä</i> (Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013)</p> | <p>Likert-asteikollinen kysymys. Oppilaan vastaus 4 tai 5 viittaa positiiviseen kokemukseen, oppilas oman kehon hyödyntämisessä fyysisen ilmiön opiskelussa tehokkaammaksi perinteiseen istuvaan työskentelyyn verrattuna.</p> |

| | | |
|---|---|---|
| <p>3. Työpajan oppilastyöt tuntuivat mielekkäämiltä kuin perinteiset luokassa tehdyt oppilastyöt</p> | <p><i>Kokemus mielekkyydestä/merkityksellisyydestä</i> (Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013) <i>Kiinnostavuus, mielenkiinto</i> (Eccles 1983; Lehtinen & Kuusinen 2007; Wigfield 1997; Salmela-aro & Tuominen-Soini 2013; Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000) <i>Kokemuksen miellyttävyyys</i> (Eccles 1983; Nuttin ym. 1984)</p> | <p>Likert-asteikollinen kysymys. Oppilaan vastaus 4 tai 5 viittaa, että oppilas koki työtävät mielekkäämpinä kuin luokkahuonetyöt.</p> |
| <p>4. Fysiikan ja kemian opiskelu on mukavampaa jossain muualla (esim. pihalla, jumppasalissa, leikkikentällä) kuin omassa luokassa</p> | <p><i>Kokemus mielekkyydestä/merkityksellisyydestä</i> (Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013)</p> | <p>Likert-asteikollinen kysymys. Oppilaan vastaus 4 tai 5 viittaa, että oppilas koki luokkahuoneen ulkopuolisen oppimisympäristön mielekkäänä</p> |
| <p>10. Miksi liikunnallisia työtapoja pitäisi mielestäsi olla enemmän?</p> | <p><i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983) <i>Kokemus mielekkyydestä/merkityksellisyydestä</i> (Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen</p> | <p>Oppilaiden avoimet vastaukset koodattiin 10 eri luokkaan, jotka olivat: edistää tarkkaavaisuutta/vireystilaa, edistää oppimista, lisää motivaatiota, lisää positiivista tunnetta, tuo vaihtelevuutta, liikunnan hyödyt, ei pitäisi tuoda, en tiedä, jotakin muuta, tyhjä vastaus. Mikäli oppilas vastaus sisäisi kahdeksaan ensimmäiseen luokkaan luokiteltuja asioita, voidaan päätellä, että hän koki saavansa hyötyä kehollisista tavoista.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013) | |
| 5. Haluaisitko liikunnallisia työtapoja käytettävän muissa oppiaineissa? | <i>Myönteinen/kielteinen oppimiskokemus</i> (Varila 1999; Pekrun 2006) | Likert-asteikollinen kysymys. Oppilaan vastaus 4 tai 5 viittaa, että oppilas koki työtavat positiivisina ja haluaisi niitä myös muiden oppiaineiden tunnille. |
| 6. Mikä oli mielestäsi työpajan mieleenpainuvuin hetki? | <i>Kehollisuus, oppimisympäristö ja vuorovaikutus vaikuttaa muistiintallentumiseen</i> (mm. Hannaford 1995; Kontra ym. 2015; Abrahamson ym. 201; Bruel-Jungerman ym. 2005; Kyndt ym. 2013) | Oppilaiden avoimet vastaukset luokiteltiin 17 eri luokkaan, joista 8 liittyi kehollisiin työtapoihin. Mikäli oppilas mainitsi kehollisen työtavan, voidaan päätellä, että työtapo on saattanut vaikuttaa hetken mieleenpainuvuuteen. |

Edellä esitellyissä osatutkimuksissa 2 ja 3 molemmissa kysyttiin oppilailta taulukossa 7 esitetyt kysymykset. Tämän lisäksi oppilaiden taustoja kartoitettiin alla olevan taulukon 8 kysymyksillä, joita hyödynnettiin myös oppilasprofiilien luomisessa ohjaamattoman koneoppimisen avulla. Valvoville opettajille suunnatut kysymykset löytyvät taulukosta 9.

TAULUKKO 8 Profiilien luomiseen/taustojen kartoittamiseen tarkoitut kysymykset

| Kyselylomakkeen kysymys | Miten kysymys kytkeytyy tutkimuskirjallisuuteen? | Hypoteesi/Mitä kysymyksen avulla voidaan päätellä? |
|---------------------------------------|---|--|
| Sukupuoli | <i>Sukupuoli vaikuttaa motivaatioon luonnontieteiden opiskelussa</i> (Vettenranta ym. 2016) | Kysymyksen avulla selvitetään, miten sukupuoli vaikuttaa työpajan kokemiinseen |
| 1. Mielestäni Fysiikka oppiaineena on | <i>Opetuksen mielekkäisyys</i> (Nurmi&Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000; Silkelä 2000; Hannula 2004; Salmela-Aro & Nurmi 2017; Olkinuora 1979; Engeström 1981; Koskinen 2016; Eccles & Wigfield 1995; Niemivirta 2004; Brophy 2013) <i>Minä-pystyvyys</i> , (Ryan&Deci 2000), <i>taidot</i> (Schneider ym. 2016) ja <i>ai-kaisemmat positiiviset/negatiiviset kokemukset oppiaineesta vaikuttavat motivaatioon ja</i> | Asteikollinen kysymys (1 ei yhtään mielekäs, 5 todella mielekäs). Hypoteesina oli, että, jos oppilas ei koe fysiikkaa mielekkäänä oppiaineena, tällä saattaisi olla vaikutusta myös työpajan kokemiseen. Kysymystä hyödynnettiin vertaillaessa fysiikkaan oppiaineena lähtökohtaisesti negatiivisesti ja positiivisesti oppilaiden kokemuksia. |

| | | |
|---|--|--|
| | <i>kiinnostukseen (Ryan&Deci 2000; Ford 1992) Negatiivinen/positiivinen suhtautuminen/Asenne (Viljaranta ym. 2015; Erwin 2001; Schunk & Richardson 2011; Nuttin ym. 1984; Tuohilampi & Hannula 2013; Hannula 2003)</i> | |
| 2.Viimeisin arvosana fysiikassa | <i>Minä-pystyvyys, (Ryan&Deci 2000), taidot (Schneider ym. 2016) ja aikaisemmat positiiviset/negatiiviset kokemukset oppiaineesta vaikuttavat motivaatioon ja kiinnostukseen (Ryan&Deci 2000; Ford 1992)</i> | Oppilaat jaettiin arvosanojen mukaan kolmeen luokkaan (9-10, 8-7, 6-5). Kysymyksen avulla selvitettiin, oliko fysiikan arvosanalla vaikutusta siihen, miten oppilas koki työpajan. |
| 3.Onko teillä ollut fysiikan/kemian tunnilla käytössä liikunnallisia työtapoja? | <i>Vaihtelevuus, rutiinin rikkominen ja uutuudenviehätys vaikuttavat positiivisesti oppimiskokemukseen (Smeds ym. 2015; Kontra ym. 2015; Schomaker 2019; Kormi-Nouri ym. 2005; Tulving & Kroll 1995; Spanagel & Weiss 1999; Duzel ym. 2006).</i> | Hypoteesina oli, että mikäli oppilailla on ollut jo paljon kokemuksia kehollisista työtavoista luonnontieteissä, se voisi vaikuttaa oppimiskokemukseen. Sama tutkimuskysymys esitettiin kolmena vuotena peräkkäin. Oppilaiden vastauksista voitiin päätellä, oliko kehollisten työtapojen käyttö lisääntynyt uuden opetussuunnitelma ja Liikkuva koulu-ohjelman myötä. |

TAULUKKO 9 Opettajien kokemuksiin ja havaintoihin liittyvät kysymykset PIII

| Kyselylomakkeen kysymys | Miten kysymys kytkeytyy tutkimuskirjallisuuteen? | Hypoteesi/Mitä kysymyksen avulla voidaan päätellä? |
|--|--|---|
| 1. Kuinka usein olet itse käyttänyt liikunnallisia opetusmenetelmiä omassa oppiaineessasi viimeksi kulueneen kahden viikon aikana? | <i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983) | Mikäli opettaja on käyttänyt työtapoja usein, hypoteesi on, että hän kokee ne hyödyllisenä omassa opetuksessaan. |
| 2. Koen, että opetuksen liikunnallistamisesta on hyötyä omassa oppiaineessani | <i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983) | Likert-asteikollinen kysymys. Opettajan vastaus 4 tai 5 viittaa, että opettaja kokee opetuksen liikunnallistamisesta olevan hyötyä |
| 3. Mitä hyötyä/haittaa opetuksen liikunnallistamisessa on mielestäni oman oppiaineesi näkökulmasta? | <i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983) <i>Negatiivinen/positiivinen suhtautuminen/Asenne</i> (Viljaranta ym. 2015; Erwin 2001; Schunk & Richardson 2011; Nuttin ym. 1984; Tuohilampi & Hannula 2013; Hannula 2003) | Avoin kysymys. Kysymyksen avulla selvitetiin opettajan kokemuksia opetuksen liikunnallistamisesta olevan hyödyistä ja haittoista. |
| 4. Mitä Fysiikkaa liikkuen-työpajan opetusmenetelmistä voisi siirtää oman oppiaineesi opetukseen? | <i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983) <i>Negatiivinen/positiivinen suhtautuminen/Asenne</i> (Viljaranta ym. 2015; Erwin 2001; Schunk & Richardson 2011; Nuttin ym. 1984; Tuohilampi & Hannula 2013; Hannula 2003) | Avoin kysymys. Kysymyksen avulla selvitetiin mitä Fysiikka liikkuen menetelmistä voisi olla siirrettävissä muihin oppiaineisiin. |
| 5. Miten oppilaat mielestäsi osallistuivat työpajan harjoitteisiin ja työskentelivät työpajassa? | Opetusmenetelmän testaaminen, kehittäminen ja palautteen saaminen (Pernaa 2013) | Avoin kysymys. Työpajaa valvovien opettajien havainnoilla pyrittiin saamaan luotettavuutta tutkija-opettajan havaintoihin, mikä auttaa menetelmien kehittämistutkimuksessa. |
| 6. Miten työpajaa voisi kehittää? | Opetusmenetelmän testaaminen, kehittäminen ja palautteen saaminen (Pernaa 2013) | Avoin kysymys. Valvovilta opettajilta kerättiin ideoita, joiden avulla työtapoja voitaisiin kehittää. |

Alla olevaan taulukkoon 10 on koottu neljännen osatutkimuksen PIV oppilaiden oppimiskokemuksia kartoittavat kyselylomakkeen kysymykset. Tämän lisäksi taulukosta käy ilmi, miten kysymys kytkeytyy luvun 2 tutkimuskirjallisuuteen ja mitä kysymyksen avulla voidaan päätellä.

TAULUKKO 10 Oppilaiden oppimiskokemuksia kartoittavat kysymykset neljännessä osatutkimuksessa

| | | |
|---|--|--|
| <p>1. Mikä kurssin sisällöistä jäi parhaiten mieleeni?</p> | <p><i>Kehollisuus, oppimisympäristö ja vuorovaikutus vaikuttaa muistiintallentumiseen</i> (mm. Hannaford 1995; Kontra ym. 2015; Abrahamson ym. 2014; Bruel-Jungerman ym. 2005; Kyndt ym. 2013)</p> | <p>Opiskelijoiden avoimet vastaukset koodattiin viiteen luokkaan, jotka liittyivät käytettyyn työtapaan, joka mainittiin vastauksessa: itsensä mittaaminen/oppilastyöt, opettajan luennointi, vierailijoiden luennot, vierailut, projektityön tekeminen. Mikäli vastaus liittyy oman kehon mittaamiseen, voidaan päätellä, että käytetty työtapo synnytti opiskelijan kokemuksen mukaan mieleenpainuvan oppimiskokemuksen.</p> |
| <p>2. Firstbeatin hyvinvointimittaus oli mielestäni hyödyllinen</p> | <p><i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983)</p> | <p>Asteikollinen kysymys (1 ei yhtään, 5 erittäin paljon). Oppilaan vastaus (4,5) viittaa, että mittaus oli hyödyllinen.</p> |
| <p>3. Kun kurssin mittausdata on oman kehon tuottamaa, se tekee ilmiön opiskelun mielenkiintoisemmaksi</p> | <p><i>Kiinnostavuus, mielenkiinto</i> (Eccles 1983; Lehtinen & Kuusinen 2007; Wigfield 1997; Salmela-areo & Tuominen-Soini 2013; Nurmi & Salmela-Aro 2002; Paane-Tiainen 2000)</p> | <p>Likert-asteikollinen kysymys. Oppilaan vastaus 4 tai 5 viittaa, että oppilas koki ilmiön opiskelun mielenkiintoiseksi oman mittausdatan avulla.</p> |
| <p>16. Kun kurssin asioita opiskellaan oman kehon suureita mitaten, opiskeltavat asiat jäävät paremmin mieleen</p> | <p><i>Kehollisuus, oppimisympäristö ja vuorovaikutus vaikuttaa muistiintallentumiseen</i> (mm. Hannaford 1995; Kontra ym. 2015; Abrahamson ym. 2014; Bruel-Jungerman ym. 2005; Kyndt ym. 2013)</p> | <p>Likert-asteikollinen kysymys. Oppilaan vastaus 4 tai 5 viittaa, että oppilas kokee muistavan asiat paremmin oman kehon mittaamisen avulla</p> |
| <p>4. Saitko kurssista konkreettisia vinkkejä, joita voit parantaa omaa kokonaisvaltaista hyvinvointia arjessa?</p> | <p><i>Kokemus hyödyllisyydestä</i> (Eccles 1983)</p> | <p>Asteikollinen kysymys (1 ei yhtään, 5 erittäin paljon). Mikäli oppilas koki saaneensa paljon konkreettisia vinkkejä (4,5) kurssilta, voidaan päätellä, että käytetyt työtavat ovat olleet hyödyllisiä oppilaan kokemuksen mukaan.</p> |

LÄHTEET

- Abrahamson, D. & Lindgren, R. 2014. Embodiment and embodied design. *The Cambridge handbook of the learning sciences 2*, 358-376.
- Adelantado-Renau, M., Diez-Fernandez, A., Beltran-Valls, M. R., Soriano-Maldonado, A. & Moliner-Urdiales, D. 2019. The effect of sleep quality on academic performance is mediated by Internet use time: DADOS study. *Jornal de Pediatria (Versão em Português)* 95 (4), 410-418.
- Ahearn, L.M. 2001. Language and agency. *Annual Review of Anthropology* 30, 109-137.
- Ahola, K. & Lindholm, H. 2012. Mitä stressi on? Teoksessa S. Toppinen-Tanner & K. Ahola (toim.) *Kaikkea stressistä*. Helsinki: Työterveyslaitos, 11-14.
- Ahonen, T., Aro, M., Aro, T., Lerkkanen, M. - & Siiskonen, T. 2019. Oppimisen vaikeudet. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Aira, A., & Kämppe, K. (2017). Kohti aktiivisempia ja viihtyisämpiä koulupäiviä. Liikkuva koulu-ohjelman väliraportti 1.8. 2015–31.12. 2016. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja, 329.
- Alvarez, V., Bower, M., de Freitas, S., Gregory, S., & De Wit, B. 2016. The use of wearable technologies in Australian universities: Examples from environmental science, cognitive and brain sciences and teacher training. *Mobile learning futures—sustaining quality research and practice in mobile learning*, 25.
- Alban, M. W. & Kelley, C. M. 2013. Embodiment meets metamemory: Weight as a cue for metacognitive judgments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 39 (5), 1628.
- Alho, K., Salmi, J., Degerman, A. & Rinne, T. 2006. Tarkkaavaisuus ja aivotoiminta. Teoksessa H.Hämäläinen, M.Laine, O.Aaltonen & A.Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot*. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja. Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus. Turku: Turun yliopisto, 242-251.
- Alibali, M. W. & Nathan, M. J. 2012. Embodiment in mathematics teaching and learning: Evidence from learners' and teachers' gestures. *Journal of the learning sciences* 21 (2), 247-286.
- Anderson, J. L., & Wall, S. D. 2016. Kinecting physics: Conceptualization of motion through visualization and embodiment. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 161-173.
- Andreasen, N. C., O'Leary, D. S., Paradiso, S., Cizadlo, T., Arndt, S., Watkins, G. L., Boles Ponto, L. L. & Hichwa, R. D. 1999. The cerebellum plays a role in conscious episodic memory retrieval. *Human brain mapping* 8 (4), 226-234.
- Andresen, L., Boud, D., & Cohen, R. (2000). Experience-based learning. *Understanding adult education and training*, 2, 225-239.
- Anttila, E. 2013. Koko koulu tanssii! Kehollisen oppimisen mahdollisuuksia kouluyhteisössä.

- Anttila, E. 2009. Mitä tanssija tietää?: kehollinen tieto ajattelun ja oppimisen perustana. *Aikuiskasvatus* 29 (2009): 2 .
- Anttila, E. 2005. Tanssin, siis ajattelen. Pohdintoja tanssista, oppimisesta ja kehotietoisuudesta ["I dance, therefore I think:" Contemplations on dance, learning and body consciousness]. In S.Karppinen & I.Ruokonen (Eds.), *Taidon ja taiteen luova voima* , 71-84.
- Anttila, P. 1998. Tutkimisen taito ja tiedonhankinta. *Metodix*.
- Atit, K., Weisberg, S. M., Newcombe, N. S., & Shipley, T. F. 2016. Learning to interpret topographic maps: Understanding layered spatial information. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1(1), 1-18.
- Ausubel, D. P. 1968. *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Baker, R. 2010. Data mining for education. *International encyclopedia of education* 7 (3), 112-118.
- Baker, R. S. & Yacef, K. 2009. The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. *JEDM | Journal of Educational Data Mining* 1 (1), 3-17.
- Ball, S. 1977. *Motivation in education*. Academic Pr.
- Bandura, A. 1977. Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, 84(2), 191.
- Barker, A., Krull, G., & Mallinson, B. 2005. A proposed theoretical model for m-learning adoption in developing countries. In *Proceedings of mLearn 2005-4th World conference on mLearning*, Cape Town, South Africa.
- Barsalou, L. W. 1999. Perceptual symbol systems. *Behavioral Brain Sciences*, 22(4), 577-660.
- Barsalou, L. W. 2008. Grounded cognition. *Annual Review Psychology*, 59, 617-645.
- Baumeister, R. F., and Leary, M. R. 1995. "The need to belong: Desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation." *Psychological bulletin*, 117(3), 497-529.
- Bechara, A., Tranel, D., Damasio, H., Adolphs, R., Rockland, C. & Damasio, A. R. 1995. Double dissociation of conditioning and declarative knowledge relative to the amygdala and hippocampus in humans. *Science* 269 (5227), 1115-1118.
- Beck, R. C. 2003. *Motivation: Theories and principles*, 4/e. Pearson Education India.
- Becker, E. S., Goetz, T., Morger, V. & Ranellucci, J. 2014. The importance of teachers' emotions and instructional behavior for their students' emotions—An experience sampling analysis. *Teaching and Teacher Education* 43, 15-26.
- Becvar, L. A., Hollan, J., & Hutchins, E. 2005. Hands as molecules: Representational gestures used for developing theory in a scientific laboratory. *Semiotica*, 2005(156), 89-112.

- Bherer, L., Erickson, K. I. & Liu-Ambrose, T. 2013. A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *Journal of aging research* 2013.
- Bishop, C. M. 2006. *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
- Blackburn, S. 2005. *The Oxford dictionary of philosophy*. OUP Oxford.
- Blackmore, J., Bateman, D., Cloonan, A., Dixon, M., Loughlin, J., O'Mara, J. & Senior, K. 2011. *Innovative learning environments research study, centre for research in educational futures and innovation*. Melbourne: Deakin University .
- Blumenfeld, P. C., Kempler, T. M. & Krajcik, J. S. 2006. *Motivation and cognitive engagement in learning environments*. na.
- Blumenfeld, R. S. & Ranganath, C. 2017. Prefrontal Cortex and Human Memory: An Integrated Account From the Cognitive Neuroscience of Working and Long-Term Memory. *The Neuroscientist* (13(3)), 280-291.
- Boekaerts, M. 2002. Motivation to learn. *Successful Schooling*, 101-120.
- Bonato, J., Gratton, L. M., Onorato, P. & Oss, S. 2017. Using high speed smartphone cameras and video analysis techniques to teach mechanical wave physics. *Physics Education* 52 (4), 045017.
- Boud, D. & Miller, N. 1996. *Working with experience: Animating learning*. Psychology Press.
- Boud, D., Keogh, R. & Walker, D. 2013. *Reflection: Turning Experiences into Learning*. Routledge.
- Bransford, J. D., Barron, B., Pea, R. D., Meltzoff, A., Kuhl, P., Bell, P., Stevens, R., Schwartz, D. L., Vye, N. & Reeves, B. 2006. *Foundations and opportunities for an interdisciplinary science of learning*. Cambridge University Press.
- Brophy, J. E. 2013. *Motivating students to learn*. Routledge.
- Bruel-Jungerman, E., Laroche, S. & Rampon, C. 2005. New neurons in the dentate gyrus are involved in the expression of enhanced long-term memory following environmental enrichment. *European Journal of Neuroscience* 21 (2), 513-521.
- Bruner, J. S. 1974. *The Relevance of Education*. Bungay Suffolk: Penguin Education.
- Bunnin, N., & Yu, J. 2008. *The Blackwell dictionary of Western philosophy*. John Wiley & Sons.
- Bunzeck, N. & Düzel, E. 2006. Absolute coding of stimulus novelty in the human substantia nigra/VTA. *Neuron* 51 (3), 369-379.
- Burgdorf, J. & Panksepp, J. 2006. The neurobiology of positive emotions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 30 (2), 173-187.
- Burke, J. Chemistry meets choreography to enhance student comprehension. Saatavilla osoitteessa: <https://www.edutopia.org/arts-education-chemistry-dance-visualization>. Viitattu: 5.9.2019.
- Byman, R. 2002. Voiko motivaatiota opettaa? Teoksessa P. Kansanen & K. Uusikylä (toim.) *Luovuutta, motivaatiota, tunteita*. Opetuksen tutkimuksen uusia suuntia. Jyväskylä: Gummerus. 2541.

- Cai, S., Chiang, F. K., Sun, Y., Lin, C., & Lee, J. J. 2017. Applications of augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction. *Interactive Learning Environments*, 25(6), 778-791.
- Calders, T. & Pechenizkiy, M. 2012. Introduction to the special section on educational data mining. *Acm Sigkdd Explorations Newsletter* 13 (2), 3-6.
- Cannon, W. B. 1916. *Bodily changes in pain, hunger, fear, and rage: An account of recent researches into the function of emotional excitement*. D. Appleton.
- Carbonell, J. G., Michalski, R. S., & Mitchell, T. M. 1983. An overview of machine learning. In *Machine learning* (pp. 3-23). Morgan Kaufmann.
- Chow, J., & Harfitt, G. 2018. *Experiential learning within teacher education programs: A qualitative approach to evaluating student teachers' learning and understanding its benefits*. SAGE Research Methods Cases.
- Clark, A. (2008). *Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension*. New York, NY: Oxford University Press.
- Cleveland, B.W. 2011. *Engaging spaces: Innovative learning environments, pedagogies and student engagement in the middle years of school*. Faculty of architecture, building and planning. The University of Melbourne.
- Cohen, S., Kessler, R. C. & Gordon, L. U. 1995. Strategies for measuring stress in studies of psychiatric and physical disorders. *Measuring stress: A guide for health and social scientists*, 3-26.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., Webb, A., Jerome, G. J., Marquez, D. X. & Elavsky, S. 2004. Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101 (9), 3316-3321.
- Coletta, V. P., Bernardin, J., Pascoe, D., & Hoemke, A. 2019. Feeling Newton's second law. *The Physics Teacher*, 57(2), 88-90.
- Cook, S. W., Mitchell, Z., & Goldin-Meadow, S. 2008. Gesturing makes learning last. *Cognition*, 106(2), 1047-1058.
- Cobb, P., Yackel, E., & Wood, T. 1992. A constructivist alternative to the representational view of mind in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics education*, 2-33.
- Corder, G. W. & Foreman, D. I. 2014. *Nonparametric statistics: A step-by-step approach*. John Wiley & Sons.
- Cozolino, L. 2014. *The neuroscience of human relationships: Attachment and the developing social brain*. WW Norton & Company.
- Creswell, J. W. 2011. Controversies in mixed methods research. *The Sage handbook of qualitative research* 4, 269-284.
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. 2017. *Designing and conducting mixed methods research*. Sage publications.
- Crova, C. ym., 2014. Cognitively challenging physical activity benefits executive function in overweight children. *Journal of Sports Sciences*, 32(3), ss.201-211

- Csikszentmihályi, M. 2008. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper & Row.
- Curcio, G., Ferrara, M. & De Gennaro, L. 2006. Sleep loss, learning capacity and academic performance. *Sleep medicine reviews* 10 (5), 323-337.
- Custers, B. 2016. Click here to consent forever: Expiry dates for informed consent. *Big Data & Society*, 3(1).
- Dalgleish, T. & Power M. 1999. *Handbook of cognition and emotion*. John Wiley & Sons Ltd, Sussex, UK.
- D'Argembeau, A., Comblain, C. & Van der Linden, M. 2003. Phenomenal characteristics of autobiographical memories for positive, negative, and neutral events. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition* 17 (3), 281-294.
- Davis, M. & Whalen, P. J. 2001. The amygdala: vigilance and emotion. *Molecular psychiatry* 6 (1), 13.
- Davis, C. D., Jones, F. L. & Derrick, B. E. 2004. Novel environments enhance the induction and maintenance of long-term potentiation in the dentate gyrus. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience* 24 (29), 6497-6506.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. 2000. The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological inquiry* 11 (4), 227-268.
- Deci, E., Ryan, R. 2008. Facilitating optimal motivation and psychological well-being across life's domains. *Canadian Psychology*. 49: 14-23.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. 2010. Intrinsic motivation. *The corsini encyclopedia of psychology*.
- De Ridder, D. T., Lensvelt-Mulders, G., Finkenauer, C., Stok, F. M., & Baumeister, R. F. 2012. Taking Stock of Self-Control A Meta-Analysis of How Trait Self-Control Relates to a Wide Range of Behaviors. *Personality and Social Psychology Review*, 16(1): 76-99.
- Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A. & Bögels, S. M. 2010. The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep medicine reviews* 14 (3), 179-189.
- Dewey, J. 1986. *Experience and education*. The Educational Forum. Taylor & Francis, 241.
- Dillenbourg, P. 1999. What do you mean by collaborative learning?. P. Dillenbourg. *Collaborative learning: Cognitive and Computational Approaches.*, Oxford: Elsevier, pp.1-19.
- D'Mello, S., Lehman, B., Pekrun, R. & Graesser, A. 2014. Confusion can be beneficial for learning. *Learning and Instruction* 29, 153-170.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K. & Szabo-Reed, A. N. 2016. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine and science in sports and exercise* 48 (6), 1197-1222.

- Driscoll, M. P. 2005. Psychology of learning for instruction.
- Dryden, G., Vos, J., & Salminen, R. (1996). Oppimisen vallankumous: Ohjelma elinikäistä oppimista varten. Tietosanoma.
- Drollette, E. S., Scudder, M. R., Raine, L. B., Moore, R. D., Saliba, B. J., Pontifex, M. B. & Hillman, C. H. 2014. Acute exercise facilitates brain function and cognition in children who need it most: an ERP study of individual differences in inhibitory control capacity. *Developmental cognitive neuroscience* 7, 53-64.
- Duda, R. O., Hart, P. E. & Stork, D. G. 2012. Pattern classification. John Wiley & Sons.
- Dunn, R., Honigsfeld, A., Doolan, L. S., Bostrom, L., Russo, K., Schiering, M. S., Suh, B. & Tenedero, H. 2009. Impact of learning-style instructional strategies on students' achievement and attitudes: Perceptions of educators in diverse institutions. *The Clearing House: A Journal of educational strategies, issues and ideas* 82 (3), 135-140.
- Düzel, E., Bunzeck, N., Guitart-Masip, M. & Düzel, S. 2010. NOvelty-related motivation of anticipation and exploration by dopamine (NOMAD): implications for healthy aging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 34 (5), 660-669.
- Eccles, J., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L., & Midgley, C. 1983. Expectancies, values and academic behaviors. Teoksessa J.T. Spence (toim.) *Achievement and achievement motives* (s. 75-146). San Francisco, CA: W. H. Freeman.
- Eccles, J. 2004. Schools, academic motivation and stage-environment fit. Teoksessa R. Lerner & L. Steinberg (toim.), *Handbook of adolescent psychology* (s. 125-153). Hoboken, NJ: Wiley.
- Eccles, J., & Midgley, C. 1989. Stage-environment fit: Developmentally appropriate classrooms for young adolescents. Teoksessa C. Ames & R. Ames (toim.), *Research on motivation in education* (s. 13-44). New York, NY: Academic Press.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. 1995. In the mind of the actor: The structure of adolescents' achievement task values and expectancy-related beliefs. *Personality and social psychology bulletin*, 21(3), 215-225.
- Elkjaer, B. 2009. Pragmatism: a learning theory for the future. Teoksessa: Illeris, K. (toim.) *Contemporary Theories of Learning. Learning theorists...in their own words*. London and New York: Routledge. 245 s.
- Emfit. 2019. Emfit QS-unianturin esittely ja käyttöohje. Saatavilla osoitteessa: <https://www.emfit.com/suomi?lang=fi>. Viitattu 3.2.2020.
- Engeström, Y. 1981. Mielekäs oppiminen ja opetus. Valtion koulutuskeskus.
- Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G., & Kumar, M. 2012. Learning physics through play in an augmented reality environment. *International journal of computer-supported collaborative learning*, 7(3), 347-378.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E. &

- Kramer, A. F. 2011. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108 (7), 3017-3022.
- Erwin, P. 2001. *Attitudes and persuasion*. Psychology Press.
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. *Vastapaino*.
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M. & Thrun, S. 2017. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* 542 (7639), 115.
- Euler, E., Rådahl, E., & Gregorcic, B. 2019. Embodiment in physics learning: A social-semiotic look. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010134.
- Faber, R., Henneman, S. & Wright-Sabbatino, K. 2011. Science with dance in mind: A collaboration with primary movers and Baltimore County public schools 2009–2011. *Focus on Dance Education Collaborations: Different Identities, Mutual Paths* 70.
- Fabritius, F. & Hagemann, H. W. 2018. *The Leading Brain: Powerful Science-Based Strategies for Achieving Peak Performance*. Penguin.
- Feilzer, M. 2010. Doing mixed methods research pragmatically: Implications for the rediscovery of pragmatism as a research paradigm. *Journal of mixed methods research*, 4(1), 6-16.
- Ferguson, R. 2012. Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning* 4 (5/6), 304-317.
- Ferrer-Roca, C. 2018. Understanding "Human" Waves: Exploiting the Physics in a Viral Video. *Physics Education* 53 (1).
- Fetters, M. D., Curry, L. A. & Creswell, J. W. 2013. Achieving integration in mixed methods designs – principles and practices. *Health services research* 48 (6pt2), 2134-2156.
- Finkbeiner, C. 2000. Handlungsorientierter Unterricht (Holistic and action-oriented learning and teaching). *Routledge encyclopedia of language teaching and learning*, 255-258.
- Firstbeat Technologies Ltd 2014. Stress and Recovery Analysis Method Based on 24-hour Heart Rate Variability.. Saatavilla osoitteessa: <https://www.firstbeat.com/en/science-and-physiology/white-papersand-publications/>. Viitattu: 15.9.2019.
- Fleming, N., & Baume, D. 2006. Learning styles again: VARKing up the right tree! *Educational Developments*, 7(4), 4.
- Fontana, D. 1995. *Psychology for Teachers*. 3.painos. Leicester: The British Psychological Society.
- Ford, Martin E. 1992. *Motivating humans. Goals, emotions and personal agency beliefs*. Sage Publications.
- Fosnot, C. T. 2013. *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*. Teachers College Press.
- Freeman, K., Alston, S., & Winborne, D. 2008. Do Learning Communities Enhance the Quality of Students' Learning and Motivation in STEM? *The Journal of Negro Education*, 77(3), 227-240

- Fugate, J. M., Macrine, S. L., & Cipriano, C. (2018). The role of embodied cognition for transforming learning. *International Journal of School & Educational Psychology*, 1-15.
- Friedman, J., Hastie, T. & Tibshirani, R. 2001. The elements of statistical learning. Springer series in statistics New York.
- Gage, R. 1995. Excuse me, you're cramping my style: Kinesthetics for the classroom. *English Journal*, 84(8), 52-55.
- Goldin-Meadow, S. 2009. How gesture promotes learning throughout childhood. *Child development perspectives* 3 (2), 106-111.
- Golonka, S., & Wilson, A. D. (2012). Gibson's ecological approach. *Avant: Trends in Interdisciplinary Studies*, 3(2), 40-53.
- Graczyk, P., Weissberg, J, Payton, J., Elias, M., Greenberg, M & Zins, J. 2000. Criteria for evaluating the quality of school-based social and emotional learning programs. Teoksessa R. Bar-On ja J.Parker (toim.) *The handbook of emotional intelligence. Theory, development, assessment and application at home, school and in the workplace.* San Fransico: Jossey-Bass, 391-410.
- Gregorcic, B. 2015. Exploring Kepler's laws using an interactive whiteboard and Algodoo. *Physics Education*, 50(5), 511.
- Griffin, P. & Care, E. 2014. *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach.* Springer.
- Gröber, S., Klein, P. & Kuhn, J. 2014. Video-based problems in introductory mechanics physics courses. *European Journal of Physics* 35 (5), 055019.
- Grover, K., Pecor, K., Malkowski, M., Kang, L., Machado, S., Lulla, R., ... & Ming, X. 2016. Effects of instant messaging on school performance in adolescents. *Journal of child neurology*, 31(7), 850-857.
- Gruber, M. J., Gelman, B. D. & Ranganath, C. 2014. States of curiosity modulate hippocampus-dependent learning via the dopaminergic circuit. *Neuron* 84 (2), 486-496.
- Haager, J. S., Kuhbandner, C. & Pekrun, R. 2014. Overcoming fixed mindsets: The role of affect. *Cognition & emotion* 28 (4), 756-767.
- Hämäläinen, J., Jauhiainen, S., & Kärkkäinen, T. 2017. Comparison of internal clustering validation indices for prototype-based clustering. *Algorithms*, 10(3), 105.
- Han, I., & Black, J. B. 2011. Incorporating haptic feedback in simulation for learning physics. *Computers & Education*, 57(4), 2281-2290.
- Hand, D. J., & Adams, N. M. 2014. *Data Mining.* Wiley StatsRef: Statistics Reference Online, 1-7.
- Hannaford, C. 1995. *Smart moves: Why learning is not all in your head.* ERIC.
- Hannula, M. S. 2004. Affect in mathematical thinking and learning. *Turun yliopisto.* In *Annales Universitatis Turkuensis B*(Vol. 273).
- Hari, R., Henriksson, L., Malinen, S. & Parkkonen, L. 2015. Centrality of social interaction in human brain function. *Neuron* 88 (1), 181-193.

- Harju, T. & Kumpulainen, P. 2009. Kokemukset ja reflektio tutkivassa oppimisessa. Teoksessa H. Heinilä, P. Kalli & K. Ranne (toim.) Tutkiva oppiminen ja pedagoginen asiantuntijuus. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy, 99–115.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. 2009. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. Springer Science & Business Media.
- Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Ø. V., Toverud, K. C., & Sillman, K. 1995. Ihmisen fysiologia. WSOY.
- Hayes, J. C. & Kraemer, D. J. 2017. Grounded understanding of abstract concepts: The case of STEM learning. *Cognitive research: principles and implications* 2 (1), 7.
- Haykin, S. S. 2009. Neural networks and learning machines/Simon Haykin. New York: Prentice Hall.
- Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. 7. uudistettu painos. Helsinki: Edita 57.
- Hess, T. S., & Gunter, G. A. 2013. Serious game-based and non-game-based online courses: Learning experiences and outcomes. *British Journal of Educational Technology*, Vol. 44, No. 3, 372–385.
- Hesser, T. & Schwartz, P. 2013. iPads in the science laboratory: Experience in designing and implementing a paperless chemistry laboratory course.
- Hickey-Moody, A. 2009. "Affect as Method: Feelings, Aesthetics and Affective Pedagogy." In *Deleuze and Research Methodologies*, edited by R. Coleman and J Ringrose, 79-95. Edinburgh: University Press.
- Hidi, S. & Renninger, K. A. 2006. The four-phase model of interest development. *Educational psychologist* 41 (2), 111-127.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I. & Kramer, A. F. 2008. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience* 9 (1), 58.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E. & Kramer, A. F. 2009. The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience* 159 (3), 1044-1054.
- Hirsjärvi, S. 1983. Kasvatustieteen käsitteistö Teoksessa Helsinki: Otava, 119.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. Helsinki: Tammi.
- Hornik, K. 1991. Approximation capabilities of multilayer feedforward networks. *Neural Networks* 4 (2), 251-257.
- Hu, H., Real, E., Takamiya, K., Kang, M., Ledoux, J., Huganir, R. L. & Malinow, R. 2007. Emotion enhances learning via norepinephrine regulation of AMPA-receptor trafficking. *Cell* 131 (1), 160-173.
- Huber, P. J. 2011. Robust statistics. Springer.
- Huizinga, J. 1984. Leikkivä ihminen. Yritys kulttuurin leikkiaineoksen määrittelemiseksi 3.
- Huotilainen, M. J. 2019. Näin aivot oppivat. PS-kustannus: Jyväskylä.

- Hyvönen, P. 2008. Affordances of playful learning environment for tutoring playing and learning. University of Lapland.
- Hötting, K., & Röder, B. 2013. Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2243-2257.
- Immordino-Yang, M. H. & Damasio, A. 2007. We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, brain, and education* 1 (1), 3-10.
- Isen, A. 2000. Positive Affect and decision-making. Edited by and Michael Lewis, Jeannette M. Haviland-Jones, *Handbook of emotions* 2nd ed.
- Jaakkola, T., Liukkonen, J., & Sääkslahti, A. 2013. Liikuntapedagogiikka. Jyväskylä: PS-kustannus, 419.
- Jääskelä, P., Klemola, U., Lerkkanen, M. K., Poikkeus, A. M., Rasku-Puttonen, H., & Eteläpelto, A. 2013. Yhdessä parempaa pedagogiikkaa. Interaktiivisuus opetuksessa ja oppimisessä. Jyväskylän yliopisto: Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Jääskelä, P., Heilala, V., Kärkkäinen, T., & Häkkinen, P. 2020. Student agency analytics: learning analytics as a tool for analysing student agency in higher education. *Behaviour & Information Technology*, 1-19.
- Jaeger, A. J., Wiley, J., & Moher, T. 2016. Leveling the playing field: Grounding learning with embedded simulations in geoscience. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1(1), 23.
- Jauhiainen S., Äyrämö S., Forsman H. & Kauppi J-P. 2019. Talent Identification in Soccer Using a One-Class Support Vector Machine (in review). *International Journal of Computer Science in Sport* .
- Joëls, M., Pu, Z., Wiegert, O., Oitzl, M. S. & Krugers, H. J. 2006. Learning under stress: how does it work? *Trends in cognitive sciences* 10 (4), 152-158.
- Johnson, D.W. & Johnson, R.T. 1988. *Cooperation in classroom*. Exina MN: Interaction Book Company.
- Johnson, D. 2008. *Computer Ethics*. Teoksessa L. Floridi (toim.), *The Blackwell guide to the philosophy of computing and information*. Malden: John Wiley & Sons.
- Johnson-Glenberg, M. C., Birchfield, D. A., Tolentino, L., & Koziupa, T. 2014. Collaborative embodied learning in mixed reality motion-capture environments: Two science studies. *Journal of Educational Psychology*, 106(1), 86-104.
- Johnson-Glenberg, M. C., Megowan-Romanowicz, C., Birchfield, D. A., & Savio-Ramos, C. 2016. Effects of embodied learning and digital platform on the retention of physics content: Centripetal force. *Frontiers in psychology*, 7, 1819.
- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. 2004. Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational researcher*, 33(7), 14-26
- Johnstone, K. 2012. *Impro: Improvisation and the theatre*. Routledge.

- Jonassen, D. H., Peck, K. L., & Wilson, B. G. (1999). Learning with technology. Upper Saddle River, NJ: Merrill Publishing.
- Juuti, K. 2005. Towards Primary School Physics Teaching and Learning: Design Research Approach. Research Report 256.
- Juuti, K., Lavonen, J., Uitto, A., Byman, R. & Meisalo, V. 2010. Science teaching methods preferred by grade 9 students in Finland. *International Journal of Science and Mathematics Education* 8 (4), 611-632.
- Kangas, M. 2010 a. Creative and playful learning: Learning through game co-creation and games in a playful learning environment. *Thinking skills and Creativity* 5 (1), 1-15.
- Kangas, M. 2010 b. The school of the future: Theoretical and pedagogical approaches for creative and playful learning environments. University of Lapland.
- Kantomaa, M., Syväoja, H. & Tammelin, T. 2013. Liikunta-hyödyntämätön voimavara oppimisessa ja opettamisessa. *Liikunta & tiede* 50 (4), 12-17.
- Kantomaa, M., Syväoja, H., Sneek, S., Jaakkola, T., Pyhältö, K., & Tammelin, T. 2018. Koulupäivän aikainen liikunta ja oppiminen. Tilannekatsaus tammikuu.
- Kaplan, A. & Haenlein, M. 2019. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business horizons* 62 (1), 15-25.
- Kärkkäinen, T. 2002. MLP in layer-wise form with applications to weight decay. *Neural computation* 14 (6), 1451-1480.
- Kärnä, P., Hakonen, R., & Kuusela, J. 2012. Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011. *Koulutuksen seurantaraportit*, 2, 201.
- Karppinen, S. J. 2005. Seikkailullinen vuosi haastavassa luokassa: Etnografinen toimintatutkimus seikkailu- ja elämyspedagogiikasta. Oulu: Oulun yliopisto.
- Kayes, D. C. 2002. Experiential learning and its critics: Preserving the role of experience in management learning and education. *Academy of Management Learning & Education*, 1(2), 137-149.
- Keltikangas-Järvinen, L. 2004. Temperamentti – ihmisen yksilöllisyys. Helsinki: WSOY.
- Kempadoo, K. A., Mosharov, E. V., Choi, S. J., Sulzer, D. & Kandel, E. R. 2016. Dopamine release from the locus coeruleus to the dorsal hippocampus promotes spatial learning and memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (51), 14835-14840.
- Ketonen, E., & Lonka, K. 2012. Do situational academic emotions predict academic outcomes in a lecture course?. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 69, 1901-1910.
- Keysers, C. 2011. The empathic brain: How the discovery of mirror neurons changes our understanding of human nature. Lulu. com.
- Kim, P. (Ed.). 2014. Massive open online courses: The MOOC revolution. routledge.

- Kleinginna, P. R. & Kleinginna, A. M. 1981. A categorized list of emotion definitions, with suggestions for a consensual definition. *Motivation and Emotion* 5 (4), 345-379.
- Klemola, T. 1998. Ruumis liikkuu - liikkuuko henki? : Fenomenologinen tutkimus liikunnan projekteista. Filosofisia tutkimuksia Tampereen yliopistosta 39. Tampere: Tampereen yliopisto.
- Konak, A., Clark, T. & Nasereddin, M. 2014. Using Kolb's Experiential Learning Cycle to improve student learning in virtual computer laboratories. *Computers & Education* 72, 11-22
- Koski, T. 2000. Liikunta elämäntapana ja henkisen kasvun välineenä: Filosofinen tutkimus liikunnan merkityksestä, esimerkkeinä jooga ja zen-budo. Tampere: Tampereen yliopisto.
- Koskinen, R. 2016. Mielekäs oppiminen matematiikan opetuksen lähtökohtana: Systemaattinen analyysi *Journal for Research in Mathematics Education* aikakauslehden artikkelien pohjalta.
- Knight, S., Wise, A. F., Ochoa, X. & Hershkovitz, A. 2017. Learning analytics: Looking to the future. *Journal of Learning Analytics* 4 (2), 1-5.
- Köhncke, Y., Papenberg, G., Jonasson, L., Karalija, N., Wählin, A., Salami, A., Andersson, M., Axelsson, J. E., Nyberg, L. & Riklund, K. 2018. Self-rated intensity of habitual physical activities is positively associated with dopamine D2/3 receptor availability and cognition. *NeuroImage* 181, 605-616.
- Koho, S. 2018. Suomesta puuttuu vuonna 2025 jopa 25 000 osaavaa koodaria – Tivia ehdottaa ohjelmistoyliopistojen perustamista . (Kauppalehti. painos) 15.3.2018 Helsinki: Alma media.
- Koivisto, M. 2006. Johdatus muistin ja tarkkaavaisuuden käsitteisiin. Teoksessa H.Hämäläinen, M.Laine, O.Aaltonen & A.Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot.Kognitiivisen neurotieteen oppikirja.Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus*.Turku: Turun yliopisto , 195-199.
- Kokko, S. & Martin, L. 2019. *Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia vuodelta 2018*. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2019:1.
- Kolb, D. A. 2014. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M. & Beilock, S. L. 2015. Physical experience enhances science learning. *Psychological science* 26 (6), 737-749.
- Kormi-Nouri, R., Nilsson, L. & Ohta, N. 2005. The novelty effect: Support for the novelty-encoding hypothesis. *Scandinavian Journal of Psychology* 46 (2), 133-143.
- Kreibig, S. D. 2010. Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological psychology*, 84(3), 394-421.
- Krueger, R. A. & Casey, M. A. 2000. *A practical guide for applied research*. A practical guide for applied research .
- Kruskal, W. H. & Wallis, W. A. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association* 47 (260), 583-621.

- Kujala, T., Krause, C. M., Sajaniemi, N., Silvén, M., Jaakkola, T. & Nyysölä, K. 2012. Aivot, oppimisen valmiudet ja koulunkäynti: Neuro- ja kognitiotieteellinen näkökulma: Tilannekatsaus tammikuu 2012.
- Kukkola, J. 2018. Kokemuksen tutkimuksen metatiede: kokemuksen käsitteen käytön ja kokemuksen ehtojen tutkimus. Teoksessa Koke muksen tutkimus VI. Kokemuksen käsite ja käyttö. J. Toikkanen & IA Virtanen (toim.), 41-63.
- Kyndt, E., Raes, E., Lismont, B., Timmers, F., Cascallar, E. & Dochy, F. 2013. A meta-analysis of the effects of face-to-face cooperative learning. Do recent studies falsify or verify earlier findings? *Educational research review* 10, 133-149.
- Kyriacou, C. 1998. *Essential Teaching Skills*. 2. painos. Cheltenham: Nelson Thornes, Ltd.
- Laal, M. & Ghodsi, S. M. 2012. Benefits of collaborative learning. *Procedia-social and behavioral sciences* 31, 486-490.
- Lakoff, G. & Johnson, M. 1980. Conceptual metaphor in everyday language. *The journal of Philosophy* 77 (8), 453-486.
- Lan, Y., Sung, Y. & Chang, K. 2007. A mobile-device-supported peer-assisted learning system for collaborative early EFL reading. *Language Learning & Technology* 11 (3), 130-151.
- LePine, J. A., LePine, M. A., & Jackson, C. L. 2004. Challenge and hindrance stress: relationships with exhaustion, motivation to learn, and learning performance. *Journal of Applied Psychology*, 89(5), 883.
- Larsen, J. T., Berntson, G. G., Poehlmann, K. M., Ito, T. A., & Cacioppo, J. T. 2008. The psychophysiology of emotion. *Handbook of emotions*, 3, 180-195.
- Lavonen, J., Juuti, K., Uitto, A., Meisalo, V. & Byman, R. 2005. Attractiveness of science education in the Finnish comprehensive school. *Research Findings on Young People's Perceptions of Technology and Science Education. Mirror results and good practice.* Helsinki: Technology Industries of Finland , 5-30.
- LeDoux, J. 1998. *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. Simon and Schuster.
- Lee, V. R. & Thomas, J. M. 2011. Integrating physical activity data technologies into elementary school classrooms. *Educational Technology Research and Development* 59 (6), 865-884.
- Lehtinen, E., Kuusinen, J., & Vauras, M. 2007. *Kasvatuspsykologia*. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.
- Lehtinen, A. & Viiri, J. 2014. Using tablets as tools for learner-generated drawings in the context of teaching the kinetic theory of gases. *Physics Education* 49 (3), 344.
- Lehto, H., Luoma, T., & Eloranta, K. 2003. *Fysiikka 4. Liikkeen lait*. Helsinki: Tammi.
- Leitola, K. 2001. *Oppimisen NLP*. Helsinki: Tammi.

- Lengel, T. & Kuczala, M. 2010. The kinesthetic classroom: Teaching and learning through movement. Corwin Press.
- Lepper, M. R., & Henderlong, J. 2000. Turning “play” into “work” and “work” into “play”: 25 years of research on intrinsic versus extrinsic motivation. In *Intrinsic and extrinsic motivation* (pp. 257-307). Academic Press.
- LePine, J. A., LePine, M. A. & Jackson, C. L. 2004. Challenge and hindrance stress: relationships with exhaustion, motivation to learn, and learning performance. *Journal of applied psychology* 89 (5), 883.
- Lerman, J. 2013. Big data and its exclusions. *Stanford Law Review Online*, 66.
- Leskinen, E. & Jaakkola, T. & Norrena, J. 2016. Toiminnallisuus. Teoksessa J, Norrena. (toim.) *Ryhmä oppimaan! Toiminnallisia työtapoja ja tehtäväkehyksiä*. Jyväskylä: PS-kustannus, 14.
- Lewin, K. 1946. Action research and minority problems. *Journal of Social Issues* 2 (4), 34-46.
- Li, S., Cullen, W. K., Anwyl, R. & Rowan, M. J. 2003. Dopamine-dependent facilitation of LTP induction in hippocampal CA1 by exposure to spatial novelty. *Nature neuroscience* 6 (5), 526.
- Lier, L. V. 2007. Action-based teaching, autonomy and identity. *International Journal of Innovation in Language Learning and Teaching*, 1(1), 46-65.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. 2016. Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174-187.
- Liu, T., Lin, Y., Tsai, M. & Paas, F. 2012. Split-attention and redundancy effects on mobile learning in physical environments. *Computers & Education* 58 (1), 172-180.
- Liukkonen, J. 2017. *Psyykkinen vahvuus. Mielen taitojen harjoituskirja*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Lohr, M. 2015. Scientific teaching with tablet PCs: Incorporating Tablet PCs into scientific workflows at schools. 2015 3rd Experiment International Conference (exp. at'15). IEEE, 151.
- Lonka, I. 1987. Kirjoittamalla oppii –mutta miksi? *Psykologia* 22 (4), 277–281.
- Lonka, K. 1997. *Explorations of constructive processes in student learning*. Helsinki: Yliopistopaino.
- LOPS 2015. *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015*. Opetushallitus. Saatavilla osoitteessa: https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf. Viitattu: 5.9.2019.
- LOPS 2019. *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019*. Opetushallitus. Saatavilla osoitteessa: <https://www.oph.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/julkaisut/lukion-opetussuunnitelman-perusteet-2019>. Viitattu 25.11.2019
- Lovell, K. R. 1972. Intellectual growth and understanding mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 3(3), 164–182.
- Løvoll, H. S., Røysamb, E. & Vittersø, J. 2017. Experiences matter: Positive emotions facilitate intrinsic motivation. *Cogent Psychology* 4 (1), 1340083.

- Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R. & Heim, C. 2009. Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature reviews neuroscience* 10 (6), 434.
- Ma, J.K., Mare, L. Le & Gurd, B.J., 2014. Classroom-based high-intensity interval activity improves off-task behaviour in primary school students. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(12), ss.1332–1337.
- Mack, N. K. 1995. Confounding whole-number and fraction concepts when building on informal knowledge. *Journal for research in mathematics education*, 422-441.
- MacKenzie, Sarah. 2013. "Poetic Praxis: Engaging Body, Mind, and Soul in the Social Foundations Classroom." *Journal for Learning Through the Arts* 9 (1): 1-27.
- Mariescu-Istodor, R., & Jormanainen, I. 2019. Machine Learning for High School Students. In *Proceedings of 19th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. Article No. 10. ACM, New York, NY, USA
- Martela, F., & Jarenko, K. 2014. Sisäinen motivaatio. Tulevaisuuden työssä tuottavuus ja innostus kohtaavat. *Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu*, 3, 2014.
- Marttila, M. 2016. Elämys- ja seikkailupedagoginen luontoliikunta opetussuunnitelman toteutuksessa: etnografinen tutkimus. *Studies in sport, physical education and health* (237).
- Mauss, I. B., & Robinson, M. D. (2009). Measures of emotion: A review. *Cognition and emotion*, 23(2), 209-237.
- Mayer, J. D., Salovey, P., Caruso, D. R. & Sternberg, R. 2000. Models of emotional intelligence. *RJ Sternberg* (ed.) .
- McCormick, D. A. 1989. Cholinergic and noradrenergic modulation of thalamocortical processing. *Trends in neurosciences* 12 (6), 215-221.
- McLeod, D. B. (1988). Affective issues in mathematical problem solving: some theoretical considerations. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(2), 134-141.
- McMorris, T., Collard, K., Corbett, J., Dicks, M. & Swain, J. 2008. A test of the catecholamines hypothesis for an acute exercise–cognition interaction. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 89 (1), 106-115.
- McNamara, C. G. & Dupret, D. 2017. Two sources of dopamine for the hippocampus. *Trends in neurosciences* 40 (7), 383-384.
- McRae, K. 1990. Integrated outdoor education. *Outdoor and Environmental Education–Diverse Purposes and Practices* , 75-91.
- Meeusen, R. & De Meirleir, K. 1995. Exercise and brain neurotransmission. *Sports Medicine* 20 (3), 160-188.
- Mehta, R., Shortz, A. & Benden, M. 2015. Standing up for learning: A pilot investigation on the neurocognitive benefits of stand-biased school desks. *International journal of environmental research and public health* 13 (1), 59.

- Meisalo, V., & Lavonen, J. M. J. 1994. Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa: teoriasta käytäntöön opetuksen uudistamiseksi. Opetushallitus.
- Merilehto, A. 2018. Tekoäly: matkaopas johtajalle. Alma Talent. Helsinki.
- Merleau-Ponty, M. 2002. Phenomenology of perception. Lontoo: Routledge.
- Merrell, F. 2003. Sensing corporeally: Toward a posthuman understanding. University of Toronto Press.
- Mesulam, M. 1981. A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society* 10 (4), 309-325.
- Mezirow, J. 1995. Uudistava oppiminen. Kriittinen reflektio aikuiskoulutuksessa. Helsingin yliopisto, Helsinki.
- Middleton, J. A., & Spanias P. A. 1999. Motivation for achievement in mathematics: Findings, generalizations, and criticisms of the research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(1), 65-88.
- Moilanen, H. & Salakka, H. 2016. Aivot liikkeelle. Jyväskylä: PS-kustannus .
- Moilanen, H., Kankaanranta, M., & Äyrämö, S. 2017a. Detecting pupils' preferred learning styles and different types of personalities by unsupervised machine learning. In S. Äyrämö, & P. Neittaanmäki (Eds.), *Koneoppimis pohjaiset tekoälyratkaisut hyvinvointi- ja terveyssovelluksissa* (pp. 24-29). Jyväskylä, Finland: Jyväskylän yliopisto.
- Moilanen, H., Jauhiainen, S., Äyrämö, S., & Lempinen, A. 2017b. Predicting school success from student's wellbeing data. In S. Äyrämö, & P. Neittaanmäki (Eds.), *Koneoppimis pohjaiset tekoälyratkaisut hyvinvointi- ja terveyssovelluksissa* (pp. 30-33). Jyväskylä, Finland: Jyväskylän yliopisto.
- Moilanen, H., Äyrämö, S., Jauhiainen, S. & Kankaanranta, M. 2018. Collecting and Using Students' Digital Well-Being Data in Multidisciplinary Teaching. *Education Research International* 2018.
- Moilanen, H., Äyrämö, S., & Kankaanranta, M. 2019. Fysiikkaa liikkuen – 7-luokkalaisten oppilaiden ja opettajien kokemuksia kehollisesta opetuksesta fysiikassa, in *Tutkimuksesta luokkahuoneisiin: Ainedidaktisia tutkimuksia 15*, Suomen ainedidaktisen tutkimusseuran julkaisuja.
- Moller, A. C., Deci, E. L., & Ryan, R. M. 2006. Choice and ego-depletion: The moderating role of autonomy. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 32(8): 1024-1036.
- Montano, N., Porta, A., Cogliati, C., Costantino, G., Tobaldini, E., Casali, K. R. & Iellamo, F. 2009. Heart rate variability explored in the frequency domain: a tool to investigate the link between heart and behavior. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 33 (2), 71-80.
- Moore, C. & Linder, S. 2012. Using dance to deepen student understanding of geometry. *Journal of Dance Education* 12 (3), 104-108.
- Morgan, K., Johnson, A. J. & Miles, C. 2014. Chewing gum moderates the vigilance decrement. *British Journal of Psychology* 105 (2), 214-225.
- Morrow, C. A. 2000. Kinesthetic astronomy: The sky time lesson. *The Physics Teacher*, 38(4), 252-253.

- Moser, E. I., Moser, M. B. & Andersen, P. 1994. Potentiation of dentate synapses initiated by exploratory learning in rats: dissociation from brain temperature, motor activity, and arousal. *Learning & memory* (Cold Spring Harbor, N.Y.) 1 (1), 55-73.
- Mylott, E., Dunlap, J., Lampert, L., & Widenhorn, R. 2014. Kinesthetic activities for the classroom. *The Physics Teacher*, 52(9), 525-528.
- Neittaanmäki, P., & Lehto, M. 2017.. Value from Public Health Data with Cognitive Computing: Loppuraportti. *Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja/Jyväskylän yliopisto*, (2017, 41).
- Neittaanmäki, P., Tuominen, H., Äyrämö, S. & Vähäkainu, P. 2019. *Tekoäly ja terveydenhuolto Suomessa*.
- Niemelä, M., Äyrämö, S. & Kärkkäinen, T. 2018. Comparison of cluster validation indices with missing data. *ESANN*.
- Niemivirta, M. 2004. Stability and change in middle school students' school value: An application of latent growth curve modeling. In A. Efklides, G. Kiosseglou, & Y. Theodorakis (Eds.), *Qualitative and quantitative research in psychology: Scientific Annals of the Psychological Society of Northern Greece* (Vol. Volume 2, pp. 301-314). Athens: Ellinika Grammata.
- Nix, G. A., Ryan, R. M., Manly, J. B., & Deci, E. L. (1999). Revitalization through self-regulation: The effects of autonomous and controlled motivation on happiness and vitality. *Journal of Experimental Social Psychology*, 35(3): 266-284.
- Nokia, M. S., Lensu, S., Ahtiainen, J. P., Johansson, P. P., Koch, L. G., Britton, S. L. & Kainulainen, H. 2016. Physical exercise increases adult hippocampal neurogenesis in male rats provided it is aerobic and sustained. *The Journal of physiology* 594 (7), 1855-1873.
- Novak, J. D. 2010. *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Routledge.
- Nummenmaa, T., Konttinen, R., Kuusinen, J. & Leskinen, E. 1997. *Tutkimusaineiston analyysi*. Porvoo: Wsoy 128.
- Nummenmaa, L., Hari, R., Hietanen, J. K., & Glerean, E. 2018. Maps of subjective feelings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(37), 9198-9203.
- Nurmi, J. E., & Salmela-Aro, K. 2002. Modernin motivaatiopsykologian perusteet ja käsitteet. In *Mikä meitä elämässä liikuttaa: Modernin motivaatiopsykologian perusteet*. PS-kustannus.
- Nuttin, J., Lorion, R. P., & Dumas, J. E. 1984. *Motivation, planning, and action: A relational theory of behavior dynamics*. Leuven University Press.
- Oblinger, D. G. 2006. Space as a change agent. *Learning spaces*, 1, 1-2.
- Olkinuora, E. 1979. Oppimisen ja opiskelun mielekkyys. *Katsaus kirjallisuuteen ja lähtökohtiin sekä tutkimusprojektin esittely*. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteiden tutkimuslaitos. Selosteita ja tiedotteita 121.
- Oppezzo, M. & Schwartz, D. L. 2014. Give your ideas some legs: The positive effect of walking on creative thinking. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition* 40 (4), 1142.

- O'Reilly, R. C., Noelle, D. C., Braver, T. S. & Cohen, J. D. 2002. Prefrontal cortex and dynamic categorization tasks: representational organization and neuromodulatory control. *Cerebral cortex* 12 (3), 246-257.
- Paane-Tiainen, T. 2000. Oppijaksi aikuisena. Edita.
- Padilla, C., Pérez, L., & Andrés, P. 2014. Chronic exercise keeps working memory and inhibitory capacities fit. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 8, 49.
- Panksepp, J. 2004. *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. Oxford university press.
- Parviainen, J. 2016. Keho tietää, kertoo ja kehittää itsetuntemusta. *Liikunta & Tiede*, 53:2-3, 10-15.
- Paulson, P. 2012. The brain and learning. *Journal of Dance Education* 12 (1), 81-83.
- Pekrun, R. 2006. The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational psychology review* 18 (4), 315-341.
- Pekrun, R. 1992. The impact of emotions on learning and achievement: Towards a theory of cognitive/motivational mediators. *Applied Psychology* 41 (4), 359-376.
- Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P. & Perry, R. P. 2011. Measuring emotions in students' learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). *Contemporary educational psychology* 36 (1), 36-48.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. & Perry, R. P. 2002. Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational psychologist* 37 (2), 91-105.
- Peltonen, M. & Ruohotie, P. 1992. Oppimismotivaatio. Teoriaa, tutkimuksia ja esimerkkejä oppimishalukkuudesta. Keuruu: Otava, 37-122.
- Perez, M. V., Mahaffey, K. W., Hedlin, H., Rumsfeld, J. S., Garcia, A., Ferris, T., ... & Hung, G. 2019. Large-scale assessment of a smartwatch to identify atrial fibrillation. *New England Journal of Medicine*, 381(20), 1909-1917.
- Pernaa, J. 2013. Kehittämistutkimus opetuslalla. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Pfeifer, R., & Bongard, J. (2006). *How the Body Shapes the Way We Think: A New View of Intelligence*. Cambridge, MA: MIT press.
- Piaget, J. 1976. Piaget's theory. Teoksessa Piaget and his school. Springer, 11-23.
- Piaget, J., Inhelder, B., & Rutanen, M. 1977. *Lapsen psykologia*. KJ Gummerus.
- PISA 2018. PISA 2018 ensituloksia. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Saatavilla osoitteessa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-678-2>. Viitattu 6.1.2020.
- Plomin, R., DeFries, J. C., Knopik, V. S., & Neiderhiser, J. M. 2016. Top 10 replicated findings from behavioral genetics. *Perspectives on psychological science*, 11(1), 3-23.

- Polar. 2019. Polar M200 älykellon käyttöohje. Saatavilla osoitteessa https://support.polar.com/e_manuals/M200/Polar_M200_user_manual_Suomi/Content/Introduction.htm. Viitattu 3.2.2020.
- POPS 2014. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Opetushallitus. Määräykset ja ohjeet 2014:96. Saatavilla osoitteessa: https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf. Viitattu: 5.9.2019.
- Potkin, K. T., Bunney Jr, W. E. 2012. Sleep improves memory: the effect of sleep on long term memory in early adolescence. *PLoS One* 7 (8), e42191
- Prashnig, B. 2003. Eläköön erilaisuus : Oppimisen vallankumous käytännössä Jyväskylä: PS-kustannus.
- Raichlen, D. A. & Alexander, G. E. 2017. Adaptive capacity: an evolutionary neuroscience model linking exercise, cognition, and brain health. *Trends in neurosciences* 40 (7), 408-421.
- Ramos, R. & Devers, C. 2014. iPad-enabled experiments in an undergraduate physics laboratory Teoksessa C. M. Miller & A. Doering (toim.) *The new landscape of mobile learning*. Routledge, .
- Rantala, T. 2005. Seeking the Joy of Learning – the Ethnography of experience in Elementary Instruction. University of Lapland.
- Rauste-von Wright, M., von-Wright J. & Soini, T. 2003. *Oppiminen ja koulutus*. 9.painos. Helsinki: WSOY.
- Reeve, J. 2014. *Understanding motivation and emotion*. John Wiley & Sons.
- Reiff, J. C. 1992. *Learning Styles. What Research Says to the Teacher Series*.
- Renninger, K. A. 2000. Individual interest and its implications for understanding intrinsic motivation. In *Intrinsic and extrinsic motivation* (pp. 373-404). Academic Press.
- Renninger, K. A., & Hidi, S. 2011. Revisiting the conceptualization, measurement, and generation of interest. *Educational Psychologist*, 46(3), 168-184.
- Renninger, K. A. & Su, S. 2012. Interest and its development. Teoksessa R. Ryan (toim.) *The Oxford handbook of human motivation*. New York: Oxford University Press, 167-187.
- Richards, A. J. 2019. Teaching mechanics using kinesthetic learning activities. *The Physics Teacher*, 57(1), 35-38.
- Richards, A. J., & Etkina, E. 2013. Kinaesthetic learning activities and learning about solar cells. *Physics Education*, 48(5), 578.
- Robson, C. 2002. *Real world research second edition*. Malden, BlackwellPublishing .
- Rogers, C. R. 1969. *Freedom to learn. A View of What Education Might Become*. Columbus, Ohio: Merrill.
- Romero, C. & Ventura, S. 2010. Educational data mining: a review of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)* 40 (6), 601-618.

- Rosen, L., Carrier, L. M., Miller, A., Rokkum, J., & Ruiz, A. 2016. Sleeping with technology: cognitive, affective, and technology usage predictors of sleep problems among college students. *Sleep Health: Journal of the National Sleep Foundation*, 2(1), 49-56.
- Ruiz, M. J. 2017. Students dance longitudinal standing waves. *Phys. Educ*, 52, 033006.
- Rule, A. C., Dockstader, J. C., & Stewart, R. A. 2006. Hands-on and kinesthetic activities for teaching phonological awareness. *Early Childhood Education Journal*, 34(3), 195-201.
- Russell, S. J. & Norvig, P. 2010. *Artificial Intelligence-A Modern Approach* (3rd internat. edn.).
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. 2000. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.
- Saarela, M. 2017. Automatic knowledge discovery from sparse and large-scale educational data: case Finland. *Jyväskylä studies in computing* (262).
- Saarela, M., & Kärkkäinen, T. 2017. Knowledge discovery from the programme for international student assessment. In *Learning Analytics: Fundamentals, Applications, and Trends* (pp. 229-267). Springer, Cham.
- Sahlberg, P., & Leppilampi, A. 1994. Yksinään vai yhteisvoimin?: yhdessäoppimisen mahdollisuuksia etsimässä. Helsingin yliopisto, Vantaan täydennyskoulutuslaitos.
- Salehi, B., Cordero, M. I. & Sandi, C. 2010. Learning under stress: the inverted-U-shape function revisited. *Learning & memory* (Cold Spring Harbor, N.Y.) 17 (10), 522-530.
- Salmela-Aro, K., & Nurmi, J. E. 2017. Mikä meitä liikuttaa- motivaatiopsykologian perusteet. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Salmela-Aro, K. & Tuominen-Soini, H. 2013. Koulu-uupumuksesta innostukseen? Teoksessa Reivinen, J. & Vähäkylä, L. (toim.) *Ketä kiinnostaa? Lasten ja nuorten hyvinvointi ja syrjäytyminen*. Helsinki: Gaudeamus, 242-254.
- Salmela-Aro, K. & Read, S. 2017. Study engagement and burnout profiles among Finnish higher education students. *Burnout research* 7, 21-28.
- Salmela-Aro, K. 2018. Motivaatio ja oppiminen kulkevat käsi kädessä. Teoksessa Katariina Salmela-Aro (toim.) *Motivaatio ja oppiminen*, 1.
- Salonen, J., Halunen, K., Korhonen, H., Lähteenmäki, J., Pussinen, P., Vallivaara, V., Väisänen, T. & Ylén, P. 2018. Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet ja hyödyt sosiaali- ja terveydenhuollossa.
- Sandi, C., & Pinelo-Nava, M. T. 2007. Stress and memory: behavioral effects and neurobiological mechanisms. *Neural plasticity*, 2007.
- Sawyer, R. K. 2006. The new science of learning. *The Cambridge handbook of the learning sciences* 1, 18.
- Sawyer, R. K. 2004. Creative teaching: Collaborative discussion as disciplined improvisation. *Educational researcher* 33 (2), 12-20.

- Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., Flood, V. J., McKagan, S. B., Robertson, A. D., ... & Vokos, S. 2013. Negotiating energy dynamics through embodied action in a materially structured environment. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 9(2), 020105.
- Schiefele, U., & Csikszentmihalyi, M. 1995. Motivation and ability as factors in mathematics experience and achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 163–181.
- Schneider, J., Börner, D., Van Rosmalen, P. & Specht, M. 2015. Augmenting the senses: a review on sensor-based learning support. *Sensors* 15 (2), 4097-4133.
- Schneider, B., Krajcik, J., Lavonen, J., Salmela-Aro, K., Broda, M., Spicer, J., Bruner, J., Moeller, J., Linnasaari, J., Juuti, K., & Viljaranta, J. 2016. Investigating optimal learning moments in US and Finnish science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(3), 400–421.
- Schomaker, J. 2019. Unexplored territory: Beneficial effects of novelty on memory. *Neurobiology of learning and memory* .
- Schore, A. N. 2001. Effects of a secure attachment relationship on right brain development, affect regulation, and infant mental health. *Infant Mental Health Journal: Official Publication of The World Association for Infant Mental Health* 22 (1-2), 7-66.
- Schunk, D. & Richardson, K. 2011. Motivation and Self-Efficacy in Mathematics Education. Teoksessa D. J. Brahier, W. R. Speer (toim.) Motivation and disposition: Pathways to learning mathematics. United States of America: The National council of Teachers of Mathematics, Inc.
- Schupp, H. T., Stockburger, J., Codispoti, M., Junghöfer, M., Weike, A. I. & Hamm, A. O. 2007. Selective visual attention to emotion. *Journal of neuroscience* 27 (5), 1082-1089.
- Schutz, P. A., Pekrun, R. & Phye, G. D. 2007. Emotion in education. Elsevier.
- Schwabe, L., Joëls, M., Roozendaal, B., Wolf, O. T. & Oitzl, M. S. 2012. Stress effects on memory: an update and integration. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 36 (7), 1740-1749.
- Seli, P., Wammes, J. D., Risko, E. F., & Smilek, D. 2016. On the relation between motivation and retention in educational contexts: The role of intentional and unintentional mind wandering. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23, 1280–1287.
- Seligman, M. E. 2012. Flourish: A visionary new understanding of happiness and well-being. Simon and Schuster.
- Selyé, H. 1956. The stress of life. New York: McGraw-Hill
- Shadmehr, R. & Holcomb, H. H. 1997. Neural correlates of motor memory consolidation. *Science (New York, N.Y.)* 277 (5327), 821-825.
- Shams, L. & Seitz, A. R. 2008. Benefits of multisensory learning. *Trends in cognitive sciences* 12 (11), 411-417.
- Shapiro, L. A. 2011. Embodied Cognition: Lessons from Linguistic Determinism. *Philosophical Topics*, 39(1), 121-140.

- Sheets-Johnstone, Maxine. 2009. *The Corporeal Turn: An Interdisciplinary Reader*. Exeter: Imprint Academic.
- Siegel, D. J. 1999. *The developing mind*. Guilford Press New York.
- Siemens, G. 2013. Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist* 57 (10), 1380-1400.
- Siemens, G. & Baker, R. S. 2012. Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge*. ACM, 252.
- Sikkelä, R. 1999. *Persoonallisesti merkittävät oppimiskokemukset*. Joensuun yliopisto Joensuu.
- Singh, V. 2010. The electron runaround: Understanding electric circuit basics through a classroom activity. *The Physics Teacher*, 48(5), 309-311.
- Skulmowski, A. & Rey, G. D. 2017. Bodily Effort Enhances Learning and Metacognition: Investigating the Relation Between Physical Effort and Cognition Using Dual-Process Models of Embodiment. *Advances in cognitive psychology* 13 (1), 3-10.
- Smeds, P., Jeronen, E. & Kurppa, S. 2015. Farm Education and the Value of Learning in an Authentic Learning Environment. *International Journal of Environmental and Science Education* 10 (3), 381-404.
- Smeds, R., Krokfors, L., Ruokamo, H., & Staffans, A. 2010. *InnoSchool-välittävä koulu*. Oppimisen verkostot, ympäristö ja pedagogiikka.
- Soininen, M. 1995. *Tieteellisen tutkimuksen perusteet*. Turun yliopisto.
- Sonuga-Barke, E. J. 2002. Psychological heterogeneity in AD/HD – a dual pathway model of behaviour and cognition. *Behavioural brain research* 130 (1-2), 29-36.
- Sowell, E. R., Peterson, B. S., Thompson, P. M., Welcome, S. E., Henkenius, A. L. & Toga, A. W. 2003. Mapping cortical change across the human life span. *Nature neuroscience* 6 (3), 309.
- Spachholz, P., Kuhbandner, C. & Pekrun, R. 2014. Negative affect improves the quality of memories: Trading capacity for precision in sensory and working memory. *Journal of Experimental Psychology: General* 143 (4), 1450.
- Spanagel, R. & Weiss, F. 1999. The dopamine hypothesis of reward: past and current status. *Trends in neurosciences* 22 (11), 521-527.
- Spaulding, C.L. 1992. *Motivation in the Classroom*. Palatino: McGraw-Hill, Inc
- Stehlik, J., Schmalfuss, C., Bozkurt, B., Nativi-Nicolau, J., Wegerich, S., Rose, K., ... & Anand, S. 2018. Continuous wearable monitoring analytics predict heart failure decompensation: the LINK-HF multi-center study. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(11 Supplement), A646.
- Stipek, D. J. 1993. *Motivation to Learn. From Theory to Practice*. 2. painos. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Stolz, S. A. 2015. Embodied learning. *Educational philosophy and theory*, 47(5), 474-487.

- Suojanen, U. 2004. Toimintatutkimus. Metodix–Metoditietämystä kaikille.[Online publication].[Ref.22 April 2015] Saatavilla osoitteessa: www.metodix.com . Viitattu: 20.4.2020.
- Swartz, A. & Triscari, J. 2011. A model of transformative collaboration. *Adult Education Quarterly* 61(4), 324–340.
- Sweller, J. 1988. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science* 12 (2), 257-285.
- Symonds, J. E., & Gorard, S. 2010. Death of mixed methods? Or the rebirth of research as a craft. *Evaluation & Research in Education*, 23(2), 121-136.
- Syvöja, H. E. I. D. I. 2014. Physical activity and sedentary behaviour in association with academic performance and cognitive functions in school-aged children. *LIKES–Research Reports on Sport and Health*, 292.
- Takeuchi, T., Duszkiwicz, A. J., Sonneborn, A., Spooner, P. A., Yamasaki, M., Watanabe, M., Smith, C. C., Fernández, G., Deisseroth, K. & Greene, R. W. 2016. Locus coeruleus and dopaminergic consolidation of everyday memory. *Nature* 537 (7620), 357.
- Talvitie-Lamberg, K., Silvennoinen, M., Moilanen, H. & Korpela, J. 2018. Tekoöly sosiaalisen syrjäytymisen ennakoivassa tunnistamisessa- Case THL kouluterveyskysely Saatavilla osoitteessa: https://www.jyu.fi/it/fi/tutkimus/julkaisut/tekes-raportteja/tekoaly_case_thl_verkkoversio.pdf. Viitattu: 15.9.2019.
- Teddlie, C. & Tashakkori, A. 2009. Foundations of mixed methods research: Integrating quantitative and qualitative approaches in the social and behavioral sciences. Sage.
- Tene, O., & Polonetsky, J. 2012. Big data for all: Privacy and user control in the age of analytics. *Northwestern Journal of Technology & Intellectual Property*,
- THL 2017. Finnish National Institute for Health and Welfare. Kouluterveyskyselyn tulokset. Saatavilla osoitteessa: <https://www.thl.fi/fi/web/lapset-nuoret-ja-perheet/tutkimustuloksia>.
- THL 2019. Finnish National Institute for Health and Welfare. Kouluterveyskyselyn tulokset 2019. Saatavilla osoitteessa: <https://www.thl.fi/fi/web/lapset-nuoret-ja-perheet/tutkimustuloksia>. Viitattu: 25.9.2019.
- Tibshirani, R. 1996. Regression shrinkage and selection via the lasso. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 58 (1), 267-288.
- Tikkanen, P. 2008. " Helpompaa ja haus Kempaa kuin luulin": matematiikka suomalaisten ja unkarilaisten perusopetuksen neljäsluokkalaisten kokemana. *Jyväskylä studies in education, psychology and social research*, (337).
- Toikkanen, J. & Virtanen, I. A. 2018. Kokemuksen tutkimus VI: Kokemuksen käsite ja käyttö.
- Toivonen, T., Jormanainen, I., Kahila, J., Tedre, M., Valtonen T., & Vartiainen, H. (2020). Co-Designing Machine Learning Apps in K–12 with Primary School Children. In *International Conference on Advanced Learning*

- Technologies and Technology-enhanced Learning (ICALT) (pp. 308-310). Tartu, Estonia, IEEE Computer Society.
- Tolkki, K. 2019. Opettajat Ylen kyselyssä: Uusi opetussuunnitelma ei vie opiskelua oikeaan suuntaan - "Teknologian palvontaa". Saatavilla osoitteessa: <https://yle.fi/uutiset/3-10598923>. Viitattu: 25.10.2019.
- Toom, A. & Pyhältö, K. 2013. Opetus koulun arjessa: osallistavan pedagogiikan ja oppilaiden oppimisprosessiin kiinnittymisen välisestä suhteesta. Teoksessa Pyhältö, K. & Vitikka, E. (toim.) Oppiminen ja pedagogiset käytännöt varhaiskasvatuksesta perusopetukseen. Helsinki: Opetushallitus, 79-92.
- Tsai, Y. M., Kunter, M., Lüdtke, O., Trautwein, U., & Ryan, R. M. (2008). What makes lessons interesting? The role of situational and individual factors in three school subjects. *Journal of Educational Psychology*, 100(2), 460.
- Tsujii, T., Komatsu, K. & Sakatani, K. 2013. Acute effects of physical exercise on prefrontal cortex activity in older adults: a functional near-infrared spectroscopy study. Teoksessa *Oxygen transport to tissue XXXIV*. Springer, 293-298.
- Tulving, E. 1983. Ecphoric processes in episodic memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* 302 (1110), 361-371.
- Tulving, E. & Kroll, N. 1995. Novelty assessment in the brain and long-term memory encoding. *Psychonomic bulletin & review* 2 (3), 387-390.
- Tuohilampi, L., & Hannula, M. S. 2013. Matematiikkaan liittyvien asenteiden kehitys sekä asenteiden ja osaamisen välinen vuorovaikutus 3., 6. ja 9. luokalla. In *Perusopetuksen matematiikan oppimistulosten pitkittäisarviointi vuosina 2005-2012* (pp. 231-253). Opetushallitus.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi [Qualitative research and content analysis]. Helsinki: Tammi .
- Turakhia, M. P., Desai, M., Hedlin, H., Rajmane, A., Talati, N., Ferris, T., ... & Rumsfeld, J. S. 2019. Rationale and design of a large-scale, app-based study to identify cardiac arrhythmias using a smartwatch: The Apple Heart Study. *American heart journal*, 207, 66-75.
- Tyng, C. M., Amin, H. U., Saad, M. N. & Malik, A. S. 2017. The influences of emotion on learning and memory. *Frontiers in psychology* 8, 1454.
- Tynjälä, P. 1999. Oppiminen tiedon rakentamisena: konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Tynjälä, P. 2004. Asiantuntijuus ja työkuultuurit opettajan ammatissa. *Kasvatus* 35 (2), 174-190.
- Vahtivuori-Hänninen, S., Kupila, P., & Parkkulainen, N. 2016. Oppijalähtöisyys, osaavat opettajat ja yhteisöllinen toimintakulttuuri. Uusi peruskoulu-kärkihanke 2016-2018. Loppuraportti. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Saatavilla osoitteessa: <https://minedu.fi/documents/1410845/4583171/Uusi+peruskoulu+-karkihanke,2018,2016-2018>. Viitattu 17.9.2020.

- Vakkuri V., Kemell KK. 2019. Implementing AI Ethics in Practice: An Empirical Evaluation of the RESOLVEDD Strategy. In: Hyrynsalmi S., Suoranta M., Nguyen-Duc A., Tyrväinen P., Abrahamsson P. (eds) Software Business. ICSOB 2019. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 370. Springer, Cham
- Valenzeno, L., Alibali, M. W., & Klatzky, R. 2003. Teachers' gestures facilitate students' learning: A lesson in symmetry. *Contemporary Educational Psychology*, 28(2), 187-204.
- van der Niet, A. G., Smith, J., Oosterlaan, J., Scherder, E. J., Hartman, E., & Visscher, C. (2016). Effects of a cognitively demanding aerobic intervention during recess on children's physical fitness and executive functioning. *Pediatric Exercise Science*, 28(1), 64-70.
- van Praag, H. 2009. Exercise and the brain: something to chew on. *Trends in neurosciences* 32 (5), 283-290.
- van't Hooft, M. 2013. The potential of mobile technologies to connect teaching and learning inside and outside of the classroom. Teoksessa *Emerging technologies for the classroom*. Springer, 175-186.
- Varantola, K., Launis, V., Helin, M., Spoof, S. K. & Jäppinen, S. 2013. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta.
- Varila, J. 1999. Tunteet ja aikuisdidaktiikka. Tunteiden aikuisdidaktisen merkityksen teoreettinen ja empiirinen jäljitys. Joensuun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan tutkimuksia, 74.
- Vartiainen, H., Toivonen, T., Jormanainen, I., Kahila, J., Tedre, M., & Valtonen T. 2020. Machine learning for middle-schoolers: Children as designers of ML apps. In *Proceedings of IEEE Frontiers in Education (FIE)*, IEEE Computer Society.
- Vesisenaho, M., Juntunen, M., Häkkinen, P., Pöysä-Tarhonen, J., Fagerlund, J., Miakush, I., & Parviainen, T. 2019. Virtual Reality in Education: Focus on the Role of Emotions and Physiological Reactivity. *Journal of Virtual Worlds Research*, 12(1).
- Vehkalahti, K. 2008. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Helsinki: Tammi.
- Vettenranta, J., Välijärvi, J., Ahonen, A., Hautamäki, J., Hiltunen, J., Leino, K., Lähteinen, S., Nissinen, K., Nissinen, V. & Puhakka, E. 2016. PISA 15 ensituloksia. Huipulla pudotuksesta huolimatta. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 41.
- Viljaranta, J., Aunola, K., Mullola, S., Virkkala, J., Hirvonen, R., Pakarinen, E., & Nurmi, J. E. (2015). Children's temperament and academic skill development during first grade: Teachers' interaction styles as mediators. *Child development*, 86(4), 1191-1209.
- Vilkka, H. 2007. Tutki ja mittaa: määrällisen tutkimuksen perusteet.
- Vogel, S., & Schwabe, L. 2016. Learning and memory under stress: implications for the classroom. *npj Science of Learning*, 1(1), 1-10.

- Volkow, N. D., Wang, G., Kollins, S. H., Wigal, T. L., Newcorn, J. H., Telang, F., Fowler, J. S., Zhu, W., Logan, J. & Ma, Y. 2009. Evaluating dopamine reward pathway in ADHD: clinical implications. *Jama* 302 (10), 1084-1091.
- Voss, M. W., Prakash, R. S., Erickson, K. I., Basak, C., Chaddock, L., Kim, J. S., Alves, H., Heo, S., Szabo, A. & White, S. M. 2010. Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults. *Frontiers in aging neuroscience* 2, 32.
- Vuilleumier, P. 2005. How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *Trends in cognitive sciences* 9(12), 585-594.
- Vuorinen, I. 2001. Tuhat tapaa opettaa: Menetelmäopas opettajille, kouluttajille ja ryhmän ohjaajille. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala.
- Vygotsky, L. 1978. Interaction between learning and development. *Readings on the development of children* 23 (3), 34-41.
- Walker, J. D., Brooks, D. C., & Baepler, P. 2011. Pedagogy and space: Empirical research on new learning environments. *Educause Quarterly*, 34(4), n4.
- Walker, W. R., Skowronski, J. J. & Thompson, C. P. 2003. Life is pleasant – and memory helps to keep it that way! *Review of General Psychology* 7 (2), 203-210.
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. 1988. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of personality and social psychology*, 54(6), 1063.
- Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K. & Hesketh, K. D. 2017. Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 14 (1), 114.
- Whitworth, B. A., Chiu, J. L., & Bell, R. L. 2014. Kinesthetic investigations in the physics classroom. *The Physics Teacher*, 52(2), 91-93.
- Wilcoxon, F. 1945. Individual comparisons by ranking methods. *Biom Bull* 1: 80-83 .
- Willems, R. M., & Francken, J. C. 2012. Embodied cognition: taking the next step. *Frontiers in Psychology*, 3(582).
- Wilson, K. & Korn, J. H. 2007. Attention during lectures: Beyond ten minutes. *Teaching of Psychology* 34 (2), 85-89.
- Winkielman, P., Knutson, B., Paulus, M. & Trujillo, J. L. 2007. Affective influence on judgments and decisions: Moving towards core mechanisms. *Review of General Psychology* 11 (2), 179-192.
- Winn, W. 2003. Learning in artificial environments: Embodiment, embeddedness and dynamic adaptation. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 1(1), 87-114.
- Wolfe, P. 1998. Revisiting effective teaching. *Educational Leadership* 56 (3), 61-64.
- Wong, L. 2012. A learner-centric view of mobile seamless learning. *British Journal of Educational Technology* 43 (1), E19-E23.

- Wood, B., Rea, M. S., Plitnick, B., & Figueiro, M. G. 2013. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Applied ergonomics*, 44(2), 237-240.
- Zahoor-ul-Haq, Khan, A. & Tabassum, R. 2015. Effect of ABL method on student's performance in listening skill at grade-VI. *The Journal of Humanities and Social Sciences; Peshawar*. 23 (3), 95–108.
- Zimmermann, B. J., Bonner, S. & Kovach, R. 2008. *Developing self-regulated learners: Beyond achievement to self-efficacy*. Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Zimmerman, S., & Howard, B. 2013. Implementing iPads into K-12 classrooms: A Case study. In R. McBride & M. Searson (eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2013*(pp. 2512–2516). Chesapeake, VA: AACE
- Zull, J. E. 2002. *The art of changing the brain: Enriching teaching by exploring the biology of learning*. Stylus Publishing, LLC.
- Äyrämö, S. 2006. *Knowledge mining using robust clustering*. University of Jyväskylä.



ORIGINAL PAPERS

I

LEARNING PHYSICS OUTSIDE THE CLASSROOM BY COMBINATING USE OF TABLETS AND BODILY ACTIVITY

by

Hannu Moilanen, Sami Äyrämö & Marja Kankaanranta, 2018

*Proceedings of EdMedia + Innovate Learning Conference, Association for the
Advancement of Computing in Education, 2018.*

Reproduced with kind permission by AACE.

Learning physics outside the classroom by combining use of tablets and bodily activity

Abstract: Students' physical inactivity during school day, decreased motivation and interest in studying natural sciences are alarming trends in Finland. The purpose of this pilot study is to develop such new methods for learning and teaching physics at upper secondary education that combine the use of ICT and bodily methods in authentic learning environments. We aim to explore how students perceive these new methods of learning physics and how the methods influence learning results. The study also has a methodological development task with the aim of identifying different pupil profiles through the use of unsupervised machine learning in order to obtain new information about students' learning experiences on the course. We use cluster analysis in order to discover new information from the inquiries that were held after the courses. According to the results most of the students found the new methods of the courses more meaningful than the traditional classroom experiments of previous physics courses. The majority (63 %) of the students reported that use of iPads in the course promoted learning. However, the measured learning results did not differ from the control groups. We found three distinct groups of students based on their answers to the inquiry. We suggest that unsupervised machine learning can be a helpful tool for teachers to detect students' preferred learning styles and different types of personalities in the classroom.

Introduction

The digitalisation of society has made tablets and smartphones part of the school day and new learning environments. Many schools today use 1:1 tablet-technology in classrooms which makes one-to-one computing a learning tool of great potential facilitating more innovative educational methods in classrooms and outside of the classroom. The large size and restricted mobility of traditional computer-assisted measuring systems has been a considerable challenge in science education. The use of wireless mobile devices and data collection systems, on the contrary, make it possible to take instruction outside the classrooms where learning occurs naturally (Huan, Lin, & Cheng 2010). This can increase pupils' physical activity and improve individual learning. Mobile devices enable learning, in which pupils can always carry the learning materials, the data and the tools with them. This can enable learning to continue also after class instruction is over (Huan, Lin, & Cheng 2010). All the measured data and course materials can be transferred into an electronic format and shared easily (Hesser&Schwartz 2012).

Use of mobile devices supports traditional lecture-style teaching, but it can also promote more innovative teaching methods such as collaborative learning (Lan, Sung, & Chang 2007), problem based learning and project learning outside the classroom (Liu, Lin, Tsai, & Paas 2012), and game based learning (Klopfer, Sheldon, Perry, & Chen 2012). In classroom instruction, it is typically the teacher who chooses how, where and when the class studies. According to Berge and Muilenburg (2013), mobile learning can create a learning process in which pupils are active agents who collect and apply data. The use of mobile devices allow student-centered learning activities and has resulted in better engagement in learning (Diemer, Fernandez, & Streepey 2013). This can enhance the learning process and have a positive effect on learning outcomes (Haßler, Major, & Hennessy 2016). Mobile learning also offers students new ways in learning the content of a subject and 21st century skills (e.g., creativity, collaboration, and digital literacy) which have been found important in contemporary societies (Griffin et al. 2012).

Mobile devices have become useful tools for promoting teaching and learning. However, the development of ICT has also had the effect that pupils are physically less active and spend more time in front of the screen. Recent extensive surveys have demonstrated that physical activity has significantly decreased in Finnish society (Husu et al. 2016; THL 2017). Several studies have proposed that technology use, particularly before bedtime, affect negatively the quantity and quality of our sleep (Rosen et al. 2016). Grover et. al (2016) has indicated that high school students who reported longer duration of messaging after lights out most likely have a shorter sleep duration, higher rate of daytime sleepiness, and worse academic performance. Short-wavelength light (blue light) is emitted from mobile devices, which has been shown to

delay melatonin release in both adults and adolescents and to disturb sleep (Wood et al. 2013). Also Finnish students report that they sleep less and feel more tired than before (THL 2017), which is concerning because sleep is one of the key elements affecting attention and learning (Curcio et al. 2006).

There are also challenges in the use of mobile devices in the classroom. Many teachers have concerns about the constant use of mobile devices and its effects on students' attention and capability to focus on learning (Rideout 2012). Several studies have found link between the growing use of mobile devices and the distraction they may cause in the learning process. According to McCoy (2016) an average American college student spends 21 % of class time using a digital device for non-class purposes. It is also indicated, that the use of mobile devices in the classroom has a negative impact on learning and productivity, which might be due to distraction and attention span (Beland & Murphy 2016). Lee et. al (2014) argue that students might become stressed because of a relentless need to immediately review and respond to incoming messages, alerts or bings (Lee et al. 2014). In Finnish upper secondary school students are allowed to use tablets and laptops all day during the classes.

The aim of this study is to analyse Finnish upper secondary school students' perceptions of the use of mobile devices in physics teaching. The study aims at developing new pedagogical methods that combine the use of ICT and bodily methods in authentic learning environments. The study strives for developing such teaching and learning methods that could respond to various challenges present in young peoples' daily lives. First, recent research has highlighted concerns about the physically inactive lifestyle of Finnish school-aged adolescents (Husu et.al 2016; THL 2017). Second, according to the latest Programme for International Student Assessment PISA 2015, Finnish pupils' attitudes towards school have become more negative, and many of them experience a lack of school motivation (OECD 2017). According to recent Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study only 13% of 15-year-old females and 9% of males in Finland like school a lot (Inchley et al. 2016). The amount of pupils who like going to school has decreased by 3.6 percent from 2015 to 2017 (THL 2017), and a larger part of them currently have difficulties in following instruction (THL 2017). Even though Finnish students continue to perform well in PISA tests, their school enjoyment is low compared to several other countries (OECD 2017).

Third, especially Finnish boys' decreased performance in science in the PISA 2015 evaluations (OECD 2017) raises the question of whether the prevailing teaching methods are suitable for stimulating, in particular, boys' motivation and interest in studying natural sciences. Prevailing teaching methods tend to place pupils as sedentary and passive recipients of instruction. Such a role does not necessarily promote pupils' interest in the subject or help them acquire the knowledge and skills that are seen as essential already in contemporary and especially in the future world of work. Some examples of such 21st century skills are creativity, empathy, teamwork and ICT skills (e.g. Griffin et al. 2012).

Mobile devices in upper secondary school science education

In recent years there has been growing research interest towards the use of mobile devices, especially tablets in upper secondary school science education. The studies have concerned e.g. the visualization of physics phenomena, simulation, tablet drawings, and the diverse general advantages tablet use can have in student learning. According to a recent systematic literature review about use of iPads in higher education by Nguyen et. al (2015) there is a need for developing and studying innovative pedagogical designs of curricula using tablets, especially outside the classroom environment (Nguyen, Barton & Nguyen, 2015).

Kelly & Jones (2008) found out that the visualization and animation of chemical reactions aids students in better understand the reactions described on a symbolic level. According to Tasker & Dalton (2006) through simulating reactions at the micro level it is possible to build links between the macro-level phenomena observed in the experimental work and the symbolic reaction equations recorded in the notes during the lesson.

Tablets and its various applications can be used to visualize and simulate abstract micro-level phenomena in science and to increase the understanding of such phenomena. For example Newman et al. (2017) experimented with the use of iPads and used iCircuit, an application in learning and simulating DC (direct current) circuits. The majority of the students reported that iCircuit app enhanced their learning and the test results showed the progression in their learning. On the other hand, Lee (2015) emphasizes that in order to make the simulation a more effective learning tool it is important to use inquiry-based learning activities in iPad-based computer simulations.

Many studies have reported on the benefits of cooperative learning in science education compared to traditional instruction (e.g. Acar & Tarhan 2008). Ipads can be used to enhance cooperation in science learning (Ventel, Newman, Botes, & Goldberg, 2016; Lehtinen & Viiri 2014). Ventel et al. (2016) reported

that iPads and their applications enhanced first-year physics students' learning experience and strongly contributed to discussion within the group (Ventel et al. 2016). Lehtinen and Viiri (2014) studied the use of tablets as tools for learner-generated drawings in the context of teaching kinetic theory of gases among Finnish upper secondary school. They suggest that compared to traditional pen and paper drawing methods, tablets offer benefits, which can enhance learning by, for example, recording the whole drawing process and the collaborative group discussion associated with the drawing.

Numerous studies describe the use of motion analysis from the video in teaching physics. The results indicate that video-based motion analysis can increase students' motivation to engage in learning by bridging the gap between the real and the abstract and allowing theory-experiment interplay with real world experiments (Gröber et al. 2014; Ramos et al. 2014; Lohr 2015), enhance measurement accuracy, mobility and consistency (Ramos et al. 2014) and also support pupils' understanding of scientific concepts (Gröber et al. 2014; Bonato et al. 2017; Ferrer-Roca 2017; Lohr 2015).

Benefits of physical activity in learning

A clear connection has been observed between the use of our body and cognitive brain function (Donnelly et al. 2016). Increased physical activity improves pupils' learning outcomes (Watson et al. 2017), and it is also seen as promoting attention (Hillman, Pontifex, Raine, Castelli, Hall, & Kramer 2009; Ma), working memory (Mehta, Shortz, & Benden 2015), creativity (Oppezzo, M, & Schwartz 2014) and it has positive effects on brain structure, which contribute to learning (Chaddock-Heyman et al. 2014). To some extent, the effects of physical activity on self-esteem, school enjoyment and social interaction may also explain its positive impact on learning (Kantomaa et al. 2013).

Recent research supports the idea that bodily activity has the potential for enhancing experiential learning in science education (Kontra et al. 2015). When both the sensorimotor system and body movements (i.e. embodied learning) are involved in the learning process the inputs can create more stable memory traces and cognitive representations (Abrahamson et al. 2012). Hayes and Kraemer (2017) suggest that embodied exercises improve science learning by situating abstract concepts in a concrete context and by enriching multimodal distributed neural representations students have a better chance at succeeding in the sciences.

Research design and methods

Research Questions

The aim of this study is to develop new methods for learning and teaching physics at upper secondary education. The methods under development combine the use of technology, studying outside the classroom and bodily learning. The main aim is explored through the following three research questions. The first two questions concern teaching and learning methods to be developed in the study, firstly how students perceive new methods of learning physics and secondly, how new methods of learning physics influence learning outcomes. Thirdly, the study has a methodological objective for developing data-analysis for student grouping based on students' answers. In the analysis method unsupervised machine learning is utilised.

Description of physics teaching experiments

This study was implemented as a case-study. The physics teaching experiment was implemented in three physics advanced syllabus mechanics courses (once in the Fy4 Laws of the motion course and twice in the Fy5 Rotation and Gravitation course) at the general upper secondary school level at one Finnish University Teaching training school. The courses were held by the same teacher-researcher. Physical phenomena (velocity, acceleration, force, Newton's laws, friction, capacity, work, energy, quantity of motion, impulse, rotation laws, balance, moment, gravity, and trajectory, etc.) were studied at the course by using students' own bodies as the objects to be investigated and moved. All the course assignment were re-designed for these courses. The course assignments that are traditionally completed in the classroom and follow the instructions from Lehto et al. (2010) course books (Lehto et al. 2010) were now completed outside the classroom, namely in the school's gymnastics hall or in neighbouring parks. The measuring data were collected from the movement of students' bodies and analysed with iPads and compatible applications and sensors. In this study we used Vernier Video Physics app to capture video clips of the motion of students' bodies and Vernier Graphical analysis app for detailed analysis from the measured data. We also used Pasco

SparkVue app to measure acceleration of students' motion. There were altogether 20 course assignments in Fy4 and Fy5 courses. Table 1 presents four examples of the assignments.

| |
|---|
| <p>1. Normal acceleration in circular motion</p> <p>Pupils make an approximately 100-meter long circular track on the schoolyard gravel pitch, and its radius is measured with a measuring reel. Pupils try to go around the track at as even speeds as possible (running, by bike or moped). Speed is controlled with the smartphone Sport Tracker application or with the free Speedmeter application on iPads, which measures speed using GPS. Pupils use the data to calculate their own normal acceleration and reflect on the forces that affect them on the track. The test can be repeated by measuring acceleration, instead of track speed, with iPad sensors.</p> |
| <p>2. Defining the moment of inertia</p> <p>Pupils log-roll down the slanted surface prepared using a mattress in the gym. They measure the length and height of the surface and the time of rolling. Based on the measurements, the final speed at the lower end of the surface is determined. For comparison, final speed is also established based on the video filmed with an iPad, using the Vernier Video Physics application. Based on the final speed, the moment of inertia for a rolling pupil can be deduced from the formulas of the law of conservation of energy.</p> |
| <p>3. The principle of conservation of angular momentum in a roundabout</p> <p>The class goes to a roundabout in a neighbouring playground. Two pupils first go to the outer perimeter of the roundabout at distance r_1. The roundabout is spun up and the rotation speed n_1 is measured. The pupils draw themselves closer to distance r_2 and measure the changed rotation speed n_2. The test is filmed on iPads, and at least one of the two pupils spinning on the roundabout holds an iPad as an acceleration sensor. The results, as well as the question of whether the principle of conservation of angular momentum is implemented, are analysed. If the test results do not correspond to the theory, the reasons are reflected upon.</p> |
| <p>4. Trajectory</p> <p>Pupils jump from a trampoline to the foam pit in the gym. The trajectories are videoed with iPads and charts are plotted using the Vernier Video Physics application. The range, initial speed, final speed, angle of departure, and duration of flight are defined from the charts. In class, pupils calculate the theoretical range based on the known initial speed and evaluate whether practice corresponds to theory. An additional exercise is to measure accelerations during the act, in other words, the jumper holds an iPad. How does acceleration change during performance?</p> |

Table 1. Four examples of the course assignments

Data collection and analysis

The research data was collected in three physics advanced syllabus mechanics courses (Fy4 and Fy5) at one Finnish University Teaching training school. Randomly selected students that participated in the study had no experience in experimenting with new assignments that combine the use of tablets and bodily activity. In the three courses there were altogether 62 students. The first teaching experiment (23 students) was implemented in autumn 2013 in the second-year Fy5 Rotation and Gravitation course. The second data set was collected in autumn 2014, in the Fy4 (22 students) Laws of the motion course. The third teaching experiment was implemented in autumn 2015 in the Fy5 Rotation and Gravitation course (17 students) and the same methods as in autumn 2013 were used. In the last meeting of all the courses, a final inquiry that included both multiple-choice questions and open-ended questions was conducted using an electronic questionnaire created on the Google Drive cloud service.

The survey consisted of 13 questions of which 4 were on a five-point Likert scale (5 for strongly agree, 4 for agree, 3 for neutral, 2 for disagree, 1 for strongly disagree). Seven of the questions were qualitative open-ended questions that were coded for different sub-categories for statistical analysis and cluster analysis.

| Research question | Question in survey/Format of the question |
|--|--|
| <p>1. How did students experience the use of iPads and bodily methods on the course?</p> | <p>Q1. What was the course like in relation to previous physics courses? Open-ended question. Coding (1 = more interesting than previous, 2 = similar / neutral answer, 3 = more difficult, 4 = liked more previous courses, 5 = empty.</p> <p>Q2. What was the role of IT / Ipads in the course? How do you evaluate the use of IT / Ipads? Open-ended question. Coding 1 = positive answer, 2 = neutral, 3 = negative with IT, 4 = empty answer.</p> <p>Q3. Almost all of the course assignments were done outside the classroom. What do you think of these assignments compared to the traditional classroom assignments? Open-ended question. Coding 1 = more meaningful/positive, 2 = neutral, 3 = more negative.</p> <p>Q4. The use of iPads and different applications drew too much attention away from the physics phenomena under observation. Likert-scale.</p> <p>Q5. What did you think of the small inquiries carried out by Socrative? 3. They helped me a lot in the perception of my own competence", "2. They helped me a little to figure out my own skills" "1. They were not useful to me".</p> <p>Q6. Vernier's video analysis with video physics helped me in the learning of physics phenomena. Likert-scale</p> <p>Q7. Ipads have been useful to me in my studies so far. Likert-scale.</p> <p>Q8. The use of iPads in the course promoted learning. Likert-scale.</p> <p>Q9. The use of iPads on the course brought added value to teaching. Likert-scale.</p> |
| <p>2. Are there any differences in learning results compared to control groups who made traditional course assignments in the classroom?</p> | |
| <p>3. What new information unsupervised machine learning could offer about the group on the basis of the given answers?</p> | <p>What added value did the use of iPads bring to the course? Open-ended question</p> <p>Which things / tasks / assignments were the most useful or most effective for your own learning? Open-ended question</p> <p>In the course, did get a so-called "flow phenomenon", or immersion into a task or doing? If so, in what kind of situations.? What was being done? What was your role in doing? Open-ended question</p> |

Table 2. Main research questions and questions in survey

In order to evaluate how the new assignments influenced the learning outcomes, we compared learning results by 5 control groups, who attended the same Fy4 (3 groups, N=63) and Fy5-courses (2 groups, N=54) during 2012-2015. The teacher, learning methods and materials were the same with control groups. Control groups also used iPads and the same apps (pHet-simulations, Socrative-quizzes) in learning physics on course and did the same final tests. The only difference was that the control group did traditional course assignments in the classroom from the textbook of the course (Lehto et. al 2010) and did not use the students' own bodies as measured objects and iPads as measurement tool.

The statistical hypothesis tests were used to compare whether the grades differed between the Control and Intervention groups (Fy4 Int1 vs Fy4 1 Cont1 and Fy5 In2 vs Fy5 Cont2). Normality of the data was tested with Lilliefors test at a 5% significance level. Since none of the distributions were normally distributed the equality of the sample medians between Control and Intervention groups were tested with Wilcoxon rank sum test. The difference between the groups was considered statistically significant when $p \leq 0.05$ (Figure 2).

Cluster analysis is an unsupervised machine learning method (Hastie et al. 2001). In this study the pupils were divided into groups using K-spatialmedians algorithm, which is not dependent on the normality assumptions (Äyrämö 2006). The algorithm seeks for a clustering solution in which the pupils assigned into same cluster have more similar answer profiles with each other than with the ones assigned to other clusters. Each cluster is represented by a prototype, a spatial median, which is a robust multivariate estimate of the location (Huber 1981). The cluster prototypes identified with the method represent typical behavior in each group.

Before running the clustering algorithm, the input variables were preprocessed by linearly transforming dichotomous 0/1 variables to the range $[1/4, 3/4]$ and Likert scale 1–5 variables to the range $[1/10, 9/10]$. The number of clusters, $K = 3$, could be determined by validation indices, but in this study, the number of clusters were determined by visual interpretation. Preprocessing of missing data (1.45% of data values) was not needed since the chosen implementation of K-spatialmedians follows the available case strategy, that is, all the available data is utilized for computation, for dealing with missing values (Little and Rubin 1981). The obtained clustering model was interpreted through bar chart figures in which cluster-wise profiles as well as the profile (the spatial median) for which the full data are presented (Figure 2, Figure 4, Figure 5, Figure 6).

All the hypothesis tests were performed using standard MATLAB toolbox functions (MATLAB R2015b, The Mathworks Inc.). The cluster analysis was accomplished using custom-made MATLAB algorithms that are described with more details in Äyrämö (2006).

Results

Students' perceptions of physics education experiment

Students evaluated the physics course in regard to their perceptions of the diverse methods utilised in the course, namely in regards to their experiences related to the use of iPads and bodily methods in physics education. Figure 1 shows the percentages of students' positive answers to the questions 1-9 in survey (Table 2). For Likert-scale questions this means the percentage of the students who answered 4 (agree) or 5 (strongly agree) to the questions Q6, Q7, Q8 and in question Q4 and answers 1 (strongly disagree) or 2 (disagree). In question Q5 positive answers are 3 (They helped me a lot in the perception of my own competence) and 2 (They helped me a little to figure out my own skills). In open-ended questions Q1, Q2, and Q3 students' answers were coded and percentages of code 1 (positive answer) are shown in figure 1.

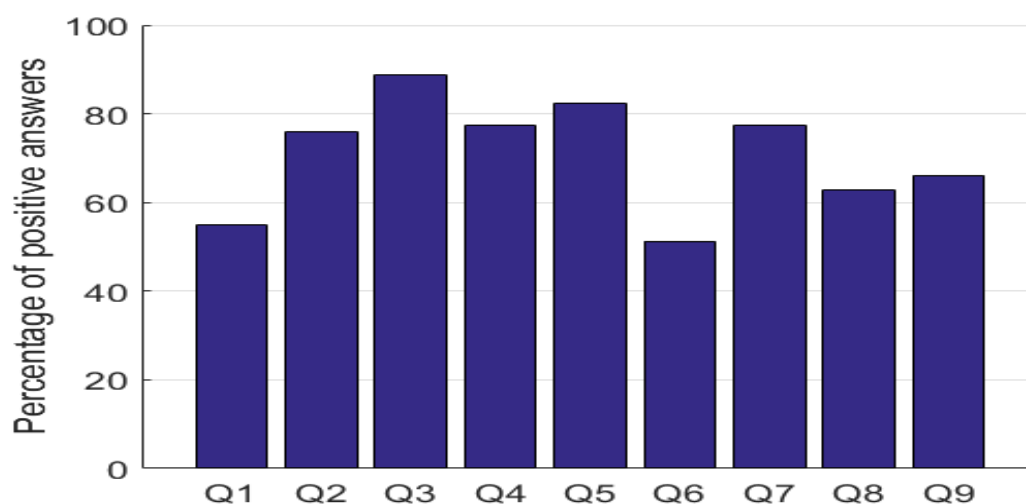


Figure 1. Percentages of the students positive answers to the questions 1-9.

Use of iPads in Physics education. In general, almost 80 % of the students perceived the use of iPads positively (Figure 1). About the same amount of the students argued that an iPad as a learning tool does not distract them too much from the physics phenomena being studied. Over 60 % of students also regarded that iPads had brought added value to teaching (66 % of students) and enhanced learning on the physics course (63 %). Moreover, 55 % of the students found the course more interesting compared to previous physics courses where they made more traditional classroom experiments. Vernier's video analysis with video physics applications helped 51 % of the students in the learning of physics phenomena.

Almost all students (89 %) found the experiments completed outside of the classroom assignments more meaningful than conventional classroom work. Several students perceived the new type of assignments as more interesting and illustrative as they were more practically oriented. The assignments were considered to increase alertness because they were 'more interesting definitely, and the light physical exercise maintained alertness'.

Students evaluated bodily learning positively. They argued that bodily learning and their own experimenting increases their understanding of the phenomena to be studied. It was interesting that no one mentioned the iPad in their answers. Instead, it was bodily learning as a pedagogical method and the transfer of the learning environment outside of the classroom that were said to increase the meaningfulness of the assignments.

Effects on physics learning

One of the three research questions is to explore are there any differences in learning results compared to control groups who made traditional course assignments in the classroom. Results are shown in Figure 1 below. *Cont1* (N=63) signifies students results in the final exam (scale from 4 to 10), who attended in FY4 courses with traditional course assignments. *Int1* (N=28) means test results of intervention group in course Fy4. *Cont2=Control group2* (N=52) and *Int2=Intervention group 2* (N=47) are the final test results from Fy 5 course. No statistically significant differences were observed in learning results between control and intervention groups in both courses, so new methods had no effect on learning results measured with final exam.

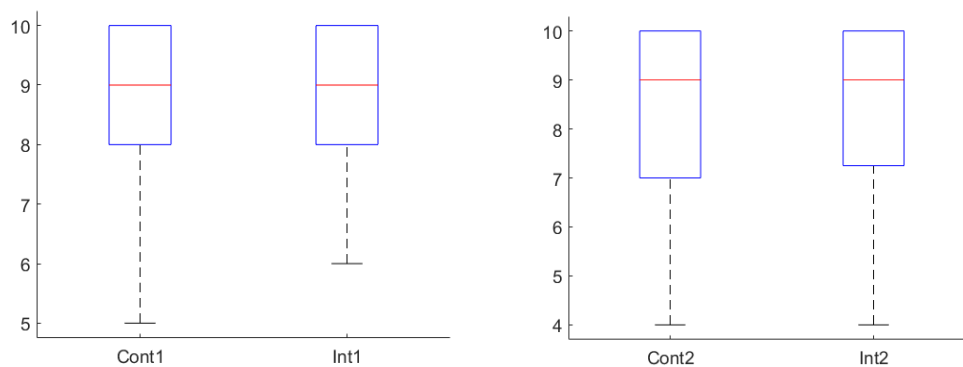


Figure 2. Final exam grades of the control groups and intervention groups. In both comparisons difference between control and intervention groups are non-significant.

Methodological development for data-based student grouping

The study also had a methodological development task with the aim of identifying different pupil profiles. Compared with the entire sample, the cluster can be regarded as a small, atypical observation group, whose answers demonstrate an emphasis on options associated with uncertainty. The cluster algorithm models were interpreted qualitatively by paying attention to those variables in which, in an answer typical of the cluster, we noticed a trend that differed from a typical answer in the entire data. In cluster analysis, we observed three groups that can be distinguished based on their response profiles. The groups can be characterized as motivated, anti-technological, and no-motivated .

Cluster 2 (N = 43) “motivated-group” constituted the largest group. These students have the most positive attitude towards a new experimental method as their answers to the Likert scale questions were higher than typical of the entire data. The students in this cluster mentioned experimental working outside of the classroom as the most useful or most effective for learning. In their view, iPads increased motivation, because the assignments were more multifaceted and easier to complete. Students also enjoyed the variation and new dimensions the use of technology brought to studies.

In summary, in this cluster, the added value brought by iPads to teaching was associated with interest, stimuli or diversity. This cluster includes also significantly less empty answers compared to other two clusters.

Cluster 1 (n = 11) “anti-technological” students is the second largest of the groups. Its answers to the Likert scale questions mainly follow the profile typical of largest Cluster 2 and the entire data, but the scores given by the pupils are overall slightly lower (Figure 3). The students have a somehow more negative attitude towards the use of iPads in science learning than students in the entire data. These students like traditional teacher-centered learning methods that include calculating examples together with the teacher and experienced so-called “flow-phenomena” when they were calculating or solving problems alone and when they succeed in solving them. When students were asked what added value did the use of iPads bring to the course, over 90 per cent of students in this cluster answered ‘Nothing’.

Cluster 3 (N = 8) “no-motivated” students most distinctly differed from the other groups in its Likert scale questions. In seven out of nine questions, the answers in this cluster were clearly different from the profile of the other two groups (Figure 2). Students’ responses were more negative (i.e. level 2-3, on the Likert scale ‘disagree’), while the answers to these questions in the other groups were at levels 3-4.5/5. Compared with the entire sample, pupils in this cluster more often answered ‘I cannot say’, and they had more empty answers than other clusters. Compared with the entire sample, the cluster can be regarded as a small, atypical observation group, whose answers demonstrate an emphasis on options associated with negativity and uncertainty.

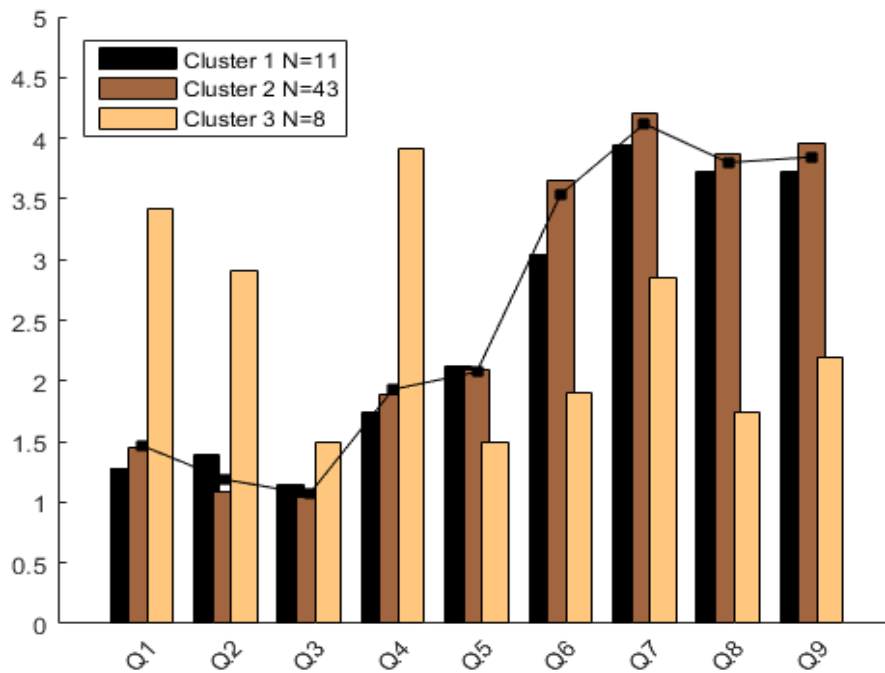


Figure 3. Answer profiles to the Likert-scale questions. Each cluster is represented by its spatial median. The line with square markers represents the spatial median for all the pupils.”

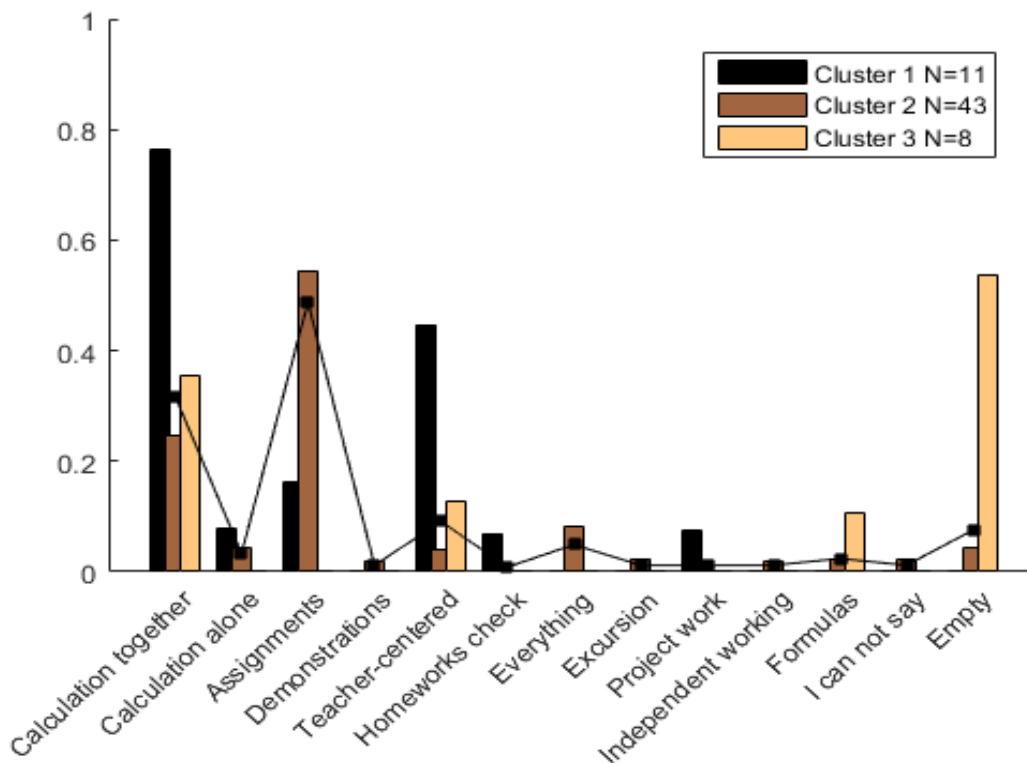


Figure 4. Answer profiles to the question: “Which things / tasks / assignments were the most useful or most effective for your own learning?”

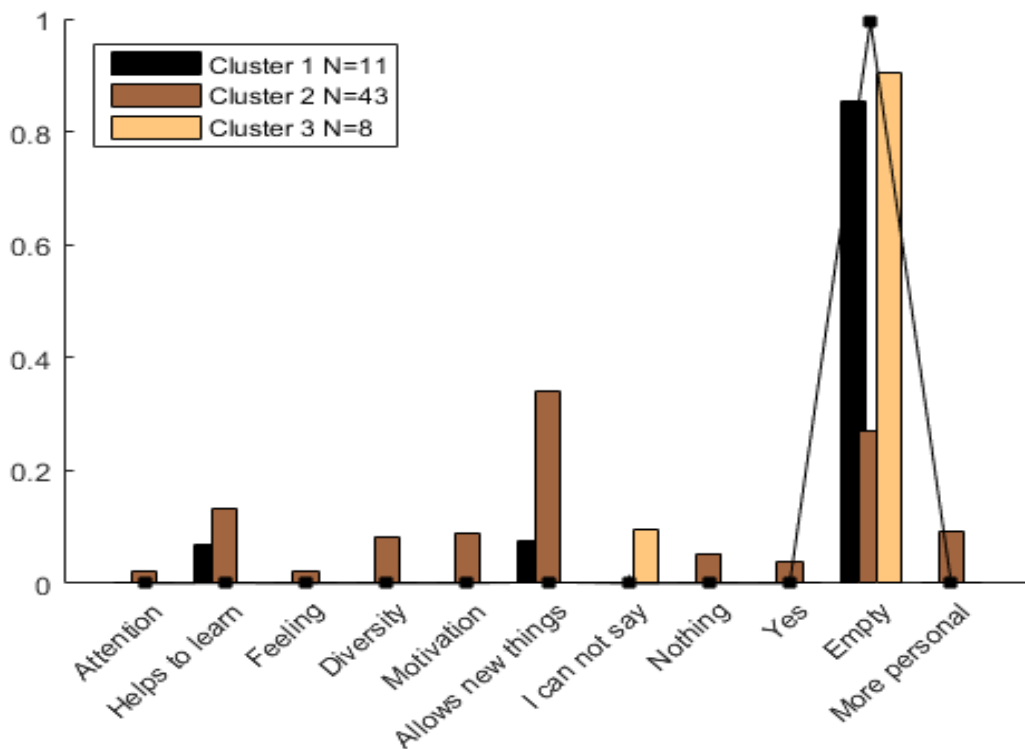


Figure 5. Answer profiles to the question: "What added value did the use of Ipads bring to the course?"

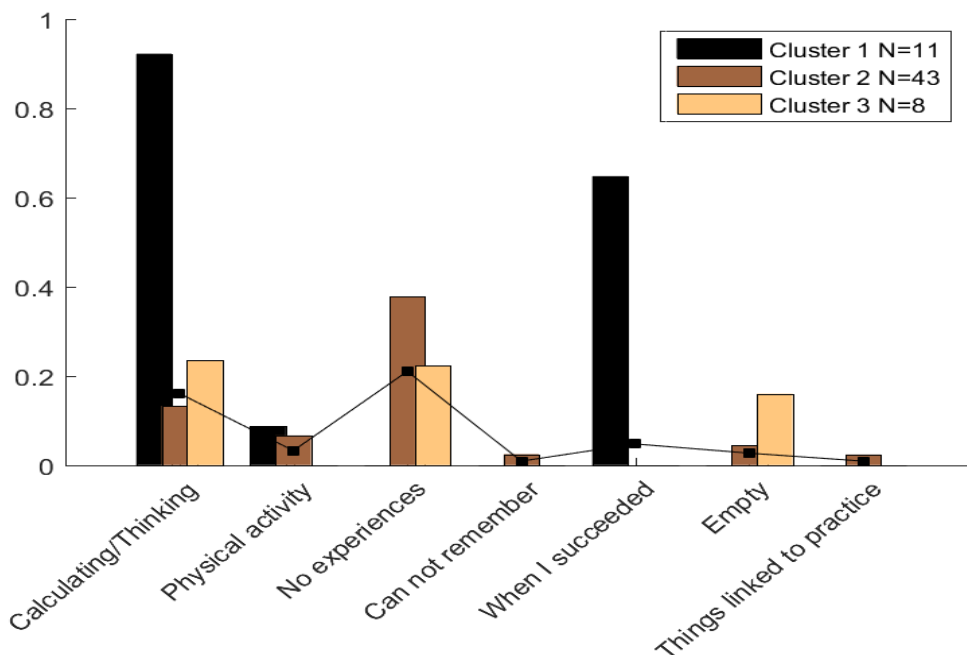


Figure 6. Answer profiles to the question: "Did you get on a course so-called flow phenomenon, or immersion into a task or doing? If so, what kind of situations? What was that done? What was your role in doing?"

Discussion and conclusion

The aim of the pilot study was to explore students' perceptions of learning physics outside the classroom by combining the use of tablets and bodily activity and how these new assignments affected learning physics. As the study was restricted to one school as a case-study of three courses, the results can be generalised only after further studies in other environments. In this study the focus was on developing new methods

and to gain an understanding of especially students' perceptions on their use. The findings also provide measured data that can be utilised in developing teaching practices in compliance with the new national core curriculum in Finnish schools.

The results show that students had a positive experience of using iPads in science learning. It seems that iPads served in the study as a useful tool to open up new opportunities in pedagogy and teaching. They enabled collaborative learning in an authentic learning environment, which can produce higher learning outcomes, improved motivation, and better social skills than traditional didactics (Johnson & Johnson, 1999; Smeds et al. 2015). Motivation and students engagement are generally associated with improved learning (Carini, Kuh & Klein 2006; Deci & Ryan 2000) Most students (63%) self-reported that iPads enhanced their learning on the physics course.

However, measured learning results did not differ from that of the control group's. It is noteworthy that the final exam the test tested mostly traditional solving skills of calculation tasks, not particularly the learning of 21st century like problem-solving, creativity, innovation, communication, collaboration and ICT skills (Griffin et al. 2012). On the other hand this can be considered as a natural consequence because the intervention groups used less time on training traditional calculating skills on the course compared to control groups because the implementation of the new assignments took more time. In a further study, learning outcomes should be evaluated more widely with new assessment tools that take into account the development of students 21st century skills (Griffin et al. 2012).

Learning is fundamentally a emotional process (positive or negative) driven by the limbic system (Fabritius 2017). A positive feeling strengthens the learning experience and enhances learning (D'Argenbaum et al. 2002; Lyubomirsky, King & Diener 2005). Learning is most efficient when it occurs through versatile styles and stimulus (Kuzcala 2013). In Finland, particularly in general upper secondary education, learning is regrettably often regarded as merely a cognitive and social event, and the body is either taken for granted or considered to play no role in learning. The connection between mental and bodily functions is not exploited in teaching even though several recent studies indicate that the use of our body is clearly connected to the cognitive function of our brain, our emotional life, and mental as well as physical wellbeing (Anttila 2013). The students' answers show that by combining the use of tablets, bodily activity and outdoor learning it is possible to affect students' motivation and physical inactivity during the school day and to produce new more meaningful learning experiences in physics.

Breaking the routines regarding teaching methods, learning environments or tools increases pupils' attention and contributes to a memorable learning experience (Moilanen & Salakka 2016; Smeds et al. 2015). New course assignments featured various elements that differed from the elements of regular physics classes, for instance, the bodily approach, a learning environment outside of the classroom and new iPad applications. When combined with other multifaceted pedagogical methods, sessions based on tablet use can offer pupils routine-breaking, meaningful learning experiences in the midst of lessons. From the perspective of future research, it is intriguing to reflect on the role of tablets in creating learning experiences that pupils find positive. What is it that actually produces the meaningful learning experiences – is it the change of the learning environment from a classroom to an atypical environment, or does the routine-breaking, bodily approach in the context of physics instruction have an impact on the experience? Would the survey results have been similar if we had used bodily learning in diverse physics learning environments without the tablets?

The study also had a methodological development task with the aim of identifying different student profiles. We found three distinct groups of students: motivated learners with a positive attitude towards the assignment and iPads (n = 43), students who disliked the use of technology and preferred traditional calculating (n = 11), and those with the most negative attitude towards assignments and technology and who left mostly empty answers (n = 8). Unsupervised machine learning can provide a new means of enhancing and individualizing teaching by perceiving and grouping different types of personalities in a school class. That would give a teacher important information about the group and help the teacher to adjust his/her teaching methods according to the group needs to enhance motivation and learning.

References

Abrahamson, D., & Lindgren, R. (2014). Embodiment and embodied design. *The Cambridge handbook of the learning sciences*, 2, 358-376.

Acar, B., and L. Tarhan. 2008. Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. *Research in Science Education* vol. 38, no. 4, pp. 401–420.

Anttila, E. 2013. Koko koulu tanssii! Kehollisen oppimisen mahdollisuuksia koulu yhteisössä. *Possibilities of bodily learning in schools (In Finnish) Acta Scenica 37*. Helsinki: Teatterikorkeakoulu, esittävien taiteiden tutkimuskeskus.

Beeland Jr, W. D. (2002). Student engagement, visual learning and technology: can interactive whiteboards help?.

Beland, L. P., & Murphy, R. (2015). Technology, distraction & student performance. *London. Retrieved May, 18, 2015*.

Berge, Z. L., & Muilenburg, L. (Eds.). (2013). *Handbook of mobile learning*. Routledge.

Bonato, J., Gratton, L. M., Onorato, P., & Oss, S. (2017). Using high speed smartphone cameras and video analysis techniques to teach mechanical wave physics. *Physics Education, 52(4)*, 045017.

Carini, R. M., Kuh, G. D., & Klein, S. P. (2006). Student engagement and student learning: Testing the linkages. *Research in higher education, 47(1)*, 1-32.

Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Holtrop, J. L., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., ... & Kramer, A. F. (2014). Aerobic fitness is associated with greater white matter integrity in children. *Frontiers in human neuroscience, 8*.

Ciampa, K. (2014). Learning in a mobile age: an investigation of student motivation. *Journal of Computer Assisted Learning, 30(1)*, 82-96.

Curcio, G., Ferrara, M., & De Gennaro, L. (2006). Sleep loss, learning capacity and academic performance. *Sleep medicine reviews, 10(5)*, 323-337.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. 2000. The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry 11 (4)*, 227–268.

Fabritius, F. (2017). *The leading brain: powerful science-based strategies for achieving peak performance*. New York: TarcherPerigee

Ferrer-Roca, C. (2017). Understanding ‘human’ waves: exploiting the physics in a viral video. *Physics Education, 53(1)*, 015017.

Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2001). *The elements of statistical learning* (Vol. 1, pp. 337-387). New York: Springer series in statistics.

D’Argenbaum, A., Comblain, C. & van der Linden, M. (2002). Phenomenal characteristics of autobiographical memories for positive, negative, and neutral events. *Applied Cognitive Psychology, 17(3)*, 281–294.

Diemer, T. T., Fernandez, E., & Streepey, J. W. (2013). Student perceptions of classroom engagement and learning using iPads. *Journal of Teaching and Learning with Technology, 1(2)*, 13-25.

Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., ... & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and science in sports and exercise, 48(6)*, 1197.

Figueiro, M. G., Wood, B., Plitnick, B., & Rea, M. S. (2011). The impact of light from computer monitors on the melatonin levels in college students. *Biog Amines, 25*, 106-116.

Griffin, P. McGaw, B., & Care, E. (eds.) 2012. *Assessment and teaching of 21st century skills*. Springer Science+Business Media B.V 106-111

Grover, K., Pecor, K., Malkowski, M., Kang, L., Machado, S., Lulla, R., ... & Ming, X. (2016). Effects of instant messaging on school performance in adolescents. *Journal of child neurology*, 31(7), 850-857.

Gröber, S., Klein, P., & Kuhn, J. (2014). Video-based problems in introductory mechanics physics courses. *European Journal of Physics*, 35(5), 055019.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). *Learning together and alone: Cooperative, competitive and individualistic learning* (5th ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.

Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2016). Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(2), 139-156.

Hayes, J. C., & Kraemer, D. J. M. (2017). Grounded understanding of abstract concepts: The case of STEM learning. *Cognitive Research*, 2(1), 7.

Hesser, T., & Schwartz P. (2013). iPads in the Science Laboratory: Experience in Designing and Implementing a Paperless Chemistry Laboratory Course, *Journal of STEM Education*, Volume 14, No. 2,

Hillman, Charles H., et al. "The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children." *Neuroscience* 159.3 (2009): 1044-1054.

Huber, P. J., & Ronchetti, E. M. (1981). *Robust Statistics*, ser. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. New York, NY, USA: Wiley-IEEE, 52, 54.

Husu, P., Jussila, A. M., Tokola, K., Vähä-Ypyä, H., & Vasankari, T. (2016). Objektiivisesti mitattu paikallaanolo ja liikkuminen. [Objectively measured physical activity of School-aged children in finland] (In Finnish). In S. Kokko & A. Mehtälä (eds.) *Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia*, 16-22.

Inchley, J., Currie, D., Young, T., Samdal, O., Torsheim, T., Augustson, L., Mathison, F., Aleman-Diaz, A., Molcho, M., Weber, M. & Barnekow, V. (Eds) 2016. Growing up unequal: gender and socioeconomic differences in young people's health and wellbeing. Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study: international report from the 2013/2014 survey. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

Kantomaa, M., Syväoja, H. & Tammelin, T. (2013). Liikunta – hyödyntämätön voimavara oppimisessa ja opettamisessa? [Sport-an untapped resource in learning and teching] (In Finnish, abstract in English). *Liikunta & Tiede*, 50 (4), 12–16.

Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2008). Investigating students' ability to transfer ideas learned from molecular animations of the dissolution process. *J. Chem. Educ.*, 85(2), 303.

Klopfer, E., Sheldon, J., Perry, J., & Chen, V. H. (2012). Ubiquitous games for learning (Ubiquitous Games): Weatherlings, a worked example. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(5), 465-476.

Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M., & Beilock, S. L. (2015). Physical experience enhances science learning. *Psychological Science*, 26(6), 737–749.

Lan, Y. J., Sung, Y. T., & Chang, K. E. (2007). A mobile-device-supported peer-assisted learning system for collaborative early EFL reading

Lee, Y., Chang, C., Lin, Y., & Cheng, Z. (2014). The dark side of smartphone usage: Psychological traits, compulsive behavior and technostress. *Computers in Human Behavior*, 31, 373–383.

Lee, Y. J. (2015). Developing iPad-based Physics Simulations that Can Help People Learn Newtonian Physics Concepts. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 34(3), 299-325.

Lehto, H., Havukainen, R., Maalampi J., & Leskinen, J. (2010). *Fysiikka 4, Liikkeen lait* (Laws of the motion, In Finnish). Tammi. Helsinki.

Lehto, H., Havukainen, R., Maalampi J., & Leskinen, J. (2010). *Fysiikka 5, Pyöriminen ja gravitaatio* (Rotation and Gravitation, In Finnish). Tammi. Helsinki.

Lehtinen, A., & Viiri, J. (2014). Using tablets as tools for learner-generated drawings in the context of teaching the kinetic theory of gases. *Physics Education*, 49(3), 344.

Little, R. J., & Rubin, D. B. (2014). *Statistical analysis with missing data* (Vol. 333). John Wiley & Sons.

Liu, T. C., Lin, Y. C., Tsai, M. J., & Paas, F. (2012). Split-attention and redundancy effects on mobile learning in physical environments. *Computers & Education*, 58(1), 172-180.

Lohr, M (2015). "Scientific teaching with tablet PCs: Incorporating Tablet PCs into scientific workflows at schools," 2015 3rd Experiment International Conference (exp.at'15), Ponta Delgada, 2015, pp. 151-152

Lyubomirsky, S., King, L. & Diener, E. (2005). The benefits of frequent positive affect: Does happiness lead to success? *Psychological Bulletin*, 131(6), 803–855.

McCoy, B. R. (2016). Digital distractions in the classroom phase II: Student classroom use of digital devices for non-class related purposes.

Mehta, R. K., Shortz, A. E., & Benden, M. E. (2015). Standing up for learning: A pilot investigation on the neurocognitive benefits of stand-biased school desks. *International journal of environmental research and public health*, 13(1), 59.

Moilanen, H. & Salakka, H. (2016). *Aivot liikkeelle!* (In Finnish) P-S-kustannus. Jyväskylä.

Newman, R., van der Ventel, B., & Hanekom, C. (2017). First-year university Physics students' knowledge about direct current circuits: probing improvement in understanding as a function of teaching and learning interventions. *Physics Education*, 52(4), 045014.

Nguyen, L., Barton, S. M., & Nguyen, L. T. (2015). Ipad in higher education—hype and hope. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 190-203.

OECD. 2017. PISA 2015 results (Volume III): students' well-being. Paris: OECD Publishing.

Oppezzo, M., & Schwartz, D. L. (2014). Give your ideas some legs: The positive effect of walking on creative thinking. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 40(4), 1142.

Ramos, R., & Devers C. iPad-enabled experiments in an undergraduate physics laboratory. In book Gobert, M. T. (2014). Book review: The new landscape of mobile learning. *Learning and Teaching in Higher Education: Gulf Perspectives*, 11(2).

Rideout, V. (2012). Children, teens, and entertainment media: The view from the classroom. *Common Sense Media*.

Rosen, L., Carrier, L. M., Miller, A., Rokkum, J., & Ruiz, A. (2016). Sleeping with technology: cognitive, affective, and technology usage predictors of sleep problems among college students. *Sleep Health: Journal of the National Sleep Foundation*, 2(1), 49-56.

Smeds, P., Jeronen, E. and Kurppa, S. (2015). Farm Education and the Value of Learning in an Authentic Learning Environment. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(3), 381–404.

Tasker R., & Dalton R. (2006). Research into practice: visualisation of the molecular world using animations, *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 141.

THL. Finnish National Institute for Health and Welfare. Koulu-terveyskyselyn tulokset. (2017) Peruskoulun 8. ja 9. luokan oppilaat, muutokset 2015-2017 (In Finnish). Retrieved from <https://www.thl.fi/fi/web/lapset-nuoret-ja-perheet/tutkimustuloksia> (27.12.2017)

Van der Ventel, B. I. S., Newman, R. T., Botes, M., & Goldberg, A. (2016). The role of the iPad in collaborative learning in a large-enrollment first-year physics module. *Phys. Educ.*, 51, 045017.

Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K. & Hesketh, K. 2017. Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14, 114

Wood, B., Rea, M. S., Plitnick, B., & Figueiro, M. G. (2013). Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Applied ergonomics*, 44(2), 237-240.

Äyrämö, S. (2006). *Knowledge mining using robust clustering*. University of Jyväskylä.



II

DETECTING PUPILS' OPINIONS ON LEARNING PHYSICS BODILY BY UNSUPERVISED MACHINE LEARNING

by

Hannu Moilanen, Sami Äyrämö & Marja Kankaanranta, 2018

*Proceedings of E-Learn 2018 - World Conference on E-Learning, Association for
the Advancement of Computing in Education, 2018.*

Reproduced with kind permission by AACE.

Detecting pupils' opinions on learning physics bodily by unsupervised machine learning

Hannu Moilanen

Sami Äyrämö

Marja Kankaanranta

Faculty of Information Technology, University of Jyväskylä

Finland

hannu.moilanen@jyu.fi

sami.ayramo@jyu.fi

marja.kankaanranta@jyu.fi

Abstract: The purpose of this study is to explore the added value that bodily learning brings to the study of physics at lower secondary school and how pupils experience a new way of studying physics. The study compares how pupils who liked and disliked physics experienced the new teaching methods. Here we use unsupervised machine learning in order to discover new information from the inquiry, that was held after the workshop, where pupils were experimenting with new ways of studying physics. We find that unsupervised machine learning can be a helpful tool for teachers to detect students preferred learning styles and different types of personalities in the classroom.

Introduction

In recent years there has been increased attention to study the potential of bodily activity to strengthen memories and enhance learning in math and science (e.g. Goldin-Meadow, Cook, & Mitchell 2009; Han&Black 2011; Kontra, Lyons, Fischer, & Beilock 2015). Bodily learning is an emerging multidimensional conception of learning, according to which learning occurs within one's entire body and in the social and physical reality between people. In bodily learning, physical activity is an essential part of the learning process, and attention focuses on bodily experiences and sensations as well as reflecting on them (Anttila 2013; Katz 2013). Kontra, Lyons, Discher and Beilock (2015) state that the idea of the body as an integral part of human thinking is also gradually taken into account in the research that focuses on learning in the natural sciences, and that people are starting to understand that physical activity can promote learning (Han&Black 2011; Kontra, Lyons, Fischer, & Beilock 2015). In this article, we use the term *bodily methods* as an umbrella concept. It encompasses a number of working and teaching methods based on physical activity and action, in which body movement and physical activity are utilised in learning. Besides adding a physically active element to instruction, the aim is for the bodily experience and emotion involved in the learning process to reinforce the emerging memory trace (Moilanen & Salakka 2016).

The development of bodily pedagogical methods is connected to various challenges present in young people's daily lives. First, recent research has highlighted concerns about the physically inactive lifestyle of Finnish school-aged adolescents (Kannas 2015; Tammelin, Kallio, Rajala, Hakonen & Laine 2013; THL 2017). Second, according to the results of education evaluation surveys (e.g. PISA 2015), Finnish pupils' attitudes towards school have become more negative, and many of them experience a lack of school motivation (OECD 2017). The amount of pupils who like going to school has decreased by 3.6 percent from 2015 to 2017, and a larger part of them currently have difficulties in following instruction (THL 2017). Even though Finnish children continue to perform well in PISA (Programme for International Student Assessment) tests, their school enjoyment is low compared with several other countries (PISA 2015). Third, especially Finnish boys' lowered performance in science in the 2015 PISA tests raises the question of whether the prevailing teaching methods are suitable for stimulating, in particular, boys' motivation and interest in studying natural sciences. The still relatively commonly used teaching methods often make

pupils passive, sedentary recipients of instruction. This role does not necessarily promote pupils' interest in the subject or help them acquire the knowledge and skills they need in the future world of work – in particular, creativity, empathy, teamwork and ICT skills (Griffin et al. 2012). Finland's new national core curriculum actually aims at responding to the challenges that have been faced in teaching, such as the lack of connections between subjects and the fragmented nature of the content.

Shams and Seitz (2008) emphasise that the use of different sensory channels as well as physical activity could make learning more experiential, enhance learning motivation and increase deep learning (see also Finnish National Board of Education FNBE 2014). The aim of the new national core curriculum for basic education is also to increase experiential and activity-based working methods (FNBE 2014). New kinds of learning experiences can be offered by taking instruction out of the classroom to so-called extended learning environments, in which new ICT solutions are also utilised in order to promote and support learning. In the core curriculum for basic education (FNBE 2014, 27–30), the aim is also to integrate the knowledge of different subjects into larger entities. For instance, physical activity, dance and the methods of drama could be integrated into school days as natural parts of any subject.

Tammelin et al. (2013) find that schools have optimal opportunities to promote physical activity in all adolescents because they reach all school-aged young people. One of the objectives of the Ministry of Education and Culture in its 'Finnish Schools on the Move' action programme is to convince secondary school subject teachers about the benefits of increasing physical activity during classes (Prime Minister's Office 2015). The programme has already achieved positive changes in pupils' physical activity through, for example, physically active breaks and commuting (Tammelin et al. 2015). In past years, various research results have been published on the benefits of physical activity for learning (Mullender-Wijnsma et al. 2016; Kibbe et al. 2016; Watson et al. 2017). However, the use of physical activity or bodily learning in subject teaching has been studied less (Kantomaa, Syväoja & Tammelin 2013). No research has been conducted in Finland on the added value of bodily teaching methods for learning in science classes.

This article examines the results of a physics teaching experiment implemented with year seven pupils at a comprehensive school in Central Finland from 2016 to 2017. Comprehensive school physics and particularly mechanics phenomena were taught in the experiment through a bodily approach, dance. In lower secondary school physics, the mechanics section deals with phenomena such as motion, acceleration, force, friction, centre of gravity and equilibrium. These phenomena can be taught so that pupils experience them personally through their own body. Our aim was to develop new bodily learning methods to study physics and to explore how pupils experience a new way of studying physics. The study compared how pupils who liked physics and those who disliked it experienced the workshop and the bodily teaching methods. Furthermore, a methodological objective was to examine how pupils can be grouped into different subcategories by unsupervised machine learning based on their answers regarding the things learned in the workshop and the attitudes they expressed towards the workshop.

The benefits of bodily learning

A clear connection has been observed between the use of our body and cognitive brain function (e.g. Schmahmann 1997; Desmond, Gabrielli, Wagner, Ginier, & Glover, G 1997; Mehta, Shortz, & Benden 2015; Opezzo, M, & Schwartz 2014). Increased physical activity in class is considered to improve pupils' learning outcomes, and it is also seen as promoting attention and cognitive control, which contribute to learning (e.g. Watson, Timperio, Brown, Best & Hesketh 2017; Hillman, Pontifex, Raine, Castelli, Hall, & Kramer 2009; Ma, Le Mare, & Gurd 2014). Kantomaa et al. (2013) emphasise that physical activity has positive effects on brain structure and function, which means that a physically active child has better readiness for learning. To some extent, the effects of physical activity on self-esteem, school enjoyment and social interaction may also explain its positive impact on learning (Kantomaa et al. 2013).

When our body or body memory is involved in the learning process, we can also talk about a kinaesthetic learning style (Kuzcala 2013). The use of the body has been observed to have various benefits for learning. In earlier studies, dance has been integrated into mathematics, physics and language instruction, among other subjects (e.g. Posner & Patoine 2009; Paulson 2012; Moore & Linder 2012, Westreich 1999). Posner and Patoine (2009) demonstrated that through dance pupils were able to form new kinds of connections between the things to be learned, which typically improves pupils' motivation and attention towards the studied phenomenon. In addition, dance activates pupils' brains in various ways, and the emotions involved in the bodily learning process facilitate learning (Paulson 2012). Leonard (2012) investigated how pupils created meanings for bodily experiences and observed that dance has a positive impact on the development of higher-level reasoning skills.

The benefits of bodily methods have also been perceived in mathematics and science. Integrating dance into mathematics teaching increased interaction between pupils and their commitment to studying as

well as deepened their understanding of geometric concepts (Moore & Linder 2012). According to Westreich (1999), a kinaesthetic activity such as dance helps kinaesthetic learners, in particular, to understand abstract mathematical concepts and to translate the mathematical reasoning process into words and text. Faber (2011) observed that the group of pupils whose science instruction was supported by a bodily approach achieved better learning outcomes than the control group in which no bodily methods were used. The group that had had bodily learning experiences remembered the studied content better 30 days later. When Burke (2009) integrated dance into chemistry teaching, pupils found that it helped them recall chemical reactions in an exam situation. Moreover, even pupils who were unable to verbalise abstract chemistry concepts in normal class discussions managed to demonstrate their competence through the bodily methods. Kontra et al. (2015) examined the learning of a physics concept, angular acceleration, and observed that the group using a bodily approach performed better than the control group in the test measuring the learning of this concept. According to Kontra et al. (2015), because of bodily activity the activation of the brain sensorimotor area contributed to better reasoning and learning of the phenomenon. It can therefore be concluded that offering bodily experiences closely related to the studied phenomenon, particularly at an early stage of studies, supports pupils' reasoning related to physics phenomena.

Educational data mining

Recently, Educational Data Mining (EDM) has become an emerging research field used to understand learning and learner individual differences and choices better. EDM typically uses educational data and apply data mining techniques such as prediction (including classification), discovery of latent structure (such as clustering and q-matrix discovery), relationship mining (such as association rule mining and sequential pattern mining) to process new information from traditional student survey data (Baker & Yacef 2009). For example, cluster analysis finds the structure that emerges naturally from data, allowing researchers to search for patterns in student behavior that commonly occur in data, but which did not initially occur to the researcher which could provide new interesting information compared to using traditional quantitative research methods. Machine learning methods have been used very little in education research in Finland so far and this article could provide some ideas to enrich quantitative research methods.

There are many different personalities in the classroom. Different pupils like different teaching methods more than others. Personalization of school experience is a key need to improve pupils' motivation (Williams and Williams, 2011). Unsupervised machine learning could help teacher to detect different learners from each class and to optimize teaching methods suitable for different classes. With help of artificial intelligence it could be possible to deepen personalized learning experiences for people of all ages and stages. Here we used unsupervised machine learning in order to discover new information from the inquiry, that was held after the workshop, where pupils were experimenting with new ways of studying physics.

Implementation of the study

The study was conducted at a lower secondary school of about 400 pupils in Central Finland. During the 2016–2017 school year, a visiting researcher-teacher delivered a two-hour workshop, Physics by Dancing, for pupils in year seven. Seventeen pupil groups participated in the study.

The workshop

The workshop consisted of three sections: motion, equilibrium and rotation (see Moilanen & Salakka 2016). Three short videos were watched during the 90-minute workshop, but its main emphasis was on physical activity and subsequent reflection. Immediately after the physical activity, pupils discussed in groups or led by the teacher how the bodily activity was linked to the physics phenomenon to be learned. In the motion section, pupils sought different ways of moving in time with music (accelerated, steady, slow, fast, curvilinear or rectilinear) and different body parts that can be used for oscillating motion. Pupils also competed in a line run using different socks and reflected on the factors that affect friction. In the equilibrium sections, pupils tested supporting surfaces of different sizes with their body. They discussed how the supporting surface influenced the fact that one manages to remain standing and looked for the centre of gravity in different objects and their own body. In addition, they reflected on how the supporting surface and centre of gravity are related to the falling of an object and experimented with picking up an object from close to the wall while keeping their heels and backsides against the wall. In the rotation section,

pupils tested spinning by putting weight on different body parts, both on a chair and in different positions. Furthermore, the class reflected on how spinning becomes fastest and how the conservation law of angular momentum is related to rotation. At the end of the workshop, the pupils designed a short dance with six movements or a routine that included two positions of equilibrium, in other words, ‘freezes’, two rotary movements and two translational motions in space. The dances were finally performed for the others.

Research data and analysis

At the end of the workshop, the pupils responded to a questionnaire using iPads. The questionnaire was answered by 224 pupils, 48.2 percent of whom were boys and 51.8 percent girls. The researcher-teacher recorded his observations of the workshop in a notebook, and one of the workshops was recorded on video. The questionnaire for pupils was divided according to main research questions as shown in Table 1.

| Main research question | Question in questionnaire | Reply Scale / format |
|--|---|---|
| 1. Was there any differences between pupils who liked and disliked physics in experiencing the new bodily teaching methods | In my opinion Physics as a subject is 1. More bodily methods are needed in physics and chemistry teaching' 2. Using own body for assignments makes learning more effective' 3. Workshop assignments felt more pleasant than traditional assignments in classroom 4. Studying physics is more enjoyable outside of the classroom' 5. Would you like to use bodily learning methods in other subjects also? 6. Physical exercise diverted the attention from phenomena of physics | 1=Nothing meaningful 5=Really meaningful Likert (5 totally agree, 1 totally disagree) Likert (5 totally agree, 1 totally disagree) Likert (5 totally agree, 1 totally disagree) Likert (5 totally agree, 1 totally disagree) Likert (5 totally agree, 1 totally disagree) Likert (5 totally agree, 1 totally disagree) |
| 2. What kind of sub-categories of pupils can be detected by unsupervised machine learning? | 1. What are the most important things you learned in the workshop? 2. Why do you think that exercise-based workshops should be more 3. What was your most memorable moment in the workshop | Open-ended Open-ended Open-ended |

Table 1. Main research questions and related question in questionnaire

The data were analysed using statistical hypothesis tests and cluster analysis. Before the statistical analysis, the answers to the open-ended questions were tabulated, simplified and divided into groups for cluster analysis according to different umbrella concepts and subconcepts. The groups of answers are presented in Figures 2, 3 and 4. For example, when pupils were asked about the most important things they had learned in the workshop, a pupil’s answer ‘friction is needed for moving’ was placed in the ‘friction’ group under the ‘physics’ umbrella concept. For example, unclear or slang answers were placed in the ‘something else’ group. The aim of the descriptive methods was to produce new perspectives on the data and potentially new interesting data-based hypotheses for further research.

The statistical hypothesis tests focused on the question *I think physics as a subject is* and on the pupils who had given the most negative (R1: answer 1, 2 or ‘blank’; N = 55) and positive (R2: answer 4 or 5; N = 96) answers to the question. The applied method was Wilcoxon two-sample rank-sum test, whose p-values were corrected using the Bonferroni method in relation to the number of hypotheses. The difference between the groups was observed as statistically significant when $p \leq 0.05$.

Cluster analysis is a statistical method of unsupervised machine learning (Hastie et al. 2001; Bishop, 2006). Robust clustering is able to produce meaningful patterns from contaminated and incomplete data sets (Äyrämö, 2006). The aim of cluster analysis in this study was to identify identical pupil groups in the sample, in other words, more individual pupil profiles than the whole data. The cluster prototypes identified with the method represent typical behaviour in each group. The input variables were preprocessed with linear scaling by converting dichotomous 0/1 variables to the range [1/4, 3/4], discrete (1,2,3) scale variables to the range [1/6, 5/6] and Likert scale 1–5 variables to the range [1/10, 9/10]. The cluster model was formed with the multivariate k-spatialmedians method which is independent of assumptions on the normal distributions (Äyrämö 2006). The number of clusters, $K = 3$, was chosen by interpreting the

different options visually. The applied K-spatialmedians algorithms is based on the available case strategy on incomplete data which is why no imputation or preprocessing of missing values is needed. . The groups produced by the cluster model were interpreted visually with a bar chart.

In this study, the purpose of cluster analysis was to produce novel unsuspected insights into the multivariate target data and generate data-based hypotheses. More precisely, to detect clusters in which pupils express similar attitude within clusters and dissimilar attitude between clusters towards exercise-based learning.

Classical machine learning methods, such as the ordinary least-squares regression and K-means clustering, are sensitive to noise and outlying, especially when the amount of training data is limited. The sensitivity ensues from the least-square type of estimation of the training/fitting error. The spatial median is the point that minimizes the sum of Euclidean distances to n data points. The use of non-squared Euclidean norm provides a higher breakdown point (0.5) than classical estimators (0.0) (Huber, 1981). Due to the high breakdown point at least 50 % of the data points must be shifted in order to cause infinite change on the estimate (Lopuhaä and Rousseeuw, 1991). The spatial median is also location and orthogonal equivariant, but not affine equivariant estimator of location.

Let us now consider a training data set $D = \{\mathbf{x}_i\}_{i=1}^n$ where $\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^p$. In order to follow the available case strategy for missing data treatment, that is some of the values in \mathbf{x}_i are missing, the operations must be projected to the available values, which can be performed by defining a diagonal matrix \mathbf{P}_i for each data point \mathbf{x}_i . Diagonal element $(\mathbf{P}_i)_{j=k} = 0$ if j^{th} element of data vector \mathbf{x}_i is missing and otherwise $(\mathbf{P}_i)_{j=k} = 1$. By applying the available case strategy and the spatial median for estimating the cluster centers, the score function for the nan-K-spatmed clustering model is defined as:

$$J = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K r_{ik} \|\mathbf{P}_i(\mathbf{x}_i - \mathbf{m}_k)\|$$

where \mathbf{m}_k is the spatial median point of the k^{th} cluster and r_{ik} is determined by:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } k = \underset{k}{\operatorname{argmin}} \|\mathbf{P}_i(\mathbf{x}_i - \mathbf{m}_k)\| \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

The score function (1) is minimized by applying the following K-means-like steps until the partition does not change:

1. Assign each data points to its closest cluster c_k .
2. Update the center \mathbf{m}_k for each $C = \{c_k, k = 1, \dots, K\}$ by computing the spatial mean of the assigned points.

Since the problem is non-convex, i.e., multiple local minima exist, multiple restarts must be taken or some sort of initialization strategy applied, or otherwise the algorithm may converge to a suboptimal local minimum solution (Pena et al., 1999; Arthur and Vassilvitskii, 2007; A"yra"mo" et al., 2007).

Each cluster center is obtained (the second step of the Algorithm 2) by finding the minimizing point for the problem of the spatial median on incomplete data sample (data points assigned to the cluster):

$$\min_{\mathbf{u} \in \mathbb{R}^p} J(\mathbf{u}), \quad \text{for } J(\mathbf{u}) = \sum_{i=1}^n \|\mathbf{P}_i(\mathbf{u} - \mathbf{x}_i)\|$$

The problem (3) has a unique solution provided that the data points are not collinear (Milasevic and Ducharme, 1987). Because there exist, however, no closed-formed solution to the problem (3), an iterative successive over-relaxation variant of the Weiszfeld algorithm (SOR-Weiszfeld) can be applied (see details in (Äyrämö, 2006)).

Results

The study examined the connection between pupils' attitude towards physics as a subject and their experiences of the workshop (Table 2). The views of pupils with the most positive attitude towards physics (Group 2) and those with the most negative attitude (Group 1) on whether there should be more bodily learning methods in science teaching were statistically significantly different ($p = 0.001$). In Group 1 the median of the answers was 4/5, and in Group 2 more than half of the pupils (53.3%) answered 5/5. Despite the statistically significant difference, pupils in both groups found the workshops mainly necessary. The

statistical difference in the answer distributions is explained by the share of those who gave a maximum of 3/5 answer or a blank answer; in Group 1 their share was 30.9% and in Group 2 only 12.5%.

In addition to the aforementioned difference, we observed a statistically significant difference based on the rank-sum test in the question ‘Have you had bodily learning methods in physics/chemistry classes?’; however, the medians of the groups do not differ. When examining the group-specific distributions of the answers, we observed that in both groups the share of those who answered 3/3 to this question was minimal (Group 1: 0%, Group 2: 0.01%). However, the distributions of the groups differ clearly: in Group 1 only 18.8% answered 2/3, whereas in Group 2 the corresponding share was more than twice as large, 42.7%.

No statistically significant differences were observed in the Likert scale questions 2–5 measuring the meaningfulness of the workshop and the work methods. Both groups thus found the bodily learning methods of the workshops equally positive in light of these questions.

| Question | Group 1 | Group 2 | p |
|---|----------|----------|--------------|
| 'More bodily methods are needed in physics and chemistry teaching' | 4 | 5 | 0,001 |
| 'Have you had bodily learning methods in physics and chemistry?' | 1 | 1 | 0,012 |
| 'Workshop assignments felt more pleasant than traditional assignments in classroom' | 4 | 5 | 0,122 |
| 'Would you like to use bodily learning methods in other subjects also?' | 3 | 3 | 0,171 |
| 'Using own body for assignments makes learning more effective' | 4 | 4 | 0,561 |
| 'Studying physics is more enjoyable outside of the classroom' | 5 | 5 | 0,692 |
| 'Physical exercise diverted the attention from phenomena of physics' | 3 | 3 | 1,000 |

Table 2. The median and statistical significance of pupils' answers. Group 1=Dislike physics as a subject. Group 2= Like physics as a subject.

The study also had a methodological development task with the aim of identifying different pupil profiles. In cluster analysis, we observed three groups that can be distinguished based on their response profiles. The cluster algorithm models were interpreted qualitatively by paying attention to those variables in which, in an answer typical of the cluster, we noticed a trend that differed from a typical answer in the entire data.

Cluster 1 (n = 128) constituted the largest group, whose answers to the Likert scale questions were higher than typical of the entire data, except for the statement ‘Physical activity shifted attention away from the actual physics phenomena’ (Figure 1). Pupils in this cluster answered actively and left questions unanswered clearly less seldom than those in the other clusters did. More often than the others, they found that equilibrium and the centre of gravity were the most important things they had learned (Figure 2). In relation to the entire data, the pupils in this cluster also had more views on why more workshops should be provided. Some important reasons for them were a better retention of the studied content, emotion, variation and the benefits of physical activity (Figure 3). More often than the entire sample, these pupils thought that, in addition to spinning and the centre of gravity, the most memorable things were their own dancing and the chance to win 10,000 euro by picking up the teacher’s mobile phone from the floor without falling down. The issues were related to the moments in which the bodily method was strongly present in learning the phenomenon (Figure 4).

Cluster 2 (N = 73) is the second largest of the groups. Its answers to the Likert scale questions mainly follow the profile typical of Cluster 1 and the entire data, but the scores given by the pupils are overall slightly lower (Figure 1). The clearest difference from the entire data was that these pupils mostly left three open-ended questions unanswered (Figure 2, Figure 3, Figure 4).

Cluster 3 (N = 22) most distinctly differed from the other groups in its Likert scale questions: in five of eight questions, the answers by pupils in this cluster were clearly different from the profile of the other two groups (Figure 2). Typical answers in this cluster to the five questions were more negative (i.e. level 2, on the Likert scale ‘disagree’), while the answers to these questions in the other groups were at levels

3/3 and 4-5/5. Only 'friction' was highlighted as one of the most important things learned in the workshop (Figure 3). Compared with the entire sample, pupils in this cluster more often answered 'Nothing', 'I don't know' or 'Something else', and about half of them did not answer the question at all. When asked 'Why do you think there should be more bodily learning workshops?', the pupils in Cluster 3 chose the options 'Benefits to physical activity', 'There should not be more of them', 'I don't know', 'Other', and nearly half of them did not answer at all (Figure 3). A small part of the cluster found that their own dancing was the most memorable moment of the workshop, but a typical answer was 'Relates to something else' or the question was left unanswered (Figure 4). Compared with the entire sample, the cluster can be regarded as a small, atypical observation group, whose answers demonstrate an emphasis on options associated with uncertainty.

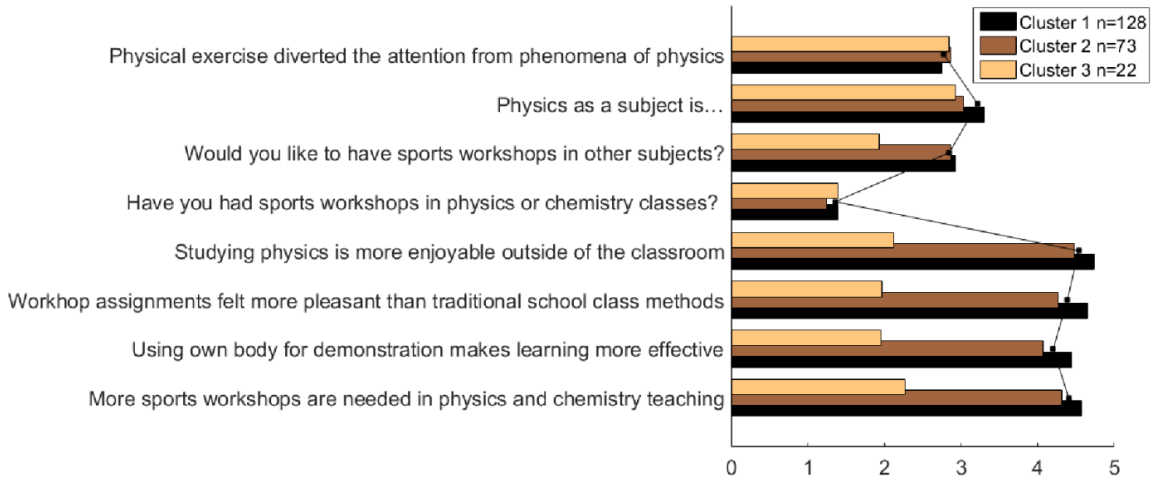


Figure 1. Answer profiles to the Likert-scale questions. Each cluster is represented by its spatial median. The line with square markers represents the spatial median for all the pupils.”

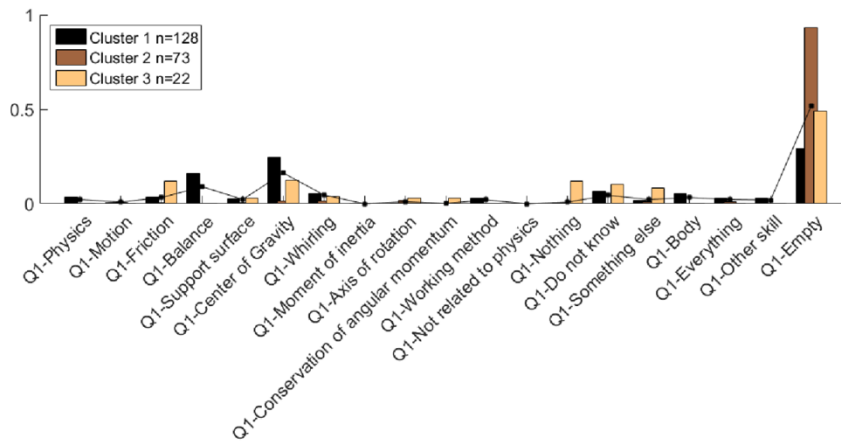


Figure 2. Answer profiles to the question “What are the most important things you learned in the workshop?”

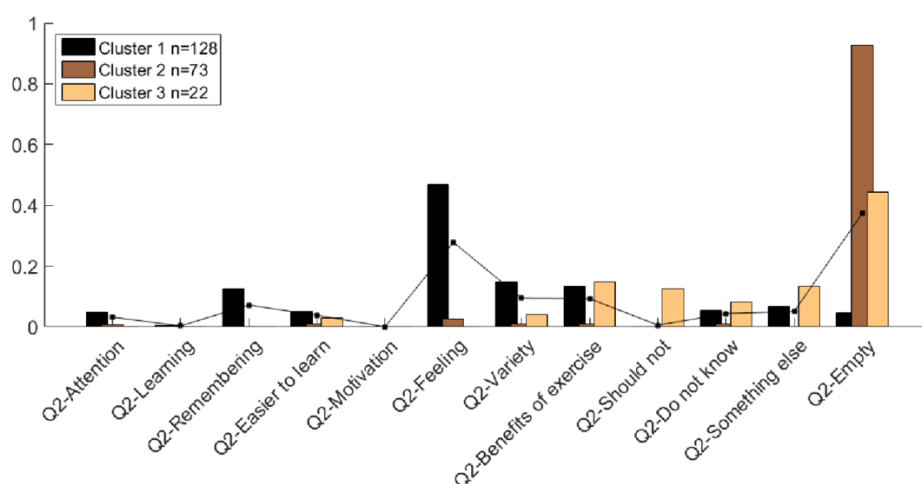


Figure 3. Answer profiles to the question "Why do you think that sports workshops should be more?"

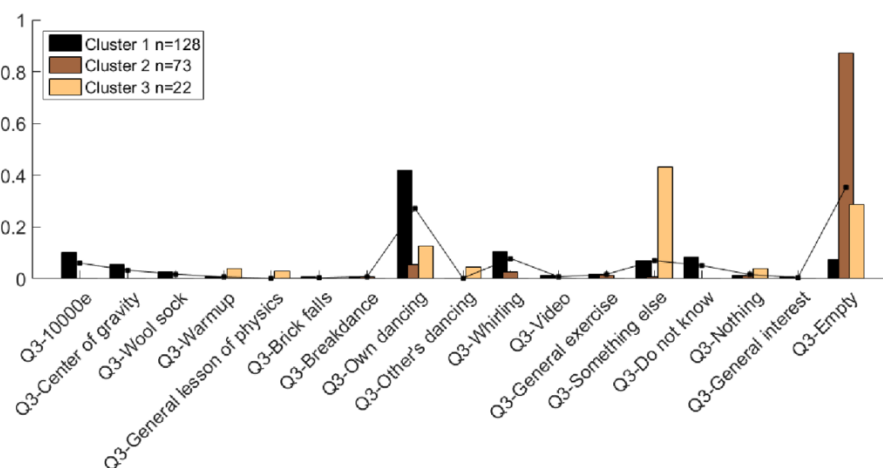


Figure 4. Answer profiles to the question: "What was your most memorable moment in the workshop?"

Discussion and conclusions

The focus of the pilot study was to explore how pupils experience the use of physical activity as a pedagogical method. Because research was restricted to one school, the results can be generalised only after further studies in other environments. However, the findings provide measured data that can be utilised in developing teaching practices in compliance with the new national core curriculum in Finnish schools.

The results show that pupils had a positive experience of bodily learning and the use of physical activity in teaching. Based on the video material from the workshop and notes made by the researcher-teacher, it can be observed that particularly boys were motivated by the competitive sections of the workshop, such as picking up the wallet from the floor and spinning on one's bottom. Boys' motivation to study physics phenomena is significant because, for example, the PISA 2015 results highlighted that Finnish boys' interest in science had lessened and their science performance was lower than that of girls. It may thus be that traditional science teaching methods do not stimulate boys' interest in the studied content. Further research should be conducted to find out whether girls and boys experience bodily learning methods in different ways, and whether especially boys could benefit from the bodily approach in physics classes.

Several researchers emphasise the significance of emotions in the learning process (Pekrun 2006; Pekrun, Goetz, Titz & Perry 2002; Mayer, Salovey & Caruso 2000). A positive feeling strengthens the learning experience and enhances learning (Walker et al. 2003; D'Argenbaum et al. 2002; Lyubomirsky, King & Diener 2005). Emotions affect the amount of stress hormone, cortisol, which reinforces the memory trace that emerges through the learning process in the hippocampus (Joëls et al. 2006). On the other hand,

excessive stress can prevent the effective functioning of prefrontal brain areas important for learning and have a negative effect on learning (LeDoux, 1998; Dalgleish et al., 1999). Moreover, the teacher's emotional state has a great impact on pupils' learning (Becker et al. 2014). An overall starting point in planning the workshop model described in this article was the creation of a positive learning atmosphere and positive learning experiences. In light of the results, the workshop model functioned as expected.

Breaking the routine regarding teaching methods, learning environments or tools increases pupils' attention and contributes to a memorable learning experience (Moilanen & Salakka 2016; Smeds et al. 2015). The Physics by Dancing workshop featured various elements that differed from the elements of regular physics classes, for instance, the bodily approach, a learning environment outside of the classroom, and a visiting teacher. In the school where the study was conducted, approaches based on physical activity had been used only a little. It can be hypothesised that pupils tend to find a change in working methods positive, so the positive findings of the study are no surprise in this respect. Therefore, further research should be conducted in a school where the bodily approach in science teaching has already been put into practice before starting the study, so that the workshop could be led by the pupils' own teacher. It is also essential to implement longer teaching periods in which physical activity plays a key role in learning and teaching.

One of the aims in this study was to examine whether pupils with either a positive or a negative attitude towards physics as a subject had different experiences of the bodily workshop. The results did not demonstrate any statistically significant differences in the questions related to meaningfulness. This suggests that the bodily learning methods increase meaningfulness in learning physics in both of these pupil groups. This supports the view that most pupils benefit from bodily learning and the use of several sensory channels in instruction (Kuzcala 2013; Shams & Seitz 2008). According to Kujala et al. (2012), particularly hyperactive, poor-performing pupils benefit from the integration of physical activity into lessons. In Finland, however, no research has so far been conducted on how bodily learning methods affect poor-performing pupils' physics learning.

Even though most pupils had a positive attitude towards the workshop, the cluster analysis highlighted some negative observations that need attention. The questionnaire was implemented at the end of the workshop, and unanswered open-ended questions were common in the second largest group ($n = 73$). According to the researcher-teacher's observations, some of the pupils were clearly hurrying to the break and therefore answered hastily. This naturally may affect the results of the study as well. It might consequently be better to hand out the questionnaire, for example, at the beginning of the lesson following the workshop, or to integrate it more closely into the workshop.

Another group ($n = 22$) distinguished from the sample by cluster analysis is the one whose open-ended answers are more commonly related to other topics than physics. Moreover, a negative attitude towards the workshop's methods was highlighted in this group. To some extent, the response profile of this group may be explained by the fact that some of the pupils did not participate in the bodily tasks of the workshop because of, for instance, religious reasons or physical disabilities and stayed in the audience instead. On the other hand, according to the researcher-teacher's observations, the group also included pupils with a negative or 'nothing interests me' attitude towards the workshop, and their responses are probably visible in this cluster.

From the viewpoint of cluster analysis, the small sample size can be regarded as a limitation of the study. The primary purpose of utilising cluster analysis in this study was methodological development, and the findings are suggestive. The aim in later research will be further data collection. The cluster method used in the study can produce new hypotheses, but their validity must be examined more closely through further research.

From the perspective of teachers, the cluster method can provide useful information on pupil groups and their attitudes towards learning and teaching. Teachers can identify different pupil profiles in their groups, based on whose distributions they can choose pedagogical methods suitable for the respective groups. Methods and tools could be developed also at the individual level to provide each pupil with more individualised teaching.

Many class teachers and teacher trainees are already aware of the benefits of bodily learning. The main challenge remains how to put these methods into practice as a natural part of subject teachers' work as well. Many teachers may feel that they do not have the skills needed to integrate, for example, dance into their own subject. One of the aims of Finland's national core curriculum for basic education (OPS 2014) is actually to increase cooperation between the teachers of different subjects as well as to plan and implement multidisciplinary learning modules that integrate subjects and constitute harmonious entities of the studied phenomena. Excellent examples are the teaching experiments that integrate various subjects and offer pupils – in addition to 21st century skills – meaningful learning experiences and permanent memory traces necessary for deep learning. Changing the practices, however, requires from teachers the courage to

experiment and potentially fail. It is essential to understand that moving and action in the lesson are not an end in themselves but an effective means to promote learning (Moilanen & Salakka 2016).

References

Anttila, E. 2013. Koko koulu tanssii! Kehollisen oppimisen mahdollisuuksia koulu yhteisössä. *Possibilities of bodily learning in schools (In Finnish) Acta Scenica 37*. Helsinki: Teatterikorkeakoulu, esittävien taiteiden tutkimuskeskus.

Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). Fast algorithms for mining association rules. *In Proc. 20th int. conf. very large data bases, VLDB* (Vol. 1215, pp. 487–499).

Arthur, D., Vassilvitskii, S., 2007. k-means++: The advantages of careful seeding. In: Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, pp. 1027–1035.

Baker, R., & Yacef, K. (2009). The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. *Journal of Educational Data Mining*, 1(1), 3–17.

Bishop, C. M., 2006. *Pattern recognition and machine learning*. springer.

Becker, E.S., Goetz, T., Morger, V. & Ranellucci J. (2014). The importance of teachers' emotions and instructional behavior for their students' emotions: An experience sampling analysis. *Teaching and Teacher Education*, 43, 15–26.

Burke, J. S. (2009). Chemistry meets choreography to enhance student comprehension. Retrieved from <http://www.edutopia.org/arts-education-chemistry-dance-visualization> (27.9.2017).

Cook, S. W., Mitchell, Z., & Goldin-Meadow, S. (2008). Gesturing makes learning last. *Cognition*, 106(2), 1047-1058.

Dalgleish, T. & Power M. (1999). *Handbook of cognition and emotion*. John Wiley & Sons Ltd, Sussex, UK.

D'Argenbaum, A., Comblain, C. & van der Linden, M. (2002). Phenomenal characteristics of autobiographical memories for positive, negative, and neutral events. *Applied Cognitive Psychology*, 17(3), 281–294.

Desmond, J., Gabrielli, J., Wagner, A., Ginier, B., & Glover, G. (1997). Lobular patterns of cerebellar activation in verbal working-memory and finger tapping tasks as revealed by functional MRI. *Journal of Neuroscience*, 17(24), 9675–9685

Faber, R. (2011). Science with dance in mind: A collaboration with primary movers and Baltimore County public schools 2009-2011. *National Dance Education Organization Conference*, Minneapolis.

Finnish National Board of Education (FNBE). (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteluonnos. A draft of the national core curriculum for basic education. Helsinki: National Board of Education. Retrieved from <http://www.oph.fi/ops2016/perusteet> (27.12.2017)

Gibbs, R. W. (2005). *Embodiment and cognitive science*. New York, NY: Cambridge University Press.

Goldin-Meadow, S. (2009). How gesture promotes learning throughout childhood. *Child development perspectives*, 3(2),

Griffin, P. McGaw, B., & Care, E. (eds.) 2012. *Assessment and teaching of 21st century skills*. Springer Science+Business Media B.V 106-111

Han, I., & Black, J. B. (2011). Incorporating haptic feedback in simulation for learning physics. *Computers & Education*, 57(4), 2281-2290.

Hand, D. J., Mannila, H., & Smyth, P. (2001). *Principles of data mining*. MIT press.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. H. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction*. New York: Springer.

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, *159*(3), 1044-1054.

Joëls, M., Pu, Z., Wiegert, O., Oitzl, M., & Krugers H. (2006). Learning under stress: how does it work? *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(4), 152–158.

Kannas, L. (2015). Liikunta-aktiivisuus ja ruutuaika. [Physical Activity and screen time of School-aged children] (In Finnish). In Kokko, S. & Hämylä, R. (eds.) *Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU- tutkimuksen tuloksia 2014*. Valtion liikuntaneuvoston julkaisu 2015:2, 13–20.

Kantomaa, M., Syväoja, H. & Tammelin, T. (2013). Liikunta – hyödyntämätön voimavara oppimisessa ja opettamisessa? [Sport-an untapped resource in learning and teching] (In Finnish, abstract in English). *Liikunta & Tiede*, *50* (4), 12–16.

Katz, M. L. (Ed.). (2013). *Moving ideas: Multimodality and embodied learning in communities and schools*. Peter Lang.

Kibbe, D., Hackett, J., Hurley, M., McFarland, A., Godburn Schubert, K., Schultz, A. & Harris, S. (2011). Ten years TAKE 10!: Integrating physical activity with academic concepts in elementary school classrooms. *Preventive Medicine*, *52*, 43–50.

Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M., & Beilock, S. L. (2015). Physical experience enhances science learning. *Psychological Science*, *26*(6), 737–749.

Kujala, T., Krause, C-M., Sajaniemi, N., Silvén M., Jaakkola T.& Nyssölä, K. (eds.) (2012). Aivot, oppimisen valmiudet ja koulunkäynti. Neuro- ja kognitiotieteellinen näkökulma (in finnish). OPH:n julkaisuja 2012. Retrieved from http://www.oph.fi/download/138958_Aivot_oppimisen_valmiudet_ja_koulunkaynti.PDF

Kuczala, M. (2013). The kinesthetic classroom: teaching and learning through movement. presentation. *Special Education and CCLC Fall Conference*, Bismarck, North Dakota.

LeDoux, J. (1996). *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Simon & Shuster.

Leonard, Alison E. (2012). Moving the School and Dancing Education: Case Study Research of K-5 Students' Experiences in a Dance Residency. Retrieved from ProQuest LLC.

Liben, L. S., Kastens, K. A., & Christensen, A. E. (2011). Spatial foundations of science education: The illustrative case of instruction on introductory geological concepts. *Cognition and Instruction*, *29*(1), 45-87.

Lopuhaä, H. P., Rousseeuw, P. J., 1991. Breakdown points of affine equivariant estimators of multivariate location and covariance matrices. *The Annals of Statistics* *19* (1), 229–248.

Lyubomirsky, S., King, L. & Diener, E. (2005). The benefits of frequent positive affect: Does happiness lead to success? *Psychological Bulletin*, *131*(6), 803–855.

Ma, J. K., Le Mare, L., & Gurd, B. J. (2014). Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9-to 11-year olds. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, *40*(3), 238-244.

Mehta, R. K., Shortz, A. E., & Benden, M. E. (2015). Standing up for learning: A pilot investigation on the neurocognitive benefits of stand-biased school desks. *International journal of environmental research and public health*, 13(1), 59.

Merrell, F. (2003). *Sensing corporeally: Toward a posthuman understanding*. Toronto: University of Toronto Press.

Meyer, D.K., and J.C. Turner. (2002). Discovering emotion in classroom motivation research. *Educational Psychologists*, 37, 107–11.

Milasevic, P., Ducharme, G. R., 1987. Uniqueness of the spatial median. *The Annals of Statistics* 15 (3), 1332–1333.

Moilanen, H. & Salakka, H. (2016). *Aivot liikkeelle!* (In Finnish) P-S-kustannus. Jyväskylä.

Moore, C. and Linder, S. (2012). Using dance to deepen student understanding of geometry. *Journal of Dance Education*, 12(3), 104–108.

Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. w., Doolaard, S., Bosker, R. J. & Visscher, C. (2016). Physically active math and language lessons improve academic achievement: a cluster randomized controlled trial. *Pediatrics*, 137(3), 1–9.

OECD. 2017. PISA 2015 results (Volume III): students' well-being. Paris: OECD Publishing.

Oppezzo, M., & Schwartz, D. L. (2014). Give your ideas some legs: The positive effect of walking on creative thinking. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 40(4), 1142.

Paulson, P. (2012). The brain and learning. *Journal of Dance Education*, 12(1), 81–83.

Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. & Perry, R. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of quantitative and qualitative research. *Educational Psychologist*, 37, 91–106.

Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315–341.

Pena, J. M., Lozano, J. A., Larranaga, P., 1999. An empirical comparison of four initialization methods for the k-means algorithm. *Pattern recognition letters* 20 (10), 1027–1040.

PISA 15 Ensituloksia. Huipulla pudotuksesta huolimatta. Results from OECD PISA 2015-survey (In Finnish). Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2016:41. Retrieved from <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79052> (28.12.2017)

Posner, M. & Patoine B. (2009). *How arts training improves attention and cognition*. *Cerebrum* (2009): 2–4.

Prime Minister's Office. 2015. *Finland, a land of solutions: strategic programme of Prime Minister Juha Sipilä's government 29 May 2015*. Helsinki: Government Publications 12/2015.

Schmahmann, J. (1997). *The cerebellum and cognition*. San Diego, CA: Academic Press

Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 411–417.

Sheets-Johnstone, M. (2009). *The corporeal turn: An interdisciplinary reader*. Exeter: Imprint Academic.

Smeds, P., Jeronen, E. and Kurppa, S. (2015). Farm Education and the Value of Learning in an Authentic Learning Environment. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(3), 381–404.

Tammelin, T., Laine, K., & Turpeinen, S. (Eds.) 2013. Oppilaiden fyysinen aktiivisuus [Physical Activity of School-aged children] (In Finnish, abstract in English). *Research Reports on Sport and Health* 272. Jyväskylä: LIKES – Foundation for Sport and Health Sciences.

Tammelin, T., Kallio, J., Rajala, K., Hakonen H., ja Laine, K. (2016). Muutoksia Liikkuviissa kouluissa 2013–2015. Oppilaat liikkujina ja koulun aktiviteettien suunnittelijoina (In Finnish). LIKES-tutkimuskeskus 2016. Retrieved from www.liikkuvakoulu.fi/muutoksia2015 <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79052/okm41.pdf> (27.12.2017)

Trigwell, K., Ellis, R. & Feifei, H. (2012). Relations between students' approaches to learning, experienced emotions and outcomes of learning. *Studies in Higher Education*, 37(7), 811–824.

THL. Finnish National Institute for Health and Welfare. Kouluterveyskyselyn tulokset. (2017) Peruskoulun 8. ja 9. luokan oppilaat, muutokset 2015-2017 (In Finnish). Retrieved from <https://www.thl.fi/fi/web/lapset-nuoret-ja-perheet/tutkimustuloksia> (27.12.2017)

Walker, W. R., Skowronski, J. J. & Thompson, C. P. (2003). Life is pleasant – and memory helps to keep it that way! *Review of General Psychology*, 7(2), 203–210.

Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K. & Hesketh, K. 2017. Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14, 114

Westreich, G.B. (1999). *An analysis of kinesthetic learners' responses: Teaching mathematics through dance*. American University.

Williams, K. C., Williams, C. C., 2011. Five key ingredients for improving student motivation. *Research in Higher Education Journal* 12, 1.

Äyrämö, S. (2006). *Knowledge mining using robust clustering*. University of Jyväskylä.

Äyrämö, S., Kärkkäinen, T., Majava, K., 2007. Robust refinement of initial prototypes for partitioning-based clustering algorithms. *Recent Advances in Stochastic Modeling and Data Analysis: Chania, Greece, 29 May-1 June 2007*, 473.



III

FYSIIKKA A LIKKUEN - 7-LUOKKALAISTEN OPPILAIDEN JA OPETTAJIEN KOKEMUKSIA KEHOLLISESTA OPETUKSESTA FYSIIKASSA

by

Hannu Moilanen, Sami Äyrämö & Marja Kankaanranta, 2019

Tutkimuksesta luokkahuoneisiin: Ainedidaktisia tutkimuksia 15, Suomen
ainedidaktisen tutkimusseuran julkaisuja.

Reproduced with kind permission by Suomen ainedidaktinen tutkimusseura.

Fysiikkaa liikkuen-7-luokkalaisten oppilaiden ja opettajien kokemuksia kehollisesta opetuksesta fysiikassa

HANNU MOILANEN, SAMI ÄYRÄMÖ JA MARJA KANKAANRANTA

hannu.moilanen@norssi.jyu.fi

Jyväskylän Yliopisto, kasvatustieteiden tiedekunta, normaalikoulu

Tiivistelmä

Nuorten liikkumattomuus ja poikien motivaation hiipuminen luonnontieteitä kohtaan ovat nousseet esille viimeaikaisissa kansallisissa kyselyissä. Uusi perusopetuksen opetussuunnitelma ja Liikkuva koulu-ohjelma pyrkivätkin jalkauttamaan lisää toiminnallisia työtapoja tavallisille oppitunneille, jotta opetuksen kokemuksellisuus ja oppilaiden koulupäivän aikainen fyysinen aktiivisuus lisääntyisi. Liikunnan vaikutusta aivoihin ja oppimiseen on tutkittu laajasti viimeisen kahden vuosikymmenen aikana, mutta liikunnallistavien opetusmenetelmien vaikutuksesta oppilaiden oppimiskokemukseen on vielä vähän tutkimusta suomalaisen tiedeopetuksen kentällä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kehittää uusia kehon liikettä hyödyntäviä fysiikan opetusmenetelmiä ja tutkia, miten oppilaat kokevat erilaisen tavan opiskella fysiikkaa. Oppilaat osallistuivat vuosina 2016-2018 keskisuomalaisessa koulussa seitsemäsluokkalaisten järjestettyyn kahden tunnin mittaiseen ”Fysiikkaa liikkuen” –työpajaan. Tutkimuksessa selvitettiin, esiintyikö 7. luokkalaisten kokemuksissa suhteessa työpajaan muutoksia vuosien 2016 – 2018 välillä ja oliko uusi opetussuunnitelma ja Liikkuva koulu-ohjelma vaikuttanut liikunnallisten työtapojen käytön lisääntymiseen tiedeopetuksessa oppilaiden näkökulmasta. Lisäksi tutkimuksessa vertailtiin, oliko sukupuolella ja koulumenestyksellä vaikutusta opetusmenetelmien kokemiseen. Tutkimuksessa selvitettiin myös kyselyn avulla työpajaa valvovien opettajien suhtautumista liikunnallistavien työtapojen käyttöön sekä heidän havaintojaan oppilaiden toiminnasta työpajan aikana. Lisäksi menetelmällisenä kysymyksenä tutkittiin, miten oppilaita voidaan kyselylomakkeen vastauksen perusteella ryhmitellä eri kategorioihin ei-ohjatun koneoppimisen avulla.

Tutkimusaineisto kerättiin sähköisellä kyselyllä ”Fysiikkaa liikkuen”-työpajan yhteydessä. Kyselyyn vastasi yhteensä 351 oppilasta, josta poikia oli 47 prosenttia ja tyttöjä 53 prosenttia. Aineisto analysoitiin tilastollisten hypoteesitestien ja klusterianalyysin keinoin. Tulosten mukaan 80,9 % oppilaista koki, että työpajan oppilastyöt tuntuivat mielekkäämmiltä kuin perinteiset luokassa tehdyt fysiikan oppilastyöt eikä oppilaiden työpajan kokemisessa tapahtunut muutoksia vuosien 2016 – 2018 välillä. Liikunnallisten työtapojen käyttö ei ollut lisääntynyt tiedeopetuksessa vuosina 2016-2018. Myöskään tyttöjen ja poikien suhtautumisessa työpajaan ei ilmennyt eroja, eikä oppilaan itseraportoidulla koulumenestyksellä ollut vaikutusta kokemuksiin työpajasta. Vuonna 2018 kyselyyn vastanneista opettajista 62,5 prosenttia koki, että opetuksen liikunnallistamisesta on heille hyötyä omassa oppiaineessaan. Ongelmaksi opettajat kokivat ylimääräisen levottomuuden oppilaissa, mitä työtapojen käyttö aiheuttaa. Klusterianalyysissa aineistosta nousi esille kolme toisistaan eroavaa oppilasryhmää: positiivisesti työpajaan suhtautuvien tunne-kehollisten oppilaiden ryhmä (n=201), kiireellä kyselyyn vastaajien ryhmä (n=99) ja kielteisimmän työpajan sisältöihin suhtautuvien ryhmä (n=45).

Tutkimus osoittaa, että oppilaat kokevat keholliset työtavat yhtä positiivisina sukupuolesta tai koulumenestyksestä riippumatta ja näin ollen voisivat motivoida luonnontieteiden opiskeluun poikia ja heikompia oppilaita, joille luonnontieteiden abstraktien käsitteiden opiskelu perinteisin opetusmenetelmin on haastavampaa. Klusterianalyysi voi tarjota opettajalle uusia työkaluja, joilla muodostaa tietoa oppilaista ja opetuksen vaikuttavuudesta. Jotta uudet keholliset opetusmenetelmät leviäisivät kouluihin vielä laajemmin, opettajankoulutuksen tulisi tarjota tuleville opettajille lisää tutkittua tietoa menetelmien hyödyistä, sekä antaa konkreettisia käytännön työkaluja opetuksen liikunnallistamiseen eri oppiaineissa.

Avainsanat

Oppimiskokemus, kehollinen oppiminen, luonnontieteiden opetus

Abstract

The development of bodily pedagogical methods is connected to various challenges present in young people's daily lives. First, recent research has highlighted concerns about the physically inactive lifestyle of Finnish school-aged adolescents. Second, Finnish pupils' attitudes towards school have become more negative, and many of them experience a lack of school motivation. Especially Finnish boys' lowered performance in science in the 2015 PISA tests raises the question of whether the prevailing teaching methods are suitable for stimulating, in particular, boys' motivation and interest in studying natural sciences. The new Finnish curriculum for basic education and the Finnish Schools on the MoveProgram are trying to introduce new bodily ways of working in ordinary lessons in order to increase the experience of teaching and the physical activity of the pupils during the school days. The impact of physical exercise on the brain and learning has been extensively studied over the last two decades, but the impact of bodily learning methods on pupils' learning experience has not yet been studied in Finnish science education.

The purpose of this pilot study is to develop new methods of teaching physics by using body movement and to study how students experience the new way of studying physics. During the academic year 2016-2018, the students participated in a two-hour "Physics Moving" workshop. The study investigated whether the new curriculum and the Finnish school on the move-program influenced the use of bodily teaching methods for reproduction in science education from the point of view of pupils and compared how pupils' gender and school achievement affected on learning experience. Also, attitudes of the teachers use of bodily learning and teachers' perceptions of the action of the pupils during the workshop were investigated by means of a questionnaire. In addition, the methodological question was to examine how students can be grouped into different subcategories on the basis of the answers given by the workshops and the attitude on the workshop.

The research material was collected with an electronic questionnaire in 2016-2018 in the elementary school in the two hours "Physics by dancing" workshop. The questionnaire was answered by a total of 351 pupils, 47% of whom were boys and 53% of girls. The material was analyzed using statistical hypothesis tests and cluster analysis.

According to the results, 80,9% of the students felt that the methods of the workshop seemed more meaningful than the classical physics class experimental working. The use of bodily methods had not increased in science education in this school between 2016 and 2018, and there was no difference between the attitude of girls and boys to the workshop. Also, the self-reported grades of the pupil had no impact on the experience of the workshop. In 2018, 62.5 per cent of the teachers felt that the bodily learning methods were beneficial to them in their own discipline. The problem was that the teachers felt that the pupils were more restless when bodily learning methods were used. In the cluster analysis, three distinct groups of students was discovered: a group of emotionally-motivated learners with positive attitude towards workshop (n = 201), a group of students (n = 99) responding to the questionnaire quickly, and a group with most negative attitude towards the workshop content (n = 45).

The pilot study shows that pupils experience the workshop and bodily teaching methods as positive as regardless of gender or school achievement and they can therefore motivate students of science to learn physics. Especially boys and the pupils with learning difficulties could benefit the bodily learning methods in physics. Cluster analysis can be a helpful tool for teachers to detect students preferred learning styles and different types of personalities in the classroom. In order to extend the new bodily teaching methods

to schools, teacher training should provide future teachers information of the studied benefits of the use of body in learning and provide practical tools for bodily teaching in different subjects.

Key words

Bodily learning, learning experience, science teaching

Johdanto

Eri opetusmenetelmien vaikuttavuuden tutkimuksessa on perinteisesti keskitytty oppimistulosten mittaamiseen erilaisilla testeillä (Murtonen ym. 2017), mutta hyväkään testitulos ei välttämättä takaa syvällistä oppimista ja opitun tiedon siirtymistä pitkäkestoiseen säilömuistiin (Blumenfeld & Ranganath 2007). Tämän tutkimuksen näkökulmaksi on valittu oppilaiden oppimiskokemusten tarkastelu. Oppimiskokemusten tutkiminen on tärkeää, sillä oppilaan oppimiskokemuksella on vaikutusta oppimisen keskeisiin perusmekanismeihin, kuten sisäiseen motivaation syntymiseen (Deci, Vallerand, Pelletier & Ryan 1991). Cohenin (1983) ja Andresenin (2000) mukaan oppimistilanteeseen liittyvällä kokemuksella on suuri rooli ilmiön oppimisen ja muistamisen näkökulmasta. Syvässä oppimisessa käytännön toiminta ja teoria yhdistyvät ja uuden oppiminen tapahtuu usein kokemuksia refleктоimalla ja yhdistelmällä opittua aikaisempiin tietoihin (Mezirow ym. 1995; Tynjälä 1999). Kokemukset luovat mahdollisuuksia oppimiselle, mutta toisaalta kokemus ei takaa oppimista. Siksi on tärkeää tutkia, miksi tietyistä kokemuksista oppitunnilla tulee oppimiskokemuksia ja miten käytetyt opetusmenetelmät vaikuttavat merkityksellisen oppimiskokemuksen syntymiseen. Tässä tutkimuksessa keskitytään tutkimaan, miten fysiikan opiskelu kehollisen opetusmenetelmän avulla vaikuttaa oppilaiden oppimiskokemuksiin.

Viime vuosiin saakka suomalaisen fysiikan ja kemian opetuksen traditiossa on vaikuttanut vahvasti kartesiolainen dualismi, jossa oppimista on pidetty enimmäkseen kognitiivisena ja sosiaalisena tapahtumana ja kehoa puolestaan on pidetty joko itsestään selvänä tai oppimisen kannalta merkityksettömänä elementtinä. Erityisesti kahtena viime vuosikymmenenä aivojen kuvantamismenetelmien kehittyminen on vaikuttanut myös kognitiotieteiden kehittymiseen ja tuonut uutta tietoa muun muassa liikkeen vaikutuksesta oppimiseen. Kontra, Lyons, Discher & Beilock (2015) toteavat näkemyksen kehosta erottamattomana osana ihmisen ajattelua otettavan vähitellen huomioon myös luonnontieteiden oppimisen tutkimukseen ja aletaan ymmärtää, että fyysinen toiminta voi edesauttaa oppimiskokemuksen muodostumista ja oppimista.

Viimeaikaisissa laajoissa kansallisissa tutkimuksissa on nostettu esiin huoli kouluikäisten nuorten liikkumattomuudesta (Kokko, Hämylä, Villberg, Aira ym. 2015; THL 2017). Lisäksi koulutuksen arviointitutkimuksissa (esim. PISA 2015; THL 2017) on todettu suomalaisten oppilaiden asenteiden koulua kohtaan muuttuneen kielteisemmiksi ja oppilaiden kokevan motivaation puutetta koulunkäyntiä kohtaan. Erityisesti suomalaisten poikien menestyksen heikkeneminen luonnontieteissä vuoden 2015 PISA-tutkimus nostaa esille kysymyksen myös siitä, herättävätkö nykyisin laajalti käytössä olevat opetusmenetelmät riittävästi erityisesti poikien motivaation ja kiinnostuksen luonnontieteiden opiskelua kohtaan.

Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana fyysisen aktiivisuuden vaikutusta oppimiseen sekä aivojen toimintaan ja rakenteeseen on tutkittu laajasti. Tutkimuksissa on havaittu, että liikkuminen ennen oppituntia tai oppitunnin aikana edistää tarkkaavaisuutta ja toiminnanohjausta, mikä puolestaan edistää oppimista (Donnelly ym. 2016; Watson ym. 2017). Liikunta vaikuttaa suotuisasti myös oppimisen kannalta keskeisten aivoalueiden, kuten hippokampuksen ja etuosaloikon kehittymiseen, joten liikkuvalla lapsella on näin ollen paremmat edellytykset oppimiselle (Erickson ym. 2011; Erickson ym. 2014). Lisäksi opetukseen integroitu liikunta tarjoaa mahdollisuuksia sosiaalisten taitojen, vuorovaikutuksen ja oppilaan itsetunnon kehittymiseen, mitkä saattavat osaltaan selittää liikunnan positiivisia vaikutuksia oppimiseen (Kantomaa ym. 2013.) Kehon käytön vaikutusta oppimiseen tiedeopetuksen kontekstissa ei ole vielä tutkittu Suomessa ja ylipäätään liikunnallistavien työtapojen vaikutuksesta oppilaiden oppimiskokemukseen, motivaatioon ja kouluviihtyvyyteen on vielä tällä hetkellä vähän tutkimustietoa.

Perusopetuksen uudessa opetussuunnitelmassa pyritään jalkauttamaan kouluihin oppilaiden motivaation lisäämiseksi kokemuksellisia ja toiminnallisia työtapoja (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, POPS 2014, 21). Liikkeen käyttöä oppimisen tukena on tutkittu jo vuosikymmenten ajan ja ollaan havaittu, että jopa opetettavan ilmiön kannalta merkityksetön liike, kuten purkan syöminen (Morgan ym. 2014) tai käden puristaminen nyrkkiin (Propper ym. 2013) voi auttaa asian mieleenpainamisessa. Myös kehollisen toiminnon intensiteetillä on havaittu olevan vaikutusta esimerkiksi siihen, miten opiskellut sanat ovat jääneet mieleen (Skulmowski & Ray 2017; Alban & Kelley 2013). Kun sekä eri aistit ja keho osallistuvat oppimisprosessiin voi syntyä entistä pysyvämpiä muistijälkiä (esim. Kontra ym. 2015, Abrahamson ym. 2014). Tämän hetkisen tutkimustiedon mukaan vaikutus johtuu useasta mekanismista. Ensinnäkin liike oppimisen yhteydessä lisää aivojen verenkiertoa ja siten hapen ja glukoosin kulkeutumista oppimisen kannalta keskeisille aivoalueille (Drollette ym. 2014). Lisäksi liike lisää aivojen sensomotoristen alueiden (Kontra ym. 2015) ja etuotsalohkon aktivoitumista (Tsujii ym. 2013) ja vapauttaa aivoissa välittäjäaineita, kuten dopamiinia, noradrenaliinia, serotoniinia ja aivoperäistä hermokasvutekijää (BDNF), jotka vaikuttavat oppimisen kannalta keskeisiin mekanismeihin, kuten tarkkaavaisuuden ylläpitoon, ja uusien neuroneiden välisten yhteyksien syntymiseen (Drollette ym. 2014; Erickson ym. 2011; Hillman ym. 2009).

Viimeaikaiset tutkimukset tukevat ajatusta siitä, että kehon käytöllä on mahdollisuus vahvistaa oppimista luonnontieteiden opetuksessa. Faber (2011) havaitsi tutkimuksissaan, että kehollista opetusmenetelmää käyttänyt ryhmä muisti opitun asian paremmin 30 päivän kuluttua verrokkiryhmään verrattuna. Burke (2009) integroi tanssia kemian opetukseen ja oppilaiden mukaan tanssi auttoi heitä palauttamaan kemiallisia reaktioita mieleen koetilanteessa. Luonnontieteiden ja matematiikan abstraktit käsitteet voivat konkretisoida kehollisen oppimisen avulla. Mooren ja Linderin (2012) tutkimuksessa kehon käyttö syvensi opiskelijoiden geometrian käsitteiden ymmärrystä. Kehon käytöllä on havaittu olevan vaikutusta myös kognitiivisen kuorman vähentymiseen. Kun esimerkiksi mallintaa kolmiulotteisen kappaleen pyörimistä käsillä, aivojen kapasiteettia vapautuu itse ongelman ratkaisuun (esim. Sweller 1988, Goldin-Meadow ym. 2001). Paulsonin (2012) mukaan kehon liike aktivoi monipuolisesti oppilaan aivoja ja keholliseen oppimisprosessiin liittyvät tunteet auttavat oppilaita oppimaan (Paulson 2012). Tässä artikkelissa keskitytään tutkimaan kehollisen opetusmenetelmän oppilaissa synnyttämiä oppimiskokemuksia ja tunteita.

Kehollinen oppiminen ja kehollisen kokemuksen rooli merkityksellisen oppimiskokemuksen synnyssä

Kehollinen oppiminen on uusi muotoutumassa oleva moniulotteinen oppimiskäsitys, jonka mukaan oppiminen tapahtuu koko kehossa sekä ihmisten välisessä sosiaalisessa ja fyysisessä todellisuudessa (Anttila 2009). Kehollisessa oppimisessa kehollinen toiminta on oleellinen osa oppimistapahtumaa ja huomio suunataan kehollisiin kokemuksiin, aistimuksiin ja näiden reflektointiin (Anttila 2013). Huomioimalla kokonaisvaltaisesti oppilaan toiminnan eri osa-alueiden yhteydet opetuksessa, oppimista voitaisiin tukea paremmin (Anttila 2005b).

Kehollisen opetusmenetelmän käyttö luo mahdollisuuden synnyttää mieleenpainuvan ja merkityksellisen oppimiskokemuksen. Kehollisen oppimisen teorian kivijalkana voidaan pitää Kolbin oppimisen teoriaa (Kolb 1984). Kolb korostaa kokemuksen merkitystä oppimistilanteessa. Oppimisprosessissa ovat mukana monet toiminnot: tunteet, ajattelu, aistit ja käyttäytyminen. Kun kokemus on merkityksellinen, siitä voi tulla oppimisen perusta, joka voi saada käyntiin myönteisen oppimisen syklin. Nelivaiheisen oppimisen mallin ensimmäisessä vaiheessa kokemusta käsitellään tietoisesti. Toisessa vaiheessa kokemuksia havainnoidaan ja tarkkaillaan reflektoiden. Tästä seuraa kokemuksen käsitteellistäminen eli uuden tiedon luominen kokemuksen pohjalta. Viimeisessä vaiheessa uutta tietoa kokeillaan käytännössä, mikä voi edelleen laukaista käyntiin uuden oppimissyklin. (Kolb 1984.) Myös Andresen, Boud ja Cohen (2000) korostavat, että kokempohjaisessa oppimisessa moniaistisuus, tunteet ja kokemuksen reflektointi ovat keskeisessä osassa oppimisprosessia.

Lähtökohtana uuden oppimiselle on riittävä aivojen vireystila ja tarkkaavaisuus, joka on huomion suuntaamista ja riittävän pitkäkestoista ylläpitämistä opeteltavaan asiaan. Fyysinen aktiivisuus lisää aktiivisuutta aivokuoren alueilla, joita tarvitaan tarkkaavaisuuden suuntaamiseen (Hillman 2009) ja jopa pelkästään seisomalla opiskelu aktivoi etuotsalohkoa ja edesauttaa lasten oppimista ja keskittymistä (Mehta 2015).

Tutkijat korostavat tunteiden merkitystä oppimisprosessissa (esim. Mayer, Salovey, & Caruso, 2000). Positiivinen tunne vahvistaa oppimiskokemusta ja tehostaa oppimista (Walker ym., 2003; D'Argenbaum ym., 2002). Vallitsevan oppimiskäsityksen perusajatus on, että ihminen oppii uutta liittämällä sen olemassa oleviin tietoihin ja taitoihin. Ennakkokäsitykset asiasta toimivat siis uuden tiedon ankkureina. On myös havaittu, että objektiivisten tietojen tai faktojen oppiminen tehostuu huomattavasti, jos muistettavaan asiaan liitetään omakohtaisia tai tunnepitoisia asioita (Tulving 1983). Kun oppimisessa käytetään omaa kehoa, oppilas voi aistia monenlaisia kehollisia ja emotionaalisia tuntemuksia, jotka mahdollistavat oppimistilanteen ankkuroitumisen keho- ja tunnemuistiin, jolloin pitkäkestoisen muistijäljen syntymisen todennäköisyys kasvaa.

Oppiaineiden erillisyyttä ja sisältöjen pirstaleisuutta pidettiin edellisen opetussuunnitelman ongelmana. Uudessa opetussuunnitelmassa pyritään eheyttämään eri oppiaineiden tietoja laajemmiksi kokonaisuuksiksi. Esimerkiksi liikuntaa, tanssia, musiikkia ja draaman työtapoja voitaisiin lisätä koulupäivään integroimalla niitä luonnolliseksi osaksi minkä tahansa oppiaineen opetusta (POPS 2014, 27–30). Liikunnan hyödyistä oppimisessa on julkaistu viime vuosina useita tutkimustuloksia, mutta liikunnan tai kehollisen oppimisen käyttöä opetusmetodina aineenopetuksessa on tutkittu vähemmän (Kantomaa ym. 2013).

Tutkimuksen toteutus

Tässä artikkelissa kuvataan opetuskokeilua, joka toteutettiin vuosina 2016–2018 keskisuomalaisessa noin 400 oppilaan yläkoulussa. Vierailuva tutkijaopettaja toteutti seitsemäsluokkalaisille kahden tunnin ”Fysiikkaa tanssien”-nimisen työpajan. Tutkimukseen osallistui yhteensä 24 eri oppilasryhmää. Opetuskokeilussa opetettiin peruskoulun fysiikan, tarkemmin ottaen mekaniikan, ilmiöitä kehollisesti tanssia (breakdancea) apuna käyttäen. Yläkoulun fysiikassa mekaniikan osuus käsittelee erilaisia ilmiöitä, kuten liike, kiihtyvyys, voima, kitka, painopiste ja tasapaino. Kyseiset ilmiöt on mahdollista opettaa siten, että oppilas pääsee itse kokemaan omalla kehollaan opettavat asiat. Tutkimuksen tarkoitus on kehittää kehoa hyödyntäviä opetusmenetelmiä fysiikan opetukseen ja tarkastella, miten kehollinen oppiminen vaikuttaa oppilaiden oppimiskokemukseen. Lisäksi tutkimuksessa haetaan vastauksia taulukon 1 tutkimuskysymyksiin.

Taulukko 1. Tutkimuskysymykset ja tutkimuskysymykseen liittyvät kyselylomakkeen kysymykset

| Tutkimuskysymys | Kysymys/väittävä lomakkeessa | Vastausasteikko/-muoto |
|---|---|--|
| 1. Miten oppilaat yleisesti kokivat työpajan ja erilaiset opetusmenetelmät? | 1.Liikunnallisia työtapoja pitäisi olla fysiikan ja kemian opetuksessa enemmän | Likert |
| | 2.Oppiminen on tehokkaampaa, kun liikuteltavana kappaleena ja tutkimuksen kohteena on oma keho | Likert |
| 2. Onko oppilaiden kokemukset/asenteet työpajaan muuttuneet kolmen vuoden aikana? | 3. Työpajan oppilastyöt tuntuivat mielekkäämmiltä kuin perinteiset luokassa tehdyt oppilastyöt | Likert |
| | 4. Fysiikan ja kemian opiskelu on mukavampaa jossain muualla (esim. pihalla, jumppasalissa, leikkikentällä) kuin omassa luokassa | Likert |
| | 5. Haluaisitko liikunnallisia työtapoja käytettävän muilla muissa oppiaineissa? | kyllä=3, en osaa sanoa=2, en=1 |
| | 6. Liikkuminen vei pois huomiota itse fysiikan ilmiöistä | 1=vähiten samaa mieltä, 5=eniten samaa mieltä |
| | 7. Mielestäni fysiikka oppiaineena on | 1=ei yhtään mielekäs, 5=todella mielekäs |
| 3. Onko toiminnallisten työtapojen käyttö lisääntynyt koulussa fysiikan ja kemian opetuksessa kolmen vuoden aikana? | Onko teillä ollut fysiikan/kemian tunnilla käytössä liikunnallisia työtapoja? | 1=ei yhtään, 2=jonkin verran, 3=joka kerta |
| 4.. Onko tytöillä ja pojilla eroa työpajan kokemisessa? | Asteikolliset kysymykset 1-7 Sukuoli | (tyttö/poika) |
| 5. Onko fysiikan arvosanalla vaikutusta kehollisten työtapojen kokemiseen? | Asteikolliset kysymykset 1-7 Viimeisin arvosana fysiikassa | Kiitettävä/erinomainen (9-10) Hyvä/tydyttävä (7-8) Kohtalainen/välttävä (6-5) |
| 6. Minkälaisia erilaisia oppilasprofiileja oppijoukosta voidaan tunnistaa? | 1.Mitkä ovat tärkeimmät työpajassa oppimasi asiat? | Avoin |
| | 2.Miksi liikunnallisia työtapoja pitäisi mielestäsi olla enemmän? | Avoin |
| | 3. Mikä oli mielestäsi työpajan mieleenpainuvuin hetki? | Avoin |
| 7. Miten työpajaan valvojan roolissa osallistuneet aineenopettajat ovat kokeneet opetuksen liikunnallistamisen työssään ja miten he arvioivat oppilaiden työskentelyä työpajassa? | Opetattamani aine/aineet | Avoin |
| | Kuinka usein olet itse käyttänyt liikunnallistavia opetusmenetelmiä omassa oppiaineessasi viimeksi kuluneen kahden viikon aikana? | 1=En kertaakaan, 2= Muutaman kerran viikossa, 3=Päivittäin, 4=Lähes joka oppitunti |
| | Koen, että opetuksen liikunnallistamisesta on hyötyä omassa oppiaineessani | Likert |
| | Mitä hyötyä/haittaa opetuksen liikunnallistamisessa on mielestäni oman oppiaineesi näkökulmasta? | Avoin |
| | Mitä Fysiikkaa liikkuen-työpajan opetusmenetelmistä voisi siirtää oman oppiaineesi opetukseen? | Avoin |
| | Miten oppilaat mielestäsi osallistuivat työpajan harjoitteisiin ja työskentelivät työpajassa? | Avoin |
| | | |

Työpajan kulku

Kahden tunnin Fysiikkaa tanssien -työpajassa oli tarkoitus opiskella liikkeeseen, tasapainoon ja pyörimiseen vaikuttavia fysiikan lakeja kehollisin menetelmin. Työpajan alussa oppilaiden motivaation herättämiseksi salin näytöltä tuli maailman parhaiden breikkaajien esityksiä oppilaiden saapuessa saliin. Alkuesittelyssä kartoitettiin muun muassa oppilaiden liikunnallisia harrastuksia ja sen jälkeen analysoitiin näytöltä tulevaa breakdance-videota ja havaittiin, että tanssi koostuu kolmesta elementistä: eri tavoin liikkumisista paikasta A paikkaan B, tasapainoliikkeistä eli freezeistä ja pyörimisliikkeistä.

Aluksi työpajalaiset kokeilivat itse liikkumalla, millaisia ovat hidas, nopea, kiihtyvä, hidastuva, suoraviivainen, käyräviivainen sekä heiluriliike ja värähdysliike. Alkulämmittelyksi kehosta etsittiin kaikki mahdolliset osat, joilla voi muodostaa jaksollista värähdysliikettä. Sitten oppilaat liikkuvat musiikin tahtiin opettajan kuvaamin tavoin, esimerkiksi hidas– suoraviivainen, kiihtyvä–käyräviivainen ja nopea–värähdysliike.

Seuraavaksi mietittiin, miten ylipäättään päästään liikkeelle ja miten liikkeen suuntaa voi muuttaa. Oppilaat jaettiin kolmeen joukkueeseen. Yhdelle joukkueelle jaettiin villasukat, toiselle tavalliset sukat ja kolmas sai liikkua paljain varpain. Oppilaat juoksivat kahden viivan väliä kilpaa, ja havaittiin, että sukaton joukkue voitti ylivoimaisesti ja villasukallinen jäi viimeiseksi. Sitten oppilaat pohtivat, mistä tämä mahtoi johtua. Näin päästiin kitka-käsitteeseen ja siihen, että Newtonin toisen lain mukaan kappaleen liiketilan muutokset vaativat voimaa eikä voima pysty välittymään alustaan ilman kitkaa.

Seuraavaksi oppilaiden tehtävä oli miettiä erilaisia alustoja ja jalkineita, joilla saavutettaisiin mahdollisimman pieni ja suuri kitka. Keskusteltiin, miten kitka pitää ottaa eri urheilulajeissa huomioon ja miten esimerkiksi breikkaarit huomioivat sen vaatetuksessaan, kengissään ja breikkausalustassa. Lisäksi oppilaat kertoivat omakohtaisesti, miten kitka vaikuttaa heidän lajissaan, kuten tanssissa, jalkapallossa, yleisurheilussa, laskettelussa tai luistelussa. Toinen osa työpajaa käsitteli tasapainoilmiötä ja kappaleen kaatumista. Aluksi katseltiin videolta, minkä kehon osien varassa breikkaarit pystyvät pysymään tasapainossa. Keskustelun jälkeen oppilaille jaettiin erimuotoisia puulevyjä, joista etsittiin painopistettä siten, että levyä tuettiin yhdestä pisteestä ja yritettiin saada pysymään siitä tuettuna tasapainossa. Kun painopiste löydettiin puupalikasta, alettiin miettiä, missä mahtaa olla tavallisessa asennossa seisovan ihmisen painopiste. Kun päädyttiin siihen, että se on vähän navan alapuolella noin vyönsoljen kohdalla, päätettiin kokeilla kehollisesti samaa, mitä edellä tehtiin puupalikalle. Oppilas asetti vahvemman kätensä kyynärpäähän painopisteensä kohdalle ja yritti hakeutua tasapainoasemaan yhden käden varaan. Jos tämä onnistui, pystyi kokeilemaan yhden käden varassa pyörimistä.

Seuraavaksi määriteltiin tukipinnan käsite, joka on kappaleen alustaan koskettavien uloimmaisten osien rajaama alue. Oppilaiden tehtävä oli nyt asettua sellaiseen asentoon, että heillä oli mahdollisimman suuri tukipinta. Seuraavaksi pienennettiin tukipintaa asteittain: ensin leveä haara-asento, sitten jalat vierekkäin, sitten yhden jalan varassa ja lopulta yhden jalan päkiän tai varpaiden varassa. Jokaisessa asennossa oppilaita pyydettiin piirtämään tukipintansa. Tavoitteena oli saada kehollinen kokemus siitä, miten tukipinnan pieneminen vaikuttaa tasapainoon. Kun tukipinta ja painopiste olivat tuttuja käsitteitä, siirryttiin miettimään, milloin kappale kaatuu. Opettaja otti esille puupalikan, jonka painopisteestä lähtevä luotilanka kertoi painopisteen sijainnin suhteessa tukipintaan. Sitten opettaja lähti kallistamaan alustalla olevaa palikkaa ja pyysi oppilaita havainnoimaan, milloin kappale kaatuu. Oppilaat havaitsivat, että kappale kaatuu juuri sillä hetkellä, kun luotilanka ylittää puupalikan pohjan reunan, eli kappale kaatuu, kun sen painopisteestä vedetty luotisuora ylittää tukipinnan.

Seuraavaksi opettaja laittoi kännykkänsä ja lompakkonsa panokseksi ja pyysi oppilaita kokeilemaan seuraavaa tehtävää: ”Nojaa seinään siten, että selkäsi on suorana ja kantapäät ovat kiinni seinässä. Sijoita kännykkä tai lompakko noin 30 cm:n etäisyydelle kengän kärjistä. Nosta kännykkä tai lompakko maasta siten, että polvesi ovat koko ajan suorana.” Jos tehtävä onnistui, oppilas sai kännykän ja 10000 euroa. Sitten pohdittiin, miksi kappaleen poimiminen onnistui tai epäonnistui. Miten esimerkiksi pellekengät auttaisivat asiaa?

Kolmas osio käsitteli pyörimisen fysiikkaa. Aluksi katsottiin video breakdancesta ja pohdittiin breikkaajien pyörimistä päällään, niskallaan ja selällään. Oppilaat pohtivat, miten pyörimiseen saadaan vauhti. Seuraavaksi katsottiin video, jossa taitoluistelija tekee piruetin ja kehon asentoa muuttamalla saa pyörimiseen lisää vauhtia. Tämän jälkeen opettaja meni pyörivälle tuolille ja opetti pyörimisakselin, hitausmomentin, kulmanopeuden ja pyörimismäärän käsitteen.

Seuraavaksi harjoiteltiin yksinkertaisia piruetteja ja spinejä pyllyn ja selän varassa ja kokeiltiin tuolilla pyörimistä lisäpainojen kanssa ja ilman. Tuolille istuttiin kädet ja jalat suoriksi ojennettuina. Tuolia pyöritettiin ja sen pyörimisnopeutta tarkkailtiin samalla kun istuja veti kädet ja jalat mahdollisimman lähelle vartaloa. Pohdittavia asioita olivat: mitä havaittiin, mikä oli syynä ilmiöön? Sama koe toistettiin painot käsissä ja arvioitiin onko eroa edelliseen tilanteeseen verrattuna. Tämän jälkeen toistettiin koe vielä niin että lisäpunnuksia oli kiinnitetty myös nilkkoihin. Oppilaat kokeilivat, minkä kehonosien varassa on mahdollista pyöriä ja mikä on kulloinkin tukipinta. Tarkoituksena oli havainnollistaa käytännössä, miten hitausmomentin muutos ja siitä seuraava kulmanopeuden muutos saadaan aikaan. Tämän osion lopuksi otettiin kilpailu, kuka pyörii takapuolellaan useimman kierroksen.

Työpajan lopuksi oppilaat suunnittelivat lyhyen kuuden liikkeen tanssin tai liikesarjan, joka sisälsi kaksi tasapainoasentoa eli freezeä, kaksi pyörimisliikettä ja kaksi erilaista etenemisliikettä tilassa. Lopuksi valitut tanssit esitettiin musiikin tahdissa muille.

Tutkimusaineisto ja aineiston analyysi

Oppilaat vastasivat työpajan lopuksi iPad-tableteilla Google Drive -verkkoympäristöön luotuun sähköiseen kyselyyn. Kyselyyn vastasi yhteensä 351 oppilasta, joista poikia oli 47,0 prosenttia ja tyttöjä 53,0 prosenttia. Tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden ja ryhmien määrä eri vuosina näkyy taulukossa 2. Vuonna 2018 tehtiin kysely myös kahdeksalle opettajalle, jotka seurasivat ryhmänsä toimintaa työpajassa. Kyseisessä koulussa on käytetty liikunnallisia työtapoja tiedeopetuksessa suhteellisen vähän, sillä 65,4 prosenttia oppilaista vastasi, että heillä ei ollut lainkaan kokemusta liikunnallisista työtavoista fysiikan ja kemian tunneilla.

Taulukko 2. Tutkimukseen osallistuneet oppilaat (n= 351)

| VUOSI | OPPILAAT (N) | OPPILASRYHMÄT(N) |
|-------|--------------|------------------|
| 2016 | 108 | 8 |
| 2017 | 129 | 8 |
| 2018 | 114 | 8 |

Aineisto analysoitiin tilastollisten hypoteesitestien ja klusterianalyysin keinoin. Ennen tilastollista analyysia, vastaukset kyselylomakkeen avoimiin kysymyksiin taulukoitiin, pelkistettiin ja ryhmiteltiin eri ylä- ja alakäsitteiden mukaisesti vastausryhmiin klusterianalyysia varten. Kuvista 2, 3 ja 4 käy ilmi vastausryhmät, joihin vastaukset ryhmiteltiin. Esimerkiksi oppilaan vastaus ”Kitkaa tarvii liikkumiseen” ryhmiteltiin yläkäsitteen fysiikka alle vastausryhmään ”kitka” kysyttäessä tärkeimpiä työpajassa opittuja asioita. Vastaus ”Miksu skrtrttaa paljon” ryhmiteltiin vastausryhmään ”joku muu”.

Tilastollisia hypoteesitestejä käytettiin tutkittaessa ryhmien välisiä eroja tutkimuskysymyksissä 2-5. Kysymyksessä 2 vertailtiin eri vuosikursseja käyttäen Kruskal-Wallis -menetelmää ja käyttäen Bonferroni-monivertailukorjausta (muuttujien määrä x ryhmien määrä = 7 x 3 = 21). Kysymyksissä 3-5 menetelmänä käytettiin Wilcoxonin kahden otoksen järjestyssummatestiä, jonka antamat p-arvot korjattiin Bonferroni-menetelmällä hypoteesien lukumäärän suhteen. Ryhmien välinen ero todettiin tilastollisesti merkitseväksi, kun $p \leq 0.05$.

Klusterianalyysi on ohjaamattoman koneoppimisen tilastollinen menetelmä (Hastie ym. 2001). Ohjaamattomassa menetelmässä ei käytetä mallia sovitettaessa vastemuuttujia (ennustettava lukuarvo tai luokkatieto) vaan pyritään luomaan esimerkiksi klusterianalyysin tapauksessa luokat datan sisäisen rakenteen perusteella. Tässä tutkimuksessa klusterianalyysin tavoitteena oli tunnistaa aineistosta keskenään samankaltaisten oppilaiden ryhmiä eli koko aineistoa yksilöllisempiä oppilasprofieileja. Menetelmän löytämät klusteriprototyypit kuvaavat kunkin ryhmän tyypillistä käyttäytymistä. Syötemuuttujat esikäsiteltiin lineaarisella skaalauksella muuntamalla dikotomisat 0/1-muuttujat välille $[1/4, 3/4]$, diskreetin (1,2,3)-asteikon muuttujat välille $[1/6, 5/6]$ ja Likert-asteikon 1-5 muuttujat välille $[1/10, 9/10]$. Klusterimalli muodostettiin jakaumaoletuksista riippumattomalla K-spatialmedians-monimuuttujamenetelmällä (Äyrämö 2006). Klustereiden lukumäärä, $K=3$, valittiin tulkitsemalla visuaalisesti eri vaihtoehtoja. K-spatialmedians-menetelmä klusteroi sekä täydelliset että epätäydelliset havainnot ilman aineiston imputointia. Klusterimallin tuottamia ryhmiä tulkittiin visuaalisesti pylväskuvion avulla. Klusterialgoritmin mallit tulkittiin laadullisesti kiinnittämällä huomio niihin muuttujiin, joissa klusterille tyypillisessä vastauksessa havaittiin koko aineistolle tyypillisestä vastauksesta poikkeava trendi.

Kaikki analyysit suoritettiin MATLAB R2016b (MathWorks Inc.) ohjelmistolla käyttäen Statistics and Machine Learning Toolboxia (Version 10.1) ja itse toteutettua K-spatialmedians-klusterianalyysimenetelmää epätäydellisen aineiston klusterointiin (Äyrämö 2006).

Tulokset

Tulosten esittely jakaantuu kolmeen osa-alueeseen: 1) liikunnallisten työpajojen käyttökokemukset, 2) oppilaiden kokemukset työpajatyöskentelystä ja 3) oppilasryhmien profilointi. Kahden ensimmäisen osa-alueen tarkastellaan sekä oppilaiden että opettajien näkökulmista.

Kokemukset liikunnallisista työtavoista

Vuosina 2016-2018 ($n=351$) kerätyn aineiston mukaan 80,9 % oppilaista koki, että työpajan oppilastyöt tuntuivat mielekkäämmiltä kuin perinteiset luokassa tehdyt fysiikan oppilastyöt. Oppilaista 79,2% koki, että oppiminen on tehokkaampaa, kun liikuteltavana kappaleena ja tutkimuksen kohteena on oma keho. Yleisesti (88,0%) oppilaat kokevat, että fysiikan ja kemian opiskelu on mukavampaa jossain muualla oman luokahuoneen ulkopuolella. Merkittävä osa (76,9%) oppilaista haluaisi liikunnallisia opetusmenetelmiä myös muiden aineiden oppitunneille. Noin neljäsosa (26,2%) oppilaista kuitenkin koki, että liikunnallistavat työtavat veivät huomion pois itse fysiikan ilmiöstä. Kokonaisuudessaan voidaan todeta, että valtaosa oppilaista koki fysiikan opiskelun liikkeen avulla positiivisena oppimiskokemuksena.

Opettajille tehdyssä kyselyssä määriteltiin "opetuksen liikunnallistaminen" yläkäsitteenä, mikä sisältää joukon liikunnallisia ja toiminnallisia työtapoja ja opetusmenetelmiä, joissa oman kehon liikettä ja liikuntaa käytetään hyväksi oppimisessa. Myös erilaiset oppitunnin aikaiset taukojummat kuuluvat opetuksen liikunnallistamiseen. Työpajaa seuranneista valvovista opettajista ($N = 8$) 62,5 prosenttia ilmoitti käyttävänsä liikunnallisia opetusmenetelmiä useamman kerran viikossa, 37,5 prosenttia ei lainkaan. Vastaavasti 62,5 prosenttia opettajista koki, että opetuksen liikunnallistamisesta on heille hyötyä omassa oppiaineessaan. Työtapojen hyödyiksi useampi opettaja mainitsi vaihtelun perinteiseen oppituntiin, liikunnan terveyshyödyt ja vireystilan sekä keskittymisen parantumisen. Kahdessa vastauksessa todettiin, että liike auttaa muistiinpainumisessa. Haittapuolena opettajat mainitsivat muun muassa ongelmat ryhmänhallinnassa levottomien ryhmien kanssa. Erään opettajan mukaan pienikin normaalisti poikkeava toimi aiheuttaa levottomuutta ja tehtävästä toiseen siirtymisessä kestää todella kauan. Toisen opettajan ongelmana on se, että osa oppilaista ottaa oppilastyöt "rentoiluna", jolloin työt tehdään vähän vasemmalla kädellä ja ryhmän tulokset ovat "vähän sitä sun tätä". Kolmas opettaja arvio työtapojen hyötysuhdetta ja totesi, että "yksittäisen pienen tehtävän toteuttaminen siirtymiseen ja palautusrauhotteluineen lohkaisee usein opiskeluajasta suhteettoman suuren palasen verrattuna ko. tehtävän painoarvoon."

Kokemukset työpajoista

Tutkimuskysymyksessä 1 vertailtiin, onko oppilaiden kokemukset/asenteet työpajaan muuttuneet kolmen vuoden aikana. Koulu on ollut mukana Liikkuva koulu-ohjelmassa vuodesta 2014 lähtien, joten hypoteesina oli, että ensimmäisen vuoden 2016 positiivisiin kokemuksiin saattoi vaikuttaa työtapojen uutuudenviehätys ja Liikkuva koulu-ohjelman myötä liikunnallistavien työtapojen yleistyminen eri oppiaineissa olisi vaikuttanut tuloksiin vuosien 2017 ja 2018 osalta. Kuitenkin vertailtaessa oppilaiden eri vuosien vastauksia ainoa tilastollisesti merkitsevä ero havaittiin eri vuosikertojen vuosien 2016 ja 2017 ryhmien 1 (n=108) ja 2 (n=129) välillä kysyttäessä fysiikan mielekkyyttä oppiaineena. Vuonna 2017 työpajaan osallistui fysiikkaan oppiaineena kielteisimmän suhtautuva ryhmä. Merkitsevä ero havaittiin ko. muuttujalle, mutta ero johtui vain jakaumien erilaisuudesta mediaaniarvojen ollessa kuitenkin samat.

Oppilaiden mielestä työtapojen käyttö fysiikan ja kemian tunneilla oli pysynyt samana, vaikka olisi ollut oletettavaa, että Liikkuva koulu-ohjelma olisi lisännyt työtapojen käyttöä tarkasteluvälillä myös tiedeopetuksessa. Sukupuolten välillä ei havaittu tilastollisesti merkittävää ero työpajan kokemisessa eikä myöskään oppilaan fysiikan arvosanalla ollut vaikutusta asteikollisten kysymysten vastauksiin tilastoanalyysin mukaan.

Kysyttäessä opettajilta, miten oppilaat osallistuivat työpajan harjoitteisiin ja työskentelivät työpajassa, viisi kahdeksasta opettajasta arvioi ryhmän kokonaisuudessaan toimineen työpajassa hyvin, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Kahden opettajan arvoissa heidän valittavanaan oli ”ujo, hitaasti lämpiävä ryhmä, jotka tekivät annettujen ohjeiden mukaisesti, mutta ujonpuoleisesti.” Opettajan mukaan ryhmän oppilaat ”tekisivät kaiken yksin, jos mahdollista” ja ”eivät tykkää ryhmätehtävistä”. Yksi opettajista arvioi, että ”työpajan alku oli levotonta ja fokus siirtyi välillä ihan muihin juttuihin. Kun oppilaat pääsivät alkujännityksestä, toiminta alkoi sujua.” Kokonaisuutena voidaan todeta, että opettajat vastaukset validoivat hyvin tutkija-opettajan kokemukset. Kaksi ryhmää olivat tutkija-opettajankin mielestä haastavampia ja kokemukset ryhmistä olivat samansuuntaiset opettajien havaintojen kanssa.

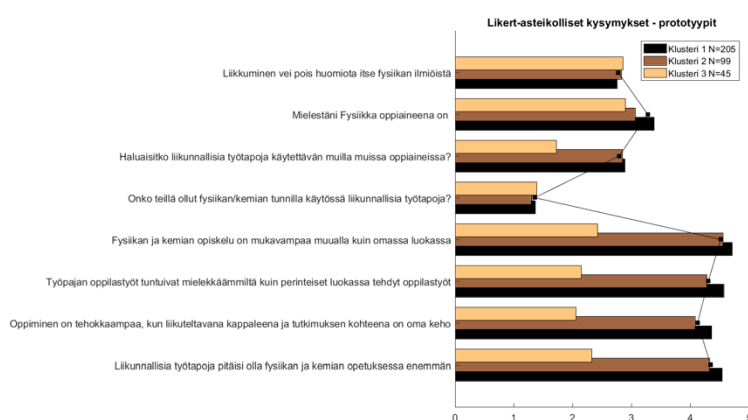
Oppilasprofiilit ja -ryhmät (Klusterianalyysi)

Kuudenteen tutkimuskysymykseen löytyi klusterianalyysissä kolme vastausprofiileiltaan toisistaan erottuvaa ryhmää: *positiivisesti työpajaan suhtautuvien tunne-kehollisten oppilaiden ryhmä (n=201)*, *kiireellä kyselyyn vastaajien ryhmä (n=99)* ja *kielteisimmän työpajan sisältöihin suhtautuvien ryhmä (n=45)*.

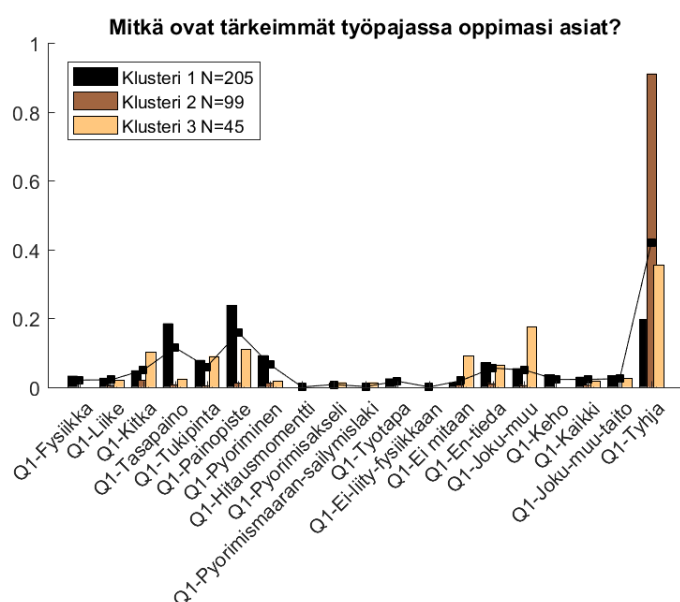
Klusteri-1 (N = 201) eli tunne-kehollisten ryhmä muodosti suurimman ryhmän, jonka Likert-asteikollisiin kysymyksiin antamat pisteet olivat väitettä ”Liikkuminen vei pois huomiota itse fysiikan ilmiöistä” lukuun ottamatta koko aineistolle tyypillisiä vastauksia korkeampia (Kuva 1). Klusterin oppilaat olivat aktiivisia vastaamaan ja jättivät vastaamatta kysymyksiin selkeästi muita ryhmiä harvemmin. Klusterin oppilaat kokivat tasapainon ja painopisteen tärkeämpinä opittuina asioina useammin kuin aineistossa kokonaisuutena (Kuva 2). Klusterin oppilailla oli koko aineistoon suhteutettuna myös useampia näkemyksiä kysymykseen miksi työpajoja pitäisi olla enemmän. Tärkeitä syitä olivat muun muassa, että liike edesauttaa oppimista, tunne, vaihtelevuus ja liikunnan hyödyt (Kuva 3). Mieleenpainuvimpina asioina nähtiin koko aineistoa useammin oma tanssi, 10000 euron tavoittelu, pyöriminen ja painopiste. Asiat liittyivät hetkiin, joissa kehollinen opetusmenetelmä oli vahvasti läsnä ilmiön opiskelussa. (Kuva 4).

Klusteri-2 (N = 99) eli kiireellä kyselyyn vastannaiden ryhmä on ryhmistä toiseksi suurin. Ryhmän vastaukset Likert-asteikollisiin kysymyksiin noudattavat hyvin suurelta osin Klusteri-1:n ja koko aineistolle tyypillistä profiilia, mutta oppilaiden antamat pisteet ovat kauttaaltaan hieman pienempiä (Kuva 2). Selkein koko aineistosta erottava tekijä oli se, että klusteriin kuuluvat oppilaat jättivät pääosin vastaamatta kolmeen avoimeen kysymykseen (Kuva 3, Kuva 4, Kuva 5).

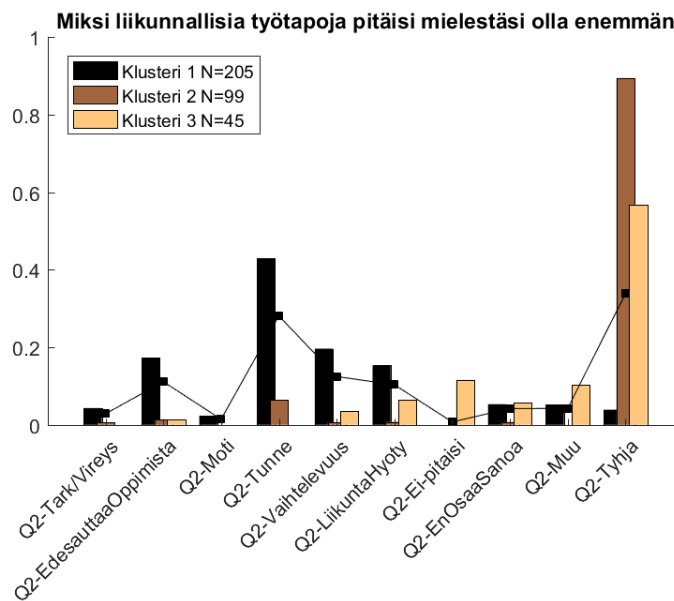
Klusteri-3 (N = 45) eli kielteisimmän työpajoihin suhtautuneiden ryhmä erottui Likert-asteikollisten kysymysten osalta selkeimmin muista ryhmistä, klusteriin kuuluvien oppilaiden kahdeksaan kysymykseen antamien vastausten poiketessa viiden kysymyksen osalta selkeästi koko kahden muun ryhmän profiilista (Kuva 3). Klusterin tyypilliset vastaukset ovat viiden kysymyksen osalta tasoa 2 kun muut ryhmien vastaukset näihin kysymyksiin ovat tasolla 3/3 ja 4-5/5. Ainoastaan ”Kitka” ja ”Tukipinta” nousivat esille kysymyksessä tärkeimmistä työpajassa opituista asioista (Kuva 4). Koko aineistoon verrattuna klusterin oppilaat vastasivat kysymykseen useammin ”Ei mitään”, ”En tiedä” tai ”Joku muu” ja noin puolet eivät vastanneet lainkaan kysymykseen. Kysymykseen ”Miksi liikunnallisia työpajoja pitäisi mielestäsi olla enemmän?” klusterin oppilaiden vastaukset jakautuivat vaihtoehtoihin ”Liikunnan hyödyt”, ”Ei pitäisi”, ”En osaa sanoa”, ”Muu” ja lähes puolet eivät vastanneet (Kuva 4). Pieni osa klusterista näki mielenpainuvimpana hetkenä oman tanssin, mutta tyypillisesti oppilaat vastasivat Liitty muuhun tai jättivät vastaamatta (Kuva 5). Klusteri voidaan nähdä jonkinlaisena pienenä, mutta poikkeavana havaintojoukkona suhteessa koko aineistoon, jonka vastauksissa on painotus epävarmuuteen liittyvissä vaihtoehdoissa.



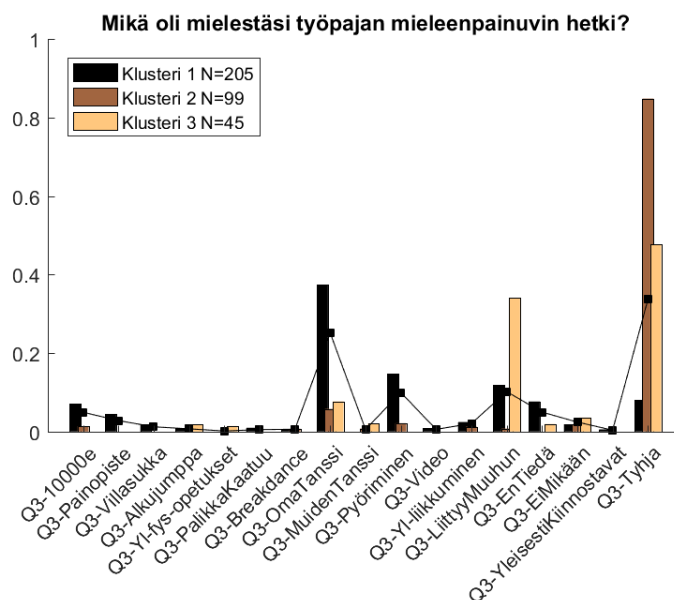
Kuva 1. Klusteriprofiilit Likert-asteikollisissa kysymyksissä. Koko aineistolle tyypilliset vastaukset on kuvattu yhtenäisellä ja neliöille viivalla.



Kuva 2. Klusterikohtaiset ja kokonaineiston profiilit kysymykseen ”Mitkä ovat tärkeimmät työpajassa oppimasi asiat?”



Kuva 3. Klusteriprofiilit kysymyksessä Miksi liikunnallisia työtapoja pitäisi mielestäsi olla enemmän?



Kuva 4. Klusteriprofiilit kysymyksessä "Mikä oli mielestäsi työpajan mieleenpainuin hetki?"

Pohdinta ja johtopäätökset

Tutkimuksessa tarkasteltiin, miten kehollinen oppiminen vaikuttaa oppilaiden oppimiskokemukseen fyysiikan opetuksessa. Tutkimus toteutettiin yhdessä koulussa, joten tulosten yleistäminen vaatii vielä lisätutkimuksia useammassa ympäristössä. Tulokset tarjoavat kuitenkin mitattua tietoa, jota voidaan hyödyntää kehitettäessä uuden opetussuunnitelman mukaisia kehollisia opetuskäytänteitä suomalaiskouluissa. Tutkimuksessa selvitettiin oppilaiden oppimiskokemuksia, joten tämän tutkimuksen pohjalta ei voi ottaa kantaa siihen, oliko opetuskokeilu tehokas fyysiikan ilmiöiden oppimiseen oppimistulosten näkökulmasta. Tässä tutkimuksessa on käytetty Likert-asteikollisia kysymyksiä ja tuloksia tulkittaessa on syytä pitää mielessä, että myönteiset väittämät saattavat johdatella vastauksia. Tämän vuoksi asteikollisten kysymysten lisäksi kyselylomakkeessa on laadittu myös avoimia kysymyksiä.

Kokonaisuutena oppilaat kokivat keholliset opetusmenetelmät ja liikunnan käytön opetusmenetelmänä myönteisenä eikä sukupuolella tai koulumenestyksellä havaittu vaikutusta työpajan kokemiseen. PISA 2015 –tutkimus osoitti erityisesti suomalaisten poikien kiinnostuksen luonnontieteitä kohtaan heikentyneen ja heidän suoriutumisensa olleen tyttöjä heikompa. Tutkimuksen mukaan oppilaiden sukupuolella tai koulumenestyksellä ei ollut yhteyttä heidän kokemukseensa työpajasta. Työpaja ja siinä käytetyt keholliset opetusmenetelmät näyttäisivät siis kiinnostavan myös heikkoja poikia. Keholliset työtavat voisivat motivoita luonnontieteiden opiskeluun poikia ja heikompia oppilaita, joille luonnontieteiden abstraktien käsitteiden on haastavaa. Aiempien tutkimusten valossa liikunnan lisäämistä oppitunnille hyötyvät kaikki, mutta ylivilkkaat ja oppimistuloksiltaan heikommät oppilaat hyötyvät eniten liikunnan integroimisesta oppitunteihin (Hillman ym. 2008; Drollette ym. 2014; Kujala ym. 2012). Kiinnostava jatkotutkimusaihe olisi tutkia oppilaita haastatellen, miksi joku ei koe kehollistamista (tai työpajaa) mielenkiintoisena tai miksi toinen kokee.

Rutiinin rikkominen opetusmenetelmien, oppimisympäristöjen tai opetusvälineiden suhteen lisää oppilaiden tarkkaavaisuutta ja vaikuttaa mieleenpainuvan oppimiskokemuksen syntymiseen (Moilanen & Salakka 2016; Smeds ym. 2015). Mikäli liikunnallistavia työtapoja käytetään liikaa, niistä voi syntyä rutiini ja se voi vaikuttaa oppilaiden oppimiskokemukseen negatiivisesti (Koivisto ym. 2017). Fysiikkaa tanssien -työpajaan liittyi useita elementtejä, jotka poikkesivat tavallisen fysiikan tunnin elementeistä kuten muun muassa kehollinen työtapo, luokan ulkopuolinen oppimisympäristö ja vieraileva opettaja. Koulussa, jossa tutkimus toteutettiin, liikunnallisia työtapoja oli käytetty tiedeopetuksessa vähän. Voidaan olettaa, että oppilaat kokevat työtapojen vaihtelun usein myönteisenä ja tässä suhteessa tutkimuksen positiiviset tulokset eivät tule yllätyksenä. Jatkotutkimuksessa tulisikin tutkia koulua, jonka tiedeopetuksessa toimintakulttuurin liikunnallistaminen on viety jo ennen tutkimuksen aloittamista pidemmälle, jolloin myös työpajan opettajana voisi toimia luokan oma opettaja. On olennaista myös toteuttaa pidempiä opetusjaksoja, joissa liikunnallisuus on keskeisessä roolissa oppimista ja opetusta.

Tutkimuksen tarkoituksena oli myös tutkia, miten ei-ohjatulla koneoppimisella voitaisiin jalostaa opettajalle uutta tietoa ryhmästä tavallisen palautekyselyn pohjalta. Klusterointimenetelmä voi tuottaa opettajalle hyödyllistä tietoa oppilasryhmistä ja heidän asennoitumisestaan oppimiseen ja opetukseen. Opettaja voi tunnistaa ryhmästään erilaisia oppilasprofiiileja, joiden perusteella hän voi valita kyseiselle ryhmälle sopivia opetusmenetelmiä ryhmän oppilasprofiilijakaumien mukaan. Menetelmiä ja työkaluja olisi mahdollista kehittää myös yksilötasolla siten, että oppilas saisi entistä yksilöllisempää opetusta. Vastaavaa Big data -analyysin kehitystyötä tehdään jo nyt mm. personoidun lääketieteen ja ennaltaehkäisevän terveydenhuollon kentällä ja tulevaisuudessa tekoälypohjaiset oppimisanalytiikkaratkaisut yleistyvät myös kouluissa.

Liikkuva koulu -ohjelman tavoitteena on lisätä oppituntien aikaista fyysistä aktiivisuutta muun muassa liikunnallistavien opetusmenetelmien avulla. Opetuksen liikunnallistamisen hyödyt ovatkin useiden opettajien ja opetusharjoittelijoiden tiedossa, mutta kuten koulussa, jossa tutkimuksemme toteutettiin, liikunnallistavat opetusmenetelmät eivät ole vielä jalkautuneet luonnolliseksi osaksi tavallisen aineenopettajan pedagogista työkalupakkia. Tässä tutkimuksessa haastateltu opettaja kertoi, että keväällä 2017 Liikkuva koulu-aiheinen koulutus innostikin useita opettajia kokeilemaan liikunnallistavia työtapoja, mutta valitettavan moni oli palannut alkuinnon hiivuttua vanhoihin rutiineihinsa. Tutkimuksemme osoittaa myös, että uusien työtapojen käyttö tiedeopetuksessa ei ole oppilaiden kokemusten mukaan lisääntynyt vuosina 2016-2018.

Jyväskylän normaalikoulun vuoden 2015–2016 opintojensa loppuvaiheessa olleille aineenopettajajarjoittelijoille (n = 450) tehdyn kyselyn mukaan 90 prosenttia vastanneista oli sitä mieltä, että liikkumista lisääviä opetusmenetelmiä pitäisi käyttää nykyistä enemmän aineenopetuksessa. Saman kyselyn mukaan 40 prosenttia opetusharjoittelijoista ei ollut käyttänyt lainkaan omassa oppiaineessaan opetuksen liikunnallisuutta lisääviä tai kehollista oppimista hyödyntäviä opetusmenetelmiä (Moilanen & Salakka 2016).

Opettajankoulutuksen olisi mahdollista vastata liikunnallisten työtapojen opettamisesta valmistuville opettajille entistä vahvemmin. Moni opettaja saattaa myös kokea, että hänellä ei ole taitoja integroida esimerkiksi tanssia omaan oppiaineeseensa. Yksi uuden opetussuunnitelman tavoitteista onkin lisätä yhteistyötä eri oppiaineiden opettajien välillä sekä suunnitella että toteuttaa esimerkiksi eri oppiaineita integroivia monialaisia oppimiskokonaisuuksia, joissa pyritään luomaan eheitä kokonaisuuksia jostain opiskeltavasta ilmiöstä. Uudet opetussuunnitelmat tarjoavat opettajille mahdollisuuksia rakentaa opetuskokeiluja, joissa integroidaan eri aineita rohkeasti tavoitteena synnyttää oppilaalle 2000-luvun taitojen oppimisen ohessa merkityksellinen oppimiskokemus ja syväoppimiseen vaadittava pysyvä muistijälki. Liikkuminen ja toiminnallisuus ei kuitenkaan ole oppitunnilla itsetarkoitus vaan tehokas keino edistää oppimista (Moilanen & Salakka 2016).

Lapsilla ja nuorilla on tarve merkitykselliseen vuorovaikutukseen ja yhteyteen kouluyhteisössään (Osterman 2000). Välituntien fyysisen aktiivisuuden on todettu olevan yhteydessä parempiin koettuihin vertais-suhteisiin koulussa (Haapala ym. 2014a). Keholliset opetusmenetelmät antavat mahdollisuuden oppilaan aktiivisen toimijuuden vahvistumiseen ja uusia tilaisuuksia oppitunneille harjoitella vuorovaikutustaitoja ja ryhmässä toimimista. Oppilaat, joilla on hyvät sosiaaliset suhteet koulussa ja jotka pitävät koulusta, myös oppivat paremmin (Crosnoe & McNeely 2008; Boulton ym. 2011). Liikkuva koulu-ohjelman ja uusien opetussuunnitelmien myötä toiminnallisuutta oppitunneilla pyritään lisäämään. Jatkotutkimuksessa olisi mielenkiintoista tutkia vaikuttaako lisääntynyt toiminnallisuus oppilaiden vuorovaikutustaitojen ja sosiaalisten suhteiden kehittymiseen.

Liikunnallisen toimintakulttuurin sisäistäminen ja uusien rutiinien luominen oppitunnille vaatii sekä aikaa että opettajilta rohkeutta kokeilla ja epäonnistua. Usein uudet toiminnalliset työtavat saattavatkin alkuun aiheuttaa ylimääräistä levottomuutta oppilaissa ja haasteita ryhmänhallinnassa, kuten koulun opettajat tutkimuksessamme raportoivat. Kun alkuhaasteiden yli selvittää ja uusista työtavoista muodostuu rutiini, tulokset voivat olla positiiviset. Liikkuva koulu ohjelman väliraportin mukaan 92 prosenttia opettajista kokee Liikkuva koulu -toiminnan hyödyllisenä kouluviihtyvyyden ja 83 prosenttia työrauhan kannalta (Aira & Kämppi 2016).

LÄHTEET

Aira, A., & Kämppi, K. (2016). Kohti aktiivisempia ja viihtyisämpiä koulupäiviä. *Liikkuva koulu-ohjelman väliraportti, 1*, 2015-31.

Abrahamson, D., & Lindgren, R. (2014). Embodiment and embodied design. *The Cambridge handbook of the learning sciences, 2*, 358-376.

Alban, M. W., & Kelley, C. M. (2013). Embodiment meets metamemory: Weight as a cue for metacognitive judgments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 39*(5), 1628.

Andresen, L., Boud, D., & Cohen, R. (2000). Experience-based learning. *Understanding adult education and training, 2*, 225-239.

Anttila, E. (2005). Tanssin, siis ajattelen. *Pohdintoja tanssista, oppimisesta ja kehotietoisuudesta [“I dance, therefore I think:” Contemplations on dance, learning and body consciousness]*. In S. Karppinen & I. Ruokonen (Eds.), *Taidon ja taiteen luova voima*, 71-84.

Anttila, E. (2009). Mitä tanssija tietää?: kehollinen tieto ajattelun ja oppimisen perustana. *Aikuis-kasvatus 29* (2009): 2.

Anttila, E. (2013). *Koko koulu tanssii! Kehollisen oppimisen mahdollisuuksia kouluyhteisössä.*

Blumenfeld, R. S., & Ranganath, C. (2007). Prefrontal cortex and long-term memory encoding: an integrative review of findings from neuropsychology and neuroimaging. *The Neuroscientist, 13*(3), 280-291.

Boulton, M. J., Don, J., & Boulton, L. (2011). Predicting children's liking of school from their peer relationships. *Social Psychology of Education, 14*(4), 489-501.

Burke, J. S. (2009). Chemistry meets choreography to enhance student comprehension. <http://www.edutopia.org/arts-education-chemistry-dance-visualization> (9.5.2018)

Cohen, R. (1993). Using experience for learning McGraw-Hill International.

Crosnoe, R., & McNeely, C. (2008). Peer relations, adolescent behavior, and public health research and practice. *Family & Community Health, 31*, S71-S80.

D'Argembeau, A., Comblain, C., & Van der Linden, M. (2003). Phenomenal characteristics of autobiographical memories for positive, negative, and neutral events. *Applied Cognitive Psychology, 17*(3), 281-294.

Deci, E. L., Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., & Ryan, R. M. (1991). Motivation and education: The self-determination perspective. *Educational psychologist, 26*(3-4), 325-346.

Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., ... & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and science in sports and exercise, 48*(6), 1197.

Drollette, E. S., Scudder, M. R., Raine, L. B., Moore, R. D., Saliba, B. J., Pontifex, M. B., & Hillman, C. H. (2014). Acute exercise facilitates brain function and cognition in children who need it most: an ERP study of individual differences in inhibitory control capacity. *Developmental cognitive neuroscience, 7*, 53-64.

Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... & Wojcicki, T. R. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(7), 3017-3022.

Erickson, K. I., Leckie, R. L., & Weinstein, A. M. (2014). Physical activity, fitness, and gray matter volume. *Neurobiology of aging, 35*, S20-S28.

Faber, R., Henneman, S., & Wright-Sabbatino, K. (2011). Science with dance in mind: A collaboration with primary movers and Baltimore County public schools 2009-2011. *Focus on Dance Education Collaborations: Different Identities, Mutual Paths, 70*.

Goldin-Meadow, S., Nusbaum, H., Kelly, S. D., & Wagner, S. (2001). Explaining math: Gesturing lightens the load. *Psychological Science, 12*(6), 516-522.

Haapala, H. L., Hirvensalo, M. H., Laine, K., Laakso, L., Hakonen, H., Kankaanpää, A., ... & Tammelin, T. H. (2014). Recess physical activity and school-related social factors in Finnish primary and lower secondary schools: cross-sectional associations. *BMC Public Health, 14*(1), 1114.

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience, 159*(3), 1044-1054.

Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience, 9*(1), 58.

Kantomaa, M., Syväoja, H. & Tammelin, T. (2013). Liikunta – hyödyntämätön voimavara oppimisessa ja opettamisessa? *Liikunta & Tiede, 50* (4), 12–16.

Koivisto K, Koski P. & Matarma T. 2017. ActionTrack mobile application in teaching—Changes of pupils' physical activity and enjoy being at school: A pilot study. *Liikunta & Tiede 54* (2–3), 91–98.

Kokko, S., & Hämylä, R. (2014). Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. *LIITU-tutkimuksen tuloksia, 5-6*.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M., & Beilock, S. L. (2015). Physical experience enhances science learning. *Psychological Science*, 26(6), 737–749.

Kujala, T., Krause, C-M., Sajaniemi, N., Silvén M., Jaakkola T. & Nyyssölä, K. (toim.) 2012. Aivot, oppimisen valmiudet ja koulunkäynti. Neuro- ja kognitiotieteellinen näkökulma. OPH:n julkaisuja 2012. Viitattu 9.5.2018 http://www.oph.fi/download/138958_Aivot_oppimisen_valmiudet_ja_koulunkaynti.PDF

Mehta, R. K., Shartz, A. E., & Benden, M. E. (2015). Standing up for learning: A pilot investigation on the neurocognitive benefits of stand-biased school desks. *International journal of environmental research and public health*, 13(1), 59.

Mezirow, J. (1995). Uudistava oppiminen. Kriittinen reflektio aikuiskoulutuksessa. *Helsingin yliopisto, Helsinki*.

Meyer, D. K., & Turner, J. C. (2002). Discovering emotion in classroom motivation research. *Educational psychologist*, 37(2), 107-114.

Moore, C. and Linder, S. (2012). Using dance to deepen student understanding of geometry. *Journal of Dance Education*, 12 (3), 104-108.

Moilanen, H. & Salakka, H. (2016). *Aivot liikkeelle!* P-S-kustannus. Jyväskylä.

Morgan, K., Johnson, A. J., & Miles, C. (2014). Chewing gum moderates the vigilance decrement. *British Journal of Psychology*, 105(2), 214-225.

Murtonen, M., Gruber, H., & Lehtinen, E. (2017). The return of behaviourist epistemology: A review of learning outcomes studies. *Educational Research Review*, 22, 114-128.

Osterman, K. F. (2000). Students' need for belonging in the school community. *Review of educational research*, 70(3), 323-367.

Paulson, P. (2012). The brain and learning. *Journal of Dance Education*, 12 (1), 81-83

POPS 2014. Perusopetuksen opetusuunnitelman perusteet 2014. Opetushallitus. Määräykset ja ohjeet 2014:96.

Propper, R. E., McGraw, S. E., Brunye, T. T., & Weiss, M. (2013). Getting a grip on memory: Unilateral hand clenching alters episodic recall. *PLoS one*, 8(4), e62474.

PISA 15 Ensituloksia. Huipulla pudotuksesta huolimatta. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2016:41. Viitattu 1.5.2018. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79052/okm41.pdf>

Smeds, P., Jeronen, E. and Kurppa, S. (2015). Farm Education and the Value of Learning in an Authentic Learning Environment. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(3): 381-404

Skulmowski, A., & Rey, G. D. (2017). Bodily effort enhances learning and metacognition: Investigating the relation between physical effort and cognition using dual-process models of embodiment. *Advances in cognitive psychology*, 13(1), 3.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285.

THL. Kouluterveyskyselyn tulokset. (2017) Peruskoulun 8. ja 9. luokan oppilaat, muutokset 2015-2017. Viitattu 11.5.2018. www.thl.fi.

Tsujii, T., Komatsu, K., & Sakatani, K. (2013). Acute effects of physical exercise on prefrontal cortex activity in older adults: a functional near-infrared spectroscopy study. In *Oxygen transport to tissue XXXIV* (pp. 293-298). Springer, New York, NY.

Tulving, E. (1983). Euphoric processes in episodic memory. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 302(1110), 361-371.

Tynjälä, P. (1999). *Oppiminen tiedon rakentamisena: konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Kirjayhtymä.

Walker, W. R., Skowronski, J. J. & Thompson, C. P. 2003. Life Is Pleasant – and Memory Helps to Keep It That Way! *Review of General Psychology*, 7 (2), 203–210.

Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K., & Hesketh, K. D. (2017). Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 114.



IV

COLLECTING AND USING STUDENTS' DIGITAL WELL- BEING DATA IN MULTIDISCIPLINARY TEACHING

by

Hannu Moilanen, Sami Äyrämö, Susanne Jauhiainen & Marja Kankaanranta,
2018

In Education Research International, vol. 2018, Article ID 3012079.

Reproduced with kind permission by Hindawi

Collecting and using students' digital well-being data in multidisciplinary teaching

Moilanen Hannu, Äyrämö Sami, Jauhiainen Susanne, Marja Kankaanranta

Faculty of Information Technology, University of Jyväskylä, Finland

Abstract — This article examines how students ($N = 198$, ages 13 to 17) experienced the new methods for sensor-based learning in multidisciplinary teaching in lower and upper secondary education that combine the use of new sensor technology and learning from self-produced well-being data. The aim was to explore how students perceived new methods from the point of view of their learning and did the teaching methods provide new information that could promote their own well-being. We also aimed to find out how to collect digital wellbeing data from a large number of students and how the collected big data set can be utilized to predict school success from the students' wellbeing data by using machine learning methods (Lasso regression and Multi-layer Perceptron). Results showed that sensor-based learning can promote students' learning and well-being. All upper secondary school ($n=37$) and 87 % of lower secondary school pupils ($n=161$) argued that when data is produced by their bodies learning is more interesting and they mostly found that well-being analysis was useful (upper secondary 97%, lower secondary 78%) and can improve personal well-being (upper secondary 78%, lower secondary 67 %). The predictive powers with Lasso regression and Multi-layer Perceptron (MLP) were quite weak (correlation -0.14 and 0.34 respectively).

Keywords: Sensor-based learning, well-being, big data

Introduction

In recent years, interest in using sensor-based learning technologies in science education has grown [1]. The idea of using wearable sensors has been used for a long time in sports training to give feedback to an athlete, but in the field of education there have only been some studies [2,3,4] that explore how new technology could be used as a beneficial educational tool to enhance learning through an authentic learning experience. Self-generated data can be more interesting and more practical for a student than the traditional examples of teaching methods. When the phenomenon is studied with the data produced by students' bodies it can increase motivation and enhance learning [5]. At the same time, the students learn about their own health behavior. For some students, processing their own data can also increase physical activity [6].

The new wearable technology has evolved enormously over the last few years; it has become more precise, cheaper and its usability has developed and sensors can be used to collect versatile data about students' wellbeing, health and exercise. Best smartwatches can nowadays measure well-being data from the wrist (heart rate, heart rate variability, stress, amount of sleep, steps, calories, exercise load, VO₂-max-estimation) and they include for example accelerometers for movement analysis, location tracking, temperature and air pressure sensors [7]. The measured data can be analyzed from the perspective of different disciplines in the school [8].

The new Finnish national core curriculums claim that each school has at least one special theme day, a project week or special course each year that combines the contents of the different subjects and examines the chosen phenomenon from a multidisciplinary perspective. In multidisciplinary teaching the same topic or phenomenon is studied from the viewpoint of more than one discipline. The aim is to make it possible for the students to understand relationships and interdependencies between the studied subjects and to help students combine knowledge and skills from different disciplines and structure them into meaningful entities. Multidisciplinary teaching can provide new perspectives for the students they had never considered before. These episodes are called multidisciplinary learning sets. The learning methods used in multidisciplinary studies emphasize the use of ICT and collaborative learning [9].

With research information, it has become clear that students' overall well-being affects school enjoyment and school performance [10]. The new Finnish national core curriculum for basic education (FNCBE) and

upper secondary school emphasises pupils' prerequisites for taking care of their mental and physical well-being, control of everyday life and use of technology in learning and teaching [9,11]. The aim is that the pupil learns to take care of him or herself and others and practices the skills that are important to his or her own life and everyday life and increase the well-being of his/her environment. In addition, the pupil should learn to know and understand the factors that promote and contribute to well-being and health, and to seek information related to them [9].

The aim of this study is to develop new methods for sensor-based learning in multidisciplinary teaching in lower and upper secondary education that combine the use of new sensor technology and learning from the self-produced well-being data. The main research question is to explore how students perceived new methods from the point of view of their learning and did the teaching methods provide new information that could promote their own well-being? We also studied how to collect digital wellbeing data from a large number of students and how the collected big data set can be used. There are many possibilities for applying data mining techniques for collected big data, but we chose to examine as the methodological objective whether it is possible to predict school success from the students' wellbeing data by using Lasso regression and Multi-layer Perceptron (MLP).

Wellbeing and learning

Sleep, physical activity, and recovery from stress are fundamental elements for wellbeing and learning [10]. Recent research has highlighted concerns regarding the well-being of Finnish school-aged adolescents. According to recent surveys Finnish students move and sleep less than before [12]. In addition school exhaustion has increased among young Finns. Stress especially affects girls (age 14-18), of whom 18% feel they are exhausted. Ten percent of boys of the same age feel that they are exhausted but on the other hand, they have more negative attitudes towards schooling. Three-quarters of Finnish upper secondary school students suffer from negative feelings, such as fatigue, stress, anxiety and boredom, as evidenced by the Finnish Ministry of Education report. Only a quarter of students have positive emotions towards schooling, such as enthusiasm [12,13]. It is also concerning that Finnish pupils' attitudes towards school have become more negative, and many of them experience a lack of school motivation [14].

The positive effects of sleep and physical activity on children's and adolescents' school performance has been studied [15, 16, 17, 18, 19]. The effects of stress on learning results are relatively unstudied in adolescents. Stress has both positive and negative effects on learning; stress-hormones like cortisol are good for learning and memory performance, but it is known that prolonged stress has been associated with impaired cognitive performance and has a negative effect on sleep, memory and learning [20, 21, 22, 23]. In this study we collected pupils' well-being data (e.g., stress, recovery, physical activity and sleeping time). We used the collected data as learning material and predicted school performance from the measured data.

Stress is a powerful modulator for memory and the process of learning. Acute stress releases stress hormones into the blood that increases arousal, which increases performance up to some point according to the upturned U-shaped curve [22]. This means that memory and cognitive functions will improve as the amount of stress hormones increases to a certain point after which the beneficial effects will become detrimental and then a decrease in performance occurs. Chronic stress changes the brain's plasticity and neurogenesis and has harmful effects on the structures of the hippocampus, amygdala and prefrontal cortex, which can result in memory disorders and mental health problems [21].

The level of stress hormones has a connection with emotional arousal and learning. Several researchers emphasise the significance of emotions in the learning process [24, 25, 26]. In learning processes an optimal level of emotional arousal is necessary. It creates a chemical cocktail in brains consisting of Dopamine, Noradrenaline and Acetylcholine to keep learners' motivation and attention at the optimum level [27]. A positive feeling strengthens the learning experience and enhances learning [28, 29, 30]. Emotions affect the amount of the stress hormone, cortisol, which reinforces the memory trace that emerges through the learning process in the hippocampus [20]. On the other hand, excessive stress and emotional arousal can prevent the effective functioning "thinking part" of prefrontal brain areas important for learning and have a negative effect on learning. When the limbic system, the center of emotional processing takes control in stressful situations, prefrontal cortex temporarily shuts downs [31, 32].

Another perspective for looking at the effects of stress on learning is to study how student experiences the new learning situation and it depends on students' cognitive abilities and motivation whether the stress in the learning situation is associated with hindrances or challenges. Students who experience challenge stress feel that the learning situation is positive and changeable. Many times, the learning experience is slightly stressed and over-challenged and the student is exposed to something new and these students who experience challenge stress in these situations will more likely cope with their stress and get motivation for learning. According to LePine et. al challenge stress is positively related to motivation to learn, and motivation to learn was positively related to learning performance [33]. If the learning task is too challenging in relation to the learner's capacities and resources it will likely trigger hindrance stress reaction, which is negatively related to motivation to learn [33].

Measurement of stress

To collect well-being data and to measure pupils' stress levels and recovery, we used Firstbeat Bodyguard2, that is a heart rate sensor targeted for long-term monitoring of heart rate variability (HRV). HRV is a non-invasive marker of autonomic nervous system (ANS) activity, and HRV-based methods can be used to measure pupils' stress and recovery [34].

Previous studies have measured stress both by subjective and objective instruments. Some studies have been focused on an individual's subjective perception of stress, which can be assessed by using psychological tests and questionnaires [33, 35]. Stress can also be evaluated objectively by measuring the physiological parameters of the body. Stress reaction causes the activation the sympathetic-adrenal medullary (SAM) system and the hypothalamic- pituitary-adrenocortical (HPA) axis, which elevates blood pressure, heart rate (HR) and concentration of cortisol in blood, urine and saliva and reduces heart rate variability (HRV) [36, 37]. Measuring cortisol from saliva to assess stress has been used in many studies but it requires a laboratory process and it cannot measure stress levels around the clock. HRV has been evaluated to be most practical method of stress assessment in latest studies [38].

Several studies have found that high psychological stress reduces HRV [39, 40] and HRV has been also shown to be a useful objective method for evaluating the physiological effects of stress [38]. HRV refers to the variation in time between consecutive beats in the heart. A small heart rate variation is a sign of sympathetic activation of the ANS caused by different inherent and environmental stressors. Recovery and restful conditions are linked to increased activity of the parasympathetic part of the autonomic nervous system and higher HRV and lower HR [40].

Sensor-based learning

The collected data can be used for different uses in sensor based learning. For example, if the studied phenomenon is stress, the students can analyze their self-measured stress data to study in which situations they feel stressful and which factors gain their daily stress levels. This can promote the motivation for studying the phenomenon and the obtained data can help them to improve their quality of their lives and personal well-being. In addition, the same data could be utilized by the doctors and schools nurses in preventive health care and by the researchers in big data research.



Figure 1. Use of collected data in sensor based learning

Sensor based science learning by using wearable technologies has been explored in some studies. Some science projects have linked pupils' activity data collected with pedometers and heart rate sensors to learning and the experiences of both pupils and teachers have been positive [2,3]. Lee & Thomas [3] used heart rate monitors and pedometers in two fifth grade classrooms investigating the distances that they walk, the relationship between heights and footsteps taken, and variations in heart rates among twins and with adults. From the self-generated data, they learned to draw graphs and tables, and compared the differences between different students and considered the reasons. The experimental group had improvement over the learning results from the control group that used traditional methods. Finn & Mcinnis [2] used wearable technology with fifth and sixth grade students. They found that incorporating physical activity into lessons made learning fun and exciting and it also improved students' scientific investigation skills and graphical analysis and interpretation. It also helped behaviors such as alertness, focus and concentration.

Moilanen [4] used Polar smartwatches with upper secondary school students ($n=31$) in the advanced physics course 2, which dealt with thermal phenomena, ie work, energy, heat, efficiency and power. The students wore the activity meter on their wrists 24 hours a day during a three-week test period. Finally, the students completed a project task for the course that utilized data collected by the smartwatches. 59 per cent of the students answered in the questionnaire that was held after the course that the use of mobile devices (iPad, smart watch, Measuring Sensors) promoted their learning in physics. A majority of the students in the course wished that smartwatches would be used physics courses to collect self-generated data for physics assignments. Most of the students also experienced that smartwatch is useful because it motivates to gain physical activity and it gives useful information about sleeping, activity and health behavior.

Implementation of the study-Description of experiments

Case 1: Lower secondary school

The study was conducted in a lower secondary school of about 300 pupils in Central Finland. The theme of the school of spring 2017 was taking care of oneself and skills of everyday life. Teachers ($n = 60$) were divided into three teams (X, Y, Z) in august 2016 for designing a theme day. Each team had representatives from the different subjects and the teams designed one three-hours learning package, which were held three times during the spring, for about a hundred pupils at a time. Respectively the pupils were divided into three groups ($N=100$). In the division were taken into account that each group had pupils of all grades.

Teacher team Y planned a workshop that dealt with the theme of sleep, stress management and physical activity. The pupils were given an opportunity to do Firstbeat Wellbeing measurement and analysis, which offers the pupil an individual information about stress factors, sleep, recovery and movement. The measurements were arranged for the pupils of each group before the theme day. Firstbeat boduguard 2 sensors were borrowed from Firstbeat and the University of Jyväskylä. The sensors were charged and prepared for pupils for sharing. The package included the sensor, instructions for measurement and electrodes for attaching the device. The class teacher shared the packages to the pupils two weeks before the wellbeing theme day in a weekly class meeting and instructed pupils to start measurements on Thursday morning and to stop on Sunday morning. This makes it possible to investigate the differences in the pupils' recovery between normal school days and the weekend. The researcher-teacher actively sent reminder messages to the pupils and parents during the measuring process, so that as many as possible could make the measurements before the theme day. The pupils returned the sensors one week before the theme day, so that the researcher-teacher had enough time to upload the data from the sensors to a software and prepare the wellbeing analysis for the pupils.

At the beginning of the theme day the pupils were divided into three groups and the pupils received feedback from the wellbeing analysis. 182 pupils (300 pupils) attended Firstbeat's wellbeing analysis. The pupils got personal feedback for example from different stressors, about recovery sufficiency and sleep amount and quality and about physical activity during the test period. The pupils who did not participate in the wellbeing analysis formed their own group and filled a multiple-choice questionnaire about their own well-being. Next, each group circulated three functional workshop (duration 45 min / workshop), where the themes were sleep, physical activity and stress management.

In the stress management workshop pupils practiced relaxation skills including simple breathing exercises, relaxing with music and pictures as well as a short massage session. In addition, pupils were reflecting in the small groups on their own ways to manage stress and shared the practices with the others. In the sleep workshop the pupils got information about the importance of sleep from the latest research and tools if they had problems with sleeping. In the end of the workshop pupils responded to the quiz by using an application named Kahoot. Physical activity Workshop combined the use of technology and physical exercise. Pupils among other activities played Just Dance-game, Sprint-game and practiced the use of SportsTracker application.

Case 2: Upper secondary school- High School: Exercise, well-being and measuring course

Initially in the spring of 2017 and 2018 first was arranged an optional Exercise, well-being and measuring-course in the same school. The course included the new Finnish national curriculum multidisciplinary thematic studies for the upper secondary school. The course integrated different disciplines (physics, chemistry, physical education, health education, biology, maths, ICT and psychology) and themes of the course were physical activity, stress and time management, sleep and nutrition. The aim of the course was that students measure different physical quantities from their own body and body movement with modern sensor technology and linking the measured data to the studied phenomena. Additionally, the goal was to improve students' wellbeing with the measured data and feedback from the well-being analysis.

The students got Polar M200 smart watches for the course and they did Firstbeat's wellbeing analysis two times, during the normal school week and during the exam period in the end of the course. They also tested mobile applications for measuring sleep and physical activity. Sleep and recovery was also possible to monitor with Emfit QS-sleep monitor sensors.

In addition, a large number of students made arterial stiffness measurements, maximum oxygen test capability (VO₂max), body composition measurements and the Finnish national physical functional capacity tests for students. A temporary laboratory was built for the course, with which the students could independently or in small groups do some measurements (including blood glucose, PEF, lung volume, hypotension, hypertension). In addition to normal contact teaching there were some visits on the course and some visiting experts. Students participated in contact teaching and visits, made measurements and returned the project work. Five of the eleven tasks from the project work are in table 1.

| |
|--|
| <p>Stress and recovery</p> <p>Collect from Firstbeat's lifestyle assessment to excel-sheet an average amount of recovery per day as a percentage, length of sleep periods (average for the measurement period) and the amount of recovery from the sleepin period (in percent). Explain the term heart rate variability (HRV) and what does it tell about the autonomic nervous system? What kind of information about body physiology can be obtained when measuring HRV?</p> |
| <p>Sleep Monitoring</p> <p>Collect to excel-sheet an average sleep time / day measured with Polar M200 for the longer measurement period and Firstbeat Bodyguard2 for few days measurement period. Are there differences in measurements on different devices? What are the consequences of low sleep or poor quality of life? Which stage of sleep is especially important for recovery and learning and why?</p> |
| <p>Physical activity</p> <p>Collect to excel-sheet an average the number of steps per day measured by Firstbeat and Polar devices. What is recommendation, how many steps one should at least take per day? Why long-term sitting it makes it harmful and why are more than 20 minutes seating times periods should be avoided? Are there any differences between the devices in calculating steps? What was the average calorie consumption per day during measurement period? Was there any differences in calculating energy consumption between Polar's and Firstbeat's devices?</p> <p>Blood pressure</p> <p>Measure your blood pressure in school's laboratory three times during the normal school day (morning, lunchtime and afternoon). Do the measurement again on the exam date before the exam. Is there any variation in blood pressure between days and time of day? What is the disadvantage of high / low blood pressure?</p> |
| <p>Vertical jump</p> <p>Measure three times during the course maximum height of your vertical jump in laboratory with Ipad-video analysis application. Instructions for calculating the maximum height are in the laboratory. Why the Finnish ski team use the morning vertical maximum jump-tests for recovery follow-up?</p> |

Table 1. Five examples of the course tasks

Data collection, processing and analysis

Data

The research data was collected at one Finnish University Teaching training school and it consisted of three data sets. At the end of the well-being courses, the students responded to an electronic questionnaire. The electronic questionnaire was answered by 198 pupils and it consisted of Likert scale questions (5 for strongly agree, 4 for agree, 3 for neutral, 2 for disagree, 1 for strongly disagree) and open-ended questions that were coded for different sub-categories for analysis. The questionnaire was divided according to main research questions as shown in Table 2.

Table 2. Main research questions and related questions in questionnaire

| Research question | Question in survey/Format of the question/data |
|--|--|
| 1. How did students experience sensor-based learning on the course? 2. Did the sensor-based teaching methods provide new information that could promote students' well-being? | Q1. Which things / tasks / assignments were the most useful or most effective for your own learning? Open-ended question. Q2. Which of the course's content was best remembered? Open-ended question. Q3. When the measurement data of the course is produced by your own body, it makes learning the phenomenon more interesting. Likert-scale. Q4. As things are studied by measuring the quantities of your own body, the things studied will be better remembered. Likert-scale. Q5. Did you get concrete tips on the course that you can improve your overall well-being in everyday life? Likert-scale. Q6. Firstbeat well-being analysis was, in my opinion, useful. Likert-scale. Q7. With Firstbeat measurements and results, I can improve my personal well-being. Likert-scale. |
| 3. How to collect and utilize digital wellbeing data from a large number of students? 4. Is it possible to predict school success from the student's wellbeing data? | Teacher-researcher's perceptions Firstbeat wellbeing data and school grades |

The second data set consists of Firstbeat bodyguard2-sensor measurements from 112 students between the ages of 13 and 17 (mean 14.63, std 1.42). The sensor measurements include 49 physiological variables such as maximum and minimum heart rate, heart rate variability, light and hard exercise time, and stress and relaxation time from the measurement day. Some of the monitored variables, such as HRV, are very individual. Therefore, base values for them should be measured under normal circumstances and all later measurements proportioned according to those. As the data in this study only included measures from a few days, a change of some variables (standard deviation of RR intervals, min resting heart rate, high frequency power, low frequency high frequency power ratio) between Friday and Saturday was calculated and used. With the change variables the individual difference does not need to be considered. We had the measurements for 198 students, but finally the data set consisted only of 112 students, those that had successful measurements from both Friday and Saturday.

The third data set includes all the course grades from from of the students (n=112), who had a successful Firstbeat measurement. There were 119 variables in the grade data. The grades were combined into an average grade for each student. In addition, the data was normalized to follow the standard normal distribution.

Data-analysis: Predictive modelling

For predicting the grades we used Lasso regression and Multi-layer Perceptron (MLP), both with 10-fold cross validation. LassoCV from Python's sklearn library was used and correlation between the predicted grades and real values was calculated. For MLP, MLPRegressor from sklearn was tested with different parameter values. All available activation functions ('identity', 'logistic', 'tanh', and 'relu') were tested. Solver 'lbfgs' (an optimizer in the family of quasi-Newton methods) has been found to perform better for small data sets [52] and was therefore used in this study. A model with one hidden layer with 3, 6, and 9 neurons and regularization terms 0.0001, 0.001, and 0.1 were tested. Again, the correlation between the predicted grades and real values was calculated. We also tried a simpler prediction task, where the students were arranged based on their grade average and only the best and worst third were included. The task was to predict whether a student belongs to the best or worst third. In addition to prediction, Pearson correlations between the average grades and Firstbeat measurement variables were calculated.

Results

Students' perceptions of courses

Figure 1 shows the percentages of students' positive answers to the questions in survey (Table 1). For Likert-scale questions this means the percentage of the students who answered 4 (agree) or 5 (strongly agree).

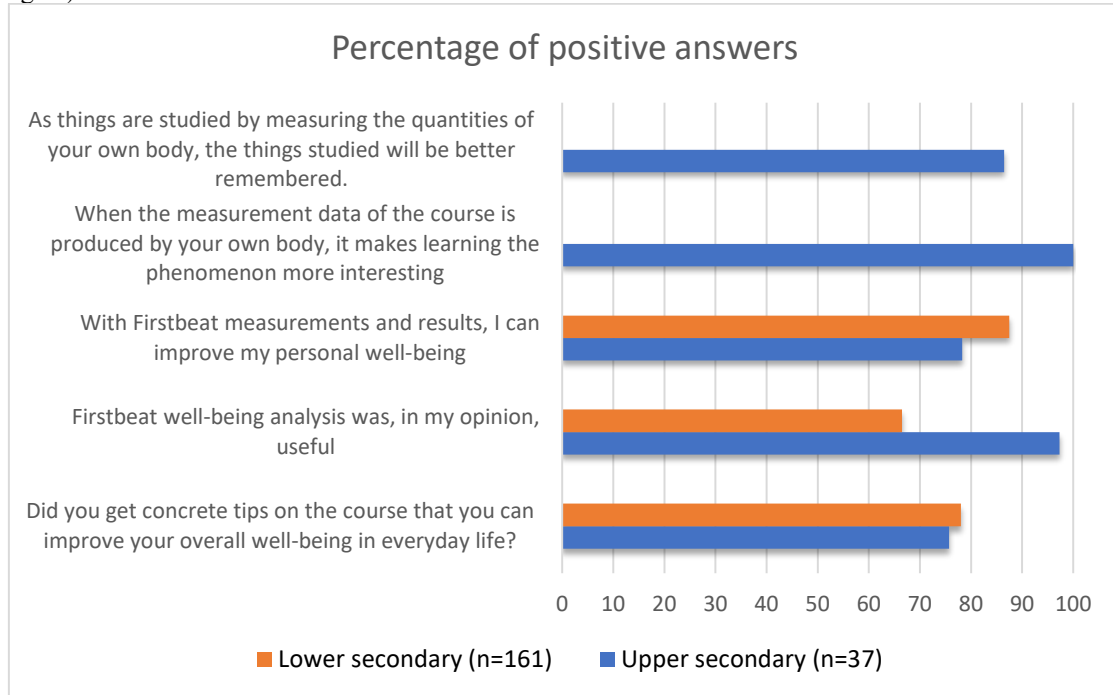


Figure 2. Percentages of the students' positive answers to the questions.

In general, students evaluated their experiences of sensor-based learning in both cases positively. All upper secondary school and 87 % of lower secondary school pupils argued that when data is produced by their bodies and learning is more interesting and they mostly found that well-being analysis was useful (upper secondary 97%, lower secondary 78%) and can improve personal well-being (upper secondary 78%, lower secondary 67 %). When the students were asked, which things / tasks / assignments were the most useful or most effective for their learning, 84 per cent of the students' answers included some of the measurements related to own body. Lectures held by experts were mentioned in 32 per cent of the students' answers. Some students also argued (8 %) that writing the project work of the course was effective for their learning and 5 per cent of the students' perceived discussion in groups useful. The students were also asked, which of the course's contents were best remembered and 72 per cent of the students' felt that the measurements were best remembered after the course. Lecturers were mentioned in 36 per cent of the students' responses.

Data collection process

One of the objectives of the study was to pilot how to collect digital health data from a large number of pupils and how to utilize the collected data. The pilot study taught a few important observations about the data collection process. First of all, cooperation with teachers is very important as they help the researcher to share and collect research permissions and sensors in the weekly meetings with their pupils. In our study the class teacher distributed the sensors to pupils two weeks before the wellbeing theme day in a weekly class meeting and instructed pupils on the measurements. With lower secondary school pupils collecting sensors and authorization papers can be sometimes challenging. It took some extra time to send messages to the pupils and parents, who had not returned the sensors or permission papers in time. Finnish school system has a digital Wilma-tool for communication with parents, teachers and pupils and it made communication easier and faster. We had 30 Firstbeat sensors that were recycled in different groups according to the planned schedule. All the meters were returned in good condition and all the pupils got measurements done in time. Measurements were not as successful with all pupils as planned. For some reason, some pupils were wearing the sensor just one day instead for the planned three-day measurement. About 20 per cent of

the pupils didn't return the permission for the measurements at all, so they couldn't participate in the measurements and well-being analysis. It is worth thinking about ways for getting these pupils involved in the measurements, because according to the teacher-researcher observations, these pupils had the greatest challenge with health habits and life management and they might benefit from the measurements most. Pupils in the upper secondary school are in a sensitive and evolving stage of life, so the teachers must be sensitive in all pupils' bodies related measurements. For example body composition measurements are not worth doing at all.

With the upper secondary school students the measurements went smoothly, partly, because the students are more mature and they chose the course voluntarily. The students used Polar M200-smartwatches and Firstbeat Bodyguard2-sensors for measuring sleep, physical activity and stress. The usability of the Polar smartwatch was better than with the Firstbeat sensor, because it measured the data from the wrist. 86 per cent of the students found that the Polar M200 was easy to use. The Firstbeat sensor is attached to the body by electrodes and 41 per cent of students experienced that wearing it disturbed the everyday life. From the teacher-researcher's point of view collecting data with Polar was easy. The smartwatches were distributed at the beginning of the course to the students who themselves created user accounts for Polar Flow ja paired the watch with their mobile phones and during the course stored their data in the Polar Flow-cloud. With Firstbeat sensors the teacher-researcher had to do all the preparations with the sensors and upload the data after the measurements to the Firstbeat server, where it was possible to create a lifestyle assessment for each student. This process took about 10 minutes per student. Firstbeat sensors are more precise and valid for scientific research than Polar smartwatches, but because of short three-day measurement randomized factors seem to affect the measurements more than with Polar M200 that were worn many weeks.

Utilizing the data-Predicting school success from well-being data

The methodological task of this study was to explore what new information could be processed from the data collected from the students. We decided to find correlation between grades and objectively measured 49 physiological variables by using machine learning. Especially how the measured stress correlates with school grades is a phenomenon that has not yet been studied.

The correlations between predicted grades and their real values were quite weak. For Lasso regression the correlation was -0.14 . In Figure 3 the scatter plot between the true and predicted average grades can be seen. It demonstrates how most of the grades were predicted close to 8.5.

Table 3. Correlation between predicted and real grades for different MLP models.

| | 3 | 3 | 3 | 6 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 |
|-----------------------|--------|-------|--------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| neurons | | | | | | | | | |
| regularization | 0.0001 | 0.001 | 0.1 | 0.0001 | 0.001 | 0.1 | 0.0001 | 0.001 | 0.1 |
| identity | 0.051 | 0.046 | 0.211 | 0.058 | 0.061 | 0.211 | 0.067 | 0.059 | 0.211 |
| logistic | 0.154 | 0.243 | 0.090 | 0.157 | 0.151 | 0.088 | 0.123 | 0.127 | 0.184 |
| tanh | 0.148 | 0.190 | 0.339 | 0.140 | 0.140 | 0.218 | 0.012 | 0.018 | 0.122 |
| relu | 0.151 | 0.046 | 0.058 | -0.033 | -0.063 | 0.013 | -0.134 | -0.133 | -0.054 |

For the tested MLP models, the correlations between the predicted and real average grades can be seen in Table 3. The highest correlation was 0.339 with 3 neurons, regularization term 0.1 and the hyperbolic tan function ($f(x) = \tanh(x)$) as activation. The scatter plot for real and predicted grades can be seen in Figure 4.

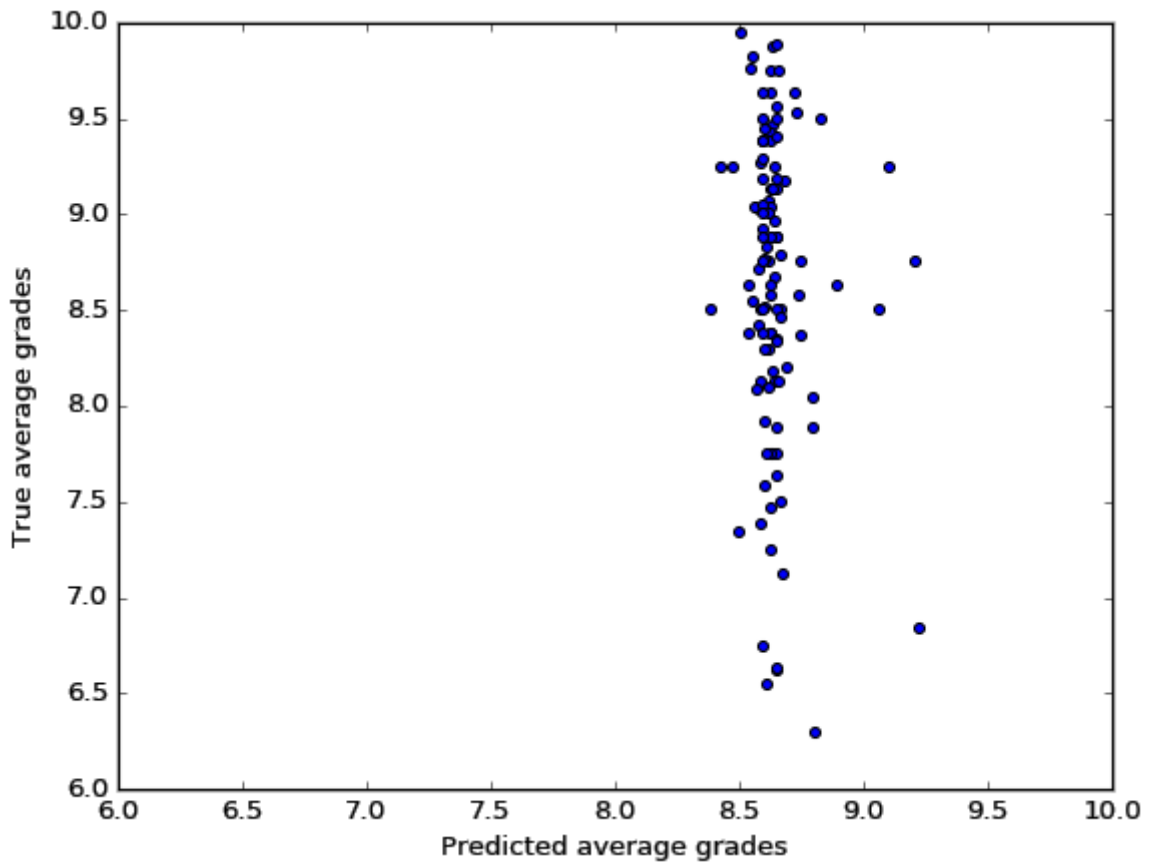


Figure 3. The true and predicted average grades with Lasso

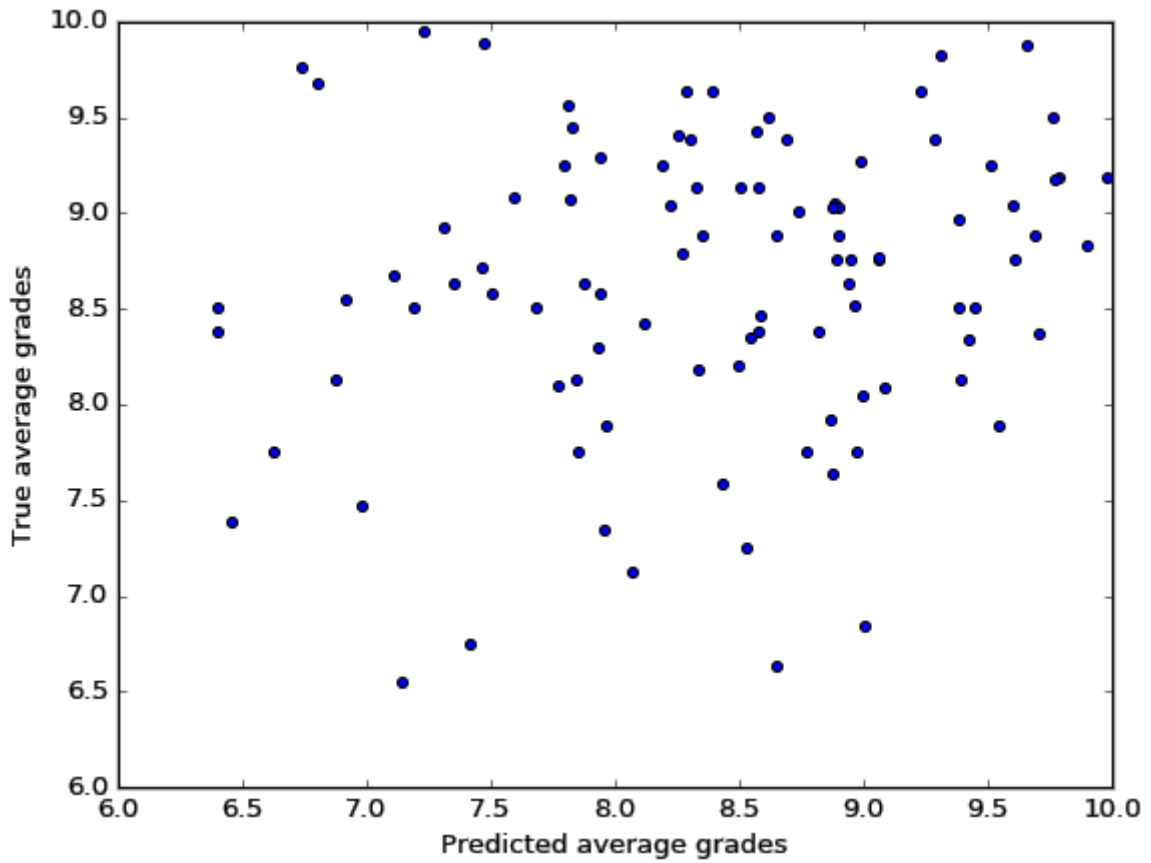


Figure 4. The true and predicted average grades with MLP.

In the simple task, where the aim of the prediction was to decide whether a student belongs to the best or worst third, MLP classified about 46% to the wrong class. When calculating the correlations between the variables, a significant correlation ($-0.267, p < 0.01$) was found between carbohydrate energy expenditure (EECH) and the grade average. However, this may just be a coincidence as there were 49 correlations calculated and therefore the p-value should be corrected accordingly.

Conclusions and discussion

The focus of the pilot study was to explore how pupils experience sensor-based learning with the data produced by their own bodies. Because research was restricted to one school, the results can be generalised only after further studies in other environments. However, the findings provide measured data that can be utilised in developing teaching practices in compliance with the new national core curriculum in Finnish schools.

As a whole, the pupils experienced sensor-based learning as a positive learning experience and felt that it promoted their learning and most of them thought obtained data can improve their personal well-being. Tulving [39] found that learning of objective data or "facts" will be enhanced if the learning process involves personal or emotional factors. Kolb [40] emphasizes the experience as a basis for learning. Action-based learning processes involves emotions and use of different senses and enable a meaningful learning experience to emerge [40]. This pilot study suggests that the sensor-based learning methods increase meaningfulness in learning. PISA 2015 [41] results highlighted that Finnish boys' motivation in science had lowered. It may thus be that traditional science teaching methods do not stimulate boys' interest in the studied content. Further research should be conducted in order to find out whether girls and boys experience bodily learning methods in different ways, and whether especially boys could benefit from the sensor-based approach in science.

In the responses from the students, the course measurements were positively emphasized. Measurements at the course were bodily active processes that combined the co-operation and the use of different sensory channels. When both different senses and the body participate in the learning process, more persistent memory traces can emerge [42, 43]. This supports the view that most pupils benefit from the use of body and several sensory channels in instruction [44, 45].

Sensor-based learning featured various elements that differed from the elements of regular courses for instance, the new sensor-technology, bodily approach, a learning environment outside of the classroom and visiting lecturers. Breaking the routine regarding teaching methods, learning environments or tools increases pupils' attention and contributes to a memorable learning experience [4, 46]. It can be hypothesised that pupils tend to find a change in working methods positive, so the positive findings of the study are no surprise in this respect. Therefore, further research should be conducted to find out pupils' experiences of long-term use of the sensor-based learning methods.

Research has found that self-tracking technology can improve an individual's wellbeing and motivation toward exercising on the short term, but there are challenges in acceptance and long-term use of wearable self-tracking technology [47, 48, 49, 50]. Even though the pupils felt that the measurements were beneficial for their wellbeing development, further studies should investigate whether the measurements will cause permanent changes in health habits.

This pilot study is a part of a University of Jyväskylä project, which aims to explore the use of big data and artificial intelligence in healthcare and education (Figure 5) [47]. Self-quantification, artificial intelligence and telemedicine will bring savings in healthcare in the future [47]. The Finnish education system produces a huge amount of data that is not yet utilized in preventative health care. We find that the same digital wellbeing data could be utilized in both learning and in preventive health care. In future the role of schools in preventative health care is emphasized. Health-measuring technology is developing at a rapid pace and becoming more reliable, cheaper and easier use. This is also open for schools providing new types of opportunities for the exploitation of health-data. Properly utilized the measurements can give students valuable information about themselves and evoke the interest in their own health behavior as well as how the student's own actions affect body and mind. Well-being guarantees better conditions for learning. We found

that the collection of well-being data was successful with a reasonable amount of work and in future research we aim to collect more data sets which also include data from blood samples. However, it is important to remember that ethics and security in data management are the most important factors in data collection process.

According to the experiences of the students, the collection of the well-being data should be easy and effortless. Nowadays, heart rate variation can be measured from the wrist, so in future research data could be collected with smartwatches, rings or clothes. This would facilitate data collection, allow a longer measurement period and the sensors would be more comfortable for the user.

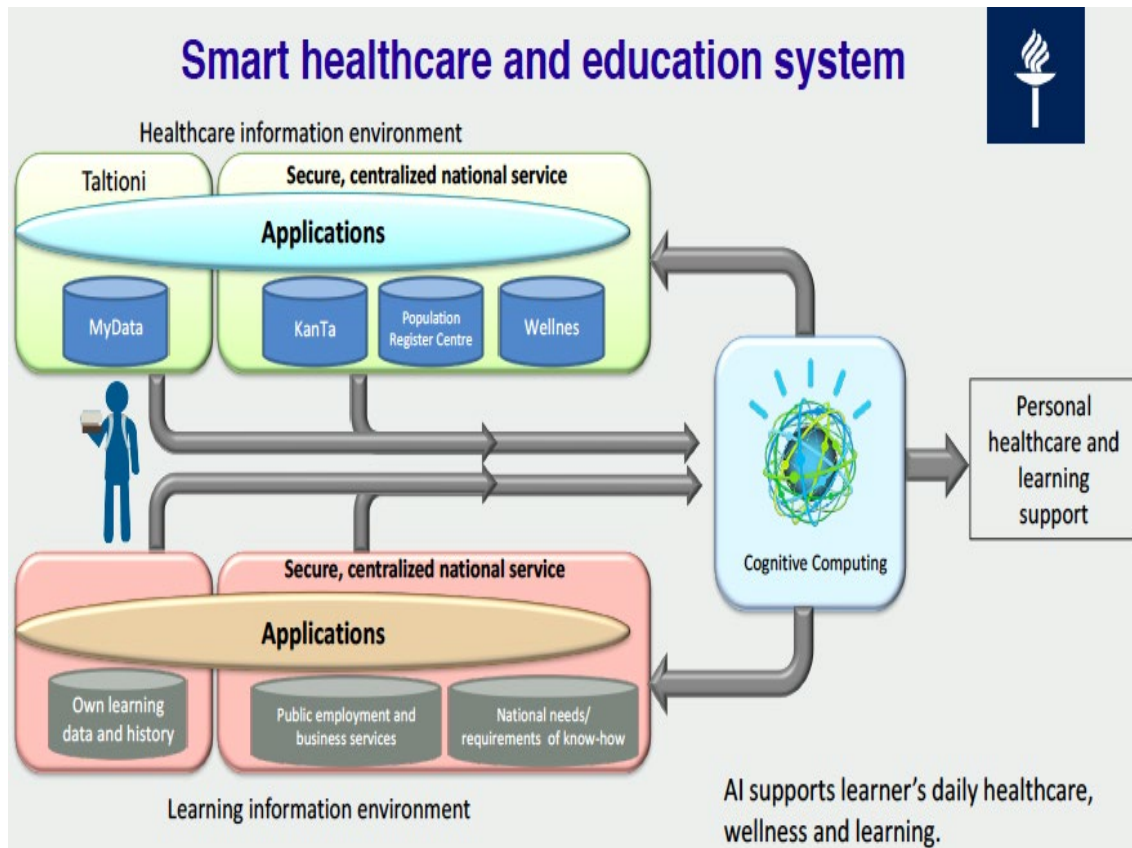


Figure 5. Cognitive computing in Finnish smart healthcare and education system in future

One of the aims of this study was to examine whether it is possible to find correlations between the physiological variables of sensor measurements and school grades and to predict school success from well-being data. The weak correlations in prediction are most probably related to the data properties and not the predictive power of Firstbeat's wellbeing measurements. In further studies, a longer measurement period could provide more accurate information. Additionally, a more reliable picture of exercise habits, recovery and their individual impact would be obtained. In this study, randomized factors seem to affect the measurements during the three-day measurement period. At the individual level, measurements could be made several times, for example, during the exam week, in order to follow the development of wellbeing factors over the long term.

Data Availability

The students' well-being data, grades and answers to the electronic questionnaire data used to support the findings of this study are restricted by the *University of Jyväskylä Ethical Committee principles* in order to protect students' privacy. Data are available from HANNU MOILANEN, (University of Jyväskylä) for researchers who meet the criteria for access to confidential data.

Funding Statement

This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflicts of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

References

- [1] Schneider, J., Börner, D., Van Rosmalen, P., & Specht, M. (2015). Augmenting the senses: a review on sensor-based learning support. *Sensors*, 15(2), 4097-4133.
- [2] Finn, K. E. & Mcinnis, K. J. (2014). Teachers' and students' perceptions of the active science curriculum: Incorporating physical activity into middle school science classrooms. *The Physical Educator* 71, 234-253.
- [3] Lee, V. R. & Thomas, J. M. (2011). Integrating physical activity data technologies into elementary school classrooms. *Educational Technology Research and Development* 59(6), 865- 884.
- [4] Moilanen, H. & Salakka, H. (2016). *Aivot liikkeelle!* (In Finnish) P-S-kustannus. Jyväskylä.
- [5] Moilanen, H., Äyrämö, S. & Kankaanranta, M. (2018). Learning physics outside the classroom by combining use of tablets and bodily activity. *EdMedia 2018 proceedings*.
- [6] Kulmala, J. & Moilanen, H. (2017). Oppilaan terveystiedon osana monialaista opetusta. (Finnish). *Liito-lehti* 2/17
- [7] Garmin. Garmin forerunner 935 features. <https://www8.garmin.com/manuals/webhelp/forerunner935/EN-US/GUID-12499DA3-32A8-468E-9E71-786C8B25EA27.html>. Accessed 2 June 2018.
- [8] Moilanen, H. & Salakka, H. (2016). *Aivot liikkeelle!* (In Finnish) P-S-kustannus. Jyväskylä.
- [9] National Core Curriculum for Basic Education 2014, "Finnish National Board of Education, Helsinki" (Finnish), 2016, http://oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf.
- [10] Adler, A. (2017). Well-Being and Academic Achievement: Towards a New Evidence-Based Educational Paradigm. In *Future Directions in Well-Being* (pp. 203-208). Springer, Cham.
- [11] National Core Curriculum for Upper Secondary Schools 2015, "Finnish National Board of Education, Helsinki" (Finnish), 2015, http://oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf.
- [12] THL. Finnish National Institute for Health and Welfare. Kouluterveyskyselyn tulokset. (2017) (In Finnish). Retrieved from <https://www.thl.fi/fi/web/lapset-nuoret-ja-perheet/tutkimustuloksia> (27.12.2017)
- [13] Salmela-Aro, K., & Read, S. (2017). Study engagement and burnout profiles among Finnish higher education students. *Burnout research*, 7, 21-28.
- [14] OECD. 2017. PISA 2015 results (Volume III): students' well-being. Paris: OECD Publishing.
- [15] Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K., Hesketh, K. D. (2017). Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 14 (1), 114.

- [16] Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., ... & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197.
- [17] Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A., Bögels, S. M. (2010). The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: a meta-analytic review. *Sleep medicine reviews* 14 (3), 179–189.
- [18] Potkin, K. T., Bunney Jr, W. E. (2012). Sleep improves memory: the effect of sleep on long term memory in early adolescence. *PLoS One* 7 (8), e42191.
- [19] Adelantado-Renau, M., Diez-Fernandez, A., Beltran-Valls, M. R., Soriano-Maldonado, A., & Moliner-Urdiales, D. (2018). The effect of sleep quality on academic performance is mediated by Internet use time: DADOS study. *Jornal de pediatria*.
- [20] Joëls, M., Pu, Z., Wiegert, O., Oitzl, M. S., & Krugers, H. J. (2006). Learning under stress: how does it work?. *Trends in cognitive sciences*, 10(4), 152-158.
- [21] Sandi, C., & Pinelo-Nava, M. T. (2007). Stress and memory: behavioral effects and neurobiological mechanisms. *Neural plasticity*, 2007.
- [22] Salehi, B., Cordero, M. I., & Sandi, C. (2010). Learning under stress: the inverted-U-shape function revisited. *Learning & memory*, 17(10), 522-530.
- [23] McGaugh, J. L., & Roozendaal, B. (2002). Role of adrenal stress hormones in forming lasting memories in the brain. *Current opinion in neurobiology*, 12(2), 205-210.
- [24] Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. & Perry, R. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of quantitative and qualitative research. *Educational Psychologist*, 37, 91–106.
- [25] Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315–341.
- [26] Meyer, D.K., and J.C. Turner. (2002). Discovering emotion in classroom motivation research. *Educational Psychologists*, 37, 107–11.
- [27] Fabritius, F., & Hagemann, H. W. (2017). *The Leading Brain: Powerful Science-based Strategies for Achieving Peak Performance*. Penguin.
- [28] Walker, W. R., Skowronski, J. J. & Thompson, C. P. (2003). Life is pleasant – and memory helps to keep it that way! *Review of General Psychology*, 7(2), 203–210.
- [29] D'Argenbaum, A., Comblain, C. & van der Linden, M. (2002). Phenomenal characteristics of autobiographical memories for positive, negative, and neutral events. *Applied Cognitive Psychology*, 17(3), 281–294.
- [30] Lyubomirsky, S., King, L. & Diener, E. (2005). The benefits of frequent positive affect: Does happiness lead to success? *Psychological Bulletin*, 131(6), 803–855.
- [31] LeDoux, J. (1996). *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Simon & Shuster.
- [32] Dalgleish, T. & Power M. (1999). *Handbook of Cognition and Emotion*. John Wiley & Sons Ltd, Sussex, UK.

- [33] LePine, J. A., LePine, M. A., & Jackson, C. L. (2004). Challenge and hindrance stress: relationships with exhaustion, motivation to learn, and learning performance. *Journal of Applied Psychology*, 89(5), 883.
- [34] Firstbeat, Technologies, Ltd. (2014). Stress and Recovery Analysis Method Based on 24-hour Heart Rate Variability. <https://www.firstbeat.com/en/science-and-physiology/white-papers-and-publications/>, online; accessed 2 June 2018.
- [35] Cohen, S., Kamarck, T. & Mermelstein, R. (1983). A global measure of perceived stress. *Journal of Health and Social Behavior*, 385-396.
- [36] Cohen, S., Kessler, R. C. & Gordon, L. U. (1995). Strategies for measuring stress in studies of psychiatric and physical disorders. In Cohen, S., Kessler, R. C. & Gordon, L. U. (editors) *Measuring stress: A guide for health and social scientists*. New York, United States of America: Oxford University Press, 3-26.
- [37] Montano, N., Porta, A., Cogliati, C., Costantino, G., Tobaldini, E., Casali, K. R., & Iellamo, F. (2009). Heart rate variability explored in the frequency domain: a tool to investigate the link between heart and behavior. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(2), 71-80.
- [38] Föhr, T. (2016). The relationship between leisure-time physical activity and stress on workdays with special reference to heart rate variability analyses. *Studies in sport, physical education and health* 247.
- [39] Tulving, E. (1983). Ecphoric processes in episodic memory. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 302(1110), 361-371.
- [40] Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- [41] [PISA 15 Ensituloksia. Huipulla pudotuksesta huolimatta](#). Results from OECD PISA 2015-survey (In Finnish). Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisu 2016:41. Retrieved from <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79052> (28.12.2017)
- [42] Abrahamson, D., & Lindgren, R. (2014). Embodiment and embodied design. *The Cambridge handbook of the learning sciences*, 2, 358-376.
- [43] Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M., & Beilock, S. L. (2015). Physical experience enhances science learning. *Psychological Science*, 26(6), 737-749.
- [44] Kuczala, M. (2013). The kinesthetic classroom: teaching and learning through movement presentation. *Special Education and CCLC Fall Conference*, Bismarck, North Dakota.
- [45] Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 411-417.
- [46] Smeds, P., Jeronen, E. and Kurppa, S. (2015). Farm Education and the Value of Learning in an Authentic Learning Environment. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(3), 381-404.
- [47] Bravata, D. M., Smith-Spangler, C., Sundaram, V., Gienger, A. L., Lin, N., Lewis, R., ... & Sirard, J. R. (2007). Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review. *Jama*, 298(19), 2296-2304.
- [48] McMurdo, M. E., Sugden, J., Argo, I., Boyle, P., Johnston, D. W., Sniehotta, F. F., & Donnan, P. T. (2010). Do pedometers increase physical activity in sed-entary older women? A randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(11), 2099-2106.

[49] Kari, T., Koivunen, S., Frank, L., Makkonen, M., & Moilanen, P. (2016). Critical Experiences During the Implementation of a Self-tracking Technology. In *PACIS 2016: Proceedings of the 20th Pacific Asia Conference on Information Systems*, ISBN 9789860491029. Association for Information Systems.

[50] Shih, P. C., Han, K., Poole, E. S., Rosson, M. B., & Carroll, J. M. (2015). Use and adoption challenges of wearable activity trackers. *ICConference 2015 Proceedings*.

[51] Neittaanmäki, P., & Lehto, M. (2017). Value from Public Health Data with Cognitive Computing: loppuraportti. *Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja/Jyväskylän yliopisto*, (2017, 41).