

Opettajan tarjoama tuki
luonnontieteiden tutkivaan
oppimiseen - tapaustutkimus
tasapainotehtävien
ratkaisemisesta
simulaatioympäristössä

Pro gradu -tutkielma, 22.2.2021

Tekijä:

SAKU PEKKA MATIAS RIIHIJÄRVI

Ohjaajat:

ANTTI LEHTINEN & PASI NIEMINEN



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
FYSIKAN LAITOS

© 2021 Saku Pekka Matias Riihijärvi

Julkaisu on tekijänoikeussäännösten alainen. Teosta voi lukea ja tulostaa henkilökohtaista käyttöä varten. Käyttö kaupallisiin tarkoituksiin on kielletty. This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use. Commercial use is prohibited.

Tiivistelmä

Riihijärvi, Saku

Opettajan tarjoama tuki luonnontieteiden tutkivaan oppimiseen - tapaustutkimus tasapainotehtävien ratkaisemisesta simulaatioympäristössä

Pro gradu -tutkielma

Fysiikan laitos, Jyväskylän yliopisto, 2021, 69 sivua

Tutkimuksessa analysoitiin ja vertailtiin kahden luokanopettajaopiskelijan ja yhden luokanopettajankouluttajan suorittamia tukitoimia suomalaisen peruskoulun kuudennen luokan oppilaista koostuneiden ryhmien kokeellisen työskentelyn yhteydessä. Jokainen ohjaaja ohjasi tutkimuksessa yhtä ryhmää. Luokanopettajaopiskelijoiden ohjaamat oppilasryhmät valittiin tutkimukseen suoritettujen esi- ja jälkitestien mukaan määritettyjen normalisoidun muutoksen arvojen perusteella. Toisen ryhmän keskimääräinen normalisoidun muutoksen arvo oli korkea ja toisen matala. Oppilaat tutustuivat simulaatiopohjaisessa oppimisympäristössä keinulaudan tasapainottamiseen liittyviin lainalaisuuksiin. Oppilasryhmät koostuivat kolmesta kuudennen luokan oppilaasta. Jokaisella ryhmällä oli oma ohjaajansa, joka tuki oppilaiden oppimista oppimistilanteen aikana. Ohjaajien suorittamien tukitoimien analysointi suoritettiin videopohjaisen aineiston ja sen pohjalta muodostettujen litteraattien perusteella. Ohjaajien suorittamat tukitoimet luokiteltiin aikaisempien tutkimusten pohjalta muodostettuihin tukimuotoihin. Ohjaajien suorittamia tukitoimia analysoitiin sekä määrällisesti että laadullisesti. Ohjaajien suorittamien tukitoimien väliltä löytyi runsaasti samankaltaisuuksia, mutta toisaalta myös eroavaisuuksia. Luokanopettajaopiskelijoiden ohjauksessa oli keskenään tiettyjä eroja, joiden yhteyttä normalisoituun muutokseen ei voitu määrittää näin pienellä aineistolla. Toisaalta opettajakouluttajan ohjaaman ryhmän oppimistulokset olivat myös alhaiset ja hänen antama ohjauksensa erosi jossain määrin kummankin luokanopettajaopiskelijan ohjauksesta. Tarkempien johtopäätösten muodostamiseksi oppimistulosten ja tukitoimien välistä yhteyttä tulisikin tarkastella suuremmalla aineistolla.

Avainsanat: tutkiva luonnontieteiden oppiminen, tasapaino, tutkivan oppimisen ohjaus, simulaatiopohjainen opetus

Abstract

Riihijärvi Saku

A case study on solving balance-scale tasks in simulated environment

Master's thesis

Department of Physics, University of Jyväskylä, 2020, 69 pages.

This study focused on analysing and comparing teacher support given by two class teacher trainees and one teacher trainer in guiding sixth grader student groups in simulation-based experimental work. During the learning situation students studied the laws of balancing in a simulation-based learning environment. Each of the supervisors guided one of the student groups, which constituted of three sixth graders. Supervisor's intention was to provide support to the students. Groups, which had a class teaching trainee as their supervisor, were chosen based on group average improvement. This improvement was defined as the normalized change. Measures of support performed by each of the group's supervisors were classified as different forms of guidance by using a literature review. Support provided by supervisors was recorded as videos, and then transcribed. This material was then analyzed by making use of quantitative and qualitative methods. The forms of guidance between supervisors were found similar to some extent. The performance of the groups guided by the class teacher trainees were differing: one of the groups guided by the class teaching trainee had low average normalized change value, while the other group had a relatively high average normalized change value. However, the association between these differences in guidance and the normalized change was not observed because of a too small sample size. On the other hand, the group guided by the teacher trainer had also a low group average improvement. In addition, the guidance provided by the teacher trainer differed from the guidance provided by both of the class teacher trainees. However, in order to draw exhaustive conclusions on the correlation between the provided guidance and the learning outcomes, a larger sample size would be needed.

Keywords: Inquiry-Based Learning, Balance, Guidance of the Inquiry-Based Learning, Simulation-Based learning

Esipuhe

Haluan kiittää ohjaajiani Antti Lehtistä ja Pasi Niemistä innostavasta ja tarkoituksenmukaisesta ohjauksesta tutkielmani kirjoittamisen yhteydessä. Tutkielman suorittaminen pääosin vuonna 2020 ei ollut aina kovinkaan helppoa. Vaikka yhteiskunnallisen tilanteen vuoksi tapaamiset kasvokkain eivät olleet mahdollisia, sain kuitenkin hyvin tukea ohjaajiltani sähköisesti. Haluan myös kiittää perhettäni ja läheisiäni opintojeni aikana saamastani tuesta. Matka opintojeni aikana tähän pisteeseen ei ole ollut aina helppo, mutta saamani tuen avulla se on ollut kuitenkin miellyttävä. Kiitoksen ansaitsevat myös opiskelukaverini, joiden kanssa olen tätä matkaa ylioppilaasta maisteriksi saanut kulkea. Lukemattomat tunnit fysiikan ja matematiikan harjoitustehtävien parissa saattoivat tuntua erityisesti muutamia vuosi sitten hankalalle ja turhauttavalle. Kuitenkin jälkikäteen katsottuna nämä turhautumisen ja epätoivon hetket ovat olleet erityisen arvokkaita kehityskohtia henkilökohtaisesti, ongelmien kohtaamisessa, mutta myös luomaan kestäväää pohjaa pitkäaikaisille ystävyysuhteille. Tämän tutkielman suorittamisen jälkeen on hienoa päättää opiskeluvuoteni yliopistolla ja suunnata katse tulevaan. Tästä on hyvä jatkaa eteenpäin!

Jyväskylässä 22. helmikuuta 2021

Saku Riihijärvi

Sisältö

Tiivistelmä	3
Abstract	5
Esipuhe	7
1 Johdanto	11
2 Tutkiva oppiminen ja sen tukeminen	13
2.1 Tutkiva oppiminen	13
2.2 Tutkivan oppimisen tukeminen	15
3 Tasapainon teoreettinen tausta ja oppiminen	19
4 Tutkimuskysymykset	23
5 Menetelmät ja aineisto	25
5.1 Aineisto	25
5.2 Tasapainosimulaatio	26
5.3 Tasapainotesti	28
5.4 Tasapainotestin suoritus	29
5.5 Oppimistulosten määrittäminen	29
5.5.1 Normalisoitu saanto	29
5.5.2 Normalisoitu muutos	30
5.6 Analyysi	31
6 Tulokset	37
6.1 Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tulokset	38
6.2 Alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tulokset	38
6.3 Opettajankouluttajan ohjaaman ryhmän tulokset	38
6.4 Luokanopettajaopiskelijoiden ohjaustapojen yhteneväisyydet ja eroavaisuudet	39
6.4.1 Oppimisympäristön käytön ohjeistus	41
6.4.2 Ohjaus tasapainotusyrityksen yhteydessä	44

6.4.3	Sääntölaboratorio-välilehden hyödyntäminen	48
6.5	Opettajankouluttajan ja luokanopettajaopiskelijoiden ohjaustapojen yhteneväisyydet ja eroavaisuudet	51
6.5.1	Oppimisympäristön käytön ohjeistus	52
6.5.2	Ohjaus tasapainotusyritysten yhteydessä	53
6.5.3	Sääntölaboratorio-välilehden hyödyntäminen	55
7	Päätäntö	59
7.1	Kuinka erilaisiin oppimistuloksiin pääseviä ryhmiä ohjaavat luokanopettajaopiskelijat tukivat oppilaiden työskentelyä?	59
7.2	Kuinka opettajankouluttaja ohjasi oppilaiden työskentelyä?	61
7.3	Pohdinta	63
	Lähteet	65

1 Johdanto

Tutkimusten mukaan tutkiva oppiminen voi olla perinteiseen opettajajohtoiseen opetukseen nähden tehokas menetelmä luonnontieteellisten sisältöjen ja tutkimustaitojen oppimisessa. Opetustavan tehokkuus riippuu kuitenkin merkittävästi tilanteeseen sopivan tuen saatavuudesta. (Lazonder & Harmsen, 2016) Oppilaiden aktiivisella osallistamisella saavutettavat oppimistulokset voivat olla tutkimustulosten mukaan parempia kuin perinteisillä opetusmenetelmillä saavutetut oppimistulokset (Freeman ym. 2014). Tutkiva oppiminen on luonnollinen tapa oppilaiden osallistamiseen osaksi omaa oppimisprosessiaan luonnontieteiden osalta (Lazonder & Harmsen, 2016). Tutkiva luonnontieteiden oppiminen onkin viime vuosina nostettu yhä keskeisemmäksi asiaksi fysiikan opetuksessa. Fysiikan oppiaine-kohtaisissa opetussuunnitelman perusteissa tutkiva oppiminen esitetään tärkeänä asiana niin perusopetuksen kuin lukio-opetuksenkin kohdalla (*Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014 - Fysiikka 2014*; *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015 - Fysiikka 2015*; *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019 - Fysiikka 2019*). Tutkiva oppiminen on ohjaajan ja oppijan välinen vuorovaikutteinen prosessi (van de Pol, Volman & Beishuizen, 2010), minkä vuoksi oikeanlainen oppimistilanteen ohjaaminen on merkityksellistä. Tutkivan luonnontieteen oppimisen tehokkuuden on havaittu riippuvan lähes kokonaan soveltuvan ohjauksen saatavuudesta (Lazonder & Harmsen, 2016). Oppimistilanteessa saavutettujen oppimistulosten ja oppimistilanteen ohjauksen välisen yhteyden määrittäminen on tärkeää, jotta jatkossa oppimistilanteita ohjaavat henkilöt voivat sopeuttaa oman ohjauksensa tarpeisiin sopivaksi.

Tutkimuksessa vertailtiin erilaisiin oppimistuloksiin päätyneiden oppilasryhmien ohjaajien ohjaustapoja keskenään, mutta toisaalta myös kokeneen opettajankouluttajan ohjaukseen. Tutkimuksen aineisto koostui oppimistilanteesta videoidusta aineistosta ja oppilaiden ennen tutkimusta ja tutkimuksen jälkeen suorittamista tasapainotesteistä. Videoidusta aineistosta muodostetuista litteraateista merkittiin oppilaiden ja ohjaajan vuorovaikutuksessa ilmenneet ohjaustilanteet, joiden tarkoituksena oli edistää oppilaiden oppimista. Ohjaustilanteet luokiteltiin aiempaan tutkimukseen perustuviin ohjausmuotoihin, joita oli mukautettu juuri tähän tutkimukseen. Eri ohjaajien ohjaustapoja oppimistilanteessa analysoitiin ja vertailtiin ohjausmuotojen yleiskäytön lisäksi tarkemmin kolmessa eri asiayhteydessä; oppimisympäristön käytön ohjeistuksessa, ohjauksessa tasapainotusyritysten yhteydessä ja oppimisympäristön harjoitustilana toimineen Sääntölaboratorio-välilehden

hyödyntämisessä.

Tutkimuksessa haluttiin selvittää yhteneväisyyksiä ja eroavaisuuksia kolmen alakoulun kuudennen luokan oppilaista koostuneen ryhmän ohjaajien kokeellisen oppimistilanteen ohjauksessa. Kokeellinen työskentely suoritettiin simulaatiopohjaisessa keinulaudan tasapainottamista käsittelevässä oppimisympäristössä. Ohjaajista kaksi oli luokanopettajaopiskelijoita ja yksi kokenut opettajankouluttaja. Luokanopettajaopiskelijat valittiin tutkimukseen siten, että toisen opiskelijan ohjaaman ryhmän esi- ja jälkitestien mukaiset oppimistulokset olivat normalisoidun muutoksen perusteella korkeat ja toisen sen sijaan alhaiset. Testitulosten perusteella oletettiin, että erilaisten oppimistulosten taustalla voisi olla erilaista ohjausta.

Tutkimus on jaettu seitsemään lukuun, joista osassa on myös alalukuja. Luvussa 2 käsitellään tutkivaa luonnontieteiden oppimista yleisesti ja lisäksi käsitellään tutkivaan oppimiseen soveltuvia tutkimuotoja. Luvussa 3 esitetään tasapainon matemaattista taustaa ja kerrotaan oppijan iän vaikutuksesta tasapainon oppimiseen. Tutkimuksen tutkimuskysymykset on esitetty Luvussa 4. Tutkimuksessa käytetty videoaineisto, oppilaiden esi- ja jälkitestinä suorittama tasapainotesti, oppimistulosten määrittelytapa ja tulosten analysointitapa on esitetty Luvussa 5. Tutkimukseen kuuluneiden ryhmien testitulokset ja ryhmien ohjaajien ohjaustapojen analyysi on esitetty Luvussa 6. Tässä luvussa eri ryhmien ohjaajien ohjaustavoista esitetään yhteneväisyyksiä ja eroavaisuuksia. Luvussa 7 pohditaan vastauksia tutkimuskysymyksiin ja pohditaan tutkimuksen luotettavuutta ja jatkotutkimusmahdollisuuksia.

2 Tutkiva oppiminen ja sen tukeminen

Tässä luvussa käsitellään mitä tutkiva oppiminen on, ja esitellään myös sen tukemiseen soveltuvia tukimuotoja. Tutkimuksessa käytetty materiaali koostui alakoulun kuudennen luokan tasapainon oppimiseen liittyvistä oppimistilanteista. Tämän vuoksi oppijaa nimitetään tutkimuksessa, myös teoriapohjaisen asian yhteydessä, oppilaaksi. Tutkimuksessa tutkivalla oppimisella tarkoitetaan tutkivaa luonnontieteiden oppimista.

2.1 Tutkiva oppiminen

Tutkivalla luonnontieteiden oppimisella tarkoitetaan oppimistapaa, jossa oppilaat suorittavat kokeita, tekevät havaintoja ja keräävät tietoa saadakseen tehtyä asia-alueen perustana olevista luonnonlaeista johtopäätöksiä (Lazonder & Harmsen, 2016; National Science Foundation (US), Division of Elementary & Informal Education, 1999). Tutkimukset seuraavat yhtä tai useampaa, joko oppilaan itsensä tai opettajan esittämää, tutkimuskysymystä. Tutkivaa oppimista voidaan toteuttaa esimerkiksi tietokonesimulaatioiden, virtuaalisten laboratorioden, luokkahuoneissa suoritettavien kokeellisten töiden tai saatavilla olevien tietokantojen avulla (Lazonder & Harmsen, 2016). Perusopetuksen opetussuunnitelman oppiainekohtaisten perusteiden mukaan fysiikan opetuksen lähtökohtana jo vuosiluokilla 1–6 tulisi olla luonnosta ja teknologisesta ympäristöstä tehdyt havainnot ja tutkimukset. Luonnontieteellinen tutkimus on yksi peruskoulun vuosiluokkien 7–9 opetuksen tavoitteisiin liittyvistä sisältöalueista. Opetussuunnitelmassa luonnontieteelliseen tutkimukseen sisältyvät sekä avoimet että tarkasti ohjeistetut tutkimukset. (*Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014 - Fysiikka 2014*)

Tutkivan oppimisen tarkoitus on osallistaa oppilaat aitoon tieteelliseen tutkimukseen ja opettaa tieteellistä ajattelua jakamalla monimutkainen tieteellinen prosessi pienempiin osiin (Pedaste ym. 2015). Tutkimuksen yhteydessä oppilaiden täytyy tutkia vastauksia tieteellisiin kysymyksiin, suorittaa tutkimuksia, muodostaa tutkimustuloksien avulla vastauksia tutkimukseen liittyviin kysymyksiin, arvioida tutkimuksista saatujen päätelmien paikkansapitävyyttä verrattuna vaihtoehtoisin selityksiin ja perustella muodostettujen päätelmien järjestyttä (National Research Council, 2000). Tutkivan oppimisen vaiheet voidaan jakaa esimerkiksi osittain jaettuun tutkimusympyrään, jonka perusteella kuhunkin vaiheeseen sopivaa ohjausta voidaan määritellä (de Jong, 2006; Pedaste ym. 2015; Bybee ym. 2009).

Tutkiva oppiminen ei ole kuitenkaan lineaarinen prosessi, jossa siirtymät tutkimusympyrän vaiheiden välillä etenisivät jokaisella kerralla samalla tavalla. Tutkimusympyrän vaiheiden luokittelu eroaa hiukan eri tutkimusten välillä (White & Frederiksen, 1998; Justice ym. 2002; de Jong, 2006; Pedaste ym. 2015), mutta pääperiaate niissä on yleensä sama. (Pedaste ym. 2015) Tutkimusympyrän vaiheet esimerkiksi de Jongin mallin mukaisesti ovat orientoituminen, hypoteesin muodostaminen, tutkimisvaihe, johtopäätösten tekeminen ja tulosten arviointivaihe (de Jong, 2006). Myös tutkimuskysymyksen muodostaminen voi joko korvata tai ilmetä samanaikaisesti hypoteesin muodostamisen kanssa tutkimusympyrän vaiheena (Pedaste ym. 2015). Tutkivan oppimisen ohjauksen tukitoimien jaottelu voidaan mukauttaa eri vaiheisiin soveltuvaksi. Tutkimusympyrän eri vaiheiden kuvaukset on esitetty Taulukossa 1.

Taulukko 1. Taulukossa on esitetty tutkimusympyrän vaiheet (de Jong, 2006 ja Pedaste ym. 2015).

Vaiheen nimi	Vaiheen kuvaus
1. Orientoituminen	Oppilaat ryhtyvät tekemään karkeaa analyysiä aiheesta ja tunnistamaan tärkeimpiä käsitteitä ja muuttujia. Oppilaat kiinnostuvat ongelmasta.
2. Tutkimuskysymysten muodostaminen	Oppilaat muodostavat annettuun ongelmaan liittyvät tutkimuskysymykset, joihin haetaan ratkaisuja tutkimuksen aikana.
3. Hypoteesin muodostaminen	Opiskelijat muodostavat tietyn oletuksen, jonka pätevyyttä tarkastellaan kokeen aikana. Aina hypoteesin muodostaminen ei ole mahdollista.
4. Tutkimusvaihe	Opiskelijat suunnittelevat ja toteuttavat koejärjestelyn, jolla hypoteesin pätevyyttä tarkastellaan. Kokeellisten mittausten sijasta tutkimus voidaan suorittaa myös muilla tutkimustavoilla. Kokeen tuloksia pohditaan hypoteesin kannalta.
5. Johtopäätökset	Muodostetaan johtopäätökset hypoteesin pätevyydestä.
6. Tulosten arviointi	Opiskelijat tarkastelevat omaa oppimisprosessiaan ja siitä saatuja tietoja liittyen käsiteltävään aiheeseen.

2.2 Tutkivan oppimisen tukeminen

Tutkivan oppimisen tehokkuutta on usein verrattu opettajajohtoisen luennointipohjaisen opetuksen tehokkuuteen. Työmuistin rajoitusten huomiotta jättäminen on yksi tutkivan oppimisen arvostelukohdista (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Pelkän tutkimuksen suorittaminen on koettu niin vaativaksi, että se edellyttää todella suuren kognitiivisen kapasiteetin käyttöä lyhytkestoisesta työmuistista. Tällöin tärkeän tiedon varastoimiselle pitkäkestoiseen muistiin jää liian vähän tilaa (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Harva oppilas on tarpeeksi kyvykäs suorittamaan kaikki tieteellisessä tutkimuksessa vaadittavat vaiheet ilman ohjausta. Tutkimuksen yhteydessä saatu ohjaus vaikuttaa paljon tutkivan oppimisen tehokkuuteen (de Jong & Lazonder, 2014). Ohjaamattomalla tutkivalla oppimisella on havaittu olevan jopa negatiivisia vaikutuksia oppilaiden oppimiseen väärinymmärryksien ja vajaan tietämyksen vuoksi (Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Tuovinen & Sweller, 1999). Tutkivan oppimisen tehokkuuden onkin kerrottu riippuvan lähes kokonaan tilanteeseen sopivan ohjauksen saatavuudesta (Lazonder & Harmsen, 2016).

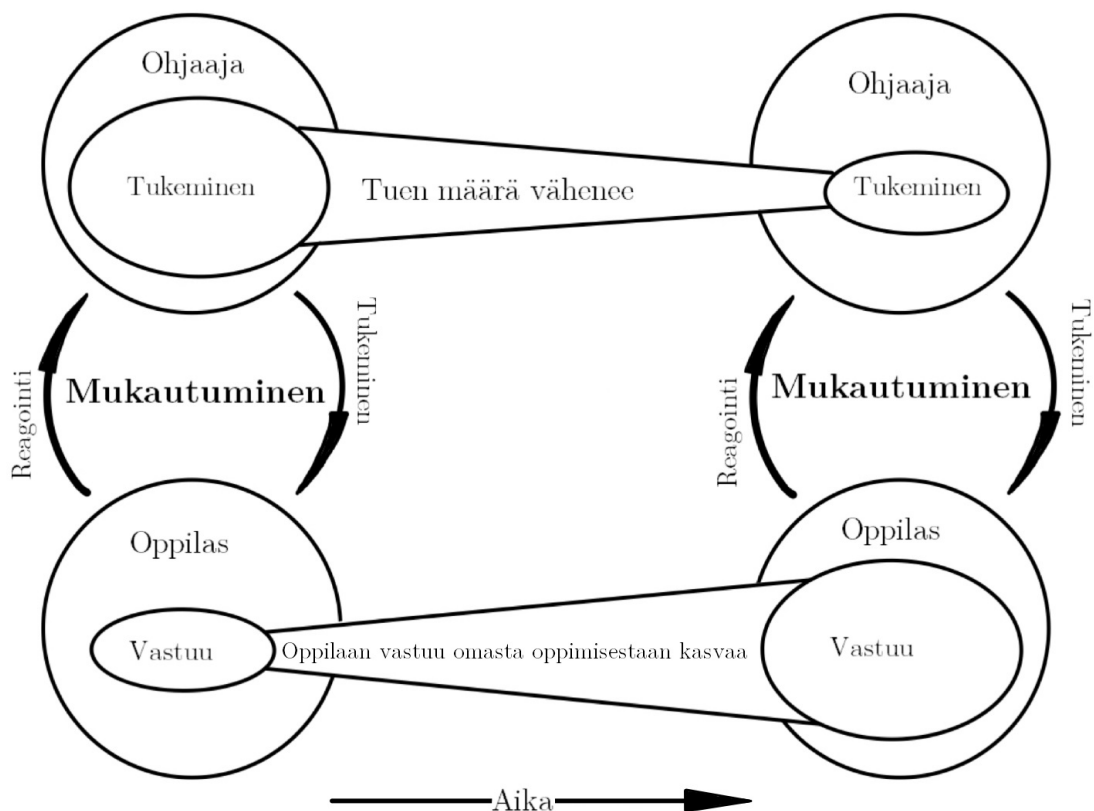
Toisaalta myös tutkivan oppimisen toteutuksessa käytetyt aineistot ovat yleensä valmistettu käsittelemään tunnettuja virhekesityksiä negatiivisten vaikutusten todennäköisyyden pienentämiseksi (Freeman ym. 2014). Kokeellisten lähestymistapojen hyödyllisyyttä oppimisen kannalta on myös perusteltu siten, että itse muodostetun tiedon oppii paremmin kuin opettajajohtoisen opetuksen tai oppikirjan tekstin perusteella saadun tiedon (de Jong & Lazonder, 2014). Tutkimukset osoittavatkin vuorovaikutteisten opetusmenetelmien parantavan oppimistuloksia sekä myös kasvattavan kurssin läpäisemistodennäköisyyttä verrattuna perinteisempään opettajajohtoiseen opetukseen (Freeman ym. 2014; Hake, 1998). Vuorovaikutteisten opetusmenetelmien tehokkuudesta on raportoitu myös suomalaisessa luonnontieteen opetuksessa toisen asteen koulutuksessa lukiossa (Savinainen & Scott, 2002) ja korkea-asteen koulutuksessa yliopistossa (Koskinen, Lämsä, Maunuksela, Hämäläinen & Viiri, 2018). Ohjaus voi ilmetä useiden erilaisten muotojen kautta. Ohjauksen tukimuodot voidaan jaotella karkeasti janalle, jonka toisessa päässä ovat tarkasti toimia ohjaavat lähestymistavat ja toisessa päässä avoimet, oppijakeskeiset toimet, joissa ohjaus on vähäistä. (de Jong & Lazonder, 2014)

Tieteellisiin havaintoihin perustuvaa oppimista voidaan tarkastella useasta eri näkökulmasta. Tämä tarkoittaa, että myös sen tukeminen voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Ohjaus tulee usein sekä ohjaajalta että oppimateriaalista, kuten tietokonesimulaatiosta tai oppikirjasta. Tutkivaan oppimiseen liittyviä oppimistilanteen ohjaamistapoja voidaan määrittellä useilla eri tavoilla. Ohjaustapojen määrittäminen tutkimusympyrän vaiheisiin perustaen on eräs tapa tälle määrittelylle. (de Jong & Lazonder, 2014; Pedaste ym. 2015) Eräs esimerkki ohjaamisen määrittelyyn on ohjaamisen jakaminen ohjaaviin ja ei-ohjaaviin

tukimuotoihin. Ohjaavat tukimuodot ohjaavat opiskelijaa ajattelemaan tai toimimaan tietyllä tavalla esimerkiksi vinkkien avulla. Ei-ohjaavat tukimuodot puolestaan eivät varsinaisesti ohjaa opiskelijaa toimimaan tietyllä tavalla, vaan sen sijaan auttavat opiskelijaa saavuttamaan ohjaamattomassa tutkimuksessakin saavutettavat tulokset hieman helpommin. Opettaja voi esimerkiksi kysymysten esittämisellä pyrkiä saamaan oppilaat perustelemaan vastauksiaan. (de Jong & Njoo, 1992) Reidin, Zhangin ja Chenin mallin mukaan tutkivaan oppimiseen liittyvä ohjaus jaetaan kolmeen osaan: hypoteesien muodostamisessa ja teorian tiedon jäsentämisessä auttavaan tulkinnalliseen tukeen, kokeellisen tutkimuksen suorituksessa ja johtopäätöksien tekemisessä helpottavaan kokeelliseen tukeen ja hankittujen tietojen pohtimista edistävään pohtivaan tukeen (Reid, Zhang & Q. Chen, 2003). Yksi tapa luokitella tutkivaan oppimiseen liittyvää ohjausta on jakaa se hypoteesien testaamisen ja mittausdatan tulkinnan sisältävään selventävään ohjaukseen, kokeellisen työskentelyn strategiset päätökset sisältävään prosessin hallinnalliseen ohjaukseen ja opitun tiedon jäsentämiseen ja arvioimiseen liittyvään refleктоivaan ohjaukseen (Quintana ym. 2004).

Tutkivan oppimistilanteen ohjaus voidaan määritellä oppimistilanteen ohjaajan ja oppilaan välisenä vuorovaikutteisena prosessina, johon molemmat osapuolet osallistuvat aktiivisesti (Stone, 1993; van de Pol, Volman & Beishuizen, 2010). Tutkivan oppimisen ohjauksessa on tärkeää mukauttaa tuki oppilaan tarpeiden mukaiseksi. Tuen tarjoajan tulisi siis olla tietoinen tuen vastaanottajan osaamisen tasosta ennen kuin oikeanlaista tukea voidaan tarjota (van de Pol, Volman & Beishuizen, 2010). Oppilaan aktiivinen toiminta oppimistilanteen yhteydessä helpottaa ohjauksen mukauttamista tarpeiden mukaiseksi. Oppimisen tehokkuuden varmistamiseksi oppimistilanteen edetessä ohjaukseen käytetyn tuen määrää tulisi vähentää asteittain. Tuen vähentämisen määrä riippuu oppilaan kehityksen tasosta ja kyvystä suoriutua tehtävistä itsenäisesti. Tuen määrän vähentämiseen liittyy halutun tehtävän suorittamiseen liittyvän vastuun siirtyminen ajan kuluessa ohjaajalta kokonaan oppilaalle. Oppilaan saavuttaessa tarvittavan ymmärryksen ja osaamisen tason suoritettavasta tutkimuksesta ottaa hän helpommin vastuun oman tutkimuksensa suorituksesta. (van de Pol, Volman & Beishuizen, 2010) Ohjaajan on täten helpompi myös vähentää ohjausmuotojen käytön määrää. Kuviossa 1 on esitetty tutkivan oppimisen opettajan ja oppilaan välisen ohjauksen tarve.

Tutkivan oppimisen ohjaus voi ilmetä joko opettajan antamana ohjauksena tai esimerkiksi simulaation tai muun oppimateriaalin kautta esiintyvänä ohjauksena. Tässä tutkimuksessa ohjaus rajattiin käsittämään vain opettajalta lähtöisin olevaa ohjausta. Opettajan antaman ohjauksen määrittely voidaan suorittaa useilla eri tavoilla, kuten edellä esitettiin. Tässä kappaleessa esitellään tarkemmin de Jongin ja Lazonderin mallin mukaiset ohjaavat tukimuodot (de Jong & Lazonder, 2014). Samoja ohjausmuotoja pienillä muokkauksilla on



Kuvio 1. Tutkivan oppimisen tuen tarve oppimistilanteen edetessä (van de Pol, Volman & Beishuizen, 2010). Kuvan vasen puoli esittää tilannetta, jossa oppilas tarvitsee paljon tukea ohjaajalta ja oikea puoli tilannetta, jossa vastuu tutkimuksen suorittamisesta on siirtynyt pitkälti oppilaalle.

käytetty Lazonderin ja Harmsenin artikkelissa (Lazonder & Harmsen, 2016). Tutkimusaineiston analyysissä käytetty ohjaustoimien luokittelu muodostettiin näiden luokittelujen pohjalta.

De Jongin ja Lazonderin sekä Lazonderin ja Harmsenin mallien mukaan ohjausmuotoihin, järjestyksessään ei-ohjaavimmasta ohjaavimpaan, kuuluvat prosessin rajaaminen (process constraint), tilannekatsaukset (status overviews), kehoitteet (prompts), ehdotukset (heuristics), jäsentäminen (scaffolds) ja vastauksen esittäminen (explanation). (de Jong & Lazonder, 2014; Lazonder & Harmsen, 2016) Ohjausmuodot, niiden selitykset, esimerkkitalanteet ja käyttöyhteydet on esitetty Taulukossa 2.

Taulukko 2. Taulukossa on esitetty de Jongin ja Lazonderin (2014) mallin mukaiset tuen muodot. Esimerkki-sarakkeen tilanteet vastaavat tutkimusaineiston tilanteita.

Ohjausmuoto	Kuvaus	Esimerkki	Milloin pitäisi käyttää?
Prosessin rajaaminen (Process Constraint)	Lasketaan oppimisprosessin vaikeustasoa rajoittamalla vaihtoehtojen määrää.	"Antakaa toisen linnun olla paikallaan ja siirtäkää vain toista lintua."	Prosessin rajaaminen on hyödyllistä, kun oppilaat suoriutuvat perustason työskentelystä, mutta kokemus ja taitotaso eivät riitä haastavampiin tilanteisiin.
Tilannekatsaukset (Status overviews)	Annetaan reaaliaikainen edistysraportti liittyen oppimisprosessin kehitykseen tai kehittyvään osaamisen tasoon.	Oppijoille annetaan palautetta esimerkiksi hyvän strategian käytöstä, joko opettajan tai simulaation antamana palautteena.	Käytetään oppijoille, joiden voidaan olettaa tietävän kuinka annetusta tiedosta on hyötyä.
Kehotteet (Prompts)	Muistutetaan tiettyjen oppimisprosessien tai toimintamallien toteuttamisesta	"Siirry simulaation Sääntölaboratorioon ^a tarkastelemaan tilametta."	Kehotteita annetaan oppijoille, joiden voidaan olettaa pystyvän suorittamaan tehtävä, mutta ei välttämättä omasta aloitteestaan.
Ehdotukset (Heuristics)	Ehdotetaan tiettyjä toimintoja ja oppimisprosesseja. Ehdotukset ovat yksityiskohtaisempia vinkkejä kuin kehotteet. Ne muistuttavat oppijoita tietyistä toimintamalleista ja huomauttavat myös toisenlaisista toteutusmahdollisuuksista.	"Voisitko tässä hyödyntää sitä teidän löytämää sääntöä, että samanmassaiset linnut tulee asettaa yhtä kauas tukipisteestä?"	Ehdotuksia annetaan oppijoille tilanteissa, joissa he eivät todennäköisesti tiedä miten tarvittava toiminta tulisi toteuttaa.
Jäsentäminen (Scaffolds)	Jäsennetään aktiviteettia osiin, esimerkiksi esittämällä useita yksinkertaisia kysymyksiä, jotta se on helpommin ymmärrettävissä.	Kysytään useita peräkkäisiä kysymyksiä liittyen painojen ja etäisyyksien välisiin suhteisiin.	Käytetään, kun oppijoilla ei ole taitoja suorittaa tehtävää ilman ohjeistusta tai tehtävä on liian vaikea suoritettavaksi ilman ohjausta.
Vastausten esittäminen (Explanations)	Kerrotaan oppijoille aktiviteetin suorittamiseen tarvittava informaatio, jos he eivät kykene siihen yksinään.	Esitetään oppijoille suoraan tarvittava tieto, jolla keinulauta saadaan tasapainotettua.	Käytetään, jos oppijoilla on puutteellinen aikaisempi tietämys tai he eivät kykene selvittämään tarvittavaa informaatiota ilman opettajan apua.

Huom. ^a Sääntölaboratorio on AdaptGuiden oppimisympäristön välilehti, jossa oppilas voi vapaasti kokeilla erilaisia ratkaisutapoja (katso Luku 5.3).

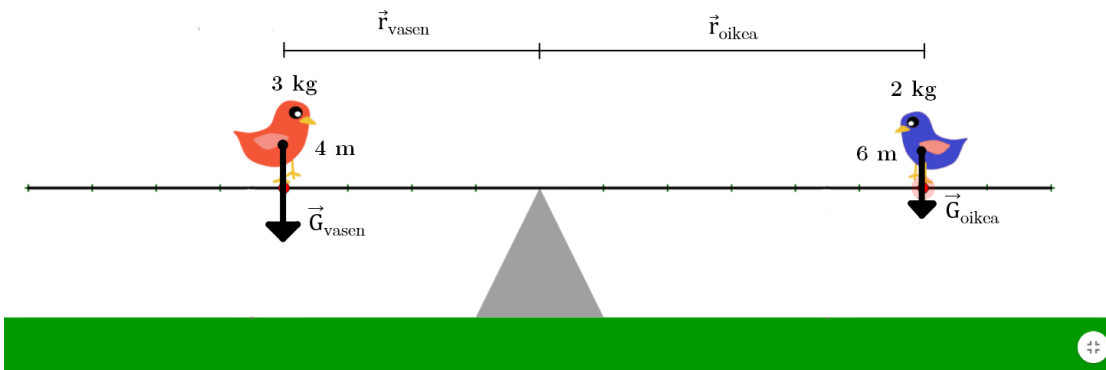
3 Tasapainon teoreettinen tausta ja oppiminen

Tässä tutkielmassa tarkastellaan opettajan tarjoamaa ohjausta alakoulun kuudennen luokan oppilaiden oppiessa tasapainosta simulaatiopohjaisessa oppimisympäristössä. Tässä kappaleessa perehdytään tasapainoilmiön teoreettiseen taustaan ja sen oppimiseen liittyviin tutkimuksiin. Tasapainossa oleva kappale voi olla joko dynaamisessa tasapainossa tai staattisessa tasapainossa. Dynaamisessa tasapainossa oleva kappale etenee tiettyyn suuntaan vakionopeudella, kun taas staattisessa tasapainossa kappale on levossa. (Knight, 2014) Keinulaudan tasapainotilanteessa tulee sekä etenemisliikkeeseen liittyvän kokonaisvoiman $\sum \vec{F} = \vec{F}_{\text{tukipiste}} + \vec{F}_{\text{oikea}} + \vec{F}_{\text{vasen}}$ että pyörimisliikkeeseen liittyvän kokonaisvääntömomentin $\sum \vec{\tau} = \vec{\tau}_{\text{oikea}} + \vec{\tau}_{\text{vasen}}$ olla nolla. Keinulautatilanteissa voimat esiintyvät vain pysty akselin suuntaisina tukilaudan molemmilla puolilla olevien kappaleiden painovoimina. Tämän vuoksi poikittaiseen etenemisliikkeeseen liittyvien voimien summa on yleensä aina nolla. Tasapainotilanteessa keinulaudan tukipisteen vasemman ja oikean puolen vääntömomenttien tulee olla yhtä suuret. Tämä pyörimisliikkeen tasapainoehto voidaan esittää muodossa

$$\vec{G}_{\text{vasen}} \cdot r_{\text{vasen}} = \vec{G}_{\text{oikea}} \cdot r_{\text{oikea}}, \quad (1)$$

missä \vec{G}_{vasen} on tukipisteestä katsottuna vasemmanpuoleisen kuorman painovoima, r_{vasen} on vasemmanpuoleisen kuorman etäisyys tukipisteestä, \vec{G}_{oikea} on tukipisteestä katsottuna oikeanpuoleisen kuorman painovoima ja r_{oikea} on oikeanpuoleisen kuorman etäisyys tukipisteestä. (Knight, 2014) Esimerkkikuva tasapainotilanteesta ja siihen liittyvistä suureista on esitetty Kuviossa 2.

Kuitenkin, erityisesti nuoren oppijan tutustuessa keinulaudan tasapainottamiseen liittyviin tilanteisiin, ei hänellä ole todennäköisesti lainkaan teoreettista tietoa mitä vääntömomentilla tarkoitetaan tai mikä on pyörimisliikkeeseen liittyvä tasapainoehto. Vaikka varsinainen aihealueeseen liittyvä fysikaalinen teoriatieto on vajavaista, osa 3-vuotiaista lapsista käyttää tasapainotusongelmien ratkaisussa alkeellisia sääntöjä ja jo suuri osa 5-vuotiaista lapsista käyttää jonkinasteisia sääntöjä hyväkseen ongelmien ratkaisussa. (Siegler & Z. Chen, 2002) Säännöt voidaan jakaa neljään hierarkisesti järjestettyyn osaan, joiden selitykset on esitetty Taulukossa 3. Käytettyjen sääntöjen taso kasvaa yleensä oppijan iän karttuessa. Suurin osa 5–6-vuotiaista lapsista käyttää Sääntöä I. 8–9-vuotiaat hyödyntävät Sääntöjä I, II ja III. Suurin osa 13-vuotiaista hyödyntää Sääntöä III, mutta osan



Kuvio 2. Keinulaudan tasapainotilanne, jossa on esitetty simulaatiossa käytettyjen lintujen painovoimat ja etäisyydet tukipisteestä. Kuva on muokattu AdaptGuiden simulaation näkymästä.

osaamistaso vastaa Sääntöä IV. Osa murrosikäisistä ja aikuisista oppii pyörimisliikkeen tasapainoehdon, eli Säännön IV. (Siegler & Z. Chen, 2002)

Taulukko 3. Keinulaudan tasapainottamisessa käytetyt säännöt ja niiden selitykset (Siegler & Z. Chen, 2002).

Sääntö	Selitys
Sääntö I	Päätökset tehdään vain painot huomioiden.
Sääntö II	Päätökset tehdään painot huomioiden ja painojen ollessa yhtä suuret, huomioidaan myös painojen etäisyydet tukipisteestä.
Sääntö III	Molemmat tasapainotilanteeseen vaikuttavat asiat huomioidaan, mutta ei tiedetä kuinka tiedot tulisi yhdistää. Päätökset saatetaan tehdä arvaamalla. Painot ja etäisyydet tukipisteestä saatetaan esimerkiksi laskea yhteen.
Sääntö IV	Pyörimisliikkeen tasapainoehto. Tasapainotilanteessa tukipisteen molempien puolien vääntömomentit ovat yhtä suuria.

4 Tutkimuskysymykset

Fysiikka on luonteeltaan kokeellinen luonnontiede. Kokeellisuus on lähtökohtana myös fysiikan opetussuunnitelman mukaisessa opetuksessa luokka-asteesta riippumatta (*Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014 - Fysiikka 2014*). Luvussa 2.1 mainittiin, että tutkivan oppimisen tehokkuus riippuu tutkimusten mukaan hyvinkin merkittävästi oppimisen aikana saadusta ohjauksesta. Hyviin oppimistuloksiin tähtäävän ohjauksen tulee olla tarkoituksenmukaista. Liian avoimen ohjauksen seurauksena oppilaat eivät välttämättä osaa poimia tarpeellisia tietoja oppimistilanteesta ja vastaavasti liian vahvan ohjauksen seurauksena oppilaat eivät saa välttämättä selvitettyä itselleen tarvittavia teorialietoja.

Tutkimuksessa tutkittiin erilaisiin oppimistuloksiin päätyneiden alakoulun kuudennen luokan oppilaista koostuneiden ryhmien ohjaajien ohjaustapoja simulaatiopohjaisessa opetuksessa. Oppimistilanteessa tutkittiin keinulaudan tasapainoehdot simulaatiopohjaisessa AdaptGuide-oppimisympäristössä. Tutkimukseen valituissa ryhmissä ohjaajina oli kaksi luokanopettajaopiskelijaa ja opettajankouluttaja. Opettajankouluttaja on kokenut luonnontieteiden opettaja, joka on toiminut tutkijana ja opettajankouluttajana noin 10 vuoden ajan. Tutkimuksessa perehdyttiin kahden luokanopettajaopiskelijan ja yhden opettajankouluttajan oppilaille tarjoamaan tukeen tasapainon oppimiseen liittyvän simulaatiopohjaisen oppimisympäristön hyödyntämisen yhteydessä. Opettajan sisältötiedolla on vaikutus hänen tarjoamaansa tukeen (Childs & McNicholl, 2007). Täten on mielenkiintoista tutkia opettajaopiskelijoiden ja kokeneemman opettajankouluttajan tarjoaman tuen välisiä eroja.

Opettajaopiskelijoiden ohjaamat ryhmät valittiin tutkimusmateriaaliin oppimistulosten perusteella: toinen ryhmä saavutti keskiarvoltaan hyvät oppimistulokset ja toisen ryhmän oppimistulokset olivat oppimistilannetta ennen pidetyn esi- ja oppimistilanteen jälkeen pidettyjen jälkitestien perusteella sen sijaan keskiarvoltaan alhaiset. Ryhmien valinnassa huomioitiin myös oppilaiden teoreettinen lähtötaso, valittujen ryhmien oppilaiden esitestitulokset olivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella ja vertailla kahden erilaisiin oppimistuloksiin päätyneen luokanopettajaopiskelijan ohjaaman ryhmän ohjaustoimia, sekä myös vertailla eroja opettajaopiskelijoiden ja kolmatta analysoitavaa ryhmää ohjanneen opettajankouluttajan ohjaustavoissa. Tutkimusta lähdettiin suorittamaan seuraavien tutkimuskysymysten perusteella:

1. Kuinka luokanopettajaopiskelijat tukevat oppilaiden työskentelyä erilaiset

oppimistulokset saavuttaneissa ryhmissä?

2. Kuinka opettajankouluttaja ohjaa oppilaiden työskentelyä?

5 Menetelmät ja aineisto

5.1 Aineisto

Tutkimuksen aineistona käytettiin AdaptGuide-akatemiahankkeen materiaalia. Hankkeen tarkoituksena on tarkastella opettajiksi opiskelevien ja tietokoneohjelman antamaa oppimisen ohjausta eri ikäisille alakoulun oppilaille, jotka ratkaisevat luonnontieteisiin liittyviä ongelmia. Tutkimuksen tavoitteena on ymmärtää eri ikäisten oppilaiden ohjaustarpeita ja opettajien ohjauksen sopeuttamista eri ikäisten oppilaiden tarpeisiin. (*AdaptGuide – Opettajan ohjauksen sopeuttaminen eri luokkatasoille teknologia-avusteisessa luonnontieteen ja matematiikan ongelmanratkaisussa* 2019)

Tutkimusaineisto koostui oppimistilanteesta videoidusta aineistosta ja oppilaiden ennen tutkimusta ja tutkimuksen jälkeen suorittamista tasapainotesteistä. Tutkimuksen videoaineisto kerättiin kolmella tavalla. Videoaineistoa kerättiin ruudunkaappausohjelmalla, web-kameralla ja pienikokoisella actionkameralla. Ruudunkaappausvideoista nähtiin tietokoneen näytön näkymä oppimistilanteen aikana, web-kameralla ja kannettavan tietokoneen mikrofonilla havaittiin esimerkiksi kuinka aktiivisesti kukin oppilas osallistui tietokoneella suoritettavien tehtävien tekemiseen ja actionkameralla kerätystä aineistosta vastaavasti voitiin havaita esimerkiksi, jos oppilas osoitti tiettyä kohtaa tietokoneen ruudulta. Videoidun aineiston yläpuoliskossa näkyi videokuvaa oppilaista ja ryhmän ohjaajasta oppimistilanteen yhteydessä, alapuoliskossa näkyi ruudunkaappausvideo käytettävästä simulaatiosta ja oikeassa alakulmassa videokuvaa tietokoneen web-kamerasta.

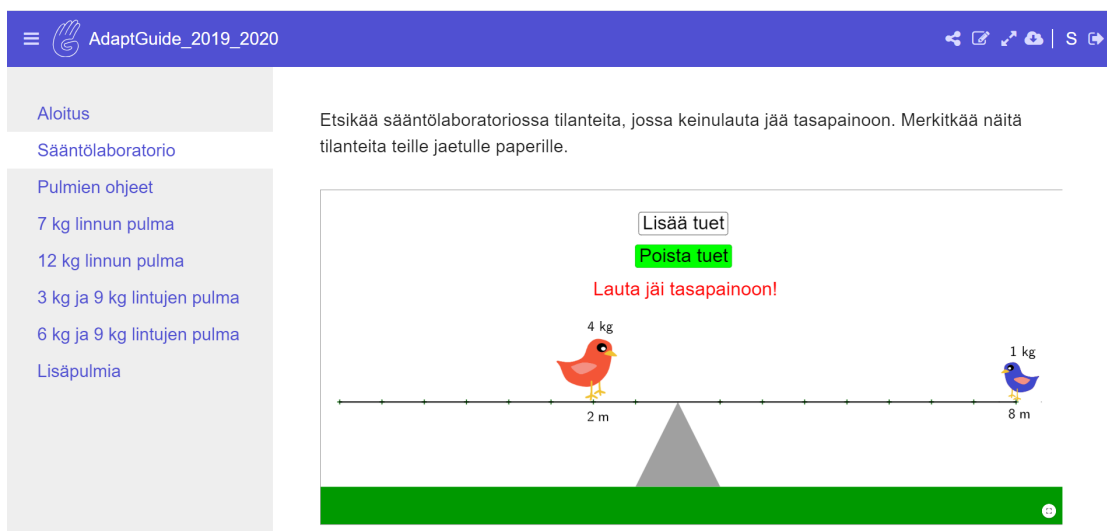
Kukin kolmesta tutkimukseen valitusta ryhmästä koostui kolmesta alakoulun kuudennen luokan oppilaasta. Luokanopettajaopiskelijoiden ohjaamat ryhmät valittiin tutkimukseen tasapainotestin tulosten perusteella siten, että toisen ryhmän testitulosten perusteella määritetyt oppimistulokset olivat korkeat ja toisen alhaiset. Ryhmien valinnassa huomioitiin myös, että oppilaiden esitiedot olivat mahdollisimman samankaltaiset, siten että valittujen ryhmien oppilaiden esitestitulokset olivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Ryhmän ohjaajina toimineet kaksi luokanopettajaopiskelijaa osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti tietäen, että heidän ohjaustaan tullaan analysoimaan tutkimuksen yhteydessä. Kolmatta ryhmää ohjannut opettajankouluttaja ohjasi ryhmää, koska opettajaopiskelijoita ei ollut tarpeeksi ohjaamaan jokaista ryhmää. Opettajankouluttaja ei ollut valmistautunut oppimistilanteen ohjaukseen eikä ohjauksen analysointiin. Hän ilmoitti myöhemmin, et-

tä hänen ohjaaman ryhmänsä oppimistilanteesta kuvattua materiaalia voidaan käyttää tutkimusaineistona.

5.2 Tasapainosimulaatio

Alakoulun kuudennen luokan oppilaat opiskelivat tasapainoon liittyvää teoriapohjaa AdaptGuide-hankkeeseen valmistetun GeoGebra-pohjaiseen keinulautasimulaatioon pohjautuvan oppimisympäristön avulla kolmen oppilaan ryhmissä. Jokaisella ryhmällä oli oma ohjaajansa, joka avusti ryhmän jäseniä oppimistilanteessa. Ryhmien ohjaajia oli kehoitettu ohjaamaan oppimistilannetta perustuen oppilaiden omiin ajatuksiin ja ideoihin, eikä tarjoamaan tietoa suoraan oppilaille. Oppimisympäristö koostui kahdeksasta eri välilehdestä: Aloitus, Sääntölaboratorio, Pulmien ohjeet, neljän eri tehtävän välilehdet ja Lisäpulmia. Aloitus-välilehdellä pohjustettiin simulaation toiminta tekstipohjaisen selostuksen ja yksinkertaisen esimerkkitehtävän avulla. Esimerkkitehtävässä samankokoisten lintujen avulla pystyi kokeilemaan simulaation toimintaperiaatetta. Sääntölaboratorio-välilehdellä oppilaat saivat kokeilla tasapainotilanteiden muodostamista vapaavalintaisilla painoilla ja etäisyyksillä. Tämän välilehden paino- ja etäisyysvaihtoehdot oli muodostettu siten, että tehtävien kanssa täysin samanlaisia tilanteita ei Sääntölaboratorioon voitu muodostaa. Sääntölaboratorion alaosassa oli oppilaiden muodostamia sääntöjä varten sääntölaatikko, johon kirjoitetut säännöt tulivat esille suoritettavien tehtävien yhteydessä. Tasapainotustilanteita kehoitettiin oppimistilanteen yhteydessä harjoittelemaan Sääntölaboratorio-välilehdellä ennen varsinaisiin tehtäviin siirtymistä, mutta myös tehtävien yhteydessä epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen. Kuvakaappaus Sääntölaboratorio-välilehden näkymästä on esitetty Kuviossa 3.

Varsinaisia tehtäviä oppimisympäristössä oli neljä kappaletta, ja niistä jokainen jaettiin omalle välilehdelle. Oppilaat saivat tehtävien suorituksesta pisteitä siten, että ensimmäisellä yrityksellä oikein suoritetusta tehtävästä sai kymmenen pistettä, toisella yrityksellä viisi pistettä ja kolmannella tai sitä useammalla yrityksellä yhden pisteen. Kahdessa ensimmäisessä tehtävässä vain toisen linnun ominaisuuksia oli mahdollista muuttaa, toisen linnun paino ja etäisyys oli lukittu tiettyihin arvoihin. Kahdessa viimeisessä tehtävässä molempia tasapainotettavia lintuja voitiin siirtää, mutta molempien lintujen painot oli lukittu tiettyihin arvoihin. Sääntölaboratorion ja kunkin tehtävävälilehden kiinnitetyt ja muutettavat arvot on esitetty Taulukossa 4. Tehtävävälilehtien yläosassa näkyi Sääntölaboratorio-välilehdellä oppilaiden kirjoittama tasapainotussääntö. Kuvakaappaus erään tehtävävälilehden näkymästä on esitetty Kuviossa 4. Lisäpulmia-välilehti sisälsi nimensä mukaisesti lisätehtäviä liittyen keinulaudan tasapainottamiseen. Lisäpulmien tarkoitus oli tarjota oppimisympäristön tehtävät nopeasti suorittaneille oppilaille tekemistä



Kuvio 3. Näkymä AdaptGuiden simulaation Sääntölaboratorio-välilehdestä. Kuvassa vasemmalla on näkyvissä oppimisympäristön eri välilehdet.

lopputuntin ajaksi. Lisäpulsimia-välilehdelle oli upotettu PhET-simulaatio "Tasapainottaminen" (Balancing Act).



Kuvio 4. Esimerkinäkymä AdaptGuiden simulaation tehtävävälilehdestä. Kuvan yläosassa näkyy Sääntölaboratorio-välilehdellä sääntölaatikkoon kirjoitettu tasapainotussääntö.

Taulukko 4. Taulukossa on esitetty Sääntölaboratorio- ja pulmavälilehtien kiinnitetyt suuret ja muuttujat (*AdaptGuide – Opettajan ohjauksen sopeuttaminen eri luokkatasoille teknologia-avusteisessa luonnontieteen ja matematiikan ongelmanratkaisussa* 2019).

Välilehden nimi	Vasemmanpuoleisen linnun massa (kg)	Vasemmanpuoleisen linnun etäisyys (m)	Oikeanpuoleisen linnun massa (kg)	Oikeanpuoleisen linnun etäisyys (m)
Sääntölaboratorio	1–6	1–8	1–6	1–8
7 kg linnun pulma	7	2	1–20	1–8
12 kg linnun pulma	12	1	1–7	1–8
3 kg ja 9 kg lintujen pulma	3	2–8	9	2–8
6 kg ja 9 kg lintujen pulma	6	1–8	9	4

5.3 Tasapainotesti

Oppilaiden oppimisen taso määritetään usein tutkimuksen yhteydessä suoritettavien esi- ja jälkitestien analysoinnilla. Esi- ja jälkitestit ovat usein samanlaiset. Tutkimuksessa käytetyn tasapainotestin tehtävät voidaan luokitella viiteen erilaiseen tehtävätyyppiin. Tasapainotehtävätyyppiin kuuluvia tehtäviä ei ollut testissä mukana niiden yksinkertaisuuden vuoksi. Kaksi ensimmäistä tehtävätyyppiä on nimetty tilanteen ratkaisuun perustuen, esimerkiksi Paino-tehtävässä keinulaudan puoli, jolla on enemmän massaa painuu alas. Kolmen viimeisen tehtävätyypin kohdalla toisella puolella tukipistettä on suurempi paino ja pienempi etäisyys tukipisteestä ja vastaavasti toiselle puolelle pienempimassainen paino on asetettu suuremmalle etäisyydelle tukipisteestä. Näiden tehtävien nimeämiseen lisätään selkeyden vuoksi ristiriita-etuliite. (Maanen, Been & Sijsma, 1989; Jansen & van der Maas, 2002) Tehtävätyyppien nimeämiset, selitykset ja esimerkkikuvat tehtävätyypejä vastaavista tilanteista on esitetty Taulukossa 5.

Oppilaiden esi- ja jälkitestin tulosten avulla pyrittiin selvittämään oppimistilanteen ja siinä suoritettujen ohjauksen yhteyttä testituloksiin. Testitulosten perusteella määritettyjen normalisoidun saannon arvojen ja ohjauksen välistä suhdetta ei voida kuitenkaan sanoa varmaksi.

5.4 Tasapainotestin suoritus

Oppimisen mittaamiseen tutkimuksessa hyödynnettiin Luvussa 5.3 esiteltyä tasapainotestiä. Oppilaat suorittivat testin sekä ennen oppimistilannetta että noin kaksi päivää kyseisen oppitunnin jälkeen. Esi- ja jälkitestien tulosten perusteella määritettiin yksittäisten oppilaiden normalisoidun muutoksen arvot Yhtälön 5 mukaisesti. Kunkin ryhmän keskimääräinen normalisoitu muutos määritettiin Yhtälöllä 6. Oppimistulosten analysoinnissa käytettiin hyväksi vain testien kokonaispistemääriä. Toinen tutkimukseen valituista opettajaopiskelijan ohjaamista ryhmistä saavutti korkeat oppimistulokset ja toinen vastaavasti alhaiset oppimistulokset. Testi koostui kolmesta testin alussa olevasta esimerkkitalanteesta ja 25 tehtävästä. Jokainen tehtävä koostui samanlaisesta keinulaudasta, jonka molemmille puolille oli asetettu painoja tietylle etäisyydelle keinulaudan tukipisteestä. Etäisyydet tukipisteestä oli merkitty tasavälein esiintyvien tolppien avulla, ja kaikki painot olivat keskenään samankokoisia painolevyjä kuvaavia viivoja. Painolevyjen määrä vaihteli tukipisteen puolien ja tehtävien välillä. Jokaisessa tehtävässä oppilaat valitsivat tilanteen mukaan, painuuko keinulauta vasemmalle, oikealle vai jääkö se tasapainoon. Tasapainotestin kysymykset jaottuivat eri tehtävätyyppien välille siten, että Tasapaino-tehtävätyyppejä lukuunottamatta kaikkiin tehtävätyyppeihin liittyi kuhunkin viisi erilaista tilannetta. Yksi kolmesta testin alussa esitetyistä esimerkkitehtävistä oli tosin tyypiltään Tasapaino-tehtävä.

5.5 Oppimistulosten määrittäminen

5.5.1 Normalisoitu saanto

Oppimistilanteessa saavutettujen oppimistulosten tarkastelu voidaan suorittaa esi- ja jälkitestien tulosten vertailulla. Tulosten vertailuun pohjautuvia analyysitapoja ovat esimerkiksi saanto (gain) ja normalisoitu saanto (normalized gain). Saanto lasketaan yksinkertaisesti vähentämällä yksittäisen oppilaan esitestin tulos prosentteina jälkitestin prosentuaalisesta tuloksesta

$$\text{gain} = \text{jälki} - \text{esi}. \quad (2)$$

Saannon määrittämisellä saadaan lähinnä suuntaa antava tulos, koska se kertoo vain tulosten välisen erotuksen arvon. Saannon kehittyneempää muotoa kutsutaan normalisoiduksi saannoksi. (Marx & Cummings, 2007) Erona sen ja saannon välillä on saavutettujen testitulosten vertailu maksimisaantoon, joka voidaan esittää muodossa

$$g = \frac{\text{jälki} - \text{esi}}{100 - \text{esi}}. \quad (3)$$

Normalisoitu saanto voidaan määrittää myös ryhmän keskimääräisille oppimistuloksille, keskimääräinen normalisoitu saanto saadaan

$$\langle g \rangle = \frac{\langle \text{jälki} \rangle - \langle \text{esi} \rangle}{100 - \langle \text{esi} \rangle}, \quad (4)$$

jossa $\langle \text{jälki} \rangle$ on ryhmän keskimääräinen jälkitestin tulos prosentteina, $\langle \text{esi} \rangle$ on ryhmän keskimääräinen esitestin tulos prosentteina. (Marx & Cummings, 2007) Normalisoitu saanto on huomattavasti mielekkäämpi tapa arvioida oppimistuloksia kuin pelkän testitulosten erotukseen perustuva saanto. Normalisoitu saanto ei ole kuitenkaan ongelmaton tapa määrittää oppilaan tai ryhmän oppimistuloksia. Jälkitestissä pisteittä jäänyt oppilas saa huomattavasti paremman normalisoidun saannon arvon, jos hän on saanut myös esitestistä vähän pisteitä verrattuna jälkitestissä pisteittä jääneeseen hyvän tuloksen esitestissä saaneeseen oppilaaseen. (Marx & Cummings, 2007) Esimerkiksi 10 % esitestistä saaneen oppilaan normalisoidun saannon tulos on yhtälön (3) perusteella vähintään -0,11..., kun taas 90 % esitestistä saavuttaneen oppilaan normalisoidun saannon tulos on alhaisimmillaan -9. Toinen normalisoituun saantoon g liittyvä ongelma on täydet pisteet esitestistä saavuttaneen oppilaan tilanne. Tällöin Yhtälön (3) mukaisesti normalisoidun saannon tulos lähestyy, jälkitestin tuloksesta riippumatta, negatiivista äärettömyyttä. Nämä edellä esiteltyt ongelmatilanteet tekevät normalisoitujen saantojen keskiarvojen laskemisesta mahdotonta, joten koko ryhmän keskimääräiset oppimistulokset joudutaan määrittämään keskimääräisten esi- ja jälkitestitulosten perusteella Yhtälön (4) mukaisesti (Marx & Cummings, 2007).

5.5.2 Normalisoitu muutos

Normalisoitu muutos (Normalized change) c ottaa huomioon normalisoidun saannon hyvät puolet ja lisäksi se antaa ratkaisut aiemmin esiteltyihin tilanteisiin, joissa normalisoitua saannon g määrittäminen ei ole mielekäästä. Kun oppimista esi- ja jälkitestin välillä on tapahtunut, eli jälkitestin tulos on parempi kuin esitestin tulos, lasketaan normalisoitu muutos samalla tavalla kuin normalisoitu saanto on esitetty Yhtälössä (3). Jos sen sijaan jälkitestin tulos on heikompi kuin esitestin tulos, normalisoitu muutos määritetään vertaamalla jälki- ja esitestin erotusta pelkän esitestin tulokseen. Pelkän esitestin tulos vastaa suurinta mahdollista testien välistä oppimistulosten heikkenemistä. Molempien testien tulosten ollessa yhtä suuret normalisoidun muutoksen arvo on nolla. Tilanteessa on kuitenkin kaksi poikkeusta, täydet pisteet tai nolla pistettä molemmista testeistä saaneiden oppilaiden tulokset poistetaan kokonaan mittausjoukosta. Näiden tulosten poistamista mittausjoukosta perustellaan niiden soveltumattomuudella oppimistilanteessa saavutetun tiedon määrittämiseen. (Marx & Cummings, 2007) Edellä mainitut normalisoidun muutoksen eri vaiheet voidaan

esittää yhtälöryhmänä

$$c = \begin{cases} \frac{\text{jälki} - \text{esi}}{100 - \text{esi}}, & \text{kun jälki} > \text{esi}, \\ \text{tuloksen poistaminen, kun jälki} = \text{esi} = 100 \text{ tai } 0, \\ 0, & \text{kun jälki} = \text{esi}, \\ \frac{\text{jälki} - \text{esi}}{\text{esi}}, & \text{kun esi} > \text{jälki}. \end{cases} \quad (5)$$

Normalisoidun muutoksen määrittelyssä on siis poistettu korkean esitestin- ja alhaisen jälkitestituloksen yhteisvaikutuksen muodostama ongelma. Normalisoidun muutoksen arvot vaihtelevat aina välillä $-1 \leq c \leq 1$. Paras menetelmä keskimääräisen normalisoidun muutoksen c_{ka} määrittämiseksi on laskea ensin ryhmän jäsenten yksittäiset normalisoidun muutoksen arvot ja määrittää niiden keskiarvo

$$c_{ka} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{n}. \quad (6)$$

Eräs normalisoidun muutoksen etu on sen tasapuolisuus tilanteissa, joissa oppilaan jälkitestin tulos kasvaa tai laskee saman prosentuaalisen määrän mahdollisesta noususta tai laskusta. Tällöin normalisoidun muutoksen arvot eroavat yhtä paljon sen maksimi- tai minimiarvosta. (Marx & Cummings, 2007) Jos oppilas on saavuttanut esitestistä tuloksen $\text{esi} = 20\%$ ja jälkitestistä tuloksen $\text{jälki} = 10\%$, eli tulos on laskenut puolet mahdollisesta laskusta, saadaan normalisoidun muutoksen arvoksi $c = -0,5$. Vastaavasti esitestin tuloksen ollessa $\text{esi} = 20\%$ ja jälkitestin tuloksen ollessa $\text{jälki} = 60\%$, saadaan normalisoidun muutoksen arvoksi $c = 0,5$. Tässä tilanteessa tulos oli parantunut esitestin tuloksesta 40% , eli puolet mahdollisesta parannuksesta.

5.6 Analyysi

Tutkimukseen liittyvä analyysi tehtiin Luvussa 5.1 esitellyn videomateriaalin ja siitä muodostettujen litteraattien perusteella. Tutkimuksessa mukana olleista kolmesta ryhmästä kahta ohjasi luokanopettajaopiskelija ja yhtä luokanopettajien kouluttaja. Luokanopettajaopiskelijoiden ohjaamat ryhmät valittiin Luvussa 5.5.2 esitellyn normalisoidun muutoksen c perusteella siten, että toinen ryhmä saavutti korkeat ja toinen alhaiset oppimistulokset. Videoitua aineistoa rajattiin jättämällä AdaptGuide-simulaation ”Lisäpulmia”-välilehdellä oleviin tehtäviin liittyvät ohjaustilanteet analyysin ulkopuolelle. Litteraateista merkittiin ylös ryhmän ohjaajan tasapainon oppimiseen ohjaavat tilanteet. Ohjaustapojen luokittelu muokattiin havaintojen ja teorian perusteella tutkimukseen sopivaksi. Teoriapohjana luokittelun muodostamisessa käytettiin erityisesti hyväksi Taulukon 2 mukaista de Jongin ja







Lazonderin ohjaustapojen luokittelua (de Jong & Lazonder, 2014; Lazonder & Harmsen, 2016). Tämän mallin mukaiset ohjauksen tukimuodot pätevät sekä opettajan antamaan ohjaukseen että oppimisympäristöstä peräisin olevaan tukeen. Tutkimuksessa käsiteltiin vain opettajalta peräisin olevaa ohjausta, joten tukimuotojen määrittely muokattiin vastaamaan näitä lähtökohtia.

Varsinaisia ohjausmuotoja tutkimuksessa käytetyssä luokittelussa oli kuusi, joista kaksi jaettiin pienempiin lisäluokkiin. Kehotteet jaettiin kehotteiksi toiminnalle simulaatiossa, kehotteiksi toiminnalle oppimisympäristössä, kehotteiksi oppimisympäristön ulkopuolella ja kehotteiksi pohdinnalle. Eri kehotetyypit ovat luonteeltaan kovin erilaisia, minkä vuoksi luokittelu alaluokkiin koettiin tarpeelliseksi. Aktivoiminen jaettiin aktivointiin ja rohkaisuun. Aktivointi oli ohjaajan toimesta ilmenevää oppilaan aktivointiin tai ryhmän tietyn tehtävän suorittamiseen kehoittavaa tavoitteellista ohjausta. Rohkaisu määriteltiin opettajalta oppilaille suunnattuna kannustuksena omien ajatusten mukaisen toiminnan suorittamiseen. Vaihtoehtojen rajaaminen nimensä mukaisesti määritettiin tarkoittamaan haastavassa tehtävässä olevien tilannevaihtoehtojen määrän rajoittamista. Vinkki merkitsi toimintavihjeen tai aiemmin suoritettun tilanteen muistuttamisen sisältävää ohjeistusta. Suoran vastauksen antaminen oli myös yksi ohjausmuodoista, tämä vaihtoehto on mielekäs oppilaiden ollessa kykenemättömiä ratkaisemaan tilannetta omin avuin tai edes vinkkien avulla. Viimeisenä ohjausmuotona listauksessa oli palaute. Palautteella tarkoitettiin luokittelussa opettajan antamaa palautetta oikeasta vastauksesta tai hyvästä ehdotuksesta oppimistilanteesta. Mikä tahansa kehu tai palaute ei kuitenkaan riitä ohjaustoiminnan luokitteluun: palautteella täytyi olla luokittelussa selkeä ohjaustarkoitus tasapainon oppimiseen liittyen. Samassa puheenvuorossa esitetyt tukimuodot koodattiin kuuluvaksi vain yhteen tukimuotoluokkaan tilanteen selkeyden vuoksi. Eri ohjausmuodot järjestettynä vähiten ohjaavasta ohjaavimpaan, ohjausmuotojen selitykset ja esimerkkitalanteet kustakin ohjaustoimesta ja niiden alatilanteista on esitetty Taulukossa 6.

Aineiston analyysin yhteydessä oppimistilanne jaettiin viiteen osaan oppimisympäristön välilehtiin perustuen siten, että Aloitus-osuuteen kuului ennen ensimmäiseen tehtävään siirtymistä suoritettut ohjaustilanteet ja kunkin tehtävän kohdalla ohjaustilanteeseen laskettiin mukaan mahdolliset siirtymiset takaisin esimerkiksi Sääntölaboratorio-välilehdelle. Tutkimuksen materiaali rajattiin siten, että Lisäpulmia-välilehden käsittely ei kuulunut analysoitavaan materiaaliin. Kunkin ryhmän ohjaajan eri osioissa käytetyt ohjaustavat asetettiin kuvaajaan, jonka vaaka-akselille merkittiin ohjauskertojen määrä ja pystyakselille merkittiin eri ohjauksen tukimuodot numerokoodein. Kuvaajissa käytetyt ohjauksen tukimuotojen numeroinnit on esitetty Taulukossa 7. Ohjaustyypit järjestettiin vähiten ohjaavasta ohjaavimpaan tukimuotoon. Ohjausmuotojen eri lisäluokat esitettiin kuvaajissa

eri numerokoodin niiden eroavan luonteen vuoksi. Eri osioissa käytetyt ohjaustavat esitettiin kussakin kuvaajassa eroavin värein tehtävien välisten ohjaustapaerojen analysoimisen mahdollistamiseksi. Jokaisen ryhmän ohjaustilanteista määritetyistä kuvaajissa samat osiot merkittiin selkeyden vuoksi samalla värillä.

Taulukko 5. Taulukossa on esitetty tasapainotestin tehtävätyyppien nimeämiset, selitykset ja esimerkkikuvat jokaisesta tehtävätyypistä. Taulukon tiedot on otettu lähteestä (Maanen, Been & Sijtsma, 1989).

Tehtävän tyyppi	Selitys	Esimerkkikuva
Tasapaino (Balance)	Painot ja etäisyydet ovat molemmilla puolilla yhtä suuret.	
Paino (Weight)	Etäisyydet ovat yhtä suuret, mutta painot ovat eri kokoiset.	
Etäisyys (Distance)	Painot ovat yhtä suuret, mutta kummankin painon etäisyys tukipisteestä on eri.	
Ristiriita-tasapaino (Conflict-Balance)	Painon ja etäisyyden tulot ovat molemmilla puolilla tukipistettä yhtä suuret.	
Ristiriita-paino (Conflict-Weight)	Suuremmalla massamäärällä varustettu keinulaudan puoli menee alas. Etäisyydet tukipisteestä ovat eri pituiset.	
Ristiriita-etäisyys (Conflict-Distance)	Keinulaudan puoli, jolla paino on asetettu kauemmaksi tukipisteestä menee alas, eri puolilla tukipistettä olevat painot ovat eri kokoiset.	

Taulukko 6. Aineiston analysoinnissa luokitellut ohjaustoimet, niiden selitykset ja esimerkit kustakin ohjaustoimesta.

Ohjaustoimen nimi	Selitys	Esimerkki
	Aktivointi: Koko ryhmän tai yhden ryhmäläisen aktivointia annetun tehtävän suorittamiseen.	Aktivointi: "Mitäs te muut ryhmäläiset ootte tästä mieltä?"
Aktivoinnin	Rohkaisu: Opettaja rohkaisee oppilaita esimerkiksi kertomaan oman mielipiteensä tai toimimaan omien ajatustensa mukaisesti. Rohkaisua ennen opettaja on mahdollisesti kehottanut oppilaita pohtimaan.	Rohkaisu: "Kerro vaan rohkeesti mitä mietit, koska sulla on selkeästi joku ajatus mielessä."
Palaute	Annetaan palautetta esimerkiksi oikeasta vastauksesta tai hyvästä ehdotuksesta.	"Tuo ehdottamasi ratkaisu oli kyllä todella hyvin keksitty."
Vaihtoehtojen rajaaminen	Rajoitetaan vaihtoehtoja, jotta tilanteesta tulisi yksinkertaisempi.	"Älä siirrä sitä sinistä lintua ollenkaan, vaan tasapainotaa tilanne siirtämällä vain punaista lintua."
	Kehote toiminnalle simulaatiossa: Oppilaita kehoitetaan toimimaan simulaatiossa saman välilehden sisällä tietyllä tavalla.	Kehote toiminnalle simulaatiossa: "Onnistuisitteko tasapainottamaan keinulaudan siten, että linnut ovat erimassaisia?"
Kehote	Kehote toiminnalle oppimisympäristössä: Oppilaita kehoitetaan siirtymään tietylle välilehdelle oppimisympäristön sisällä.	Kehote toiminnalle oppimisympäristössä: "Kirjottakaa keksimänne sääntö vielä ylös simulatiorin sääntölaatikkoon."
	Kehote toiminnalle oppimisympäristön ulkopuolella: Oppilaita kehoitetaan tekemään jotain oppimisympäristön ulkopuolella.	Kehote toiminnalle oppimisympäristön ulkopuolella: "Merkitkää saavuttamanne tasapainotilanne sääntöpaperillenne."
	Kehote pohdinnalle: Oppilaita kehoitetaan perustelevaan tekemisiään, pohtimaan tasapainoilmiötä tai vertaamaan tilannetta aikaisempaan tehtävään.	Kehote pohdinnalle: "Miksi keinulauta pysyy nyt tasapainossa?"
Vinkki	Opettaja antaa vinkin, jonka avulla oppilaat saavat tietoa miten tehtävä tulisi ratkaista tai miten uuden säännön voisi muodostaa. Voidaan myös muistuttaa aikaisemmin saavutetusta säännöstä tai tilanteesta.	"Onko tässä tilanteessa jostainkin sovellettavissa se teidän muodostama sääntö, joka liittyy siihen edelliseen tehtävään?"
Suora vastaus	Kerrotaan etsittävä informaatio, jos oppilaat eivät kykene saavuttamaan tilanteen ratkaisua muuten.	"Koska 3 kg painava lintu on puolet kevyempi kuin 6 kg painava lintu, tulee se siirtää kaksi kertaa kauemmaksi kuin 6 kg painava lintu."

Taulukko 7. Taulukossa on esitetty eri ohjausmuotojen numerointi, jonka perusteella ne on asetettu oppimistilanteista muodostettuihin kuvaajiin.

Ohjausmuodot

1. Rohkaisu
 2. Aktivointi
 3. Palaute
 4. Vaihtoehtojen rajaaminen
 5. Kehote pohdinnalle
 6. Kehote toiminnalle oppimisympäristön ulkopuolella
 7. Kehote toiminnalle oppimisympäristössä
 8. Kehote toiminnalle simulaatiossa
 9. Vinkki
 10. Suora vastaus
-

6 Tulokset

Tässä luvussa esitellään ryhmien oppimistulokset, käsitellään ryhmien ohjaajien käyttämiä tutkivan oppimisen tukimuotoja ja vertaillaan tukimuotojen käyttöä eri ohjaajien välillä. Oppilaiden pseudonyyminimet, oppimistulokset ja ryhmien keskimääräiset oppimistulokset on esitetty Taulukossa 8. Ohjaajien eri oppimistilanteen osioissa suoritettujen ohjaustilanteiden määrät on esitetty Taulukossa 9 ja ohjaustilanteiden jakautuminen eri tukimuotojen välille Taulukossa 10. Kunkin ryhmän ohjaajan käyttämät ohjauksen tukimuodot on esitelty erillisessä alaluvussa. Luvun lopussa käsitellään analyysin yhteydessä havaittuja eri ohjaajien oppimistilanteen tukemisen samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia osioittain.

Taulukko 8. Taulukossa on esitetty tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden pseudonyymit, esi- ja jälkitestien tulokset, normalisoidun muutoksen arvot ja ryhmän jäsenten normalisoidun muutoksen keskiarvot.

Ryhmä	Oppilaan Pseudonyymi	Esitestin tulos (max. 25 p)	Jälkitestin tulos (max. 25 p)	Normalisoitu muutos c	Ryhmän normalisoitujen muutosten keskiarvo c_{ka}
Korkeat oppimistulokset saavuttanut ryhmä	Aurora	16	20	0,44	0,38
	Savannah	16	21	0,56	
	Thomas	18	19	0,14	
Alhaiset oppimistulokset saavuttanut ryhmä	Alice	14	12	-0,14	-0,10
	Naomi	13	11	-0,15	
	Willow	15	15	0	
Opettajankouluttajan ohjaama ryhmä	Athena	18	16	-0,11	-0,07
	Bennett	17	17	0	
	Melanie	21	19	-0,10	

6.1 Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tulokset

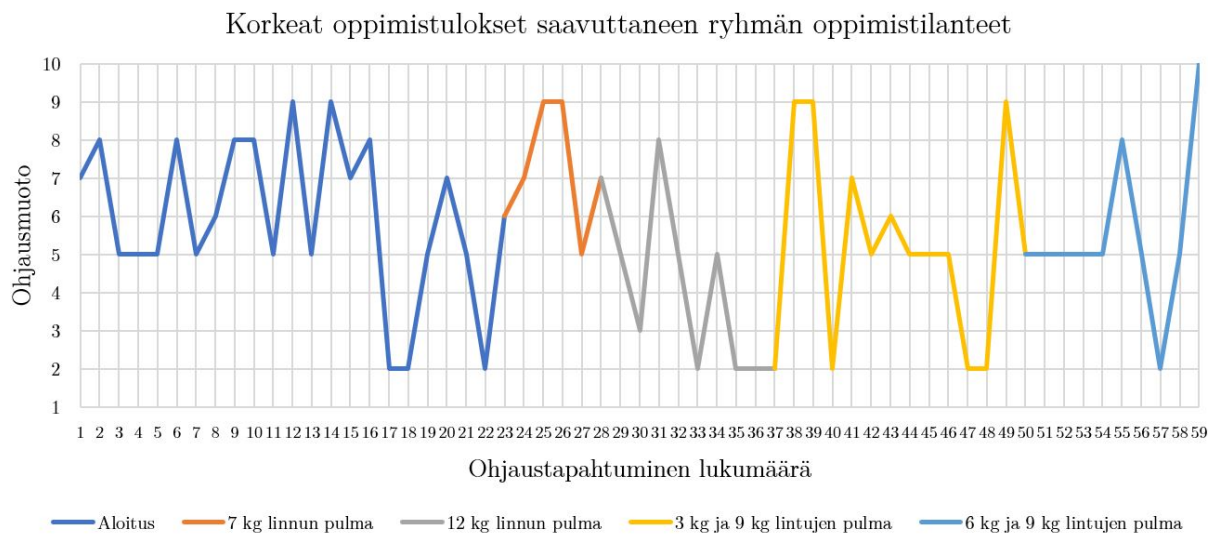
Ryhmän ohjaaja käytti eri ohjaustoimia suhteellisen tasaisesti läpi oppimistilanteen. Kehotteiden määrä kaikista ohjaustoimista oli todella suuri, mutta suoria kehotteita toiminnalle oli suhteellisen vähän verrattuna pohdintaan kannustaviin kehotteisiin. Ohjaaja käytti ryhmän ohjauksessa merkittävän paljon aktivointia hyväkseen, tämä oli yksittäisistä ohjausmuodoista toiseksi käytetyin. Ryhmän ohjaustilanteista muodostettu kuvaaja on esitetty Kuviossa 5.

6.2 Alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tulokset

Ryhmän ohjaajana toiminut luokanopettajaopiskelija käytti ohjauksessaan, erityisesti oppimistilanteen alkuosassa, paljon kehotteita. Mitä pidemmälle tilanne eteni, sitä enemmän oppilaille annettiin myös esimerkiksi vinkkejä ratkaisujen saavuttamiseksi. Ryhmän oppimistilanteesta poimituista ohjaustilanteista muodostettu kuvaaja on esitetty Kuviossa 6.

6.3 Opettajankouluttajan ohjaaman ryhmän tulokset

Ryhmän ohjaaja tukeutui suhteellisen tasaisesti useisiin eri ohjausmuotoihin ryhmän ohjauksessa koko oppimistilanteen ajan. Kehotteiden määrä myös tämän ryhmän kohdalla oli huomattavasti suurin ohjaustoimien pääryhmä, mutta kehotteista noin kaksi kolmasosaa luokiteltiin alaluokaltaan kehotteiksi pohdinnalle. Merkittävää on myös kehotteiksi pohdinnalle määritettyjen ohjaustoimien esiintyminen useita kertoja peräkkäin saman tilanteen yhteydessä. Nämä tilanteet muistuttavat tutkimuksen ohjaustoimien luokittelun pohjana hyödynnettyä Taulukossa 2 esitettyä de Jongin ja Lazonderin ohjaustoimien luokittelun useisiin peräkkäin esitettyihin kysymyksiin perustuvia jäsentäviä kysymyksiä. Viimeisen tehtävän yhteydessä ryhmän ohjaaja muodosti Sääntölaboratorio-välilehdelle lisätehtävän, koska oppilaat eivät olleet kykeneviä perustelemaan tehtävässään saavutetun tasapainotilanteen perusteluja. Tämä selittää viimeisessä osiossa ilmenevien ohjaustilanteiden suuren määrän verrattuna toisten ohjaajien oppimistilanteisiin. Ryhmän ohjaustilanteista muodostettu kuvaaja on esitetty Kuviossa 7.



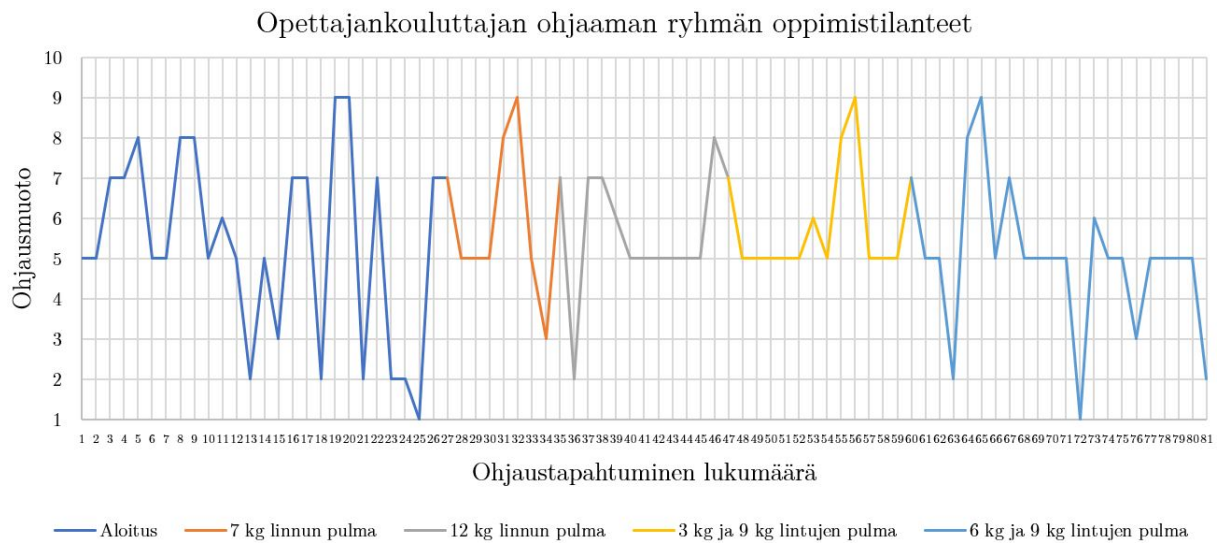
Kuvio 5. Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaustilanteet. Vaaka-akselilla on esitetty ohjaustapahtumien lukumäärä ja pystyakselilla Taulukon 7 mukaiset ohjausmuodot.



Kuvio 6. Alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaustilanteet. Vaaka-akselilla on esitetty ohjaustapahtumien lukumäärä ja pystyakselilla Taulukon 7 mukaiset ohjausmuodot.

6.4 Luokanopettajaopiskelijoiden ohjaustapojen yhtenevyydet ja eroavaisuudet

Kahdesta tutkimukseen kuuluneesta ryhmästä vain toinen saavutti positiiviset oppimistulokset normalisoidun muutoksen perusteella. Tässä ryhmässä jokaisen oppilaan jälkitestin



Kuvio 7. Opettajankouluttajan ohjaaman ryhmän ohjaustilanteet. Vaaka-akselilla on esitetty ohjaustapahtumien lukumäärä ja pystyakselilla Taulukon 7 mukaiset ohjausmuodot.

tulos oli korkeampi kuin esitestin tulos. Toisen ryhmän kohdalla kaksi kolmesta oppilaasta saavutti normalisoidun muutoksen perusteella negatiiviset oppimistulokset ja yksi oppilas sai saman tuloksen sekä esi- että jälkitestistä.

Merkittävä eroavaisuus koko oppimistilanteen aikana oli ohjaajien erilainen oppimistilanteen rytmitys. Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja piti selvästi tiukempaa kontrollia tilanteen etenemisen takaamiseksi kuin alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja. Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja rytmitti tilanteita esimerkiksi kehottamalla yksittäisen oppilaan suorittamaan tietyn oppimistilanteeseen liittyvän tehtävän, jos tilanne ei muuten edennyt. Kummankaan luokanopettajaopiskelijan oppimistilanteen ohjauksessa ei varsinaisesti ole havaittavissa, Luvussa 2.1 esitettyä, ajan kuluessa tapahtuvaa vastuunsiirtoa ohjaajalta oppilaille. Tämä voidaan havaita tehtäväkohtaisten tukitoimien määrästä kummankin ohjaajan tehtäväkohtaisista tukimuotojen määristä, jotka on esitetty Taulukossa 9. Molemmilla ryhmillä tosin on Aloitus-osiossa huomattavasti eniten ohjaustapahtumia kuin viimeisten tehtävien yhteydessä, mutta tämä johtuu todennäköisesti sisältömäärän suuruudesta kyseisen osion yhteydessä. Samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia esiintyi myös muiden osa-alueiden yhteydessä. Tämä alaluku on jaettu kolmeen osioon valittujen osa-alueiden mukaisesti. Alaluvuissa käsitellään teknistä ohjausta, ohjaustapoja tasapainotusryityksen yhteydessä ja Sääntölaboratorio-välilehden hyödyntämistä tehtävien ratkaisemisen tukemisessa. Jokaisessa alaluvun osiossa on esitetty yleisemmin pohdintaa ohjaajien oppilaille tarjoaman tuen samankaltaisuuksista ja eroista sekä lisäksi molempien ryhmien ohjaustilanteista muodostetuista litteraateista on poimittu

Taulukko 9. Taulukossa on esitetty kunkin ryhmän ohjaajan eri osioissa suoritettujen ohjaustoimien lukumäärä ja ohjaustoimien yhteismäärä.

Osion nimi	Ms. Davis (Korkeat oppimistulokset saavuttanut ryhmä)	Ms. Clarke (Alhaiset oppimistulokset saavuttanut ryhmä)	Mr. Miller (Opettajankouluttajan ohjaama ryhmä)
Aloitus	23 (39,0 %)	23 (46,0 %)	27 (33,3 %)
7 kg linnun pulma	5 (8,4 %)	4 (8,0 %)	8 (9,9 %)
12 kg linnun pulma	9 (15,3 %)	8 (16,0 %)	12 (14,8 %)
3 kg ja 9 kg lintujen pulma	13 (22,0 %)	11 (22,0 %)	13 (16,0 %)
6 kg ja 9 kg lintujen pulma	9 (15,3 %)	4 (8,0 %)	21 (26,0 %)
Yhteensä	59 (100,0 %)	50 (100,0 %)	81 (100,0 %)

analysoitavaksi ohjausta kuvaavat tilanteet.

6.4.1 Oppimisympäristön käytön ohjeistus

Molemmat opettajaopiskelijat ohjasivat ryhmäänsä kuuluneita oppilaita oppimisympäristön käyttöön liittyvissä asioissa, kuten simulaation ja tehtävien toimintaperiaatteissa. Molempien ryhmien ohjaajat kertoivat jokaisen uuteen pulmaan siirryttäessä tehtävän tarkoituksen ja toimintatavan, esimerkiksi tehtävään liittyvät muuttuvat suureet. Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja hyödynsi lyhyitä pohjustuksia tehtävien alussa ja puuttui herkästi oppilaiden simulaation käytössä ilmenneisiin ongelmiin. Toisen ryhmän ohjaajan tehtävien suorittamista edeltävät pohjustukset olivat huomattavasti pidempiä ja ne jäivät usein ikään kuin yksinpuheluiksi. Hän ei puuttunut oppimistilanteessa ilmenneisiin teknisiin ongelmiin yhtä herkästi kuin toisen ryhmän ohjaaja. Alla esitetään oppimistilanteista muodostetuista litteraateista poimitut esimerkkitalanteet edellä mainituista eroavaisuuksista ryhmän ohjaajien tehtäväpohjustuksista. Kummankin tehtäväpohjustuksen jälkeen on esitetty valittujen esimerkkitalanteiden analysointi.

Taulukko 10. Taulukossa on esitetty ohjaajien eri ohjausmuotojen käyttökertojen lukumäärät oppimistilanteen aikana.

Ohjausmuoto	Ms. Davis (Korkeat oppimistulokset saavuttanut ryhmä)	Ms. Clarke (Alhaiset oppimistulokset saavuttanut ryhmä)	Mr. Miller (Opettajankoulutta- jan ohjaama ryhmä)
Rohkaisu	- (0 %)	2 (4 %)	2 (2,5 %)
Aktivointi	12 (20,3 %)	2 (4 %)	8 (9,9 %)
Palaute	1 (1,7 %)	- (0 %)	3 (3,7 %)
Vaihtoehtojen rajaaminen	- (0 %)	- (0 %)	- (0 %)
Kehote pohdin- nalle	22 (37,3 %)	16 (32 %)	39 (48,1 %)
Kehote toimin- nalle oppimis- ympäristön ul- kopuolella	3 (5,1 %)	3 (6 %)	4 (4,9 %)
Kehote toimin- nalle oppimis- ympäristössä	6 (10,1 %)	11 (22 %)	13 (16,1 %)
Kehote toimin- nalle simulaat- tiossa	7 (11,9 %)	11 (22 %)	7 (8,6 %)
Vinkki	7 (11,9 %)	5 (10 %)	5 (6,2 %)
Suora vastaus	1 (1,7 %)	- (0 %)	- (0 %)
Yhteensä	59 (100 %)	50 (100 %)	81 (100 %)

Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tilanne:

Ryhmän tilanne on poimittu ensimmäisen pulman, eli 7 kg linnun pulman, aloituksen yhteydestä. Tilannepoiminta alkaa oppimisympäristön käytön ohjeistuksella.

Ms. Davis: Tuol näkyy teiän säännöt aina.

Thomas: Mitä siin luki.

Aurora: Eli se on niinku sillee, et tätä sinistä lintua voi vaa siirtää.

Thomas: Mene ylemmäs, mä en kerenny lukee sitä.

Aurora: Se on sillee, et tota, tota sinistä lintua pystyy säätää.

Ms. Davis: Joo sen painoa pystyy säätää ja sitte öö, etäisyyttä laudalla.

Thomas: Pistä se tonne ihan päähän.

[Savannah siirtää sinisen 1 kg linnun laudan päähän, eli kohtaan 8 m.]

Ms. Davis: Muistakaa, et te saatte aina 10 pistettä ekasta ja 5 sitte seuraavasta arvauksesta. Kannattaa miettii tarkasti.

[Savannah yrittää siirtää punaista lintua.]

Aurora: Sitä ei pysty liikuttaa.

Savannah: (ESS) painan?.

Ms. Davis: Te voitte kokeilla tätä viel siellä Sääntölaboratoriossa. Jos tuntuu, että ei onnistu.

Tässä tilanteessa ryhmän ohjaaja hyödynsi lyhyitä puheenvuoroja oppilaiden tekniseen ohjaamiseen. Koska kyseinen tilanne liittyi ensimmäiseen oppimisympäristössä suoritettuun varsinaiseen tehtävään, oli tekninen ohjaus vielä hieman tarkempaa kuin lopuissa tehtävissä. Ohjaajan muistutus tehtäviin liittyvästä pisteetyksestä ja kehotus siirtyä Sääntölaboratoriovälilehdelle rauhoittavat tilannetta. Kun ryhmään kuuluneet oppilaat eivät aktiivisesti ottaneet kantaa tai vastanneet ryhmän ohjaajan puheenvuoroihin, ohjaaja ikään kuin osallisti itsensä mukaan keskusteluun esimerkiksi kertomalla pulman toimintaperiaatteista ja keskeyttämällä tehtävän suorituksen kehotuksella siirtyä Sääntölaboratorioon.

Alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tilanne:

Ryhmän tilanne on poimittu ensimmäisen pulman, eli 7 kg linnun pulman, aloituksen

yhteydestä. Ryhmän ohjaaja kertoo tilanteen alussa oppimistilanteen tarkoitusta ja oppimisympäristön käyttöä.

Ms. Clarke: Eli joka pulmassa ois tarkoitus saada tasapainoon se lauta ja te ootte nyt tehny noit sääntöi, minkä avulla te voitte yrittää ratkasta sitä, jos se ei onnistu niitten avulla, nii sit voi aina mennä tonne Sääntölaboratorioon testaa takasi, että mikäs siinä nyt olikaa, et miks ei se jääny tasapainoon. Ekast yrityksest saa 10 pistettä ja tokast 5 ja nii eteenpäin. Ku ootte lukenu, nii voitte mennä 7 kilon linnun pulmaa.

Naomi: Ootteks te lukenu?

Alice: Joo.

Willow: Joo.

[Oppilaat siirtyvät ensimmäiseen pulmaan.]

Ms. Clarke: Elikkä se latautuu sielt pikkuhiljaa, mut oikeella olevan linnun painoa voi muuttaa ja sitä voi liikuttaa ja tota toista ei voi liikuttaa eikä sen painoo voi muuttaa, nii missä tilantees se pysyis tasapainossa.

Alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja piti esimerkikikatkelmaksi valikoidussa tilanteessa aluksi pitkän puheenvuoron liittyen oppimisympäristön tehtäväosuuden suoritukseen. Katkelman lopussa opettaja esitti ensimmäiseen pulmaan liittyvät tekniset asiat, kuten muokattavissa olevat suureet. Erityisesti katkelmassa esitetty Pulmien ohjeet-välilehden lukemisen ohessa suoritettu ohjaajan ensimmäinen puheenvuoro on todella pitkä ja hankalasti tulkittava. Huomioitavaa on myös Sääntölaboratorion käytön ohjeistus. Sääntölaboratoriota tulisi käyttää sekä ennen tasapainotusyritystä pulmissa ilmenevien ongelmien että epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen pulman tilannetta vastaavien tilanteiden muodostamiseen. Ohjaajan puheenvuorosta tämä ei tule selvästi esille.

6.4.2 Ohjaus tasapainotusyrityksen yhteydessä

Ryhmien ohjaajien ohjaustoimissa ennen ja jälkeen keinulaudan tasapainottamista oli huomattavissa yhteneväisyyksiä mutta myös eroavaisuuksia. Tehtävien suorittamisen yhteydessä ennen keinulaudan tukien poistamista korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja esitti huomattavasti enemmän tilannetta rytmittäviä ja koko ryhmää aktivoivia kysymyksiä kuin toisen ryhmän ohjaajana toiminut opettajaopiskelija. Tasapainotilanteen saavuttamisen jälkeen molempien ryhmien ohjaajat pyysivät oppilaita perustelemaan

vastauksiaan. Jos oppilaat eivät kyenneet aluksi perustelemaan oikean vastauksen taustalla olevia ajatuksia, korkeat tulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja saattoi esimerkiksi esittää useita kysymyksiä peräkkäin ja pyrki johdattelemaan oppilaita oikeaa ratkaisua kohti esimerkiksi muistuttamalla aiemmin saavutetuista tasapainotilanteista. Myös alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja esitti oikean tuloksen jälkeen kysymyksiä tasapainotilanteen perusteluista, mutta perusteluihin liittyvien kysymysten määrä oli pienempi ja kysymyksiin liittyvät keskustelut käytiin usein ohjaajan ja yksittäisen oppilaan välillä. Alla on esitetty havainnollistavat esimerkkikohdat molempien ohjaajien oikean ratkaisun saavuttamisen jälkeisistä keskusteluista oppilaiden kanssa.

Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tilanne:

Ryhmän tilanne on poimittu kolmannen pulman, eli 3 kg ja 9 kg lintujen pulman, onnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeisistä keskusteluista.

[Keinulauta jää tasapainoon.]

Thomas: Joo.

Ms. Davis: Tosi hyvä. Miks se jää tasapainoo? Löydätteks te jotain yhteyttä sieltä?

Thomas: No. No toi jaettuna tolla on 3, nii sitte tää on 3 kauempana ku tuo. 1, 2, 3.

Ms. Davis: Joo. Löydätteks te?

Thomas: Eiku hetkinen. Ei ookkaa.

Ms. Davis: Miks se jäi tasapainoo? Mitä te aattelitte aiemmin siitä suhteesta?

Aurora: Nois on ainaki sillee, et niinku tää väli näissä on sillee niinku 9.

Ms. Davis: Joo.

Ms. Davis: Tuleeks sulle Savannah mitää mielee?

Savannah: Ei.

Ms. Davis: Entäs sulle Thomas?

Thomas: Ei.

Ms. Davis: Ei tuu mitää mielee. Miks, miks se tilanne oli sama, minkä te muodostitte siel aikasemmin siel Sääntölaboratoriossa? Se, millä te saitte ratkastuu tän.

Thomas: Noku se oli sama ku se kakkonen sisälty siihen kuutosee saman verran ku kolmonen 9:ää.

Ms. Davis: Joo. Pystytteks te muodostaa sillä jotain sääntöä, millä te voisitte ratkasta sit seuraavan pulman? Voitte kattoo, et mikä se seuraava pulma on.

Edellä esitetty esimerkkikatkelma poimittiin oppimisympäristön kolmannen pulman, eli 3 kg ja 9 kg lintujen pulman suorittamisen yhteydestä. Oppilaat harjoittelivat tilannetta ensin Sääntölaboratorio-välilehdellä ja varsinaisen tehtävän yhteydessä tilanteen suoritus onnistui ensimmäisellä yrityksellä. Ryhmän ohjaaja esitti saavutetun tasapainotilanteen jälkeen useita kysymysmuotoisia kehoitteita pohdinnalle. Näillä kysymyksillä ryhmän ohjaaja selvitti, kuinka hyvin ryhmän oppilaat olivat perillä tasapainotilanteen teoreettisista perusteluista. Ohjaaja aktivoi koko ryhmän osallistumaan keskusteluun tasapainotilanteen perusteluista. Kun kukaan ryhmän jäsenistä ei kyennyt perustelemaan tilanteen luonnetta, ohjaajana toiminut luokanopettajaopiskelija esitti oppilaille edellä saavutettua tilannetta koskeneen vinkin. Kun yksittäinen oppilas vastasi Sääntölaboratoriossa saavutetun ja varsinaisen pulman ratkaisun yhteneväisyyksistä, ohjaaja kehotti oppilaita siirtymään seuraavaan tehtävään miettimään kuinka ratkaisun taustalla oleva tasapainotussääntö tulisi muodostaa.

Alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tilanne:

Ryhmän tilanne on poimittu kolmannen pulman, eli 3 kg ja 9 kg lintujen pulman, onnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeisistä keskusteluista.

[Keinulauta jää tasapainoon.]

Ms. Clarke: Okei, se jäi tasapainoo nytte. Mistä te päättelitte, et toi ois just se paikka, mihin sen pitäis mennä?

Alice: Emmä tiiä.

Ms. Clarke: Sen pienemmän linnun.

Ms. Clarke: Osaatteks te sanoo?

Willow: Se on taas toi sääntö.

Ms. Clarke: Mm.

Alice: Aa.

Ms. Clarke: Mut onks se puolet kauempana?

Alice: No.

- Naomi:** Ei.
- Alice:** Onks se niinku kolmasosan kauempana?
- Ms. Clarke:** Mm, nyt se on kolmasosan kauempana. Eli toi sääntö ei pädekää ihan kaikkii, minkä te äsken keksitte.
- Alice:** (ESS).
- Ms. Clarke:** Mut joihinki tilanteisii. Osaisitteks te päätellä, et mikä sit tässä tilanteessa, tai ku et se onki kolmasosan kauempana, nii mites se muutti tätä suhdetta?
- Alice:** En tiiä.
- Ms. Clarke:** Mitä niil molemmil puolil tapahtuu?
- Ms. Clarke:** Jos ette osaa, nii ei haittaa siis yhtää. Voiaa mennä eteenpäin, te saitte sen tasapainoo, nii se on ihan hyvä.

Myös tämä esimerkkikatkelma poimittiin oppimisympäristön kolmannen pulman, eli 3 kg ja 9 kg lintujen pulman suorittamisen yhteydestä. Onnistunutta tasapainotilannetta edelsi kaksi epäonnistunutta tasapainotusyritystä tehtävän yhteydessä. Onnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen ryhmän ohjaajana toiminut luokanopettajaopiskelija kysyi oppilailta perusteluja onnistuneen tilanteen toimintaan. Kun oppilaat eivät aluksi pystyneet järkevästi kertomaan perusteluja saavutetulle tasapainotilanteelle, ohjaaja pyrki ensin aktivoimaan koko ryhmää kysymällä saman kysymyksen uudelleen. Oppilaiden vastatessa viitaten aikaisemmin saavutettuun sääntöön, ohjaaja esitti tarkentavan kysymyksen oppilaan esittämään vastaukseen pohjautuen. Huomiota herättävää oli tarkentavaan kysymykseen esitetyn vastauksen yhteydessä esiintynyt ryhmän ohjaajan kielellisesti arvelluttava termi ”kolmasosan kauempana” tilanteesta, jossa pienemmän linnun etäisyys oli kolme kertaa suurempi kuin isomman linnun etäisyys. Tämän tilanteen yhteydessä oppilaat eivät osanneet vastata opettajan esittämiin kysymyksiin saavutetusta tasapainotilanteesta. Kun oppilaat eivät kyenneet perustelemaan kyseisen tasapainotilanteen teoreettista pohjaa, ohjaaja kehoitti oppilaita siirtymään seuraavaan oppimisympäristössä esitettyyn pulmaan. Tehtävän vastauksen perustelut jäivät siis auki.

6.4.3 Sääntölaboratorio-välilehden hyödyntäminen

Yksi merkittävä eroavaisuus ohjaajien toimissa oli Sääntölaboratorion käytön hyödyntäminen oppimistilanteen yhteydessä. Jokaisessa tehtävässä epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen tehtäväsivulle tulee esiin tekstimuotoinen kehote siirtyä Sääntölaboratorioon pohtimaan ratkaisua ennen uutta yritystä varsinaisella tehtäväsivulla. Sääntölaboratorio-välilehdellä oli pakko vieraila, jotta uuden ratkaisuyrityksen muodostaminen tehtävän yhteydessä oli mahdollista. Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja kehotti oppilaita siirtymään Sääntölaboratorioon jo oppilaiden ollessa epävarmoja ratkaisuehdotuksesta. Toisen ryhmän ohjaaja sen sijaan antoi oppilaiden usein kokeilla tehtävän ratkaisua itsenäisesti ja ei varsinaisesti kannustanut ryhmäläisiään Sääntölaboratorion hyödyntämiseen tehtävien yhteydessä. Eräässä tilanteessa kyseinen ohjaaja neuvoi oppilaita siirtymään nopeasti Sääntölaboratorion kautta takaisin tehtävä-välilehdelle ilman Sääntölaboratorion tarjoaman harjoitustilan hyödyntämistä. Alla on esitetty Sääntölaboratorio-välilehden hyödyntämiseen liittyvät katkelmat molemmilta ryhmiltä. Katkelmissa on nähtävissä ohjaajien erilainen näkemys Sääntölaboratorion hyödyllisyydestä.

Korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tilanne:

Ryhmän tilanne on poimittu kolmannen pulman, eli 3 kg ja 9 kg lintujen pulman, yhteydestä.

Ms. Davis: Pystyitteks te hyödyntää tähän sitä teiän äskösessä tilanteessa käyttämää sääntöä?

[Thomas siirtelee punaista lintua ensin kohtaan 4 m, sitten kohtaan 3 m ja jää miettimään.]

Ms. Davis: Tai pystyitteks te käyttää noita sääntöjä, mitä te ootte öö laittanu tonne, kirjannu ylös?

Ms. Davis: Tuleeks mitää mielee?

[Savannah pudistaa päätään.]

Savannah: Ei.

[Thomas siirtää punaisen linnun takaisin kohtaan 4 m.]

Ms. Davis: Teil on myös mahdollisuus mennä tonne Sääntölaboratorio ja löytää tällästä samanlaista tilannetta, pystysitteks te muodostaa tälläsen samanlaisen tilanteen eri luvuilla. [Thomas palaa Sääntölaboratorio-välilehdelle.]

Edellä esityssä tilanteessa ohjaaja käytti ensin kahta aikaisemmista ratkaistuista tasapaino-tilanteista muistuttavaa kysymysmuotoista vinkkiä. Kun ryhmän oppilaat eivät kyenneet vastaamaan esitettyihin kysymyksiin, opettaja pyrki vielä aktivoimaan oppilaita esittämällä aktivoivan kysymyksen liittyen esitettyihin vinkkeihin. Kun tehtävän suoritus ei siitäkään huolimatta edennyt, kehotti ryhmän ohjaajana toiminut luokanopettajaopiskelija oppilaita siirtymään Sääntölaboratorio-välilehdelle harjoittelemaan tehtävän tilannetta vastaavaa tilannetta Sääntölaboratoriossa mahdollisilla etäisyyksillä ja painoilla.

Alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän tilanne:

Ryhmän tilanne on poimittu kolmannen pulman, eli 3 kg ja 9 kg lintujen pulman, yhteydestä.

Alice: Ai tähän? [siirtää sinisen linnun kohtaan 5 m.]

Naomi: Joo.

Willow: 3, joo.

Alice: Onks tää nyt niinku...

Willow: Eiku.

Naomi: Laita se yks lähemmäks.

[Alice siirtää punaisen linnun kohtaan 7 m.]

Naomi: Kokeile.

Alice: Pitäiskö tää laittaa kuitenkin tänne [osoittaa kohtaa 8 m]?

Naomi: Joo. Kokeile.

[Keinulauta kallistuu oikealle.]

Naomi: Oho.

Alice: Jep. Hupsista.

Ms. Clarke: Ei jääny ihan.

Willow: Tää pitää mennä tännepäin. Laita 3 tollasta.

Alice: Onks se tää aloita. Mistä mä painan?

Naomi: Emmä tiä.

Ms. Clarke: Te voisitte käydä joko Sääntölabrassa, jos haluatte tutkia sitä tai sitä alottaa uudestaan, alusta vaikkei se. Jos teillä on selkeä visio. Saatte vaikkei vähemmän pisteitä.

Naomi: No sitä laita tonne.

Willow: Laita se.

Alice: Ai tähän tää.

Naomi: Joo.

Alice: [siirtää punaisen linnun kohtaan 3 m] Ei herranjumala. Sitte(?) tää. Mut jos tää laitetaan niinku... .

Naomi: Lähemmäs nii.

Alice: ... (ESS) niinku kolmantee näistä.

Naomi: Nii.

Alice: Mut siirretääks tää takas tänne [siirtää punaisen linnun takaisin kohtaan 8 m]?

Naomi: Joo.

Alice: Mikä se oli, oli se tää

[Alice siirtää sinisen linnun kohtaan 4 m.]

Naomi: Joo.

[Keinulauta kallistuu oikealle.]

Edellä esitetty tilanne on poimittu oppimisympäristön kolmannen pulman, eli 3 kg ja 9 kg lintujen pulman suorittamisen yhteydestä. Tilanteessa oppilaat olivat selvästi epävarmoja pulman ratkaisutavasta, mutta ryhmän ohjaaja puuttui tilanteeseen vasta pulman yhteydessä suoritettuna epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen. Epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen opettaja kehotti oppilaita siirtymään Sääntölaboratorio-välilehdelle, mutta esitetty kehote oli suhteellisen epämääräinen. Opettaja ehdotti oppilaille mahdollisuutta vierailulla Sääntölaboratorio-välilehdellä tutkimassa tilannetta heidän näin halutessaan, vaikka ratkaisuyritystä edeltäneistä keskusteluista oli selvästi havaittavissa oppilaiden epävarmuus tehtävän ratkaisemisen suhteen. Toisaalta ryhmään kuuluneet oppilaat alkoivat heti ensimmäisen tasapainotusyrityksen jälkeen keskustella uusista ratkaisuehdotuksista,

eli miten tehtävässä esiintyvien lintujen etäisyyksiä tulisi muokata tasapainotilanteen saavuttamiseksi. Kuitenkin ennen ja jälkeen ensimmäisen tasapainotusyrityksen esiintyneistä keskusteluista ryhmän oppilaiden välillä oli havaittavissa, ettei ryhmäläisillä ollut kovinkaan selkeää ajatusta tehtävän ratkaisutavasta. Pulman tilannetta vastaavan tilanteen pohtiminen Sääntölaboratoriossa olisi voinut helpottaa tilanteen ratkaisun löytämistä myös varsinaisen pulman yhteydessä.

6.5 Opettajankouluttajan ja luokanopettajaopiskelijoiden ohjaustapojen yhteneväisyydet ja eroavaisuudet

Opettajankouluttajan ohjaamasta ryhmästä kaksi oppilasta sai esi- ja jälkitestien perusteella määritetyn normalisoidun muutoksen perusteella negatiiviset oppimistulokset ja yksi oppilas saman tuloksen sekä esi- että jälkitestistä. Ryhmän keskimääräiset oppimistulokset olivat siis testien perusteella negatiiviset.

Yksi suurimmista eroavaisuuksista opettajankouluttajan ja luokanopettajaopiskelijoiden ohjaustilanteiden välillä oli ohjaustilanteiden aikana käytettyjen tukimuotojen lukumäärä. Opettajankouluttajan suorittamia ohjaustoimia oli 22 kappaletta enemmän kuin korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajalla ja 31 kappaletta enemmän kuin alhaisiin oppimistuloksiin päätyneen ryhmän ohjaajalla. Eroavaisuudet ohjaustoimien lukumäärissä ilmenee erityisesti pohdintaan kehottavien ohjaustoimien määrässä. Opettajankouluttajan ohjaustilanteissa näitä kehoitteita pohdinnalle esiintyi 17 kappaletta enemmän kuin korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajan ja 23 kappaletta enemmän kuin alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajan ohjaustilanteissa. Opettajankouluttaja kohdensi esittämiään kysymyksiä ja toimintaohjeita paitsi yksittäisille oppilaille myös tilanteessa passiivisesti seuraajan rooliin jääneille oppilaille ja näin varmisti koko ryhmän osallistamisen oppimistilanteen suoritukseen. Esimerkiksi yksittäisen oppilaan esittäessä ehdotuksen Sääntölaboratorion sääntölaatikkoon kirjoitettavaksi tasapainotussäännöksi, ryhmän ohjaaja osallisti kaksi muutakin ryhmän oppilasta ylöskirjattavan säännön pohtimiseen. Kuten luokanopettajaopiskelijoilla, myöskaan opettajankouluttajan oppimistilanteen ohjauksesta ei voitu havaita, Luvussa 2.1 esitettyä, asteittaista vastuunsiirtoa ohjaajalta oppilaille. Tämä voidaan havaita tehtäväkohtaisten ohjaustoimien lukumääristä Taulukosta 9. Tukitoimien määrän kasvua oppimistilanteen loppua kohden selittää tosin kahdella eri ratkaisuvaihtoehdolla tasapainotetut tehtävät ja opettajankouluttajan muodostaman lisätehtävän ratkaisuun liittyvät ohjaustilanteet. Myös opettajankouluttajalla eniten ohjaustilanteita esiintyi Aloitus-osiossa. Tämä luku on jaettu kolmeen osioon vastaavalla tavalla kuin luokanopettajaopiskelijoiden tilanteiden vertailun yhteydessä Luvussa 6.4. Osioissa

käsitellään opettajankouluttajan teknistä ohjausta, ohjaustapoja tasapainotusyritysten yhteydessä ja Sääntölaboratorio-välilehden hyödyntämistä tehtävien ratkaisemisen tukemisessa ja verrataan opettajankouluttajan ja luokanopettajaopiskelijoiden ohjausta kyseisten osa-alueiden yhteydessä. Jokaisessa osiossa on esitetty yleisemmin pohdintaa opettajankouluttajan oppilaille tarjoaman tuen samankaltaisuuksista ja eroavaisuuksista verrattuna luokanopettajaopiskelijoiden suorittamaan ohjaukseen ja lisäksi oppimistilanteesta muodostetusta litteraatista on poimittu ohjausta kuvaavat esimerkkitalanteet analysoitavaksi.

6.5.1 Oppimisympäristön käytön ohjeistus

Opettajankouluttajan oppimisympäristön käyttöön liittyvät ohjaustoimet rajoittuvat hyvin pitkälti pulmien alussa esitettyihin lyhyisiin pohjustuksiin. Oppimistilanteen alussa ryhmän ohjaaja neuvoi oppilaita simulaation käytössä ja kertasi tehtävien toimintaperiaatteen yhtä vaille kaikkien tehtävien kohdalla. Opettajankouluttaja osallisti itsensä ikään kuin ryhmän jäseneksi alustamalla tehtäväpohjustuksia retorisisilla kysymyksillä liittyen esimerkiksi tehtävissä esiintyviin muuttuviin suureisiin. Varsinaisia teknisiä ongelmia oppimistilanteen aikana ei ilmennyt, osittain ryhmän ohjaajan aktiivisen oppimistilanteeseen osallistumisen vuoksi. Verrattuna luokanopettajaopiskelijoiden ohjaamiin ryhmiin opettajankouluttaja puuttui oppimisympäristön käyttöön ilmeneviin ongelmiin suhteellisen vähän. Opettajankouluttajan tehtäväpohjustukset olivat jossain määrin samankaltaiset lyhyet puheenvuorot kuin myös korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajalla. Tehtäväpohjustusten jälkeen ohjaaja usein rauhoitteli tilannetta pyytämällä oppilaita välttämään kiirehtimistä vastausyritysten kokeilun yhteydessä. Alla on esitetty oppimistilanteesta muodostetusta litteraatista poimittu esimerkkitalanne opettajankouluttajan suorittamasta tehtäväpohjustuksesta. Tehtäväpohjustuksen jälkeen on esitetty esimerkkitalanteen analysointi.

Opettajankouluttajan ohjaaman ryhmän tilanne:

Ryhmän tilanne on poimittu ensimmäisen pulman, eli 7 kg linnun pulman, aloituksen yhteydestä. Tilannepoiminnan alussa opettajankouluttaja kertoo oppilaille oppimisympäristön pulmien pisteytystä ja toimintaperiaatetta.

[Oppilaat siirtyvät 7 kg linnun pulmaan.]

Mr. Miller: Ja nyt, nyt se että jos.. saatte mietittyä sen ennen kun kokeilette, ni voitte saaha sen kymmenen pistettä.

[Melanie ja Athena puhuvat toisilleen.]

Mr. Miller: Eli nyt sitä... Tätä kevyempää pystyy liikuttamaan ja sen painoo pystyy muuttamaan.

Edellä esitetty tilanne on poimittu ensimmäisen pulman, eli 7 kg linnun pulman, yhteydestä. Ryhmän ohjaajana toiminut opettajankouluttaja kertoo oppilaille aluksi oppimisympäristön pisteytyksen ja sen jälkeen käsiteltävän tehtävän toimintaperiaatteen. Molemmat oppimisympäristön käyttöön liittyvät puheenvuorot ovat aika lyhyitä.

6.5.2 Ohjaus tasapainotusyritysten yhteydessä

Opettajankouluttaja pyrki esittämään suhteellisen paljon yksittäisille oppilaille kohden- nettuja kysymyksiä ennen keinulaudan tasapainotusyrityksiä. Jos oppilaat eivät kyenneet perustelevaan ratkaisuehdotuksiin, ohjaaja kehotti oppilaita kokeilemaan ehdotuksiin, vaikka ne eivät olleet tasapainotilanteita. Epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen ohjaajana toiminut opettajankouluttaja kysyi perusteluita miksi kyseinen tilanne ei ollut tasapainotilanne. Ohjaaja antoi myös vinkkejä liittyen aikaisemmin saavutettuihin tasapainotilanteisiin ja yritti ohjata tällä tavoin oppilaita saavuttamaan tasapainotilanteen. Verrattuna luokanopettajaopiskelijoiden ohjaustapoihin vastaavassa tilanteessa, opettajankouluttajan osallistuminen tilanteen ohjaukseen ennen tasapainotusyritystä oli keskimäärin aktiivisempaa kuin alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajalla mutta vähemmän aktiivista kuin korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajalla. Tasapainotilanteen saavutuksen jälkeen myös opettajankouluttaja pyysi ryhmäläisiään perustelevaan vastauksiaan. Kahden eri pulman yhteydessä oppilaat ehdottivat onnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen toista vaihtoehtoista ratkaisutapaa pulman tilanteelle, ryhmän ohjaaja kehotti molemmilla kerroilla oppilaita kokeilemaan tämänkin ratkaisuehdotuksen toimivuutta. Tämä oli suurin eroavaisuus opettajankouluttajan ja luokanopettajaopiskelijoiden tasapainotusyrityksiin liittyneissä ohjaustilanteissa. Alla on esitetty havainnollistava esimerkkitilanne opettajankouluttajan oikean ratkaisun saavuttamisen jälkeisistä keskusteluista oppilaiden kanssa.

Opettajankouluttajan ohjaaman ryhmän tilanne:

Ryhmän tilanne on poimittu toisen pulman, eli 12 kg linnun pulman, onnistuneen tasapainotusyrityksen yhteydestä.

[Punainen: 12 kg ja 1 m ja sininen: 6 kg ja 2 m. Keinulauta jää tasapainoon.]

Mr. Miller: Hyvä, eli mikse nyt toimii?

Bennet: No koska...

Mr. Miller: Osaatteko selittää vielä sitä? Mikä teillä oli ajatuksena siinä?

Bennet: No... sen pystyy jakamaan sillee jännästi.

Mr. Miller: Joo.

Athena: Sen voi laskee.

Mr. Miller: Miten sää lasket sen?

Athena: No mää vaan sillee... Just ku toi on kakstoista kilogrammaa, mä otan siitä vaikka puolet ja sitten mää tuplaan sen matkan tolle pienemmälle linnulle.

Mr. Miller: Joo.

Melanie: Mutta tossa on kakstoista tossa toisessa. Eli se on neljä se toinen. sit se pitäs laittaa yks tonnepäin vielä.

Athena: Nii pitäski.

Mr. Miller: Ai nelosella vois toimia kanssa?

Melanie: Jos toi toinen ois neljä kilogrammaa, ni eikse pitäs sit vielä yks pykälä niinku tonnepäin.

Mr. Miller: Voitte kokeilla sitä. Saatte kymmenen pistettä sit, mutta voitte kokeilla. Kun se pistemäärä tippuu, mut siis voitte kokeilla sitä, ei se haittaa.

Melanie: Laita neljä ja sitte laita...

Athena: Pistä vaikka se neljä. Ja nyt se pitää olla tuolla, ku se. Sitten ku sen kertoo kolmella nii sitten se on kakstoista.

Melanie: Ja sitte laita. Nii, se kolme metriä.

[Punainen: 12 kg ja 1 m ja sininen: 4 kg ja 3 m. Keinulauta jää tasapainoon.]

Bennet: Ja sitte kolmella kerrotaan, ni se toimii täällä

[Bennet osoittaa hiirellä 4 m kohtaa.]

Mr. Miller: Eli mitä sää kerroit nyt siis?

Athena: Emmä tiedä. En mä muista enää mitä mä sanoin.

Bennet: Kolmella kilolla se toimii tuolla neljällä.

Melanie: Kun kakstoista jakaa tuolla neljällä, nii sitte siitä tulee.. kolme.

Mr. Miller: Mm. Okei, eli nyt te löysitte kaks tommosta tilannetta, missä se toimi. Eri niinku.. tavallaan te löysitte kaksiki painoo, eri painoo ja eri etäisyyttä. Okei..

Melanie: Jos toi lintu ois kolme kilogrammaa, ni sen pitäs olla neljässä metrissä.

Athena: Mm.

Mr. Miller: Joo, menkää vaa sitte siihe seuraavaan pulmaan.

Edellä esitetty esimerkkitalanne poimittiin oppimisympäristön toisen pulman, eli 12 kg linnun pulman suorituksen yhteydestä. Tilannetta edelsi yksi epäonnistunut tasapainotusyritys sekä tehtävän että Sääntölaboratorion käytön yhteydessä sekä yksi onnistunut tasapainotusyritys Sääntölaboratorio-välilehdellä. Onnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen ryhmän ohjaaja esitti useita kysymyksiä liittyen tasapainotilanteen perusteluihin ja saatujen vastauksen täydentämiseksi. Kun ratkaisun perustelujen läpikäynnin yhteydessä oppilaat ehdottivat tilanteelle vaihtoehtoista ratkaisua eri muuttujan arvoilla, ryhmän ohjaaja kehotti oppilaita kokeilemaan tehtävän suoritusta uudelleen näillä vaihtoehtoisilla muuttujan arvoilla. Kahden erilaisen ratkaisun saavuttamisen jälkeen opettaja kehotti oppilaita siirtymään seuraavaan pulman pariin.

6.5.3 Sääntölaboratorio-välilehden hyödyntäminen

Ohjaajina toimineiden luokanopettajaopiskelijoiden tapaan opettajankouluttaja hyödynsi Sääntölaboratorio-välilehteä sekä tasapainotilanteiden harjoittelussa ennen varsinaisia pulmia että epäonnistuneiden tasapainotusyritysten jälkeisessä harjoittelussa. Opettajankouluttaja kehotti oppilaita siirtymään Sääntölaboratorioon vain kahden epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen, vaikka epäonnistumisia oli huomattavasti useampiakin. Opettajankouluttaja hyödynsi Sääntölaboratoriota jossain määrin samalla tavalla kuin alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja, hän ei puuttunut yleensä tilanteen kulkuun kuin vasta epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen, eikä tällöinkään joka kerralla. Opettajankouluttajan passiivisuutta Sääntölaboratorion käytön kannustamiseen selitti epäonnistuneiden tasapainotusyritysten jälkeiset keskustelut oppilaiden kanssa. Usein oppilaat keksivät syyn tilanteen epäonnistumiselle ja heillä oli selvä idea tasapainotilanteen muodostamiseksi. Alla on esitetty Sääntölaboratorio-välilehden hyödyntämiseen liittyvä katkelma opettajankouluttajan ohjaamalta ryhmältä.

Opettajankouluttajan ohjaaman ryhmän tilanne:

Ryhmän tilanne on poimittu viimeisen pulman, eli 6 kg ja 9 kg lintujen pulman, yhteydestä. Tilanteessa ohjaaja antaa oppilaiden aluksi keskustella heidän ratkaisuehdotuksistaan aika vapaasti ja puuttuu tilanteeseen vasta huomattessaan, ettei se etene.

Melanie: Eiks toi punanen oo sitte kolmessa metrissä? Ei se voi kyllä olla kolmessa metrissä.

Athena: No ei nii.

Melanie: Ku jos toi...

Athena: Neljässä metrissä.

Melanie: No mut toiki on neljässä metrissä.

Athena: Hups

Melanie: Viissä metrissä

Athena: Nii viissä.

Melanie: Tai kuudessa.

Athena: Mä veikkaan et viisi tai kuusi.

Melanie: Mä veikkaan et kuus.

Athena: Mä veikkaan... Jos sä veikkaat kuus ni mä veikkaan viittä.

[Bennet siirtelee punaista lintua edestakaisin keinulaudalla.]

Mr. Miller: Mut ettekös te äskön testannu sitä seiskaa

Melanie: Joo

Athena: Joo

Bennet: Joo, se on viis tai kuus.. Mä veikkaan

Melanie: Se on viis tai kuus.

Bennet: Mä veikkaan et se on kutonen.

Mr. Miller: Joo.

Athena: Mä veikkaan et vitonen.

Bennet: Kumpi nyt laitetaan?

Melanie: Emmä tiedä.

Bennet: Ottakaa KPS (kivi, paperi ja sakset -peli) kumpi laitetaan.

Mr. Miller: Pystytttekö te, pystytttekö te niinku mallintamaa tätä tilannetta siellä Sääntölaboratoriossa ja testaamaan?

Athena: Mennään Sääntölaboratorioon... Mä unohin et sinne voi taas mennä.

[Oppilaat siirtyvät Sääntölaboratorioon.]

Edellä esitetty esimerkkitalanne poimittiin oppimisympäristön viimeisen pulman, eli 6 kg ja 9 kg lintujen pulman suorittamisen yhteydestä. Kyseisessä tilanteessa oppilailla ei ollut epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen selkeää ratkaisuehdotusta. Ryhmän oppilaat ehdottivat muutamaa erilaista ratkaisuehdotusta keinulaudan tukipisteen vasemman puoleisen linnun etäisyydeksi, mutta he eivät päässeet yhteisymmärrykseen millä arvolla keinulaudan saisi tasapainoon. Empiminen meni jopa niin pitkälle, että yksi ryhmän oppilaista ehdottaa heidän valitsevan tuloksen lähinnä satunnaisuuteen perustuvalla kivi, paperi ja sakset -pelillä. Tässä vaiheessa ryhmän ohjaajana toiminut opettajankouluttaja kehotti ryhmäläisiä siirtymään Sääntölaboratio-välilehdelle muodostamaan pulman tilannetta vastaavan harjoitustilanteen.

7 Päätäntö

Tässä luvussa pohditaan vastauksia Luvussa 4 esitettyihin tutkimuskysymyksiin Luvussa 6 esitettyjen tulosten perusteella. Luvun loppuosassa pohditaan tutkimustulosten luotettavuutta ja jatkotutkimusmahdollisuuksia.

7.1 Kuinka erilaisiin oppimistuloksiin pääseviä ryhmiä ohjaavat luokanopettajaopiskelijat tukivat oppilaiden työskentelyä?

Sekä korkeisiin että alhaisiin oppimistuloksiin päätyneiden ryhmien ohjaajien ohjaustavat olivat pääpiirteittään samankaltaisia. Ohjaajien suorittamien ohjaustoimien lukumäärät ja jakautuminen oppimistilanteen eri vaiheiden välillä vastasivat likimain toisiaan. Taulukossa 10 esitettyjen ohjaustoimien jakautumisen eri Luvussa 5.6 esitettyjen ohjaustoimien välille voidaan havaita prosentuaalisia eroavaisuuksia opettajaopiskelijoiden ohjaustilanteiden välillä. Alhaisiin oppimistuloksiin päätyneen ryhmän ohjaajan ohjaustilanteista jopa 50 % koostui toimintaan kehottavista kehoitteista, jotka on esitetty Taulukossa 7 numeroilla 6.–8. Vastaavien ohjaustoimien osuus korkeisiin oppimistuloksiin päätyneen opettajaopiskelijan ohjaustilanteista oli puolestaan 27,1 %.

Kuten Luvussa 6 esitettiin, luokanopettajaopiskelijoiden ohjaustavoissa oli yhteneväisyyksiä, mutta myös eroavaisuuksia. Oppimisympäristön käytön ohjeistuksessa oppilaille korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja käytti lyhyitä puheenvuoroja ja osallisti itseään keskusteluun täyttääkseen hiljaiset hetket ja aktivoidakseen oppilaita. Toisen ryhmän ohjaaja sen sijaan käytti erityisesti oppimistilanteen alkuosassa, oppimisympäristön käytön ollessa oppilaille vielä hieman epävarmaa, pitkiä puheenvuoroja ja hänen ohjeistuksensa esimerkiksi oppimisympäristön Sääntölaboratorio-välilehden käytöstä oli hieman epäselvä. Koska Sääntölaboratoriossa ei pystynyt muodostamaan täysin samanlaisia tilanteita kuin varsinaisissa pulmissa, olisi ehkä mielekäästä mainita tämä oppilaille. Näin oppilaat tiedostaisivat mitä Sääntölaboratorion käytöllä tavoitellaan. Oppimisympäristön käytön ohjeistaminen on tärkeää sekä simulaatiopohjaisessa ympäristössä suoritettun oppimistilanteen että myös jälkitestinä toimineen tasapainotestin suoritukseen. Varsinainen oppiminen suoritettiin simulaatiopohjaisessa oppimisympäristössä, joten sen eri osien

hyödyntämiseen liittyvät haasteet ilmenevät myös oppimistilanteen tehokkuudessa.

Oppilasryhmien suorittamien tasapainotusyritysten yhteydessä korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja rytmitti kysymyksillään oppimistilannetta ja esitti koko ryhmää aktivoivia kysymyksiä huomattavasti useammin kuin toisen ryhmän ohjaajana toiminut luokanopettajaopiskelija. Molemmat ohjaajat pyysivät oppilaita perustelemaan vastauksiaan, erityisesti onnistuneiden tasapainotustilanteiden yhteydessä. Oppilaiden vastausaktiivisuus ohjaajien esittämiin kysymyksiin oli toisinaan suhteellisen alhaista molempien ryhmien kohdalla. Tämä voi selittyä esimerkiksi oppilaiden kynnykseen vastata ohjaajalle, joka ei ole oma tuttu luokanopettaja. Tuen mukauttaminen on hankalaa, kun ohjaaja ja oppilas eivät tunne millään tasolla toisiaan. Tuen tarjoajan, eli oppimistilanteen ohjaajan, on vaikeaa tietää tuen vastaanottajan, eli oppilaan, osaamisen tasoa, jonka perusteella tarjottava tuki tulisi mukauttaa. Ryhmien ohjaajat selvittivät oppilaiden alhaiseen vastausaktiivisuuteen liittyvät ongelmat hieman eri tavoin. Erään ongelmatilanteen yhteydessä korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja esitti ensin kaksi samankaltaista vinkkiä, hiljaisen hetken jälkeen pyrki sitten aktivoimaan ryhmää vastaamaan kysymyksiin ja lopulta kehotti ryhmää siirtymään Sääntölaboratorio-välilehdelle. Ohjaajana toiminut luokanopettajaopiskelija mainitsi kehoitteessaan, että Sääntölaboratorioon voisi muodostaa pulman tilanteen kanssa vastaavanlaisen tilanteen eri luvuilla. Vastaavissa tilanteissa alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja saattoi vastaavankaltaisen aktivoinnin jälkeen esimerkiksi kehottaa oppilaita siirtymään seuraavaan tehtävään. Tällaisissa tilanteissa esimerkiksi vinkin esittämisellä voisi oppilaita saada aktivoitua ymmärtämään onnistuneen tasapainotustilanteen perusteluita.

Sääntölaboratorio-välilehteen liittyen edellä tässä luvussa esiteltyjen asioiden lisäksi mielenkiintoinen asia on itse välilehden merkitys oppimistilanteessa ja toisaalta myös oppilaiden oppimiseen. Oppimisympäristön simulaatiopohjaiset tehtävät oli pisteytetty ratkaisemiseen tarvittavan yritysmäärän mukaisesti siten, että ensimmäisellä yrityksellä oikein ratkaistusta tehtävästä sai 10 pistettä, toisella vastaavasti 5 pistettä ja kolmella tai sitä useammalla yrityksellä 1 pisteen. Sääntölaboratorio-välilehti on oppimisympäristössä paikka, jossa pulmien tilanteita vastaavia tilanteita voi harjoitella ilman pistemenetyksiä. Pulmassa suoritettuna epäonnistuneen tasapainotusyrityksen jälkeen oppimisympäristö pakottaa käyttäjän siirtymään Sääntölaboratorioon ennen seuraavia yrityksiä. Alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja kehotti oppilaita hyödyntämään Sääntölaboratorio-välilehteä lähinnä epäonnistuneiden tasapainotusyritysten jälkeen ja tällöinkin hän saattoi kehottaa oppilaita vierailemaan halutessaan Sääntölaboratoriossa. Eräessä tapauksessa hän ehdotti oppilaiden vain klikkaavan nopeasti Sääntölaboratorion sivu auki, että oppilaat pääsevät takaisin yrittämään varsinaisen pulman ratkaisua. Kuten edellä mainittiin, toisen ryhmän

ohjaaja kehotti ryhmänsä oppilaita hyödyntämään Sääntölaboratoriota tarpeen vaatiessa jo ennen tasapainotusyrityksiä. Vaikka tutkimuksessa ei otettu huomioon oppimisympäristössä pulmien ratkaisemiseen kuluneiden yritysten mukaista pisteytystä, ei kyseistä pisteytystä pidä kuitenkaan pitää merkityksettömänä. Pulmien ratkaisuihin käytettyjen yritysten määrän perusteella laskeva pisteytys voi korottaa kynnystä kokeilla epävarmoja ratkaisuehdotuksia varsinaisten pulmien yhteydessä. Sääntölaboratorion tarkoituksenmukaisella käytöllä oppilaat saattavat parantaa paitsi pulmista saatavien pisteiden määrää, mutta samalla myös kohottaa osaamisen tasoa.

Luokanopettajien ohjauksessa oli laadullisia eroja, jotka voivat olla yhteydessä oppimiseroihin ryhmissä. Korkeat oppimistulokset normalisoidun muutoksen perusteella saaneen ryhmän ohjaaja tuki oppilaiden oppimistilanteen suoritusta muun muassa aktiivisemmin ja hyödynsi Sääntölaboratoriota paremmin. Toisaalta korkeat oppimistulokset tasapainotestien perusteella saavuttaneen ryhmän jokaisella oppilaalla oli toisen ryhmän jokaista oppilasta parempi tulos jo ennen ohjattua oppimistilannetta suoritettuna esitestissä. Parempitasoisen ymmärryksen tasapainotustehtävistä omaavia oppilaita voi olla helpompi ohjata oppimaan oppimistilanteessa tarvittavaa lisätietoa kyseisestä asiasta kuin vastaavasti heikommat tiedot omaavia oppilaita. Merkittävää on kuitenkin alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän esitestin tuloksia alhaisemmat jälkitestin tulokset kahdella kolmesta oppilaasta. Kuitenkin oppimistilanteessa suoritettuna ohjauksen ja esi- ja jälkitestin perusteella määritettyjen oppimistulosten välinen suhde on todella vaikeasti määritettävissä, varsinkin kun kukin ohjaaja ohjasi tässä tutkimuksessa vain yhtä ryhmää.

7.2 Kuinka opettajankouluttaja ohjasi oppilaiden työskentelyä?

Myös opettajankouluttajan ohjaustavat olivat pääpiirteittäin samantyyllisiä kuin luokanopettajaopiskelijoilla. Toisaalta opettajankouluttajan suorittamia ohjaustoimia oli noin 137 % verrattuna korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajan suorittamiin ohjaustoimiin ja vastaavasti 162 % verrattuna alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajan suorittamiin ohjaustoimiin. Kehotteet pohdinnalle olivat opettajankouluttajan selvästi käytetyin ohjausmuoto, tähän ohjausmuotoon luokiteltiin 48,1 % kaikista ohjauskerroista. Muihin ohjausmuotoihin luokiteltavien ohjaustilanteiden määrä oli pääpiirteiltään vastaavanlainen kuin muillakin ohjaajilla.

Oppimisympäristön käytön ohjeistuksessa opettajankouluttaja osallistui aktiivisesti oppimistilanteen rytmitykseen ohjeistamalla oppimisympäristön käytössä, aktivoimalla oppilaita ja antamalla alkusäännön muodostamiseen tarvittavaa apua muistuttamalla aiemmin

saavutetuista tilanteista. Opettajankouluttajan puheenvuorot oppimistilanteen alkuvaiheessa vastasivat korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajan alkuohjeistusta, ne olivat pääosin lyhyitä ja selkeitä. Opettajankouluttaja ei selittänyt oppilaille kovinkaan tarkasti Sääntölaboratorion käyttöä ennen pulmiin siirtymistä. Sen sijaan hän pohjusti Sääntölaboratorion käytön ensimmäisessä ongelmatilanteessa oppimisympäristön toisen pulman yhteydessä. Tällöin ohjaaja kehotti oppilaita muodostamaan pulman tilannetta vastaavan tilanteen ennen pulman suorittamista ensin Sääntölaboratoriossa. Myös opettajankouluttaja puhui säännön muodostamisen yhteydessä kahdesta eri säännöstä, mutta toisaalta kyseisessä tilanteessa opettajankouluttaja viittasi säännöllä kahteen erityyppiseen tilanteeseen, Taulukon 3 Tasapaino- ja Ristiriita-tasapaino-tyyppisiin tilanteisiin. Kuten aiemmin tässä Luvussa opettajankouluttajien ohjausten vertailussa mainittiin, oppilaiden tutustuessa uuteen asiaan tasapainotilanteiden yhteys voi olla epäselvä ja käsitellyn asian ymmärtäminen voi tapahtua, ainakin aluksi, useiden yksittäisten sääntöjen pohjalta.

Ryhmän oppilaiden tasapainotusyritysten yhteydessä opettajankouluttaja kohdensi paljon pohtimiseen kehottavia kysymyksiä sekä koko ryhmälle yleisesti että yksittäisille oppilaille. Varsinkin oppimistilanteen loppupuoliskon yhteydessä opettajankouluttaja kehotti oppilaita kokeilemaan omia tasapainotusehdotuksiaan, vaikka oppilaat eivät pystyneet näitä järkevästi perustelemaan. Vaikka suoraan ohjaustilanteiden määrässä tätä ei ole havaittavissa, voidaan pohtia Luvussa 2.2 käsiteltyä vastuun siirtymistä ohjaajalta oppilaille ja sen vuoksi ilmenevää tuen vähenemistä oppimistilanteen aikana. Opettajankouluttajan oppimistilanteen loppuosan tukitilanteiden määrää vääristää hieman Sääntölaboratoriovälilehdelle tehty lisätehtävä. Opettajankouluttaja kannusti ryhmänsä oppilaita luovaan toimintaan kehottamalla oppilaita kokeilemaan heidän ehdottamia vaihtoehtoisia ratkaisuja jo aiemmin ratkaistuille tehtäville. Vaihtoehtoisten ratkaisujen etsimisellä voisi olettaa olevan positiivisia vaikutuksia keinulaudan tasapainoyhtälön oppimisessa, ainakin jos ratkaisutilanteiden välisiä yhteneväisyyksiä pohditaan. Opettajankouluttaja muodosti oppilaille oppimistilanteen lopussa lisätehtävän Sääntölaboratoriovälilehdelle. Opettajankouluttajan osallistuminen tasapainotusyritysten yhteydessä oli keskimääräisesti vähemmän aktiivista kuin korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajalla ja aktiivisempaa kuin alhaiset oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaajalla. Tehtävien ratkaiseminen useilla eri tavoilla erosi luokanopettajaopiskelijoiden ohjauksesta ja selittää lisätehtävän muodostamisen lisäksi opettajankouluttajan merkittävästi suurempaa ohjaustilanteiden määrää oppimistilanteen aikana.

Opettajankouluttaja kehotti ryhmäläisiään siirtymään Sääntölaboratorioon vain kahdesti pulmien suorituksen yhteydessä. Kuten edellä mainittiin, ryhmän ohjaaja kertoi oppilaille Sääntölaboratorion käytön toisen pulman tekemisen yhteydessä esitetystä keho-

tuksessa. Opettajankouluttajan ohjaaman ryhmän oppilailla oli siis todennäköisesti oikea käsitys, miten Sääntölaboratoriota voi hyödyntää tehtävien kanssa vastaavien harjoitustehtävien muodostamiseen. Opettajankouluttaja kävi tasapainotusyritysten yhteydessä aktiivisia keskusteluja oppilaiden kanssa. Oppilaat ehdottivat omia näkemyksiään pulmien ratkaisusta suhteellisen aktiivisesti, mikä selittää Sääntölaboratorion suhteellisen vähäistä käyttöä. Toisaalta ehdotusten testaamisella tehtävävälilehtien sijaan Sääntölaboratoriossa olisi varsinaiset pulmat voitu ratkaista pienemmällä yritysmäärällä. Opettajankouluttaja hyödynsi Sääntölaboratoriota harvemmin, mutta jossain määrin samalla tavalla kuin korkeat oppimistulokset saavuttaneen ryhmän ohjaaja. Opettajankouluttaja selvitti oppilaille Sääntölaboratorion hyödyntämismahdollisuuden pulmien tilanteita vastaavien tilanteiden harjoittelussa ja kehotti toisinaan tilanteen vaatiessa siirtymään sinne jo ennen tasapainotusyritystä.

Oppilaiden tasapainotestien tulosten perusteella määritetyt keskimääräiset normalisoidun muutoksen arvot eivät vastaa tutkimuksessa analysoituja oppimistilanteita ja niissä havaittuja asioita. Opettajankouluttajan ohjaaman ryhmän alkutestien tulokset olivat keskimääräisesti korkeammat kuin kahden muun ryhmän keskimääräiset tulokset. Sen sijaan kyseisen ryhmän jälkitestien tulokset olivat esitestin tuloksia alhaisemmat tai yhtä suuret jokaisella ryhmään kuuluneella oppilaalla. Oppimistilanteen yhteydessä opettajankouluttaja aktivoi todella aktiivisesti oppilaita ajattelemaan ja perustelevaan esittämiään vastauksia ja lisäksi antoi mahdollisuuden oppilaiden luovalle työskentelylle lisäratkaisuehdotusten kokeilemisella jo ratkaistujen pulmien yhteydessä. Lisäksi viimeisen pulman yhteydessä vaikutti, että ainakin osa ryhmään kuuluneista oppilaista alkoi hahmottamaan miten laudan saisi aina tasapainoon. Testituloksista tätä ei ole kuitenkaan havaittavissa.

7.3 Pohdinta

Tutkimuksessa pystyttiin tunnistamaan monipuolisia tutkivan luonnontieteen oppimisen ohjaustapoja tätä tutkimusta varten muodostetulla ohjaustapojen määrittelyllä. Tutkimuksessa pystyttiin tunnistamaan, miten ryhmien oppimistilannetta ohjanneet ohjaajat sopeuttivat omaa ohjaustaan oppilaiden tarpeisiin. Luokanopettajaopiskelijoiden ohjauksen välillä havaittiin olevan laadullisia eroja, joilla voi olla vaikutusta ryhmien eroaviin, normalisoidun muutoksen perusteella määritettyihin, oppimistuloksiin. Ryhmien välisiin oppimistuloksiin voi vaikuttaa kuitenkin monet asiat, joten ohjauksen vaikutuksen arviointi oppimistuloksiin on vaikeaa.

Tutkimuksessa oppilaiden oppimista mitattiin ennen oppimistilannetta suoritettun esija oppimistilanteen jälkeen suoritettun jälkitestin perusteella määritetyn normalisoidun muutoksen perusteella. Normalisoidun muutoksen perusteella ei ole mahdollista tietää

syitä testien mukaiselle kehitykselle oppilaiden oppimisen tasossa. Tämä tarkoittaa sitä, ettei ohjaajan oppimistilanteessa suoritettujen ohjauksen vaikutusta oppimistuloksiin voida määrittää varmasti normalisoidun muutoksen perusteella. Ohjaus on vastavuoroinen prosessi, ryhmän ohjaajan tulee sopeuttaa ohjaus oppijoiden tarpeiden mukaiseksi. Hyvistä ongelmanratkaisijoista koostuvan ryhmän ohjaukselliset tarpeet eroavat heikommat ongelmanratkaisukyvyt omaavista oppilaista koostuvaan ryhmään verrattuna. Toinen pohdittava asia on tasapainotestin ja simulaatiopohjaisen oppimisympäristön välinen suhde. On pohdittava, missä määrin oppimisympäristön ja tasapainotestin pulmat mittaavat samoja asioita tasapainon oppimisesta. Ryhmien oppimistilanteet suoritettiin oppimisympäristössä, mutta toisaalta oppimistulokset määritettiin tasapainotestien tulosten perusteella. Simulaatiopohjainen oppimisympäristö koostui pulmista, joissa keinulauta tuli tasapainottaa muuttamalla tukipisteen molemmille puolille sijoitettujen lintujen massaa ja etäisyyttä tukipisteestä. Pulmissa muutettavat suureet vaihtelivat eri pulmien välillä Taulukon 4 mukaisesti. Tasapainotestissä puolestaan oppilaiden täytyi valita tilannekuvan perusteella kumpi keinulaudan puolista painuu alas vai jääkö keinulauta tasapainoon. Tasapainotestissä massat oli esitetty samankokoisten painolevyjen avulla, kun taas oppimistilanteessa käytetyssä simulaatiossa massat oli esitetty sekä lukuarvoin että visuaalisesti painoina toimineiden lintujen koon mukaan. Vastaavasti tasapainotestissä etäisyydet tukipisteestä oli merkitty vain visuaalisesti tasavälein olevilla pystyviivoilla, kun taas simulaatiossa esitettiin sekä lukuarvo että visuaalinen esitys lyhyiden pystyviivojen avulla. Myös erilainen representaatiotapa tasapainotestin ja oppimisympäristön välillä hankaloittaa johtopäätösten tekemistä. Tasapainotestissä vastataan kuvalliseen tehtävänantoon, kun taas oppimisympäristön simulaatiossa voidaan muuttaa keinulaudalla olevien lintujen massaa ja etäisyyttä. Tasapainotestin staattinen representaatio ja simulaation dynaaminen representaatio painottavat ainakin osittain eri asioita tasapainon teoriataustasta.

Oppimistilanteessa oppilaat toimivat kolmen hengen ryhmissä. Ryhmissä oli aktiivisempia ja passivisempia toimijoita pulmien ratkaisemisen suhteen. On siis mahdollista, että hyvin oppimistilanteessa pulmia ratkaisseessa ryhmässä on ollut mukana oppilaita, jotka eivät ole olleet kovinkaan hyvin perillä simulaation pulmien ratkaisujen perusteluista. Tämä voi luoda eroa ryhmän simulaatiossa saavutettujen oppimistulosten ja oppilaiden henkilökohtaisten testitulosten välille. Myös vaikka esitestien tuloksissa ei olisi eroa, voi luonnontieteellisiltä taidoiltaan tai ongelmanratkaisukyvyiltään taitavampi oppilas hyötyä enemmän oppimistilanteessa käytetystä simulaatioaktiivisuudesta. Tämä voi ilmetä parempana tuloksena jälkitestissä ja siten myös normalisoidun muutoksen perusteella määritetyissä oppimistuloksissa.

Yhteyden löytäminen ryhmän ohjaajan ohjauksen ja ryhmän oppimistulosten välillä on

vaikeaa useista syistä. Tutkimuksessa kunkin ohjaajan ohjaamia ryhmiä oli vain yksi. Tässä tapauksessa ryhmään kuuluneet kolme oppilasta vaikuttavat yksilöinä todella merkittävästi normalisoidun muutoksen perusteella määritettyihin oppimistuloksiin. Huomioitavaa on myös se, että ryhmän ohjaajina toimineet luokanopettajaopiskelijat sekä opettajankouluttaja ja tutkimukseen osallistuneet oppilaat eivät olleet tavanneet ennen tutkimukseen osallistumista. Ohjaajat eivät tieneet siis oppilaiden osaamistasoa esimerkiksi fysiikan teoriasisältöjen tai ryhmätyöskentelyn suhteen. Tämän vuoksi ohjaajien täytyi sopeuttaa ohjaustavat ryhmän tarpeita vastaavaksi mahdollisesti yrityksen ja erehdyksen kautta. On mahdotonta arvioida kuinka paljon oppilaiden työskentelyyn oppimistilanteessa on vaikuttanut ennalta tuntemattoman ihmisen toimiminen ohjaajana. Voi kuitenkin olettaa, että esimerkiksi avun kysyminen ja ohjaajan esittämiin kysymyksiin vastaaminen ennalta tuntemattomalta ohjaajalta saattaa olla haastavampaa kuin tutulta ohjaajalta, esimerkiksi oman luokan varsinaiselta opettajalta.

Mahdollisia jatkotutkimuksia varten analysoitavien ryhmien määrää tulisi kasvattaa. Kolmen oppilaan ryhmän oppimistulosten analyysissä yksittäisenkin oppilaan osuus kokonaismäärästä on yli 11 %, joten edellä mainittujen ongelmakohtien vuoksi laajempien johtopäätösten tekeminen ei ole mielekästä. Luonnollisesti analysoitavien oppimistilanteiden määrän kasvaessa myös johtopäätösten luotettavuus kasvaisi. Olisi myös mielenkiintoista tutkia ohjaajien ohjaustapoja eritasoisten ryhmien ohjauksessa; eroaako samojen ohjaajien ohjaustavat esitestin perusteella heikomman ja paremman lähtötason omaavien oppilaiden kohdalla. Ohjauksen vaikutusta ryhmään, jossa esitestin perusteella määritetty osaamistaso ennen oppimistilannetta eroaa merkittävästi oppilaiden välillä olisi myös mielenkiintoista tutkia. Myös tasapainotestin ja simulaation vastaavuuden tarkastelu olisi mielekästä jatkotutkimuksessa. Tämän voisi suorittaa esimerkiksi asettamalla tasapainotestiin tehtäviksi myös simulaatiossa esitetyn kaltaisia tehtäviä, joissa paino tulee itse sijoittaa keinulaudalle sopivaan kohtaan tasapainotilanteen saavuttamiseksi.

Lähteet

- AdaptGuide – Opettajan ohjauksen sopeuttaminen eri luokkatasoille teknologia-avusteisessa luonnontieteen ja matematiikan ongelmanratkaisussa* (2019). <https://www.jyu.fi/edupsy/fi/tutkimus/tutkimushankkeet/adapt-guide>. Luettu: 2020-06-29.
- Bybee, R. ym. (2009). ”A commissioned paper prepared for a workshop on exploring the intersection of science education and the development of 21st century skills”. *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills..(RW Bybee, Ed.) USA: National Science Teachers Association. Pozyskane z: http://itsisu.concord.org/share/Bybee_21st_Century_Paper.pdf [dostep: 14.12. 2015]*.
- Childs, A. & J. McNicholl (2007). ”Investigating the relationship between subject content knowledge and pedagogical practice through the analysis of classroom discourse”. *International Journal of Science Education* 29.13, s. 1629–1653.
- de Jong, T. (2006). ”Scaffolds for scientific discovery learning”. *Handling complexity in learning environments: Theory and research*, s. 107–128.
- de Jong, T. & A. W. Lazonder (2014). ”The Guided Discovery Learning Principle in Multimedia Learning”. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, s. 371.
- de Jong, T. & M. Njoo (1992). ”Learning and instruction with computer simulations: Learning processes involved”. Teoksessa: *Computer-based learning environments and problem solving*. Springer, s. 411–427.
- Freeman, S. ym. (2014). ”Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.23, s. 8410–8415.
- Hake, R. (tammikuu 1998). ”Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses”. *American Journal of Physics - Amer J Phys* 66. DOI: 10.1119/1.18809.
- Jansen, B. R. & H. L. van der Maas (2002). ”The development of children’s rule use on the balance scale task”. *Journal of Experimental Child Psychology* 81.4, s. 383–416.

- Justice, C. ym. (2002). "A grammar for inquiry: Linking goals and methods in a collaboratively taught social sciences inquiry course". *The Alan Blizzard award paper: The award winning papers*, n1.
- Kirschner, P. A., J. Sweller & R. E. Clark (2006). "Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching". *Educational psychologist* 41.2, s. 75–86.
- Knight, R. D. (2014). *Student Workbook for Physics for Scientists and Engineers: Pearson New International Edition: A Strategic Approach with Modern Physics*. Pearson Higher Ed.
- Koskinen, P., J. Lämsä, J. Maunuksela, R. Hämäläinen & J. Viiri (2018). "Primetime learning: collaborative and technology-enhanced studying with genuine teacher presence". *International Journal of STEM Education* 5.1, s. 20.
- Kärnä, P., L. Houtsonen & T. Tähkä, toim. (2012). *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012*. Koulutuksen seurantaraportit. Helsinki: Opetushallitus, s. 38. URL: http://www.oph.fi/download/145816_Luonnontieteiden_opetuksen_kehittamishaasteita_2012.pdf.
- Lazonder, A. W. & R. Harmsen (2016). "Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance". *Review of educational research* 86.3, s. 681–718.
- Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015 - Fysiikka* (lokakuu 2015). <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/lukio/1372910/oppiaine/1374562>. Luettu: 2020-09-10.
- Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019 - Fysiikka* (marraskuu 2019). <https://eperusteet.opintopolku.fi/beta/#/fi/lukiokoulutus/6828810/oppiaine/6832792>. Luettu: 2020-09-10.
- Maanen, L. van, P. Been & K. Sijtsma (1989). "The linear logistic test model and heterogeneity of cognitive strategies". Teoksessa: *Mathematical psychology in progress*. Springer, s. 267–287.
- Marx, J. D. & K. Cummings (2007). "Normalized change". *American Journal of Physics* 75.1, s. 87–91.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press Washington, DC, s. 25.

- National Science Foundation (US), Division of Elementary & Informal Education (1999). *Inquiry: Thoughts, Views and Strategies for the K-5 Classroom*. Vol. 2. National Science Foundation.
- Pedaste, M. ym. (2015). "Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle". *Educational Research Review* 14, s. 47–61. ISSN: 1747-938X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X15000068>.
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014 - Fysiikka* (joulukuu 2014). <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/perusopetus/419550/sisallot/466346>. Luettu: 2020-06-29.
- Quintana, C. ym. (2004). "A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry". *The Journal Of The Learning Sciences* 13.3, s. 337–386.
- Reid, D. J., J. Zhang & Q. Chen (2003). "Supporting scientific discovery learning in a simulation environment". *Journal of Computer Assisted Learning* 19.1, s. 9–20.
- Savinainen, A. & P. Scott (2002). "Using the Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching". *Physics Education* 37.1, s. 53.
- Siegler, R. S. & Z. Chen (2002). "Development of rules and strategies: Balancing the old and the new". *Journal of experimental child psychology* 81.4, s. 446–457.
- Stone, C. A. (1993). "What is missing in the metaphor of scaffolding". *Contexts for learning: Sociocultural dynamics in children's development*, s. 169–183.
- Tuovinen, J. E. & J. Sweller (1999). "A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples." *Journal of educational psychology* 91.2, s. 334.
- van de Pol, J., M. Volman & J. Beishuizen (2010). "Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research". *Educational psychology review* 22.3, s. 271–296.
- White, B. Y. & J. R. Frederiksen (1998). "Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to". *Cognition And Instruction* 16.1, s. 3–118.