

Luonnontieteellisen tiedon luonteen
tutkiva oppiminen
luokanopettajakoulutuksessa

Pro Gradu -tutkielma

Matti Johannes Väisänen

12. joulukuuta 2014



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
FYSIIKAN LAITOS

Ohjaaja: Anssi Lindell

Esipuhe

Valmistuihan se Pro Gradu lopulta. Sain hyvän alun työskentelylle kesällä 2013, mutta jo syksyllä kävi selväksi, etten tulisi saamaan riittävää aineistoa alkuperäisen suunnitelman mukaisen tutkimuksen toteuttamiseksi. Onneksi ohjaajani Anssi Lindell oli kerännyt omaa aineistoa kollegoidensa kanssa. Kovapäisyyttäni en ottanut tuota aineistoa heti käsittelyyn, mutta omaksi onnekseni Anssi jaksoi mainita valmiin aineiston mahdollisuudesta yhä uudestaan ja uudestaan. Suurkiitokset Ansille sekä taivuttelusta hyvän valmiin aineiston käsittelyyn että monista muistakin hyvistä neuvoista, joita en tietenkään välittömästi noudattanut.

Haluan kiittää myös gradutukiryhmämme ”Puutuneita takapuolia” muita jäseniä Kaisa Jokirantaa, Sami Viitasta, Käpy-Maaria Kärkkäistä, Jaana Romppaista sekä Pekka Kurkea. Erityisesti Kaisan ja Samin kanssa kävimme monia hyödyllisiä keskusteluja muun muassa aineistoanalyysistä. Haluan kiittää ainejärjestöäni Ynnä ry:tä sekä erityisesti Heikki Pitkästä, joka jaksoi pyörittää järjestön omaa gradutukiryhmää heikosta osanotosta huolimatta. Kiitokset rakkaalle avopuolisolleni Nooralle, jota pöydillä lojuneet kirjat ja paperikasat haittasivat yllättävän vähän.

Erityisesti haluan kiittää perhettäni, vanhempiani ja sisaruksiani, jotka ovat tukeneet opiskeluni yliopistossa niin henkisesti kuin taloudellisestikin vaikeina aikoina, eivätkä ole patistaneet opintojen venyessä jo melkein kahdeksannelle vuodelle.

Tiivistelmä

Suomalaisen tiedekasvatuksen periaatteet uudistuvat säännöllisesti ja viimeaikaisen uudistustyön yhtenä suurena kohteena ovat olleet muun muassa luonnontieteellisen tiedon luonteeseen (*nature of science – NoS*) liittyvät kysymykset. Luonnontieteellisen tiedon luonteella tarkoitetaan karkeasti ottaen sitä, miten luonnontieteellistä tietoa syntyy sekä millaisia ominaisuuksia, rajoituksia ja mahdollisuuksia nuo prosessit syntyvään tietoon liittävät – luonnontiedettä tapana tietää. Luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrystä pidetään keskeisenä osana teknistyvässä ja tieteellistyvässä ympäristössä tarvittavaa tieteellistä lukutaitoa.

Kyseinen luonnontieteiden olennainen osa-alue on alettu yhä kasvavassa määrin ymmärtää ja hyväksyä tärkeänä oppimistavoitteena, mikä näkyy myös vuosituhannen vaihteen jälkeisissä perusopetuksen sekä lukio-opetuksen opetussuunnitelmien uudistustöissä niin kansainvälisesti kuin Suomessakin. Tämän seurauksena myös opettajilta – niin aineen- kuin luokanopettajilta – vaaditaan luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrystä sekä taitoja opettaa sitä.

Tämän tutkimuksen kohteena olivat luokanopettajaopiskelijoiden uskomukset ja näkemykset luonnontieteellisen tiedon luonteesta sekä luokanopettajakoulutuksessa käytettävät luonnontieteellisen tiedon luonteen opetuksen menetelmät. Erityisesti mielenkiinnon kohteena olivat kahden tutkivan oppimisen mukaisen työn yhteisvaikutus toisen vuoden luokanopettajaopiskelijoiden luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehitykseen. Käytännössä tämä tapahtui mittaamalla näkemysten ja uskomusten muutoksia lyhytkestoisen – yhteensä vain noin kolmen tuntia kestäneen – intervention seurauksena. Luokanopettajaopiskelijat vastasivat ennen interventiota sekä sen jälkeen yleisesti alan tutkimuksessa käytettyyn kyselyyn (*Views of Nature of Science – Form B*), jonka avulla on mahdollista kartoittaa perusopetuksen sisältöjen ja tavoitteiden kannalta keskeisiä näkemyksiä ja uskomuksia luonnontieteellisen tiedon luonteesta.

Luokanopettajaopiskelijoiden ymmärrys luonnontieteellisen tiedon luonteen suhteen oli tutkimuksemme mukaan varsin heikkoa. Ennen interventiota alle puolella koehenkilöistä oli toivotun kaltainen ymmärryksen taso – yli puolella koehenkilöistä havaittiin olevan joko olemattomat tai Ledermanin seiskanakin tunnetun viitekehyyksen kanssa ristiriitaiset näkemykset ja uskomukset. Erityisen heikkoa ymmärrys oli tiedon sosiokulttuurisen sidonnaisuuden, tieteellisen teorian ja lain käsitteiden sekä ihmislähtöisyyden teemojen suhteen. Toisin sanoen, tutkittavat eivät ymmärtäneet tiedon olevan tiettyssä ajassa, paikassa ja ympäristössä toimivien ihmisten luovuuden ja mielikuvituksen tuotetta, eivätkä sitä, millaisia ovat luonnontieteellisen tiedon rakenteet.

Intervention seurauksena tapahtuneita muutoksia tarkasteltiin sekä luokanopet-

tajapopulaation että -yksilöiden näkökulmasta. Populaationa kehitystä tapahtui intervention seurauksena lähes kaikkien teemojen osalta, mutta yksilötarkastelussa havaittiin kehityksen lisäksi myös ymmärryksen heikkenemistä jokaisessa teemassa vähintään yhden opiskelijan osalta – kehityksen havaittiin siis olevan yksilöllistä. Erityisen selvää kehitystä sekä populaationa että yksilöllisesti havaittiin tieteellisen metodin harhan sekä lähtötasoltaan erityisen heikoksi havaitun ihmislähtöisyyden teemojen osalta. Toisin sanoen, tutkimukseen osallistuneet luokanopettajaopiskelijat oppivat, että tiedettä voidaan tehdä monin eri tavoin sen sijaan, että asioita voitaisiin tutkia vain yhdellä tai useammalla oikealla tavalla, ja että tieteellinen tieto on havainnoin tuettua luovuuden ja mielikuvituksen tuotetta.

Intervention seurauksena havaitusta luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehityksestä huolimatta ymmärrys ei ollut intervention jälkeenkään toivotun kaltaista. Vaikka näkemykset olivat intervention jälkeen laajalti viitekehyksen kanssa sopusointuiset tieteellisen metodin harhan ja teoriasidonnaisuuden teemojen osalta, kaikki teemat huomioonottaen vain keskimäärin puolella koehenkilöistä oli intervention jälkeen viitekehyksen mukaiset näkemykset. Kehityksestä voidaan kuitenkin päätellä intervention kaltaisten tutkivan oppimisen mukaisten ja samalla luonnontieteellisen tiedon luonnetta eksplisiittisesti käsittelevien töiden soveltuvan luonnontieteellisen tiedon luonteen opetusmenetelmiksi – ainakin luokanopettajakoulutuksessa. Luonnontieteellisen tiedon luonteen opetusta ei kuitenkaan voida tämän tutkimuksen perusteella suositella keskittyvän pelkästään kirjallisesti ohjattuihin tutkivan oppimisen menetelmiin. Havaitusta oppimistulosten yksilöllisyydestä voidaan päätellä, että myös tällä tiedon ja osaamisen alueella tulisi huomioida opiskelijayhteisön heterogeenisuus – opetusta tulisi eriyttää huomioimalla erilaiset oppijat.

Tulokset vastaavat lähtötason osalta aikaisempien kansainvälisten tutkimusten tuloksia – ymmärrys luonnontieteellisen tiedon luonteen suhteen on usein heikkoa. Tämän on aikaisemmissa tutkimuksissa havaittu vaikuttavan muun muassa siihen, miten opettajat arvottavat ja valitsevat erilaisia opetuskäytäntöjä ja opetussisältöjä. Tarvittaisiin kuitenkin tutkittua tietoa siitä, kuinka tällainen opettajakoulutus näkyy erityisesti suomalaisten luokanopettajaopiskelijoiden omassa luokkahuonekäytännössä. Toisin sanoen, vaikuttaako kehittyvä ymmärrys opetuksen suunnitteluun tai toteutukseen?

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
1.1	Luonnontieteellisen tiedon luonteen rooli tiedekasvatuksessa	1
1.2	Luonnontieteellisen tiedon luonteen rooli perusopetuksessa	3
1.3	Luonnontieteellisen tiedon luonteen rooli opettajankoulutuksessa	4
2	Luonnontieteellisen tiedon luonne	6
2.1	Osaksi tiedekasvatuksen sisältöjä ja tavoitteita	7
2.2	”Ledermanin seitsikko”	10
3	Opettajien ymmärrys – vaatimukset ja realiteetit	15
3.1	Luokanopettajakoulutuksen antamat eväät	15
3.2	Kansallisen perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden asetta- mat vaatimukset	21
3.3	Opettajien ja opettajaopiskelijoiden ymmärrys	28
4	Opetus luokanopettajakoulutuksessa	30
4.1	Perinteiset opetusmenetelmät	30
4.2	Tutkiva opetus ja oppiminen	34
5	Tutkimusmenetelmät ja -aineisto	39
5.1	Aineiston hankinta	40
5.2	Alku- ja loppukysely – VNOS-B	40
5.3	Interventio	41
5.3.1	Fortuna -työ	42
5.3.2	Reikäkortti -työ	42
6	Analyysi	43
6.1	Analyysin lähtökohdat	43
6.2	Profilointi	44
7	Tulokset ja havainnot	48
7.1	NoS-käsitykset ennen interventiota	48
7.2	Muutokset NoS-käsityksissä populaationa	48
7.3	Muutokset NoS-käsityksissä yksilöittäin	49
7.4	NoS-käsitykset intervention jälkeen	51
8	Johtopäätökset	55
8.1	Luokanopettajaopiskelijoiden käsitykset ennen interventiota	55
8.2	Luokanopettajaopiskelijoiden NoS-ymmärryksen kehitys	58
8.3	Luokanopettajaopiskelijoiden NoS-ymmärrys intervention jälkeen	59

8.4 Ehdotuksia opetuksen ja intervention kehittämiseksi	60
Lähteet	63
Liitteet	72
Liite 1: Alkuperäiset, englanninkieliset versiot NoS-viitekehyksen teemoista	73
Liite 2: Käytetty alk- ja loppukyselylomake: suomennettu VNOS-B (ilman vastaustilaa)	77
Liite 3: Fortunapeli-työn työkortti	79
Liite 4: Reikäkortti-työn työkortti	87
Liite 5: Luokanopettajaopintojen ajoitus	91
Liite 6: POM-opintojen ajoitus	92

1 Johdanto

1.1 Luonnontieteellisen tiedon luonteen rooli tiedekasvatuksessa

Suomalaisten arki on nykyään luonnontieteellisen tiedon ja sen kehityksen mukanaan tuomien sovellusten täyttämää. Tieteellinen kehitys näkyy kaikkialla ympärillämme: uutisissa ilmaston lämpenemisestä, vaatiessamme kauppojen tarjontaan geenimaniipuloimattomia tuotteita sekä päivittäisessä internetin käytössä¹. Tiedekasvatuksen tavoitteena on kehittää luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrystä, mitä pidetään tärkeänä osana tieteellistä lukutaitoa ja välttämättömänä taitona pärjätäksemme teknistyvässä ja tieteellistyvässä ympäristössä (ks. esim. Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2014; Holbrook ja Rannikmae, 2007; Laugksch, 2000) . Ymmärryksen puutteen seurauksena ihmiset saattavat raivota jumittuville älypuhelimilleen; pelätä saavansa syövän oluen, jogurtin tai perunalastujen nauttimisen seurauksena (ks. O., 2013; Hyytiäinen, 2002); kieltäytyä ottamasta rokotuksia; vastustaa ajatusta ilmaston lämpenemisestä tai käsittää väärin tieteellisten perustelujen painoarvon poliittisessa päätöksenteossa (ks. Southerland ym. 2012, 85; Spellman ja Price-Bayer 2010, 15–55). Lisäksi ihmiset tarvitsevat kykyä erottaa tiede epätieteistä ja pseudotieteistä, joiden takana on usein muun muassa uskonnollisia, paranormaaleja, poliittisia tai taloudellisia vaikuttimia (McComas, 1998, xiv; Southerland ym., 2012, 88-89; Good, 2012, 97-103). Ymmärryksen puute voi johtaa erityisen haitallisiin seurauksiin, kun kyse on ihmisistä, jotka päättävät tieteellisen tutkimuksen rahoituksesta, arvioivat yhteiskunnallisia tehtäviä tai punnitsevat todisteiden ja perustelujen arvoa juridisissa prosesseissa (McComas ym., 2002). Ongelmallista on myös tutkimuksissa havaitut käsitykset luonnontieteistä pelkkänä teknologiaa kehittävänä alana (Ryan ja Aikenhead, 1992; Cobern, 1989).

Tieteellisen tiedon käsitteen väärinymmärryksestä johtuvan epä johdonmukaiselta käyttäytymisen välttämisen lisäksi tiedekasvatusta tarvitaan tiedettä – sekä tieteellistä tietoa että tiedeyhteisöä – kohtaan koetun epäluottamuksen ehkäisemiseksi. Epäluottamusta ruokkii Grotzerin ym. (2012) mukaan erityisesti tieteellisen tiedon tentatiivisuus ja tiedeyhteisön paradigmanuutokset. Ei ole välttämättä helppoa hyväksyä sitä, että aika ajoin aikaisemmin ”varmana” opittu tieto pitäisi korvata uudella ”varmalla” tiedolla. Ongelman aiheuttaa siis erityisesti virheellinen käsitys tieteellisestä tiedosta täysin varmana *faktatietona*.

Myös Shapin (1992) on käsitellyt ihmisten epäluottamusta tiedettä kohtaan. Hän huomauttaa, että tiede vaikuttaa eristäytyneen ja eristäytyvän yhä kasvavassa määrin suuren yleisön ymmärryksen ulkopuolelle sekä kognitiivisesti että fyysisesti. Tie-

¹Tämäkin Pro Gradu -tutkielma kirjoitettiin käyttäen selainpohjaista online-L^AT_EX-editoria

teenalat ovat haarautuneet ja haarautuvat edelleen yhä kapeampiin erikoisalueisiin ja tieteen tekeminen on institutionalisoitunut erillisiin laitoksiin suuren yleisön näkymättömiin. Tiedeyhteisön mielipiteiden jakautumisesta hän esittelee seuraavan kaksi yleistä johtopäätöstä: toiset tutkijat ovat joko epäpäteviä tai valehtelijoita, tai kyseinen tieteenala ei ole tiedettä alkuunkaan. Niinpä hän peräänkuuluttaa sitä, että opetussuunnitelmiin on yhteiskunnan toimivuuden ja demokratian kannalta keskeistä sisällyttää sen lisäksi, mitä tutkijat tietävät, se, miten he sen tietävät ja millä varmuudella. Globaalisti huolestuttavia ovat lisäksi havaitut käsitykset nationalistisista lähtökohdista ja salaisesti työtään tekevistä tieteen tekijöistä (Cobern, 1989).

Tiedettä ja tutkimusta kohtaan koetun epäluottamuksen vaikutuksiin on herätty vuosituhatien vaihteen jälkeen myös korkeilla monikansallisen hallinnon tasoilla. Euroopan unionissa on asetettu julkisiin varoin tehtävän tutkimuksen ja innovatiivisen kehitystyön tavoitteiksi työpaikkojen syntyminen, hyvinvoinnin lisääminen, ympäristönsuojelu sekä yhteiskunnallisiin tarpeisiin – kuten väestön ikääntymisen tai elintarviketurvallisuuden ongelmiin – vastaaminen (Euroopan komissio, 2013, 11). Monet hankkeet ovat kuitenkin törmänneet pitkäaikaisen kehitystyön ja jopa satojen miljoonien eurojen panostusten jälkeen julkiseen vastustukseen tai eettisiin ristiriitoihin. Tutkimusaloja, joilla näin on käynyt, ovat esimerkiksi nanoteknologia, kantasolututkimus ja ydinteknologia. (Euroopan komissio, 2013, 13) Tästä syystä Euroopan unionin alueella tulevaisuudessa tehtävää julkista ja yksityistäkin tutkimusta käynnistettäessä ja rahoitettaessa on päädytty korostamaan vastuullisuutta tutkimuksessa ja innovaatioissa (Responsible Research and Innovation – RRI). Tämä tarkoittaa sitä, että jo aikaisessa tutkimuksen tai kehitystyön vaiheessa

- kaikkien mukana olevien tahojen saatavilla tulee olla tietoa heidän toimintansa vaikutuksista ja erilaisista tarjolla olevista vaihtoehtoista
- tulee olla mahdollista arvioida tutkimuksen lopputulemia ja vaihtoehtoja sekä yhteiskunnallisten tarpeiden että moraalisten arvojen kannalta
- tulee olla mahdollista käyttää edellä mainittuja asioita uuden tutkimuksen, tuotteiden ja palvelujen suunnittelun ja kehityksen vaatimuksina. (Euroopan komissio, 2013, 13)

Eettistä tutkimustoiminnan tarkastelua kuitenkin vastustetaan laajalti tutkijoiden keskuudessa, sillä he kokevat tutkimuksen olevan eettisesti riippumatonta toimintaa. Vasta saavutetun tiedon soveltamisen koetaan olevan relevantti eettisen tarkastelun kohde. (Euroopan komissio, 2013, 17)

Koulutuksen tarkoitus on antaa monenlaisia työkaluja maailmassa pärjäämiseen. Tiedekasvatuksen avulla voidaan puuttua muun muassa edellä mainitun kaltaisiin ongelmiin. Driver (1996) on tiivistänyt luonnontieteellisen tiedon ja sen luonteen

Taulukko 1: Argumentteja tiedekasvatuksen puolesta Driver ym. (1996, 16-20) mukaisesti

Argumentti	Selitys
Utilitaarinen	Tieteellisen tiedon ymmärrys on välttämätöntä tieteen ymmärtämisen sekä arkisten teknologisten sovellusten ja prosessien hallitsemisen kannalta
Demokraattinen	Tieteellisen tiedon ymmärrys on välttämätöntä sosiotieteellisten kysymysten käsittelyn sekä päätöksentekoprosesseihin osallistumisen kannalta
Kulttuurillinen	Tieteellisen tiedon ymmärrys on välttämätöntä sen kannalta, että tiedettä kyettäisiin arvostamaan osana senhetkistä kulttuuria
Moraalinen	Tieteellisen tiedon luonteesta oppiminen kehittää tietoisuutta tieteellisen tiedon luonteesta sekä erityisesti tieteellisen yhteisön normeista ja moraalisisista sidoksista
Tiedekasvatuksellinen	Tieteellisen tiedon luonteen ymmärtäminen tukee tiedeaineiden ainesisältöjen oppimista

ymmärryksestä käydyin keskustelun taulukon 1 mukaisesti viideksi yleiseksi argumentiksi tiedekasvatuksen puolesta.

1.2 Luonnontieteellisen tiedon luonteen rooli perusopetuksessa

Suomessa luokanopettajat vastaavat yhdessä vanhempien kanssa lasten opetuksesta ja kasvatuksesta alakoulun loppuun eli tyypillisesti 11–12-vuotiaaksi saakka. Lasten käsitykset tieteestä ja tieteellisestä tiedosta muodostuvat jo näiden vuosien aikana ja monissa eri yhteyksissä – erityisesti myös tiedekasvatuksen piiriin kuuluvien opituntien ulkopuolella (Harlen, 1985, 2–3). Kasvava lapsi havainnoi ympäristöään jatkuvasti ja samoin hän jatkuvasti rakentaa sosiokonstruktivistisen oppimisnäemyksen mukaisesti mielessään perusteluja havainnoilleen (Taber 2001, 163; Osborne 1985). Kasvu- ja oppimisympäristöissä käytettyjen tiedostettujen ja tiedostamattomien kielen traditioiden on havaittu vaikuttavan siihen, millaisiksi käsitykset luonnontieteellisen tiedon luonteesta muodostuvat (Zeidler ja Lederman, 1989). Lieneekin perusteltua vaatia, että tiedekasvatus toteutuisi myös luonnontieteellisen tiedon luonteen osalta jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja mahdollisimman monissa yhteyksissä. Lasten vanhempia emme voi yhteiskunnassa kouluttaa käsittelemään kyseisiä asioita lastensa kanssa tai oikaisemaan heidän selkeitä virhekäsityksiään²,

²Nykyiset vanhemmat ovat tosin myös joskus suorittaneet peruskoulun ja suuresta osasta heidän lapsiaan tulee myöhemmin vanhempia heidän lapsilleen. Periaatteessa siis koulutamme myös

mutta opettajia voimme – ja heitä myös täytyy – tähän tehtävään kouluttaa. Myös lasten episteemiset näkemykset kehittyvät jo varhain ja luonnontieteellisen tiedon luonnetta on menestyksekkäästi opetettu jo alakoulun ensimmäisestä luokasta lähtien (Carey ym., 1989; Smith ym., 2000).

Suomalaiset lapset menevät tyypillisesti yläkouluun samana vuonna, kun he täyttävät 13 vuotta. Tässä vaiheessa tieteellisen tiedon luonne tulee useiden oppiaineiden (fysiikka, kemia, historia, yhteiskuntaoppi) osalta perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissakin eksplisiittisesti esille (ks. esim. Opetushallitus, 2004, 191, 195, 224, 228). Tiedekasvatuksellisen jatkumon kannalta olisi hyödyllistä, että yläkoulun ainekohtaisen fysiikan, kemian, biologian ja maantiedon opetuksen alkaessa oppilailla olisi jo paljon oikeansuuntaisia näkemyksiä ja käsityksiä ainekohtaisten sisältöjen lisäksi luonnontieteellisen tiedon luonteesta (Harlen, 1985, 4). Tällä ymmärryksellä on havaittu olevan ainekohtaisten tietosisältöjen oppimista tukeva vaikutus (McComas ym., 2002, 11; Linn ja Songer, 1993). Erityisesti luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrys muodostaa viitekehyksen sisältötiedolle, jolloin kyseiset tiedon luonteen ymmärryksen ongelmat voivat merkittävästi hankaloittaa ainekohtaisten sisältötietojen oppimista (Taber, 2001, 2005). Pitkään ja syvälle ymmärrykseen juurtuneista käsityksistä luopuminen on tunnetusti erityisen vaikea ja pitkä prosessi. (Taber, 2001, 161)

1.3 Luonnontieteellisen tiedon luonteen rooli opettajankoulutuksessa

Luonnontieteellisen tiedon luonteesta on tullut 80-luvulta lähtien merkittävä osa kansallisia ja kansainvälisiä opetuksen sisältöjä koskevia standardeja sekä opetussuunnitelmia (McComas ja Olson, 2002; Lederman, 2007, 831). Opetussuunnitelmatyö on opetuksen ja oppimisen kannalta toki välttämätön mutta kuitenkin riittämätön ehto. Viime kädessä opetussuunnitelmaa toteuttavat parhaaksi näkemällään tavalla opettajat (Robinson, 1969, Ledermanin 1992, 335 mukaan; Cronin-Jones, 1991) ja nuorten luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehitys riippuu heistä (Yager, 1966 ja Trent, 1965, Ledermanin 1992, 338–339 mukaan). Opetusreformien toteutuksen kannalta on oleellista panostaa opettajien koulutukseen ja täydennyskoulutukseen – myös luonnontieteellisen tiedon luonteen tapauksessa. Mainittakoon, että Euroopan parlamentti ja neuvosto on suositellut jäsenmaitaan pyrkimään varmistamaan niiden henkilöiden, joilla on tarve päivittää taitojaan (erityisesti mainiten opettajat ja kouluttajat), mahdollisuudet kehittää ja päivittää avaintaitojaan koko elämänsä ajan. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2006) Edelleen on kuitenkin epäselvää, mitä opettajille tulisi tarkalleen ottaen opettaa ja miten, jotta vaikutuk-

vanhempia mutta emme enää aikuisiässä.

set näkyisivät sekä opettajien henkilökohtaisissa että erityisesti heidän oppilaidensa tiedoissa ja taidoissa.

Opettajien luonnontieteellisen tiedon luonteen näkemysten ja uskomusten vaikutuksia opetukseen ja oppimiseen on tutkittu vain vähän tai ei ollenkaan suomalaisessa yhteiskunnassa ja koulujärjestelmässä. Aihetta on kuitenkin tutkittu globaalisti ja havaittu, että opetuksen suunnitteluun, järjestämiseen ja toteutukseen vaikuttavat niin opettajien näkemykset kasvatuksesta, opettamisesta, oppimisesta, opettajan roolista, oppilaiden taitotasosta, opetettavan asian tärkeydestä kuin tämän tutkimuksen kannalta keskeisistä luonnontieteellisen tiedon luonteesta sekä tieteenfilosofiasta (Waters-Adams, 2006; Cronin-Jones, 1991; Brickhouse, 1989).

Opettajien näkemysten ja uskomusten lisäksi on tarkasteltava opetuksen laatua sekä erityisesti oppimistuloksia ja muita vaikutuksia oppilaiden näkökulmasta. Toisin sanoen, opettajan kehittynyt ymmärrys luonnontieteellisen tiedon luonteen suhteen vaikuttaisi olevan välttämätön mutta riittämätön ja ehto kyseisen tiedon alan opettamiseksi eteenpäin (Lederman, 1992, 351). Pelkällä opettajan NoS-ymmärryksen tasolla ei ole aina havaittu olevan suoraa yhteyttä opetuksen laatuun tai hänen oppilaidensa oppimistuloksiin (Lederman ja Zeidler, 1987; Abd-El-Khalick ym., 1998; Duschl ja Wright, 1989; Tobin ja McRobbie, 1997). Sen sijaan esimerkiksi opettajan tavalla viestiä ainekohtaisista sisällöistä on (Zeidler ja Lederman, 1989). Oppilaiden luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehitykseen voimakkaimmin vaikuttavia muuttujia näyttävät olevan opetuksen tilannekohtaiset ohjaus- ja opetuskäytänteet, käytetyt aktiviteetit sekä opetussisältöjen suhteen tehdyt päätökset (Lederman, 1992; Roth ym., 1987; Tobin ja McRobbie, 1997, 351). Erityisesti tämän tutkimuksen kannalta on huomionarvoista, että opettajan heikkojen tai virheellisten luonnontieteellisen tiedon luonnetta koskevien näkemysten ja uskomusten on havaittu välittyvän myös oppilaille (Tobin ja McRobbie, 1997).

Opettajien episteemisiä näkemyksiä tulisi käsitellä jo heidän saamassaan koulutuksessa (Brickhouse, 1989). Opettajankoulutuksessa ja opettajien täydennyskoulutuksessa tulisi käsitellä erityisesti opiskelijoiden omia näkemyksiä luonnontieteellisen tiedon luonteesta sekä niiden välisiä ristiriitoja, mikäli heidän opetuskäytäntöjensä halutaan kehittyvän luonnontieteellisen tiedon luonnetta koskevien näkemystensä mukaisiksi ja pysyviksi (Brickhouse, 1990). Opettajien kehittyneiden tieteenfilosofisten näkemysten on erityisesti havaittu vaikuttavan kokeellisen työskentelyn ohjaamiskäytäntöihin, demonstraatioiden käyttötappoihin, evoluutioteorian opetukseen, kielenkäyttöön sekä opetuksen tavoitevalintoihin (Brickhouse, 1989). Lisäksi opettajien heikon koulutustaustan tieteenfilosofian, -historian ja -sosiologian suhteen on havaittu johtavan siihen, että opettajat painottavat opetuksessaan pelkkiä sisältötietoja prosessi- ja metatietojen kustannuksella (Gallagher, 1991, Ledermanin, 1992, 350 mukaan).

Tämä tutkimus vastaa osaltaan edellä esiteltyihin tarpeisiin tarjoamalla alustavan kuvan suomalaisten luokanopettajaopiskelijoiden luonnontieteellisen tiedon luonnetta koskevista näkemyksistä ja uskomuksista. Tutkimuksessa käsitellään myös tutkivan oppimisen mukaisen työskentelyn mahdollisuuksia luonnontieteellisen tiedon luonteen sekä sen opetusmenetelmien opetuksessa osana luokanopettajakoulutusta. Tutkimus suoritettiin osana tutkimusjoukkona olleiden opiskelijoiden opintoja, joten tavoitteena oli luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehittämisen lisäksi perehdyttää heitä luonnontieteellisen tiedon luonteen opetuksen menetelmiin sekä täten antaa myös työkaluja tulevaan, omaan opetustyöhön.

Aluksi opiskelijoiden näkemyksiä selvitettiin kirjallisen kyselyn avulla, minkä jälkeen he suorittivat lähes yksinomaan kirjalliseen työohjeeseen tukeutuen kaksi tutkivan oppimisen mukaista kokeellista työtä, jotka oli erityisesti suunniteltu luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrystä kehittäviksi. Lopuksi opiskelijoiden näkemyksiä selvitettiin uudelleen kyselyn avulla.

2 Luonnontieteellisen tiedon luonne

Tarkkaa, universaalia ja muuttumatonta rajanvetoa luonnontieteellisen tiedon luonteen (tästä eteenpäin termin *luonnontieteellisen tiedon luonne* sijaan käytetään monin paikoin vastaavan englanninkielisen termin *nature of science* lyhennettä *NoS*³) määritelmälle tai sen sisällöille on mahdotonta antaa (ks. esim. McComas ym., 2002, 5-6; Lederman, 2007, 832-833, Lederman, 1992). Luonnontieteellisen tiedon luonteen määritelmä on monen muun tieteellisen käsitteen tapaan jatkuvan tarkastelun ja uudelleenmäärittelyn kohde (ks. Matthews, 2012). Tieteenalana se tarkastelee tiedettä niin filosofisesta, historiallisesta, sosiologisesta kuin psykologisestakin näkökulmasta (McComas ym., 2002, 5) ja erityisesti kunkin tieteenalan asiantuntijoilla on omat eriävät näkemyksensä sen tarkoista sisällöistä (Lederman, 1992, 498; Alters, 1997). Lederman ym. (2002b) tiivistävät Ledermanin (1992) näkemykset luonnontieteellisen tiedon luonteesta seuraavasti:

Typically, NOS refers to the epistemology and sociology of science, science as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to scientific knowledge and its development.

Vapaasti suomennettuna tämä tarkoittaa sitä, että tyypillisesti luonnontieteellisen tiedon luonteella viitataan luonnontieteen epistemologiaan ja sosiologiaan, luonnontieteeseen tapana tietää, tai luonnontieteelliselle tiedolle ja sen kehitykselle ominaisiin arvoihin ja uskomuksiin.

³Terminologiaaltaan tässä tutkielmassa pyritään jatkamaan Itä-Suomen Yliopiston yliopistonlehtorin ja matemaattisten aineiden didaktikon dosentti Kari Sormusen ajamaa linjaa: tutkimuksen ”kohteena on *luonnontieteiden luonne*, ei tieteen luonne yleisesti” (Sormunen, 2004, 8).

Kaiken kaikkiaan luonnontieteellisen tiedon luonteeseen on vuosikymmenien saatossa tehdyissä tutkimuksissa ja pohdinnoissa liitetty laaja skaala erilaisia näkökulmia ja ajatuksia. Näihin kuuluvat muun muassa asenteet ja uskomukset tiedettä ja tieteentekijöitä kohtaan, tiedon epävarmuus ja muuttuvuus, kausaalisuus, tutkiva oppiminen, tieteelliset perustelut ja todisteet, havaintojen luonne, maailman ymmärrettävyys, luonnonlakien universaalius, tieteellisen metodin tai kohta kohdalta etenevän ohjeen harha, hypoteesien testattavuus, puolueettomuus, objektiivisuuden tavoittelu sekä tieteen avoimuus (ks. esim. Good, 2012, 98-99).

Eräs yleinen tapa tarkastella luonnontieteellisen tiedon luonnetta on jakaa tieteen käsite kolmeen luokkaan. Ledermanin (2007) mukaan tieteellä tarkoitetaan usein kolmea asiaa: tieteellistä tietoa (body of knowledge), tieteellisiä menetelmiä (doing science) sekä tieteellistä tapaa tietää (way of knowing). Luonnontieteellisen tiedon luonne liittyy jossain määrin kaikkiin tämän kolmijaon luokkiin⁴ mutta erityisesti viimeiseen – tapaan tietää.

2.1 Osaksi tiedekasvatuksen sisältöjä ja tavoitteita

Tieteen ja sen luonteen tuntemuksen tärkeyden puolesta on puhuttu yli sadan vuoden ajan. Ledermanin (1992) mukaan luonnontieteellisen tiedon luonteen opetuksen asiaa ajettiin jo 1907 julkaistuissa *Central Association of Science and Mathematic Teachersin* raporteissa, joissa esitettiin voimakkaita argumentteja tieteellisen metodin ja tieteellisten prosessien opetuksen puolesta. Hodsonin (1985) mukaan kasvatopsykologi John Dewey väitti vuonna 1916 tieteellisten tutkimusmenetelmien tuntemuksen olevan jopa tärkeämpää kuin itse tieteellisten sisältöjen – erityisesti niille, joista ei itse tule tieteilijöitä. Luonnontieteellisen tiedon luonne jokseenkin nykyisessä muodossaan tuli kuitenkin McComasin ym. (2002) mukaan huomattavaksi tiedekasvatuksen tavoitteeksi vasta 1900-luvun puolivälin jälkeen (ks. esim. National Society for the Study of Education, 1960). Tiedekasvatuksen huomio siirtyi tuolloin siitä, mitä tieteentekijät tietävät, siihen, miten he sen tietävät. Tästä opetuksen kehityssuunnasta polveutuu myös kappaleessa 4.2 tarkemmin esiteltävä tutkivan opetuksen ja oppimisen malli.

Sen lisäksi, että luonnontieteellisen tiedon luonnetta voidaan lähestyä edellisessä kappaleessa esitellyn Ledermanin tieteen kolmijaon kautta, sitä voidaan tarkastella lähes vastaavalla tavalla myös opetuksen näkökulmasta. Hodson (2014) jakaa luonnontieteelliset oppimistavoitteet neljään kategoriaan:

1. Tieteen oppiminen (science): konseptuaalisen ja teoreettisen tiedon etsiminen ja luominen

⁴Muun muassa Henry Poincaré (Poincaré, 1913/2010, 127) on viitannut tähän kirjoittaessaan: ”Science is built up with facts, as a house is with stones. But a collection of facts is no more a science than a heap of stones is a house.”

2. Tieteestä oppiminen (about science): tieteellisen tutkimuksen ominaispiirteet sekä sen tuottaman tiedon rooli ja status; tärkeiden tieteellisten teorioiden synnyn ja kehityksen taustalla olevat sosiaaliset ja älylliset puitteet; tavat, joilla tieteelliset yhteisöt vakiinnuttavat ja valvovat ammatin harjoittamista; kielien käytännöt raportoitaessa, puolustaessa ja tarkastellessa tieteellisiä väitteitä sekä vahvistaessaan niiden paikkansapitävyyttä; ja monimutkaiset tieteen, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön väliset vuorovaikutukset.
3. Tieteen tekemisen oppiminen (doing science): tieteellisen tutkimukseen ja ongelmanratkaisuun osallistuminen sekä kyseisten taitojen harjaannuttaminen
4. Sosiotieteellisten kysymysten huomioimisen oppiminen (addressing socio-scientific issues): sosiotieteellisten kysymysten, kuten henkilökohtaisten, yhteiskunnallisten, taloudellisten, ympäristöön liittyvien sekä eettisten ja moraalisten näkökantojen kriittisen huomioimisen ja sen pohjalta toimimisen taidot

Tässä Hodsonin jaottelussa luonnontieteellisen tiedon luonne yhdistyy vahvimmin tieteestä oppimiseen. Myös jaottelun neljäs kohta käsittelee hyvin läheisesti luonnontieteellisen tiedon luonteelle ominaisia teemoja, mutta pelkän kognitiivisen näkökulman sijaan se painottuu niihin tapoihin, joilla yksilö voi toimia yhteiskunnassa henkilökohtaisten näkemystensä, uskomustensa ja ymmärryksensä pohjalta.

Luonnontieteellisen tiedon luonteelle läheisenä tiedekasvatuksen tavoitteena pidetään tieteellisen lukutaidon kehittymistä. Lederman (2006, 301) määrittelee tieteellisen lukutaidon kykynä käyttää tieteellistä tietoa henkilökohtaisten ja yhteisöllisten päätösten pohjana. Tämä määritelmä on hyvin lähellä Hodsonin edellämainitun oppimistavoitteiden jaottelun neljättä kohtaa. Norris ja Phillips (2003) ovat listanneet yleisimpiä määritelmiä ja käsitteen lähestymistapoja:

- Tieteen keskeisten sisältöjen tietämys ja kyky erottaa tiede epätieteistä
- Tieteen ja sen sovellusten ymmärrys
- Sen tietäminen, mikä lasketaan tieteeksi
- Itsenäisyys tieteen oppimisessa
- Kyky ajatella tieteellisesti
- Kyky käyttää tieteellistä tietoa ongelmanratkaisussa
- Tietoa, jota tarvitaan sosiotieteellisten kysymysten syvässä keskustelussa
- Luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrys, mukaanlukien sen yhteys kulttuuriin
- Tieteen sekä sen ihmeiden ja erikoisuuksien arvostus
- Tieteen riskien ja hyötyjen tuntemus
- Kyky ajatella kriittisesti tieteestä ja huomioida tieteellinen asiantuntemus

Kaiken kaikkiaan luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen uskotaan olevan kriittinen ja keskeinen osa tieteellistä lukutaitoa (Lederman, 2006, 314).

Tieteellisen tiedon määrän jatkuva lisääntyminen yhä eriytyneemmällä ja eristyneemmällä tieteenaloilla on aiheuttanut ja aiheuttaa edelleen paineita kasvatuksellisesti relevanttien sisältöjen rajauksen suhteen. Erityisesti joudumme pohtimaan sitä, mikä on sellaista yksilön ja yhteiskunnan kannalta olennaista ja keskeistä tietoa, jota kasvatusta- ja koulutusjärjestelmän tulisi vaalia ja välittää eteenpäin tuleville sukupolville. Tämä rajausta puolestaan vaikuttaa opetukselle sekä opettajien tiedoille ja taidoille asetettaviin vaatimuksiin. Myös luonnontieteellisen tiedon luonnetta joudutaan tarkastelemaan tästä näkökulmasta.

Luonnontieteellisen tiedon luonteen opetuksen kehittämiseksi sen sisällöt tulisi määritellä hyvin. Luonnontieteellisen tiedon luonteen sisällöistä käytävän väittelyn lisäksi sen opetuksellisesti ja kasvatuksellisesti relevantit sisällöt jakavat kuitenkin edelleen mielipiteitä (ks. esim. Osborne ym., 2003). Käsittelyä vaikeuttaa myös sen keskiössä olevien oppijoiden ikäjakauma. Missä laajuudessa esimerkiksi tieteen filosofisia perusteita ja periaatteita on järkevää opettaa opintietään aloittaville 7-vuotiaille lapsille? Opetussuunnitelmiin sisällyttämisen esteinä vaikuttaisivat olevan vaikeudet (1) luonnontieteellisen tiedon luonteen sisältöjen rajaamisessa, (2) ikä- ja oppijaluokittain tehtävien luonnontieteellisen tiedon luonteen tiedekasvatuksellisesti relevanttien sisältöjen rajaamisessa, (3) luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen tavoitetasojen asettamisessa sekä (4) tavoitetason saavuttamisen arvioinnissa.

Vaikka luonnontieteellisen tiedon luonteen ja sen opetussuunnitelmiin soveltuvien teemojen rajauksista käydäänkin jatkuvaa keskustelua, opetukseen sisällytettävistä teemoista ei voida kinastella loputtomiin. McComasin ym. (2002, 9) mukaan nykyisin vallitsee laajalle levinnyt yhteisymmärrys siitä, että oppilaiden ymmärryksen kehittäminen luonnontieteellisen tiedon luonteen – sen oletusten, arvojen, päämäärien ja rajoitusten – suhteen tulisi olla eräs tiedekasvatuksen keskeisimmistä päämääristä (vrt. edellä käsiteltyyn Hodsonin määritelmään luonnontieteellisistä oppimistavoitteista). Myös Lederman (2007) on tarkastellut tilannetta laaja-alaisesti ja päätenyt siihen johtopäätökseen, että perusopetuksen ja toisen asteen opetuksisältöjen kannalta alan akateemisten tutkijoiden välisen väittelyn kuumimmilla aiheilla ei ole juurikaan merkitystä. Jonkinlainen yhteisymmärrys on jo olemassa siitä, että luonnontieteellisen tiedon luonteen opetuksen tulisi antaa oppilaille välineitä pohdittua ja valita itse tieteelliset totuutensa – pelkän tieteellisen tiedon lisäksi oppilaille tulee antaa riittävät perustelut tuon tiedon luotettavuuden arvioimiseksi ja hyväksymiseksi (McComas, 1998, xvii-xviii; Lederman, 2007, 836). McComasin ym. (2002) mukaan sopivia sisältöjä olisivat muun muassa tieteen tarkoitus, prosessit sekä rajoitukset.

Luonnontieteellisen tiedon luonne on jo saatu sisällytettyä moniin opetussuunnitelmiin ja kansainvälisiin tiedekasvatuksen standardeihin. McComas ym. (2002)

on analysoinut kyseisiä dokumentteja ja havainnut useita luonnontieteellisen tiedon luonnetta käsitteleviä päällekkäisyyksiä (allekirjoittaneen suomentamana):

- Tieteellinen tieto on kestävä, mutta silti tentatiivista [eli muun muassa muuntuvaa ja epävarmaa].
- Tieteellinen tieto nojaa vahvasti, mutta ei täysin, kokeelliseen todistusaineistoon, järkipärisiin argumentteihin ja skeptismiin.
- Ei ole yhtä ainoa tapaa tehdä tiedettä. Erityisesti ei ole yhtä universaalialia vaihe vaiheelta etenevää tieteellistä metodia.
- Tiede pyrkii selittämään luonnonilmiöitä.
- Laeilla ja teorioilla on tieteessä erilaiset roolit. Tästä syystä oppilaiden tulisi erityisesti kiinnittää huomiota siihen, että teorioista ei tule lakeja edes lisätodisteiden valossa.
- Ihmiset kaikista kulttuureista osallistuvat tieteen kehitykseen.
- Uudesta tiedosta tulee raportoida selkeästi ja avoimesti.
- Tieteentekijät vaativat tarkkoja muistiinpanoja, vertaisarviointia sekä toistettavuutta.
- Havainnot ovat teoriariippuvaisia [theory-laden] eli niihin vaikuttavat muun muassa tutkijan teoreettinen suuntautuminen ja sen mukaiset oletukset.
- Tieteentekijät ovat luovia.
- Tieteen historiassa voidaan nähdä sekä vähitellen etenevää kehitystä että mullistuksia.
- Tiede on osa sosiaalisia ja kulttuurisia perinteitä.
- Tiede ja teknologia vaikuttavat toisiinsa.
- Tieteellisiin ideoihin vaikuttavat sekä niiden sosiaalinen että historiallinen ympäristö.

Luonnontieteellisen tiedon luonteen havaitaan olevan laajalle levinnyt osa tiedekasvatuksen nykyisyyttä ja tulevaisuutta.

2.2 ”Ledermanın seitsikko”

Luonnontieteellisen tiedon luonteen tai oikeastaan sen tutkimuksen keskeisimmät sisällöt ovat muuttuneet paljon siitä, mitä se on ollut tutkimustyön alkaessa noin kuusikymmentä vuotta sitten. Monet tutkimukset ovat käsitelleet muun muassa asenteita tiedettä ja sen tekijöitä kohtaan sekä tieteen tekemisen taitoja (science process skills), mitä ei kuitenkaan nykyään pidetä enää tutkimuksen keskeisimpinä kohteina (Lederman, 2007; Lederman ym., 2002a). Lisäksi – kuten käy ilmi tämän tutkielman aikaisemmista kappaleista – täsmällistä rajausta luonnontieteellisen tiedon luonteen sisällöistä ei ole. Esittelen tässä sen rajauksen, mitä on käytetty tämän pro gradu -tutkimuksen pohjana.

Peruskoulun ja sen jälkeisen toisen asteen koulutuksen kannalta relevantteja luonnontieteellisen tiedon luonteen sisältöjä voidaan Ledermanin (2006, 304) valikoida erityisesti kolmen kriteerin avulla:

1. Onko kyseinen sisältö ymmärrettävissä ja opittavissa?
2. Vallitseeko asiantuntijayhteisössä konsensus kyseisestä sisällöstä?
3. Onko kyseisen sisällön ymmärtämisestä hyötyä kaikille kansalaisille?

Näiden kriteerien pohjalta Lederman ym. (2002b) määrittelee tiedekasvatuksen kannalta tärkeimmiksi kokemansa seitsemän teemaa (alkuperäiset, englanninkieliset määritelmät löytyvät liitteestä 1):

1. Tentatiivisuus
2. Empiirisuus
3. Teoriasidonnaisuus
4. Ihmislähtöisyys
5. Sosiokulttuurinen sidonnaisuus
6. Tieteellisen metodin harha
7. Tieteellinen teoria ja laki

Tentatiivisuus

Tentatiivisuuden teema käsittelee luonnontieteellisen tiedon varmuutta ja muuttuvuutta. Vaikka se Ledermanin mukaan onkin luotettavaa ja kestävää tietoa, se ei hänen mukaansa ole koskaan absoluuttisen varmaa – olipa kyseessä millainen fakta, teoria tai laki hyvänsä. Tieteelliset väitteet kumoutuvat tai niitä joudutaan muuttamaan uuden tiedon valossa. Esimerkkitapaukseksi voidaan ottaa aikansa ehdotonta tieteellistä valtavirtaa ollut ja edelleen menestyksekkäästi käytössä oleva Newtonin gravitaatioteoria⁵, joka kuitenkin kärsi jo alkuaajoistaan lähtien ongelmista kuten gravitaatiovaikutuksen viiveettömyydestä tai oikeastaan siitä, että se ei käsitelty millään tavalla kyseistä vaikutuksen viiveettömyyttä. Erityisesti tämä ongelma tuli ilmeiseksi 1800-luvulla sähkömagneettisen säteilyn suhteen tehtyjen edistysaskelten myötä. Lisäksi havainnot Merkuriuksen radan perihelin liikkeestä sekä Auringon massan ilmeisestä vaikutuksesta valon kulkemaan rataa eivät olleet selitettävissä alkuperäisen Newtonin teorian avulla. Muun muassa näistä syistä Newtonin teoria haluttiin hylätä tarkasti luonnon käyttäytymistä kuvaavana teoriana. Teoriasta tehtiin 1900-luvun alkuun saakka useita – enemmän tai vähemmän onnistuneita – muunnelmia, kunnes Albert Einsteinin suhteellisuusteoria ja gravitaation geometriinen kuvaus tekivät monimutkaiset muunnelmat tarpeettomiksi. (Renn ja Schemmel, 2012)

⁵Oikeastaan kyseessä on enemmän havaintoihin pohjautuva laki kuin yhtenäinen selitysjärjestelmä eli teoria.

Tentatiivisuus pohjautuu Ledermanin mukaan erityisesti kahteen näkökulmaan. Ensinnäkin, luonnontieteet ovat osa ihmisen luomaa kulttuuria, missä tieto on mielikuvituksen ja havaintokyvyn rajoittamaa luovan ihmisen tuotosta ja jonka lähtökohtiin ja tulkintoihin vaikuttavat myös sosiokulttuurisen ympäristön kulloinkin vallitsevat tila. Toisekseen, empiirinen havaintoaineistomme ei käsitä täydellisesti tulevaisuutta tai menneisyyttä eikä kaikkia maailmankaikkeuden kolkkia. Vaikka lait ja teorit pätsivätkin kaikissa tuntemissamme tilanteissa, on mahdollista, että josain jonakin aikana tapahtuu jotakin poikkeavaa. Ja jos se on mahdollista, nämä lait ja teorit eivät ole loogisesti tosiksi osoitettuja.

Empiirisuus – havainnon ja päätelmän ero

Empiirisyyden teema käsittelee havaintojen roolia luonnontieteissä. Luonnontieteellisen väitteen lopullisen luotettavuuden määrittelee sitä koskeva havaintoaineisto – tieteellisen väitteen on esimerkiksi perustuttava havaintoihin tai siitä on seurattava havainnoitavia ennusteita.⁶ Popperilaisen tieteenfilosofian mukaisesti teoria on sitä luotettavampi, mitä enemmän havainnoin testattavia ennusteita sen pohjalta on mahdollista tehdä ilman, että havainnot ja ennusteet ovat keskenään ristiriitaisia (ks. esim. Garcia 2006, 38).

Havainnoiminen ei ole kuitenkaan aina helppoa tai yksikäsitteistä, sillä useimpiin luonnonilmiöihin ei ole suoraa yhteyttä: ihminen tekee havaintoja henkilökohtaisen havaintokyvyn tai teknisten apulaitteiden kautta, mistä kaikista on tehty tiedostettuja ja/tai tiedostamattomia oletuksia. Havainto pitäisi osata lisäksi erottaa päätelmistä.⁷ Ledermanin mukaan havainnon ja päätelmän eron ymmärtäminen on edellytys monien muiden tieteellisten käsitteiden ja termien ymmärtämiseksi. Lederman määrittelee havainnon kuvailevana väitteenä, joka käsittelee sellaista luonnonilmiötä, johon on mahdollista olla yhteydessä suoraan aistein tai välillisesti aistien jatkeiden avulla, ja josta havaitsijat pääsevät vaivatta yksimielisyyteen. Esimerkiksi voimia emme voi havaita suoraan mutta niiden vaikutukset kylläkin. Tällöin voiman olemassaolo on havaituista vaikutuksista tehty päätelmä. Muita vastaavia teoreettisia käsitteitä ovat esimerkiksi erilaiset atomaariset ja subatomaariset hiukkaset sekä kentät.

⁶Cornellin yliopiston Messenger-luennollaan aiheesta *The Character of Physical Law* 1900-luvun merkittävimpiin fyysikoihin kuuluva Richard Feynman puhuu lennokkaasti aiheesta: "If it [theory or law] disagrees with experiment, it's wrong. In that simple statement is the key to science. It doesn't make any difference how beautiful your guess is, it doesn't make any difference how smart you are, who made the guess, or what his name is. If it disagrees with experiment, it's wrong. That's all there is to it." (Feynman, 1964)

⁷Lisäksi voitaisiin tehdä ero ärsyksen ja havainnon välille. Esimerkiksi valo on ärsyke, joka tuottaa silmässä havainnon.

Teoriasidonnaisuus

Teoriasidonnaisuuden teema käsittelee havaintojen ja tutkimusten sidonnaisuutta teoreettisiin viitekehyksiin ja tutkimusmenetelmiin. Toisin sanoen, valittu tutkimusongelma, viitekehys, näkökulma sekä tutkimusmenetelmä määrittelevät tehtyjen ja tekemättä jätettyjen havaintojen ja siten myös syntyvän tiedon merkityksen ja käytettävyyden. Näihin valintoihin puolestaan vaikuttavat Ledermanin mukaan tutkijan teoreettiset ja koulukuntakohtaiset uskomukset, aikaisemmat tiedot, koulutustaustat, kokemukset ja odotukset. Popper (1963/1995, 46–47) yritti havainnollistaa asiaa fysiikan opiskelijoille ohjeistamalla heitä tekemään tarkkoja havaintoja. Ongelman, näkökulman tai viitekehysten määrittelemättömyys pakotti opiskelijat kuitenkin vaatimaan tarkennusta ja kysymään, mitä Popper halusi heidän havainnoivan.

Ihmislähtöisyys

Ihmislähtöisyyden teema käsittelee luovuuden ja mielikuvituksen keskeistä roolia uuden tieteellisen tiedon syntyprosessissa. Luovuutta tarvitaan Ledermanin mukaan muun muassa selitysten ja uusien teorioiden synnyttämiseksi. Tästä seuraa myös Ledermanin mukaan se, että monet tieteelliset käsitteet, kuten atomit ja eläinlajit ovat enemmänkin käytännöllisiä teoreettisia malleja kuin täydellisiä todellisuuden kopioita.

Sosiokulttuurinen sidonnaisuus

Sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teema käsittelee vallitsevan kulttuurin, sosiaalisen ympäristön ja yhteiskunnan vuorovaikutusta luonnontieteelliseen tutkimustyöhön ja sen tuloksiin. Ledermanin mukaan luonnontieteellinen tieto on ihmislähtöistä ja ihmisten tapaan toimia, ymmärtää ja havaita vaikuttaa voimakkaasti se kulttuuri, jossa he kasvavat ja kehittyvät. Tiede vaikuttaa ja siihen vaikuttaa monia enemmän tai vähemmän tiedostettuja yhteiskunnan elementtejä, joista Lederman mainitsee sosiaalisen ympäristön, valtarakenteet, politiikan, sosioekonomiset tekijät sekä filosofiat ja uskonnot. Esimerkiksi neuvostoliittolaisen Sputnik-satelliitin laukaisu vuonna 1957 koettiin Yhdysvalloissa luonnontieteellisenä kriisinä, mihin vastattiin laajalla tiedekasvatusta – luonnontieteiden opetusta ja kansallisia opetussuunnitelmia – koskevalla uudistustyöllä. Tämän uudistustyön tuloksena luonnontieteiden opetuksen kehitys suuntautui kohti (kappaleessa 4.2 tarkemmin käsiteltävää) tutkivaa oppimista. (Barrow, 2006)

Tieteellisen metodin harha

Tieteellisen metodin harhan teema käsittelee erästä yleistä virhekäsitystä, jonka mukaan olisi olemassa jokin luonnontieteellisen tutkimuksen metodologiaa koskeva yleinen ohje, jota tieteen tekijät noudattavat ja joka takaa tiedon ”oikeuden”. Ledermanin mukaan sellaista yleispätevää reseptiä, joka johtaisi aina ja erehtymättömästi toimivaan tai varmaan lopputulokseen, ei kuitenkaan ole. Tällaista mielikuvaa ruokkii Ledermanin mukaan erityisesti oppikirjallisuus sekä opettajat. Sen sijaan tieteen tekijät pyrkivät perustelemaan luomaansa tietoa monin eri tavoin: havainnoimalla, vertailemalla, mittaamalla, testaamalla, spekuloidulla, esittämällä hypoteeseja, ideoimalla, käsitteistämällä sekä rakentamalla teorioita ja malleja. Samaakin ilmiötä tai asiaa voidaan – ja tuleekin – tutkia monin eri tavoin. Mittatekniikan keskuksessa (MIKES) kehitellään tämän tutkielman valmistumisen aikoihin uutta luonnonvakioihin sidottua ampeerin määritelmää. Tieteellisen metodin harhan teeman liittyen osana tuotakin työtä pyritään varmistamaan useiden eri ilmiöiden avulla kokeellisesti määritettyjen luonnonvakioiden arvojen ristiriidattomuus. (Torvinen, 2014) Luonnonvakioidenkin arvoja voidaan ja tulee siis tutkia monin eri menetelmin.

Tieteellinen teoria ja laki

Tieteellisen teorian ja lain teema käsittelee kyseisiä, usein väärin ymmärrettyjä termejä. Ledermanin mukaan opiskelijoiden ja koululaisten käsitykset teorian ja lain käsitteistä ovat usein hierarkkisia: lait ovat todistettuja teorioita ja siten lait olisivat teorioihin nähden korkeamman statuksen tietoa. Teoriat ja lait ovat kuitenkin kaksi erilaista ja oikeutetusti arvokasta tieteellisen tiedon luokkaa, jotka eivät muutu toisikseen. Ledermanin mukaan lait ovat luonnonilmiöihin liittyvien, havaittujen muuttujien välisiä suhteita kuvaavia väitteitä. Teoriat puolestaan ovat päättelyyn perustuvia selityksiä luonnonilmiöille tai niissä havaituille säännönmukaisuuksille.

Määritellessään tieteellisen teorian vakiintuneeksi, päteväksi osoitetuksi ja sisäisesti yhtenäiseksi selitysjärjestelmäksi Lederman viittaa Suppen aiheutta käsittelevään teokseen vuodelta 1977. Teorian tulisi hänen mukaansa kyetä selittämään suuri määrä näennäisesti erillisiä havaintoja useilla eri tieteenaloilla, minkä lisäksi niillä on (kuten teoriasidonnaisuuden teemassa jo osittain mainittiin) merkittävä rooli tutkimusta ohjaavana tekijänä ja tutkimuskysymysten synnyttäjänä. Tieteellisille teorioille on lisäksi ominaista se, että ne perustuvat tiettyyn määrään oletuksia tai aksioomia ja että niiden keskiössä on käsitteitä tai olioita, joita emme kykene suoraan havaitsemaan. Tähän perustuu tentatiivisuudenkin teeman yhteydessä mainittu teorioiden tosiksi todistamisen mahdottomuus. Teorioiden totuusarvoa pystytään kasvattamaan ainoastaan epäsuorin todistein. Näitä todisteita saadaan esimerkiksi tutkimalla teorian pohjalta tehtyjen ennusteiden yhtäpitävyyttä havaintojen kanssa.

Tällä vuosituhannella käytetyt NoS-käsityksiä ja -ymmärrystä mittaavat *VNOS*-tutkimusinstrumentit, joita myös Lederman on ollut kehittämässä, ovat rakentuneet edellä esiteltyjen teemojen ympärille (Lederman ym., 2002b). Tässä tutkimuksessa on käytetty tuon sarjan tutkimusinstrumenttia nimeltään *Views of Nature of Science Questionnaire – Form B*, josta käytetään yleisesti lyhennöstä *VNOS-B*. Kyseistä instrumenttia käsitellään tarkemmin kappaleessa 5.2.

Matthews (2012, 11) on käsitellyt edellä esitellyn NoS-kehiksen vahvuuksia ja heikkouksia. Vahvuuksina nähdään sen kyky tarjota tutkijoille välineitä (kuten tässäkin tutkimuksessa käytetty *VNOS-B*) NoS-taitojen mittaamiseen, minkä lisäksi se tarjoaa pohdittavaksi selkeitä tieteellisen tiedon luonteeseen liittyviä teemoja ja näkökulmia. Samalla kuitenkin kyseisen kehiksen pelätään päätyvän vain yhdeksi ulkoa opeteltavaksi, näennäisesti koko luonnontieteellisen tiedon luonteen olemuksen määritteleväksi listaksi. Tällöin unohtuisi kenties olennaisin syy NoS:n sisällyttämiseksi opetussuunnitelmiin eli kriittisen ajattelukyvyn – tai vielä yleisemmällä tasolla tieteellisen lukutaidon – harjaannuttaminen. Matthews (2012, 12) jatkaa huomauttamalla, että myös listan sisällöstä sellaisenaan arvioinnin kriteereinä tai opetuksen tavoitteina on esitetty huolestuneita mielipiteitä.

3 Opettajien ymmärrys – vaatimukset ja realiteetit

Tässä kappaleessa tarkastellaan luokanopettajaopiskelijoiden NoS-käsitysten tasoa kolmesta näkökulmasta:

1. Millaista ymmärrystä voidaan odottaa toista opiskeluvuottaan (Jyväskylän Yliopistossa) syksyllä 2013 aloittaneilta luokanopettajaopiskelijoilta luokanopettajakoulutuksen opetussuunnitelman ja opetusohjelman perusteella?
2. Millaista ymmärrystä perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteet (Opetushallitus, 2004) vaativat?
3. Millaisia havaintoja on tehty aikaisemmissa luokanopettajaopiskelijoiden (ja luokanopettajien) NoS-käsityksiä käsittelevissä tutkimuksissa?

3.1 Luokanopettajakoulutuksen antamat eväät

Syvällistä analyysia suomalaisen luokanopettajakoulutuksen NoS-sisällöistä tai -yhteyksistä niin opittavien tietojen kuin opetusmenetelmienkään osalta ei tiettävästi ole olemassa, eikä sitä tehdä valitettavasti nytkään. Tämän tutkimuksen kannalta keskiössä ovat lukuvuonna 2012-2013 Jyväskylän Yliopiston luokanopettajakoulutuksessa opintonsa aloittaneiden opiskelijoiden ensimmäisen vuoden opinnot. Varsinaisen analyysin kohteina ovat täten kyseisiä opintoja ohjaava opetussuunnitelma lukuvuosille 2010-2013 (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2010)

sekä opetusohjelma lukuvuodelle 2012-2013 (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2012). Kyseisen opetussuunnitelman tarkoitus on kertoa ”opettajankoulutuslaitoksen tarjoaman opetuksen lähtökohdat, tavoitteet ja sisällöt”, minkä lisäksi ”[t]arkemmat kurssin suorittamiseen liittyvät tiedot löytyvät vuosittain vaihtuvasta opetusohjelmasta” (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2010).

Luonnontieteellisen tiedon luonne yleisesti opettajankoulutuksen lähtökohdissa ja tavoitteissa

Edellisessä kappaleessa mainitussa luokanopettajakoulutuksen opetussuunnitelmassa on yleisiksi tavoitteiksi kirjattu opiskelijoiden ammatillinen kehittyminen autonomiseksi, eettisesti vastuulliseksi koulutus- ja kasvatuskulttuuria sekä omaa toimintaansa kriittisesti analysoiviksi ja uudistaviksi asiantuntijoiksi; vahva akateeminen identiteetti ja sen antama perusta osallistua oman alansa tieteelliseen kehittämiseen; sekä kyky perustella, miksi toimii opettajana valitsemallaan tavalla.

Opettajankoulutuksen tavoitteena on erityisesti opetuksen keskeisinä osa-alueina esiteltyjen viiden kompetenssialueen kehittyminen (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2010):

1. *Eettinen kompetenssi*: Opiskelija pystyy tunnistamaan ja analysoimaan toimintaansa eettiseltä kannalta ja toimimaan ristiriitatilanteissa eettisten periaatteiden pohjalta.
2. *Intellektuaalinen kompetenssi*: Opiskelija perustaa toimintansa ja ammatillisen kehittämisensä tieteelliselle ajattelulle.
3. *Viestintä ja vuorovaikutuskompetenssi*: Opiskelija haluaa ja kykenee toimimaan yhteistoiminnallisesti vuorovaikutustilanteissa ja ryhmissä. Opiskelija on kykenevä ja kiinnostunut kuuntelemaan toista ja kykenevä viestimään erilaisissa vuorovaikutussuhteissa.
4. *Kulttuurinen, yhteisöllinen ja yhteiskunnallinen kompetenssi*: Opiskelija kykenee arvioimaan yhteisön arvoja ja toimintakäytänteitä ja osallistuu niiden kehittämiseen, esim. kykenee näkemään asioita toisin, arvioimaan ja muuttamaan niitä. Opiskelija tunnistaa koulua ja kasvatusta koskevia käytänteitä ja monikulttuurisuuden ilmentymiä.
5. *Pedagoginen kompetenssi*: Opiskelija kykenee suunnittelemaan, toteuttamaan, arvioimaan ja kehittämään erilaisia oppimisprosesseja.

Opettajankoulutuksen lähtökohdaksi opetussuunnitelmassa (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2010) esitellään tutkiva oppiminen ja opettajuus, millä tarkoitetaan sitä, että ”[k]oulutus rakentuu ilmiölähtöiselle oppimiselle ja tutkimiselle sekä yhdessä kehittyvälle, jaetulle asiantuntijuudelle”. Tavoitteina mainitaan

lisäksi valmiudet ”tieteellisen tutkimuksen tekemiseen ja kriittiseen tieteellisen kirjallisuuden seuraamiseen”.

Edellä esitellyistä opetussuunnitelman lähtökohdista ja tavoitteista löytyy yhteyksiä luonnontieteellisen tiedon luonteeseen. Varsinaisesti opetussuunnitelman lähtökohdat ja tavoitteet käsittelevät kasvatustieteellistä tietoa, mutta useimmat kappaleessa 2.2 esitellyt tämän tutkimuksen NoS-viitekehyksen mukaiset luonnontieteellisen tiedon luonnetta käsittelevät teemat ovat yleistettävissä ja pätevät myös muilla tieteenaloilla. Opiskelijan on ymmärrettävä tieteellisen tiedon luonteen mukaisesti tutkijoiden ja tiedeyhteisöjen toimintaa sekä tieteellistä tapaa tietää kyetäkseen opetussuunnitelmassa määriteltyjen tavoitteiden mukaiseen toimintaan: oman alansa tieteelliseen kehittämiseen; oman toimintansa ja ammatillisen kehittymisensä perustamiseen tieteelliselle ajattelulle; kiinnostuneeseen keskusteluun erilaisissa vuorovaikutussuhteissa; arvioimaan yhteisöjen arvoja ja toimintakäytänteitä; näkemään asioita monipuolisesti toisten näkökulmasta monikulttuurisessa ympäristössä tai tekemään ja seuraamaan kriittisesti tieteellistä tutkimusta. Erityisesti tähän tutkimukseen valikoituneen *luonnontieteellisen tiedon luonnetta käsittelevän viitekehyksen* mukaisista teemoista näihin lähtökohtiin ja tavoitteisiin liittyvät tiedon luotettavuutta käsittelevän tentatiivisuuden teema, tieteellisen tiedon syntyprosessiin liittyvät teoriasidonnaisuuden ja ihmislähtöisyyden teemat sekä tieteen yhteiskunnallista vuorovaikutusta käsittelevä sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teema.

Luonnontieteellisen tiedon luonne kasvatustieteen kandidaatin tutkinnon yleisissä tavoitteissa

Ensimmäisen ja toisen vuoden opinnot ovat lähes poikkeuksetta kandidaatin tutkinnon vaatimia. Kasvatustieteen kandidaatin tutkinnon tavoitteet on jaettu opetussuunnitelmassa (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2010) kolmeen osaan: tiedot, taidot ja kompetenssit. Tiedot käsittelevät kasvatustieteen filosofian, -psykologian, -sosiologian, kasvatuksen historian sekä oppimisen ohjaamisen lisäksi kasvatustieteellisen tutkimuksen traditioita sekä tiedonhankintamenetelmiä (vrt. luonnontieteellisen tiedon luonteen määritelmää kappaleessa 2 sivulla 6). Taidot käsittelevät opiskelijan omien opettamis- ja oppimiskäsitysten; teoreettisen ja kokemustiedon pohjalta syntyvän henkilökohtaisen kasvatustieteen ja opetusfilosofian; opetuksen suunnittelun, toteutuksen ja arvioinnin sekä perusopetuksen luokilla 1–6 opettavien aineiden opetuksen lisäksi – erityisesti tämän tutkielman kannalta oleellista – kyseisten oppiaineiden tieteellisten taustojen tunnistamista. Kompetenssit käsittelevät kieli- ja viestintätaitojen, tieto- ja viestintätekniikan käyttötaitojen, vuorovaikutusosaamisen, oman toiminnan eettisen tarkastelun ja moniammatillisen yhteistyön lisäksi valmiuksia tutkimuskirjallisuuden kriittiseen lukemiseen.

Kasvatustieteen kandidaatin tutkinnon tavoitteista löytyy merkittäviä yhteyk-

siä luonnontieteellisen tiedon luonteeseen. Tältäkin osin yhteydet syntyvät kuitenkin enimmäkseen yleisen tieteellisen tiedon luonteen kautta: tavoitteissa käsitellään tieteellisen tutkimuksen traditioita, tiedonhankintamenetelmiä sekä tutkimuskirjallisuuden kriittistä lukemista. Nämä asiat liittyvät tieteellisen tutkimuksen prosesseihin, minkä lisäksi kriittinen tiedon tarkastelu vaatii ymmärrystä kyseisen tiedon luonteesta – sen ominaisuuksista, pätevyysalueista sekä rajoituksista. Tavoitteista nousee tässä tarkastelussa esiin erityisesti maininta perusopetuksessa opetettavien aineiden – mukaanlukien ympäristö- ja luonnontieteiden – tieteellisten taustojen tunnistamisesta. Tämän tutkielman keskiössä oleva luonnontieteellisen tiedon luonne käsittelee erityisesti luonnontieteiden tieteellistä taustaa, kuten sen tekijöitä, prosesseja, historiallista kehitystä sekä sen tulosten vuorovaikutusta yhteiskunnan kanssa. Kasvatustieteen kandidaatin tutkinnon tavoitteissa näkyvät täten kaikki tämän tutkimuksen NoS-viitekehyksen teemat – erityisesti tiedon luotettavuutta käsittelevä tentatiivisuuden teema sekä tieteelliseen tutkimukseen ja tiedon taustoihin liittyvät teoriasidonnaisuuden, ihmislähtöisyyden, sosiokulttuurisen sidonnaisuuden ja tieteellisen metodin harhan teemat.

Luonnontieteellisen tiedon luonne kurssikohtaisissa tavoitteissa ja sisällyksessä

Jyväskylän Yliopiston luokanopettajakoulutuksen opetussuunnitelmassa 2010-2013 esitetyssä opintokokonaisuuksien ajoitusta koskevassa kaaviossa (ks. liite 5) on esitetty ensimmäisenä lukuvuotena suoritettavaksi yhteensä 21 opintopisteen verran opintoja liittyen kasvatustieteen opintojen juonteiksi kutsuttuihin kokonaisuuksiin *Kasvatuksen kulttuurinen perusta (kasvatushistoria, -filosofia ja -antropologia)*, *Kehitys ja kasvuympäristöt (kasvatuspsykologia)*, *Kouluyhteisö ja yhteiskunta (kasvatussosiologia)* sekä *Kasvun ja oppimisen ohjaaminen (oppimisen ohjaamisen teoriat ja pedagogiikka)*. Lisäksi ensimmäiselle lukuvuodelle on kirjattu neljän opintopisteen verran ohjattua harjoittelua sekä yksitoista opintopistettä viestintä- ja orientoivia opintoja. Kahden ensimmäisen lukuvuoden aikana on myös suoritettava 60 opintopisteen verran perusopetuksessa opetettavien aineiden ja aihekokonaisuuksien monialaisia opintoja. Kolmen ensimmäisen lukuvuoden aikana on lisäksi suoritettava 13 opintopisteen verran vapaasti valittavia opintoja. Kurssien sisältöjä ja tavoitteita käsitellään tarkimmin lukuvuosittain julkaistavissa opetusohjelmissa.

Ensimmäisenä opiskeluvuonna suoritettaviksi kasvatustieteiden perusopintokursseiksi on liitteen 5 mukaisessa opintojen ajoitustaulukossa nimetty KTKP110 *Kasvatustieteen filosofiset ja historialliset perusteet*, KTKP102 *Kasvatustieteen psykologiset perusteet*, KTKP103 *Kasvatustieteen sosiologiset perusteet* sekä OKLP410 *Kasvun ja oppimisen ohjaaminen*. Nämä kurssit keskittyvät lukuvuoden 2012-2013 opetusohjelmassa (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2012) esiteltyjen

tavoitteiden ja sisältöjen sekä kurssiotsikoidenkin mukaisesti lähinnä kasvatukseen ja opetukseen liittyviin yleisiin tietosisältöihin, terminologiaan, teorioihin ja näkökulmiin – ei luonnontieteelliseen tietoon tai sen luonteeseen. Kurssilla KTKP110 käsitellään kuitenkin kurssisisällön mukaan muun muassa kasvatusta koskevan tiedon luonnetta sekä kasvatuksen arvoja. Nämä sisällöt liittyvät yleisellä tasolla tieteellisen tiedon luonteeseen, tieteelliseen tapaan tietää ja voivat sikäli edesauttaa myös luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehittymistä. Näiden yhteyksien vahvuus riippuu kuitenkin paljon tavasta, jolla näitä sisältöjä käsitellään: mitä asioita on sisällytetty esimerkiksi kasvatusta koskevan tiedon luonteen kokonaisuuteen sekä edelleen, mitä näistä asioista on käsitelty eksplisiittisesti ja millaisin pedagogisin ratkaisuin.

Viestintä- ja orientoivia opintoja on ollut tarjolla kurssit KTKO010 *Johdatus yliopisto-opiskeluun ja HOPS*, KTKO102 *Johdatus tieteelliseen tutkimukseen*, OKLV110 *Tieto- ja viestintätekniikka sekä tiedonhankinta 1*, OKLV210 *Äidinkielen viestintä ja vuorovaikutusosaaminen 1* sekä toisen kotimaisen (ruotsin) ja vieraan kielen (esimerkiksi englannin) opintoja. Eräänä kurssin KTKO101 tavoitteena mainitaan ”kyky orientoitua - - omaan tieteenalaan”, minkä voinee tulkita oman tieteenalan tutkimuksen ja tiedon – mukaanlukien sen luonteen – konventioihin tutustumisena.

Viestintä- ja orientoivissa opinnoissa ei ilmene eksplisiittisiä yhteyksiä NoSiin lukuunottamatta kurssia KTKO102. Kyseisen kurssin tavoitteiden mukaan kurssin suoritettuaan opiskelija ”ymmärtää tieteellisen tutkimusprosessin luonteen erityisesti määrällisen tutkimuksen näkökulmasta”, ”osaa kerätä ja analysoida tietoa”, ”osaa muodostaa hypoteesit ja testata niitä taulukon avulla” sekä ”osaa tulkita tuloksia ja arvioida niiden luotettavuutta”. Tavoitteet muistuttavat tutkivan opetuksen ja oppimisen sisältöjä, ja kurssilla käsiteltävät menetelmät (kyselylomakkeet, mittarit ja mitta-asteikot, t-testi, χ^2 -testi, SPSS-analyysi), olkoonkin ominaisempia humanistisille kuin luonnontieteellisille tieteenaloille, joko vaativat luotettavuuden arvioinnin huomioimista (esimerkiksi kyselylomakkeet ja erilaiset mittarit) tai käsittelevät suoraan tutkitun tiedon (epä-) varmuutta (esimerkiksi t- ja χ^2 -testit). Vaikka tavoitteissa puhutaankin luonnontieteellisen tiedon luonteen sijaan tieteellisen tutkimusprosessin luonteesta, yleisen tieteellisen ja luonnontieteellisen tiedon luonteet käsittelevät pitkälti samoja teemoja tai piirteitä. Tämän tutkimuksen NoS-viitekehyksen osalta vain luonnontieteellinen laki ja jossain määrin myös tieteellisen metodin harha ovat ominaisia vain juuri luonnontieteellisen tiedon luonteelle. Kyseisen kurssin tavoitteiden pohjalta voisi odottaa kohtalaista ymmärrystä myös luonnontieteellisen tiedon luonteen suhteen.

Ensimmäisenä opiskeluvuonna suoritettavien opintojen kurssikuvauksista löytyy yhteyksiä (luonnon-) tieteellisen tiedon luonteeseen (ks. Opettajankoulutuslai-

tos, Jyväskylän Yliopisto, 2012). Ensimmäisenä lukuvuonna suoritettaviksi POM-opinnoiksi on lukuvuonna 2012-2013 tarjottu liitteen 6 mukaisesti kursseja POM11JO Johdanto, POM11KU Kuvataide, POM11MA Matematiikka, POM10MU Musiikki, POM11US Uskonto sekä POM11HY Historia. Johdantokurssin POM11JO eräänä tavoitteena on, että ”opiskelija osaa tunnistaa oppiaineiden poliittisia ja ideologisia sidoksia”. Historiakurssin POM11HY tavoitteiden osalta opiskelijan tulisi oppia ymmärtämään historia ”subjektiivisina ja kollektiivisina merkityksinä”, minkä lisäksi sisällöissä käsitellään muun muassa historiallisen tiedon luonnetta, tiedon tarkastelua kriittisesti eri näkökulmista sekä lähdekriittiseen lukemiseen harjaantumista. Matematiikan kurssin POM11MA eräänä tavoitteena mainitaan matematiikan näkeminen ”toisaalta arkielämän tilanteiden mallintamisena, toisaalta teoreettisena järjestelmänä”, minkä lisäksi sisällöissä käsitellään muun muassa havaintotiedon ja matemaattisen tiedon välistä eroa. Kyseisissä tavoitteissa ja sisällöissä näkyvät tämän tutkimuksen NoS-viitekehyksen mukaisista teemoista erityisesti sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teema mutta myös tiedon varmuutta käsittelevä tentatiivisuuden teema, luonnontieteellisten konstruktioiden merkityksiä käsittelevä tieteellisen teorian ja lain teema sekä tiedon subjektiivisuutta käsittelevät teoriasidonnaisuuden ja ihmislähtöisyyden teemat. Mainittakoon lisäksi, että historiallisen tiedon luonnetta voidaan käsitellä kaikkien seitsemän teeman näkökulmasta. Erityisesti luonnontieteellisen tiedon luonteen tutkimuksessa tarkastellaan luonnontieteellisen toiminnan, tiedon sekä ymmärryksen kehittymistä historiallisesti, joten kyseisen sisällön yhteydessä voivat ilmetä kaikki viitekehyksemme teemat.

Kaiken kaikkiaan luokanopettajakoulutuksen opetussuunnitelma ja opetusohjelma ovat mahdollistaneet monien erilaisten tietämisen tapojen opettamisen ja oppimisen. Ensimmäisen vuoden opintojen kuvauksissa näkyy eksplisiittisiä mainintoja sekä yleistieteellisen että kasvatustieteellisen ja historiallisen mutta ei luonnontieteellisen tiedon luonteesta. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö puhtaasti luonnontieteellisen tiedon luonnetta silti käsiteltäisi. Se voi näkyä opettajasta riippuen hyvinkin voimakkaasti toteutetussa opetussuunnitelmassa eli kurssien toteutuneissa sisällöissä, opetuksen ja oppimisen menetelmissä, kurssikirjallisuudessa, oppimistehävissä sekä yksittäiselle opettajalle ominaisessa vuorovaikutuksessa ja kielenkäytössä, sillä suomalaiselle yliopistokulttuurille on ominaista opettajien suhteellisen laaja ja pedagoginen eli opetuksen toteuttamista koskeva vapaus (Luoto ja Lappalainen, 2006, 47–48). Erityisesti on havaittu, että korkeakoulujen opetussuunnitelma voidaan jakaa kolmeen tasoon,

1. *kirjoitettuun opetussuunnitelmaan*, mikä kuvaa sitä, mitä pitäisi opettaa;
2. *toteutettuun opetussuunnitelmaan*, mikä kuvaa sitä, mitä ja miten todellisuudessa opettaja opettaa kirjoitetun opetussuunnitelman tulkintansa pohjalta; sekä

3. *opittuun opetussuunnitelmaan*, mikä kuvaa sitä, mitä opiskelijat todellisuudessa oppivat.

Nämä kolme tasoa voivat poiketa toisistaan hyvinkin paljon. (emt. 14–15) Kappaleessa 4 nähdään lisäksi, että edellä mainitut opetuksen toteutustavat voivat vaikuttaa voimakkaasti opiskelijoiden ymmärrykseen luonnontieteellisen tiedon luonteesta.

3.2 Kansallisen perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden asettamat vaatimukset

Tarkastellaan seuraavaksi perusopetuksen opetussuunnitelman perusteita 2004 (Opetushallitus, 2004) tähän tutkimukseen valikoituneen NoS-viitekehyksen (ks. kappale 2.2) näkökulmasta.⁸ Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden tehtävä on ohjata perusasteella tapahtuvaa opetusta. Siitä käyvät ilmi opetuksen tavoitteet ja sisällöt, minkä lisäksi siinä käsitellään muitakin opetuksen järjestämiseen liittyviä asioita kuten oppilashuoltoa, erityistä tukea tarvitsevien oppilaiden opetusta sekä arviointia. Perinteisen oppiaineittain laadittujen tavoite- ja sisältöjaottelujen lisäksi opetusta on pyritty eheyttämään erityisin aihekokonaisuuksin. Mainittakoon, että ohjaavuudestaan huolimatta opetussuunnitelma on erityisesti didaktisesti mutta myös pedagogisesti joustava ja vapaamuotoinen (ks. Opetushallitus, 2012, 11–16).

Luokka-asteet 1–4

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden 2004 (Opetushallitus, 2004) mukaan ympäristö- ja luonnontiedon opetus vuosiluokilla 1-4 tukeutuu tutkivaan ja ongelmakeskeiseen lähestymistapaan. Opetussuunnitelman perusteisiin kirjattujen oppiaineiden tavoitteista lähimpänä luonnontieteellisen tiedon luonteen sisältöjä ovat kyseisten luokka-asteiden osalta luonnontieteen metodeihin ja prosesseihin liittyvät tavoitteet, joiden mukaan oppilaiden tulisi oppia muun muassa

- ”hankkimaan tietoa luonnosta ja ympäristöstä havainnoimalla, tutkimalla ja erilaisia lähdeaineistoja käyttämällä”
- ”tekemään havaintoja eri aisteja ja yksinkertaisia tutkimusvälineitä käyttäen sekä kuvailemaan, vertailemaan ja luokittelemaan havaintojaan”
- ”tekemään yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita”.

⁸Tämän Pro Gradu -tutkielman valmistumisen aikoihin 19.9.2014 julkaistiin myös uusien valtakunnallisten perusteiden 2016 (Opetushallitus, 2014) lähes lopullinen luonnosversio, jota vasten luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrystä olisi myös ollut perusteltua tarkastella. Tämä ei kuitenkaan olisi tarkoituksenmukaista, sillä tutkimusjoukon opiskelijat ovat opiskelleet luokanopettajakoulutuksessa vuoden 2004 version pohjalta.

Kyseiset tavoitteet käsittelevät luonnontieteellisiä prosesseja teknisestä, prosessien näkökulmasta eivätkä siten käsittele eksplisiittisesti tämän tutkimuksen viitekehyksen teemojen keskeisiä sisältöjä.

Luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrys on kuitenkin tärkeä osa luonnontieteellistä ymmärrystä (ks. kappaleet 1.1–2.1). Luonnontieteellisen tiedon luonteta on mahdollista käsitellä näidenkin – tai erityisesti näiden – prosessipainotteisten tavoitteiden puitteissa sopivalla opetuksen suunnittelulla ja sopivien tuntiaktiiviteettien avulla. Erityisesti tämän mahdollistaa edellä mainittu opetussuunnitelman didaktinen ja pedagoginen vapaus. Tentatiivisuuden teemaa voidaan käsitellä esimerkiksi uusien havaintojen ollessa poikkeavia aikaisemman tiedon tai ennakkokäsitysten kanssa. Empiirisyyden teemaa voidaan käsitellä esimerkiksi käsittelemällä havaintoa, jonka mukaan esineet putoavat alaspäin: painovoiman vaikutusta ei voida havaita suoraan, joten joudumme tekemään päätelmiä sellaisen olemassaolosta. Teoriasidonnaisuuden ja ihmislähtöisyyden teemoja voitaisiin käsitellä esimerkiksi vertailemalla oppilaiden tekemiä toisistaan eriäviä ennusteita tai päätelmiä ja käsittelemällä niiden syitä (tai edellä mainittua painovoimapäätelmää, joka sekin on oikeastaan ”vain” ihmisen luovuuden ja mielikuvituksen tuotetta). Teorian ja lain teemaa voitaisiin käsitellä havainnoimalla luonnon yhdenmukaisuuksia. Sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teemaa voitaisiin käsitellä esimerkiksi havainnoimalla jätteen vaikutusta luontoon ja eliöihin. Tieteellisen metodin harhaa voitaisiin käsitellä esimerkiksi vertailemalla lukukauden aikana tehtyjä tutkimuksia. Tällaisia selviä yhteyksiä ei kuitenkaan näistä tavoitteista löydy.

Luokka-asteet 5–6

Vuosiluokilla 5–6 ympäristö- ja luonnontiedon opetus eriytyy kahteen osaan – fysiikkaan ja kemiaan sekä maantietoon ja biologiaan. Opetussuunnitelman perusteisiin kirjatuista tavoitteista lähimpänä luonnontieteellisen tiedon luonteen sisältöjä ovat kyseisten luokka-asteiden osalta edelleen luonnontieteen metodeihin ja prosesseihin liittyvät tavoitteet, joiden mukaan oppilaiden tulisi oppia muun muassa

- ”havainnoimaan ja tutkimaan luontoa maastossa”
- ”käyttämään biologialle ominaisia - - tiedonhankinta- ja tutkimusmenetelmiä”
- ”tekemään havaintoja ja mittauksia, etsimään tietoa tutkittavasta kohteesta sekä pohtimaan tiedon luotettavuutta”
- ”tekemään johtopäätöksiä havainnoistaan ja mittauksistaan sekä tunnistamaan luonnonilmiöihin ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyviä syy-seuraussuhteita”
- ”tekemään yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita, joissa selvitetään ilmiöiden, eliöiden, aineiden ja kappaleiden ominaisuuksia sekä niiden välisiä riippuvuuksia”

- ”käyttämään luonnontieteellisen tiedon kuvailemisessa, vertailemisessa ja luokittelussa fysiikan ja kemian alaan kuuluvia käsitteitä”.

Tämän lisäksi oppilaiden tulisi muun muassa oppia ”pohtimaan ihmisten erilaisuuteen ... liittyviä kysymyksiä”.

NoS-viitekehyksen teemat tulevat vuosiluokkien 5–6 sisällöissä ja tavoitteissa vuosiluokkia 1–4 selkeämmin esille. Tentatiivisuuden teema näkyy tiedon luotettavuuden pohdinnassa. Empiirisyyden teema näkyy havaintojen korostumisessa sekä niiden yhteydessä johtopäätöksiin. Teoriasidonnaisuuden teema näkyy tiedonhankinta- ja tutkimusmenetelmissä. Jää kuitenkin epäselväksi, opetellaanko erilaisia menetelmiä vain käyttämään vai vertaillaanko niitä myös, sillä teoriasidonnaisuuden teema käsittelee myös tutkimuskohtaisten menetelmien valikoitumista. Ihmislähtöisyys liittyy luovuutta käsittelevänä teemana lähes kaikkeen, mutta erityisesti se näkyy ihmisten erilaisuuteen liittyvien kysymysten pohdinnassa, tiedon etsinnässä, tiedon luotettavuuden pohdinnoissa sekä johtopäätösten tekemisessä. Sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teema näkyy ihmisten erilaisuuteen liittyvien kysymysten pohdinnoissa. Tieteellisen metodin harha näkyy tiettyjen, tieteenalalle ominaisten tiedonhankinta- ja tutkimusmenetelmien opettelussa sekä siinä, että tavoitteissa ei mainita lainkaan käytettyjen havainnoimis- ja tutkimusmenetelmien luovaa valikoitumista – kaikki kohdat mahdollistavat valitettavasti myös kaavamaisten, ennalta kirjoitettujen ja joustamattomien ohjeistusten mukaisten havainnoimis- ja tutkimusmenetelmien käytön. Tieteellisen teorian ja lain teema näkyy erityisesti maininnoissa riippuvuuksista, syy-seuraussuhteista, käsitteistä sekä havaintojen ja mittausten pohjalta tehtävistä johtopäätöksistä. Luonnontieteellisen lain käsite liittyy juuri näihin asioihin ja olisi erikoista, mikäli tämä keskeinen ja puhekielessäkin yleisesti luonnolain muodossa käytetty käsite jäisi käsittelemättä tässä yhteydessä.

Aihekokonaisuudet

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteista löytyy oppiainekohtaisten sisältöjen ja tavoitteiden lisäksi seitsemän opetusta eheyttävää ja oppiainerajat ylittävää aihekokonaisuutta:

1. Ihmisenä kasvaminen
2. Kulttuuri-identiteetti ja kansainvälisyys
3. Viestintä ja mediataito
4. Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys
5. Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta
6. Turvallisuus ja liikenne
7. Ihminen ja teknologia

Luonnontieteellisen tiedon luonnetta voitaisiin käsitellä näiden kaikkien kokonaisuuksien puitteissa, mutta olemme nyt kiinnostuneita enemmän eksplisiittistä kuin implisiittisistä yhteyksistä⁹. Mainittakoon, että aihekokonaisuuksien käsittely kuuluu jokaiseen oppiaineeseen mukaan lukien luonnontieteelliset oppiaineet. Ainerajat ylittävä opetus on keskeisessä roolissa myös tulevaisuuden opetussuunnitelmauudistuksissa, missä sen tarkoitus on muun muassa ”tukea ihmisenä kasvamista sekä edistää demokraattisen yhteiskunnan jäsenyyden ja kestävästä elämäntavan edellyttämää osaamista” (Opetushallitus, 2014), syventää oppilaiden ymmärrystä opetuksen keskeisistä sisällöistä sekä eheyttää oppiaineittain jaetussa opetuksessa muodostuvaa tieteellistä maailmankuvaa (Council, 2012, 2, 83). Tällainen ajattelu voidaan nähdä myös erityisenä ”kasvatuksena tieteen kautta”¹⁰.

Ihmisenä kasvamisen aihekokonaisuuden tavoitteet käsittelevät muun muassa oman toiminnan eettisyyden arviointia sekä oikean ja väärän tunnistamista sekä toimimista ryhmän ja yhteisön jäsenenä. Sisällöt puolestaan käsittelevät muun muassa luovuutta sekä esteettistä havainnointia ja esteettisten ilmiöiden tulkintaa. Näissä tavoitteissa ja sisällöissä näkyvät NoS-viitekehystä erityisesti sosiokulttuurisen sidonnaisuuden sekä ihmislähtöisyyden (luovuuden ja mielikuvituksen) teemat. Vaikka sisällöt eivät olekaan luonnontieteellisiä, selkeät analogiat ovat havaittavissa: esteettiset havainnot ja erityisesti niistä tehtävät päätelmät ovat voimakkaasti riippuvaisia ympäröivästä kulttuurista sekä sosiaalisista suhteista – oman ryhmän tai yhteisön normeista. Toiminnan eettisyyden määrää samoin ympäristö eli viitekehys. Tämä liittyy ihmisenä kasvamisen aihekokonaisuuden osaltaan myös teoriasidonnaisuuden teemaan.

Kulttuuri-identiteetin ja kansainvälisyyden aihekokonaisuuden tavoitteet käsittelevät oman, suomalaisen, pohjoismaisen sekä eurooppalaisen kulttuuri-identiteetin tuntemusta ja arvostusta, oman kulttuurin juurien ymmärrystä, kulttuuri-identiteetin merkitysten ymmärrystä, muihin kulttuureihin tutustumista sekä niissä ja monikulttuurisissa yhteisöissä toimimista. Sisällöt puolestaan käsittelevät tavoitteita mukailleen omaa kulttuuria (kotiseutu, suomalaisuus, pohjoismaalaisuus ja eurooppalaisuus), muita kulttuureja ja monikulttuurisuutta, ihmisoikeuksia ja ihmisryhmien välisen yhteistyön edellytyksiä, taitoja toimia kansainvälisessä vuorovaikutuksessa sekä tapakulttuurien merkitystä. Näissä tavoitteissa ja sisällöissä näkyy NoS-

⁹Lederman (2006, 312–313) määrittelee eksplisiittisyyden luonnontieteellisen tiedon luonteen näkyväksi tekemisenä. Opetuksessa voidaan hyödyntää esimerkiksi tieteen tai tutkimuksen tekemistä koskevia reflektiivisiä keskusteluita. Erityisesti näiden keskustelujen tulisi olla monipuolisia ja oppijalähtöisiä siten, että luonnontieteellistä tietoa ja sen prosesseja käsiteltäisiin mahdollisimman monista näkökulmista ja käsittelyn lähtökohtana olisivat oppijoiden omat näkemykset tai kokemukset.

¹⁰Erityisesti tieteellisen lukutaidon opettamista ja oppimista luonnontieteellisen tiedon luonteen kautta voidaan pitää tällaisena toimintana, missä painotetaan kasvatusta tieteen kautta eikä toisinpäin (ks. Holbrook ja Rannikmae, 2009).

viitekehyksen teemoista erityisesti sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teema. Vaikka tavoitteet ja sisällöt eivät tämänkään aihekokonaisuuden osalta ole varsinaisesti luonnontieteellisiä, selkeitä yhteyksiä on havaittavissa. Tiedettä ei tehdä kulttuuri-tyhjiössä. Luonnontiedekin on ihmisten toimintaa ja täten sekä kulttuuri että sosiaaliset ympäristöt vuorovaikuttavat luonnontieteellisen tutkimustyön kanssa: mitä tutkitaan, miten tutkitaan, miten havaintoja tulkitaan tai analysoidaan ja mitä tuloksilla tehdään. Erityisesti sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teemaan sisältyvät lisäksi kulttuureille ominaisten ympäristöjen, valtarakententeiden, politiikan, sosioekonomisten rakenteiden sekä filosofoiden ja uskontojen vaikutukset. Mainittakoon myös, että tiedettä tehdään usein nimenomaan kansainvälisessä yhteistyössä ja monikulttuurisissa työympäristöissä.

Viestinnän ja mediataidon aihekokonaisuuden tavoitteet käsittelevät muun muassa tiedonhallintataitojen kehittämistä; tiedon vertailua, valikointia ja hyödyntämistä sekä kriittistä suhtautumista median välittämiin sisältöihin ja niiden välittämiin eettisiin ja esteettisiin arvoihin. Sisällöt puolestaan käsittelevät muun muassa median roolia ja vaikutuksia yhteiskunnassa, median kuvaaman maailman suhdetta todellisuuteen sekä lähdekritiikkiä. Näissä tavoitteissa ja sisällöissä näkyvät NoS-viitekehyksen teemoista tentatiivisuuden ja sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teemat. Vaikka tavoitteet ja sisällöt eivät tämänkään aihekokonaisuuden osalta ole varsinaisesti luonnontieteellisiä, selkeitä yhteyksiä on havaittavissa. Tiedonhallintataitoihin kuuluu keskeisenä osana tiedon totuusarvon ja käytettävyyden arviointi, kriittinen tarkastelu, sekä erilaisten tietolähteiden vertailu. Luonnontieteellisen tiedon luonne voidaan määritellä erityisesti luonnontieteellisenä tapana tietää. Muita tapoja tietää ovat esimerkiksi henkilökohtainen kokemustieto tai uskonnollinen tieto. Lisäksi median antama kuva luonnontieteistä vaikuttaa voimakkaasti siihen, miten suurin osa yhteiskuntaa – ei-luonnontieteilijät – ymmärtävät luonnontieteet, luonnontieteelliset prosessit sekä luonnontieteellisen tiedon (tieteenalana puhutaan tiedeviestinnästä).

Osallistuvan kansalaisuuden ja yrittäjyyden aihekokonaisuuden tavoitteet käsittelevät muun muassa muutosten ja epävarmuuden kohtaamista ja käsittelemistä sekä innovatiivista toimintaa. Sisällöt puolestaan käsittelevät muun muassa demokratian merkitystä yhteisöissä, yhteiskunnallisia osallistumis- ja vaikuttamiskeinoja sekä osallistumista ja vaikuttamista. Vaikka tavoitteet ja sisällöt eivät ole luonnontieteellisiä, niissä näkyvät NoS-viitekehyksen teemoista tentatiivisuuden, ihmislähtöisyyden sekä sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teemat. Luonnontieteellinen tieto ei ole täysin varmaa tietoa. Monesti kuitenkin voi olla käytännöllisempää omaksua tietty varma kanta, kuin hyväksyä ja elää epävarmassa maailmassa. Opettajatkin sortuvat monesti yksinkertaistaessaan asioita antamaan luonnontieteistä kuvan varmana tiedon lähteenä (Scott, 1998; Lemke, 1990). Luonnontieteellinen tieto on toki

havainnoin tuettua mutta ei todistettua. Luonnontieteellisessä tiedossa näkyy myös ihmisten luovuus ja innovatiivisuus, sillä havainnot eivät synny itsestään eivätkä teoriat ja selitykset suinkaan automaattisesti ilmesty havaintomateriaalista. Monenlaisia luonnontieteellisiä tietoja ja taitoja omaavat ihmiset osallistuvat ja vaikuttavat demokraattisessa yhteiskunnassa. Luonnontieteellinen tieto vaikuttaa ihmisiin, heidän tekemiinsä valintoihin, sitoumuksiin ja päätöksiin. Demokraattinen päätöksenteko edellyttää myös luonnontieteellisesti valistuneita yhteisöjen jäseniä.

Ympäristön, hyvinvoinnin ja kestävän tulevaisuuden vastuun aihekokonaisuuden tavoitteet käsittelevät muun muassa ympäristönsuojelun välttämättömyyden, ihmisen hyvinvoinnin sekä niiden välisten yhteyksien ymmärtämistä; ympäristön ja ihmisen hyvinvoinnissa tapahtuvien muutosten havaitsemista sekä siihen liittyvien syiden ja seurausten selvittämistä; globaalin tason hyvinvoinnin uhkien ymmärrystä sekä yksilön valintojen merkitystä tulevaisuudelle. Sisällöt puolestaan käsittelevät muun muassa ekologisesti, taloudellisesti, kulttuurisesti ja sosiaalisesti kestävästä kehityksestä; kestävästä elämäntapasta; omaa kulutuskäyttäytymistä ja kuluttajan vaikuttamiskeinoja sekä toivottavan tulevaisuuden edellyttämiä valintoja. Näissä tavoitteissa ja sisällöissä näkyvän NoS-viitekehyksen teemoista tentatiivisuuden, empiirisyyden sekä sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teemat. Kyetäkseen tekemään tietoisia päätöksiä ympäristön tai oman hyvinvoinnin edistämiseksi, ihmiset tarvitsevat tieteellisesti tutkittua tietoa niihin vaikuttavista asioista. Syy-seuraus-suhteiden on oltava selvillä, sillä arvaamalla jätetään epäonnistumiselle suotta turhan suuri todennäköisyys. Toisaalta kuitenkin on muistettava, että tieteellinenkin tieto ei ole täysin varmaa. Seurauksiin voivat esimerkiksi vaikuttaa monet, osittain tuntemattomatkin syyt joko kumulatiivisesti tai yhteisvaikutuksesta. Erityisesti havaintoihin perustuva päätelmä nykyisestä ja tulevasta ympäristömuutoksesta käsitetään nykyään laajalti vakavana globaalin hyvinvoinnin uhkana, jonka pysäyttämiseksi on kyettävä tekemään tietoisia, oikeansuuntaisia valintoja. Niiden tekemiseksi tarvitaan tieteellistä tietoa globaalin ympäristön syy-seuraus-suhteista.

Turvallisuuden ja liikenteen aihekokonaisuuden tavoitteet käsittelevät muun muassa turvallisuus- ja terveysriskien tunnistamista ja välttämistä sekä turvallista toimintaa liikenteessä. Sisällöt puolestaan käsittelevät muun muassa työturvallisuutta ja ympäristöturvallisuutta; terveyttä, turvallisuutta, väkivallattomuutta ja rauhaa edistäviä toimintamalleja sekä liikenneympäristön turvallisuutta. Tässä aihekokonaisuudessa NoS-viitekehyksen teemat näkyvät heikosti. Liikenneturvallisuuden taustalla on kuitenkin luonnontieteellisin menetelmin tutkittua tietoa. Fysiikan sovelluksista kypärä suojaa päätä, auton etuosa ja runko vaimentavat matkustajaan osuvaa iskua, ABS-jarrut maksimoivat pidon ja niin edelleen. Liiallinen luottamus tieteellisen tiedon varmuuteen ja sen saavutuksiin voi kuitenkin luoda valheellisen turvallisuuden tunteen. Toimintamallit puolestaan ovat lähellä luonnontieteel-

lisiä malleja (vrt. teoria), jotka nekin ovat vain yhdenlaisia tapoja määritellä tai hahmottaa kokonaisuuksia silloin, kun täydellisen syiden ja seurausten kokonaisku-
van hahmottaminen ei onnistu. Aihekokonaisuuden voisi siis ymmärtää liittyvän –
vaikkakin vain heikosti – NoS-viitekehyksen teemoista tentatiivisuuden, ihmislähtöi-
syyden, tieteellisen metodin harhan sekä tieteellisen teorian ja lain teemoihin.

Ihmisen ja teknologian aihekokonaisuuden tavoitteet käsittelevät muun muassa
teknologian ja sen kehittämisen ymmärrystä, kannanottamista teknologisiin valintoi-
hin sekä teknologiaan liittyvien päätösten vaikutusten arviointia tulevaisuuden kan-
nalta. Sisällöt puolestaan käsittelevät muun muassa teknologiaa arkielämässä, tek-
nologian kehitystä ja kehitykseen vaikuttavia tekijöitä, teknologisten ideoiden kehit-
tämistä ja mallintamista sekä teknologiaan liittyviä eettisiä, moraalisia, hyvinvointi-
ja tasa-arvokysymyksiä. Näissä tavoitteissa ja sisällöissä näkyvän NoS-viitekehyksen
teemoista tentatiivisuuden, ihmislähtöisyyden sekä sosiokulttuurisen sidonnaisuuden
teemat. Teknologinen kehitys perustuu suurelta osin luonnontieteellisen tiedon ja
sen kehityksen mukanaan tuomiin sovelluksiin. Innovatiivisuus ja luovuus kuuluvat
oleellisesti näihin molempiin toisiinsa kietoutuneisiin alueisiin: edistysaskeleet toisel-
la alueella johtavat usein edistysaskeliin toisella alueella. Tätä kautta sekä luonnon-
tieteellisen tiedon että sen tutkimusmenetelmien kehitys vaikuttavat voimakkaasti
yhteiskuntaan. Tälläkin hetkellä käydään voimakasta väittelyä erityisesti tieto- ja
viestintäteknologian roolista koulutuksessa. Tämä on kuitenkin vain pieni osa jo tu-
hansia vuosia sitten alkanutta keskustelua teknologian roolista ja mahdollisuuksista
(ks. esim. Nye, 2006 ja Zittel, 2008). Tentatiivisuuden sidos on heikko, mutta luon-
nontieteellisen tiedon ollessa epävarmaa, myös sen sovellusten voi nähdä kärsivän
epävarmuudesta sekä perusteiltaan että toteutukseltaan. Teknologiset innovaatiot
– ihmisen luovuuden tuotokset – voivat perustua rohkeisiin luonnontieteellisiin aja-
tuksiin ja testata näitä ajatuksia. Teknologisten sovellusten toimimattomuus voi olla
merkki myös sen taustalla olevan luonnontieteellisen tiedon virheellisyydestä.

Vaikka aihekokonaisuuksista vain *Ympäristön, hyvinvoinnin ja kestävän tulevai-
suuden vastuun* teema käsittelee eksplisiittisesti luonnontieteitä, kaikenkaikkiaan pe-
rusopetuksen opetussuunnitelmien perusteet 2004 näyttää käsittelevän monin pai-
koin tämän tutkimuksen kannalta keskeisimpiä tieteenfilosofisia – Ledermanin seit-
sikon mukaisia – teemoja. Näistä teemoista korostuivat erityisesti sosiokulttuurisen
sidonnaisuuden, tentatiivisuuden ja ihmislähtöisyyden teemat. Empiirisyyden, tie-
teellisen metodin harhan sekä teorian ja lain teemat olivat esillä vain hyvin hei-
kosti ja teoriasidonnaisuuden teeman mukaisia sisältöjä tai tavoitteita ei havaittu
lainkaan. Toisin sanoen, aihekokonaisuuksien voidaan nähdä vaativan osaltaan luon-
nontieteellisen tiedon yhteisöllisten ja yhteiskunnallisten roolien käsittelyä tavoilla,
jotka käsittelevät myös luonnontieteellisen tiedon varmuutta ja ihmislähtöisyyttä.
Samalla tulisi kuitenkin huomioida myös yhteisöjen ja yhteiskunnan vaikutukset

niiden osana toimivien tiedeyhteisöjen toimintaan.

3.3 Opettajien ja opettajaopiskelijoiden ymmärrys

Perinteisen, oppilaisiin kohdistuneen NoS-tutkimuksen lisäksi kohteena ovat olleet myös opettajat. Tutkimuksen perustana on historiallisesti ollut ajatus siitä, että opettajan tietojen ja taitojen tulee olla riittävän korkealla tasolla, jotta hän kykenisi välittämään niitä myös oppilailleen (Lederman, 2007, 839). Tämä tutkimuksen haara on tietyvästi saanut alkunsa vuonna 1950 tehdystä tutkimuksesta (Anderson, 1950), missä havaittiin opettajilla olevan vakavia väärinkäsityksiä tieteellisen tutkimuksen menetelmistä (Lederman, 2007, 839). Lisäksi kyseisessä tutkimuksessa opettajien pääteltiin pitävän tieteellisten faktojen välittämistä tärkeämpänä kuin tieteellisten prosessien ymmärtämistä (McComas ym., 2002, 10). Lukuisissa muissakin tutkimuksissa on sittemmin havaittu opettajien käsitysten olevan riittämättömällä tasolla (Lederman, 1992, 339–341). Oppilailta on havaittu olevan jopa opettajiaan kehittyneemmät käsitykset (Miller, 1963, ja Schmidt, 1967, Ledermanin, 1992, 340 mukaan). McComas ym. (2002, 10) ovat listanneet havaittuja luonnontieteellisen tiedon luonteen opetukseen liittyviä ongelmakohtia:

- Opettajat epäonnistuvat demonstroimaan, miten tiede toimii (Miller, 1963; Schmidt, 1967)
- Opettajien ymmärrys tieteen filosofiasta kulkee 20-30 vuotta kehityksen jäljessä (Elkana, 1970)
- Opettajat tuovat julki näkemystä, jonka mukaan kaikki tietentekijät ovat tietynlaisia ja omaavat tietynlaisia piirteitä (Cawthron ja Rowell, 1978)
- Opettajat tuovat julki näkemystä, jonka mukaan tieteen edistysaskeleet ja menestys johtuvat erityisen tieteellisen menetelmän käytöstä (Cawthron ja Rowell, 1978)
- Opettajilla on induktivistis-empiristinen käsitys tieteestä (Rowell ja Cawthron, 1982)
- Opettajat eivät ole tietoisia tieteellisen ajattelun sosiaalisista ja kulttuurillisista vaikuttimista (Brush, 1989)
- Luokkahuonekäytäntöjä ja opetussuunnitelmatyötä ohjaa edelleen 1800-luvulta peräisin oleva positivistinen tieteenfilosofian näkemys (DeBoer, 1991)
- Opettajien näkemykset luonnontieteellisen tiedon luonteesta ovat epävarmoja sekä ristiriitaisia (Mellado, 1997)
- Opettajat eivät huomioi luonnontieteellisen tiedon luonnetta opetusta koskevissa suunnitelmissaan (Bell ym., 1997; King, 1991; Lakin ja Wellington, 1994)

Lisäksi on tehty muun muassa seuraavanlaisia aiheeseen liittyviä havaintoja:

- Useimmat opettajat eivät ole saamassaan koulutuksessa käsitelleet tieteen filosofiaa lainkaan. Opettajat, jotka eivät ole perehtyneet luonnontieteellisen tiedon luonteeseen, kokevat vieraiksi sen vaatimat kokeellisuudesta poikkeavat opetusmenetelmät. Lisäksi he kaipaavat valmista aiheeseen liittyvää opetusmateriaalia. (Lakin ja Wellington, 1994)
- Opettajat epäonnistuvat usein tuomaan eksplisiittisesti ilmi opettamiensa tieteellisten ajatusten ja olioiden – mallien, periaatteiden, analogioiden ja esimerkkien – luonnetta. Esimerkiksi kemiallisten sidosten muodostuessa opettajat puhuvat usein atomien *haluavan* tai *tarvitsevan* elektronioktetin. Kyseessä on enemmänkin kielikuva tai muistisääntö kuin sidoksen muodostumisen tieteellinen perustelu. (Taber, 2012).
- Opettajat ovat kokeneet tietämättömyyden tieteen historian ja filosofian suhteen vaikeuttaneen tieteellisten käsitteiden, kuten havaintojen, keksintöjen sekä niiden relevanttiuden, sisällyttämistä opetukseensa. (King, 1991, McComasin ym., 2002, 12 mukaan)
- Opettajat opettavat luonnontieteitä kuin ne olisivat vain listoja ulkoa opeteltavista asioista sekä valmiiden ohjeiden mukaista ongelmanratkaisua. Erityisesti tämä näkyy suurena määränä sisältöjä, jotka käydään läpi opettajakeskeisesti ja nopealla tahdilla. (Tobin ja McRobbie, 1997)
- Opettajat painottavat opetuksessaan pelkkiä sisältötietoja prosessi- ja metatietojen kustannuksella johtuen heidän heikosta koulutustaustastaan tieteenfilosofian, -historian ja -sosiologian suhteen. Edes yli kymmenen vuotta opettaneet ja erityisen teemakoulutuksen käyneet opettajat eivät ole osanneet käsitellä luonnontiedettä tapana tietää, eivätkä he varaa lähes lainkaan aikaa keskustelulle luonnontieteellisen tiedon luonteesta (Gallagher, 1991, Ledermanin 1992, 350 mukaan).
- Opettajan omat näkemykset ja uskomukset luonnontieteellisen tiedon luonteesta näkyvät heidän opetusjärjestelyissään (Waters-Adams, 2006) sekä tavassa viestiä (Craven ym., 2002). Erityisesti opettajien tieteenfilosofisten näkemysten on havaittu vaikuttavan heidän tapoihinsa ohjata kokeellista työkentelyä, hyödyntää demonstraatioita opetuksessa sekä määritellä opetuksensa tavoitteita (Brickhouse, 1989).

Tutkimuskirjallisuuteen vedoten voidaan lisäksi sanoa, että opettajien ymmärrys luonnontieteistä ja luonnontieteellisen tiedon luonteesta on vajaata (Akerson ym., 2006; Craven ym., 2002; Bell ym., 2011; Abd-El-Khalick ja Akerson, 2009; Abell ym., 2001; Mellado, 1997; Khishfe ja Abd-El-Khalick, 2002). Seuraava looginen askel on kysyä, millä tasolla ja kuinka laaja-alainen ymmärryksen sitten pitäisi olla, sillä on täysin epärealistista vaatia opettajia kouluttautumaan muiden opintojensa ohella historioitsijoiksi, sosiologeiksi, filosofeiksi, fyysikoiksi, kemisteiksi tai minkään

muunkaan erityisalan asiantuntijaksi. Yksikäsitteisiä vastauksia tai yhtenäistä mielipidettä ei ole, mutta Matthews (1998, 168–169) mukaan tavoitteena ei tarvitse olla täydellinen tai edes erityisen kompleksinen ymmärrys.

4 Opetus luokanopettajakoulutuksessa

Opetuksen tutkimuksen rinnalla on tutkittu muun muassa opetussuunnitelmien sekä oppikirjojen vaikutuksia luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehittämiseen, mutta jo 1960-luvulla huomattiin opettajien keskeinen rooli. Ei siis riitä, että tarkastellaan ainoastaan opetussuunnitelmia ja niiden sisältöjä. Täytyy myös varmistaa, että opettajilla on riittävät edellytykset opetettavan asian käsittelyyn – erityisesti luonnontieteellisen tiedon luonnetta käsittelevillä tunneilla mutta myös muissa yhteyksissä. Valitettavasti oletus siitä, että opettajien käsitykset, näkemykset ja uskomukset luonnontieteellisen tiedon luonteesta näkyisivät suoraan heidän opetuksessaan ja synnyttäisivät täten korrelaation heidän oppilaidensa käsitysten kanssa, on havaittu virheelliseksi (Mellado, 1997; Duschl ja Wright, 1989; Lederman ja Zeidler, 1987; Lederman, 1999). Toisaalta, opettajien kehittyneiden NoS-käsitysten on havaittu olevan välttämätön vaikkakaan ei vielä riittävä ehto luokahuoneissa tapahtuvan tehokkaan luonnontieteellisen tiedon luonteen opetuksen ja oppimisen kannalta (Brickhouse, 1990; Lederman ja Zeidler, 1987). Joka tapauksessa lienee järkevää lähteä liikkeelle tunnetuista osatekijöistä – tämän tutkimuksen tapauksessa opettajankoulutuksesta ja opettajien ymmärryksen kehittämisestä.

4.1 Perinteiset opetusmenetelmät

Opettajien tai opettajaopiskelijoiden NoS-käsitysten kehittämiseksi on perinteisesti ehdotettu muun muassa luonnontieteiden kurseja, autenttisia tieteellisiä tutkimusprojekteja, opettajankoulutukseen erityisesti suunniteltuja opetusmenetelmiä sekä tieteen historian tai filosofian opetusta (Martin, 1985; McComas ym., 2002, 24, Windschitl, 2003). Schwartz ym. (2004) ovat saaneet hyviä tuloksia myös opettajaopintojen aikaisesta työskentelystä autenttisessa tieteellisessä tutkimusryhmässä. Korrelaatioita korkean luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen tason kanssa on etsitty ristiriitaisin tuloksin myös opintohistorioista. Toisaalta merkittävää yhteyttä ei ole havaittu olevan suoritettujen tiedekurssien määrällä tai keskiarvoilla; ainekohtaisten tietojen hallinnalla; sen kanssa, suuntautuuko opiskelija tutkijaksi vai opettajaksi; tai kokemuksilla tutkijan työstä (Carey ja Stauss, 1968, 1970, Ledermanin 1992, 340–341 mukaan; McComas ym., 2002, 24–26). Toisaalta taas esimerkiksi Firestone ym. (2012) havaitsivat opettajaopiskelijoiden taustan – kokemusten ennen opettajankoulutusta sekä sen aikana – vaikuttavan merkittävästi käsitysten

muodostumiseen. Erityisesti he havaitsivat kehityksen riippuvan koulutusasteesta, pääaineesta, suoritettujen tieteen historian ja filosofian kurssien määrästä ja jopa sukupuolesta.

Vaikuttaa siltä, että opettajat ja opettajaopiskelijat eivät yleensä rakenna luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrystä automaattisesti kursseilla, jotka eivät käsittele sitä suoraan (Bell ym., 2003). Aihetta on ilmeisesti lähestyttävä eksplisiit-
tisesti (Akerson ym., 2000; Abd-El-Khalick ja Lederman, 2000a; Khishfe ja Abd-El-Khalick, 2002; Moss, 2001; Lederman ym., 2012; Abell ym., 2001) sekä käsittelemällä monipuolisesti tieteen historiaa, tieteen filosofiaa ja luonnontieteellisen tiedon luonteen opettamista (Lederman ja Zeidler, 1987). Hyviä kokemuksia NoS-käsitysten kehittämistä on saatu muun muassa tieteen metodikursseista, joiden osana luonnontieteellisen tiedon luonnetta on käsitelty eksplisiittisesti vähintään johdannon verran (Carey ja Stauss, 1968, 1970, McComasin ym. 2002, 12 mukaan). Merkittävää luonnontieteellisen tiedon luonnetta koskevien näkemysten kehitystä on havaittu myös painotettaessa tieteellisten käsitteiden muodostumisen historiaa (Lavach, 1969 McComasin, 2002, 27-28 ja Ledermanin, 1992, 341 mukaan), painotettaessa opettajankoulutuksen menetelmissä tieteen historiallista näkökulmaa (Cooley ja Klopfer, 1963, Ledermanin, 1992, 225 mukaan), suorittamalla tieteen historian tai filosofian opintoja (King, 1991 McComasin ym., 2002, 28 ja Ledermanin 1992, 343-344 mukaan), suorittamalla erillisen luonnontieteellisen tiedon luonteeseen keskittyvän kurssin (Bell ym., 2000; Akindehin, 1988, ja Ogguniyi, 1983, McComasin ym., 2002, 28 mukaan) sekä sisällyttämällä koulutukseen luonnontieteellisen tiedon luonnetta erityisesti käsitteleviä pienimuotoisia tutkimusaktiviteetteja (Kucuk, 2008).

Kaiken kaikkiaan vaikuttaisi siltä, että luonnontieteellisen tiedon luonnetta tulisi lähestyä monipuolisesti eri menetelmin ja eri näkökulmista. Billeh ja Hasan (1975, McComas ym., 2002, 27 mukaan) havaitsivat merkittävää kehitystä kurssilla, joka sisälsi opettamiseen liittyviä luentoja ja demonstraatioita, tutkivaa oppimista painottavia ohjattuja laboratoriotutkimuksia, luentoja luonnontieteellisen tiedon luonteesta sekä tehtäviä liittyen luonnontieteellisiin käsitteisiin ja tutkijoiden työn kuvaan.

Pelkkä tieteen historian tai filosofian kurssin suorittaminen osana opintoja ei hyivistä kokemuksista huolimatta kuitenkaan välttämättä riitä (Lederman, 2006, 311-312). Abd-El-Khalick ja Lederman (2000b) päättelivät omassa tutkimuksessaan pelkän tieteen historian kurssin epäonnistuneen luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehittämisessä neljästä syystä: (1) opiskelijat eivät ymmärtäneet historiallisen kontekstin merkitystä ja tarkastelivat tapahtumia nykyisen tiedon valossa, (2) kurssin yhteydessä ei käsitelty luonnontieteellisen tiedon luonnetta eksplisiit-
tisesti, (3) suurella osalla opiskelijoista oli läpi kurssin muuttumattomana säilyneitä vakavia luonnontieteellisen tiedon luonnetta käsitteleviä virhekäsityksiä ja (4) tie-

teen historian kurssit keskittyvät lähinnä historiallisen tiedon läpikäymiseen.

Tieteen historian käsittelystä voi olla opettajien NoS-ymmärryksen kehittymisen lisäksi kuitenkin muutakin hyötyä. Sen lisäksi, että tieteen historian kautta voidaan opettajaopiskelijoille opettaa tehokkaasti luonnontieteellisen tiedon luonnetta, tieteen historian tuntemuksesta voi olla hyötyä heidän opettaessaan luonnontieteitä edelleen omille oppilailleen. Tieteen alkeelliset selitykset ja teorit muistuttavat läheisesti niitä selityksiä, joita kasvavat lapset ja nuoret rakentavat mielessään. Esimerkkinä voidaan mainita pitkään vallalla ollut aristoteelinen näkemys putoamisesta eli gravitaatiosta: kappaleet putoavat kohti maata, koska niiden luonnollinen paikka on alhaalla. Kehitettäessä oppilaiden käsityksiä voidaan tällöin seurata todellisen tieteen kehitystä alkeellisemmista käsityksistä ja teorioista kohti nykyisiä käsityksiä. Gravitaation tapauksessa voidaan seurata Aristoteleen lisäksi muun muassa Galilein, Newtonin ja Einsteinin pohdintoja. Tämä kuitenkin edellyttää, että opettajilla on tuntemusta esimerkiksi luonnontieteen kehityshistoriasta tai yleisemmin tiedon syntymekanismeista (ks. Matthews, 1994).

McComas ym. (2002, s.29) esittelevät neljä taulukon 2 mukaista, erityisesti opettajankoulutukseen soveltuvaa lähestymistapaa luonnontieteellisen tiedon luonteen opettamiseksi. Lisäksi Lederman (1992, 352) suosittelee vahvasti sekä luonnontieteellisen tiedon luonteen kokonaisuuden muuttuvaisuuden että sen monien muotojen käsittelemistä niin opettajankoulutuksessa kuin peruskoulussa ja sen jälkeisessä koulutuksessa.

Taulukko 2: Lähestymistapoja luonnontieteellisen tiedon luonteen opettamiseen opettajankoulutuksessa (McComas ym., 2002, 29)

Tapa	Lisätietoa
Osana metodikursseja	Luonnontieteellisen tiedon luonteen opetukseen liittyviä sisältöjä sekä pedagogisia lähestymistapoja käsitellään osana tieteen opetusmenetelmien kurssia. Lähestymistapa on opettajaopiskelijoille / opettajille merkityksellinen ja mahdollistaa ammatillisesti hyödyllisten, välittömien yhteyksien luomisen opetussuunnitelmiin sekä pedagogiikkaan.
Osana ainekohtaisia sisältökursseja	Luonnontieteellisen tiedon luonteen opetukseen liittyviä sisältöjä käsitellään osana luonnontieteiden ainekohtaisia (perus- ja aineopinto-) kursseja. Lähestymistapa mahdollistaa selkeiden yhteyksien muodostamisen luonnontieteellisen tiedon luonteen ja sen tieteellisten sovellusten (esimerkkien) välillä. Lisäksi kurssin opettajan toiminta toimii mallina luonnontieteellisen tiedon luonteen pedagogisista lähestymistavoista. Lähestymistavan ongelmat liittyvät korkeakouluopettajien kyvyttömyyteen käsitellä ja opettaa luonnontieteellisen tiedon luonnetta. Lisäksi käsittely ei ole välttämättä tarpeeksi syvällistä mahdollistaakseen opiskelijoiden oman NoS-opetuksen.
Opettajat tutkijoina	Luonnontieteellisen tiedon luonteen opetukseen liittyviä sisältöjä opitaan tekemällä itse luonnontieteellistä tutkimusta. Lähestymistapa antaa opettajille omakohtaisten kokemusten perusteella auktoriteettia puhua siitä, kuinka tiedettä tehdään, sekä opastaa oppilaita heidän omissa tutkimuksissa ja tiedeprojekteissa. Lähestymistavan ongelmana on se, että tekemällä tiedettä opitaan luonnontieteellisen tiedon luonnetta vain hyvin rajallinen määrä. Lisäksi, opettajat eivät välttämättä opi eksplisiittisesti mitään NoS-pedagogiikasta.
Erilliset luonnontieteellisen tiedon luonteen kurssit	Luonnontieteellisen tiedon luonteen opetukseen liittyviä sisältöjä sekä pedagogisia lähestymistapoja käsitellään erillisellä kyseisiin teemoihin keskittyvällä kurssilla. Erillisellä kurssilla voidaan aihetta tarkastella sekä tieteen historia, filosofian, sosiologian että psykologian näkökulmista ja havaita, että kyse ei ole yksittäisen tieteenalan tiedon luonteesta – kyse on laajemmin koko tieteellisen tietojärjestelmän ominaisuuksista. Lähestymistavan keskeinen ongelma on uuden kurssin sisällyttämisessä jo valmiiksi täyteenahdettuihin opetussuunnitelmiin. Erillisen kurssin pelätään usein myös jäävän sisällöltään irtonaiseksi suhteessa tieteellisiin sisältöihin.

Kaiken kaikkiaan, oleellista näyttäisi olevan samanaikainen pedagogisten taitojen ja relevantin pedagogisen sisältötiedon oppiminen sekä kehittyvä asenne luonnontieteellisen tiedon luonnetta kohtaan tärkeänä opetussisältönä ja oppimistavoitteena, joka tulisi huomioida laajasti opetuksen suunnittelussa sekä toteutuksessa (Lederman, 1999). Bell ym. (2000) ehdottavatkin, että opettajaopiskelijoiden tekemissä tuntisuunnitelmissa – erityisesti tavoitteiden ja arvioinnin osalta – tulisi huomioida myös luonnontieteellisen tiedon luonne.

4.2 Tutkiva opetus ja oppiminen

Kokeellisen työskentelyn opetuskäytäntöjen perinteiset ongelmat liittyvät muun muassa liian kaavamaisiin, tarkasti vaihe vaiheelta eteneviin työhajeisiin – toimintaan ilman syvällistä kognitiivista ulottuvuutta. Erityisesti tämä haittaa luonnontieteellisen tiedon luonteen oppimista – painotettaessa enemmän tai vähemmän jo tunnetun tuloksen tuottamista tai tarkkaa ohjeiden noudattamista vääristetään McComasin ym. (2002, 22) mukaan oppilaiden kuvaa luonnontieteellisestä tutkimuksesta luovana ja ihmislähtöisenä toimintana. Tällaista näkemyksiä vääristävää kokeellisen opetuksen muotoa ajavat sekä oppikirjat että opettajat. Muun muassa näihin ongelmiin on tarjottu ratkaisuksi tutkivan opetuksen ja oppimisen mallia sekä opettajankoulutuksessa opetettavana että käytettävänä opetuksen muotona.

Tutkiva opetus ja oppiminen on pedagoginen malli, joka jäljittelee tieteellisen tutkimuksen tekemistä. Tutkivan opetuksen ja oppimisen mallia ei tule sekoittaa ammattitutkijoiden harjoittamaan tieteelliseen tutkimukseen. Toinen on pedagoginen malli, jonka tavoitteena on yksilöllinen oppiminen, ja toinen on ammattitutkijoiden harjoittamaa monimuotoista toimintaa, jonka tarkoituksena on kehittää tietoa maailmasta. Tämän mallin on tarkoitus tarjota konteksti, jonka kautta voidaan oppia sekä tieteellisiä sisältöjä, tekemään tiedettä että ymmärtämään tiedettä (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 1) (vrt. Hodsonin oppimistavoitteiden jaottelu kappaleessa 2.1 sivulla 7). Mallin pohjana oleva tieteellisen tutkimuksen konteksti tarjoaa oppilaille sekä erimerkkejä tieteellisestä toiminnasta että ohjaa omia tutkimuksia: tieteen tekijät muun muassa havainnoivat, osoittavat kiinnostusta, muotoilevat tieteellisiä kysymyksiä, suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksia, keräävät tutkimusaineistoa sekä aistein että niiden teknologisin jatkein, hyödyntävät aikaisempien tutkimusten tuloksia, ehdottavat hypoteeseja, keksivät, vertailevat ja testaavat selityksiä sekä jakavat selityksiään ja havaintojaan, minkä lisäksi he kommunikoivat toiminnastaan myös tiedeyhteisön ulkopuolelle. Tällöin syntyvä uusi tieto vaikuttaa myös muuhun yhteiskunnan jäsenten toimintaan esimerkiksi poliittisen päätöksenteon perustana.

Tutkivaa oppimista voidaan pitää ihmisen luontaisena tapana oppia. Niin lapset kuin aikuisetkin havainnoivat, jäsentävät havaintojaan, luovat uutta havaintojen pohjalta, kehittävät tai hankkivat tarpeen mukaan parempia välineitä mittaamiseen ja havainnoimiseen, ennustavat tapahtumia ympärillään sekä vertaavat lopputulosta aikaisempaan tietoon (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 5). Konstruktivististen oppimisteorioiden ja käsitteellisen muutoksen teorioiden mukaisesti ihmisten aikaisemmat näkemykset ja käsitykset maailmasta muuttuvat ja kehittyvät kognitiivisissa konflikti- tai dissonanssitilanteissa – tehdessään havaintoja ja törmätessään selittämättömän maailman kanssa (Waxer ja Morton, 2012, 585–587; Lehtinen ym., 2007, 125–142). Jean Piaget'n kehityspsykologisen teorian mukaan yksilö pyrkii so-

peutumaan kognitiivisesti sekä fyysiseen että sosiaaliseen ympäristöönsä (Lehtinen ym., 2007, 100–101). Näiden ihmiselle ominaisten toimintamallien pohjalta voidaan nähdä syntyneen tieteellisen tutkimuksen ja – vielä yleisemmin – tieteen (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 5). Mainittakoon, että fyysisen maailman lainalaisuuksista johtuen luonnontieteelliset konstruktiot ovat olleet kaikissa kulttuureissa samankaltaisia (Lehtinen ym., 2007, 101).

Tutkivan oppimisen ja opetuksen malli käsitetään usein virheellisesti. Näiden virheksitysten mukaan muun muassa kaikki sisällöt tulisi opettaa tutkivan opetuksen ja oppimisen menetelmillä, kaikkien tutkailujen tulisi pohjautua oppilaiden omiin kysymyksiin, tutkiva opetus vaatii tietynlaisia opetusvälineitä, kokeelliseen työskentelyyn osallistuminen riittää (jolloin implisiittisen oppimisen ajatus ylikorostuu) ja ainesisältöihin ei tarvitse toiminnan lisäksi erikseen kiinnittää huomiota (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 36). Tutkivan opetuksen ja oppimisen mallin tarkoitus on kuitenkin luoda konteksti, jonka yhteydessä on mahdollista huomioida monipuolisesti erilaisia luonnontieteiden oppimisen tavoitteita ja jonka puitteissa on edelleenkin huomioitava muun muassa oppimista rajoittaviksi havaitut tekijät. Malli joustaa niin oppilaiden kuin opettajienkin tarpeiden mukaan ja mahdollistaa useita erilaisia tilannekohtaisia opetuskäytänteitä. Opettajan tehtävä on sekä johdattaa oppilaat tieteellisen tutkimuksen peruselementteihin sekä auttaa heitä ymmärtämään tutkivaa toimintaansa monista eri näkökulmista (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 14). Erityisesti tutkivan oppimisen ei tule olla ainoa opettajan käyttämä opetusmenetelmä (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 21). Tutkivan opetuksen ja oppimisen malli sisältää oppilaiden ikäluokasta riippumatta viisi osa-aluetta, jotka esittelevät oppilaille monia tieteen tekemiseen liittyviä, tieteelle ominaisia piirteitä samalla, kun käsitellään tieteellisiä käsitteitä (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 24–27):

1. *Oppijat käsittelevät luonnontieteellisiä kysymyksiä:* Luonnontieteellisen tutkimuksen lähtökohtana ovat kysymykset, jotka ovat luonnontieteellisesti tutkittavissa. Usein kohteena ovat luonnossa esiintyvät kappaleet, eliöt ja ilmiöt. Esimerkiksi kysymys elämän tarkoituksesta ei ole luonnontieteellisesti tutkittavissa. Tieteellisesti tutkittavissakin oleva kysymys voi olla kuitenkin huono oppimisen kannalta. Esimerkiksi 1-luokkalaisille kysymys maapallon ilmastosta sadan vuoden kuluttua voi olla liian monitahoinen ja mutkikas. Kysymyksen alkuperällä ei ole merkitystä, mutta erityisesti oppilaiden omia kysymyksiä tulisi nostaa esille, sillä ne ovat heille kaikkein merkityksellisimpiä.
2. *Todistusaineistolle annetaan ensisijainen rooli selitysten muodostamisessa ja arvioimisessa sekä luonnontieteellisiin kysymyksiin vastattaessa:* Tieteelliselle tavalle tietää on ominaista empiiriseen todistusaineistoon tukeutuminen. Tästä syystä tutkijat painottavat tarkan ja kattavat havaintoaineiston keräämistä monin eri keinoin. Merkittävän roolinsa vuoksi havaintoaineistoa on myös tar-

kasteltava kriittisesti. Erityisesti on huomattava, että tieteellinen selitys ei voi perustua empiirisen havaintoaineiston sijaan esimerkiksi huhuille, uskomuksille tai auktoriteetille.

3. *Oppijat muodostavat tieteellisiin kysymyksiin vastauksia, jotka perustuvat todistusaineistoon:* Selitykset ja vastaukset syntyvät loogisesti todistusaineiston pohjalta. Toisin sanoen, selitysten täytyy olla havaintojen mukaisia. Selitykset voivat syntyä monien erilaisten aineiston käsittelymenetelmien tuloksena ja niitä tulee myös tarkastella kriittisesti ja monista eri näkökulmista.
4. *Oppijat arvioivat selityksiään vasten vaihtoehtoisia tieteellisiä selityksiä:* Selityksiä ja vastauksia arvioidaan ja mahdollisesti hylätään. Selitystä arvioidaan esimerkiksi kysymällä, tukeeko todistusaineisto selitystä, vastaako selitys alkuperäiseen kysymykseen, onko päättelyketjussa ilmeisiä ongelmakohtia, tai voiko saman aineiston pohjalta syntyä muunkinlaisia selityksiä. Tavoitteena on, että oppilaat saavuttaisivat itse selityksen, joka olisi myös nykyisen tieteellisen käsityksen mukainen.
5. *Oppijat kommunikoivat ja perustelevat selityksiään:* Tutkimuksen tulee olla toistettavissa vastaavin tuloksin. Tämä edellyttää selkeää esitystä kysymyksestä, menetelmästä, havainto- tai todistusaineistosta sekä mahdollisista ja todennäköisimmistä vastauksista tai selityksistä. Tällöin myös muilla on mahdollisuus tarkastella tutkimusta ja oppia esittämällä kysymyksiä, tarkastelemalla havainto- tai todistusaineistoa, etsimällä päättelyn heikkoja kohtia ja ehdottamalla vaihtoehtoisia vastauksia ja selityksiä. Tällöin muut pääsevät osalliseksi tutkitusta tiedosta ja siihen johtaneista prosesseista sekä voivat kehittää kriittisen ajattelun taitoja.

Sen, miten nämä osa-alueet tarkalleen ottaen näkyvät opetuksessa, päättää kulloinkin opetuksesta vastaava opettaja. Opettaja tuntee parhaiten oppilaidensa tieto- ja taitotason ja pystyy täten ammattitaitoaan hyödyntäen räätälöimään ryhmälleen sopivia tutkivan opetuksen ja oppimisen mukaisia aktiviteetteja. Kyseisten aktiviteettien ei myöskään aina tarvitse sisältää kaikkia edellä lueteltuja osa-alueita. Eri tasoisia toiminnan muotoja on esitelty taulukossa 3, minkä lisäksi erilaiset opetusmallit etenevät monesti vaiheittain (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 5):

1. Oppilaat käsittelevät luonnontieteellistä kysymystä, tapahtumaa tai ilmiötä, joka yhdistyy heidän aikaisempaan tietoon, on ristiriidassa heidän omien ajatustensa kanssa ja/tai motivoi heitä ottamaan selvää asiasta.
2. Oppilaat tutkailevat ideoita kokeellisin menetelmin, muodostavat ja testaavat hypoteeseja, ratkaisevat ongelmia ja luovat selityksiä havainnoilleen.
3. Oppilaat analysoivat ja tulkitsevat tutkimusaineistoa, muodostavat ajatuksia, rakentavat malleja sekä selventävät käsitteiden merkityksiä ja selityksiä opettajan tai muun tietolähteen kanssa.

4. Oppilaat ulkoistavat oppimiaan tietoja ja taitoja soveltamalla niitä uusiin tilanteisiin.
5. Oppilaat tarkastelevat ja arvioivat opettajansa kanssa oppimaansa ja sitä, miten he ovat sen oppineet.

Tutkivan opetuksen ja oppimisen konteksti mahdollistaa ja osittain jopa edellyttää ja tuottaa automaattisesti monia hyvän oppimisympäristön piirteitä. Erityisen tehokasta luonnontieteellisen tiedon luonteen oppimista on havaittu oppimisympäristöissä, joissa on paljon tutkivaa kuulustelua ja keskustelua, oppilaiden aktiivista osallistumista ongelmanratkaisuaktiiviteetteihin, opettaja-oppilas-vuorovaikutusta sekä toisaalta erityisen vähäinen määrä itsenäistä paikkatyöskentelyä ja ulkoa opetettua. Lisäksi tehokkaiden opettajien on havaittu luovan oppimista erityisesti tukevan, oppilaita tukevan, miellyttävän, ystävällisen ja riskittömän oppimisilmapiirin vaatimalla analyttistä ajattelua, kertomalla anekdootteja, käyttämällä huumoria sekä poikkeamalla ajoittain vähän aiheestakin. (Lederman, 1986) Kriittistä ajattelua vaativien kysymysten on erityisesti havaittu vaikuttavan kehittyneiden NOS-käsitysten muodostumiseen (Lederman, 1992, 338-339).

Luonnontieteellisen tiedon luonne tutkivan opetuksen ja oppimisen mallissa

Tutkivan opetuksen ja oppimisen malli ja luonnontieteellisen tiedon luonteen opetus liittyvät läheisesti toisiinsa. Historiallisesti ne perustuvat samoihin ajatuksiin: 1900-luvun alussa kritisoitiin tieteen opetuksen keskittymistä ainoastaan tieteellisen tiedon välittämiseen ja kuvaan tieteestä pelkkinä tuloksina, tietosisältöinä (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 14). Luonnontieteellisen tiedon luonne voidaan jopa määrittellä tutkivan opetuksen ja oppimisen mallin kontekstin eli luonnontieteellisen tutkimuksen kautta: luonnontieteellisen tiedon luonteella tarkoitetaan tiedettä tapana tietää ja niitä luonnontieteellisen tiedon luonteenpiirteitä, jotka ovat seurausta luonnontieteellisen tiedon syntytaivoista (Lederman ym., 2012, 125). Myöskään tutkivan opetuksen ja oppimisen keskiössä ei ole ainoastaan se, mitä tiedämme, vaan myös miksi ja miten tiedämme (vrt. luonnontieteellisen tiedon luonteen kehitys oppimistavoitteena kappaleessa (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 6) 2.1 sivulla 7). Flickin ja Ledermanin (2006, ix) mukaan tutkivan opetuksen ja oppimisen tavoitteena on sekä oppia tekemään tiedettä (ability to do scientific processes) että ymmärtämään tieteen tekemistä (knowledge about these processes) eli kehittämään tuntemusta luonnontieteellisen tiedon luonteesta (knowledge about - - the nature of science itself)¹¹.

¹¹Suomennos on hankala, sillä englanninkielessä käytetään termejä *inquiry* ja *inquiry-based teaching and learning* usein synonyymeina. Tässä yhteydessä termillä *inquiry* oli tarkoitettu sekä tutkivaa opetusta ja oppimista *että* sen taustalla olevaa ideologiaa

Taulukko 3: Tutkivan opetuksen ja oppimisen muotoja (Loucks-Horsley ja Olson, 2000, 29, suomennettu). Itseohjautuvuuden määrä on suurin vasemmanpuolimmaisessa sarakkeessa vähentyen oikealle päin. Ulkopuolisen ohjauksen määrä on luonnollisesti pienin vasemmanpuolimmaisessa sarakkeessa lisääntyen oikealle mentäessä.

Osa-alue	Muodot			
Oppijat käsittelevät luonnon-tieteellisiä kysymyksiä	Oppija esittää kysymyksen	Oppija valitsee yhden annetuista kysymyksistä ja ehdottaa itse uusia	Oppija tarkentaa emmalta saatua kysymystä	Oppija saa valmiin kysymyksen
Todistusaineistolle annetaan ensisijainen rooli selitysten muodostamisessa ja arvioimisessa sekä luonnontieteellisiin kysymyksiin vastaattaessa	Oppija päättää, millaista todistusaineistoa hän tarvitsee ja kerää sitä	Oppija on ohjattu keräämään tietynlaista todistusaineistoa	Oppijalle annetaan valmis aineisto analysoitavaksi	Oppijalle annetaan valmis aineisto ja häntä ohjataan analysoimaan se tietyllä tavalla
Oppijat muodostavat tieteellisiin kysymyksiin vastauksia, jotka perustuvat todistusaineistoon	Oppija muodostaa vastauksen/selityksen todistusaineiston pohjalta itsenäisesti	Oppijaa ohjataan vastauksen/selityksen muodostamisessa todistusaineiston pohjalta	Oppijalle ehdotetaan tapoja vastauksen/selityksen muodostamiseksi aineiston pohjalta	Oppijalle annetaan todistusaineisto sekä kerrotaan, kuinka siitä päädytään selitykseen/vastaukseen
Oppijat arvioivat selityksiään suhteessa vaihtoehtoisiin tieteellisiin selityksiin	Oppija tarkastelee itsenäisesti muita tiedonlähteitä ja yhdistää muuta tietoa vastauksiinsa/selityksiinsä	Oppija ohjataan etsimään tieteellistä tietoa tietolähteistä	Oppijalle osoitetaan yhteyksiä muuhun tietoon	
Oppijat kommunikoiivat ja perustelevat selityksiään	Oppija viestii työstään sekä sen tuloksista selkeästi ja loogisesti perustellen	Oppijaa ohjataan kehittämään viestintäänsä	Oppijalle tarjotaan väljiä työkaluja, joiden avulla kehittää viestintäänsä	Oppijalle annetaan selkeitä vaihe vaiheelta eteneviä ohjeita viestinnän kehittämiseksi

Tutkivan opetuksen ja oppimisen mukainen tieteen tekeminen ja toiminnan reflektointi tarjoavat oppijoille mahdollisuuksia oppia sekä tekemään tutkimusta että ymmärtämään tutkimusta ja luonnontieteellistä tietoa (Flick ja Lederman, 2006, x). Samalla opettajalle tarjoutuu tilaisuuksia käsitellä oppimisen tavoitteita oppilaidensa kanssa parhaaksi näkemässään järjestyksessä, parhaaksi näkemällään tavalla ja parhaaksi näkemällään tasolla. Erityisesti opettajalle tarjoutuu tilaisuuksia käsitellä luonnontiedettä ja sen tekemistä eri näkökulmista, joihin sisältyvät niin historiallinen, filosofinen, sosiologinen kuin psykologinenkin (vrt. luonnontieteellisen tiedon luonteen määritelmä, kappale 2, sivu 6).

Opettajien toiminnallinen luonnontieteellisen tiedon luonteen ja tutkivan oppimisen ymmärrys ovat luonnollisesti edellytyksenä niitä korostavien opetussuunnitelmauudistusten toteutumiselle ja menestymiselle (Lederman, 2006, 303). Opettaja, joka ei tunne tai ymmärrä luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja tutkivan opetuksen ja oppimisen mallia, voi tuskin ottaa niitä ainakaan tietoisesti huomioon omassa opetuksessaan. Suunnitelmien toteutumista ei voi jättää sattuman varaan. Tutkivan opetuksen ja oppimisen mukaisten menetelmien käytön on havaittu liittyvän useissa tutkimuksissa luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehitykseen (Lederman, 1986; Haukoos ja Penick, 1983). Abellin ym. (2006, 196–197) mukaan tutkiva tieteen ja tieteen opettamisen opetus tarjoavat opettajille ja opettajaopiskelijoille mahdollisuuksia omaksua tieteellisen tiedon ominaisuuksia sekä siihen liittyvää kielenkäyttöä. Ledermanin (2006, 302) mukaan luonnontieteellisen tiedon luonteen opettaminen tutkivan opetuksen ja oppimisen kontekstissa voi olla hyvinkin merkittävä uudistus näiden vähälle huomiolle jääneiden mutta tiedekulttuurille tärkeiden puolien opetuksessa. Hän korostaa myös tarkkaa luonnontieteellisen tiedon luonteen mukaista kielenkäyttöä tutkivan opetuksen ja oppimisen kontekstissa. Lederman ym. (2012) ovat käyttäneet luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja tutkivaa oppimista painottavaa (NoS/SI-) kurssia opettajankoulutuksessa menestyksekkäästi havaiten vaikutuksia jopa ohjelmaan osallistuneiden opettajien oppilaiden ymmärryksessä. Muun muassa Kucuk (2008) on käyttänyt menestyksekkäästi Ledermanin ja Abd-El-Khalickin (1998) suunnittelemaa tutkivan oppimisen mukaisia luonnontieteellisen tiedon luonnetta opettavia oppimistehtäviä. Saman tyyppisiä tehtäviä on käytetty tämän tutkimuksen opetusinterventiossa.

5 Tutkimusmenetelmät ja -aineisto

Noin viikon mittainen aineistonhankinta eteni karkeasti ottaen siten, että tutkimusjoukkona olevat luokanopettajaopiskelijat vastasivat aluksi luonnontieteellisen tiedon luonteen käsityksiä kartoittavaan avoimeen kyselyyn, minkä jälkeen he suorittivat tutkimusta varten suunnitellut kaksi tutkivan oppimisen mukaista työtä. Lo-

puksi kysely suoritettiin uudelleen mahdollisten käsitysmuutosten havaitsemiseksi. Tässä kappaleessa tarkastellaan tutkimusmenetelmiä tarkemmin.

5.1 Aineiston hankinta

Tutkimusjoukko koostui Jyväskylän Yliopistossa opiskelevista luokanopettajaopiskelijoista. Tutkimukseen osallistuminen tapahtui toisen opiskeluvuoden alussa lukuvuoden 2013-2014 syksyllä osana kurssia *POM11YL Ympäristö- ja luonnontieto*, joka kuuluu perusasteella opetettaviin monialaisiin (POM-) opintoihin. Kyseisissä opinnoissa perehdytään useiden eri opetusaineiden pedagogiikkaan – mukaanlukien luonnontieteet. Opetusryhmään osallistui kuusitoista opiskelijaa, joista kymmenen henkilöä suoritti kaikki tämän interventiotutkimuksen kannalta keskeiset vaiheet – alkukyselyn, intervention sekä loppukyselyn (A. Lindell, henkilökohtainen tiedonanto, 28.11.2013). Tutkimuksessa oletetaan, että intervention lisäksi muut tekijät eivät vaikuta opiskelijoiden luonnontieteellisen tiedon luonnetta koskevan ymmärryksen kehitykseen, sillä alku- ja loppukyselyn väli oli ajallisesti vain viikon mittainen. Alkukyselylomakkeen kysymysten synnyttämää itsenäisen tai jaetun pohdinnan vaikutuksia ei luonnollisesti voida sulkea pois. Allekirjoittanut ei henkilökohtaisesti osallistunut aineiston hankintaan.

5.2 Alku- ja loppukysely – VNOS-B

Interventiotutkimuksessa analyysin kohteena ovat ennen interventiota sekä jälkeen tehdyt mittaukset ja mittaustuloksissa havaittavat muutokset. Luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen mittaamiseksi on vuosikymmenien saatossa luotu monia erilaisia kysely- ja haastattelumalleja, joiden validiteettia ja reliabiliteettia on jo valmiiksi arvioitu¹². Tässä tutkimuksessa käytetyn mallin pohjana on Abd El Khalickin ym. (1998) suunnittelema avoin kyselylomake *Views of Nature of Science Questionnaire – Form B*, joka tunnetaan yleisesti myös lyhenteen *VNOS-B* muodossa. Suomenkielistä tutkimusjoukkoa varten lomake käännettiin suomeksi jättäen esille myös alkuperäiset, englanninkieliset kysymykset (ks. Liite 2).

Tutkimuksessa käytetyn tutkimusinstrumentin – VNOS-B -lomakkeen – valintaa puolsivat monet asiat. Ensinnäkin, instrumenttia on käytetty ongelmitta lukuisissa tutkimuksissa perusasteen opettajiksi opiskelevien NoS-käsitysten mittaamiseksi (esim. Akerson ym., 2006; Bell ym., 2011; Akerson ym., 2010). Toisekseen, kyseisen instrumentin on havaittu olevan herkkä NoS-käsityksissä tapahtuvien muutosten suhteen (Lederman ym., 2002b). Tässä tutkimuksessa pyrittiin erityisesti havaitsemaan kokeellisen intervention seurauksena tapahtuvia pieniäkin muutoksia mahdollisesti puutteellisissa, hajanaisissa tai virheellisissä näkemyksissä ja käsityksissä.

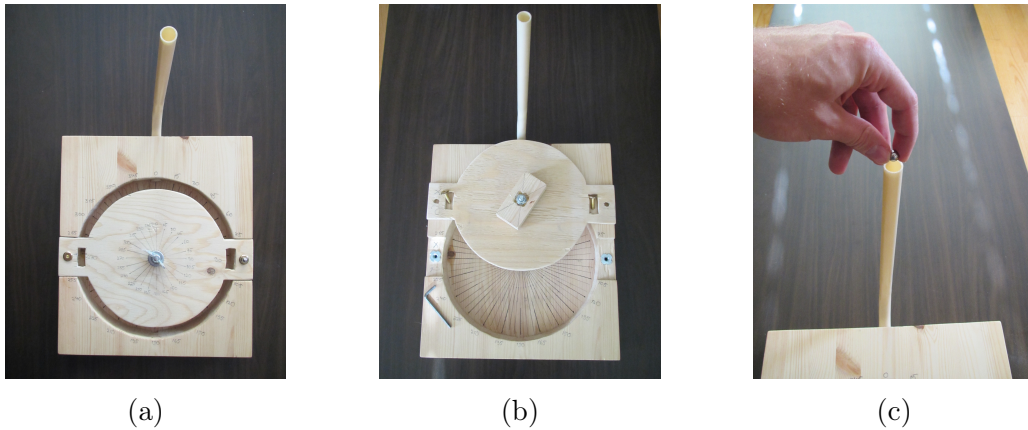
¹²Näitä malleja on esitelty tarkemmin muun muassa Lederman (2007, 861–867)

Kolmanneksi, instrumentti tarjoaa valmiiksi rajatun ja jäsennellyn viitekehyksen (ks. kappale 2.2), jota vasten tutkittavien vastauksia voidaan tarkastella. Neljänneksi, instrumentin validiteettia on valmiiksi arvioitu ja vahvistettu useiden tutkimusten yhteydessä (ks. Lederman ym., 2002b, 504–508). Instrumentin validiteetin tai herkkyyden oletettiin säilyneen suomennoksissa. Suomalaiset opiskelijat hallitsevat englanninkielen pääsääntöisesti hyvin, joten myös alkuperäiset, englanninkieliset kysymykset jätettiin näkyviin mahdollisten suomennosepäkohtien varalta.

Kyselylomaketta ei ole käytetty aikaisemmin täsmälleen tämän tutkimuksen tavoin – samassa kulttuurissa, vastaavanlaiseen tutkimusjoukkoon ja täsmälleen samoin analysoituna. Erityisen poikkeavaa oli instrumentin laatijoiden voimakkaasti suosittelujen jälkihaastattelujen valitettava puuttuminen sekä tapa, jolla kyselyvastaukset analysoitiin. Tutkimusinstrumentin tuottaman aineiston analysointi instrumentin laatijoiden aikaisempien tutkimusten mukaisella tavalla – arvioimalla ymmärryksen olevan karkeasti ottaen riittävällä tai riittämättömällä tasolla – ei olisi välttämättä tuonut esiin muutoksia NoS-käsityksissä. Tästä syystä analyysi päädyttiin tekemään tavalla, jota kuvaillaan tarkemmin kappaleessa 6.

5.3 Interventio

Interventio oli poikkeuksellisen pienimuotoinen (vrt. esim. Akerson ja Hanuscin, 2007; Gess-Newsome, 2002; Akerson ym., 2007; Bell ym., 2000; Schwartz ym., 2004). Kurssin POM11YL kontaktiopetuksen määrä oli minimoitu noin kuuteen tuntiin opintopistettä kohden, joten opetusinterventio jouduttiin toteuttamaan kolmen opitunnin puitteissa (A. Lindell, henkilökohtainen tiedonanto). Interventio koostui kahdesta tutkivan oppimisen mukaisesta työstä, joita kutsutaan tässä tutkimuksessa nimillä *Fortuna* ja *Reikäkortti*. Töiden tarkoituksena oli sekä kehittää luokanopettajaopiskelijoiden ymmärrystä luonnontieteellisen tiedon luonteesta että esitellä heille luonnontieteiden tutkivia opetusmenetelmiä. Opettajaohjaus pyrittiin pitämään intervention aikana mahdollisimman vähäisenä ja opiskelijoilla oli käytössään ainoastaan kirjalliset töiden ohjeet työkorttien muodossa (ks. Liitteet 3 ja 4) sekä lupa tehdä kysymyksiä aiheesta. Työskentelyä seurannut opettaja vastasi opiskelijoiden kysymyksiin oman harkintansa mukaan pyrkien minimoimaan oman roolinsa tehtävien suorittamisessa – pääasiallisesti hän vastasi vain käytännön asioihin liittyviin kysymyksiin. (A. Lindell, henkilökohtainen tiedonanto) Interventiot voidaan pitää eksplisiittisenä, sillä kirjallisten ohjeiden tehtävät oli suunniteltu erityisesti luonnontieteellisen tiedon luonnetta ilmentäviksi ja käsitteleviksi. Lisäksi tutkimukset oli suunniteltu siten, että ymmärrys ei jäisi tekemisen jalkoihin.



Kuva 1: Fortuna-työn laitteisto koostuu (a ja b) pohjasta, jossa näköesteen alla on piilotettuna kappale, jonka ominaisuuksia tutkitaan (c) kiihdyttämällä ja törmäyttämällä siihen pieniä metallikuulia ja havainnoimalla pääasiallisesti kuulien kimpoamissuuntia.

5.3.1 Fortuna -työ

Fortuna-työn laitteisto koostuu kuvien 1a, 1b ja 1c mukaisesti isommasta pohjasta sekä halkaisijaltaan seitsemän millimetrin metallikuulista. Työn tarkoituksena on selvittää asioita näköesteen takana piilossa olevasta kappaleesta. Tämän tapaisia ”mustia laatikoita” käytetään usein tutkivassa opetuksessa ja oppimisessa. Atomit ovat olleet erityisiä mustia laatikoita ja työn taustalla onkin vaikuttanut ajatus atomitutkimuksen havainnollistamisesta makrotasolla. Erityisesti ajatuksissa on ollut Ernest Rutherfordin vuonna 1090 johtama koe, missä testattiin senaikaisista atomimallia pommittamalla ohutta kultakalvoa alfa-hiukkasilla.¹³ Työn suorittamista ohjattiin Anssi Lindellin laatimalla työkortilla (ks. Liite 3), joka on suunniteltu käymään eksplisiittisesti läpi kaikki tähän tutkimukseen valikoituneen NoS-viitekehyksen teemat. Työkortin ohjeissa pyydettiin pohtimaan tutkimuskysymystä ja mahdollisia menetelmiä vastausten saamiseksi, keksimään ja pohtimaan toteutuskelpoisia tutkimusasetelmia, esittämään ja tulkitsemaan tuloksia, käsittelemään tieteellisen lain ja teorian käsitteitä tämän työn kontekstissa, pohtimaan ja testaamaan virhelähteitä; sekä pohtimaan mielikuvituksen ja luovuuden roolia tässä työssä.

5.3.2 Reikäkortti -työ

Reikäkortti -työn laitteisto koostuu pelkästään pahvin palasesta ja kynästä. Työssä tehdään pahviin jokin kuvio reiättämällä, minkä jälkeen tämä ”reikäkortti” annetaan muille ryhmän jäsenille pelkän tuntoaistin avulla analysoitavaksi. Reikäkorttia ei siis saa katsoa. Sen sijaan kuvio pyritään saamaan selville sormin tunnustelemal-

¹³Coloradon yliopiston PhET-projektissa on havaittu kehitetyn vastaavantyyppinen, vetyatomin malleja vertaileva interaktiivinen opetussimulaatio nimeltään *Vety-ytimen malleja* (<https://phet.colorado.edu/fi/simulation/hydrogen-atom>).



Kuva 2: Esimerkki Reikäkortti-työssä tuotettavasta ja tutkittavasta kortista

la. Kuvio voi olla esimerkiksi tähti, kolmio, kuu tai hymynaama (ks. kuva 2). Työn tarkoituksena on erityisesti demonstroida havaintojen subjektiivisuutta ja mittalaitteiston havaintokyvyn rajoitteista johtuvaa tiedon epävarmuutta. Työn suorittamista ohjattiin Jyväskylän Yliopiston opettajankoulutuslaitoksen lehtorin Anssi Lindellin suunnittelemalla työkortilla (ks. Liite 4), joka perustuu Purduen yliopistossa osana kansallista opetuksen ja oppimisen NCTL-projektia kehitettyyn atomivoimamikroskopian opetusinterventioon (A. Lindell, henkilökohtainen tiedonanto). Työkortin avulla pyrittiin käymään läpi useita tähän tutkimukseen valikoituneita NoS-viitekehyksen teemoja. Tämän tutkimuksen viitekehyksen kannalta olennaisia teemoja ovat teoriasidonnaisuus, ihmislähtöisyys sekä sosiokulttuurinen sidonnaisuus. Kysymykset käsittelivät luovuutta; tieteen, taiteen ja teknologian välisiä suhteita; tutkimusmenetelmien moninaisuutta; tulosten epävarmuutta, muuttuvuutta, tulkinnanvaraisuutta ja riippuvuutta tutkijasta; ”näkymättömän” (esimerkiksi atomin) tutkimista; sekä mielikuvituksen roolia tässä työssä.

6 Analyysi

6.1 Analyysin lähtökohdat

Tässä tutkimuksessa on analysoitu ainoastaan alku- ja loppukyselyjen vastaukset.¹⁴ Kyselyvastausten avulla pyrittiin selvittämään, millaisia ja millä tasolla luokanopet-

¹⁴Muita samassa yhteydessä tuotettuja mahdollisesti analysoitavia aineistoja olisivat olleet (1) tutkittavien vastaukset kysymykseen, missä kysyttiin tärkeimpiä töiden teon yhteydessä opittuja asioita, (2) kokeellisiin töihin liittyneet työkortit sekä (3) alunperin Nott ja Wellington (2002) laatiman ja Itä-Suomen Yliopiston lehtorin dosentti Kari Sormusen suomentaman tutkimusinstrumentin mukaiset NoS-profiilit. Vaikka näiden materiaalien avulla luultavasti saataisiin parannettua tämän tutkimuksen tulosten luotettavuutta, päätettiin tutkimus rajata valittuun aineistoon.

tajaopiskelijoiden näkemykset luonnontieteellisen tiedon luonteesta ovat sekä ennen interventiota että sen jälkeen. Vastausten perusteella jokaisen koehenkilön vastauksista luotiin NoS-viitekehyksen teemojen mukaisesti jaotellut alku- ja loppuprofiilit. Profilointi tehtiin käyttäen taulukon 4 mukaisia luokkia ja merkintöjä. Kyseisten ”päämerkintöjen” lisäksi on käytetty merkintää MX, mikä tarkoittaa sitä, että tutkittava esittää samaan NoS-teemaan liittyen sekä sopusointuisia että ristiriitaisia väitteitä. Tyypillisessä tapauksessa merkintä M seuraa siitä, että tutkittava ei ole kirjoittanut tarpeeksi eksplisiittisesti tai ylipäättään tarpeeksi, jotta analyysin olisi voinut tehdä suuntaan tai toiseen.

Taulukko 4: Analyysissa käytetyt profiilit

Profiili	Merkintä	Merkitys
Sopusoinnussa	S	Tutkittavan vastausten perusteella hänen näkemyksensä on <i>sopusoinnussa</i> viitekehyksen teeman kanssa. Lisäksi vastauksista tulee käydä ilmi hänen sopusointuinen näkemyksensä. Tyhjä vastauslomake ei siis tarkoita tässä tapauksessa sopusointua, vaikka ristiriitoja ei olekaan.
Ristiriidassa	R	Tutkittavan vastausten perusteella hänen näkemyksensä on <i>ristiriidassa</i> viitekehyksen teeman kanssa. Tutkittavan esittämistä väitteistä yksi tai useampi on ristiriidassa viitekehyksen kanssa.
Mahdoton sanoa	M	Tutkittavan vastausten perusteella on <i>mahdotonta sanoa</i> , onko hänen näkemyksensä sopusoinnussa tai ristiriitainen viitekehyksen teeman kanssa.
Sisäisesti ristiriitainen	X	Tutkittavan vastaukset olivat <i>sisäisesti ristiriitaisia</i> viitekehyksen teeman suhteen. Esimerkiksi ensimmäisen kysymyksen vastauksen sisältö voi olla ristiriidassa jonkin toisen kysymyksen vastauksen sisällön kanssa.

6.2 Profilointi

Analyysi tehtiin vertaamalla opiskelijoiden vastauksia Ledermanin ym. (2002b) alkuperäisiin englanninkielisiin NoS-teemojen määritelmiin. Korostettakoon, että analyysi tehtiin verraten vastauksia suoraan niihin ja että suomennoksia ei ole käytetty missään tutkimuksen vaiheessa. Kullekin opiskelijalle laadittiin jokaisen viitekehyksen teeman suhteen lyhyesti perusteltu profiili.

Analyysi sisälsi kaksi kierrosta. Tällä käytännöllä pyrittiin minimoimaan analyysin laatijan kokemuksen puutteesta johtuvaa mahdollista profiloititulosvaihte-

lua sekä mahdollistamaan muiden mahdollisesti vastaan tulevien ongelmatilanteiden käsittely. Teemakohtaisen analyysin edetessä havaittiinkin muutoksia sen suhteen, millä tavalla analyysin suorittaja käsitti toisaalta viitekehyksen teemojen sisällöt mutta myös opiskelijoiden vastaukset. Esimerkiksi ensimmäisellä kierroksella annettiin myös alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen merkintöjä RX, jos vastauskoko- naisuuden sisältö oli teemakohtaisesti sekä ristiriidassa viitekehyksen teeman ku- vauksen kanssa sekä sisäisesti ristiriitainen. Ensimmäisen kierroksen jälkeen profiili- luokkia selvennettiin ja kaikki RX-profiilit jakautuivat toisella kierroksella helposti luokkiin R (selkeästi ristiriidassa viitekehyksen kanssa), M (mahdoton sanaa mo- nitulkintaisuudesta tai vastauksen sisällöttömyydestä johtuen) tai MX (mahdoton sanaa sisällön sisäisestä ristiriitaisuudesta johtuen). Kaksi kierrosta sisältänyt ana- lyysi havaittiin tarpeelliseksi, sillä ensimmäisen kierroksen jälkeen analyysimenetel- mää jouduttiin muokkaamaan selkeämmäksi ja kattavammin erilaiset vastaustyypit huomioivaksi.

Ensimmäisellä kierroksella luotiin profiili kunkin NoS-teeman suhteen lähtien liikkeelle koehenkilöstä 1 ja päätyen koehenkilöön 10, minkä jälkeen siirryttiin seu- raavaan teemaan ja profiloiden taas vastaavassa järjestyksessä. Toisella kierroksella profilointi tehtiin teemojen suhteen vastaavassa järjestyksessä (sama kuin teemo- jen esittelyjärjestys tässä tutkielmassa), mutta koehenkilöittäin järjestys oli koehen- kilöstä 10 koehenkilöön 1. Myös toisella kierroksella jokaisen luokittelun yhteyteen kirjattiin lyhyet perustelut. Mikäli luokittelu muuttui ensimmäiseen kierrokseen ver- rattuna, esitettiin kommentteissa perustelut osittain suhteessa ensimmäisen kierrok- sen perusteluihin. Analyysissa hyödynnettiin siis analysoijan reflektiota siten, että ensimmäisen kierroksen kommentteihin otettiin kantaa. Lopullinen profiili valikoitui tämän ”keskustelun” tuloksena. Näillä käytännöillä pyrittiin minimoimaan analyys- in mahdollista vaihtelevuutta, johtuen analysoijan teemakohtaisen ymmärryksen muutoksista sekä ensimmäisen ja toisen kierroksen välillä että myös teemakohtai- sen analyysin edetessä toisella kierroksella. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty esimerkki yhden opiskelijan alkukyselyn vastauksista (taulukko 5) sekä kyseisen vastauskoko- naisuuden analyysistä (taulukko 6).

Taulukko 5: Esimerkki analyysistä: tutkittavan henkilön numero 5 alkukysely kysymyksineen ja vastauksineen alkuperäisessä muodossaan

Kysymys	Vastaus
1. Kun tieteentekijät ovat kehittäneet tieteellisen teorian (esim. atomiteoria, kineettinen kaasuteoria, soluteoria, ...) säilyykö tämä teoria samana vai muuttuuko se? Jos ajattelet, että tieteelliset teoriat eivät muutu, selitä esimerkkien avulla miksi. Jos ajattelet, että teoriat muuttuvat: (a) Selitä miksi. (b) Selitä miksi kannattaa opettaa ja oppia tieteellisiä teorioita. Mainitse esimerkkejä.	a) samakin teoria voi muuttua jos asiat muuttuvat tai kehittyvät b) teoriat antavat pohjaa oppimiselle ja ne auttavat hahmottamaan konkreettisia asioita
2. Oppikirjoissa atomi esitetään usein positiivisesti varatuista hiukkasista (protonit) ja neutraaleista hiukkasista (neutronit) koostuvana ytimenä, jota kiertää negatiivisesti varattuja hiukkasia (elektroneja). Kuinka varmoja tieteentekijät ovat atomin rakenteesta? Millaisia todisteita tieteentekijät ovat käyttäneet määrittääkseen atomin rakenteen?	Varmuus vaihtelee sen mukaan, kuinka hyvin asia voidaan näyttää todeksi. Todisteina mm. kuvia aineita
3. Onko tieteellisellä teorialla ja tieteellisellä lailla eroa? Selvennä vastaustasi esimerkillä.	Teoriat eivät aina päde kaikkien mielestä, mutta lain pitäisi aina olla totta
4. Mitä yhteistä ja mitä eroa on luonnontieteellä ja taiteella?	Taide on todella luovaa, mutta luonnontieteessä ei aina ole varaa luoviin teorioihin. Molemmissa ollaan luonnon/luonnonmateriaalien kanssa tekemisissä ja kuvia käsitellään paljon.
5. Luonnontieteilijät ratkovat kysymyksiä tekemällä kokeita ja tutkimuksia. Voivatko he käyttää luovuutta ja mielikuvitusta suunnitteluvaiheen jälkeen, kokeen tai tutkimuksen aikana? Perustele vastaustasi sopivien esimerkkien avulla.	Luovuus voi olla avuksi keksiessä ”ratkaisua” tutkimukseen, mutta tieto on silti faktaa, eikä sitä voida luovuuden perusteella muuttaa.
6. Onko luonnontieteellisellä tiedolla ja mielipiteellä eroa? Perustele vastaustasi esimerkillä.	Mielipide on henkilökohtainen ja se vaihtelee yksilöittäin. Luonnontieteellinen tieto on tosia asioita, mutta mielipiteet usein kumpuavat eri tiedoista.
7. Viime aikoina tähtitieteilijät ovat olleet eri mieltä maailmankaikkeuden tulevaisuudesta. Jotkut ajattelevat, että maailmankaikkeus laajenee, jotkut, että se kutistuu, ja jotkut ettei tapahdu kumpaakaan, vaan että se pysyy samankokoisena. Miten näin erilaisia päätelmiä voi tehdä samoista kokeista saadusta tutkimusaineistosta?	Asioita ei vielä tiedetä tarpeeksi, jotta niistä voitaisiin olla yhtä mieltä ja mieltää se teoriaksi joka on tosi. Maailma muuttuu koko ajan; niin voi teoriakin muokkautua.

Taulukko 6: Esimerkki analyysistä: tutkittavan henkilön numero 5 vastauskokonaisuuden profilointi teemoittain kommenttien kanssa

NoS-teema	1. kierroksen kommentit ja profiili	2. kierroksen kommentit ja profiili
Tentatiivisuus	Tutkittava väittää, että tieteellisen lain pitäisi olla aina totta ja että tieto on faktaa, tosi asia. Tutkittava uskoo, että asiasta tulee tosi teoria, KUN siitä ollaan yhtä mieltä. Pitääkö aivan kaikkien olla samaa mieltä? Saavutetaanko tällaista tilaa koskaan minkään asian tiimoilta? – R	Tutkittava kirjoittaa myös, että ”tieto on ... faktaa, eikä sitä voida (tässä tapauksessa) luovuuden perusteella muuttaa”. – R
Empiirisuus	Tutkittavan vastauksista käy ilmi konkreettisten todisteiden tarve ja luonto tutkimuksen kohteena, vaikka kovin kattavia ja eksplisiittisiä ilmaisut eivät olekaan. – S	Tämä on vähän vaikea päätös, mutta totta tuokin, mitä olen aikaisemmin kommentoinut. – S
Teoriasidon-naisuus	Tutkittava väittää, että tieteellisen lain pitäisi olla aina totta ja että tieto on faktaa, tosi asia. Tutkittava uskoo, että asiasta tulee tosi teoria, KUN siitä ollaan yhtä mieltä. Teorioiden pätevyyksistä ei voida kuitenkaan ikinä olla täysin yksimielisiä. Tutkittavakin kirjoittaa, että tutkijat eivät ole aina yhtä mieltä teorioista. Lisäksi hänen mielestään erilaiset johtopäätökset johtuvat erityisesti aineiston ja ymmärryksen puutteista. – R	Tarkennuksena edellisiin kommentteihin, tutkittava kirjoittaa, että ”teoriat eivät aina päde kaikkien mielestä” ja selvästi käy ilmi, että tutkittavan mielestä kaikkien tutkijoiden tulee olla teorioista samaa mieltä. – R
Ihmislähtöisyys	Tutkittavan mielestä luonnontieteessä ei ”ole aina varaa luoviin teorioihin” vaikka kaikki nykyisin paradigman asemassa olevat teoriatkin ovat nimenomaan luovuuden tulosta. Samoin väite, että tieto on faktaa, jota ei voida muuttaa luovuuden perusteella, osoittaa tutkittavan näkemysten olevan ristiriidassa viitekehyksen kanssa. – R	Siitä ei valitettavasti pääse mihinkään, että lause ”tieto on - - fakta, eikä sitä voida luovuuden perusteella muuttaa” on ristiriidassa viitekehyksen kanssa. – R
Tieteellinen teoria ja laki	Tutkittava kirjoittaa, että teoria voi muuttua. Lisäksi hän kirjoittaa, että tieteellisen lain pitäisi olla aina totta. Tieteellistä lakia ei voi kuitenkaan ikinä osoittaa todeksi, ainoastaan epätodeksi. – R	Tutkittava kirjoittaa ainoastaan, että ”samakin teoria voi muuttua jos asiat muuttuvat tai kehittyvät” ja ”teoriat eivät aina päde kaikkien mielestä, mutta lain pitäisi aina olla totta”. Näiden vastausten pohjalta on mahdotonta sanoa mitään varmaa tutkittavan näkemyksistä. – M
Sosiokulttuurinen sidonnaisuus	Tutkittavan vastaukset viittaavat vahvasti siihen, että hän ei pidä tietoa erilaisista taustoista johtuvien tulkintojen tuloksena. Hän ei ilmaise tiedon riippuvan tulkinnoista tai mielipiteistä ja tiedon varmuus riippuu hänen mielestään ilmeisesti vain todistusaineistosta. Kuitenkin hän kertoo myös, että kaikki tutkijat eivät ole samaa mieltä asioista. – RX	Tutkittava kirjoittaa muun muassa, että ”teoriat eivät aina päde kaikkien mielestä”, mikä viittaa siihen, että hän ymmärtää tutkijoilla/tieteilijöillä olevan erilaisia näkemyksiä. Hän ei kuitenkaan käsittele lainkaan sitä, mistä nämä erilaiset näkemykset johtuvat - kulttuurista saatikka teoreettisista lähtökohdista. Lisäksi kysyttäessä erityisesti maailmankaikkeuden tulevaisuudesta, hän kirjoittaa, että ”asioita ei vielä tiedetä tarpeeksi, jotta niistä voitaisiin olla yhtä mieltä”. – M
Tieteellisen metodin harha	Vastauksista ei käy ilmi, että tieteellinen tutkimus olisi rajoittunut mitenkään saatikka yhteen ainoaan menetelmään. Sen sijaan tutkittava antaa useitakin esimerkkejä erilaisista todistusaineistoista ja hyväksyy luovuudellakin olevan roolinsa tieteellisen tiedon syntyprosessissa. – S	Tutkittava kirjoittaa kysyttäessä atomin rakenteesta, että ”varmuus vaihtelee sen mukaan, kuinka asia voidaan näyttää todeksi” ja antaa esimerkkejä erilaisista todisteista. Muuten vastauksista ei käy ilmi taipumukset suuntaan tai toiseen. Heikko S. – S

7 Tulokset ja havainnot

Tässä kappaleessa esitellään analyysin tuloksia neljästä eri näkökulmasta:

1. Millaiset olivat koehenkilöiden NoS-käsitykset ennen interventiota?
2. Millaisia olivat intervention synnyttämät keskimääräiset NoS-käsitysten muutokset tutkimusjoukossa?
3. Millaisia olivat intervention synnyttämät yksilölliset NoS-käsitysten muutokset?
4. Millaisia olivat koehenkilöiden NoS-käsitykset intervention jälkeen?

7.1 NoS-käsitykset ennen interventiota

Tarkastellaan aluksi vain ennen interventiota tehdyn alkukyselyn vastausten analyysin tuloksia. Alkukyselyn tulokset on koottu teemoittain kuvaan 3. Viitekehyksen kanssa sopusoinnussa olevia (luokan S) profiileja oli kahdesta viiteen kappaletta. Suurimmat frekvenssit olivat teoriasidonnaisuuden temalla (5 kpl), tieteellisen metodin harhan temalla (4 kpl) sekä tentatiivisuuden temalla (4 kpl). Pienimmät frekvenssit olivat sosiokulttuurisen sidonnaisuuden temalla (2 kpl) sekä tieteellisen teorian ja lain temalla (2 kpl). Kaikkiaan hajonta ei näytä olevan suurta.

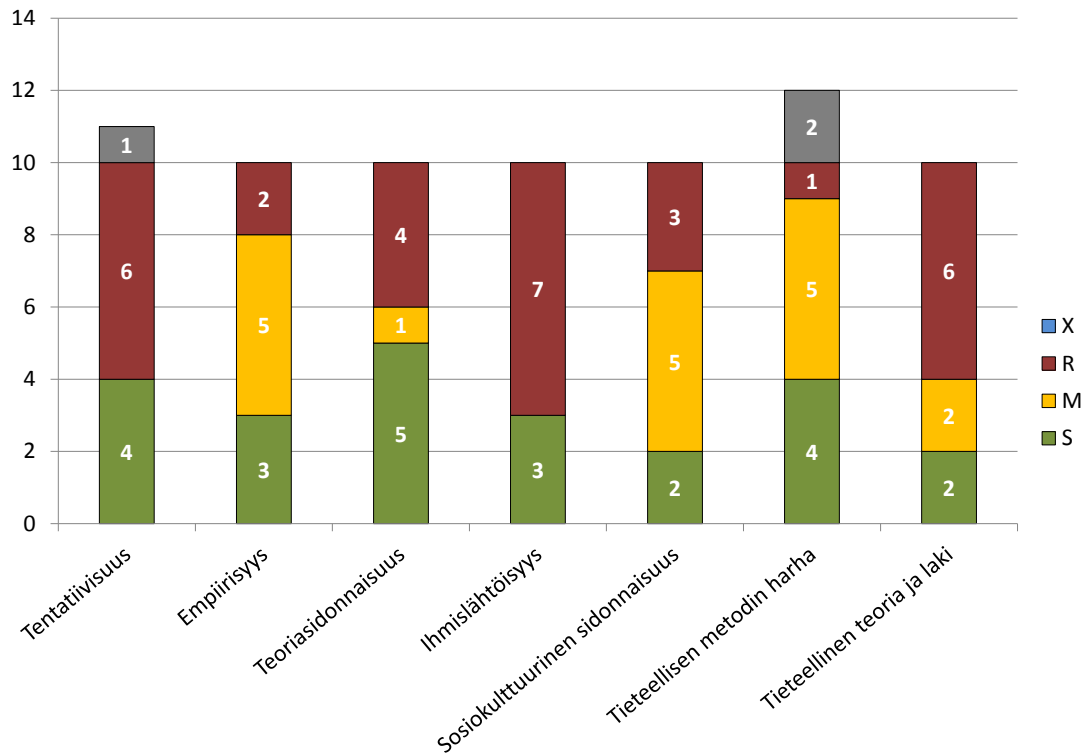
Viitekehyksen suhteen epäselviä (luokan M) profiileja oli nollassa viiteen kappaletta. Suurimmat frekvenssit olivat empiirisyyden temalla (5 kpl), sosiokulttuurisen sidonnaisuuden temalla (5 kpl) sekä tieteellisen metodin harhan temalla (5 kpl). Pienimmät frekvenssit olivat tentatiivisuuden temalla (0 kpl), ihmislähtöisyyden temalla (0 kpl) sekä teoriasidonnaisuuden temalla (1 kpl).

Viitekehyksen kanssa ristiriitaisia profiileja oli yhdestä seitsemään kappaletta. Suurimmat frekvenssit olivat ihmislähtöisyyden temalla (7 kpl), tieteellisen teorian ja lain temalla (6 kpl) sekä tentatiivisuuden temalla (6 kpl). Pienimmät frekvenssit olivat tieteellisen metodin harhan temalla (1 kpl) sekä empiirisyyden temalla (2 kpl).

Ainoat teemat, joista löytyi sisäisesti ristiriitaisia profiileja olivat tieteellisen metodin harhan teema (2 kpl) sekä tentatiivisuuden teema (1 kpl).

7.2 Muutokset NoS-käsityksissä populaationa

Tarkastellaan NoS-käsitysten muutoksia vähentämällä loppukyselyn analyysin frekvensseistä alkukyselyn analyysin frekvenssit. Tällaisen tarkastelun kautta nähdään, kuinka tutkimusjoukko kehittyy ryhmänä. Tämä tarkastelu ei siis tuo esiin sitä, että vaikka osalla opiskelijoista kehitys olisikin ollut toivotulla tavalla positiivista, osalla koehenkilöistä kehitys on silti voinut ollut negatiivista. Tulokset on esitetty kuvassa 4.



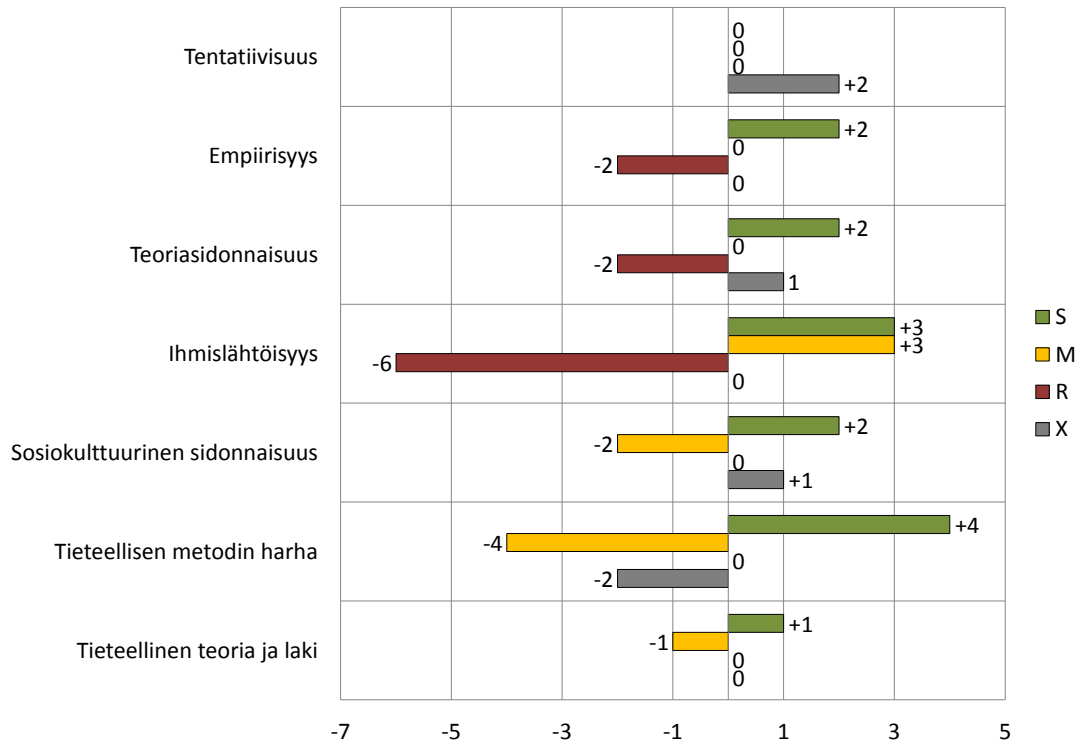
Kuva 3: Opiskelijoiden profiilien lukumäärät teemoittain ennen interventiota

Viitekehityksen kanssa sopusoinnussa olevien profiilien määrän nähdään lisääntyneen kaikkien teemojen paitsi tentatiivisuuden osalta. Tieteellisen metodin harhan ja ihmislähtöisyyden teemojen osalta positiivinen kehitys on erityisen ilmeistä: sopusointuisten profiilien lukumäärät ovat kasvaneet neljällä ja kolmella. Tieteellisen metodin harhan teemassa muutos on kuitenkin selvästi tyyppiä $M \rightarrow S$ M-profiilien vähennyttyä neljällä samalla, kun S-profiilit lisääntyivät neljällä. Ihmislähtöisyyden teemassa muutokset ovat puolestaan sekä tyyppiä $R \rightarrow S$ että tyyppiä $R \rightarrow M$. Erityisesti muutoksen voidaan nähdä olevan tyyppiä $R \rightarrow S$ ihmislähtöisyyden, teoriasidonnaisuuden sekä empiirisyyden teemojen osalta, kun taas tyyppiä $M \rightarrow S$ näyttävät olleen muutokset tieteellisen metodin harhan, sosiokulttuurisen sidonnaisuuden sekä tieteellisen teorian ja lain teemojen osalta.

Viitekehityksen kanssa ristiriitaisten profiilien määrä ei ole minkään teeman osalta lisääntynyt, mutta sisäisen ristiriitaisuuden havaitaan lisääntyneen useammankin teeman osalta – erityisesti muuten muuttumattoman tentatiivisuuden osalta.

7.3 Muutokset NoS-käsityksissä yksilöittäin

Tutkimusaineisto on analysoitu yksilöittäin ja teemoittain, joten myös yksilölliset ymmärryksessä tapahtuneet muutokset ovat tarkasteltavissa. Kuviin 5, 6 ja 7 on koottu muutosta yksilöittäin tarkastelevan analyysin tulokset. Tutkimuksen tarkoi-



Kuva 4: Opiskelijoiden NoS-käsitysten muutokset populaationa tarkasteltuna: muutos on esitetty lukumäärinä teemoittain ja profileittain.

tuksena oli kehittää opiskelijoiden ymmärrystä, joten erityisen kiinnostuksen kohteena on kuvissa 5 ja 6 näkyvä positiivinen kehitys luokista *mahdoton sanoa* ja *ristiriitainen* luokkaan *sopusoinnussa* (M→S ja R→S). Mielenkiintoista on myös negatiivinen kehitys päinvastaiseen suuntaan (S→M ja S→R). Kuvassa 7 on puolestaan esitetty muutokset sisäisesti ristiriitaisesta sisäisesti koherentiksi (X→ei X) ja päinvastoin (ei X→X). Kuvassa 5 on summattu positiivinen kehitys luokista M ja R luokkaan S (M/R→A). Kuvassa 6 puolestaan sama kehitys on nähtävissä tarkemmin yksittäisten luokkien välillä.

Esimerkkinä positiivisesta kehityksestä luokasta S luokkaan R voidaan käsitellä erään koehenkilön näkemyksiä ihmislähtöisyyden teeman suhteen. Interventiotä edeltäneen kyselyn vastauksista käy ilmi hänen näkemyksensä tieteen kehityksestä ainoastaan teknologian kehityksen seurauksena. Teemaan liittyen hän kirjoittaa muun muassa, että ”[t]eoriat muuttuvat, jos vallitseva teoria pystytään kumoamaan uudella tutkimuksella” ja että ”[t]eorioita pystytään myös jalostamaan teknologian kehittyessä”. Eri kysymykseen vastatessaan hän kirjoittaa myös, että ”[i]lman luovuutta, ei olisi näin nykyaikaista teknologiaa” ja teknologiaan liittyen jatkaa kirjoittamalla että ”[j]ollakin pitää olla rohkeus kokeilla jotain uutta”. Intervention jälkeen saman koehenkilön vastauksissa näkyy edelleen kehittyvän teknologian mutta myös luovuuden vaikutus tieteen kehitykseen hänen kirjoittaessaan,

että "[l]uonnontieteilijät ja taiteilijat tarvitsevat luovuutta, jos he haluavat päästä pitkälle".

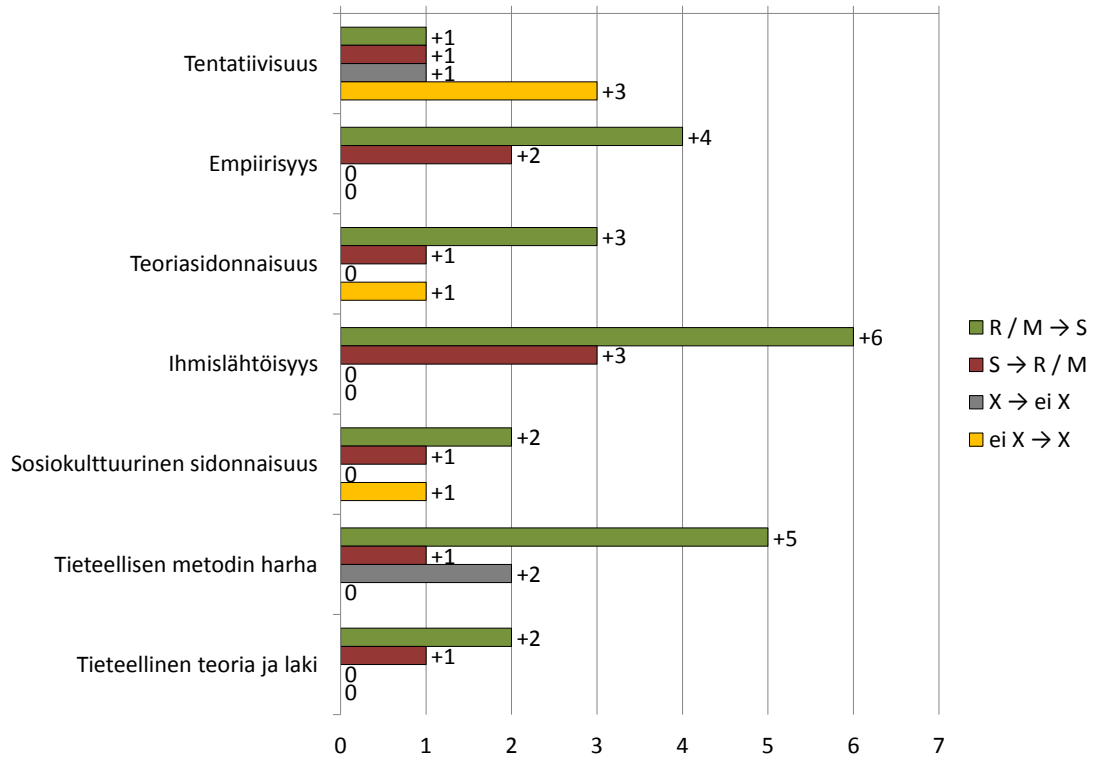
Esimerkkinä negatiivisesta kehityksestä luokasta R luokkaan S voidaan puolestaan käsitellä erään koehenkilön näkemyksiä tieteellisen teorian ja lain teeman suhteen. Intervention edeltäneen kyselyn vastauksista käy ilmi hänen näkemyksiään teorioiden muuttuvaisuudesta ja monimuotoisuudesta. Hänen teemaan liittyvät kommenttinsa ovat vähäisiä ja yksipuolisia, mutta eivät ristiriitaisia. Hän kirjoittaa, että "teoria voi muuttua, jos sitä kehitetään eteenpäin" ja että "[t]eoreetikot uskovat omiin teorioihinsa". Intervention jälkeen sama koehenkilö kertoo näkemyksistään runsaammin ja syvällisemmin kirjoittaessaan, että "kyseinen teoria säilyy sellaisenaan, mutta luultavasti joku muu kehittää sitä aikojen saatossa eteenpäin, jolloin teoria taas muuttuu". Hän jatkaa asiaan liittyen ja kirjoittaa, että "[t]ieteen tarkoituksena on korjata itse itseään". Valitettavasti hän kirjoittaa nyt myös jotain, mikä aiheuttaa ristiriidan viitekehyksen kanssa: "Teoria on osa lakia."

Muutoksia on tapahtunut jokaisen teeman ja luokan paitsi teoriasidonnaisuuden M-luokan suhteen, missä yksi opiskelija on profiloitu luokkaan M sekä alussa että lopussa. Erityisesti tuloksista nähdään, että

- positiivista kehitystä on tapahtunut keskimäärin negatiivista enemmän (yksittäisten opiskelijoiden profiileja on siirtynyt enemmän luokista M ja R luokkaan S kuin päinvastoin),
- positiivista kehitystä havaitaan tapahtuneen kaikkien teemojen suhteen (yksittäisten opiskelijoiden profiileja on siirtynyt kaikissa teemoissa luokista M tai R luokkaan S),
- negatiivista kehitystä on tapahtunut eniten samojen teemojen suhteen, kuin missä on tapahtunut eniten positiivista kehitystä (positiivista kehitystä on tapahtunut eniten ihmislähtöisyyden sekä empiirisyyden suhteen ja negatiivista samoin), ja
- vastausten sisäinen ristiriitaisuus on lisääntynyt enemmän kuin vähentynyt jopa kolmen teeman (tentatiivisyys, teoriasidonnaisuus ja sosiokulttuurinen sidonnaisuus) osalta.

7.4 NoS-käsitykset intervention jälkeen

Intervention jälkeen tehdyn loppukyselyn vastausten analyysin tuloksista nähdään opiskelijoiden NoS-ymmärryksen taso intervention jälkeen. Loppukyselyn tulokset on koottu teemoittain kuvaan 8. Viitekehyksen kanssa sopusoinnussa olevia (luokan S) profiileja oli kolmesta kahdeksaan kappaletta. Suurimmat frekvenssit näyttävät olleen tieteellisen metodin harhan teemalla (8 kpl), teoriasidonnaisuuden teemalla (7



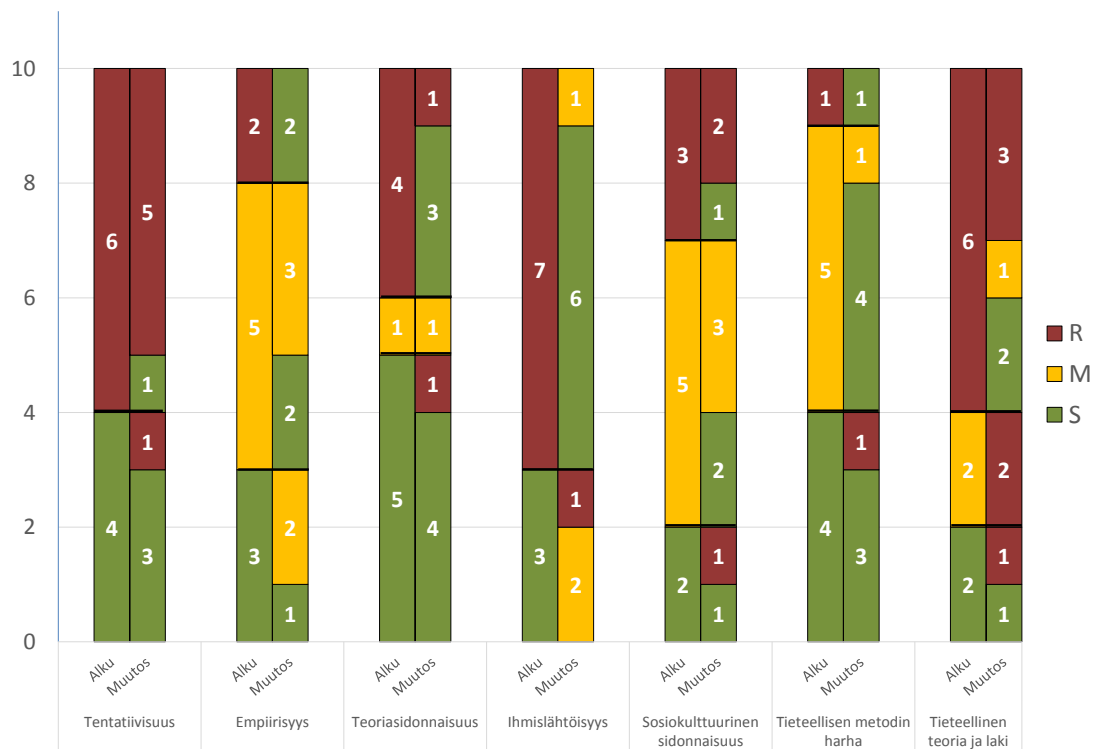
Kuva 5: Opiskelijoiden NoS-käsitysten muutokset yksilöittäin tarkasteltuna siten, että muutoksen kokeneiden yksilöiden lukumäärät on summattu teemoittain

kpl) sekä ihmislähtöisyyden teemalla (6 kpl). Pienin frekvenssi oli tieteellisen teorian ja lain teemalla (3 kpl). Sopusointuisten profiilien teemakohtainen keskiarvo oli viisi kappaletta.

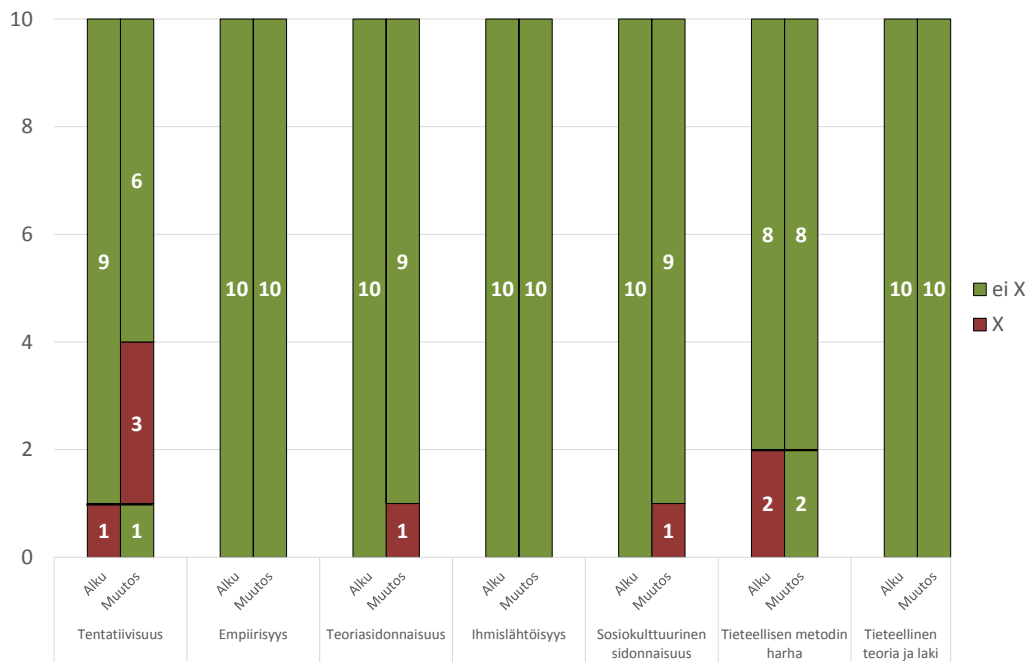
Viitekehityksen suhteen epäselviä (luokan M) profileja oli nollasta viiteen kappaletta. Suurimmat frekvenssit olivat empiirisyyden teemalla (5 kpl), sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teemalla (3 kpl) sekä ihmislähtöisyyden teemalla (3 kpl). Pienimmät frekvenssit olivat tentatiivisuuden teemalla (0 kpl), tieteellisen teorian ja lain teemalla (1 kpl) sekä teoriasidonnaisuuden teemalla (1 kpl).

Viitekehityksen kanssa ristiriitaisia profileja oli nollasta kuuteen kappaletta. Suurimmat frekvenssit olivat tentatiivisuuden teemalla (6 kpl) sekä tieteellisen teorian ja lain teemalla (6 kpl). Pienimmät frekvenssit olivat empiirisyyden teemalla (0 kpl) tieteellisen metodin harhan teemalla (1 kpl) sekä ihmislähtöisyyden teemalla (1 kpl).

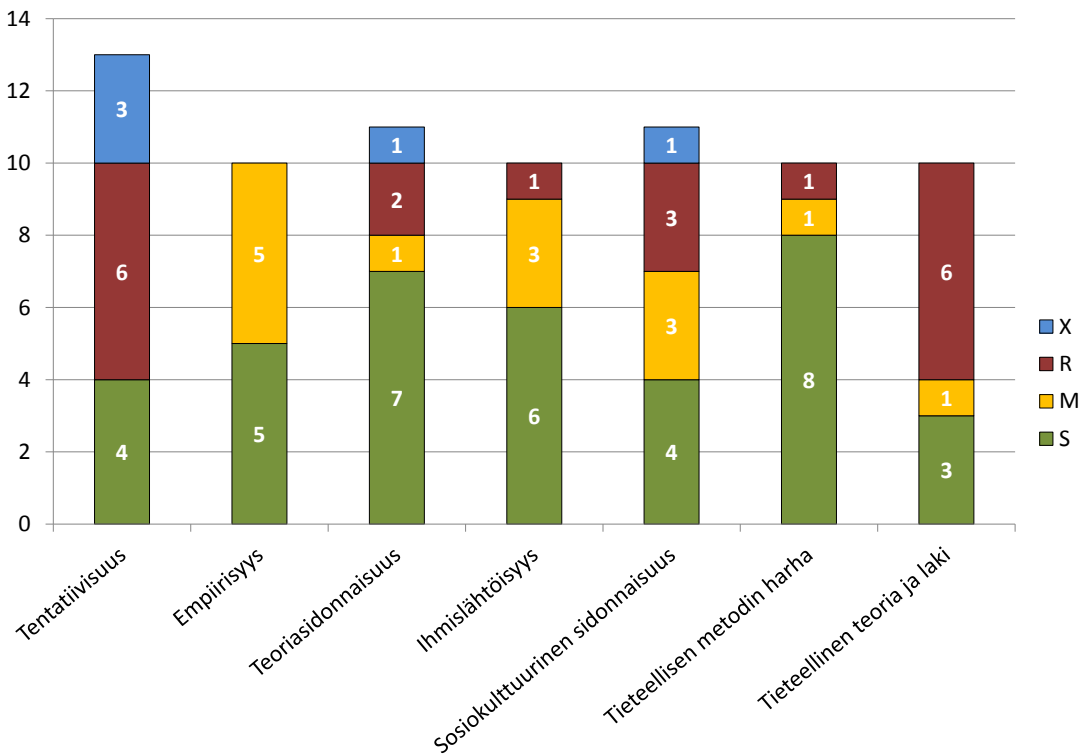
Ainoat teemat, joista löytyi sisäisesti ristiriitaisia profileja olivat tentatiivisuuden teema (3 kpl), teoriasidonnaisuuden teema (2 kpl) sekä sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teema.



Kuva 6: Opiskelijoiden NoS-käsitysten muutokset luokkien S, M ja R välillä yksilöittäin tarkasteltuna siten, että muutoksen kokoneiden yksilöiden lukumäärät on summattu teemakohtaisesti luokittain: muutokset on esitetty kahtena pylväänä siten, että ”Alku” kertoo tulokset ennen interventiota (kuvan 3 kanssa yhtenevästi) ja ”Muutos” kertoo, missä laajuudessa ja mihin luokkiin opiskelijoiden ymmärrys on siirtynyt intervention seurauksena



Kuva 7: Opiskelijoiden NoS-käsitysten muutokset luokassa X yksilöittäin tarkasteltuna: muutokset on esitetty teemakohtaisesti kahtena pylväänä siten, että ”Alku” kertoo tulokset luokan X osalta ennen interventiota (kuvan 3 kanssa yhtenevästi) ja ”Muutos” kertoo, missä laajuudessa ja mihin luokkiin opiskelijoiden ymmärrys on siirtynyt intervention seurauksena.



Kuva 8: Opiskelijoiden profiilien lukumäärät teemoittain intervention jälkeen

8 Johtopäätökset

Tutkimuksen keskeiset tulokset ja havainnot käydään läpi tulevissa kappaleissa tarkastellen niitä vasten kappaleissa 1, 2 ja 3 esiteltyä viitekehystä. Näkökulmia on kolme:

1. Millaisia olivat toista lukuvuottaan aloittavien luokanopettajaopiskelijoiden näkemykset ja uskomukset luonnontieteellisen tiedon luonteesta ennen interventiota ja vastaavatko ne luokanopettajakoulutuksen opetussuunnitelmassa asetettuja tavoitteita?
2. Millaista kehitystä havaittiin intervention seurauksena ja mitä se kertoo sekä käytetyistä interventioista että yleisemmin niiden tyyppisistä opetus- ja oppimismenetelmistä?
3. Millaisia olivat luokanopettajaopiskelijoiden näkemykset ja uskomukset intervention jälkeen? Olivatko näkemykset ja uskomukset alakoulun opetussuunnitelman luokanopettajilta edellyttämällä tasolla?

Tulosten ja havaintojen pohjalta kommentoidaan myös luonnontieteellisen tiedon luonteen opetusta luokanopettajakoulutuksessa. Erityisesti tarkasteltavana on tässä tutkimuksessa käytettyjen interventiotöiden potentiaali opetusmenetelminä.

Johtopäätöksiä tarkastellessa tulee huomioida tutkimusjoukon pieni koko sekä tehtyjen analyysien trianguloimattomuus. Toisin sanoen, analyysia ei ole varmistanut toinen tutkija (tutkijatriangulaatio) ja aineistona on ollut pelkästään vastaukset VNOS-B -kyselyyn (aineistotriangulaatio). Niin tuloksia kuin niistä tehtyjä johtopäätöksiäkään ei täten voi laajasti yleistää. Ne antavat kuitenkin alustavia vastauksia moniin sellaisiin kysymyksiin, joihin opettajankoulutuksessa kaivataan tutkimuspohjaisia vastauksia.

8.1 Luokanopettajaopiskelijoiden käsitykset ennen interventiota

Luokanopettajaopiskelijoiden ymmärrys luonnontieteellisen tiedon luonteesta oli kuvan 3 mukaisesti heikkoa. Alle puolella koehenkilöistä voidaan sanoa olleen toivotun kaltainen, viitekehysten kanssa sopusointuinen ymmärryksen taso – yli puolella koehenkilöistä havaittiin olevan joko sekavat, olemattomat tai viitekehysten kanssa ristiriitaiset näkemykset ja uskomukset. Erityisen heikkoa ymmärrys oli sekä profiililuokat M että R huomioiden tiedon sosiokulttuurisen sidonnaisuuden, tieteellisen teorian ja lain käsitteiden sekä ihmislähtöisyyden teemojen suhteen. Toisin sanoen, tutkittavat eivät ymmärtäneet tiedon olevan tiettyssä ajassa, paikassa ja ympäristössä toimivien ihmisten luovuuden ja mielikuvituksen tuotetta, tai sitä, millaisia ovat tieteellisen tiedon rakenteet. Näistä tuloksista voidaan nähdä suuntaviivoja

tyypillisistä NoS-käsityksistä tutkimusjoukkoon rinnasteisissa populaatioissa – etupäässä kuitenkin tiedekasvatukseen perehtymättömien luokanopettajaopiskelijoiden keskuudessa. Tulokset ovat pitkälti aikaisempien havaintojen mukaisia, sillä luokanopettajaopiskelijoiden käsitykset luonnontieteellisen tiedon luonteesta on havaittu yksinkertaisiksi, naiiveiksi, riittämättömiksi tai heikoiksi lukuisissa aikaisemmissakin tutkimuksissa (esim. Akerson ym., 2006; Craven ym., 2002; Bell ym., 2011; Abd-El-Khalick ja Akerson, 2009; Abell ym., 2001; Mellado, 1997; Khishfe ja Abd-El-Khalick, 2002).

Viitekehysten kanssa ristiriitaisia tuloksia on erityisesti tentatiivisuuden, teoria-sidonnaisuuden ja tieteellisen teorian ja lain teemojen suhteen. Näiden teemojen osalta R-luokan vastauksia on jopa enemmän kuin sopusointuisia ja jopa enemmän kuin M- ja S-luokan vastauksia yhteensä. Koska R-luokan profiili edellyttää selkeästi virheellisiä käsityksiä, nämä havainnot voivat tarkoittaa sitä, että kyseisten opiskelijoiden menneellä koulutustaipaleella

1. kyseisiä aiheita ei ole käsitelty ollenkaan ja opiskelijat ovat luoneet virheelliset kuvansa muissa yhteyksissä,
2. aiheita on käsitelty, mutta opetus on ollut epäselvää (eli opetus on mahdollistanut tavoitteiden vastaisen oppimisen), tai
3. aiheita on käsitelty, mutta virheellisesti (korostaen esimerkiksi luonnontieteellisen tutkimuksen olevan *poikkeuksetta* objektiivista).

Näitä näkökulmia voitaisiin tutkia varsin suoraviivaisesti seuraamalla ja analysoimalla opettajien antamaa opetusta.

Luokanopettajaopiskelijoiden opintojen nojalla (ks. kappale 3.1) opiskelijoilta olisi voinut odottaa havaittua kehittyneempää ymmärrystä luonnontieteellisen tiedon luonteesta. Heidän aikaisempia opintojaan ohjanneet opettajankoulutuslaitoksen opetussuunnitelma ja -ohjelma sekä nyt tehdyt havainnot opiskelijoiden ymmärryksestä ovat erityisesti ristiriidassa sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teeman suhteen. Opetussuunnitelmassa ja -ohjelmassa havaitaan korostuvan erityisesti sosiokulttuurisen sidonnaisuuden teeman sisällöt, mutta kuvasta 3 nähdään opiskelijoiden ymmärryksen olleen erityisen heikkoa (vähiten S-profiileja ja eniten M-profiileja) juuri kyseisen teeman osalta. Luokanopettajaopiskelijat eivät siis joko ymmärrä tai usko luonnontieteellisen tutkimuksen sekä sen tuottaman tiedon ja yhteiskunnan keskinäisiin vaikutussuhteisiin. Toisaalta suuri määrä M-profiileja voidaan tulkita myös siten, että selkeitä käsityksiä ei ole jostain syystä päässyt syntymään. Jos aiheita on kuitenkin käsitelty opetussuunnitelman ja -ohjelman mukaisesti, lukuvuonna 2012–2013 toteutuneen opetuksen voidaan päätellä näiltä osin epäonnistuneen tavoittamaan opiskelijoiden omakohtaisia tiedon konstruktioita.

Mikäli oppimista on tapahtunut esimerkiksi erityisen kasvatustieteellisen tai historiallisen tiedon luonteen suhteen, ymmärrys on voinut jäädä kontekstisidonnaiseksi. Tällöin aikaisemmissa opinnoissa käsiteltyä yleistä tai muun kuin luonnontieteitä koskevan tieteellisen tiedon luonteiden ymmärrystä (tai mahdollisesti vain ulkomuistamista!) ei osata yhdistää luonnontieteisiin ja luonnontieteelliseen tutkimukseen. Erityisesti tieto ja ymmärrys jäävät usein linkittyneeksi siihen aktiviteettiin tai tilanteeseen, missä kyseinen tieto tai ymmärrys on hankittu (Brown ym., 1989). Tällaisesta kognitiivisten toimintojen kontekstisidonnaisuudesta vallitsee tie-deyhteisissä epävarmuus (Duschl, 2008; Perkins ja Salomon, 1989), mutta

- on luultavaa, että yleinen ymmärrys johtaa erityiseen ymmärrykseen todennäköisemmin kuin toisin päin (Urhahne ym., 2011)
- on havaittu, että laaja-alaista tutkimusrepertuaaria enemmän luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrykseen vaikuttavat yksilölliset, henkilökohtaiset kokemukset (Schwartz ja Lederman, 2008)
- on osoitettu, että luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrys voi jäädä oppimistilanteen kontekstiin ja sisältöihin sidottua (Abd-El-Khalick, 2001; Clough, 2006, 474)
- luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen on havaittu olevan teoriasideonnaista (Urhahne ym., 2011).

Aikaisemmissakin tutkimuksissa raportoidusta kontekstisidonnaisuudesta voitaisiin päästä eroon hyödyntämällä aikaisempaa yleistä tai erityistä tieteenalakohtaista ymmärrystä luonnontieteellisen tiedon luonteen opetuksessa. (Perkins ja Salomon, 1989).

Kontekstisidonnaisuuden lisäksi heikko ymmärrys voi johtua opetuksen implisiittisyydestä. Implisiittinen käsittely esimerkiksi kokeellisuuden tai tässä tapauksessa muiden tieteenalojen kontekstien kautta on aikaisemmissa tutkimuksissa havaittu tehottomaksi luonnontieteellisen tiedon luonteen opetustavaksi (vrt. Akerson ym., 2000; Abd-El-Khalick ja Lederman, 2000a; Khishfe ja Abd-El-Khalick, 2002; Moss, 2001; Lederman ym., 2012; Abell ym., 2001). Vaikka eksplisiittisesti luonnontieteellisen tiedon luonteeseen liittyviä mainintoja ei opetussuunnitelmasta (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2010) tai -ohjelmasta (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2012) löydykään, ensimmäisen opiskeluvuoden aikana suoritettavien kurssien tavoitteissa ja sisällöissä on käsitelty laajasti ja monin paikoin yleisemmin tieteellisen tiedon luonteen elementtejä. Kyseisistä dokumenteista löytyi myös suoria mainintoja esimerkiksi historiallisen sekä oman alan (kasvatustieteellisen) tiedon luonteesta sekä selkeä viittaus matemaattisen tiedon luonteeseen käsittelemällä matematiikan dikotomiaa toisaalta arkielämän tilanteiden mallinnuksen työkaluna ja toisaalta teoreettisena, puhtaammin tieteellisenä järjestelmänä. Täten

myös luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen olisi voinut odottaa kehittyneen – mahdollisesti poislukien erityisesti luonnontieteelliselle tiedolle ominaiset osa-alueet kuten luonnontieteellisen teorian ja lain käsitteet. Tähän tutkimukseen valikoituneen Ledermanin seitsikön mukaisen viitekehityksen kanssa sopusointuisia näkemyksiä oli kuitenkin enimmillään vain puolella tutkimusjoukon opiskelijoista (ks. kuva 3).

8.2 Luokanopettajaopiskelijoiden NoS-ymmärryksen kehitys

Intervention seurauksena tapahtuneita muutoksia luonnontieteellisen tiedon luonnetta koskevissa näkemyksissä ja uskomuksissa tarkasteltiin sekä populaation että yksilöiden näkökulmasta. Populaatiotarkastelun (ks. kuva 4) seurauksena ymmärryksen voidaan sanoa kehittyneen – syventyneen, yhdenmukaistuneen tai korjaantuneen – lähes kaikkien teemojen osalta. Erityisesti positiivista kehitystä havaittiin tapahtuneen kaiken kaikkiaan negatiivista kehitystä enemmän. Yksilötarkastelussa (ks. kuvat 5, 6 ja 7) havaitaan kuitenkin kehityksen lisäksi ymmärryksen heikkene mistä jokaisessa teemassa vähintään yhden opiskelijan osalta – kehityksen voidaan sanoa olleen yksilöllistä. Erityisen selvää kehitystä sekä populaationa että yksilöllisesti havaitaan tapahtuneen tieteellisen metodin harhan sekä lähtötasoltaan heikoksi havaitun ihmislähtöisyyden teemojen osalta. Toisin sanoen, opiskelijat oppivat erityisesti, että tiedettä voidaan tehdä monin eri tavoin ja että tieteellinen tieto on muun muassa havainnoin tuettua luovuuden ja mielikuvituksen tuotetta.

Intervention seurauksena havaitaan tapahtuneen selkeää vaikkakin vain kohtalaista ymmärryksen kehitystä. Tästä voidaan päätellä intervention kaltaisten tutkivan oppimisen mukaisten ja samalla luonnontieteellisen tiedon luonteen suhteen eksplisiittisten töiden soveltuvan luokanopettajakoulutuksen opetusmenetelmiksi. Tulokset ovat allekirjoittaneen mielestä hyviä erityisesti intervention lyhytkestoisuuteen huomioiden. Luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen opetusta ei kuitenkaan voida tämän tutkimuksen tulosten perusteella suositella keskittyvän kuitenkaan pelkästään minimalistisesti ohjattuihin, ainoastaan kirjallisesti ohjeistettuihin ja lyhytkestoiisiin tutkivan oppimisen mukaisiin aktiviteetteihin. Tutkimusalan aikaisempiin tuloksiin nojaten intervention vaikuttavuutta voitaneen parantaa lisäämällä tehtäviin eksplisiittisyyden rinnalle erityisesti reflektioivia (Akerson ym., 2007; Scharmann ym., 2005; Schwartz ym., 2004; Abd-El-Khalick, 2001; Abd-El-Khalick ja Akerson, 2004; Abd-El-Khalick ja Lederman, 2000a; Lakin ja Wellington, 1994) sekä tieteen historiaa (esim. Abd-El-Khalick ja Lederman, 2000a) käsitteleviä elementtejä.

Vaikka intervention havaitaan kehittäneen opettajaopiskelijoiden luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrystä, monet tekijät voivat yhä olla perimmäisen tavoit-

teen eli oppilaiden (tässä tapauksessa alakoulun oppilaiden) ymmärryksen kehityksen tiellä. Myös kappaleessa 3.1 esitettyihin opetussuunnitelman tasoihin viitaten tarvittaisiin tutkimustietoa siitä, hyödyntävätkö opettajat opiskeluaikanaan kehittyntä ymmärrystä opetuksen suunnittelussa (kirjoitettu) ja toteutuksessa (toteutettu) siten, että vaikutukset näkyvät heidän oppilaidensa ymmärryksessä (opittu). Ymmärryksen kehitys voi valitettavasti jäädä myös väliaikaiseksi, mikäli opettajaopiskelijoita ei saada sisällyttämään luonnontieteellisen tiedon luonnetta heidän omien opetusta koskevien suunnitelmien tavoitteisiin ja sisältöihin sekä kehittämään toimintaansa pitkällä aikavälillä – erityisesti jo opiskeluaikana (Lederman, 1999; Abd-El-Khalick ja Lederman, 2000a; Akerson ja Hanuscin, 2007; Akerson ym., 2006; Khishfe ja Abd-El-Khalick, 2002). Erityistä huomiota näihin tekijöihin tulisi kiinnittää ensimmäisinä työssäolovuosina, joiden aikana opettajat näyttävät tutkimusten mukaan kehittävän useimmat ja pysyvimmät toimintamallinsa (Brickhouse, 1990).

8.3 Luokanopettajaopiskelijoiden NoS-ymmärrys intervention jälkeen

Intervention seurauksena havaitusta luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen kehittymisestä huolimatta ymmärryksen ei voida sanoa olleen tuossakaan vaiheessa toivotun kaltainen. Vaikka viitekehyksen kanssa sopusointuiset näkemykset olivatkin kuvan 8 mukaisesti tieteellisen metodin harhan suhteen jopa kahdeksalla kymmenestä tutkittavasta ja teoriasidonnaisuuden suhteen seitsemällä kymmenestä, keskimäärin vain puolella koehenkilöistä voidaan sanoa olleen intervention jälkeenkään riittävä ymmärryksen taso, jos lasketaan keskiarvo S-profiilin saaneiden määristä kaikkien teemojen yli.

Intervention jälkeistä ymmärryksen tasoa ei voi valitettavasti suoraan verrata aikaisempien tutkimusten tuloksiin johtuen enimmäkseen analyysien subjektiivisuudesta sekä analyysiluokkien rajanvetojen tutkimuskohtaisuudesta, mutta myös erilaisista analyysin luokkajaoista. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa profiilit jaettiin pääasiallisesti kolmeen luokkaan: viitekehyksen kanssa sopusointuisiin ja ristiriitaisiin näkemyksiin, minkä lisäksi oli luokka epämääräisiä vastauksia varten. Edellä mainitun kolmijaon lisäksi sisäisesti ristiriitaiset profiilit merkittiin erikseen. Epämääräisten vastausten luokkaa tarvittiin erityisesti, koska tyhjät vastauskentät olisivat johtaneet ristiriitojen puutteen vuoksi sopusointuiseen profiiliin. Vastaavan tyyppiin kolmijakoihin ovat päätyneet myös Firestone ym. (2012), Thye ja Kwen (2004) sekä Akerson ym. (2007). McDonald (2010) puolestaan on tehnyt jaon jopa neljään osaan (naive, limited, partially informed, informed). Monissa tutkimuksissa on myös selvitty kahdella profiililuokalla, jolloin näkemykset on tyyppillisesti jaettu joko riit-

täviin (adequate) ja riittämättömiin (inadequate) tai asiantunteviin (informed) ja yksinkertaisiin (naive) (esim. Abd-El-Khalick ja Akerson, 2004; Akerson ym., 2006, 2000). Monesti näitä termejä käytetään lisäksi ristiin ja toistensa synonyymeinä. Loppujen lopuksi kaikissa tutkimuksissa joudutaan tekemään jonkinlainen mielivaltaisen rajanveto siitä, millaiset näkemykset ovat riittäviä tai asiantuntevia ja mitkä niitä eivät ole.

Havaittuun ymmärryksen teemoittain epätasaiseen kehitykseen vaikuttaa luultavasti voimakkaimmin NoS-teemojen painotusten erot käytetyissä interventioissa ja niiden ohjeistuksissa sekä koehenkilöiden erilaisista taustoista johtuvat oppija- ja henkilökohtaiset erot. Tässä tutkimuksessa ihmislähtöisyyden teeman sisältöjä koskeva ymmärrys on esimerkiksi voinut kehittyä erityisen hyvin siitä syystä, että tutkimusinstrumentissa kysyttiin suoraan ja jossain määrin ohjaavastikin luonnontieteellisen tiedon ja mielipiteen eroa. Tähän kysymykseen vastatessaan monet koehenkilöt tekivät aluksi selkeän jaon tietoon ja mielipiteeseen käyttäessään näiden välillä ilmaisuja kuten ”kun taas” tai ”puolestaan”, mutta löysäsivät kantaansa intervention jälkeisellä vastauskerralla.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden 2004 (Opetushallitus, 2004) nojalla luokanopettajaopiskelijoilta voitaisiin vaatia nyt havaittua kehittyneempääkin luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrystä. Kuten kappaleessa 3.2 nähtiin, opetussuunnitelman perusteissa näkyvät erityisesti sosiokulttuurisen sidonnaisuuden, tentatiivisuuden ja ihmislähtöisyyden teemat, minkä lisäksi viitteitä oli myös empiirisyiden, tieteellisen metodin harhan sekä tieteellisen teorian ja lain teemoihin. Tähän tutkimukseen osallistuneiden opiskelijoiden ymmärrys oli kuitenkin intervention jälkeen erityisen heikkoa juuri sosiokulttuurisen sidonnaisuuden ja tentatiivisuuden osalta (ks. kuva 8).

Intervention seurauksena saavutetun luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen säilyvyydestä ei voida tämän tutkimuksen perusteella sanoa mitään varmaa. Intervention jälkeisen, lopullisen ymmärryksen heikkous voi valitettavasti johtaa ymmärryksen taantumaan ja orastavan kehityksen peruuntumiseen, sillä saavutetun luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärryksen tason on aikaisemmissa tutkimuksissa havaittu korreloivan vaikutusten pysyvyyden kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että erityisen hyvän ymmärryksen tason saavuttaneet tulevat luultavasti säilyttämään kehittyneen ymmärryksen tasonsa, mutta muilla kehitys jäänee lyhytaikaisemmaksi. (Akerson ym., 2006; Khishfe ja Abd-El-Khalick, 2002)

8.4 Ehdotuksia opetuksen ja intervention kehittämiseksi

Intervention seurauksena tapahtui selkeää mutta vain kohtalaista ymmärryksen kehitystä. Interventiota, sitä ympäröivää opetustilannetta ja laajemminkin luonnon-

tieteellisen tiedon luonteen opetusta voitaneen kehittää huomioimalla paremmin aikaisemmin alan tutkimuksessa aikaisemmin tehtyjä havaintoja. Erityisesti voitaisiin kiinnittää huomiota oppimisen esteisiin, kuten esimerkiksi opiskelijoiden tunteeseen siitä, ettei interventio vastaa aitoa tieteellistä tutkimusta (Clough, 2006). Lisäksi opiskelijoille pitäisi tarjota riittävästi mahdollisuuksia käsitellä henkilökohtaisia näkemyksiään ja erityisesti niiden sisäisiä ristiriitoja (ks. Brickhouse, 1990), joita havaittiin myös tässä tutkimuksessa (X-profililit). Ymmärryksen kehittymistä saattaisi tukea myös eri tieteenalojen luonteiden välisten yhteyksien – samankaltaisuuksien ja eroavaisuuksien – reflektiivinen käsittely. Tällöin saatettaisiin päästä hajanaisesta tiedekäsityksestä yhtenäisempään mentaalimalliin ja välttyä turhalta (kappaleessa 8.1 lyhyesti käsitellyltä) ymmärryksen kontekstisidonnaisuudelta.

Interventiota voidaan kuitenkin pitää erityisen onnistuneena, jos ymmärryksen kehitystä tarkastellaan intervention pienimuotoisuutta ja lyhytkestoisuutta vasten. Syvään juurtuneista käsityksistä luopuminen on tunnetusti erityisen vaikea ja pitkä prosessi (esim. Duit ja Treagust, 2003; Taber, 2001, 161, joten kenties ei tulisikaan olettaa, että tämän tutkimuksen kaltaisilla lyhyillä interventioilla voitaisiin muuttaa kaikkien oppijoiden käsityksiä. Monipuolisemmin ja pidemmän ajan kuluessa käytettynä tämän tutkimuksen intervention kaltaisilla tehtävillä (ks. esim. Lederman ja Abd-El-Khalick, 1998) voidaan kuitenkin saada aikaa merkittävää luokanopettajaopiskelijoiden NoS-ymmärryksen kehitystä (Akerson ym., 2000; Kucuk, 2008)).

Kokeellisen intervention lisäksi oppimista voitaisiin tukea käsittelemällä intervention sopivasti yhteydessä olevaa tieteen historiaa tai tieteen filosofiaa (ks. kappale 4). Erityisesti samassa yhteydessä tulisi käsitellä aiheeseen liittyvää pedagogista sisältötietoa, sillä opettajaopiskelijoiden ja aloittelevien luokanopettajien kykyä kehittää luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrystä sekä sen opettamiseen liittyviä taitoja on havaittu heikentävän huomion kiinnittyminen heidän suurimpina pitämiinsä huolenaiheisiin kuten luokkahuoneen hallintaan ja hallinnollisiin käytäntöihin (Hollingsworth, 1989).

Mikäli interventiota halutaan käyttää luokanopettajakoulutuksessa osana luonnontieteellisen tiedon luonteen opetusta, käytettyjen töiden ohjeistusta tulisi kehittää erityisesti niiden teemojen osalta, joiden suhteen lopullinen ymmärrys oli kaikkein heikointa ja jotka erityisesti korostuvat opetussuunnitelman perusteissa – tentatiivisuus, sosiokulttuurinen sidonnaisuus, tieteellinen teoria ja laki sekä ihmislähtöisyys. Täten tässä tutkimuksessa käytettyjä työmuotoja ei voida intervention jälkeisen ymmärryksen perusteella suositella sellaisenaan ja ainoana luokanopettajaopiskelijoiden käsityksiä luonnontieteellisen tiedon luonteesta kehittävänä opetusena.

Lopuksi täytyy vielä korostaa, että tämän tutkimuksen analyysin kohteena on ollut vain luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärrys. Kun luokanopettajakoulu-

tuksen perusteena tai tavoitteena on peruskoulussa lasten kokema oppiminen, opettajan ymmärryksen lisäksi oleellista on myös hänen kykynsä välittää tietoa – auttaa muita oppimaan. Ymmärryksen voidaan nähdä edeltävän kappaleessa 3.1 esiteltyjä kirjoitettua, toteutettua ja opittua opetussuunnitelmaa, joten oleellista olisi täten tutkia ja kehittää myös opettajan ymmärryksen vaikutuksia hänen laatimiin opetusta koskeviin suunnitelmiin, opettajan laatimien suunnitelmien toteutumista sekä edelleen opettajan laatimien suunnitelmien toteutumisen vaikutuksia.

Lähteet

- Abd-El-Khalick, F. 2001. Embedding Nature of Science Instruction in Preservice Elementary Science Courses: Abandoning Scientism, But... *Journal of Science Teacher Education* 12(3):215–233.
- Abd-El-Khalick, F. ja Akerson, V. 2009. The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education* 31(16):2161–2184.
- Abd-El-Khalick, F. ja Akerson, V. L. 2004. Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education* 88(5):785–810.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. ja Lederman, N. G. 1998. The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education* 82(4):417–436.
- Abd-El-Khalick, F. ja Lederman, N. G. 2000a. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International journal of science education* 22(7):665–701.
- Abd-El-Khalick, F. ja Lederman, N. G. 2000b. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of research in science teaching* 37(10):1057–1095.
- Abell, S., Martini, M. ja George, M. 2001. 'That's what scientists have to do': preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science during a moon investigation. *International Journal of Science Education* 23(11):1095–1109.
- Abell, S. K., Smith, D. C. ja Volkman, M. J. 2006. Inquiry in science teacher education. Teoksessa *Scientific inquiry and the nature of science* sivut 173–200. Springer.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F. ja Lederman, N. G. 2000. Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 37(4):295–317.
- Akerson, V. L., Buzzelli, C. A. ja Donnelly, L. A. 2010. On the nature of teaching nature of science: Preservice early childhood teachers' instruction in preschool and elementary settings. *Journal of Research in Science Teaching* 47(2):213–233.
- Akerson, V. L., Hanson, D. L. ja Cullen, T. A. 2007. The influence of guided inquiry and explicit instruction on K–6 teachers' views of nature of science. *Journal of Science Teacher Education* 18(5):751–772.
- Akerson, V. L. ja Hanuscin, D. L. 2007. Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching* 44(5):653–680.
- Akerson, V. L., Morrison, J. A. ja McDuffie, A. R. 2006. One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 43(2):194–213.
- Akindehin, F. 1988. Effect of an instructional package on preservice science teachers'

- understanding of the nature of science and acquisition of science-related attitudes. *Science Education* 72(1):73–82.
- Alters, B. J. 1997. Whose nature of science? *Journal of research in science teaching* 34(1):39–55.
- Anderson, K. E. 1950. The teachers of science in a representative sampling of Minnesota schools. *Science Education* 34(1):57–66.
- Barrow, L. H. 2006. A brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education* 17(3):265–278.
- Bell, R., Lederman, N.G. ja Abd-El-Khalick, F. 1997. Developing and acting upon one's conception of science: The reality of teacher preparation. Dokumentti on esitelty Association for the Education of Teachers in Science (AETS) -järjestön tapaamisessa.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. ja Lederman, N. G. 2003. Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching* 40(5):487–509.
- Bell, R. L., Lederman, N. G. ja Abd-El-Khalick, F. 2000. Developing and acting upon one's conception of the nature of science: A follow-up study. *Journal of research in science teaching* 37(6):563–581.
- Bell, R. L., Matkins, J. J. ja Gansneder, B. M. 2011. Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 48(4):414–436.
- Billeh, V. Y. ja Hasan, O. E. 1975. Factors affecting teachers' gain in understanding the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 12(3):209–219.
- Brickhouse, N. W. 1989. The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: Case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education* 11(4):437–449.
- Brickhouse, N. W. 1990. Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of teacher education* 41(3):53–62.
- Brown, John Seely, Collins, Allan ja Duguid, Paul 1989. Situated cognition and the culture of learning. *Educational researcher* 18(1):32–42.
- Brush, S. G. 1989. History of science and science education. *Interchange* 20(2):60–70.
- Carey, L. R. ja Stauss, A. N. 1968. An analysis of the understanding of the nature of science by prospective secondary science teachers. *Science Education* 52:358–363.
- Carey, L. R. ja Stauss, A. N. 1970. An analysis of experienced science teachers' understanding of the nature of science. *School Science and Mathematics* 70:366–376.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. ja Unger, C. 1989. 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education* 11(5):514–529.
- Cawthron, E. R. ja Rowell, J. A. 1978. Epistemology and Science Education. *Studies*

- in *Science Education* 5(1):31–59.
- Clough, M. P. 2006. Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education* 15(5):463–494.
- Coburn, W. W. 1989. A comparative analysis of NOSS profiles on Nigerian and American preservice, secondary science teachers. *Journal of Research in Science Teaching* 26(6):533–541.
- Cooley, W. W. ja Klopfer, L. E. 1963. The evaluation of specific educational innovations. *Journal of Research in Science Teaching* 1(1):73–80.
- Council, National Research 2012. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press, Washington, DC.
- Craven, J. A., Hand, B. ja Prain, V. 2002. Assessing explicit and tacit conceptions of the nature of science among preservice elementary teachers. *International Journal of Science Education* 24(8):785–802.
- Cronin-Jones, L. L. 1991. Science teacher beliefs and their influence on curriculum implementation: Two case studies. *Journal of Research in Science Teaching* 28(3):235–250.
- DeBoer, G. E. 1991. *A History of Ideas in Science Education: Implications for Practice*. ERIC.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. ja Scott, P. 1996. *Young people's images of science*. McGraw-Hill International.
- Duit, R. ja Treagust, D. F. 2003. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International journal of science education* 25(6):671–688.
- Duschl, R. 2008. Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of research in education* 32(1):268–291.
- Duschl, R. A. ja Wright, E. 1989. A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of research in Science Teaching* 26(6):467–501.
- Elkana, Y. 1970. Science, Philosophy of Science and Science Teaching*. *Educational Philosophy and Theory* 2(1):15–35.
- Euroopan komissio 2013. Options for strengthening responsible research and innovation. Report of the expert group on the state of art in europe on responsible research and innovation European Union Luxembourg.
- Euroopan parlamentti ja neuvosto 2006. Euroopan parlamentin ja neuvoston suositus, annettu 18 päivänä joulukuuta 2006, elinikäisen oppimisen avaintaidoista. *Euroopan Unionin virallinen lehti* L 394.
- Feynman, R. 1964. Seeking New Laws - Chapter 6: How to Look for New Laws. [Videotiedosto]. Messenger -luentosarja Cornellin yliopistossa. Viitattu 9.12.2014 <http://research.microsoft.com/apps/tools/tuva/#data=4%7C4dbfe549-e795-47a0-bda2-9597fe5bb344%7C%7C>.

- Firestone, J. B., Wong, S. S., Luft, J. A. ja Fay, D. 2012. The Nature of Science or the Nature of Teachers: Beginning Science Teachers' Understanding of NOS. Teoksessa *Advances in Nature of Science Research* sivut 189–206. Springer.
- Flick, L. B. ja Lederman, N. 2006. *Scientific inquiry and nature of science : implications for teaching, learning, and teacher education*. Springer, Dordrecht.
- Gallagher, J. J. 1991. Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science education* 75(1):121–133.
- Garcia, C. 2006. *Popper's Theory of Science: An Apologia*. Continuum International Publishing, London, GBR.
- Gess-Newsome, J. 2002. The use and impact of explicit instruction about the nature of science and science inquiry in an elementary science methods course. *Science & Education* 11(1):55–67.
- Good, R. 2012. Why the Study of Pseudoscience Should Be Included in Nature of Science Studies. Teoksessa *Advances in Nature of Science Research* sivut 97–106. Springer.
- Grotzer, T. A., Miller, R. B. ja Lincoln, R. A. 2012. Perceptual, attentional, and cognitive heuristics that interact with the nature of science to complicate public understanding of science. Teoksessa *Advances in Nature of Science Research* sivut 27–49. Springer.
- Harlen, W. 1985. Introduction: Why science? What science. Teoksessa Harlen, W., toim., *Primary Science... Taking the Plunge. How to Teach Primary Science More Effectively*. sivut 1–8. ERIC.
- Haukoos, G. D. ja Penick, J. E. 1983. The influence of classroom climate on science process and content achievement of community college students. *Journal of Research in Science Teaching* 20(7):629–637.
- Hodson, D. 1985. Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education* 12(1):25–57.
- Hodson, D. 2014. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education* (ahead-of-print):1–20.
- Holbrook, J. ja Rannikmae, M. 2007. The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education* 29(11):1347–1362.
- Holbrook, J. ja Rannikmae, M. 2009. The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education* 4(3):275–288.
- Hollingsworth, S. 1989. Prior beliefs and cognitive change in learning to teach. *American Educational Research Journal* 26(2):160–189.
- Hyytiäinen, K. 2002. Perunalastut voivat aiheuttaa syöpää. *Taloussanommat*. Viitattu 10.12.2014 <http://www.taloussanommat.fi/arkisto/2002/06/28/perunalastut-voivat-aiheuttaa-syopaa/200230223/12>.
- Khishfe, R. ja Abd-El-Khalick, F. 2002. Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of research in science teaching* 39(7):551–578.

- King, B. B. 1991. Beginning teachers' knowledge of and attitudes toward history and philosophy of science. *Science education* 75(1):135–141.
- Kucuk, M. 2008. Improving preservice elementary teachers' views of the nature of science using explicit-reflective teaching in a science, technology and society course. *Australian Journal of Teacher Education* 33(2):1.
- Lakin, S. ja Wellington, J. 1994. Who will teach the 'nature of science'?: teachers' views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education* 16(2):175–190.
- Laugksch, R. C. 2000. Scientific literacy: A conceptual overview. *Science education* 84(1):71–94.
- Lavach, J. F. 1969. Organization and evaluation of an in-service program in the history of science. *Journal of Research in Science Teaching* 6(2):166–170.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Kim, B. S. ja Ko, E. K. 2012. Teaching and learning of nature of science and scientific inquiry: Building capacity through systematic research-based professional development. Teoksessa *Advances in nature of science research* sivut 125–152. Springer.
- Lederman, N., Wade, P. ja Bell, R. L. 2002a. Assessing Understanding of the Nature of Science: A Historical Perspective. Teoksessa McComas, W. F., toim., *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* osa 5 sarjasta *Science & Technology Education Library* sivut 331–350. Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G. 1986. Relating teaching behavior and classroom climate to changes in students' conceptions of the nature of science. *Science Education* 70(1):3–19.
- Lederman, N. G. 1992. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of research in science teaching* 29(4):331–359.
- Lederman, N. G. 1999. Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of research in science teaching* 36(8):916–929.
- Lederman, N. G. 2006. Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. Teoksessa *Scientific inquiry and the nature of science* sivut 301–317. Springer.
- Lederman, N. G. 2007. Nature of Science: Past, Present, and Future. Teoksessa Abell, S. K. ja Lederman, N. G., toim., *Handbook of research on science education* sivut 831–879. Psychology Press.
- Lederman, N. G. ja Abd-El-Khalick, F. 1998. Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. Teoksessa McComas, W. F., toim., *The nature of science in science education : rationales and strategies* sivut 83–126. Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. ja Schwartz, R. S. 2002b. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of research in science teaching* 39(6):497–521.

- Lederman, N. G. ja Zeidler, D. L. 1987. Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? *Science Education* 71(5):721–734.
- Lehtinen, E., Kuusinen, J. ja Vauras, M. 2007. *Kasvatuspsykologia*. WSOY Oppimateriaalit 2. uudistettu painos.
- Lemke, J. L. 1990. *Talking science: Language, learning, and values*. ERIC.
- Linn, M. C. ja Songer, N. B. 1993. How do students make sense of science? *Merrill-Palmer Quarterly* (1982-) sivut 47–73.
- Loucks-Horsley, S. ja Olson, S., toim. 2000. *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. The National Academies Press, Washington, DC.
- Luoto, M. ja Lappalainen, M. 2006. *Opetussuunnitelmaprosessit yliopistoissa. Korkeakoulujen arviointineuvoston julkaisuja n:o 10*. Korkeakoulun arviointineuvosto. Viitattu 4.12.2014 http://www.finheec.fi/files/146/KKA_1006.pdf.
- Martin, M. 1985. *Concepts of science education: A philosophical analysis*. University Press of America.
- Matthews, M. R. 1994. *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Psychology Press.
- Matthews, M. R. 1998. In defense of modest goals when teaching about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 35(2):161–174.
- Matthews, M. R. 2012. Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). Teoksessa *Advances in nature of science research* sivut 3–26. Springer.
- McComas, W. F. 1998. *The nature of science in science education : rationales and strategies*. Science & technology education library ; v. 5. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- McComas, W. F., Clough, M. P. ja Almazroa, H. 2002. The role and character of the nature of science in science education. Teoksessa McComas, W. F., toim., *The nature of science in science education* sivut 3–39. Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F. ja Olson, J. K. 2002. *The nature of science in international science education standards documents* sivut 41–52. The nature of science in science education. Springer.
- McDonald, C. V. 2010. The influence of explicit nature of science and argumentation instruction on preservice primary teachers' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 47(9):1137–1164.
- Mellado, V. 1997. Preservice teachers 'classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education* 6(4):331–354.
- Miller, P. E. 1963. A comparison of the abilities of secondary teachers and students of biology to understand science. *Proceedings of the Iowa Academy of Science* sivut 510–513.
- Moss, D. M. 2001. Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education* 23(8):771–790.
- National Society for the Study of Education 1960. *Rethinking Science Education*

- *The Fifty-ninth Yearbook of the National Society for the Study of Education - Part I*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Norris, S. P. ja Phillips, L. M. 2003. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science education* 87(2):224–240.
- Nott, M. ja Wellington, J. 2002. A programme for developing understanding of the nature of science in teacher education. Teoksessa *The nature of science in science education* sivut 293–313. Springer.
- Nye, D. E. 2006. *Technology Matters: Questions to Live with*. MIT Press.
- O., Herrala 2013. Biohitin huima väite: Jogurtissa syöpäriski. *Kauppalehti*. Viitattu 10.12.2014 <http://www.kauppalehti.fi/etusivu/biohitin+huima+vaite+jogurtissa+syopariski/201301343355>.
- Ogunniyi, M. B. 1983. Relative effects of a history/philosophy of science course on student teachers' performance on two models of science. *Research in Science & Technological Education* 1(2):193–199.
- Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto 2010. Opettajankoulutuslaitoksen opetussuunnitelma 2010-2013. Viitattu 19.10.2014 https://www.jyu.fi/edu/laitokset/okl/opiskelu/luokanopettajakoulutus/luoko_ops_2010_13.
- Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto 2012. Opettajankoulutuslaitoksen opetusohjelma 2012-2013. Viitattu 19.10.2014 https://www.jyu.fi/edu/laitokset/okl/opiskelu/luokanopettajakoulutus/luoko_ops_2010_13.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014. *Suomi tiedekasvatuksessa maailman kärkeen 2020. Ehdotus lasten ja nuorten tiedekasvatuksen kehittämiseksi*. Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2014:17. Viitattu 5.12.2014 <http://www.minedu.fi/OPM/Julkaisut/2014/tiedekasvatus.html>.
- Opetushallitus 2004. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammalan kirjapaino Oy, Vammala. Viitattu 5.12.2014 http://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf.
- Opetushallitus 2012. *Opetussuunnitelma opettajakoulutuksessa: Opetussuunnitelman käsittely opettajakoulutusten opetussuunnitelmissa*. Edita Prima. Viitattu 3.12.2014 http://www.oph.fi/download/141692_Opetussuunnitelma_opettajakoulutuksessa.PDF.
- Opetushallitus 2014. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2016 - Luonnos 19.9.2014*. Viitattu 1.12.2014 <http://www.oph.fi/ops2016/perusteluonnokset>.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. ja Duschl, R. 2003. What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of research in science teaching* 40(7):692–720.
- Osborne, R. 1985. Children's own concepts. Teoksessa Harlen, W., toim., *Primary Science... Taking the Plunge. How to Teach Primary Science More Effectively*. sivut 75–91. ERIC.
- Perkins, D. N. ja Salomon, G. 1989. Are cognitive skills context-bound? *Educational researcher* 18(1):16–25.
- Poincaré, H. 1913/2010. *The Foundations of Science*. The Science

- Press, Garrison, NY. Viitattu 10.12.2014 <https://archive.org/stream/foundationsscie01poingoog#page/n0/mode/2up>.
- Popper, K. 1963/1995. *Arvauksia ja kumoamisia. Suom. E. Eerola.* Gaudemus, Tammer-Paino Oy, Tampere.
- Renn, J. ja Schemmel, M. 2012. Theories of Gravitation in the Twilight of Classical Physics. Teoksessa Lehner, C., Renn, J. ja Schemmel, M., toim., *Einstein and the Changing Worldviews of Physics* sivut 1–22. Birkhäuser, Boston.
- Robinson, J. T. 1969. Philosophy of science: Implications for teacher education. *Journal of Research in Science Teaching* 6(1):99–104.
- Roth, K. J., Anderson, C. W. ja Smith, E. L. 1987. Curriculum materials, teacher talk and student learning: case studies in fifth grade science teaching. *Journal of Curriculum Studies* 19(6):527–548.
- Rowell, J. A. ja Cawthron, E. R. 1982. Images of science: an empirical study. *European Journal of Science Education* 4(1):79–94.
- Ryan, A. G. ja Aikenhead, G. S. 1992. Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education* 76(6):559–580.
- Scharmann, L. C., Smith, M. U., James, M. C. ja Jensen, M. 2005. Explicit reflective nature of science instruction: Evolution, intelligent design, and umbrellaology. *Journal of Science Teacher Education* 16(1):27–41.
- Schmidt, D. J. 1967. Test on understanding science: A comparison among school groups. *Journal of Research in Science Teaching* sivut 365–366.
- Schwartz, R. ja Lederman, N. 2008. What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education* 30(6):727–771.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. ja Crawford, B. A. 2004. Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science education* 88(4):610–645.
- Scott, P. 1998. Teacher talk and meaning making in science classrooms: A Vygotskian analysis and review.
- Shapin, S. 1992. Why the public ought to understand science-in-the-making. *Public Understanding of Science* 1(1):27–30.
- Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C. ja Hennessey, M. G. 2000. Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction* 18(3):349–422.
- Sormunen, K. 2004. *Seitsemäsluokkalaisten episteemiset nkemykset luonnontieteiden opiskelun yhteydessä.* Joensuun yliopiston kasvatustieteellisiä julkaisuja. Joensuun yliopisto.
- Southerland, S. A., Golden, B. ja Enderle, P. 2012. The bounded nature of science: An effective tool in an equitable approach to the teaching of science. Teoksessa *Advances in Nature of Science Research* sivut 75–96. Springer.
- Spellman, F. R. ja Price-Bayer, J. 2010. *In Defense of Science: Why Scientific Literacy Matters* osa 8. Government Institutes.

- Suppe, F. 1977. *The structure of scientific theories*. University of Illinois Press.
- Taber, K. S. 2001. The mismatch between assumed prior knowledge and the learner's conceptions: a typology of learning impediments. *Educational Studies* 27(2):159–171.
- Taber, K. S. 2005. Learning quanta: Barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. *Science Education* 89(1):94–116.
- Taber, K. S. 2012. The natures of scientific thinking: Creativity as the handmaiden to logic in the development of public and personal knowledge. Teoksessa *Advances in Nature of Science Research* sivut 51–74. Springer.
- Thye, T. L. ja Kwen, B. H. 2004. Assessing the nature of science views of Singaporean pre-service teachers. *Australian Journal of Teacher Education* 29(2):1.
- Tobin, K. ja McRobbie, C. J. 1997. Beliefs about the nature of science and the enacted science curriculum. *Science & Education* 6(4):355–371.
- Torvinen, P. 2014. Kilon määritelmä muuttuu. *Helsingin Sanomat*. Viitattu 5.12.2014 <http://www.hs.fi/tiede/a1416109841102>.
- Trent, J. 1965. The attainment of the concept “understanding science” using contrasting physics courses. *Journal of Research in Science Teaching* 3(3):224–229.
- Urhahne, D., Kremer, K. ja Mayer, J. 2011. Conceptions of the nature of science—are they general or context specific? *International Journal of Science and Mathematics Education* 9(3):707–730.
- Waters-Adams, S. 2006. The relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education* 28(8):919–944.
- Waxer, M. ja Morton, J. B. 2012. Cognitive Conflict and Learning. Teoksessa Seel, N. M., toim., *Encyclopedia of the Sciences of Learning* sivut 585–587. Springer US.
- Windschitl, M. 2003. Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science education* 87(1):112–143.
- Yager, R. E. 1966. Teacher effects upon the outcomes of science instruction. *Journal of Research in Science Teaching* 4(4):236–242.
- Zeidler, D. L. ja Lederman, N. G. 1989. The effect of teachers' language on students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 26(9):771–783.
- Zittel, C., toim. 2008. *Philosophies of technology : Francis Bacon and his contemporaries*. Brill, Leiden.

Liitteet

Liite 1: Alkuperäiset, englanninkieliset versiot NoS-viitekehyksen teemoista

Liite 2: Käytetty alkuperäinen ja loppukyselylomake: suomennettu VNOS-B (ilman vastaus-tilaa)

Liite 3: Fortunapeli-työn työkortti

Liite 4: Reikäkortti-työn työkortti

Liite 5: Luokanopettajaopintojen ajoitus

Liite 6: POM-opintojen ajoitus

Liite 1: Alkuperäiset, englanninkieliset versiot NoS-viitekehyksen teemoista

Esitellään Ledermanin ym. (2002b) perus- ja toisen asteen koulutukseen sopivien luonnontieteellisen tiedon luonteen teemojen alkuperäiset määritelmät.

The Tentative Nature of Scientific Knowledge – Tentatiivisuus

Scientific knowledge, although reliable and durable, is never absolute or certain. This knowledge, including facts, theories, and laws, is subject to change. Scientific claims change as new evidence, made possible through advances in thinking and technology, is brought to bear on these claims, and as extant evidence is reinterpreted in the light of new theoretical advances, changes in the cultural and social spheres, or shifts in the directions of established research programs. Tentativeness in science does not arise solely from the fact that scientific knowledge is inferential, creative, and socially and culturally embedded. There are compelling logical arguments that lend credence to the notion of tentativeness. Indeed, contrary to common belief, scientific hypotheses, theories, and laws can never be absolutely proven irrespective of the amount of supporting empirical evidence (Popper, 1963). For example, to be proven, a law should account for every instance of the phenomenon it purports to describe. It can logically be argued that one such future instance, of which we have no knowledge whatsoever, may behave in a manner contrary to what the law states. Thus, the law can never acquire an absolutely proven status. This equally holds in the case of theories.

The Empirical Nature of Scientific Knowledge – Empiirisuus

Science is at least partially based on observations of the natural world, and “sooner or later, the validity of scientific claims is settled by referring to observations of phenomena” (AAAS, 1990, p. 4). However, scientists do not have direct access to most natural phenomena. Observations of nature are always filtered through our perceptual apparatus and/or intricate instrumentation, interpreted from within elaborate theoretical frameworks, and almost always mediated by a host of assumptions that underlie the functioning of scientific instruments.

Students should be able to distinguish between observation and inference. Observations are descriptive statements about natural phenomena that are directly accessible to the senses (or extensions of the senses) and about which observers can reach consensus with relative ease. For

example, objects released above ground level tend to fall to the ground. By contrast, inferences are statements about phenomena that are not directly accessible to the senses. For example, objects tend to fall to the ground because of gravity. The notion of gravity is inferential in the sense that it can be accessed and/or measured only through its manifestations or effects, such as the perturbations in predicted planetary orbits due to interplanetary attractions, and the bending of light coming from the stars as its rays pass through the sun's gravitational field. An understanding of the crucial distinction between observation and inference is a precursor to making sense of a multitude of inferential and theoretical entities and terms that inhabit the worlds of science. Examples of such entities include atoms, molecular orbitals, species, genes, photons, magnetic fields, and gravitational forces (Hull, 1998, p. 146).

The Theory-laden Nature of Scientific Knowledge – Teoriasidonnaisuus

Scientific knowledge is theory-laden. Scientists' theoretical and disciplinary commitments, beliefs, prior knowledge, training, experiences, and expectations actually influence their work. All these background factors form a mindset that affects the problems scientists investigate and how they conduct their investigations, what they observe (and do not observe), and how they interpret their observations. This (sometimes collective) individuality or mindset accounts for the role of theory in the production of scientific knowledge. Contrary to common belief, science never starts with neutral observations (Popper, 1992). Observations (and investigations) are always motivated and guided by, and acquire meaning in reference to questions or problems, which are derived from certain theoretical perspectives.

The Creative and Imaginative Nature of Scientific Knowledge – Ihmislähtöisyys

Science is empirical. The development of scientific knowledge involves making observations of nature. Nonetheless, generating scientific knowledge also involves human imagination and creativity. Science, contrary to common belief, is not a lifeless, entirely rational, and orderly activity. Science involves the invention of explanations and theoretical entities, which requires a great deal of creativity on the part of scientists. The leap from atomic spectral lines to Bohr's model of the atom with its elaborate orbits and energy levels is an example. This aspect of science,

coupled with its inferential nature, entails that scientific entities such as atoms and species are functional theoretical models rather than faithful copies of reality.

Scientific Theories and Laws – Tieteellinen teoria ja laki

Scientific theories are well-established, highly substantiated, internally consistent systems of explanations (Suppe, 1977). Theories serve to explain large sets of seemingly unrelated observations in more than one field of investigation. For example, the kinetic molecular theory serves to explain phenomena related to changes in the physical states of matter, the rates of chemical reactions, and other phenomena related to heat and its transfer. More important, theories have a major role in generating research problems and guiding future investigations. Scientific theories are often based on a set of assumptions or axioms and posit the existence of nonobservable entities. Thus, theories cannot be directly tested. Only indirect evidence can be used to support theories and establish their validity. Scientists derive specific testable predictions from theories and check them against tangible data. An agreement between such predictions and empirical evidence serves to increase the level of confidence in the tested theory. Closely related to the distinction between observation and inference is the distinction between scientific theories and laws. In general, laws are descriptive statements of relationships among observable phenomena. Boyle's law, which relates the pressure of a gas to its volume at a constant temperature, is a case in point. Theories, by contrast, are inferred explanations for observable phenomena or regularities in those phenomena. For example, the kinetic molecular theory serves to explain Boyle's law. Students often (a) hold a simplistic, hierarchical view of the relationship between theories and laws whereby theories become laws depending on the availability of supporting evidence; and (b) believe that laws have a higher status than theories. Both notions are inappropriate. Theories and laws are different kinds of knowledge and one does not become the other. Theories are as legitimate a product of science as laws.

The Social and Cultural Embeddedness of Scientific Knowledge – Sosio-kulttuurinen sidonnaisuus

Science as a human enterprise is practiced in the context of a larger culture and its practitioners are the product of that culture. Science, it

follows, affects and is affected by the various elements and intellectual spheres of the culture in which it is embedded. These elements include, but are not limited to, social fabric, power structures, politics, socio-economic factors, philosophy, and religion. Telling the story of hominid evolution, which is central to the biosocial sciences, may illustrate how social and cultural factors affect scientific knowledge. Scientists have formulated differing storylines about hominid evolution. Until recently, the dominant story was centered on the man-hunter and his crucial role in human evolution (Lovejoy, 1981), a scenario consistent with the White male culture that dominated scientific circles until the early 1970s. As feminist scientists achieved recognition in science, the story about hominid evolution started to change. One story more consistent with a feminist approach is centered on the femalegatherer and her central role in the evolution of humans (Hrdy, 1986). Both storylines are consistent with the available evidence.

Myth of The Scientific Method – Tieteellisen metodin harha

One of the most widely held misconceptions about science is the existence of the scientific method. The modern origins of this misconception may be traced to Francis Bacon's *Novum Organum* (1620/1996), in which the inductive method was propounded to guarantee "certain" knowledge. Since the 17th century, inductivism and several other epistemological stances that aimed to achieve the same end (although in those latter stances the criterion of certainty was either replaced with notions of high probability or abandoned altogether) have been debunked, such as Bayesianism, falsificationism, and hypothetico-deductivism (Gillies, 1993). Nonetheless, some of those stances, especially inductivism and falsificationism, are still widely popularized in science textbooks and even explicitly taught in classrooms. The myth of the scientific method is regularly manifested in the belief that there is a recipelike stepwise procedure that all scientists follow when they do science. This notion was explicitly debunked: There is no single scientific method that would guarantee the development of infallible knowledge (AAAS, 1993; Bauer, 1994; Feyerabend, 1993; NRC, 1996; Shapin, 1996). It is true that scientists observe, compare, measure, test, speculate, hypothesize, create ideas and conceptual tools, and construct theories and explanations. However, there is no single sequence of activities (prescribed or otherwise) that will unerringly lead them to functional or valid solutions or answers, let alone certain or true knowledge.

Liite 2: Käytetty alku- ja loppukyselylomake: suomennettu VNOS-B (ilman vastaustilaa)

VNOS (B)

Nimi(tai nimimerkki, jota käytät läpi POM11YL -kurssin): _____

Päivämäärä:

Vastaa seuraaviin kysymyksiin. Niihin ei ole olemassa oikeita tai väriä vastauksia, meitä kiinnostaa mitä sinä ajattelet luonnontieteen luonteesta. Voit jatkaa vastauksiasi paperien kääntöpuolelle.

Instructions: Answer the following questions, using the back of the page if you need more space. Please note that there are no “right” or “wrong” answers to these questions. I am simply interested in your views of a number of issues about science.

1. Kun tieteentekijät ovat kehittäneet tieteellisen teorian (esim. atomiteoria, kinettinen kaasuteoria, soluteoria, ...), säilyykö tämä teoria samana vai muuttuuko se? Jos ajattelet, että tieteelliset teoriat eivät muutu, selitä esimerkkien avulla miksi. Jos ajattelet, että teoriat muuttuvat: (a) Selitä miksi. (b) Selitä miksi kannattaa opettaa ja oppia tieteellisiä teorioita. Mainitse esimerkkejä.

After scientists have developed a theory (e.g., atomic theory, kinetic molecular theory, cell theory), does the theory ever change? If you believe that scientific theories do not change, explain why and defend your answer with examples. If you believe that theories do change: (a) Explain why. (b) Explain why we bother to teach and learn scientific theories. Defend your answer with examples.

2. Oppikirjoissa atomi esitetään usein positiivisesti varatuista hiukkasista (protonit) ja neutraaleista hiukkasista (neutronit) koostuvana ytimenä, jota kiertää negatiivisesti varattuja hiukkasia (elektroneja). Kuinka varmoja tieteentekijät ovat atomin rakenteesta? Millaisia todisteita tieteentekijät ovat käyttäneet määrittääkseen atomin rakenteen?

Science textbooks often represent the atom as a central nucleus composed of positively charged particles (protons) and neutral particles (neutrons) with negatively charged particles (electrons) orbiting the nucleus. How certain are scientists about the structure of the atom? What specific evidence do you think scientists used to determine the structure of the atom?

3. Onko tieteellisellä teorialla ja tieteellisellä lailla eroa? Selvennä vastaustasi esimerkillä.

Is there a difference between a scientific theory and a scientific law? Give an example to illustrate your answer.

4. Mitä yhteistä ja mitä eroa on luonnontieteellä ja taiteella?

How are science and art similar? How are they different?

5. Luonnontieteilijät ratkovat kysymyksiä tekemällä kokeita ja tutkimuksia. Voivatko he käyttää luovuutta ja mielikuvitusta suunnitteluvaiheen jälkeen, kokeen tai tutkimuksen aikana? Perustele vastauksesi sopivien esimerkkien avulla.

Scientists perform experiments/investigations when trying to solve problems. Other than in the stage of planning and design, do scientists use their creativity and imagination in the process of performing these experiments/investigations? Please explain your answer and provide appropriate examples.

6. Onko luonnontieteellisellä tiedolla ja mielipiteellä eroa? Perustele vastauksesi esimerkillä.

Is there a difference between scientific knowledge and opinion? Give an example to illustrate your answer.

7. Viime aikoina tähtitieteilijät ovat olleet eri mieltä maailmankaikkeuden tulevaisuudesta. Jotkut ajattelevat, että maailmankaikkeus laajenee, jotkut, että se kutistuu, ja jotkut ettei tapahdu kumpaakaan, vaan että se pysyy samankokoisena. Miten näin erilaisia päätelmiä voi tehdä samoista kokeista saadusta tutkimusaineistosta?

In the recent past, astronomers differed greatly in their predictions of the ultimate fate of the universe. Some astronomers believed that the universe is expanding while others believed that it is shrinking, still others believed that the universe is in a static state without any expansion or shrinkage. How were these different conclusions possible if the astronomers were all looking at the same experiments and data?

Liite 3: Fortunapeli-työn työkortti

Luonnontieteellisen tiedon luonteen tutkiminen (NoS) Fortunapelin avulla

Nimi: _____ Ryhmä: _____ Pvm _____

Tutustu Fortuna-laitteeseen älä kuitenkaan kurki kannen (pyöreä levy päällä) alle: Siinä on muoviputki, josta voi tiputtaa (ampua) erilaisia kuulia jotka sitten törmäävät kannen alla olevaan palikkaan (näytteeseen), jonka asentoa voidaan muuttaa siipimutterista pyörittämällä. Suunnat, joihin kuulat kimpoavat törmäyksen jälkeen voidaan lukea ulommalta asteikolta.

Tehtävänäsi on tutkia epäsuorasti, ”sokkona”, mitä kannen alla oleva tuntematon ”näyte” sisältää.

- 1.) Mieti aluksi, mitä tutkimuskysymys tarkoittaa. Mitä asioita sisällöstä (näkemättä) voi tutkia ja miten? Mistä näistä asioista saadaan tietoa ampumalla näytettä kuulilla?

Kannen alla näkymättömissä olevasta näytteestä voidaan tutkia sen

Alleiviivaa ne asiat joita voidaan tutkia kuulilla ampumalla.

Mitä asioita kuulilla-ampumistutkimuksessa voidaan muuttaa? Mitä voidaan mitata? Millaista tietoa näin saadaan?

Muutettava asia	Mitattava asia	Mitä tietoa saadaan?

Muutettava asia	Mittattava asia	Mitä tietoa saadaan?

2) Köyhällä tieteentekijällä ei ole käytössään kuin kaksi ammusta (tai voit myös ajatella, että näyte hajoaa kahdesta osumasta) Suunnittele ja tee koe. Millaista tietoa saat näytteestä?

Tila kuville:

3) Tutkimustuloksesi perusteella sinulle myönnetään tutkimusapuraha (ja mittaustekniikka kehittyy hellävaraisemmaksi jolloin näyte kestää paremmin). Nyt sinulla on varaa ensin kolmeen ja sitten neljään ammukseen. Suunnittele ja tee kokeet. Miten tietosi näytteestä kehittyi?

Kolme ammusta:

Tila kuville

Neljä ammusta:

Tila kuville

4) Tutkimuksesi edistyy, mutta milloin loppuu rahantarpeesi tai mittaustekniikan kehittämistarpeesi: kuinka monta ammusta on tarpeeksi, jotta tietäisit jotain näytteestä varmasti?

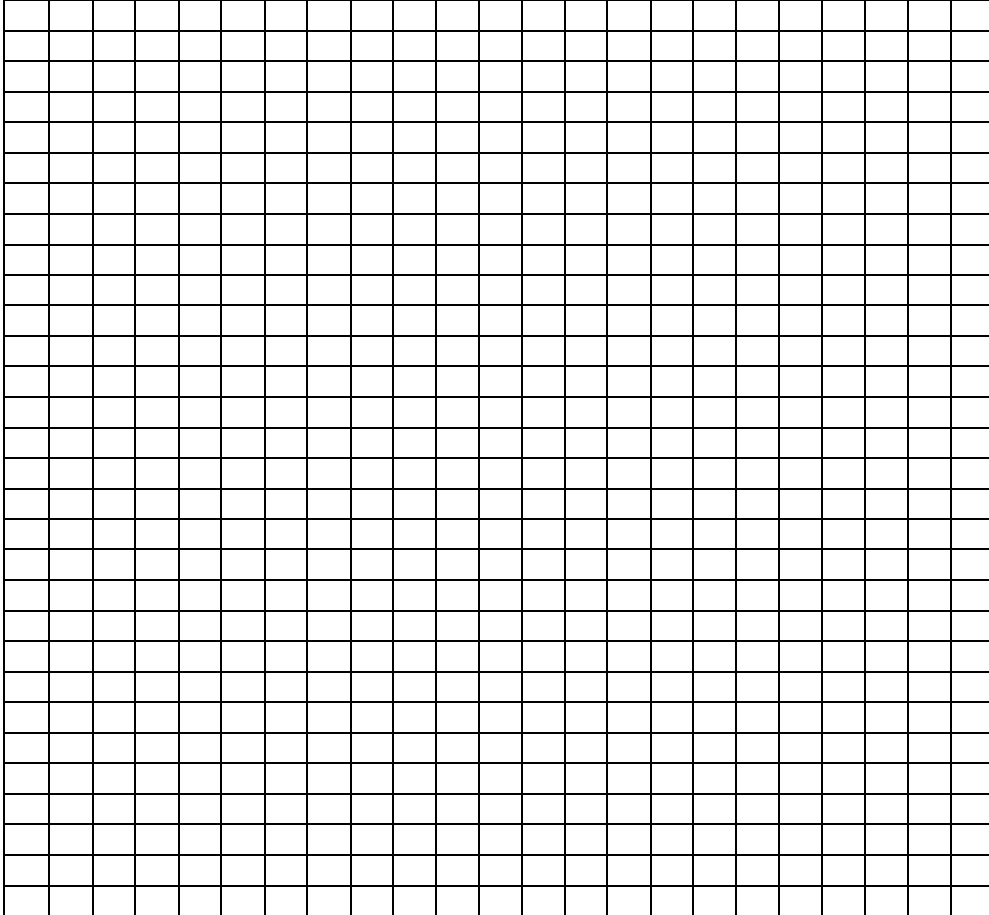
Tee edellisten mallien mukaisia ennusteita näytteelle ja testaa niitä.

Ennuste ja perustelu sille	Havainto	Vertailu

Tilaa kuville:

Jatka tutkimuksiasi vapaasti: suunnittele mittaukset ja kirjaa tulokset ylös seuraavalle sivulle. Voit piirtää myös kuvia. Mieti voitko tehdä samasta aineistosta erilaisia tulkintoja mm. kappaleen muodon ja pinnan sileyden suhteen. Millaisilla tutkimuksilla voisit tukea vain yhtä tulkintaa?

Mittauspöytäkirja



Voitko tehdä tästä aineistosta erilaisia tulkintoja? Perustele. Jos voit, niin millaisia tulkintoja?

5) Tieteelliset lait ovat kokeellisesti havaittuja säännönmukaisuuksia, jotka ilmaisevat, että jokin tietty ilmiö ilmenee aina, kun tietyt ehdot täyttyvät. Miten kuulat kimpoavat pinnasta (suunta)? Millaisia ehtoja pitää olla voimassa jos käytät tällaista lakia?

Tieteellinen teoria selittää havainnot, miksi näin käy. Keeksi selitys (teoria) sille miksi kuulat kimpoavat edellisen kohdan lain mukaisesti?

Tila kuville:

7) Käytitkö kokeiden suorittamisessa ja mittausten tulkinnassa mielikuvitusta ja luovuutta? Jos, niin millaista ja oliko siitä hyötyä vai haittaa? Jos et, niin olisitko voinut käyttää?

Kerro kokemuksiasi ja mielipiteitäsi tästä tutkimuksesta.

Mielipide	Kokemus

Miten eri sarakkeiden ajatukset poikkeavat toisistaan?

Liite 4: Reikäkortti-työn työkortti

Luonnontieteen luonteen (NoS) tutkiminen kohokuviomallin avulla (4h ryhmiä+paritöitä)

Nimi(merkki): _____ Ryhmä: _____ Pvm _____

Suunnittele yksinkertainen kuvio, jonka voit pistellä esim. kynällä, hammastikulla, harpilla tms. paperille muille tunnusteltavaksi. Voit käyttää pisteinä nystyröitä tai kuoppia riippuen siitä kummalta puolelta paperia lävistät pisteen. Älä näytä kuviota muille. Pistele kuvio kortille, jonka myös pidät piilossa muiden katseilta. Laita kohokuvio kirjekuoreen tai paperin sisälle piiloon. Vaihtakaa kuoria naapuriryhmäläisten kanssa.

- 0) Mitä asioita ajattelit kuviota suunnitellessasi? Alleviivaa tieteeseen liittyvät yhtenäisellä, taiteeseen liittyvät katko- ja teknologiaan liittyvät asiat kiharaviivalla.

Avaa saamasi kuori pöydän alla ja tutki kohokuviota tunnustelemalla sitä sormella. Piirrä kuva tutkimukseksi perusteella. Sulje kohokuvio takaisin kuoreen. Älä näytä kohokuviota äläkä piirrostasi parillesi.

Kuva:

Vaihda kuoria parisi kanssa. Toista edellisen kohdan tutkimus uudelle kohokuvioille.

Kuva:

- 1) Vertaillkaa piirroksianne (tutkimustulosten esitys) alkuperäisiin kohokuvioihin (näyte). Miten luonnontieteellisen tutkimuksen tulos vastaa todellista luontoa?

- 2) Vertaillkaa piirroksianne samasta kohokuvioista keskenään. Mitä eroja ja mitä yhtäläisyyksiä tulkinnoissanne on? Miksi samasta kohteesta saadaan erilaisia tutkimustuloksia?

Jatka tutkimusta teippaamalla sormesi, tekemällä esim. sinitarrasta terävä kärki ja tunnustelemalla kohokuvioita hammastikulla, langanpätkällä, pumpulitupolla, jne.

Miten nämä apuvälineet vaikuttavat mittauksen laatuun. Vertaa paljaaseen sormeen.

Väline	Oikein huono	Huono	Menettelee	Hyvä	Oikein hyvä	Huom *) sivun alas
Sormi						
Teippi						
Sinitarra						
Hammastikku						
Lanka						
Pumpuli						

- 3) Voiko tutkimuksesi perusteella tieteellinen tieto muuttua ja uudistua? Perustele.

Huomioita *)

Tutki vielä alkuperäistä kohokuviota ja tunnustelemalla tuotettua piirrosta siitä. Millainen tieto tai millaisissa tilanteissa on tunnustelemalla saatu tieto parempaa ja milloin huonompaa kuin silmillä saatu tieto?

Hankittu tieto tai tilanne	Silmillä	Tunnustelemalla

- 4) Mistä tiedemiehet, opettajat tai oppikirjailijat tietävät miltä esim. atomi "näyttää" ja kuinka varmoja voivat olla siitä?

Oletetaan nyt, että sinulla olisi atomin levyinen "tikku" (pötkö atomeja), jota voisit ohjata ja paikkaa mitata äärettömän tarkasti. Kuvittele, millainen olisi kuva nuppineulan kärjestä, jonka voisit tällä laitteella tunnustelemalla tuottaa:

Piirrä kuvitteellinen kuva, Mittakaava on 10 atomin kokoa x 10 atomin kokoa:

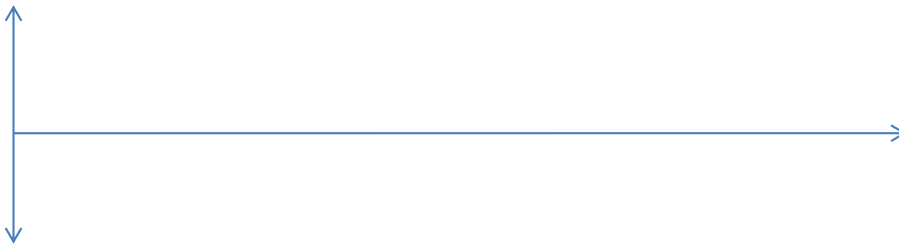
Alla oleva taulukko on tieteellisen kokeen tulos:

Aika (s)	0	1	2	3	4	5	6
Paikka (m)	0	0	0	0	0	0	0

Tulkitse tulosta kahdella tavalla:

- a) Varaani makaa auringossa
- b) Heiluri liikkuu kellossa

Piirrä pisteet ja molemmat kuvaajat (a yhtenäisellä ja b katkoviivalla) alla olevaan koordinaatistoon:



5) Miksi samasta tuloksesta voidaan tehdä erilaisia tulkintoja?

6) Mitä muuta tilannetta tulos voisi kuvata? Millaisella mittauksella saisit tuloksiin eroa?

7) Missä kohdin tutkimuksiasi käytit mielikuvitusta ja miten?

Liite 5: Luokanopettajaopintojen ajoitus

OPINTOKOKONAISUUDET JA SISÄLTÖPOLUT	KK-TUTKINTO			KM-TUTKINTO		Yhteensä
	1. LV	2. LV	3. LV	4. LV	5. LV	
Kasvatustieteen juonteet	5 op			3 op* + 3 op*		8 op + 3 op
Kasvatuksen kulttuurinen perusta (<i>kasvatushistoria, -filosofia ja -antropologia</i>)	5 op	3op + 4 op			3 op + 3 op	15 op + 3 op
Kehitys ja kasvuympäristöt (<i>kasvatuspsykologia</i>)	5 op	3 op		3 op + 3 op		11 op + 3 op
Kouluyhteisö ja yhteiskunta (<i>kasvatussociologia</i>)	6 op	3 op	6 op	4 op + 3 op		19 op + 3op
Kasvun ja oppimisen ohjaaminen (<i>oppimisen ohjaamisen teorit ja pedagogiikka</i>)	4 op		6 op	8 op	8 op	26 op
Ohjattu harjoittelu						
Tutkimusmenetelmäopinnot ja opinnäyte (<i>metodipolku</i>)			15 op	10 op + 3 op	35 op	60 op + 3 op
Yhteensä						136 op + 6 op
Muut kokonaisuudet						
Viestintä- ja orientoivat opinnot, (<i>viestintäpolku</i>)	11op	6 op	3 op		5 op	25 op
Sivuaineopinnot			25 op	25 op	10 op	60 op
Vapaasti valittavat opinnot **			KK-tutkinnossa 13 op	10 op***		13 op
Perusopetuksessa opettavien aineiden ja aihekon. monialaiset opinnot	60 op					60 op
Yhteensä	180 opintopistettä			120 opintopistettä		300 op
Seuraavat kokonaisuudet integroituvat kaikkiin opintoihin:						
Osallistavan kasvatuksen polku						
Monikulttuurisuuden polku						
Portfoliopolku						

* Pakolliset opinnot on merkitty lihavoiduin opintopistemäärin ja vapaavalintaiset tavallisella fontilla.

** Vapaasti valittaviksi opinnoiksi käyvät kaikki yliopistotasoiset opintojaksot tai -kokonaisuudet

*** Mikäli opiskelija tekee sivuaineopintoja yhteensä vain 50 op (ts. kaksi 25 opintopisteen laajuista sivuainekokonaisuutta aineopintotason 60 opintopisteen kokonaisuuden sijaan), vapaavalintaisia opintoja tulee suorittaa 10 op lisää.

Kuva 9: Jyväskylän Yliopiston luokanopettajakoulutuksen opintokokonaisuuksien ajoitus opetussuunnitelmassa vuosille 2010-2013 (Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän Yliopisto, 2010, 9)

Liite 6: POM-opintojen ajoitus

LUOKO 2012–2013
POM Ajoitustaulukko (pakolliset opintojaksot)
 Perusopetuksessa opetettävien aineiden ja aihekokonaisuuksien nomialaiset opinnot (60 op) lukuvuonna 2012–2013
 POM -opintoja tarjotaan seuraavasti 1. vuoden ja 2. vuoden opiskelijoille:

		KEVÄT			
		SYKSY		3. jaks	4. jaks
1. jaks	2. jaks	3. jaks	4. jaks	5. jaks	6. jaks
1. v u o s i	POM11JO Johdanto (POM11KU Kuvataide) musiikin soittinharjoittelu alkaa	POM11JO Johdanto (POM11KU Kuvataide)	POM11KU Kuvataide POM11MA Matematiikka yhdessä periodissa POM11MU Musiikki POM11US Uskonto	POM11KU Kuvataide POM11MA Matematiikka yhdessä periodissa POM11MU Musiikki POM11US Uskonto	POM11KU Kuvataide POM11HY Historia POM11MA Matematiikka yhdessä periodissa (Aihekokonaisuus Opiskelija voi valita ajankohdan) POM11MU Musiikki jatkuu
2. v u o s i	POM11AI Äidinkieli jatkuu koko lukuvuoden POM11YL Ympäristö- ja luonnontieto jatkuu koko lukuvuoden POM11LI Liikunta jatkuu koko lukuvuoden POM11MU Musiikki POM11KU Kuvataide POM11TS Tekstiilityö POM11TN Tekninen työ	POM11AI Äidinkieli POM11YL Ympäristö- ja luonnontieto POM11LI Liikunta POM11MU Musiikki	POM11AI Äidinkieli POM11YL Ympäristö- ja luonnontieto POM11LI Liikunta POM11US Uskonto	POM11AI Äidinkieli POM11YL Ympäristö- ja luonnontieto POM11LI Liikunta POM11EL Elämäntutkimustieto	POM11TS Tekstiilityö POM11TN Tekninen työ Aihekokonaisuus Opiskelija voi valita ajankohdan

Juliet -opiskelijan ja opiskelijan, joka aloittaa 1. opiskeluvuonna sivuaineen, POM -ajoitus on kolme vuotta

Kuva 10: Jyväskylän Yliopiston luokanopettajakoulutuksen POM-opintojen ajoitus lukuvuonna 2012-2013

(<https://www.jyu.fi/edu/laitokset/okl/opiskelu/luokanopettajakoulutus/pom-ajoitustaulukko-2012-2013> , tulostettu 19.10.2014)