

TIINA NEVANPÄÄ

*"Sillä vois olla jotain tekemistä
näitten kasvihuonekaasujen kanssa"*



**ILMASTONLÄMPENEMINEN
YLÄLUOKKALAISTEN KÄSITYKSISSÄ**



KOULUTUKSEN
TUTKIMUSLAITOS
JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Koulutuksen tutkimuslaitos
Tutkimuksia 17

*“Sillä vois olla jotain tekemistä näitten
kasvihuonekaasujen kanssa”*

ILMASTONLÄMPENEMINEN YLÄLUOKKALAISTEN KÄSITYKSISSÄ

TIINA NEVANPÄÄ

Esitetään Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan suostumuksella
julkisesti tarkastettavaksi Jyväskylän normaalikoulun auditoriossa
joulukuun 17. päivänä 2005 kello 12.



**KOULUTUKSEN
TUTKIMUSLAITOS**
JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO



TURUN YLIOPISTO

JULKAISUN MYYNTI:

Koulutuksen tutkimuslaitos

Asiakaspalvelu

PL 35

40014 Jyväskylän yliopisto

Puh. (014) 260 3220

Faksi (014) 260 3241

Sähköposti: ktl-asiakaspalvelu@ktl.jyu.fi

<http://www.ktl-julkaisukauppa.fi/>

© Tiina Nevanpää ja Koulutuksen tutkimuslaitos

Kansi ja ulkoasu: Martti Minkkinen

Taitto: Kaija Mannström

ISSN 1455-447X

ISBN 951-39-2346-0 (nid.), ISBN 978-951-39-3224-4 (pdf)

Jyväskylän yliopistopaino

Jyväskylä 2005

Sisältö

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	7
ESIPUHE	11
1 JOHDANTO	15
1.1 Tutkimuksen tausta	15
1.2 Tutkimustehtävä ja tutkimuksen tavoitteet	16
2 KONSTRUKTIVISMI JA KÄSITTEELLINEN MUUTOS	18
2.1 Konstruktivistinen oppiminen	18
2.2 Luonnontieteiden oppiminen käsitteellisenä muutoksena	21
2.2.1 Käsitteelliset tutkimuksen kohteena	21
2.2.2 Arkitieto, koulutieto ja tieteellinen tieto	23
2.2.3 Käsitteellinen muutos ja sen teorioita	25
2.2.4 Käsitteellisen muutoksen tukeminen	34
2.3 Tämän tutkimuksen teoreettiset lähtökohdat	38
3 ILMASTONLÄMPENEMINEN LUONNONTIETEELLISENÄ ESIMERKKI-ILMIÖNÄ.....	41
3.1 Ilmastonlämpenemisen eri ulottuvuudet	41
3.2 Ilmastonlämpeneminen oppilaiden käsityksissä	44
3.3 Ilmastonlämpenemiseen liittyvien virheellisten käsitysten muodostuminen	47
4 TUTKIMUKSEN EMPIIRINEN TOTEUTTAMINEN	50
4.1 Tutkimustehtävän jäsentyminen tutkimusongelmiksi	50
4.2 Tiedonkeruun strategiat	51
4.3 Tutkimuksen empiirinen jäsentyminen	53
4.4 Kohdejoukkojen kuvailu	54

4.5	Seitsemäsluokkalaisten lomakekyselyn toteutus ja aineisto	57
4.6	Yhdeksäsluokkalaisten oppimisjakson kuvaus	58
4.6.1	Oppimiselle asetetut tavoitteet	59
4.6.2	Oppimisjakson toteutus	61
4.6.3	Oppimisjakson aikana kerätty aineisto	63
4.7	Tutkimusaineiston analysointi	64
5	TUTKIMUKSEN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	69
5.1	Seitsemäsluokkalaisten arkikäsitukset ilmastonlämpenemisestä	69
5.2	Yhteenveto ilmastonlämpenemisen syistä ja seurauksista seitsemäsluokkalaisten käsityksissä	83
5.3	Yhdeksäsluokkalaisten arkikäsitukset ja tiedot ilmastonlämpenemisestä	87
5.4	Seitsemäsluokkalaisten ja yhdeksäsluokkalaisten käsitysten vertailu	94
5.5	Tietolähteet arkikäsitysten muodostamisen taustalla	96
5.6	Oppimisjaksolla tapahtuneet muutokset oppilaiden käsityksissä ja tiedoissa	97
5.7	Yhdeksäsluokkalaisten käsitykset ja tiedot ilmastonlämpenemisestä oppimisjakson jälkeen	111
5.7.1	Oppilaiden käsityksissä ja tiedoissa tapahtuneet muutokset kategorioittain	111
5.7.2	Yhteenveto yhdeksäsluokkalaisten käsityksissä ja tiedoissa tapahtuneista muutoksista	118
5.8	Ilmastonlämpenemisen tiedonmuodostus käsitteellisen muutoksen viitekehyksessä	121
6	TUTKIMUKSEN ARVIOINTI JA PÄÄTELMÄT	125
6.1	Tutkimusongelmiin vastaaminen	125
6.2	Tutkimuksen arviointia	128
6.3	Tutkimuksen merkitys luonnontieteiden opetukselle	140
6.4	Tutkimuksen teoreettinen merkitys ja jatkotutkimuksen aiheita	146
6.5	Päätössanat	149
	LÄHTEET	151
	LIITTEET	163

Nevanpää, T. 2005

**“Sillä vois olla jotain tekemistä näitten
kasvihuonekaasujen kanssa”
Ilmastonlämpeneminen yläluokkalaisten käsityksissä**

Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos. Tutkimuksia 17.

ISSN 1455-447X, ISBN 951-39-2346-0

Tiivistelmä

Tutkimuksessa tarkasteltiin suomalaisten yläluokkalaisten oppilaiden käsityksiä yhdestä abstraktista ja monitahoisesta luonnontieteellisestä ilmiöstä, ilmastonlämpenemisestä. Oppilaiden käsityksiä ja niiden muuttumista tarkasteltiin oppimisen ja opettamisen näkökulmasta. Oppilaiden arkikäsityksiä ja niiden eroja selvitettiin seitsemännellä ja yhdeksännellä luokalla, minkä lisäksi kartoitettiin oppilaiden tietolähteitä arkikäsitysten muodostamiseksi. Tutkimuksessa selvitettiin myös ilmastonlämpenemiseen liittyvän oppimisyksikön vaikutuksia yhdeksäsluokkalaisten käsityksiin ja tietoihin ilmastonlämpenemisestä.

Ilmastonlämpeneminen on luonnontieteellisesti ja yhteiskunnallisesti keskeinen ilmiö, josta oppilailla on usein virheellisiä tai puutteellisia käsityksiä. Oppilaiden käsitysten tuntemus on lähtökohta luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen kehittämiseksi, sillä oppilailla ennen opetusta olevat tietorakenteet vaikuttavat uuden asian oppimiseen ja käsityksenmuodostukseen. Usein luonnontieteellisen käsityksen konstruoiminen edellyttää tietorakenteiden muuttamista ja uudelleen organisoitumista, eli käsitteellistä muutosta. Tässä tutkimuksessa oppilaiden käsityksiä, niiden muuttumista ja käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä tarkasteltiin käsitteellisen muutoksen eri teorioiden valossa. Sosiaalinen vuorovaikutus nähtiin tutkimuksessa yksilöllistä käsityksenmuodostusta edeltävänä ja strukturoivana tekijänä.

Tutkimukseen osallistui 415 seitsemäsluokkalaista yhdeksästä Keski-Suomen alueen koulusta. Seitsemäsluokkalaisten arkikäsitteitä ilmastonlämpenemisestä selvitettiin avoimin kysymyksin kirjallisella kyselylomakkeella. Yhdeksäsluokkalaisten arkikäsitteitä ja tietoja sekä niiden muuttumista selvitettiin yhdessä jyvaskyläläisessä koulussa, josta tutkimukseen osallistui 45 oppilasta. Oppilaiden käsitteitä ja tietoja selvitettiin kirjoitelmien sekä monivalintakysymysten avulla ennen ilmastonlämpenemiseen liittyvää seitsemän tunnin oppimisjaksoa että sen jälkeen. Oppimisjaksolla tapahtuvan käsityksenmuodostusprosessin selvittämiseksi oppimistilanteet videoitiin ja nauhoitettiin. Aineiston analysoinnissa hyödynnettiin sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista lähestymistapaa. Oppilaiden vastaukset analysoitiin pääsääntöisesti kvalitatiivisesti teoriasidonnaista sisällönanalyysia hyödyntäen. Analyysin seurauksena muodostui käsityskategorioita kuvaamaan oppilaiden erilaisia tapoja ymmärtää tarkasteltava luonnontieteellinen ilmiö. Tämän lisäksi tarkasteluun liitettiin kvantitatiivinen tarkastelu erilaisten kategorioiden yleisyyden selvittämiseksi.

Seitsemännen luokan oppilailla oli ilmastonlämpenemisestä useita erilaisia arkikäsitteitä. Suuri osa oppilaista keskittyi vastauksissaan ilmastonlämpenemisen syihin ja seurauksiin tai liitti ilmastonlämpenemisen kausaalisuhtein otsonikatoon. Lähimpänä luonnontieteellistä selitystä oli käsitys siitä, että lämpö ei pääse takaisin avaruuteen. Yhdeksäsluokkalaisten arkikäsitteet erosivat osittain seitsemäsluokkalaisten käsityksistä, joskin käsitys otsonikadosta ilmastonlämpenemisen aiheuttajana oli yleinen myös vanhemmilla oppilailla. Yhdeksännen luokan oppilaiden ajattelussa oli kuitenkin enemmän viitteitä ilmastonlämpenemisen luonnontieteellisestä selityksestä, sillä osa oppilaista selitti ilmiön säteilyn tai kasvihuoneilmiön voimistumisen avulla. Oppimisjakson jälkeen virheellisten tietojen ja käsitysten osuus väheni. Tästä huolimatta osalla oppilaista oli oppimisjakson jälkeenkin virheellisiä käsitteitä, esimerkiksi käsitys ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon kausaalisuhteesta osoittautui varsin pysyväksi.

Tämän tutkimuksen perusteella ennen ilmastonlämpenemisen kouluopetusta aiheesta tapahtuvaa tiedonmuodostusta voidaan tarkastella arkitietoon pohjautuvana irrallisista käsitteistä ja tiedoista alkavana tiedon lisääntymisenä ja tietorakenteiden täydentymisenä. Tämän prosessin seurauksena muodostuu mallinkaltainen tietorakenne. Käsitteidenmuodostusta voidaan näin kuvata assimilatiivisena prosessina, jossa muodostuu virheellisiä käsitteitä silloin kun tietoa tulkitaan arkielämän lähtökohdista tai kun tiedon tulkitsemiseksi tarvittava kognitiivinen konteksti on puutteellinen. Ilmastonlämpenemisen käsityksenmuodostuksen taustalla voi kuitenkin olla myös viitekehysteorian kaltainen tietorakenne, joka sisältää olettamuksia muun muassa säteilystä ja sen eri muodoista.

Tämä tutkimus nostaa esiin kognitiivisen kontekstin, eli tässä tapauksessa riittävien luonnontieteellisten perustietojen merkityksen ilmastonlämpenemisen käsityksenmuo-

dostuksessa. Ilmiön ymmärtämiseksi tulee yhdistää eri luonnontieteiden tietämystä, mikä haastaa käytännön koulutyötä eri oppiaineiden integrointiin. Tutkimuksen tulokset korostavat lisäksi oppilaiden käsitysten ja ajatusten näkyväksi tekemisen sekä opettajan oikea-aikaisen tuen merkitystä abstraktin luonnontieteellisen ilmiön käsityksenmuodostuksessa.

Asiasanat: ilmastonlämpeneminen, käsitykset, käsityksenmuodostus, yläluokkalaiset, luonnontieteiden opetus, perusopetus, oppiminen

Nevanpää, T. 2005

**“It may have something to do with these
greenhouse gases.” Global warming as understood
by lower secondary school students**

University of Jyväskylä. Institute for Educational Research. Research Reports 17.

ISSN 1455-447X, ISBN 951-39-2346-0

Abstract

This study explored what kind of conceptions Finnish students at the upper grades of the comprehensive school have about the abstract and complex scientific phenomenon of global warming. Student conceptions and related changes were examined from the viewpoint of teaching and learning. Students' everyday conceptions and the variation of these were investigated among seventh and ninth grade students. In addition, the study was extended to various information sources underlying these everyday conceptions. Moreover, it was also studied how a ninth-grade learning period dealing with global warming influenced student conceptions and knowledge about these issues.

Global warming is a scientifically and socially important phenomenon about which students often have incorrect or inadequate conceptions. Awareness of student conceptions provides a basis for the development of science teaching and learning, since students' prior knowledge structures have influence on their learning and conceptualisations. In many cases constructing a new scientific concept requires modification and reorganisation of students' already existing knowledge structures, i.e. conceptual changes. In this study, student conceptions, their changes and the development of conceptual understanding were examined in the light of different theories of conceptual change. Social interaction was regarded as an element that precedes and structures individual conceptualisation.

The study involved 415 seventh-grade students from nine schools in Central Finland. These seventh-graders' everyday conceptions of global warming were explored by means of

a questionnaire consisting of open-ended questions. The everyday conceptions and knowledge of ninth-graders as well as the changes in these were investigated in one school in Jyväskylä, with 45 students participating in the study. This part of the study involved written compositions as well as multiple-choice questions before and after a seven-hour learning period dealing with global warming. In order to investigate the conceptualisation process during the course, the learning situations were recorded on video and audio tapes. In data analysis both qualitative and quantitative approaches were used. Student responses were analysed mainly on a qualitative basis, by means of theory-bound content analysis. This yielded a number of conception categories to depict students' different understandings of the scientific phenomenon. In addition, there was also a quantitative component concerning the frequency statistics for these categories.

The seventh-graders held various everyday conceptions about global warming. A large part of students' answers focused on the causes and consequences of global warming, or suggested a causal relationship between global warming and ozone depletion. Closest to the scientific explanation was the student conception that heat cannot get back to the space. The everyday conceptions among the ninth-graders were partly different from those found among the seventh-graders, although the misconception about ozone depletion as a cause of global warming was widespread also among older students. The thinking of the ninth-graders included, nonetheless, more indications of the scientific explanation of global warming, as some students explained the phenomenon by way of increased radiation or greenhouse effect. After the course the proportion of misconceptions decreased. Nevertheless, some students had the same misconceptions after the course, as well. For example, the notion about a causal relationship between ozone depletion and global warming proved quite persistent.

On the basis of this study with reference to global warming, knowledge construction taking place before school instruction can be approached as a cognitive process where the learner's knowledge is increasing and knowledge structures are developing, building on common knowledge and separate concepts, and resulting eventually into a model-like knowledge structure. This kind of conceptualisation can therefore be described as an assimilative process leading into misconceptions when information is interpreted within the frame of daily experience or with an insufficient cognitive context. Conceptualisations about global warming may also stem from a knowledge structure that complies with the theory of reference frameworks and includes assumptions about different forms of radiation, for instance.

This study points out the meaning of cognitive context in scientific conceptualisation, which in this case refers to sufficient basic knowledge of science. In order to understand the phenomenon a student needs to combine knowledge from different fields of science, which

can be seen as a challenge to school practices with respect to integration of different school subjects. In addition, the findings of this study accentuate the importance of making the students' notions and conceptions visible as well as the significance of the teacher's timely support in the conceptualisation of an abstract scientific phenomenon.

Keywords: global warming, conceptions, development of conceptual understanding, science education, lower secondary, learning

Tutkija	<p>Tiina Nevanpää Koulutuksen tutkimuslaitos PL 35 40014 Jyväskylän yliopisto tiina.nevanpaa@ktl.jyu.fi</p>
Ohjaajat	<p>Professori Varpu Eloranta Turun opettajankoulutuslaitos Turun yliopisto</p> <p>Professori Pirjo Linnakylä Koulutuksen tutkimuslaitos Jyväskylän yliopisto</p>
Esitarkastajat	<p>Professori Jouni Viiri Opettajankoulutuslaitos Jyväskylän yliopisto</p> <p>Dosentti Irmeli Palmberg Institutionen för lärarutbildning Åbo Akademi</p>
Vastaväittäjä	<p>Professori Jouni Viiri Opettajankoulutuslaitos Jyväskylän yliopisto</p>

Esipuhe

Tämän työn juuret ovat lapsuuteni syksyisissä marja- ja sieniretkissä, onkimatkoilla ja kesämökillä luonnonhelmassa vietetyissä kesissä. Tuolloin syntyi rakkaus luontoon ja kiinnostus luonnonilmiöitä kohtaan. Tämä kiinnostuneisuus johti minut Jyväskylään biologian opintojen pariin, missä sainkin vastauksia mieltäni askarruttaneisiin luonnon toimintaperiaatteita koskeviin kysymyksiin. Samalla kuitenkin heräsi uusia kysymyksiä siitä, miten luonnonilmiötä voi kuvailla toisille ymmärrettävästi ja selvästi – toisin sanoen kuinka luonnontieteitä opitaan ja opetetaan. Näihin kysymyksiin hain vastauksia filosofian maisteriksi valmistuttuani ensin opettajan pedagogisista opinnoista ja koulumaailmasta. Luonnontieteiden oppimisen ja oppimisen arvioinnin kysymyksiin pääsin varsinaisesti syventymään tultuani tutkijaopiskelijaksi Koulutuksen tutkimuslaitokselle. Tutkimusryhmäni toiminnassa olen saanut osallistua kansainvälisen arviointitutkimuksen eri vaiheisiin. Tämän työskentelyn pohjalta nousivatkin ne kysymykset, joihin hain vastauksia käsillä olevan tutkimuksen avulla. Väitöstutkimuksen tekeminen on ollut oppimisprosessi. Olenkin kiitollinen siitä, että olen saanut oppimisympäristökseni monipuolisen ja asiantuntevan tutkimusyhteisön.

Oppiminen on usein parhaimmillaan sosiaalisessa vuorovaikutuksessa. Kiitokseni yhteistyöstä ja ohjauksesta haluan esittää professori Varpu Elorannalle. Avoin suhtautuminen työhöni on mahdollistanut oppimisprosessin, jossa olen saanut tuoda omia näkemyksiäni esiin. Palaute käsikirjoituksen ensimmäisistä versioista auttoi näkemään olennaisen työsäni. Professori Pirjo Linnakylältä käsikirjoitusvaiheessa saamani kommentit veivät työtäni merkittävästi eteenpäin. Arvostan suuresti ohjaustilanteissa saamaani tukea ja kannustusta. Lämmin kiitos työni ohjaajille.

Väitöskirjatutkimukseni esitarkastajille professori Jouni Viirille ja dosentti Irmeli Palmbergille esitän kunnioittavat kiitokseni. Rakentava ja olennaisuuksiin kohdistuva palaute selkiytti tutkimusraporttiani ja auttoi suuresti viimeistelyvaiheessa. Kommentit auttoivat

minua tarkastelemaan tutkimustani myös uusista näkökulmista, ja siten veivät oppimisprosessiani eteenpäin.

Työyhteisö muodostuu ihmisistä. Haluan kiittää Koulutuksen tutkimuslaitoksen henkilöstöä ystävällisestä työilmapiiristä. Erityisesti haluan kiittää kaikkia tutkimusryhmäni jäseniä ja ns. PISA-ryhmäläisiä. Erikoistutkija Pekka Kuparille kiitos ymmärryksestä silloinkin, kun työni etsi vielä muotoaan. Jukan kanssa jaoin pitkään paitsi työhuoneen, myös tutkijaopiskelijuuden eri vaiheet haasteineen ja iloineen. Kollegiaalinen tukesi ja ystävytytesi on auttanut läpi tutkimusprosessin. Pasin kanssa olen saanut oppia luonnontieteiden arviointitutkimuksen eri ulottuvuuksia. Kaisan, Eijan ja Sarin kanssa olen voinut keskustella paitsi tutkimuksesta, myös elämän muista tärkeistä osa-alueista. Kaisaa haluan kiittää lämpimästi siitä suuresta työstä, jonka hän teki käsikirjoitukseni kanssa – hänen ansiostaan työni on kieliasultaan selkeämpi ja luettavampi. Eijalle kiitos avusta kuvien muokkaamisessa. Kiitos aineiston rinnakkaisluokittelusta tutkimusryhmässämme harjoittelijana olleelle Hannalle.

Koulutuksen tutkimuslaitoksen julkaisuyksikkö on osoittanut joustavuutensa ja osaamisensa tämän työn saattamisessa painettuun muotoon tiukassa aikataulussa. Lämpimät kiitokseni Kaijalle kuvioiden työstämisestä ja taittotyöstä. Martin käsialaa on kannen graafinen toteutus. Tuomoa kiitän tiivistelmän englanninkielisestä asusta. Lisäksi haluan kiittää kahta laitoksemme avainhenkilöä, Riittaa ja Saria, avusta lähdekirjallisuuden ja tietokoneiden kanssa.

Taiteilija Leena Talvitielelle osoitan kiitokseni mahdollisuudesta käyttää taideteosta Kasvihuoneilmiö väitöskirjani kuvituksena. Biologian laitoksella työskentelevää Ari Lampista haluan kiittää ilmastonlämpenemiseen liittyvän asiantuntijuutensa jakamisesta. Tutkijakollegaani ja ystävääni Elinaa kiitän yhteisistä konferenssimatkoista ja mielenkiintoisista keskusteluista.

Suuri kiitos kuuluu kaikille niille oppilaille ja opettajille, jotka mahdollistivat tämän tutkimuksen toteuttamisen. Erityisesti haluan kiittää Kilpisen koulun hallintoa ja biologian opettajia siitä, että sain toteuttaa tutkimukseen liittyvän oppimisjakson inspiroivassa kouluympäristössä. Tutkimukseen osallistuneilta 9.-luokkalaisilta opin paljon. Kiitos!

Vanhemmilleni Taimille ja Jussille rakkaimmat kiitokseni. Olette aina uskoneet minuun ja kannustaneet eteenpäin. Toivon, että osaisin välittää omille lapsilleni lapsuuskotini oppeja ja arvoja. Veljeäni Timoa haluan kiittää yhteisistä lapsuusvuosista ja siitä, että olet edelleen tärkeä osa elämäni. Appivanhempani Aino ja Aulis ovat tulleet aina tarvittaessa auttamaan arjen sujumisessa kun työni on vienyt minua konferenssimatkoille. Lämpimät kiitokseni.

Tyttärilleni Tealle ja Teresalle rakkaat kiitokset siitä, että muistutatte päivittäin mikä elämässä on tärkeää. Te olette. Kiitos myös siitä, että olette olleet mitä parhaimpia arjen väitteilyvastustajia. Toivon, että tällä työllä on osaltaan vaikutusta myös teidän luonnontieteiden

oppimiskokemuksiin. Aviomiehelleni Tomille rakkaimmat kiitokseni siitä, että olen saanut jakaa kanssasi niin arjet kuin juhlatkin. Olen oppinut sinulta paljon opettajuudesta ja opettamisesta. Lisäksi optimistinen elämäntasenteesi ja vankkumaton tukesi ovat elämäni arvokkaita lahjoja.

Kiitän KASVA-tutkijakoulua tutkimukselleni osoittamasta rahoituksesta.

Oppiminen on elinikäinen prosessi. Tästä on hyvä jatkaa.

Opinkivessä 17.12. 2005 Tiina Nevanpää

1

Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Luonnontieteellisen osaamisen tarve yhteiskunnassamme kasvaa koko ajan. Korkean teknologian maana Suomen taloudellinen menestys ja kansainvälinen kilpailukyky perustuu huipputason osaamiseen erityisesti tietoteollisuusaloilla. Tarve luonnontieteelliselle osaamiselle johtuu toisaalta myös siitä, että aiheutamme itse ongelmia ympäristöömme yhteiskuntamme toimintatapojen, teknologian ja kulutuksen kautta. Näin ollen luonnontieteellistä tieto-taitoa voidaan pitää merkittävänä osana perussivistystä, sillä sitä tarvitaan kaikilla kansalaistasoilla poliittis-taloudellisen päätöksenteon pohjaksi ja kestävän kehityksen turvaamiseksi.

Kestävällä kehityksellä tarkoitetaan jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata hyvät elämisen mahdollisuudet nykyisille ja tuleville sukupolville. Ekologis-taloudellisen kestävän kehityksen perusehtona on luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen sekä ihmisen taloudellisen ja aineellisen toiminnan sopeuttaminen maapallon luonnonvaroihin ja luonnon sietokykyyn. (Hallituksen kestävän kehityksen... 1998.) Näin ollen luonnontieteellisellä tietämyksellä ja siten luonnontieteiden opetuksella on merkittävä rooli kestävän kehityksen edistämisessä. Luonnontieteiden opetuksessa painotetaan usein tiedon merkitystä oppijan nykyisessä ja tulevassa elämäntilanteessa, jolloin päämääränä on luonnon ja teknisten ilmiöiden ymmärtäminen "ulkoluvun" sijaan (Resnick 1989). Lisäksi nykyisin korostuu aktiivisen kansalaisuuden ja toimijuuden merkitys osana luonnontieteellistä osaamista.

Suomalaisten nuorten luonnontieteellinen osaaminen on kansainvälisesti arvioituna korkeatasoista. Esimerkiksi vuonna 1999 toteutetussa TIMSS-tutkimuksessa (Third International Mathematics and Science Study) suomalaisten seitsemäsluokkalaisten luonnon-

tieteellinen osaaminen arvioitiin kansainvälisen mittapuun mukaan hyväksi (Kupari ym. 2001). Suomalaisen 15-vuotiaiden nuorten luonnontieteellisen osaamisen taso oli huippua myös vuosien 2000 ja 2003 PISA-tutkimuksissa (Programme for International Student Assessment), joissa osaamisen arviointiperusteena painottui tiedon soveltaminen tosielämän tilanteisiin (Reinikainen 2002, 2005).

Laajat kansainväliset tutkimukset kuvaavat luonnontieteellisen osaamisen yleistä tasoa arviointeihin osallistuneissa maissa. Samalla ne nostava kuitenkin esiin useita kysymyksiä, joiden vastaamiseksi tarvitaan yksityiskohtaisia, tiettyjen aihekokonaisuuksien osaamista ja oppimista tarkastelevia tutkimuksia. Käsillä olevan tutkimuksen innoittajana on ollut kansainvälisen TIMSS 1999 -tutkimuksen aineisto, jonka tehtäväkohtaisen analyysin mukaan lähes 60 prosenttia suomalaisista seitsemäsluokkalaisista oli virheellisesti sitä mieltä, että ilmastonlämpeneminen johtaa otsonikerroksen ohenemiseen (Nevanpää 2001). Oikean vastauksen, eli meren pinnan nousun, valitsi 31 prosenttia oppilaista. Myös aikuisväestön tietämys ilmastonlämpenemisestä on osoittautunut puutteelliseksi¹.

Ilmastonlämpeneminen on lähes kaikkia yhteiskunnan osa-alueita koskettava globaali ympäristöongelma, jonka ratkaisemiseksi tarvitaan kansainvälisiä, valtioita velvoittavia sopimuksia. Helmikuussa 2005 astuikin voimaan YK:n ilmastopöytäkirja, jonka tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä. Ilmastonlämpeneminen koskettaa myös yksittäisiä ihmisiä, sillä useat arkipäivän ratkaisumme liittyvät välillisesti tai suoranaisesti ilmastonlämpenemiseen. Näin ollen joudumme ottamaan kantaa ilmastonlämpenemiseen liittyviin kysymyksiin esimerkiksi arkipäivän kulutuskäyttäytymisessämme. Päätöksentekomme pohjaksi tarvitsemme luonnontieteellistä ja yhteiskunnallista tietämystä. Monipuolista tietoperustaa vasten voimme arvioida ilmiötä koskevia väitteitä, osallistua aiheesta käytävään yhteiskunnalliseen keskusteluun sekä arvioida oman toimintamme suhdetta ympäristössä tapahtuviin muutoksiin. Näin ollen kouluopetuksen yhtenä haasteena on tarjota oppilaille riittävät tiedolliset, taidolliset ja asenteelliset ympäristövalmiudet ja siten kasvattaa nuorista ympäristöstään ja yhteiskunnasta vastuullisesti ja kestävästi kehityksen hengessä huolehtivia kansalaisia.

1.2 Tutkimustehtävä ja tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena on luonnontieteiden, erityisesti ilmastonlämpenemisen kouluopetuksen tutkimuspohjainen kehittäminen. Tutkimuksen lähtökohdaksi on valittu oppilaiden käsitysten ja niiden muuttumisen tarkastelu käsitteellisen muutoksen teoreetti-

¹ Kuinka minä voisin hillitä ilmaston muuttumista? Keskisuomalainen 16.9.2002. Kauppa- ja teollisuusministeriön Taloustutkimus Oy:llä teettämä tutkimus.

nessa viitekehyksessä, sillä se on osoittautunut merkittäväksi lähestymistavaksi luonnontieteiden opetuksen kehittämisessä (Duit & Treagust 2003).

Ilmastonlämpeneminen on mielenkiintoinen ilmiö käsityksenmuodostumisen ja oppimisen kannalta. Luonnontieteellisenä ilmiönä se on abstrakti ja kaukana oppilaiden kokemusmaailmasta, mutta käsitteenä se on oppilaille tuttu muun muassa joukkotiedotuksesta. Näin ollen oppilaille on usein muodostunut arkiajatteluun perustuvia käsityksiä, jotka vaikuttavat luonnontieteellisen selityksen konstruoimiseen kouluopetuksessa.

Opetuksen kehittämisen välttämätön edellytys on se, että opettaja on tietoinen oppilaiden erilaisista käsityksistä. Tämä korostuu erityisesti abstraktien käsitysten oppimisprosessin yhteydessä (esim. Ahtee 1997, 21; Leighton & Bisanz 2003.) Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää suomalaisten oppilaiden ilmastonlämpenemiseen liittyviä arkikäsityksiä ja niiden muuttumista ennen aihepiirin kouluopetusta. Käsitusten muodostumisen ymmärtämiseksi selvitetään myös, mistä koulun ulkopuolisista lähteistä suomalaiset oppilaat saavat tietoa ilmastonlämpenemisestä.

Ilmastonlämpeneminen asettaa suuria haasteita kouluopetukselle, sillä oppilaiden näkemykset kyseisestä ilmiöstä poikkeavat usein luonnontieteellisestä selityksestä kouluopetuksen jälkeenkin (mm. Andersson 2001). Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin tutkia kouluopetuksessa ilmastonlämpenemistä käsittelevällä oppimisjaksolla tapahtuvia muutoksia oppilaiden käsityksissä sekä kuvata käsitysten muutosprosessia. Tutkimustehtävänä on selvittää, millaisena käsityksenmuodostuksen prosessi näyttäytyy koulukontekstissa sekä tarkastella käsityksenmuodostusta vaikeuttavia tekijöitä. Tutkimuksen päämääränä on yhtäältä tulkita ja ymmärtää käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä abstraktista luonnontieteellisestä ilmiöstä ja toisaalta lisätä tietämystä eri aihealueiden käsityksenmuodostuksesta käsitteellisen muutoksen teorioiden näkökulmasta.

2

Konstruktivismi ja käsitteellinen muutos

Oppimista voidaan tarkastella useista eri näkökulmista ja teoreettisista lähtökohdista. Tarkastelun kohteena voi olla esimerkiksi yksilön kognitiiviset prosessit tai yhteisön vuorovaikutusprosessit. Oppimista voidaan myös tarkastella sosiaalisen vuorovaikutuksen, kokemuksellisuuden, tutkivan oppimisen tai elinikäisen oppimisen näkökulmasta. Tässä luvussa tuodaan esiin käsillä olevan tutkimuksen teoreettinen viitekehys, joka ohjaa tutkimusprosessia tutkimuskysymysten asettamisesta tutkimuksen empiiriseen toteuttamiseen ja tulosten tulkintaan.

2.1 Konstruktivistinen oppiminen

Tässä tutkimuksessa oppimista tarkastellaan konstruktivistisena, aktiivisena prosessina, jossa oppimisen lähtökohtana ovat oppijan aikaisemmat tiedot, kokemukset ja ongelmanratkaisutavat. Konstruktivistinen lähestymistapa soveltuu hyvin luonnontieteiden oppimisen ja opettamisen tarkasteluun, sillä sen avulla on saatu yksityiskohtaista tietoa oppilaiden ajattelusta, luonnontieteiden oppimisprosessista ja sen ongelmista sekä kehitetty useita oppilasta aktivoivia opetusmenetelmiä (Saari 2000, 9). Opetuksen kannalta erityisen hyödylliseksi on osoittautunut oppilaiden vaihtoehtoisia tai virhekäsityksiä koskeva tutkimus (Osborne 1996).

Konstruktivismi ei ole yhtenäinen teoria oppimisesta (mm. Miettinen 2000, 276–290), vaan tiedon olemusta käsittelevä paradigma, yleinen tietoteoreettinen lähestymistapa. Konstruktivistisen tietokäsityksen mukaan tieto ei ole absoluuttista tai objektiivista, sillä todellisuuden suoranainen tavoittaminen aistihavaintojen kautta ei ole mahdollista. Näin ollen tiedon olemukseen vaikuttaa myös havainnoitsijan kokemusmaailma, joka ohjaa havainnot ja niiden tulkintaa. Totuudeksi katsotaan sellainen tieto, joka on käytännössä

toimivaa (pragmaattinen totuusteoria), ja josta vallitsee ihmisten kesken yksimielisyys (totuuden konsensussteoria, Tynjälä 1999, 25–26).

Konstruktivistinen oppimiskäsitys on tämän tietoteoreettisen paradigman ilmenemismuoto pedagogiikassa ja oppimisen tutkimuksessa. Se nostaa oppijan ja hänen aktiivisen toimintansa oppimisprosessin keskiöön, sillä tieto nähdään aina yksilön tai yhteisön konstruoimana. (Tynjälä 1999, 37.) Passiivisen objektiivisen tiedon vastaanottamisen ja mieleen varastoinnin sijaan oppija tulkitsee aktiivisesti informaatiota aiempien tietojensa pohjalta. Tiedon konstruoinnin päämääränä on muodostaa oppijan näkökulmasta mielekkäitä ja merkityksellisiä kokonaisuuksia, joiden kautta voidaan tulkita ja ymmärtää sekä sosiaalista että luonnollista ympäristöä (esim. Mayer 1996).

Konstruktivismista on useita eri suuntauksia, joista käytetty käsitteistö on Suomessakin varsin kirjava (ks. Cantell 2001, 19–20). Eri suuntausten väliset näkemykset lomittuvat osittain, mutta ääripäinä voidaan pitää radikaali eli yksilökonstruktivismia ja sosiaalista konstruktivismia. Tällöin lähestymistapojen suurimpana erona on oppimisen tarkastelu joko yksilöllisenä tai yhteisöllisenä tiedon konstruointina.

Yksilökonstruktivismi (kognitiivinen konstruktivismi, radikaali konstruktivismi) juontaa juurensa yhtäältä kantilaiseen epistemologiaan ja toisaalta kognitiiviseen psykologiaan. Sitä voidaan pitää Piaget'n teorian loogisena jatkumona, sillä painopiste on yksilöllisen tiedonmuodostuksen ja yksilön kognitiivisten prosessien kuvaamisessa (Bunce 2001). Todellisuuden konstruointi ja tarkastelu tapahtuu yksilöllisesti ja persoonallisesti (Tobin & Tippins 1993; Dole & Sinatra 1998), jolloin tieto on ainutkertaista, subjektiivista eikä sitä voida erottaa tietäjästään (von Glasersfeld 1998). Von Glasersfeldin (1987, 199) mukaan tieto ei kuvaakaan objektiivista ontologista todellisuutta vaan sitä järjestynyttä ja organisoitua käsitystä maailmasta, jonka olemme luoneet kokemuksiimme nojaten.

Ympäristön valikoiva havainnointi sekä tiedon tulkinta ja jäsentäminen tapahtuvat olemassa olevien tietorakenteiden, skeemojen, ohjaamana (Tynjälä 1999, 41). Skeemat ovat yleisiä ja koherentteja kognitiivisia yksikköjä (Viennot 1979), jotka eivät sisällä yksittäiseen tilanteeseen liittyvää spesifiä informaatiota, mutta joiden pohjalta yksilö voi tehdä päätelmiä tilanteesta ja vuorovaikutussuhteista. Skeemat ovat dynaamisia, joten ne voivat muuttua vuorovaikutuksessa yksilön kokemusmaailman kanssa joko assimilaation tai akkomodaation kautta (Watts 1983).

Assimilaatiossa uusi tieto on yhdenmukaista oppijalla jo olevien tietojen kanssa, joten se voidaan lisätä tietorakenteeseen. Sen sijaan olemassa olevien tietorakenteiden kanssa ristiriitainen tieto voi johtaa skeemojen mukauttamiseen, eli akkomodaatioon ja laadullisesti uudenlaisen tietorakenteen muodostumiseen. (Tynjälä 1999, 42.) Opetus- ja oppimistutkimuksessa mielenkiinnon kohteena ovat ne prosessit, joiden kautta oppilaiden skeemat muuttuvat (Tynjälä 1999, 43). Kielen, sosialisointin ja enkulturaation merkitys tiedon-

muodostuksessa ja oppimisessa jätetään yksilökonstruktivismissa vähemmälle huomiolle (Matthews 2002, 126).

Sosiaalisessa konstruktivismissa oppimista ei tarkastella yksinomaan kognitiivisena toimintona. Vaikka tieto konstruoidaan yksilön tietorakenteissa, tiedon merkityksen konstruointi tapahtuu sosiaalisessa vuorovaikutuksessa, jolloin oppimista tarkastellaan sosiaalisena ilmiönä. (Resnick 1991; Tobin & Tippins 1993.) Tiedon konstruointiprosessi on kiinteässä yhteydessä kontekstiinsa, joten tiettyssä kontekstissa muodostettuja käsitteitä ei voida samalla tavalla määrittää jossain toisessa kontekstissa (Gergen 1995, 25–26). Näin ollen esimerkiksi Havun (2000) mukaan sosiaalinen konstruktivismi on yhteydessä sosiokulttuuriseen teoriaan, jonka oppi-isänä pidetään L. S. Vygotskya. Tynjälän (1999, 39) esittämän jaottelun mukaan Vygotskyn teoria sekä muut sosiokulttuuriset lähestymistavat, esimerkiksi Resnickin tilannesidonnainen oppimisenäkemys, ovat yksi sosiaalisen konstruktivismin suuntauksia sosiaalisen konstruktionismin ja symbolisen interaktionismin ohella.

Vygotskyn (1982, 184) mukaan oppiminen ja tiedonmuodostus tapahtuvat sosiaalisen tason (interpsychological plane) lisäksi myös yksilöllisellä tasolla (intrapsychological plane). Yksilön sisäisessä prosessissa tapahtuu sosiaalisesti konstruoidun tiedon haltuunotto (Resnick 1991; Wertsch 1985). Yksilön sisäisen ja ulkoisen (sosiaalisen) kontekstin välisen dialogin kautta tiedosta muodostuu merkityksellistä oppijalleen (Gorodetsky & Keiny 2002). Näin ollen oppimista ja merkitysten muodostamista ei tarkastella ensisijaisesti yksilöllisenä ja itsenäisenä loogiseen ajatteluun perustuvana toimintona, vaan keskeistä sosiokulttuurisessa lähestymistavassa on ajatus kielen avulla välittyneestä toiminnosta (Wertsch 1991). Oppimisympäristön merkitys korostuu, sillä muun muassa Säljön (2001, 136) mukaan yksilön ja kontekstin välillä on kaksisuuntainen vuorovaikutus, jolloin konteksti on osa kaikkea toimintaamme ja ajatteluamme. Oppimisen sosiokulttuuristen tutkijoiden mielenkiinto kohdistuukin sosiaalisiin ja vuorovaikutuksellisiin prosesseihin kontekstissaan (Tynjälä 1999, 39).

Oppimisen tutkimuksen piirissä on viime aikoina esiintynyt selvä tarve ja suuntaus luoda oppimisen yksilöllisen ja sosiaalisen aspektin yhdistävä (luonnontieteiden) oppimisen teoria (mm. Duit & Treagust 1998; Vosniadou & Ioannides 1998; Leach & Scott 1999). Vaikka eräiden konstruktivismin ääripäiden edustajien (esim. Ivarsson ym. 2002, 78) mukaan yksilö- ja sosiokonstruktivististen näkemysten välinen paradigmaattinen ero estää niiden synteessin, voidaan näkemysten välillä kuitenkin nähdä niiden yhteensovittamisen mahdollistava reflektiivinen vuorovaikutus (Mayer 2002; Hewson 2003). Yksilökonstruktivistisessä lähestymistavassa tiedon konstruoinnin konteksti huomioidaan siinä mielessä, että kognitiivisilla toiminnoilla – ajattelulla – katsotaan aina olevan jokin kohde, matemaattinen ongelma tai tekstin merkityksen selvittäminen. Sosiokulttuurisen näkemyksen edustajat puolestaan hyväksyvät ainakin jossain määrin käsitteiden olevan sosiaalisen toimin-

nan ohella myös ihmisen yksilöllisen ajattelun tulosta. (Mayer 2002, 107.) Näin ollen oppiminen voidaan nähdä samanaikaisesti sekä yksilöllisenä että sosiaalisena tiedon konstruointiprosessina, jolloin oppimisen konteksti ja sosiaalinen vuorovaikutus vaikuttavat yksilön kognitiivisiin prosesseihin (Duit ym. 2003; Vosniadou 2003).

2.2 Luonnontieteiden oppiminen käsitteellisenä muutoksena

2.2.1 Käsitteet tutkimuksen kohteena

Oppilaiden käsitysten tuntemus luo perustan opettajan työlle ja on lähtökohtana myös luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen kehittämiseksi, sillä konstruktivistisen oppimisen näkökulman mukaan tiedonmuodostukseen vaikuttavat oppilaalla jo olemassa olevat tietorakenteet (Lawson ym. 2000, 997). Oppilaiden käsitysten tunteminen auttaa tarkastelemaan opiskeltavaa asiasisältöä myös oppilaan perspektiivistä (Duit & Komorek 1997, 24), jolloin oppilaiden koulun ulkopuolella muodostamat käsitykset voidaan huomioida oppisisältöjen suunnittelussa, oppimista tukevien käsitteiden määrittämisessä sekä oppimateriaalien kehittämisessä (Thornber ym. 1999, 72).

Käsitteet liittyvät käsitteisiin, eikä niiden ero ole aina yksiselitteinen. *Käsitteillä* (concepts) tarkoitetaan ajattelukonstruktioita, ajattelun ja tiedon perusyksiköitä, joiden avulla analysoidaan ja ymmärretään ympäröivää maailmaa (Aebli 1991, 269–285). Psykologisessa kirjallisuudessa käsitteellä tarkoitetaan joidenkin yhteisten ominaisuuksien perusteella muodostettua esineiden, asioiden tai tapahtumien luokkaa, joilla on tavallisesti jokin nimi (esimerkiksi hyönteinen, työnteko), tai siihen voidaan liittää jokin symboli (Laine 1999, 30; ks. myös Klausmeier ym. 1974). Myös White (1994) tarkastelee käsitteitä asioiden ja ilmiöiden luokitteluperusteena. Tällöin käsitteen hallitseminen tarkoittaa sitä, että yksilö kykenee luokitteluun tarkastelun kohteena olevat asiat tai ilmiöt joko käsitteeseen kuuluviksi tai kuulumattomiksi (vrt. Chi ym. 1994), ja kategorisoimaan ne tiedeyhteisön yleisesti hyväksymällä tavalla (White 1994).

Käsite voi kuulua useampaan kuin yhteen luokkaan, joten sen yksiselitteinen määrittäminen on vaikeaa (Caravita & Halldén 1994). Ymmärtämisen ja oppimisen näkökulmasta käsitteen luokkamäärittely on ongelmallinen, sillä ilmiöiden ja asioiden luokittelu oikein ei välttämättä edellytä niiden ymmärtämistä (Viiri 2000, 95). Whiten (1994) esittämää käsitteen luokitteluperustetta laajempi määritelmä sisällyttääkin käsitteeseen kaiken sen tiedon, minkä yksilö liittää kyseiseen käsitteeseen, toisin sanoen ilmiöön, asiaan, nimeen, sanaan. Lisäksi käsitteisiin voidaan sisällyttää kognitioiden ohella myös af-

fektiivinen tai sosiaalisen hyväksyttävyyden elementti (White 1994; ks. myös Yukhnovetsky & Hoz 2001).

Subjektiiivisen oppimisprosessin kautta yksilö muodostaa kuvan tietystä ilmiöstä tai sitä kuvaavasta käsitteestä. Tätä yksilön muodostamaa kuvaa kutsutaan *käsitykseksi* (conception) (Klausmeier ym. 1974; Ahonen 1994). Fenomenografiassa käsityksellä kuvataan ymmärrystä ilmiön merkityksestä sekä suhdetta yksilön ja ympäristön välillä (Uljen 1989, 10–11). Hellan (2003) mukaan käsitykset ilmentävätkin sekä ilmiötä että sen kokijaa, sillä käsityksen merkityssisältö riippuu paitsi tulkitsejasta myös tulkinnan kontekstista (ks. myös Halldén ym. 2002, 139). Näin ollen käsitykseen liittyy myös ymmärrys käsitteen merkityksestä sekä kyky käyttää käsitettä oikein uusissa tilanteissa (Caravita & Halldén 1994).

Yksilön käsitys tietystä asiasta koostuu kyseiseen asiaan liittyvistä muistin elementeistä sekä siitä, kuinka muistin elementit liitetään yhteen (White 1988). Viirin käyttämää esimerkkiä tähän tutkimukseen soveltaen *ilmastonlämpeneminen*-sanaan voidaan liittää väitelauseita (“Ilmastonlämpeneminen on kasvihuoneilmiön voimistumista.”), mielikuvia (millainen Suomen talvi olisi ilmaston lämmitessä) tai kokemuksia (esimerkiksi kokemus asumisesta lauhkean ilmastovyöhykkeen alueella). Näistä muodostuu yksilön käsitys ilmastonlämpeneminen-käsitteestä. Näin ollen käsitys voi muodostua useista käsitteistä ja niiden välisistä suhteista (White 1994).

Käsitystutkimukset ovat kohdistuneet pääsääntöisesti oppilailla ennen kouluopetusta oleviin käsityksiin. Näistä käsityksistä on tutkimuskirjallisuudessa käytetty varsin moninaisia nimityksiä. Ausubel (1968) käytti niistä nimitystä *ennakkokäsitykset* tai ennakkojäsentäjät (preconceptions). Etenkin amerikkalaisessa tutkimuskirjallisuudessa käytössä on yleisesti ollut *virhekäsitysten* (misconceptions) termi. Mutanen (2000, 28) mukaan lasten käsityksiä on kuvattu myös nimityksillä *vaihtoehtoinen viitekehys* (alternative framework, mm. Driver 1983), *vaihtoehtoinen käsitys* (alternative conception, Driver & Erickson 1983), *naivi uskomus* tai *käsitys* (naive belief, naive conception, Resnick 1983) sekä *arkiymmärrys* (everyday understanding, Helldén 1992). Tutkimusten tavoitteena on ollut tällöin löytää yleisiä tiettyä ilmiötä koskevia käsityksiä sekä selventää sitä, millainen rooli niillä on oppimisprosessissa. Toisaalta on oltu kiinnostuneita oppilaiden ns. virhekäsityksistä ja siitä, millaisilla strategioilla niitä voidaan poistaa tai niiden muodostumista välttää (Mutanen 2000, 29).

Tämän tutkimuksen kohteena ovat oppilaiden käsitykset luonnontieteellisestä ilmiöstä, jota kuvataan käsitteellä ilmastonlämpeneminen. Oppilaan käsitykseen ilmastonlämpenemisestä katsotaan kuuluvan kaikki ne käsitteet ja käsitteiden väliset suhteet, jotka hän liittää kyseiseen käsitteeseen (esimerkiksi säteily, kasvihuoneilmiö jne.). Lisäksi tähän käsitykseen katsotaan kuuluvaksi ymmärrys ilmastonlämpenemisen merkityksestä sekä ilmiön liittyminen muiden käsitteiden kautta laajempaan kontekstiin. Tässä tutkimuksessa mielenkiinto kohdistuu ensisijaisesti ilmastonlämpenemiseen liittyviin käsityksiin, joita oppilailla on ennen ilmiön kouluopetusta, ja näiden käsitysten muuttumiseen. Oppilailla

ennen kouluopetusta olevista käsityksistä käytetään tässä tutkimuksessa termiä arkikäsitely, jolloin termillä ei viitata siihen, että ne olisivat tieteellisiä käsityksiä huonompia.

2.2.2 Arkitieto, koulutieto ja tieteellinen tieto

Luonnontieteet ovat osa jokapäiväistä elämäämme, joten niiden oppiminen ei rajoitu yksinomaan kouluympäristöön. Aktiivisina oppijoina teemme havaintoja ja päätelmiä, joiden perusteella muodostamme käsityksiä useista luonnonilmiöistä jo ennen niiden kouluopetusta. Tällaista yksilön jossain tietyssä tilanteessa muodostamaa kokemusperäistä tietoa kutsutaan arkitiedoksi (Ahtee 1998, 358). Arkitieto on tyypillisesti yleistävää ja yksinkertaistavaa, ja siinä asioita käsitellään sellaisina kuin miltä ne näyttävät (Solomon 1993, ks. taulukko 2.1). Näin ollen arkiajattelussa käytettävät käsitteet liittyvät tavallisesti kiinteästi niihin arkipäivän ilmiöihin, joita ne kuvaavat. Käsitteiden merkitykset määrittyvät tilannesidonnaisesti, joten arkielämän käsitykset eivät ole yksiselitteisiä (Ahtee 1998), eivätkä ne myöskään muodosta yhtenäistä ja johdonmukaista käsitejärjestelmää (Vygotsky 1982).

Lapsen arkiajattelun perusteella muodostuneet käsitykset todellisuuden ilmiöistä ovat usein omaperäisiä ja lapsen näkökulmasta sekä järkeviä että johdonmukaisia (Mutanen 2000, 31). Tällainen koherentti käsitys todellisuuden ilmiöistä auttaa yksilöä selittämään ja ymmärtämään ympäröivää maailmaa (Marín ym. 2000, 228). Tietyn yksilön eri ilmiöitä

Taulukko 2.1. Arkitiedon ja koulussa opittavan tieteellisen tiedon vertailua (Solomon 1993; vrt. Sormunen 2004).

Arkitieto	Koulussa opittava tieteellinen tieto
Sosiaalisessa vuorovaikutuksessa pyritään löytämään yhteinen ymmärrys ja sopimus asiasta.	Keskustelun tai väittelyn tavoitteena on kärjistää eroavaisuuksia ja lujittaa tai hylätä kilpailevat mielipiteet.
Käytetyillä sanoilla on useita merkityksiä, joita ei ole määritelty, vaan jotka ovat muotoutuneet sosiaalisessa kanssakäymisessä.	Käsitteet on määritelty yksiselitteisesti ja täsmällisesti rajattuun muotoon.
Sanojen merkitykset vaihtelevat kulttuuriryhmän ja fyysisen tai affektiivisen yhteyden mukaan.	Käsitteiden merkitykset ovat symbolisia, ja ne ovat irronneet yksittäisistä tilanteista.
Ilmeisiäkin ristiriitaisuuksia hyväksytään. Mitään loogista riippuvuutta ei vaadita.	Käsitteiden ja teorioiden on noudatettava tiukkaa loogista järjestelmää.
Arkitietoa käytetään yleisesti tuttujen ihmisen kesken päivittäin.	Tieteen menetelmiä käytetään harvoin. Tieteellistä tietoa jakavat asiaan perehtyneet tutkijat ja opettajat.

koskevat käsitykset voivat kuitenkin olla keskenään ristiriitaisia ilman että yksilö kokee maailmankuvansa ristiriitaisena. Ristiriidaton maailmankuva johtuu siitä, että eri käsityksiä käytetään tilannesidonnaisesti. Yksilön käsitykset todellisuuden ilmiöistä voivatkin usein poiketa tiedeyhteisön konstruoimasta ja tieteellisesti koetellusta konsensuskäsityksestä, tieteellisestä tiedosta (Duit 2004).

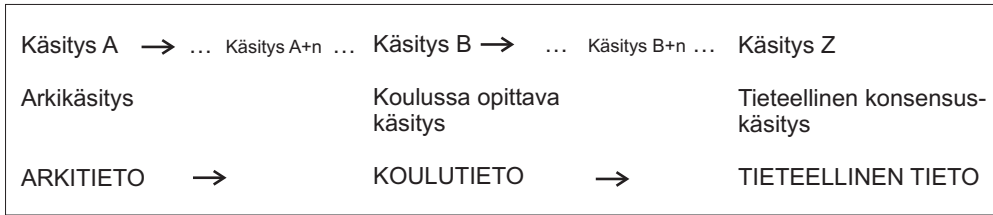
Tieteellinen tieto sitoo täsmällisesti määriteltyjen ja usein symbolisten käsitteiden väliset riippuvuudet yhtenäiseksi kokonaisuudeksi (Ahtee 1992). Tieteellinen ajattelu on systemaattista, kriittistä sekä pyrkii ilmiöiden selittämiseen ja yleistämiseen, jolloin sen päämääränä on nähdä asiat pintatasoa syvemmin (Solomon 1993; Venkula 1995). Tieteellisillä käsitteillä ei myöskään ole usein yhteyttä arkikokemuksen perusteella muodostettuihin käsityksiin (Matthews 2002, 129). Näin ollen tieteellinen tieto onkin usein abstraktia ja kaukana kokemusmaailmasta, joten se voi usein vaikuttaa niin sanotun maalaisjärjen vastaiselta (Ahtee 1997).

Tieteelliset käsitteet liittyvät Vygotskyn (1982, 158–159) mukaan käsittehierarkioihin ja niiden oppiminen liittyy läheisesti muodolliseen opetukseen. Kouluopetuksen tarpeisiin tieteellinen tieto on esimerkiksi kompleksisten luonnontieteellisten ilmiöiden kohdalla usein liian haastava. Näin ollen koulussa opittava ns. koulutieto on kompromissi tieteellisen tiedon ja oppilaan omaksuttavissa olevan tiedon välillä (Sormunen 2004, 57). Ahteen mukaan (1993, 1997) koulutieto koostuu reaali maailman, arkimaailman ja teorian maailman tiedosta (ks. Sormunen 2004, 79).

Koulutiedon filosofinen perusta on jossain määrin erilainen luonnontieteelliselle tiedolle ominaisesta filosofisesta perustasta. Samaten tiedon päämäärät ja kognitiiviset menetelmät poikkeavat toisistaan, jolloin myös koulussa opiskeleminen eroaa tieteen harjoittamisesta. Oman aktiivisen tiedon konstruointiprosessin – esimerkiksi hypoteesien asettamisen, testaamisen ja selittämisen – sijaan suuri osa luonnontieteellisestä tiedosta opitaan auctoriteetteihin nojautuen ja ennalta määriteltyjen tavoitteiden mukaisesti (Caravita 2004, ks. myös taulukko 2.1).

Koulutieto eroaa myös arkitiedosta ja arjen ajatteluprosesseista. Oppilaiden voi olla vaikea ymmärtää kouluopetuksen tieteellisiä käsitteitä arkikäsitystensä pohjalta (Merenluoto & Lehtinen 2002). Tällöin oppija voi kouluopetuksessa muodostaa arkikokemukseen ja opittavan käsitteen pinnallisiin ominaisuuksiin pohjautuen käsityksen, jota Vosniadou (1994; Vosniadou ym. 2001) nimittää synteettiseksi malliksi, jolla hän tarkoittaa oppijan aikaisempien tietojen ja tieteellisen tiedon muodostamaa käsitystä (ks. luku 2.2.3).

Ahonen (1994, 119) kuvaa arkitiedon ja tieteellisen tiedon välistä suhdetta ei-lineaarisen prosessina, jossa tieteellisyyden määrä kasvaa arkitiedon kehittyessä vaiheittaisesti tieteelliseksi tiedoksi. Koulutieto sijoittuu tässä esityksessä arkikäsityksen ja tieteellisen käsityksen väliin (ks. kuvio 2.1).



Kuvio 2.1. Arkitiedon, koulutiedon ja tieteellisen tiedon välinen suhde (mukaeltu Ahonen 1994, 119).

Näkemyks käsitteellisen ymmärryksen kehittymisestä edellä kuvatun kaltaisena vähittäisenä prosessina on sopusoinnussa konstruktivistisen oppimisenäkemyksen kanssa, sillä oppiminen nähdään oppijoiden aktiivisena toimintana (Leighton & Bisanz 2003). Tieteellisten käsitteiden oppiminen ei kuitenkaan tapahdu arkikäsitteiden vähittäisenä muuttumisena abstraktimmaksi ja yleistettävämmäksi, vaan oppimisprosessille on tyypillisempää pikemminkin epäjatkuvuus kuin tasainen jatkuva kehittyminen, jossa tiedon määrä lisääntyy uuden tiedon integroitua olemassa oleviin tietorakenteisiin (Vosniadou ym. 2001; Merenluoto ym. 2002). Koska oppilaan arkiajattelu ja -käsitteet ohjaavat tiedonmuodostusta ja luonnontieteellisen tiedon tulkintaa, ei uuden tiedon esittäminen aina riitä muuttamaan oppijan arkikäsitteitä (mm. Duit 1999, 268). Näin ollen käsitteellisen ymmärryksen kehittymisessä tarvitaan usein selkeitä ajattelun muutoskohtia, tietorakenteiden muuttumista ja uudelleen organisoitumista (Vosniadou ym. 2001, 393). Tätä olemassa olevan tiedon uudelleen organisoitumista kutsutaan nimellä *käsitteellinen muutos*. (Carey 1985, 1991; diSessa 1988, 1993; Chi 1992; Vosniadou & Brewer 1992, 1994; Vosniadou 1994; Caravita & Halldén 1994; Halldén 1999 jne.).

2.2.3 Käsitteellinen muutos ja sen teorioita

Käsitteellisestä muutoksesta käytetään englanninkielisessä tutkimuskirjallisuudessa yleensä termiä "conceptual change", ja sillä viitataan yleisesti oppilaiden käsityksissä tapahtuviin muutoksiin. Yukhnovetsky ja Hoz (2001) tosin määrittelevät "conceptual change"-prosessin sellaiseksi, jossa tiedon validius eli suhde tieteelliseen tietoon on merkittävä tekijä. Sellaisista tietorakenteiden muutoksista, joihin liittyy muutoksia kognitioiden ohella myös affektioissa, uskomuksissa ja arvoissa, Yukhnovetsky ja Hoz käyttävät nimitystä "conceptual change". Suomenkielisessä kirjallisuudessa käsityksissä tapahtuvia muutoksia kuvataan tyypillisesti termillä käsitteellinen muutos. Tässä tutkimuksessa termillä käsitteellinen muutos viitataan englanninkieliseen termiin "conceptual change".

Käsitteellinen muutos on nykyisin lähes synonyymi oppimiselle, joskin sillä on alun perin tarkoitettu tieteellisten käsitteiden ja periaatteiden muuttumista eli kognitiivista kehittymistä (Sormunen 2004, 13; ks. myös Vosniadou 1994). Oppilaiden käsitystutkimus alkoi 1970-luvun puolessa välissä, jolloin sovellettiin Piaget'n näkemyksiä ja tutkimusmenetelmiä sekä kognitiivisen psykologian teorioita. Aluksi tutkimus keskittyi lähes yksinomaan oppilaiden käsitysten, etenkin tieteellisestä näkemyksestä poikkeavien ns. virhekäsitysten selvittämiseen. 1980-luvulta lähtien yksilökonstruktivistiset näkemykset (muun muassa radikaalikonstruktivismi) ja 1990-luvun alkupuolelta sosiokonstruktivismi ja sosiokulttuuriset lähestymistavat ovat laajentaneet tarkastelun viitekehystä. Käsitusten selvittämisen lisäksi tutkimuksen kohteeksi on noussut myös käsitysten muodostumisprosessin selvittäminen ja kuvaaminen. Nykyisin käsitteellisen muutoksen tutkimus kattaakin oppilaiden kognitoiden ja niissä tapahtuvien muutosten tutkimuksen lisäksi myös sen tilanteen ja kontekstin, missä oppiminen tapahtuu (Duit 1999; Duit & Treagust 2003).

Käsitteellisen muutoksen viitekehys on osoittautunut merkittäväksi lähestymistavaksi luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen tutkimuksessa ja kehittämisessä viimeisten vuosikymmenten aikana (Duit & Treagust 2003). Tutkimuskirjallisuudessa käsitteellisestä muutoksesta on esitetty monia erilaisia teorioita ja näkemyksiä (esim. Posner ym. 1982; Carey 1985; Chi 1992; diSessa 1993; Vosniadou 1994; Pintrich 1999; Halldén 1999). Yhteistä kaikilla käsitteellisen muutoksen variaatioille on konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaisesti näkemys oppimisesta aktiivisena tiedon konstruointina sekä tarve jo olemassa olevien tietorakenteiden merkittävään muuttamiseen ja uudelleen organisoimiseen (Duit 1999) (vrt. mielekkään oppimisen teoria, Ausubel 1968). Seuraavassa merkittävimpiä käsitteellisen muutoksen teorioita tarkastellaan tämän tutkimuksen kannalta olennaisin osin, mm. teorioiden suhdetta tiedonmuodostukseen ja tietorakenteissa tapahtuviin muutoksiin. Kattavan historiallisen kuvauksen käsitteellisen muutoksen tutkimuksen lähestymistavan kehittymisestä on esittänyt mm. Duit (2002). Lisäksi suomalaisista tutkijoista Havu (2000) on väitöskirjassaan ansiokkaasti ja kattavasti tarkastellut käsitteellisen muutoksen teorioita.

Käsitteellisen muutoksen tutkimuksen juuret ovat yhtäältä luonnontieteiden opetuksen tutkimuksessa (mm. Posner ym. 1982) ja toisaalta kehityspsykologiassa (mm. Carey 1985, Vosniadou 1994). Tutkimustraditioissa kiinnostuksen kohteena on ollut tiedon ja tietorakenteiden muodostuminen sekä tietorakenteissa tapahtuvien muutosten tarkastelu ja tulkinta (Havu 2000, 35). Kehityspsykologian näkökulma on kuitenkin painottunut yksilön kognitiivisten prosessien selvittämiseen, jolloin mielenkiinto on kohdistunut muun muassa arkikäsitysten rooliin oppimisprosessissa. Luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen tutkimuksessa keskeinen mielenkiinnon kohde on ollut eri ilmiöihin liittyvien yleisten arkikäsitysten sekä käsitteellistä muutosta tukevien opetuskäytänteiden ja oppimisympäristöjen selvittäminen (ks. Duit 2004).

Klassinen käsitteellisen muutoksen teoria

Luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen tutkimuksen piirissä havaittiin 1970-luvulla, että oppijoilla on usein pysyviä ja vaikeasti opetuksen avulla muutettavia virheellisiä käsityksiä monista luonnontieteellisistä ilmiöistä (mm. Driver & Easley 1978; Viennot 1979). Posner, Strike, Hewson ja Gertzog (1982) tarkastelivat oppilaiden näkemyksiä luonnontieteen filosofian ja historian näkökulmasta, ja esittivät 1980-luvulla käsitteellisen muutoksen teorian, jota nykyisin kutsutaan klassiseksi tai alkuperäiseksi käsitteellisen muutoksen teoriaksi. Teoriassaan Posner ym. tarkastelivat käsitteellistä muutosta lähinnä Kuhnin (1970) esittämän tieteen kehittymisen viitekehyksessä ja rinnastivat yksilön assimilaation ja akkomodaation kautta tapahtuvan tiedonmuodostuksen tieteen kehityksessä tapahtuviin normaalitieteen ja tieteellisen vallankumouksen vaiheisiin.

Assimilaatiossa oppijan tietomäärä kasvaa, mutta tietorakenteissa ei tapahdu suuria muutoksia. Posner ym. (1982) eivät pidäkään assimilaatiota varsinaisena käsitteellisenä muutoksena (Duit 1999). Sen sijaan akkomodaatiossa uusi tieto muokkaa olemassa olevaa tietoa, jolloin muodostuu laadullisesti uudenlainen tietorakenne (Tynjälä 1999, 42). Tietorakenteiden akkomodaatio eli käsitteellinen muutos ei kuitenkaan tapahdu automaattisesti, sillä oppijalla on useita keinoja käsitellä ns. anomalista eli omien tietorakenteiden kanssa ristiriitaista tietoa (Chinn & Brewer 1998). Oppija voi esimerkiksi jättää poikkeavan tiedon huomioimatta tai tulkita uuden tiedon siten, että se sopii paremmin hänellä jo oleviin käsityksiin. Akkomodaation edellytyksenä Posnerin ym. (1982) mukaan onkin muun muassa oppijan tyytymättömyys (dissatisfaction) tietojensa ongelmanratkaisukykyyn uudessa tilanteessa. Tällöin oppija kokee ns. kognitiivisen konfliktin eli tietorakenteiden epätasapainon vuoksi uudet käsitteet ja tiedot tarpeelliseksi. Lisäksi uuden käsityksen tai selitysmallin täytyy olla oppilaan näkökulmasta sekä järkeenkäypä (intelligible) että uskottava (plausible). Selitysmallien ja käsitteiden täytyy olla myös sovellettavissa uusiin tilanteisiin, jolloin niiden tulee olla ongelmanratkaisukykyisiä ja uutta ajattelua tuottavia (fruitfull) (Posner ym. 1982; Strike & Posner 1992).

Käsitteellinen muutos on Posnerin ym. (1982, 233) mukaan radikaali, mutta ei kuitenkaan yhtäkkäinen tapahtuma. Se tapahtuu vähittäisesti ja johtaa käsitteelliseen uudelleen organisoitumiseen, jolloin aikaisemmat käsitykset korvautuvat uudella tietorakenteella. Käsitteiden kertakaikkinen korvautuminen on kuitenkin osoittautunut erittäin vaikeaksi tai jopa mahdottomaksi kouluympäristössä. Usein oppijoille muodostuu tieteellisen näkemyksen sijaan käsitys, joka sisältää elementtejä sekä luonnontieteellisestä näkemyksestä että oppijalla aikaisemmin olleesta näkemyksestä (Chinn & Brewer 1998). Posnerin ym. (1982) alkuperäistä käsitteellisen muutoksen teoriaa onkin kritisoitu erityisesti näkemyksestä, jonka mukaan arkikäsitteet korvautuvat opetusstrategiana käytetyn kognitiivisen konfliktin avulla. Lähestymistavassa pääpaino on oppilaiden virheissä ja virheellisissä näkemyksissä, jolloin se ei tue oppijan tiedonmuodostusta parhaalla mahdollisella tavalla.

Tarkasteltaessa oppilaiden käsityksiä yksinomaan virheellisinä ajattelutapoina menetetään niiden mahdollinen potentiaali olla perustana tieteellisen näkemyksen kehittymiselle (Smith ym. 1993). Lisäksi Posnerin ym. teoria keskittyy liiaksi rationaalisuuteen ja loogiseen argumentointiin (Pintrich ym. 1993).

Käsitteellisen muutoksen ymmärtäminen on edennyt huomattavasti Posnerin ym. alkuperäisen käsitteellisen muutoksen teorian kriittisen tarkastelun ja empiiristen tutkimusten kautta. Myös Strike ja Posner (1992) ovat kommentoineet ja täydentäneet alkuperäistä teoriaansa muun muassa siten, että käsitteellistä muutosta pyritään selittämään ja kuvaamaan myös affektiivisilla ja sosiaalisilla tekijöillä.

Käsitteellinen muutos jatkuvana prosessina

Käsitteellinen muutos ymmärretään nykyisin alkuperäistä Posnerin ym. (1982) esittämää teoriaa laajempänä ja moniulotteisempänä. Oppilailla olevien arkikäsitteiden ei katsota kokonaan korvautuvan tieteellisellä tiedolla, vaan ne voivat säilyä osana oppijan tietorakenteita. Oppija käyttää eri tilanteissa käsityksistään sitä, joka on hänen näkökulmastaan käyttökelpoisin ja tarjoaa parhaan selityksen (Hatano & Inagaki 1997; Limón 2001). Tällöin käsitteellinen muutos voidaan ymmärtää jatkuvana prosessina, jossa uutta tietoa assimiloidaan jo olemassa olevaan tietoperustaan, jota Halldén (1999; Halldén ym. 2002) nimittää kaiken kattavaksi malliksi. Samanaikaisesti tiedon assimilaation kanssa tapahtuu akkomodaatiota eli tietorakenteiden uudelleenorganisointumista, minkä seurauksena muodostuu uusia käsityksiä tarkasteltavasta ilmiöstä (Caravita 2001). Tällöin käsitteellisen ymmärryksen kehittyminen tarkoittaa oppijalla olevien käsitysten erilaistumista, ja käsitteellinen muutos ymmärretään evolutiivisena, vähittäin tapahtuvana prosessina radikaalin muutoksen sijaan (Halldén ym. 2002; ks. myös Smith ym. 1993). Tällainen näkemys käsitteellisen ymmärryksen kehittymisestä on sopusoinnussa myös konstruktivistisen näkemyksen kanssa, jossa oppija aktiivisena toimijana pyrkii ymmärtämään ympäröivää maailmaa (esim. Ausubel 1968; Driver & Easley 1978).

Ympäristön ymmärtämiseen tähtäävä monitahoinen tiedon prosessointi tapahtuu Caravitan ja Halldénin (1994) mukaan samanaikaisesti useilla käsitesysteemien tasoilla; teoreettisella, käsitteellisellä ja empiirisellä tasolla (vrt. viitekehysteoria ja spesifiteoria, Vosniadou 1994). Halldénin ym. (2002, 147) mukaan tiedon käsittelyprosessit tapahtuvat lisäksi yhtäältä yksilötasolla ja toisaalta yksilön ja ympäristön välillä. Näiden prosessien seurauksena yksilön käsitteellinen malli tarkasteltavasta ilmiöstä laajenee ja eriytyy siten, että se voi sisältää useita käsityksiä samasta aiheesta. Käsitteellisen muutoksen seurauksena oppijan tapa tarkastella ilmiötä laajenee, hän kykenee erottamaan erilaisia konteksteja sekä liittämään ja käyttämään tietorakenteitaan asianmukaisessa kontekstissa. Halldén (1999) tarkasteleekin oppimista ja käsitteellistä muutosta vahvasti kontekstisidonnaisena (ks. myös

Caravita 2001). Konteksti voidaan ymmärtää paitsi fyysisenä aika- ja paikkasidonnaisena kontekstina, myös ns. mentaalisenä kontekstina (Halldén 1999).

Käsitteellisen muutoksen kontekstit

Käsitteellistä muutosta voidaan tarkastella kolmessa eri kontekstissa: kognitiivisessa, situationaalisessa sekä kulttuurisessa kontekstissa (Halldén 1999). *Kognitiivisella* kontekstilla viitataan tällöin siihen laajempaan kokonaisuuteen, johon opiskeltava asia liittyy. Uuden asian oppiminen voi olla vaikeaa, jos oppilailta puuttuu kognitiivinen viitekehys, johon ilmiö liittyy (vrt. learning paradox, Bereiter 1985). Luonnontieteiden ymmärtämistä vaikeuttaa entisestään se, että tarkasteltavan ilmiön teoreettinen perusta ei useinkaan ole oppilaille eksplisiittinen ja yksiselitteinen, sillä tiettyä luonnontieteellistä ilmiötä voidaan tarkastella esimerkiksi ympäristökasvatuksen, biologian, kemian, fysiikan, historian tai yhteiskuntatieteiden viitekehyksissä, joissa kaikissa näkökulma ilmiöön on erilainen.

Situationaalisella kontekstilla Halldén (1999) viittaa siihen, että oppija voi tulkita tieteellistä ajattelua vaativaa tilannetta arkielämän lähtökohdista, ja siten käyttää myös arkipäivän ongelmanratkaisustrategioita. Esimerkiksi maapallon tarkasteleminen arkiajattelulle tyypillisesti fysikaalisena objektina aiheuttaa virheellisiä tulkintoja tilanteissa, joissa sitä tulisi tarkastella luonnontieteellisesti astronomisena objektina (Vosniadou ym. 2001). Toisissa tilanteissa sen sijaan arkiajattelu tarjoaa riittävän ja oppilaan kannalta mielekkäämmän perustelun maapallolle. Halldénin mukaan käsitteellisen muutoksen eräs elementti onkin, että oppija kykenee erottamaan tilanteet, joissa tieteellinen ajattelutapa ja ongelmanratkaisustrategiat ovat arkiajattelua toimivampia. Näin ollen ihmisen suhtautuminen tiettyyn ongelmaan muuttuu (vrt. fenomenografia, Marton 1986). Opetuksen ja oppimisen näkökulmasta on huomattava, että tällainen eri kontekstien erottaminen edellyttää kuitenkin oppilaalta kykyä relativistiseen ajatteluun (Tyson ym. 1997).

Kolmantena oppimisen kontekstina Halldén (1999) tarkastelee *kulttuurista kontekstia*, jolloin oppimistilanteessa käytetty kieli ja tapa kommunikoida vaikuttavat tiedonmuodostukseen. Halldénin mukaan oppilaat usein kontekstualisoivat tarkasteltavan aihepiirin, esim. luonnon, käyttäen aihepiirin popularisoituja, arkipäivän termejä. Näin ollen oppijat puhuvat yleisesti saastumisesta ja valaiden suojelusta irrallisina käsitteinä ilman tieteellistä tietoperustaa. Luonnontieteiden sisältöjen opiskeluun tulisikin liittää luonnontieteen kulttuuriin sisäistyminen, jolloin diskurssi – tapa ja kieli, joilla luonnontieteellisestä oppisisällöstä keskustellaan – nousee erääksi merkittäväksi oppimisprosessin tekijäksi. (Hallden 1999, 56–65.) Näin ollen käsitteellisen muutoksen tutkimuksessa pyritään huomioimaan oppimisen laajempi konteksti ja lähestytään kognitiivisen toiminnan tilannesidonnaisuutta korostavia teorioita (situated cognition) ja sosiokulttuurisia näkemyksiä oppimisesta ja tiedonmuodostuksesta (Duit 1999, 165; Säljö 2001). Käsitteellisen muutoksen tutkimuk-

sessä on huomioitu myös tiedon luonteen ja tiedonmuodostuksen ymmärtäminen, mikä on olennainen osa luonnontieteellistä kulttuuria.

Kognitiivinen lähestymistapa ekspertti-noviisi paradigmassa

Käsitteellisen muutoksen tutkimukseen on luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen tutkimuksen lisäksi vaikuttanut voimakkaasti kognitiivisen (kehitys)psykologian tutkimustraditio. Tämä tutkimus sai alkunsa tarpeesta osoittaa Piaget'n loogiset operaatiot puutteelliseksi kuvaukseksi lasten älyllisestä kehityksestä. Esimerkiksi Careyn (1985; 1991) mukaan lapsille muodostuu intuitiivisen arkitiedon pohjalta naiivi teoriankaltainen, systemaattinen ja koherentti sisältöaluekohtainen (domain specific) tietorakenne. Käsitteellistä muutosta Carey tarkastelee lisääntyneen sisältöaluekohtaisen tiedon aikaansaamana teoriamuutoksena, jossa intuitiivisista teoriankaltaisista käsityksistä muodostuu uuden tiedon ja tietorakenteiden uudelleenjärjestelyn kautta uusia teorioita. Tällöin oppijan näkökulma opiskeltavaan aiheeseen muuttuu, sillä prosessissa muodostuneen teorian käsitteet ja rakenne poikkeavat intuitiivisesta teoriasta. Tätä teoriamuutosta ja päättelyprosesseja ohjaa sisäsyntyisten ja sisältöaluekohtaisten tietosysteemien joukko (systems of knowledge) (Carey & Spelke 1994; ks. myös Samarapungavan & Robinson 2001). Prosessissa kehittyy myös oppijan sisältöaluekohtainen tiedon arviointikyky, mikä heijastuu mm. oppijoiden käyttämässä perusteluissa ja päättelytaidoissa. Carey (1985, 1991) tarkasteleekin oppimista kehitysprosessina noviisi-ekspertti paradigman kautta.

Naiivi viitekehysteoria

Vosniadoun laajalti käsitteellisen muutoksen tutkimukseen vaikuttaneen näkemyksen (1992, 1994, ks. myös Vosniadou & Brewer 1992, 1994) mukaan lapsilla on jo varhaisessa kehityksen vaiheessa teoreettinen, mutta silti tiedostamaton käsitys ympäröivästä maailmasta. Yksilön sensoriset havainnot järjestyvät koherentiksi ja yhtenäiseksi tietorakenteeksi, joka sisältää epistemologiset ja ontologiset perusolettamukset ja siten määrittää yksilön käsitystä todellisuudesta. Vosniadou (1994) on nimittänyt tätä teoreettista tietorakennetta naiiviksi viitekehysteoriaksi (framework theory). Se kuvaa Vosniadoun (2002) mukaan lapsen pyrkimystä järjestää ja organisoida havaintoja ja kulttuurista tietoa ymmärrettäväksi kokonaisuudeksi. Viitekehysteoria ei kuitenkaan ole tieteellisen teorian kaltainen, koska siitä puuttuu muun muassa systemaattisuus, abstraktisuus sekä sosiaalinen ja institutionaalinen luonne. Nykyisin Vosniadou käyttääkin viitekehysteoriasta nimitystä alkuperäinen selityssystemi (initial explanatory system, Vosniadou 2002).

Viitekehysteorian tiedostamaton rakenne ohjaa tiedon rakentumista, sillä uusi tieto si-
joitetaan olemassa oleviin teoreettisiin tulkintoihin (Vosniadou & Ioannides 1998). Yksilön kognitiivisen toiminnan tuloksena muodostuu naiivin viitekehysteorian sekä arkipäivän kokemusten ja havaintojen pohjalta dynaamisia mentaalisia malleja, joiden avulla

selitetään, ennustetaan ja tehdään päätelmiä ympäröivästä maailmasta. Mentaalisia malleja voidaan tietoisesti muokata, ja ne puolestaan vaikuttavat oppimisprosessiin ohjaamalla yksilön tulkintoja ympäröivästä maailmasta. (Vosniadou 1994; Vosniadou ym. 2001). Käsitteellinen muutos tarkoittaa olemassa olevan käsitteellisen järjestelmän rikastamista (enrichment) tai sen tarkistamista ja uudelleen muodostamista (revision). Käsitejärjestelmän tarkistamisessa epistemologiset ja ontologiset oletukset tai viitekehysteorian rakenne muuttuvat. Ontologisten ja epistemologisten oletusten ja siten naiivin viitekehysteorian muuttaminen on kuitenkin vaikeaa, koska oppilaiden metakäsitteellinen tietoisuus on usein puutteellinen, eivätkä he näin ollen pyrikään kyseenalaistamaan naiivin tietoutensa oikeellisuutta (Vosniadou 2002).

Vosniadoun mukaan käsitteellisessä muutoksessa uusi tieto assimiloidaan olemassa olevaan naiivin viitekehykseen, jolloin tieteellisen näkemyksen elementit vähitellen yhdistyvät olemassa olevaan tietoperustaan (Vosniadou & Ioannides 1998, 1213; Vosniadou ym. 2001). Uutta tietoa käsitellessään oppija pyrkii kognitiivisen toiminnan tuloksena muodostamaan mentaalisen mallin, joka yhdistää sekä naiivin kehysteorian tietämyksen että uuden tiedon aspektit. Tästä mentaalista mallista Vosniadou (1994; ks. myös Vosniadou & Brewer 1992) käyttää nimitystä synteettinen malli. Virheellisen käsityksen, ts. synteettisen mallin, muodostuminen ei aina ole seurausta oppijan vaikeuksista ymmärtää uutta tietoa, vaan se voi olla seurausta oppijan aktiivisista ja luovista yrityksistä yhdistää jo olemassa oleva tieto ja tieteellinen tieto toisiinsa. Vosniadou ei näekään ns. kognitiivista konfliktia riittäväksi tekijäksi käsitteellisen muutoksen saavuttamisessa. Luonnontieteiden käsitteiden ja periaatteiden oppimisen edellytyksenä on arkikäsitteiden ja luonnontieteellisen tiedon erojen tiedostaminen, mikä edellyttää metakäsitteellistä tietoisuutta ja kykyä omien oletusten sekä uskomusten tietoiseen tarkasteluun (Vosniadou & Ioannides 1998; Vosniadou ym. 2001; Vosniadou 2002).

Ontologiset luokitteluperustat ja niiden muuttaminen

Ontologisten uskomusten merkitystä luonnontieteiden oppimisessa korostaa Vosniadoun tavoin myös Chi (1992, 2005; Chi ym. 1994; Chi & Roscoe 2002), joka tarkastelee käsitteellistä muutosta ontologisten kategorioiden filosofisen analyysin kautta. Tällöin maailmaa ja sen ilmiöitä voidaan tarkastella luokittelemalla ilmiöitä ja asioita intuitiivisesti muodostuviin ontologisiin kategorioihin. Näin ollen lapset usein luokittelevat ja järjestävät ilmiöitä koskevaa tietoa eri tavalla kuin tiedeyhteisö. Tällöin oppijalla on Chin ja Roscoen (2002) mukaan joko ennakkokäsitys tai virhekäsitys tarkasteltavasta ilmiöstä. Kun olemassa oleva käsitys on suhteellisen helposti opetuksen avulla muutettavissa, Chi ja Roscoe (2002) puhuvat ennakkokäsityksestä. Tällöin käsitteellinen uudelleenorganisointuminen tapahtuu saman ontologisen kategorian sisällä. Varsinainen käsitteellinen muutos tapahtuu kuitenkin silloin, kun virhekäsityksen muuttaminen edellyttää ilmiön tai asian luokitteluperus-

tan muuttamista ontologisesta kategoriasta toiseen. Tällainen käsitteiden ja tiedon siirtäminen kategoriasta toiseen on vaikeaa, koska Chin ja Roscoen (2002) mukaan oppijat eivät useinkaan ole tietoisia omista virheellisistä käsityksistään ja niiden perusteista.

Ontologisiin kategorioihin perustuva lähestymistapa koetaan usein ongelmallisena. Kategorioiden valinta ja luominen on koettu keinotekoisena ja osin puutteellisena (Duit 1999, Vosniadou 2002). Käsitteillä voi olla myös useita luokitteluperiaatteita (Tynjälä ym. 2002), jolloin keskeisten käsitteiden oppimista ei voida asianmukaisesti kuvata siirtymänä ontologisesta kategoriasta toiseen (Duit 1999).

Irralliset tiedot vs. koherentit tietorakenteet

Useissa käsitteellistä muutosta koskevissa näkemyksissä lähtökohtaisena oletuksena on se, että oppilailla on teoriankaltainen, koherentti käsitys, joka joko korvautuu uuden tiedon vaikutuksesta tai muodostaa uuden tietorakenteen yhdessä uuden tiedon kanssa. DiSessa (1988, 1993, 2002) puolestaan on esittänyt, että lapsille ei muodostu tällaisia teorioita tai koherentteja malleja, vaan intuitiivinen ja kokemusperäinen arkiajattelu muodostuu irrallisista tiedonosista, primitiivisistä skeemoista, joista diSessa käyttää nimitystä p-primitiivit. P-primitiivit muodostavat strukturoimattoman tai löyhästi jäsentyneen käsitteellisen järjestelmän, jonka avulla yksilö pyrkii selittämään ilmiöitä ja asioita. Virheelliset käsitykset muodostuvat silloin kun yksittäisiä primitiivejä yhdistellään virheellisesti toisiinsa tietyssä kontekstissa. Käsitteellinen muutos tarkoittaa tällöin primitiivien uudelleenorganisoinnista sisäisen koherenssin tai ilmiötä selittävien primitiivien systematisoinnin kautta, jolloin irrallinen tieto tulee osaksi moniulotteisempaa tietorakennetta (esim. fysikaalista lakia). Irrallisista tiedon palasista muodostuu siis oppimisprosessissa luonnontieteellisiä lakeja ja periaatteita, kun käsitteiden väliset suhteet muodostuvat ja muuttuvat. (diSessa 2002.)

DiSessan lisäksi myös eräät muut käsitteellisen muutoksen tutkijat ovat esittäneet kriittisiä näkemyksiä oppilaiden teoriankaltaisista käsityksistä (esim. Spada 1994; Nobles ym. 2002; Caravita 2004). Spadan (1994) näkemyksen mukaan oppilailla ei ole kaikista ilmiöistä vahvaa teoriaa tai teoriankaltaista ennakkokäsitystä, vaan pikemminkin irrallisia tietoja. Universaalien ja yhtenäisten tietorakenteiden puuttuessa tiedonmuodostus tapahtuu sisäältäaluekohtaisesti, jolloin oppilailla voi tietyistä asioista olla teoriankaltainen, koherentti tietorakenne ja joidenkin oppisisältöjen käsiterakenne puolestaan voi muodostua irrallisista tiedoista (Nakhlek 2001; Samarapungavan & Robinsonin 2001; Wiser & Amin 2001).

Suurin osa käsitteellisen muutoksen tutkimuksista, joissa oppilaiden tietorakennetta on tarkasteltu teoriankaltaisena ja koherenttina käsitesysteeminä, on liittynyt arkipäivän fyysiikkaan, konkreettisiin tai helposti demonstroitaviin ilmiöihin (Duit 2004). Näin ollen on mahdollista, että lapsilla on koherentteja tietorakenteita sellaisista ilmiöistä, joista heillä on arkipäivän kokemusperäistä tietoa. Sen sijaan abstrakteista ja arkikokemuspiiriin kuulumattomista aiheista ja ilmiöistä oppilailla ei välttämättä ole tietoa lainkaan tai hei-

dän tietorakenteensa muodostuu ns. autoritäärisistä lähteistä (esim. joukkotiedotusvälineistä) peräisin olevista irrallisista tiedoista (Spada 1994). Useat biologiaan ja ympäristötieteisiin liittyvät aiheet ovat luonteeltaan komplekseja ja varsin kaukana oppilaiden välittömästä kokemusmaailmasta. Lawson onkin jo 1980-luvun lopulla (1988) esittänyt, että on epätodennäköistä, että oppilaille muodostuisi naiiveja teoriankaltaisia ennakkokäsityksiä biologian ilmiöistä samaan tapaan kuin fysikaalisista ilmiöistä. Tällöin käsitteellistä muutosta voidaan tarkastella pikemminkin tiedon määrän lisääntymisenä ja tietorakenteiden täydentymisenä kuin niiden radikaalina muuttumisena. Kaikki tutkijat eivät pidä käsitteellistä tietorakenteiden täydentymistä varsinaisena käsitteellisenä muutoksena (esim. Carey 1985), mutta alakohtaisen tiedon lisääntymistä voidaan pitää vähintäänkin käsitteellisen muutoksen edellytyksenä (Wiser 1988).

Sosiaalisen ympäristön merkitys

Edellä kuvattujen käsitteellisen muutoksen tutkimustraditioiden näkökulmat poikkeavat hieman toisistaan: siinä missä luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen tutkijoiden mielenkiinto on pääsääntöisesti kohdistunut käsitteellistä muutosta tukevan oppimisympäristön kehittämiseen, ovat kehityspsykologit tarkastelleet oppijan kognitiivisia prosesseja jättäen huomiotta yksilön tiedonmuodostukseen vaikuttavat ulkoiset tekijät. Kognitioiden tarkastelukontekstin tulisi kuitenkin mm. Sinatran (2002) mukaan olla laajempi, sillä kognitiiossa voidaan erottaa sekä yksilöllinen että sosiaalinen komponentti (ks. myös Tyson ym. 1997). Lisäksi käsitteellisen muutoksen prosessi saa usein alkunsa ja etenee sosiaalisten ja kulttuuristen prosessien kautta (Vosniadou 2002). Myös Caravita (2004) korostaa, että tiedonmuodostusta ei voida tarkastella yksinomaan rationaalisenä ja kognitiivisena toimintona, vaan arvot, asenteet ja sosiaalinen vuorovaikutus ovat kiinteä osa prosessia. Näin ollen kognitiivinen toiminta tulee liittää kiinteästi kontekstiinsa.

Sosio-kulttuurisen näkökulman mukaan oppimista ja tiedonmuodostusta ei voida tarkastella irrallaan sosiaalisesta, kulttuurisesta tai historiallisesta kontekstistaan (Tynjälä 1999, 11). Lähestymistavan keskeisenä elementtinä voidaan pitää kielen välittämää sosiaalista vuorovaikutusprosessia, jolloin oppiminen nähdään sisäisen (yksilön) ja ulkoisen (sosiaalisen kontekstin) välisenä diskursiivisena merkityksenrakentamisprosessina (Wertch 1991; Gorodetsky & Keiny 2002). Käsitteellisen muutoksen teorian tuleekin kuvata mentaalaisia representaatioita ja kognitiivisen toiminnan aikana tapahtuvia prosesseja siten, että nämä pyritään liittämään ulkoiseen, kulttuurisidonnaiseen symbolijärjestelmään, mikä edellyttää niin yksilö- kuin sosiaalistenkin prosessien huomioon ottavan oppimisteorian kehittämistä (Vosniadou 2002).

2.2.4 Käsitteellisen muutoksen tukeminen

Käsitteellisen muutoksen tutkimus ja sen kautta saatu tieto tiedonmuodostuksesta ja käsitteellisen ymmärryksen kehittymisestä heijastuvat myös opetuksen periaatteiden suunnitteluun ja toteutukseen. Käsitteellistä muutosta tukevan oppimisympäristön tulisi noudattaa konstruktivismin periaatteita, jolloin oppijan oman aktiivisen toiminnan ja tiedonrakentamisen sekä itseohjautuvuuden merkitys korostuvat käsitteelliseen muutokseen tähtäävässä oppimisprosessissa (Tynjälä 1997; Vosniadou ym. 2001).

Olemassa olevien käsitysten tiedostaminen

Käsitteellisen muutoksen lähestymistapa eroaa tavanomaisesta kouluopetuksesta Vosniadoun ym. (2001) mukaan siinä, että oppimisprosessin keskeisenä päämääränä on pyrkimys olemassa olevien tietorakenteiden muuttamiseen. Tällöin oppijoiden käsitykset tarkasteltavasta ilmiöstä nousevat oppimis-opettamisprosessin lähtökohdaksi. Pystyäkseen pedagogisin ratkaisuin tukemaan oppilaiden tiedonmuodostusta akkomodaation kautta opettajan täytyy tiedostaa paitsi oppijoiden käsitykset tarkasteltavasta ilmiöstä myös niiden taustalla olevat perustavanlaatuiset ennako-oletukset (Vosniadou ym. 2001; Limón 2001). Käsitteelliseen muutokseen tähtäävässä opetuksessa tulee huomioida myös oppijoiden kognitiivinen konteksti eli laajempi viitekehys, johon opiskeltava aihe liittyy (Halldén 1999; Chi & Roscoe 2002). Kun oppijalla on jotain tietoa aiheesta tai käsitteestä, voi oppija ymmärtää uuden tiedon oikeassa kontekstissa, jolloin vältetään uuden tiedon virheelliseltä assimilaatiolta (Duit 1999).

Käsitysten muuttamiseksi myös oppilaiden tulee tiedostaa omat käsityksensä tarkasteltavasta ilmiöstä sekä käsitellä niitä eksplisiittisesti (esim. Vosniadou & Kollias 2003). Sosiaalinen vuorovaikutus, esimerkiksi pienryhmä- ja luokkakeskustelut, edistävätkin aikaisempien käsitysten muuttamista sekä käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä (Mason & Santi 1998; ks. myös Hatano & Inagaki 1997). Keskusteluissa oppilaat tulevat tietoisiksi omista näkemyksistään, kun he joutuvat refleктоimaan, selittämään ja perustelemaan näkemyksiään. Tällöin kommunikaatio toimii tiedon rakentamisen välineenä. (Mason 1996, 1998, 2001; Sinatra 2002.) Oppijoille tulee kuitenkin tarjota riittävästi kulttuurista ja sosiaalista tukea olemassa olevien käsitysten muuttamisprosessissa, sillä joissain tapauksissa pienryhmäkeskustelut voivat toimia jopa käsitysten muuttamisen esteenä (Chan ym. 1997). Oppilaiden välinen pienryhmäkeskustelu voi johtaa siihen, että erilaisista käsityksistä ei keskustella, yksittäinen dominoiva käsitys tulee hallitsevaksi ja keskustelu kohdistuu pääsääntöisesti toiminnan suunnitteluun eikä oppisisältöön (Cavalli-Sforza ym. 1994).

Omien näkemysten selittäminen itselle, esimerkiksi kirjoittamalla, auttaa oppilaita tiedostamaan käsityksensä, mikä on tehokas väline käsitteelliseen muutokseen tähtäävässä oppimisessa (Tynjälä 1999; Mason 2001). Lisäksi kirjoittamisen ja keskustelujen yhdistä-

minen lomittain lisää edelleen käsitteellisen muutoksen todennäköisyyttä (Dysthe 1996). Verbaalinen ilmaisu ja vuorovaikutus eivät kuitenkaan ole yksin riittävä tuki etenkin nuorten oppilaiden käsitteellisen ymmärryksen muodostamisessa, silloin kun oppimisen kohteena on abstrakti ilmiö (Leighton & Bisanz 2003; ks. myös Bunce 2001; Brandt ym. 2001). Tällöin esimerkiksi visuaalisten representaatioiden käyttö voi tukea käsitteellistä muutosta (Fischer ym. 2002).

Metakognitio ja käsitteellinen muutos

Käsitteelliseen muutokseen tähtäävässä opetusprosessissa tulisi huomioida metakognitiiviset seikat, sillä oppijan epistemologiset uskomukset oppiaineesta, oppimisesta ja opettamisesta estävät tai edistävät käsitteellistä muutosta (Caravita & Halldén 1994; Duit 1999; Martin ym. 2000; Lehtelä 2001). Käsitys tieteellisen tiedon luonteesta ja periaatteista on kiinteästi yhteydessä käsitteelliseen muutokseen. Metakäsitteellisen tietoisuuden puuttuminen johtaa helposti uuden tiedon virheelliseen assimilaatioon ja virhekäsitysten muodostumiseen, koska oppija ei ole tiedostanut omien käsitystensä hypoteettista luonnetta (Vosniadou ym. 2001). Myös omien käsitysten alkuperän tiedostaminen edesauttaa metakäsitteellisen tietoisuuden kehittymistä (Hewson ym. 1998). Tällöin oppija joutuu pohtimaan, pohjautuvatko hänen käsityksensä omiin havaintoihin ja päätelmiin vai ovatko ne peräisin kirjoitusta, opetuksesta tai muista ns. autoritäärisistä lähteistä. Metakognitiivisten taitojen kehittämisessä auttaa sosiaalinen vuorovaikutus, erilaisten näkemysten ilmaiseminen sekä niiden vertaaminen (Vosniadou ym. 2001). Sosiaalinen vuorovaikutus voi myös motivoida oppilaiden oppimisprosessia, mikä yhdessä positiivisen oppimiseen liittyvän minäkuvan kanssa toimii käsitteellistä muutosta edistävänä tekijänä (Linnenbrink & Pintrich 2000).

Kognitiivinen konflikti käsitteellisessä muutoksessa

Kognitiivista konfliktiä on pidetty käsitteellisen muutoksen edellytyksenä silloin, kun muutosta tarkastellaan virheellisten tietojen poistamisena ja uuden näkemyksen omaksumisena (esim. Posner ym. 1982). Kognitiivisessa konfliktissa oppijalle esitetään olemassa olevien tietorakenteiden kanssa ristiriidassa olevaa tietoa, jolloin oppija tulee tyytymättömiksi tietoihinsa. Tällöin hänen oletetaan olevan halukas muuttamaan käsityksiään (Meadows & Wiesenmayer 1999). Tyypillisesti kognitiiviseen konfliktiin on pyritty esittämällä oppijan tietorakenteiden vastaista aineistoa esimerkiksi analogioiden, pienryhmätyöskentelyn tai sokraattisen keskustelun avulla (Dreyfus ym. 1990; Duit ym. 2001).

Nykyisen käsityksen mukaan kognitiivinen konflikti ei aina johda käsitteelliseen muutokseen tai käsitteellisen ymmärryksen kehittymiseen (Chan ym. 1997; Merenluoto & Lehtinen 2004). Kognitiiviseen konfliktiin pyrittäessä keskitytään pääsääntöisesti yksilön kognitiivisiin prosesseihin ja jätetään huomioimatta muut kompleksissa koulukontekstissa vaikuttavat seikat, kuten motivaatio, oppimisstrategiat, epistemologiset uskomukset,

metakäsitteellinen tietoisuus sekä arvot ja asenteet (Limón 2001). Lisäksi oppijan ns. kognitiivinen ja motivationaalinen herkkyys vaikuttavat siihen, kuinka oppija kohtaa oppimistilanteen tuoman haasteen ja millaiseen lopputulokseen oppimisprosessi johtaa (Merenluoto & Lehtinen 2004). Kognitiivinen konflikti kohdistuu Vosniadoun ym. (2001) mukaan tiettyyn virhekäsitykseen, jolloin oppijan virhekäsityksen taustalla olevat perusolettamukset jäävät huomioimatta. Näin ollen oppijan kehysteoria säilyy virheellisenä tulkinnan kehikkona. Lisäksi Dreyfus ym. (1990) korostavat, että oppijalla tulisi olla riittävä kognitiivinen taso ja riittävästi perustietoja opiskeltavasta aihepiiristä, jotta hän ymmärtäisi kognitiivisen konfliktin ja siitä muodostuisi sisällöltään merkityksellinen. Merkityksetön ja hämmentävä kognitiivinen tilanne voi passivoida tai aiheuttaa oppijassa jopa välttämismisreaktion, jolloin hän suhtautuu kielteisesti kyseisen asian työstämiseen (Merenluoto & Lehtinen 2004). Tarkasteltaessa kognitiivista konfliktia merkityksellisyyden ja motivaation lähtökohdista, täytyy siinä huomioida voimakkaasti myös sosiaalinen vuorovaikutus ja oppimisympäristö (Limón 2001).

Kontekstista riippuvat käsitykset

Nykyisin käsitteellisen muutoksen päämääränä pidetään usein arkitiedon korvaamisen sijaan oppilaiden arkiteorioiden laajentamista tieteellisen tiedon avulla, jolloin oppijalla voi olla samanaikaisesti useita käsityksiä tarkasteltavasta ilmiöstä (Caravita & Halldén 1994; Limón 2001). Käsitteellisen muutoksen tavoitteena voidaan tällöin pitää sellaisten tilanteiden määrän lisäämistä, joissa tieteellinen selitys tarjoaa arkiajattelua toimivamman lähestymistavan (Duit 1999). Lähestymistapa ei kuitenkaan johda täydelliseen relativismiin, sillä mm. Duit (1999) toteaa oppilaiden joidenkin käsitysten olevan niin suuressa ristiriidassa tieteellisen käsityksen kanssa, että virheelliset käsitykset tulee opetuksen avulla pyrkiä korjaamaan. Kognitiivista konfliktia voidaan tällöin pitää käsitteellisen muutoksen ensimmäisenä vaiheena siinä mielessä, että oppijan tulee tiedostaa se, että tiettyä asiaa voidaan tarkastella useista näkökulmista, ja havaita omien tietojensa ja uuden, opiskeltavan tiedon välinen ristiriita (Limón 2001). Tällöin kognitiivinen konflikti ymmärretään muutoksena oppijan epistemologisissa käsityksissä. Oppimisprosessin tavoitteena on, että oppija pystyy tulkitsemaan tietoa oikeassa situationaalisessa kontekstissa eli erottamaan tieteellistä ajattelua vaativat tilanteet arkipäivän tilanteista (Halldén 1999). Arkipäivän ja tieteellisen kontekstin selkeä erottaminen toisistaan, mutta samalla tieteellisen näkemyksen tarkasteleminen arkikäsitteellisen selityksenä auttaa Wiserin & Aminin (2001) mukaan käsitteellisen ymmärryksen kehittämisessä. Samaten käsitteen eri merkitykset tieteellisessä tai arkikonktextissa tulisi tehdä oppilaille eksplisiittisiksi, jotta he voisivat paremmin valita käsitteen ja tilanteen tulkintakehikon (Wiser & Amin 2001). Caravita (2001) korostaa kuitenkin, että oppilaiden ennakkokäsityksiä ja -tulkintoja ei tulisi käsitellä selittävinä teorioina vaan metaforina, jotka viittaavat intuitiivisesti luotuihin mutta virheellisesti artikuloituihin

malleihin tai suhteisiin. Analogiat yhdistävät opiskeltavan asian johonkin oppilaalle tuttuun asiaan, esimerkiksi arkipäivän tilanteeseen. Ne ovat joissain tapauksissa osoittautuneet hyväksi keinoksi tukea kompleksien ilmiöiden käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä (Caravita 2001; Mason 2004).

Konstruktivismin ja käsitteellisen muutoksen ongelmia

Useissa käsitteellistä muutosta tarkastelevissa tutkimuksissa on todettu, että opetuksen avulla on hyvin vaikea muuttaa oppijoiden tietorakenteita. Toisin sanoen käsitteellinen muutos on vaikea saavuttaa. (Mm. Martin ym. 2000.) Näin ollen käsitteelliseen muutokseen tähtääviin lähestymistapoihin ja opetusjärjestelyihin onkin kohdistunut muiden konstruktivistisesti painottuneiden lähestymistapojen tavoin myös kritiikkiä. Konstruktivistisen lähestymistavan ongelmana voidaankin pitää sitä, että oppimisprosessia tarkastellaan näennäisesti oppijan omana tiedon konstruointina, vaikka luonnontieteen opetuksen päämääränä on ainakin jossain määrin muuttaa oppilaiden näkemyksiä tieteellisiksi (Paulsen 2001). Esimerkiksi Matthews (2002) mukaan luonnontieteellisessä tiedossa on paljon elementtejä, ilmiöitä ja käsitteitä, jotka ovat oppijan kokemusmaailman ulkopuolella ja joita ei koululaboratorioissa voida demonstroida. Näin ollen osan luonnontieteellisestä tiedosta oppija joutuu Matthews (2002) mukaan omaksumaansa pääosin opettajan ja muiden auktoriteettien toimintaan ja tietovarantoon pohjautuen. Tällöin oppija ei konstruoi itse ilmiön selitystä havaintoihinsa perustuen, vaan opettajan rooli tiedonmuodostuksen tukemisessa on keskeinen. Myös Caravita (2004) toteaa luonnontieteiden oppimisen pohjautuvan auktoriteetteihin ja niiden välittämiin tietoihin, jolloin oppijan oma tiedon konstruointi jää vähäiseksi. Tilanne korostuu etenkin silloin, kun oppija ei koe tietoa merkitykselliseksi ja omaan kokemusmaailmaansa vaikuttavaksi tiedoksi (Caravita 2004).

Konstruktivismiin kohdistuvan kritiikin lisäksi käsitteelliseen muutokseen tähtäävien lähtökohtien ongelmana pidetään niiden liian yleistä lähestymistapaa. Tiedonmuodostuksen oppiainekohtaisuuden vuoksi yleiset käsitteellisen muutoksen tukemisen periaatteet eivät ole riittäviä (Vosniadou ym. 2001; Wiser & Amin 2001; Caravita 2001). Limónin (2001) mukaan esimerkiksi oppilaiden luonnontieteisiin ja historiaan liittyvät arkikäsitteet ovat luonteeltaan varsin erilaisia (ks. myös Voss & Wiley 1997). Lisäksi samankin tieteenalan käsitteet ovat erilaisia, esimerkiksi kuvailevia tai teoreettisia, jolloin käsitteet voivat kuulua erilaisiin ontologisiin kategorioihin (esimerkiksi kategoriaan aine tai kategoriaan prosessi, ks. Chi ym. 1994). Tällöin käsitteenmuodostus voi vaihdella tietyn tieteenalan sisälläkin. Tarvitaan siis alakohtaista tietoa yksittäisten käsitteiden käsitteenmuodostuksesta (Vosniadou ym. 2001). Tämän lisäksi tarvitaan tietoa oppiaineen sisäisestä käsitejärjestelmästä, jotta voidaan rajoittaa opiskeltavien käsitteiden määrää, korostaa keskeisiä käsitteitä ja opettaa käsitteet oikeassa järjestyksessä (Barras 1984; Vosniadou ym. 2001). Tätä tukee myös se, että kullakin tieteenalalla on muutamia keskeisiä käsitteiden verkostoja, joille kyseinen tieteen-

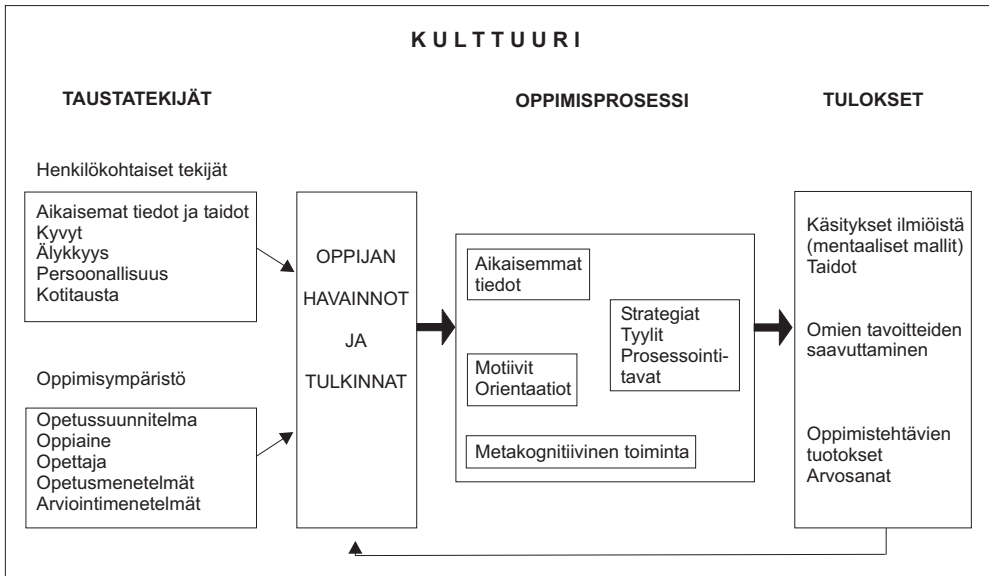
ala pitkälti perustuu (Caravita 2004). Näin ollen on luonnontieteissäkin tarpeen tutkia yksittäisiä ilmiöitä, kuten tässä tapauksessa ilmastonlämpenemistä, sekä niihin liittyviä käsitteitä ja käsitteiden muodostumista ja muuttumista.

2.3 Tämän tutkimuksen teoreettiset lähtökohdat

Tässä tutkimuksessa ihminen nähdään aktiivisena ja intentionaalisen toimijana, joka pyrkii muodostamaan kokemuksiinsa, havaintoihinsa ja tietoihinsa perustuen kuvaa ympäröivästä todellisuudesta sekä konstruoimaan merkityksellistä tietoa. Näin ollen tutkimuksessa hyödynnetään konstruktivistista käsitystä oppimisesta ja opetuksesta, mutta irtisanoudutaan konstruktivismiin ongelmalliseksi osoittautuneesta totuuskäsityksestä (esim. Bodner ym. 2001). Tutkimuksessa tarkastellaan oppilaiden subjektiivisia käsityksiä suhteessa luonnontieteelliseen käsitykseen, jolloin viitataan olemassa olevaan ja jossain määrin objektiivisena pidettyyn tietoon ympäröivästä maailmasta. Näin ollen todellisuus ymmärretään tässä tutkimuksessa sekä objektiivisena että subjektiivisena, toisin sanoen yhteisen reaalityodellisuuden olemassaolo tunnustetaan, mutta merkityksensä reaalityodellisuutta saa yksilön subjektiivisena kokemuksena (ks. Marton 1981, 177–181).

Tutkimuksessa tarkastellaan yksilöiden kognitiivisten toimintojen seurauksena muodostettuja mentaalisia representaatioita, joiden muodostumiseen vaikuttavat muun muassa yksilön aikaisemmat tiedot, kokemukset ja uskomukset. Yksilökonstruktivismista poiketen myös sosiaalinen vuorovaikutus nähdään tässä tutkimuksessa yksilöllistä tiedonmuodostusta ja oppimista edistävänä ja strukturoivana tekijänä, sillä se aktivoi yksilön ajattelua ja sen kautta muodostetaan jaettu ymmärtäminen useiden yksilöiden kesken (sosiokognitiivinen näkemys, mm. Resnick 1991). Tutkimuksen teoreettisessa viitekehyksessä lähenytään jossain määrin Vygotskyn näkemyksiä, sillä tieteellinen tieto nähdään kielen välityksellä sosiaalisesti konstruoiduksi. Tutkimus ei kuitenkaan ole varsinaisen diskurssianalyttinen tutkimus, joskin yksilöiden mentaalisia representaatioita kuvataan kielen avulla. Tässä tutkimuksessa oppimista tarkastellaankin sekä yksilöllisenä että sosiaalisena prosessina, jolloin pyritään ottamaan huomioon sosiaalinen vuorovaikutus sekä kognitiivisten prosessien konteksti (ks. Duit ym. 2003; Vosniadou 2003; Vosniadou ym. 2005).

Tässä tutkimuksessa oppimista tarkastellaan koulukontekstissa. Tutkimuksen yleiseksi oppimisen viitekehykseksi sopii Tynjälän (1999, 17) aikaisempien tutkimustulosten nojalla luoma yleinen kouluoppimisen kokonaismalli (kuvio 2.2), jossa oppimisprosessi ymmärretään monitahoisena ja kokonaisvaltaisena prosessina, jossa eri tekijät limittyvät ja vuorovaikuttavat toisiinsa. Tämän tutkimuksen pääasiallisena mielenkiinto rajautuu oppilaiden aikaisempien tietojen ja käsitysten tarkasteluun sekä näiden käsitysten muuttumiseen. Aikaisemmat tiedot ja käsitykset voidaan lukea kuuluviksi oppimisprosessin kannalta

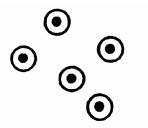
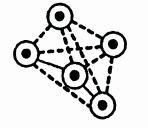
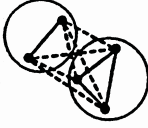



Kuvio 2.2. Tynjälän (1999, 17) esittämä oppimisen kokonaismalli.

olennaisiin taustatekijöihin, joiden pohjalle rakentuu uuden oppiminen (Tynjälä 1999). Oppimisprosessia kuvataan tässä tutkimuksessa pääsääntöisesti oppilaiden käsityksissä tapahtuvina muutoksina.

Tässä tutkimuksessa käsitteellistä muutosta tarkastellaan luonnontieteellisen tiedon muodostavien käsitteiden ja niiden välisten yhteyksien täydentymisenä ja muuttumisena. Käsitteellisen ymmärryksen kehittyminen ymmärretään sisältöaluekohtaisena. Näin ollen oppilailla voi joistain aihepiireistä olla intuitiivinen ja sisäisesti johdonmukainen käsitys (ks. Vosniadou 1994), kun taas toisten aihepiirien ymmärryksen kehittyminen alkaa toisistaan irrallisista käsitteistä tai tiedoista (esim. Wiser & Amin 2001). Tutkimuksen lähtöoletuksena on, että abstraktien ja kompleksien luonnontieteellisten ilmiöiden käsitteellinen ymmärrys tapahtuu tietorakenteiden täydentymisenä, assimilatiivisena prosessina. Arki-ajattelun katsotaan pohjautuvan käsitteille eikä primitiivisille skeemoille (diSessa 2002). Tällöin voidaan hyödyntää Dillonin (1993) esittämää mallia (kuviokuva 2.3) käsitteellisen ymmärryksen kehittymisen yleisenä kuvauksena.

Dillonin esittämässä käsitteellisen ymmärryksen kehittymisen mallissa oppija alkaa ensivaiheessa tiedostaa ja tunnistaa aiheeseen liittyviä käsitteitä. Käsitteet ovat kuitenkin oppijan tietorakenteissa toisistaan irrallisia. Niiden välille muodostetaan yhteyksiä, kun käsitteiden sisältöjä opitaan. Käsitteiden väliset yhteydet ovat aluksi heikompia, mutta vahvistuvat ymmärryksen kehittyessä. Kun oppija ymmärtää eri käsitteiden väliset riippuvuus-suhteet, kehittyä hänelle laajempi tieteiden välinen ymmärrys tarkasteltavasta ilmiöstä.

Kontekstuaalinen kehittyminen	Kontekstuaalinen viitekehys	Oppimisen kuvaus
Tietoisuus käsitteistä kehittyi		Eksploraatiivinen
Käsitteiden oppiminen ja niiden välisten yhteyksien alustava muodostaminen		Eksploraatiivinen/ aihekohtainen
Käsitteiden ymmärtämisen vahvistuminen; käsitteiden välisten yhteyksien tunnistaminen		Aihekohtainen/ tieteidenvälinen
Käsitteiden välisten yhteyksien ymmärtäminen; käsitteiden kontekstisidonnaisuuden tunnistaminen		Monitieteinen

Kuvion tulkintaohje:

- käsite
- kontekstuaalinen kehys
- alustava yhteys käsitteiden välillä
- konkreetti yhteys käsitteiden välillä

Kuvio 2.3. Dillonin (1993) esittämä kuvaus käsitteellisen ymmärryksen kehitymisestä.

Oppijan ymmärtäessä eri käsitteiden kontekstisidonnaisuuden, hän kykenee tarkastelemaan ilmiötä monitieteisesti. (Dillon 1993.)

Oppilaiden arkikäsitteet eivät korvautu tieteellisellä käsityksellä oppimisprosessin aikana (vrt. Posner ym. 1982), vaan oppilailla voi olla tarkasteltavasta ilmiöstä useita käsityksiä, joita hän käyttää kontekstisidonnaisesti. Kontekstilla ymmärretään tässä tutkimuksessa paitsi ns. fyysinen konteksti myös kognitiivinen, situationaalinen ja osin kulttuurinen konteksti (Halldén 1999). Näin ollen tässä tutkimuksessa ei sitouduta yhteen käsitteellisen muutoksen teoreettiseen lähestymistapaan, vaan ne nähdään toisiaan täydentävinä ja selitysvoimaisina (ks. Duit & Treagust 2003, 680).

3

Ilmastonlämpeneminen luonnontieteellisenä esimerkki-ilmionä

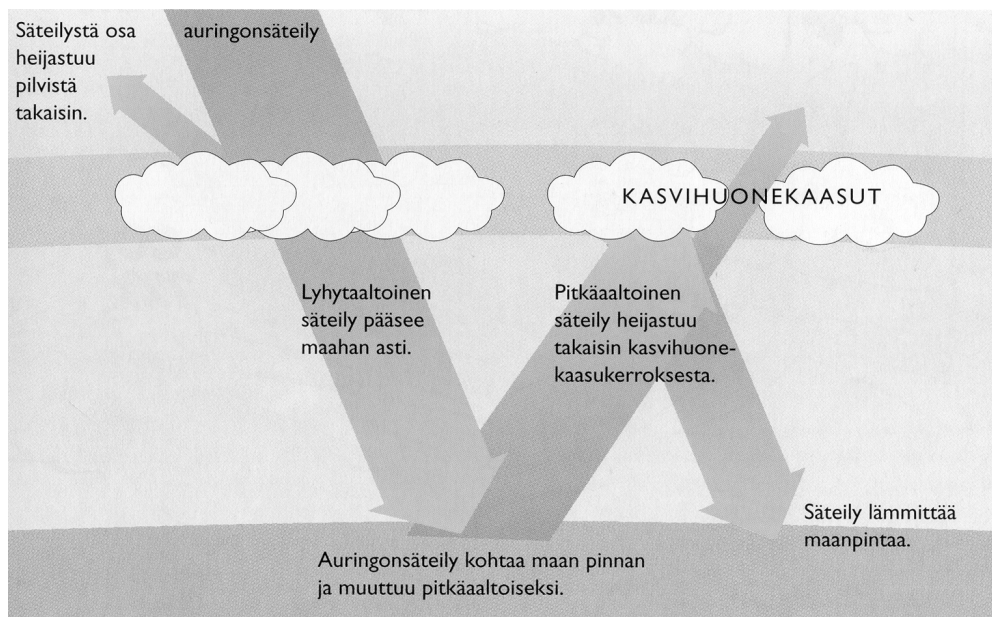
Ilmastonlämpeneminen on valittu tämän tutkimuksen luonnontieteelliseksi esimerkki-ilmioiksi, sillä se on luonnontieteellisesti ja yhteiskunnallisesti keskeinen ilmiö, josta oppilaiden käsitykset ovat osoittautuneet puutteellisiksi ja osin virheellisiksi (mm. Boyes & Stanisstreet 1997a; Koulaidis & Christidou 1999; Österlind 2005). Vääristyneet käsitykset ilmiöstä ja sen prosesseista saattavat johtaa kestäväen kehityksen ja ympäristönsuojelun kannalta virheellisiin kansalaistoimiin (Rye ym. 1997, 540). Ilmastonlämpenemistä onkin tarpeen tarkastella oppimisen ja opetuksen asettamien vaatimusten valossa.

Tässä luvussa tarkastellaan ilmastonlämpenemistä luonnontieteellisenä ilmiönä sekä tarkastellaan lyhyesti sen yhteiskunnallista ulottuvuutta. Ilmastonlämpenemisen yhteiskunnallisen ulottuvuuden pohdinta tässä yhteydessä sijoittaa ilmiön laajempaan tarkastelukokonaisuuteen, jolloin muodostuu luonnontieteellistä näkemystä laajempi tulkinnan konteksti (ns. situationaalinen kontekstualisointi, Halldén 1999). Tässä luvussa tarkastellaan myös oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisestä sekä mahdollisia syitä virheellisten käsitysten ja ajatusmallien muodostumiselle. Tämä tarkastelu luo pohjaa tutkimuksessa toteutetulle oppimisjaksolle sekä oppimisjaksolla käytetylle ilmastonlämpenemisen selitykselle (ks. liite 1).

3.1 Ilmastonlämpenemisen eri ulottuvuudet

Kasvihuoneilmiö on luonnollinen ilmiö, joka mahdollistaa elämän maapallolla. Ilman kasvihuoneilmiötä maapallon keskilämpötila olisi $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ nykyisen $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ sijasta. Ilmakehässä olevat ns. *kasvihuonekaasut*, esimerkiksi vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, dityppioksididi ja otsoni päästävät lävitseen suuren osan Auringosta tulevasta lyhytaaltoisesta säteilystä

(400–700 nm), lähinnä näkyvästä valosta, lähes esteettä maanpinnalle. Osa maanpinnan saavuttaneesta säteilyenergiasta heijastuu suoraan takaisin avaruuteen, osa sen sijaan absorboituu väliaineisiin lämmittäen maankamaraa, vesimassoja, erilaisia rakenteita sekä eläviä organismeja. Väliaineisiin absorboitunut energia vapautuu hitaasti pitkäaaltoisena (700 nm–1 mm) lämpösäteilynä. Ilmakehän kasvihuonekaasut absorboivat tehokkaasti tätä säteilyä, jolloin alailmakehä lämpenee säteilyn ulosvirtauksen vähennyttyä. (Brasseur ym. 1999.) Kuviossa 3.1 on esitetty kaavakuva kasvihuoneilmistä.



Kuvio 3.1. Kaavakuva kasvihuoneilmistä (Holopainen ym. 2003, 69).

Luonnolliset tekijät, kuten Auringon säteily määrän muutokset, eivät selitä maapallon ilmakehän viimeaikaisia muutoksia, kuten keskilämpötilan nousua 0,6 Celsius-asteella 1860-luvulta nykypäivään.² Näiden muutosten syynä pidetään ihmisen toiminnasta välillisesti tai suoraan johtuvaa kasvihuonekaasujen määrän lisääntymistä ilmakehässä (Joos ym. 2001). Kasvihuonekaasujen pitoisuuden lisääntyminen on vaikeuttanut terestisen säteilyenergian eli maasta heijastuvan lämpöenergian ulossäteilyä avaruuteen, jolloin alailmakehä on lämmennyt ja yläilmakehä viilentynyt. Yläilmakehän viilenemistä on pidetty todis-

² Ilmatieteenlaitos: Ilmastomuutos- Maailman ilmatieteenpäivä 2003 WMO:n tervehdys http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_38.html (noudettu 16.3.2004)

teena ihmisen vaikutuksesta: jos lämpeneminen johtuisi Auringon säteily määrän lisääntymisestä, olisi myös yläilmakehässä havaittu lämpenemistä. Maapallon läheisten ilmakerrosten lämpötilojen nousu johtuu siis kasvihuoneilmiön voimistumisesta, ja siitä käytetään nimitystä *ilmastonlämpeneminen*. Ilmiöstä käytetään myös nimitystä *ilmastonmuutos*.

Kasvihuonekaasujen lisäksi myös muilla ilmakehän kaasuilla on epäsuora vaikutus ilmastonlämpenemiseen. Useat kemiallisesti reaktiiviset kaasut, kuten typen oksidit, hiilimonoksidi sekä haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) vaikuttavat mm. troposfääriin hapettamiskykyyn, otsonin määrään sekä metaanin kemiallisiin prosesseihin, jolloin ne toimivat ns. *epäsuorina kasvihuonekaasuina*. Epäsuorien kasvihuonekaasujen vaikutusta ilmastonlämpenemiseen on erittäin vaikea mallintaa ja arvioida (Joos ym. 2001). *Aerosoleja*, lyhytikäisiä ilmassa leijuvia hiukkasia muodostuu sekä luonnollisissa prosesseissa (esim. tulivuoritoiminnassa) että ihmisen toiminnan seurauksena (esim. fossiilisten polttoaineiden poltossa) (Brasseur ym. 1999, 143). Ne vaikuttavat maapallon lämpötilaan absorboiden tai heijastaen infrapunasäteilyä ja siten ne joko lämmittävät tai viilentävät ilmastoa. Aerosolien kokonaisvaikutuksen ilmastonlämpenemiseen on arveltu olevan negatiivinen. (Joos ym. 2001.) Maapallon ilmastolliset, hydrologiset ja ekologiset systeemit toimivat vuorovaikutuksessa keskenään, joten ilmastonlämpenemiseen vaikuttaa myös eri tekijöiden yhteisvaikutus ja palautusmekanismit, esimerkiksi valtamerien kyky toimia ilmastonlämpenemisen *puskurina* eli hillitsijänä sekä hiilidioksidin *nieluna* (ks. Brasseur ym. 1999).

Ilmastonlämpenemistä ja sen ekologisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia käsitellään myös liitteessä 1, missä esitetään oppimisjaksolla käytetty ilmastonlämpenemisen koulu selitys.³

Ilmastonlämpeneminen on paitsi luonnontieteellinen, myös vahvasti yhteiskunnallinen, poliittinen ja sosiaalinen ilmiö (Järvelä & Wilenius 1996, 73), sillä sitä voidaan pitää modernin yhteiskunnan toiminnasta johtuvana ympäristöongelmana. Länsimainen elämäntapa kuormittaa ympäristöä kohtuuttomasti ja samalla heijastaa ihmisen ja luonnon välisen vuorovaikutuksen vääristymää, joten ilmastonlämpenemisen problematiikka voidaan palauttaa kansalaisten elämäntapoihin ja valintoihin sekä yhteiskunnassa vallitseviin arvoihin ja asenteisiin. Koska ilmastonlämpenemisen syyt, seuraukset ja ratkaisukeinot ovat kuitenkin globaaleja, joudutaan toimintastrategioiden luomisessa ottamaan poliitti-

³ Laajemmin ilmastonlämpenemisestä luonnontieteellisenä ilmiönä kiinnostuneelle lukijalle suositellaan tietolähteeksi esimerkiksi Brasseurin, Orlandon ja Tyndallin (1999) teosta Atmospheric chemistry and global change tai Kansainvälisen ilmastopaneelin sivustoa <http://www.ipcc.ch> (raportit löytyvät suomeksi osoitteesta http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_10.html). Uusinta tutkimustietoa ilmastonlämpenemisen vaikutuksesta Suomessa ja arktisilla alueilla löytyy muun muassa Arktisen neuvoston teoksesta Impacts of a warmig arctic: Arctic climate impact assessment (2004), joka on saatavilla myös osoitteesta <http://www.amap.no/acia/index.html>.]

sin päätöksin kantaa modernin yhteiskunnan perustaviin rakenteisiin, kuten talouselämään, poliittisiin järjestelmiin sekä sosiaalisten instituutioiden rakenteisiin ja sisäisiin toimintamalleihin. (Järvelä & Wilenius 1996.) Näiden yhteiskunnan osajärjestelmien muutokset voivat aiheuttaa globaalien yhteiskunnallisten riskien kasvua. Esimerkiksi joidenkin maiden tai alueiden fyysisen olemassaolon uhka voi johtaa laajoihin muuttoliikkeisiin ja niistä aiheutuviin ongelmiin. Näin ollen ilmastonlämpenemisen yhteydessä törmätään väistämättä myös eettisiin kysymyksiin, jolloin joudutaan ottamaan laajasti kantaa globaaleihin tasa-arvokysymyksiin ja oikeudenmukaisuuteen. (Haaparanta 1997.)

Ilmastonlämpenemisen ratkaisuna etenkin teollisuus- ja elinkeinoelämän piirissä nähdään usein teknologisen rationalismin keinoja eli teollisuuden investointien kiihtymiseen johtavaa uuden teknologian käyttöön ottoa (Järvelä & Wilenius 1996, 80). Jatkuvan kuluksen kasvua perustellaan usein kansainvälisen kilpailukyvyyn säilyttämisellä. Ympäristökasvatuksessa sen sijaan pyritään yhteiskunnallisen toiminnan perustana olevien arvojen, asenteiden ja toimintatapojen muuttamiseen sekä ympäristövastuullisen käyttäytymisen ja toiminnan kehittämiseen. Ympäristökasvatus nähdäänkin usein arvo- ja moraalikasvatuksena (Käpylä 1991). Kokonaisvaltaisessa ympäristökasvatuksen mallissa (Aho 1993, Åhlbergin 1998 täydentämä) yksilön toimintaan ja päätöksentekoon vaikuttavat lisäksi myös kokemukset, sekä yksilön tiedot ja ymmärtäminen.

Ilmastonlämpenemisen luonnontieteellistä perustaa on kritisoitu ja sen olemassaolo on jopa kiistetty (esim. Haapasalo 1996). Koska ilmastonlämpeneminen on myös sosiaalinen, poliittinen ja taloudellinen ilmiö, osallistuvat sitä koskevaan tiedon muodostukseen myös joukkotiedotusvälineet, poliitikot, talouselämän edustajat sekä filosofit (Osborne 2001). Näin ollen ilmastonlämpeneminen on yhteiskunnan eri osa-alueille ulottuva luonnontieteellinen ilmiö, jonka syvälliseksi hallitsemiseksi vaaditaan sekä yhteiskunnallista, poliittista että luonnontieteellistä osaamista.

3.2 Ilmastonlämpeneminen oppilaiden käsityksissä

Oppilailla on usein kulttuuritaustasta, iästä, sukupuolesta tai koulumenestyksestä riippumatta samankaltaisia käsityksiä ilmastonlämpenemisestä. Oppilaiden käsitykset kuitenkin poikkeavat usein tieteellisestä konsensuskäsityksestä. (Rye ym. 1997; Meadows & Wiesenmayer 1999; Groves & Pugh 1999; Papadimitriou 2004) Esimerkiksi oppilaat eivät tyypillisesti ymmärrä ilmastonlämpenemistä kasvihuoneilmiön voimistumisena, vaan kyseiset käsitteet ovat oppilaille merkitykseltään samansisältöisiä (Fraser 2000; Andersson & Wallin 2000). Näin ollen kasvihuoneilmiötä ei ymmärretä luonnollisena ja elämälle välttämättömänä ilmiönä, vaan se käsitetään ympäristöongelmana. Taulukkoon 3.1 on koottu joitain tutkimustuloksia oppilaiden ja opettajien ilmastonlämpenemiseen liittyvistä käsityksistä.

Taulukko 3.1. Ilmastonlämpenemiseen liittyviä käsityksiä.

Käsitys	Tutkimus
Ilmastonlämpeneminen liitetään kausaalisuhtein otsonikatoon.	mm. Rye ym. 1997; Francis ym. 1993; Groves & Pugh 1999; Summers ym. 2001
Otsoniaukoista pääsee enemmän säteilyä/ energiaa.	Boyes & Stanisstreet 1997a; Papadimitriou 2004
Otsonikerros sitoo UV-otsoniaukoista tulevan säteilyn.	Koulaidis & Christidou 1999
Ilmastonlämpenemisen seurauksena saasteet kohoavat korkeammalle ilmakehässä tuhoten otsonikerrosta.	Boyes & Stanisstreet 1997a
Ilmastonlämpeneminen sekoitetaan muihin ilmiöihin.	
Ilmastonlämpeneminen ja kasvihuoneilmiö ovat sama ilmiö.	Andersson & Wallin 2000; Fraser 2000
Ilmastonlämpeneminen ja otsonikato ovat sama ilmiö.	Koulaidis & Christidou 1999; Andersson 2001
Ilmastonlämpenemisen syinä pidetään kaikkia jossain mielessä ympäristölle haitallisia toimintoja.	Boyes ym. 1999
Saasteet	Fisher 1998; Boyes & Stanisstreet 1997a
Saasteiden kerros ilmakehässä sitoo auringonsäteilyä tai ihmisen tuottamaa lämpöä.	Papadimitriou 2004
Saastepäästöt ovat kuumia.	Boyes & Stanisstreet 1997b
Teollisuus	Papadimitriou 2004
Autoilu	Boyes & Stanisstreet 1997b; Mason & Santi 1998
Ydinvoima	Groves & Pugh 1999; Papadimitriou 2004
Metsien hakkuut	Fisher 1998; Papadimitriou 2004
Ponnekaasut ja sprayt ym.	Mason & Santi 1998
Happosateet	Groves & Pugh 1999; Papadimitriou 2004
Maan kiertoradanmuutokset	Mason & Santi 1998
Kasvihuonekaasuihin liittyvät virheelliset käsitykset tai puutteelliset tiedot.	
Kasvihuonekaasuja ja niiden lähteitä ei tunnisteta tai virheellisiä kaasuja pidetään kasvihuonekaasuina.	Fisher 1998; Andersson & Wallin 2000; Summers ym. 2001; Papadimitriou 2004
Kasvihuonekaasujen vaikutus ilmastonlämpenemiseen ymmärretään virheellisesti.	Koulaidis & Christidou 1999; Summers ym. 2001
Ilmastonlämpenemisen seuraukset yksittäisiä, laaja ekologinen ja yhteiskunnallinen ymmärrys on puutteellista	Fisher 1998; Koulaidis & Christidou 1999; Andersson 2000
Ilmastonlämpenemistä ei ymmärretä säteilytasapainon muutoksena.	Andersson & Wallin 2000; Summers ym. 2001

Oppilaat liittävät ilmastonlämpenemisen tyypillisesti ihmisen toimintaan ja sen aiheuttamiin muutoksiin. Heillä on kuitenkin vaikeuksia eritellä, mitkä ihmisen toimet johtavat ilmastonlämpenemiseen, ja syynä pidetäänkin usein yleistä saastumista (Boyes & Stanisstreet 1997a). Saastuttavia, ja siten ilmastonlämpenemistä aiheuttavia, toimia ovat oppilaiden mielestä muun muassa roskaaminen, jätteiden tuotanto ja käsittely, metsien hakkuut, teollisuus sekä autoilu ja pakokaasupäästöt (Francis ym. 1993; Fisher 1998). Oppilaat liittävät usein omasta näkökulmastaan loogisella ajatusketjulla myös muut jossain mielessä ympäristölle haitalliset tekijät erilaisiin ympäristöongelmiin, myös ilmastonlämpenemiseen (Boyes ym. 1999).

Erään virheellisen ajattelumallin mukaan fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja teollisuudesta aiheutuvat päästöt, kuten hiilidioksidi saastuttavat ilmakehän happea. Saastuminen tuhoaa myös ilmakehää ja muuttaa ilmastoja kuumemmaksi. (Koulaidis & Christidou 1999.) Tyypillisesti oppilaat kuitenkin ajattelevat saasteiden muodostavan ilmakehään kerroksen, joka vangitsee tai heijastaa lämpöä tai säteilyä (erityisesti UV-säteilyä) kasvihuoneen katon tai peiton tavoin (Rye ym. 1997; Koulaidis & Christidou 1999).

Yksittäisistä ilmansaasteista oppilaat liittävät CFC-yhdisteet tyypillisesti ilmastonlämpenemiseen (Boyes & Stanisstreet 1997a; Christidou & Koulaidis 1999), mutta muita kasvihuonekaasuja tunnustetaan heikommin (Andersson & Wallin 2000). Merkillepantavaa on, että CFC-yhdisteitä ei mielletä kuitenkaan lämpösäteilyä absorboiviksi kasvihuonekaasuiksi vaan niiden katsotaan aiheuttavan ilmastonlämpenemistä tuhoamalla otsonikerrosta (Rye ym. 1997).

Kasvihuonekaasuista oppilaat tunnustavat tyypillisimmin hiilidioksidin ja metaanin, mutta usein niiden merkitys kasvihuoneilmiössä on virheellisesti tai puutteellisesti ymmärretty. Esimerkiksi Koulaidisin ja Christidoun (1999) tutkimuksessa osa oppilaista vastasi kyseisten kasvihuonekaasujen absorboivan joko Auringosta tulevaa lämpösäteilyä tai lämpösäteilyksi muuttunutta UV-säteilyä. Myös Rye ym. (1997) tutkimuksessa osa oppilaista yhdisti kasvihuonekaasut UV-säteilyn absorboimiseen, mikä viittaa siihen, että ilmakehän eri kerrosten ja prosessien merkitys ei ole oppilaille selvä. Tähän viittaa myös se, että samassa tutkimuksessa osa oppilaista piti hiilidioksidia otsonikadon aiheuttajana, mikä puolestaan johtaa ilmastonlämpenemiseen. Osalla näin ajattelevista oppilaista oli kuitenkin jonkinlainen käsitys myös hiilidioksidin lämpösäteilyä absorboivasta roolista. (Rye ym. 1997.)

Ilmastonlämpeneminen liitetään huomattavan usein otsonikatoon siten, että otsonikato mielletään ilmastonlämpenemisen aiheuttajaksi (Francis ym. 1993; Rye ym. 1997; Summers ym. 2001). Oppilaiden mielestä otsonikerroksen aukoista pääsee maapallolle normaalia enemmän Auringon energiaa tai säteilyä, erityisesti UV-säteilyä. Otsonikadon seurauksena lisääntynyt lämpö ei joidenkin oppilaiden mukaan löydä "aukkoja" poistua ilmakehästä, joskin viileä ilma pääsee avaruuteen otsoniaukosta. (Boyes & Stanisstreet

1997a.) Oppilaat voivat myös ajatella, että kasvihuonekaasut absorboivat otsoniaukoista tulevaa lämpösäteilyksi muuttunutta UV-säteilyä (Rye ym. 1997).

Käsitys ilmastonlämpenemisestä otsonikadon aiheuttajana on selvästi edellä kuvattua käsitystä harvinaisempi. Boyesin ja Stanisstreetin (1997a) tutkimuksessa osa oppilaista kuitenkin kertoi ilmastonlämpenemisen seurauksena muodostuvan saasteita, savuja tai kaasuja, jotka voivat lämminneen ilman vaikutuksesta nousta tavanomaista ylemmäs ilmakehässä, ja siten tuhota otsonikerrosta. Rye ym. (1997) tutkimuksessa oppilaat vastasivat ilmastonlämpenemisen polttavan reiän tai reikiä otsonikerrokseen. Lisäksi aikaisemmissa tutkimuksissa osa oppilaista (10–20 prosenttia) on käsitteellistänyt ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon samaksi ilmiöksi, jolloin oppilaat voivat esimerkiksi ajatella otsonikerroksen absorboivan maasta heijastunutta lämpösäteilyä (Koulaidis & Christidou 1999; Andersson 2001).

Oppilaiden käsitykset ilmastonlämpenemisen seurauksista ovat usein yksittäisiä ja tarkkarajaisia. Tyypillisiä oppilaiden mainitsemia ilmastonlämpenemisen seurauksia ovat jäätiköiden, etenkin napajäätiköiden, sulaminen ja merenpinnan nousu (Fisher 1998; Koulaidis & Christidou 1999; Andersson 2001). Myös tulvat liitetään usein ilmastonlämpenemiseen (Boyes & Stanisstreet 1993). Oppilaiden mielestä ilmastonlämpeneminen voi johtaa myös ilmakehän suojaavan vaikutuksen vähenemiseen, jolloin UV-säteilyn määrä lisääntyy, hapen määrä vähentyy ja hengittäminen vaikeutuu (Fisher 1998). Laajempi ymmärrys ilmastonlämpenemisen ekologisista ja yhteiskunnallisista vaikutuksista jää usein puutteelliseksi (Andersson & Wallin 2000).

Luonnontieteellisestä näkemyksestä poikkeavat käsitykset ilmastonlämpenemisestä ovat edellä kuvatun perusteella varsin yleisiä, ja vain harvoin oppilaat ymmärtävät ilmastonlämpenemisen maapallon säteilytasapainon muutoksena (Andersson & Wallin 2000). Näin ollen ilmastonlämpenemiseen liittyvän tiedonmuodostuksen ymmärtämiseksi onkin syytä tarkastella ilmiön ominaisuuksia, jotka tukevat virheellisten ajatusmallien muodostumista.

3.3 Ilmastonlämpenemiseen liittyvien virheellisten käsitysten muodostuminen

Ilmastonlämpenemisen mekanismi palautekytkentöineen on kompleksinen ja liittyy ilmiön muihin ilmakehän ja terrestisen sekä akvaattisen ekosysteemin ilmiöihin. Näin ollen sen ymmärtämiseksi vaaditaan osaamista useilta luonnontieteiden osa-alueilta, esimerkiksi ilmakehästä, säteilystä, ekologisista prosesseista ja vuorovaikutussuhteista. Nämä luonnontieteelliset perusasiat tuottavat kuitenkin usein oppilaille vaikeuksia (Koulaidis & Christidou 1999; Fraser 2000), mikä saattaa johtaa virheellisiin tulkintoihin myös ilmastonläm-

penemisestä. Esimerkiksi Francisin ym. (1993) mukaan oppilailla on taipumus yhdistää kaikki ilmakehään liittyvien ongelmien syyt ja seuraukset yhdeksi ”kaiken kattavaksi ympäristöongelmien malliksi” sekä vaikeuksia eriyttää ympäristöongelmat toisistaan (esim. Koulaidis & Christidou 1999), mikä johtunee osaltaan siitä, etteivät oppilaat ymmärrä ekosysteemien toimintaa laajemmin. Tällöin oppilailta puuttuu paitsi luonnontieteellinen käsitteellinen viitekehys (Halldén 1999), jonka osana globaalit ympäristöongelmat ovat, myös kyky arvioida eri lähteistä saamia tietoja ja niiden pohjalta muodostamia käsityksiä.

Ilmastonlämpeneminen on abstrakti sekä luonnontieteellisenä ilmiönä että käsitteenä. Ilmiön ymmärtäminen vaatiikin useiden abstraktien käsitteiden hallitsemista, koska ilmastonlämpeneminen selitetään yksinomaan abstraktien käsitteiden, kuten säteilyn, avulla. Oppilaiden tiedot kyseistä abstrakteista käsitteistä ovat usein puutteellisia, esimerkiksi säteilytyyppien eri muotojen rooleja ei useinkaan ymmärretä. (Rye ym. 1997.) Lisäksi ilmastonlämpeneminen liittyy näiden abstraktien käsitteiden kautta muihin luonnontieteellisiin ilmiöihin, kuten otsonikatoon. Ryen ym. (1997) mukaan osa virheellisistä käsityksistä johtuukin siitä, että oppilailla on tietorakenteissaan paljon toisistaan irrallisia käsitteitä, joita yhdistetään toisiinsa virheellisesti.

Virheellisten käsitysten muodostumisen taustalla voi olla myös käsitteiden epätäsmällinen ja osin harhaanjohtavakin käyttö. Esimerkiksi säteilystä voidaan käyttää epäspesifejä ilmaisuja, jolloin oppijalle voi jäädä epäselväksi, millaista säteilyä kussakin yhteydessä tarkoitetaan. Joukkotiedotusvälineissä taas saatetaan puhua kasvihuoneilmiöstä, kun todellisuudessa tarkoitetaan kasvihuoneilmiön voimistumista eli ilmastonlämpenemistä. Voidaankin sanoa, että globaalien ympäristöongelmien, myös ilmastonlämpenemisen, käsitelyssä oppija törmää abstraktien käsitteiden viidakkoon (Henriques 2000).

Koska oppijoilla ei ole konkreetteja kokemuksia ilmastonlämpenemisestä, tiedonmuodostus pohjautuu pitkälti autoritääriseen, esimerkiksi opettajan välittämään ns. sekundääriseen tietoon. Tällöin tiedonmuodostusta vaikeuttaa havaintoihin pohjautuvan tuen puuttuminen (Vosniadou & Brewer 1992). Oppilaat kuitenkin kohtaavat arkielämässään ilmastonlämpenemiseen ja kasvihuoneilmiöön liittyviä käsitteitä, joista he muodostavat käsityksiä jo ennen kouluopetusta. Osa oppilaiden virheellisistä käsityksistä johtuukin esimerkiksi joukkotiedotusvälineiden välittämän ns. sekundäärisen tiedon virheellisestä liittämisestä arkikokemukseen ja havaintoihin. Esimerkiksi oppilailla on usein kokemus siitä, että Auringon säteily lämmittää. Yhdistettynä ilmastonlämpenemiseen tämä voi johtaa oppilaan kannalta loogiseen päättelyyn siitä, että ilmastonlämpeneminen johtuu Auringon säteilyn lisääntymisestä (Rye ym. 1997, 530).

Oppilaiden käsityksenmuodostusta voi vaikeuttaa myös ilmastonlämpenemiseen liittyvistä luonnontieteellisistä epävarmuustekijöistä (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 2001) johtuva, osin spekulatiivinen, retoriikka ilmiöstä, sen voimakkuudes-

ta, nopeudesta ja seurauksista. Esimerkiksi kasvihuonekaasujen päästöjen kehityksestä riippuvien eri skenaarioiden esittäminen voi vaikeuttaa ilmiön yksiselitteistä ymmärtämistä. Kyetäkseen kriittisesti arvioimaan erilaisia näkemyksiä ja skenaarioita, oppijan tulisi ymmärtää luonnontieteellisen tiedon luonne eli tiedon tarkentuminen ja osin muuttumisenkin tutkimuksen edetessä. Lisäksi ilmastonlämpeneminen ulottuu useille yhteiskunnan osa-alueille, jolloin ilmiön ymmärtämistä voi vaikeuttaa osaltaan myös ilmiöön liitetyt arvot, asenteet, emootiot sekä sosiaalinen hyväksyttävyys (Lawson ym. 2000). Näin ollen ilmastonlämpenemisen käsitteeseen liitetty sosiaalinen merkitys voi muuttua ajan myötä, vaikka se viittaa samaan luonnontieteelliseen ilmiöön (ks. Arabatzis 2004). Täten ilmastonlämpenemistä voitaneekin pitää kompleksina käsitteenä (Tynjälä ym. 2002), minkä ymmärtäminen asettaa oppilaan kognitiiviselle ajattelulle haasteita. Oppilaan tulee kyetä muun muassa abstraktiin ja loogiseen ajatteluun, ymmärtää relativistisia kausaalisuhteita sekä olla valmis lähes filosofisiin pohdintoihin.

Edellä kuvatun perusteella oppilaille on usein tieteellisestä näkemyksestä poikkeavia käsityksiä ilmastonlämpenemisestä. Tyypillistä virheellisille näkemyksille on ilmiöiden ja käsitysten eriytymättömyys, esimerkiksi ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon liittäminen toisiinsa kausaalisuhtein. Virheellisten ajatusmallien taustalla saattaa olla luonnontieteellisen käsitteellisen viitekehyksen puutteet. Tällöin oppija ei kykene muodostamaan abstrakteista ja kokemusmaailmaan kuulumattomista käsitteistä luonnontieteellisesti järkeviä kokonaisuuksia tai tarkastelemaan muodostamiensa käsitteiden välisten suhteiden mielekkyyttä.

4

Tutkimuksen empiirinen toteuttaminen

Tässä tutkimuksessa yhdistyy sekä kasvatustieteellinen että luonnontieteellinen paradigma. Monitieteinen viitekehys tarjoaakin mahdollisuuden tutkimuskohteen syvälliseen ymmärtämiseen (Keiny 1991). Tutkimuksessa hyödynnetään myös metodisesti erilaisia tutkimusotteita, minkä avulla tutkimuskohdetta voidaan tarkastella erilaisista näkökulmista. Tämän tutkimuksen teoreettisia lähtökohtia on tarkasteltu luvussa 2.3. Teoreettiseen perustaan nojautuen seuraavissa luvuissa esitetään tutkimustehtävän jäsentyminen tutkimuskysymyksiksi, tarkastellaan niiden vastaamiseksi tehdyn empiirisen tutkimuksen metodisia valintoja sekä kuvataan tutkimuksen empiirinen toteuttaminen.

4.1 Tutkimustehtävän jäsentyminen tutkimusongelmiksi

Käsitteellisen muutoksen tutkimustraditiossa on tarkasteltu oppilaiden käsityksiä ja käsityksenmuodostuksen ja -muutoksen periaatteita ilmiöistä sekä ennen kouluopetusta että sen jälkeen (Duit 2004). Tutkimusten perusteella on käynyt ilmi, että kaikkien aihepiirien käsitteellisen ymmärryksen kehittyminen ei noudata yhtä tiettyä kaavaa, joten tarve tarkastella yksittäisten aihealueiden käsityksenmuodostumista ja sen tukemista on käynyt ilmeiseksi (mm. Vosniadou ym. 2001).

Tässä tutkimuksessa tarkasteltavaksi luonnontieteelliseksi ilmiöksi valittiin ilmastonlämpeneminen, sillä se on yksi ihmiskunnan merkittävimmistä globaaleista ekologisista haasteista ja luonnontieteellisesti moniulotteinen ja kompleksi ilmiö. Se on aikaisempien tutkimusten mukaan osoittautunut myös ilmiöksi, josta oppilailla on usein virheellisiä käsityksiä (ks. luku 3.2). Suomalaista tutkimusta aihepiiristä ei ole ollut. Näin ollen on syytä selvittää millaisia ns. arkikäsitteitä suomalaisilla oppilailla on ilmastonlämpenemisestä.

Opetuksen kehittämisen näkökulmasta on tärkeää selvittää myös arkikäsitysten muuttumista kohti luonnontieteellistä näkemystä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan yläluokkalaisten oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisestä kahdella luokka-asteella. Eri-ikäisten oppilaiden käsitysten erojen ja yhtäläisyyksien selvittämisen kautta saadaan tietoa arkikäsitysten muuttumisesta, sillä opetussuunnitelman mukaan oppilaat eivät ole saaneet ilmastonlämpenemiseen liittyvää kouluopetusta näiden luokka-asteiden välillä. Oppilaiden ilmastonlämpenemistä koskevien tietolähteiden selvittäminen auttaa osaltaan ymmärtämään arkikäsitysten muodostumista. Tutkimuksessa halutaan myös selvittää, millaisia muutoksia oppilaiden käsityksissä ja tiedoissa tapahtuu ilmastonlämpenemistä käsittelevän oppimisjakson aikana. Näiden pohjalta ilmastonlämpenemisen käsityksenmuodostusta tarkastellaan ja selitetään käsitteellisen muutoksen teorioiden valossa.

Edellä kuvattu tutkimustehtävä jäsentyy tässä työssä seuraaviksi tutkimusongelmiksi ja näiden alaongelmiksi:

1. *Millaisia käsityksiä oppilailla on ilmastonlämpenemisestä ennen kouluopetusta?*
 - 1.1 *Millaisia arkikäsitteitä on 7. luokan oppilailta?*
 - 1.2 *Millaisia oppilaiden arkikäsitteitä ovat 9. luokalla?*
 - 1.3 *Onko seitsemäs- ja yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden arkikäsitteissä eroja?*
2. *Mistä oppilaat ovat saaneet tietoa arkikäsitteistensä muodostamiseksi?*
3. *Millaisia muutoksia yhdeksäsluokkalaisten käsityksissä ja tiedoissa tapahtuu ilmastonlämpenemistä käsittelevän oppimisjakson aikana?*
4. *Kuinka ilmastonlämpenemisen käsityksenmuodostusta voidaan kuvata käsitteellisen muutoksen viitekehyksessä?*

4.2 Tiedonkeruun strategiat

Tässä tutkimuksessa mielenkiinto kohdistuu oppilaiden käsitysten tarkasteluun: oppilaiden arkikäsitteiden ja niissä tapahtuvien muutosten selvittämiseen sekä tämän muutosprosessin kuvaamiseen. Tutkimuksen tavoitteena on pikemminkin tulkita ja ymmärtää tutkimuskohdetta käsitteellisen muutoksen viitekehyksessä kuin tuottaa yleistettävää ja ennustamiseen soveltuvaa tietoa. Näin ollen tutkimuksen lähestymistavaksi soveltuu pääsääntöisesti kvalitatiivinen tutkimusote.

Kvalitatiivisen tutkimuksen pyrkimyksenä on kuvata todellista elämää ja sen moninaisuutta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti, jolloin tulkinnallisuus ja ymmärtäminen ovat

tutkimuksen teon keskiössä. Ymmärtäminen tarkoittaa Soinin mukaan (1995, 34) ilmiöiden merkitysten oivaltamista. Merkitykset puolestaan muodostuvat autonomisina, kun yksilöt, jotka ymmärretään subjekteina, tulkitsevat ilmiöitä ja tapahtumia. Tällöin tutkimuksen kohteeksi nousevat ihmiset, heidän ajatuksensa, käsityksensä ja tapansa toimia. Tässä tutkimuksessa oppilaille annettiin mahdollisuus ilmaista käsityksensä ja ymmärryksensä ilmastonlämpenemisestä mahdollisimman avoimesti kirjallisessa muodossa.

Olennaista kvalitatiivisessa tutkimuksessa on yleisesti tutkittavien näkökulman esille-tuominen, mikä edellyttää usein tutkijan aitoa ja kiinteää vuorovaikutussuhdetta tutkimuskohteen kanssa ja sen holologista kuvausta (Miles & Huberman 1994, 5–7). Tässä tutkimuksessa yhdeksännen luokan oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisestä tarkasteltiin autenttisessa kouluympäristössä. Tätä voidaan pitää tutkimuksen vahvuutena, sillä tutkittavien näkemysten ymmärtäminen on mahdollista vain siinä kontekstissa, jossa niillä on merkitys (Miles & Huberman 1994). Yhdeksäsluokkalaisten käsitysten tarkastelu rajattiin yhden koulun oppilaiden käsitysten tutkimiseen. Näin ollen tutkimusta voidaan tältä osin pitää *tapaustutkimuksena*, jonka kontekstin muodostaa perusopetuksen loppuvaiheeseen ajoitettu ilmastonlämpenemisen oppimisjakso.

Tapaustutkimukselle tyypillisesti tutkimuskohteena on tässä tutkimuksessa monimuotoinen sosiaalinen tilanne, jossa muuttujia ei pyritty kontrolloimaan kokeiden tai interventioiden tapaan (Yin 2003). Tässä tutkimuksessa tapaustutkimuksen viitekehyksenä on käsitteellisen muutoksen teoreettinen kehys, jonka nojalla pyritään kuvailemaan ja selittämään oppilaiden käsityksiä ja niissä tapahtuvia muutoksia oppimisjakson aikana.

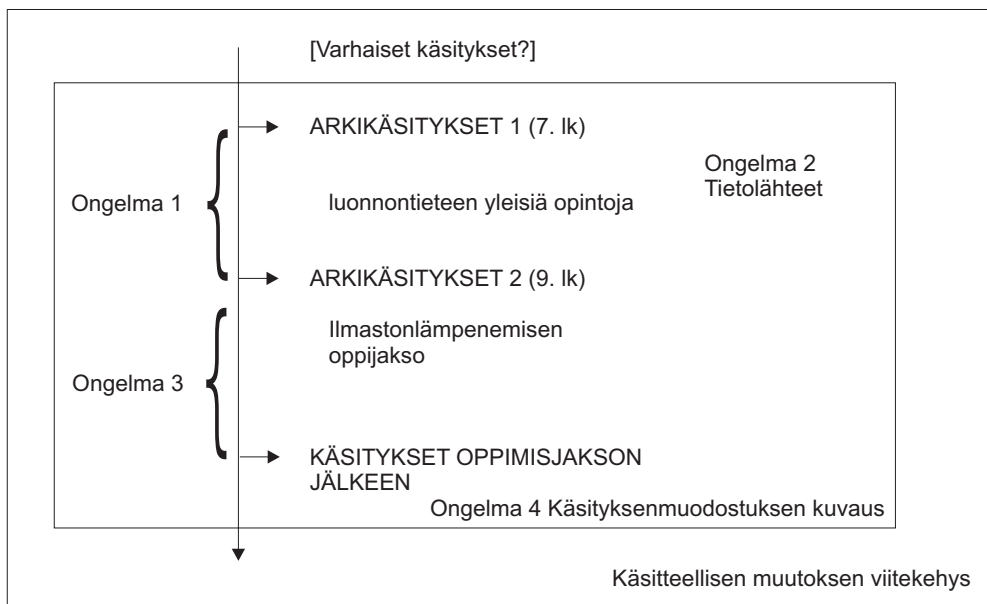
Tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena oleva tapaus, toisin sanoen tietyn koulun yhdeksännen luokan oppilaat eivät itsessään olleet tutkimuksen erityisen mielenkiinnon kohteena, vaan kyseisen tapauksen tutkimisen avulla pyrittiin ymmärtämään myös muita samankaltaisia tapauksia (Stake 2000). Tutkimuksen tavoitteena ei kuitenkaan ole tutkimustulosten yleistäminen koko perusjoukkoon, joskin analyttistä yleistämistä (Yin 2003) tuloksista voidaan tehdä. Tämä tarkoittaa sitä, että yleistämisen reunaehdot nousevat tutkimuksen teoreettisista lähtökohdista sekä tutkimuksen kontekstista. Oppimisjakson käytäntöiden ja oppimistulosten tarkastelun kautta tulevia oppimistilanteita voidaan edelleen kehittää.

Käsillä olevan tutkimuksen ydin on kvalitatiivisessa tutkimuksessa, esimerkiksi ihmisen toiminta ymmärretään dynaamisena, sosiaalisena ja kontekstuaalisena, tutkimus toteutetaan aidossa toimintaympäristössä ja tutkimuksen päämääränä on tutkimuskohteen syvälinen ymmärtäminen (Johnson & Christensen 2004, 31). Perinteisen metodologiatar-kastelun näkökulmasta tutkimuksessa on sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen tutkimuksen piirteitä, sillä aineiston analysoinnissa hyödynnetään kummankin lähestymistavan menetelmiä (ns. mixed methods- lähestymistapa, ks. Tashakkori & Teddlie 1998; Creswell 2003). Tässä tutkimuksessa pyrkimyksenä on tarkastella ja ymmärtää oppijoiden käsityksiä

luonnontieteellisestä ilmiöstä. Sitä kuvataan objektiivisen tieteen tekemisen lähtökohdista muodostuneen tiedon avulla, jolloin muodostuu tietty jännite kasvatustieteellisen ja luonnontieteellisen paradigman ja näkökulman yhdistämisestä. Käsillä olevassa tutkimuksessa kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimusotteen yhdistäminen antaa monipuolisemman ja laajemman kuvan tutkimuskohteesta, ja siten ne ymmärretään toisiaan täydentävinä (Johnson & Christensen 2004, 41). Kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimusotteen vastakkainasettelu nähdäänkin nykyisin turhana, jos maailman ajatellaan koostuvan itse asiasta (objektiivisuus) ja erilaisista näkökulmista asiaan (subjektiivisuus) (Tuomi & Sarajärvi 2003, 66–69).

4.3 Tutkimuksen empiirinen jäsentyminen

Tämän tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa selvitetään oppilaiden arkiajatteluun pohjautuvia käsityksiä ilmastonlämpenemisestä. Arkikäsityksiä tutkitaan yläluokkien alkuvaiheessa seitsemännen luokan keväällä sekä perusopetuksen loppuvaiheessa yhdeksännen luokan keväällä (kuvio 4.1). Tällöin seitsemäsluokkalaisten arkikäsitykset edustavat luonnontieteitä aineopetuksessa vähän opiskelleiden oppilaiden käsityksiä, kun taas yhdeksäsluokkalaisilla on takanaan koko perusopetuksen luonnontieteen opinnot käsityksenmuodostuksensa pohjaksi. Ilmastonlämpenemisen opiskelu ajoittuu tyypillisesti perusopinto-



Kuvio 4.1. Tutkimuksen empiirinen jäsentyminen.

jen loppuvaiheeseen eli yhdeksännelle vuosiluokalle. Seitsemäs- ja yhdeksäsluokkalaisten käsitysten vertaaminen toisiinsa kertoo epäsuorasti arkikäsitusten muuttumisprosessista sekä lisää osaltaan tutkimuksen vahvistettavuutta. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin mistä kyseisen ikäiset oppilaat saavat tietoa ilmastonlämpenemisestä arkikäsitystensä muodostamisen pohjaksi.

Tutkimuksen tuloksia oppilaiden arkikäsituksista hyödynnettiin yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden ilmastonlämpenemiseen liittyvän oppimisjakson suunnittelussa. Oppimisjaksoa ei voida pitää opetusinterventiona, sillä oppimisjaksolla ei selvitetty esimerkiksi uuden didaktisen lähestymistavan vaikutusta oppimisprosessiin tai oppimistuloksiin. Oppimisjaksoa varten muodostettiin ilmastonlämpenemisen ”kouluselitys” (ks. luku 2.2.2), jossa pyrittiin huomioimaan luonnontieteellisen selityksen lisäksi myös oppilaiden arkikäsitukset ja niiden asettamat haasteet oppimiselle. Kouluselityksen muodostaminen koettiin tarpeelliseksi myös siksi, että kompleksisten luonnontieteellisten ilmiöiden konsensuskäsitys on usein liian haastava koululaisille (ks. Saari 2004, 83). Oppilaiden käsityksiä tarkasteltiin tässä tutkimuksessa suhteessa toisiinsa myös suhteessa ilmastonlämpenemisen kouluselitykseen, joka tässä tutkimuksessa edustaa eräällä tavoin luonnontieteellisestä konsensuskäsitystä oppilaiden näkökulmasta. Oppimisjakson aikana oppilaiden käsityksistä ja niissä tapahtuvista muutoksista kerättiin tietoa opetuksessa tapahtuvan käsityksenmuodostuksen selvittämiseksi.

Oppimisjakson päätyttyä oppilaiden käsityksiä ja tietoja ilmastonlämpenemisestä selvitettiin uudelleen. Näin ollen voidaan tarkastella, minkälaisia muutoksia oppilaiden käsityksissä tapahtui oppimisjakson aikana sekä millaisin käsityksin ja tiedollisin valmiuksin 9.-luokkalaiset jatkavat toisen asteen koulutukseen. Näiden empiiristen tulosten pohjalta ilmastonlämpenemisen käsityksenmuodostusta tarkastellaan käsitteellisen muutoksen teoreettisessa viitekehyksessä.

4.4 Kohdejoukkojen kuvailu

Tutkimukseen valittiin kaksi ikäryhmää: peruskoulun seitsemäs- ja yhdeksäsluokkalaiset. Seitsemännenten luokan oppilaiden ilmastonlämpenemistä koskevien käsitysten voidaan olettaa perustuvan pitkälti ns. arkiajatteluun, sillä ilmastonlämpeneminen ei kuulu perusopetuksen seitsemän ensimmäisen vuosiluokan oppisisältöihin. Aihepiiriä on kuitenkin saatettu sivuta alaluokkien opetuksessa esimerkiksi ilmakehän tai ympäristöongelmien käsittelyn yhteydessä. Seitsemännellä luokalla oppilaat tyypillisesti opiskelevat yhden kurssin kutakin luonnontiedettä: fysiikkaa, kemiaa, biologiaa ja maantietoa. Sisältöalueina tällöin ovat lähinnä luonnontieteelliset tutkimusmenetelmät, liike- ja äänioppi, alkuaineiden jaksollinen järjestelmä sekä maantiedossa Amerikan kaksoismanner. Biologian opin-

noissa tutustutaan ekosysteemien toimintaan, mm. ravintoverkkoihin ja fotosynteesiin, mikä osaltaan tukee ilmastonlämpenemisen myöhempää opiskelua. (Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet, POPS 1994.) Näin ollen seitsemännen luokan luonnontieteiden oppisisällöt eivät kokonaisuutena vielä kovin paljon luo luonnontieteellistä kontekstia, perustietämystä, jonka varaan oppilas voisi ilman ohjausta rakentaa luonnontieteellistä käsitystä muistuttavan konstruktion ilmastonlämpenemisestä.

Yhdeksäsluokkalaisten arkikäsitteet edustavat puolestaan luonnontieteitä edellisiä enemmän opiskelleiden oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisestä. Esimerkiksi kahdeksannella luokalla opiskellaan energiaan liittyviä kysymyksiä sekä fysiikassa että biologiasa. Maantiedossa voidaan lisäksi käsitellä muun muassa teollistumisesta johtuvia ympäristöongelmia sekä luonnonvaroja, joskin esimerkiksi koulussa, jossa yhdeksännen luokan oppimisjakso toteutettiin, aihepiiri kuuluu yhdeksännen luokan ylimääräiseen biologian ja maantiedon kurssiin. Kaikkiaan oppilaille tulisi kuitenkin olla yhdeksännen luokan keväällä riittävät luonnontieteelliset perustiedot ilmastonlämpenemisen luonnontieteellistä selitystä lähestyvän käsityksen konstruointiin. Näin ollen yhdeksännen luokan oppilaat olivat luonteva valinta oppimisjakson kohdejoukoksi.

Käsityksenmuodostus on yhteydessä oppijan kognitiivisiin kykyihin (Lawson ym. 2000, 997), joten on syytä lyhyesti tarkastella myös tämän tutkimuksen kohdejoukon oletettua kognitiivista kehitystasoa. Piaget'n mukaan siirtymä konkreettien operaatioiden kaudesta formaaliin ajatteluun tapahtuu noin 12–14-vuotiaana, joskin yksilökohtaiset erot ovat suuria. Näin ollen seitsemäsluokkalaiset olisivat siirtymävaiheessa, mutta yhdeksäsluokkalailla olisi jo paremmat edellytykset abstraktiin ajatteluun ja useiden muuttujien samanaikaiseen hahmottamiseen. Tosin tämä tarkastelu on erittäin yleistävä: on tutkimustuloksia siitä, että jopa esikoululaiset kykenevät tietynlaiseen tieteelliseen ajatteluun (Koeber ym. 2005), mutta toisaalta tutkimustulokset osoittavat, että kaikki aikuisetkaan eivät ole kykeneviä formaaliin ajatteluun (Kallio 1998).

Tässä tutkimuksessa arkikäsitteitä kartoitettiin seitsemännen ja yhdeksännen luokan oppilailta (taulukko 4.1). Tutkimukseen osallistuneet seitsemäsluokkalaiset oppilaat olivat yhdeksästä Jyväskylän koulusta. Koulut valikoituivat Keski-Suomen alueen perusopetusta antavista kouluista osallistumishalukkuuden perusteella. Kustakin koulusta tutkimukseen osallistui 1–5 opetusryhmää (22–99 oppilasta). Tutkimuksen kohdejoukoksi määrittyivät ne tutkimukseen osallistuvien opetusryhmien oppilaat, jotka olivat tutkimuksen toteutushetkellä koulussa. Kaikkiaan tutkimukseen osallistui 415 peruskoulun seitsemännen luokan oppilasta. Oppilaat olivat pääsääntöisesti 13–14-vuotiaita (ka. 13,8 vuotta) ja heistä 48 prosenttia oli tyttöjä ja 52 prosenttia poikia.

Seitsemäsluokkalaista oppilasta koostuva kohderyhmä oli laadulliselle tutkimukselle tyypillisesti harkinnanvarainen (Hirsjärvi ym. 1997; Eskola & Suoranta 1998). Tarkoi-

tuksen mukaisuusotannan (purposive sampling, Cohen & Manion 1994, 89) käyttö tässä yhteydessä oli perusteltua, sillä tarkoituksena on pikemminkin tarkastella oppilaiden laadullisesti erilaisia käsityksiä ilmastonlämpenemisestä kuin tarkastella eri käsitysten yleisyyttä perusjoukossa.

Taulukko 4.1. Tutkimuksen eri vaiheiden tiedonantajat, aineistonhankinnan menetelmät sekä toteutuksen ajankohdat.

Tutkimuskohde	Tiedonantajat	Aineistonhankinta	Ajankohta
ARKIKÄSITYKSET 7.-luokkalaiset	415 oppilasta 9 koulusta	lomakekysely	kevät 2001
9.-luokkalaiset	45 oppilasta yhdestä koulusta *)	kirjoitelmat	kevät 2003
TIEDOT 9.-luokkalaiset	45 oppilasta yhdestä koulusta *)	tietomittauslomake	kevät 2003
KÄSITYSTEN JA TIE TOJEN MUUTTUMINEN OPPIMISJAKSOLLA 9.-luokkalaiset	45 oppilasta yhdestä koulusta *)	kirjoitelmat ja tietomittauslomakkeet (ennen ja jälkeen oppimisjaksoa) oppimispäiväkirjat videoinnit	kevät 2003

*) Yhdeksännen luokan oppilaat olivat samasta peruskoulusta kaikissa tutkimuksen vaiheissa.

Arkikäsitteitä ja ilmastonlämpenemiseen liittyviä tietoja selvitettiin myös yhdeksännen luokan oppilailta, minkä lisäksi kyseisellä luokka-asteella toteutettiin ilmastonlämpenemistä käsittelevä oppimisjakso. Oppimisjakson toteutukseen valittiin yksi Jyväskylän peruskoulu, joka on tavanomainen suurehko perusopetusta antava koulu. Tutkimuskoulun valintaan vaikutti koulun hallinnon ja erityisesti biologian opettajien myönteinen suhtautuminen tutkimukseen sekä opetuksen kehittämiseen. Lisäksi ympäristöongelmat olivat koulun opetussuunnitelmassa olevan neljännen biologian kurssin keskeisimpiä oppisisältöjä, joten tutkimus niveltui luontevasti osaksi koulun opetussuunnitelmaa. Näin ollen kyseessä oli harkinnanvarainen näyte ja tutkimusta voidaan luonnehtia tapaustutkimukseksi. Koulun seitsemästä biologian opetusryhmästä kolme muodosti niin sanotun tutkimukseen kuuluvan opetusryhmän, jossa oppilaita oli kaikkiaan 45. Opetusryhmien valikointi tutkimukseen tapahtui käytännöllisyyden perusteella, jolloin perimmäisenä kriteerinä oli koulutyön ja tutkijan aikataulujen yhteensovittaminen.

4.5 Seitsemäsluokkalaisten lomakekyselyn toteutus ja aineisto

Seitsemäsluokkalaisten käsityksiä ilmastonlämpenemisestä selvitetiin kirjallisella kyselyllä (liite 2). Tämän tutkimuksen aineiston muodosti oppilaiden vastaukset kyselylomakkeen kysymyksiin 1, 2 ja 10. Muiden kysymysten aineisto jätettiin tämän raportin ulkopuolelle, sillä tutkimuksen edetessä haluttiin keskittyä erityisesti ilmastonlämpenemiseen liittyvien käsitysten ja käsitteellisen ymmärryksen kehittymisen tarkasteluun. Näin ollen seitsemäsluokkalaisten kyselytutkimuksen empiirisen aineiston muodostivat oppilaiden vastaukset avoimiin kysymyksiin sekä yhteen monivalintakysymykseen. Taustatietoina olivat oppilaan ikä ja sukupuoli.

Oppilaiden ajattelun aktivoimiseksi kyselylomakkeen avoimet kysymykset pyrittiin sitomaan oppilaille autenttiseen tilanteeseen. Tällä pyrittiin siihen, että tehtävä olisi oppilaille merkityksellinen ja siten motivoisi oppilaita (ks. Linnakylä & Kupari 1995). Kontekstiksi valittiin tilanne, jossa oppilaan ystävä lukee Internetistä maapallon lämpötiloja käsittelevän tekstin (www.ilmasto.org/index.htm, tekstiä sovitettiin hieman seitsemäsluokkalaisten sopivammaksi, ks. liite 2). Tekstin lukenut ystävä ei kuitenkaan tiedä, mitä ilmiötä kirjoitus käsittelee, ja pyytää oppilasta selittämään, mihin ilmiöön teksti liittyy, mistä ilmiön arvellaan johtuvan ja mitä seurauksia ilmiöllä voi olla. Lisäksi oppilaalta kysyttiin, mitä kyseisen ilmiön ehkäisemiseksi voidaan tehdä. Kysymyksenasettelun avoimuudella haluttiin mahdollistaa oppilaiden persoonallisten kokemusten vapaamuotoinen ilmaisu (Marton 1986, 41). Tehtävänasettelussa tai maapallon lämpötiloja kuvaavassa tekstissä ei mainittu käsitteitä ilmastonlämpeneminen tai kasvihuoneilmiö, koska tarkoituksena oli selvittää, millaisia tietorakenteita liittyy lämpötilojen kohoamiseen, kun oppilaiden ajattelua ei ohjata annettujen käsitteiden avulla. Oppilaiden tietolähteitä selvittävässä kysymyksessä oppilaille sen sijaan mainittiin käsite ilmastonlämpeneminen (ja otsonikato) sekä annettiin valmiit vastausvaihtoehdot, jotka muodostettiin aikaisempia tutkimustuloksia hyödyntämällä (mm. Asunta 2003). Käsitteen esiin tuomisen tarkoituksena oli kohdentaa tietolähteiden kartoitus tarkasteltaviin ilmiöihin, sillä avoimissa vastauksissa oppilaat saattoivat tarkastella myös muita luonnontieteellisiä ilmiöitä, joiden he ajattelivat liittyvän lämpötilojen nousuun. Oppilaiden kirjallisen työskentelyn helpottamiseksi ja vastausten analysoinnin kannalta mielekkäin tiedonkeruun menetelmäksi oli valmiiden vastausvaihtoehtojen käyttäminen. Tästä aihepiiristä oli myös suomalaisittain ajankohtaista tutkimustietoa saatavilla (ks. Asunta 2003).

Lomakekysely valittiin tiedonkeruun menetelmäksi, koska käsityksiä haluttiin kartoittaa suhteellisen suurelta oppilasjoukolta. Tällöin haastattelu olisi ollut aikaa vievä ja työläs menetelmä aineiston hankkimiseksi. Lomakekysely ei sinänsä ole haastattelua epäluotettavampi menetelmä, sillä lomakevastauksia voidaan pitää yhtä totena tai epätotena kuin

suusanallista tiedonantoa. Metodeina kirjoitusten ja haastattelujen ero kytkeytyikin pitkälti puheen ja kirjoitetun tekstin välisiin eroavaisuuksiin (ks. Järvinen 1999, 24). Puhekieli on vuorovaikutusta, ja siten se antaa mahdollisuuden tarkennusten ja lisäkysymysten tekemisen. Puhekieli etenee kuitenkin usein rinnasteisesta lauseesta toiseen, kun taas kirjallinen ilmaisu tuo paremmin esiin syy-seuraussuhteet. Näin ollen kirjallinen käsitysten ilmaisu soveltuu hyvin tämän tutkimuksen tarpeisiin.

Koska lomakekysymysten tulee olla merkityssisällöltään tarkkoja ja ymmärrettäviä ja niiden testaaminen esikokeen avulla on suositeltavaa (Mäkelä 1990, 50), pyydettiin tässä tutkimuksessa käytetystä kyselylomakkeesta asiantuntijalausunnot luonnontieteiden didaktiikan sekä arvioinnin asiantuntijoilta. Kommenttien perusteella kyselylomakkeeseen tehtiin muutamia tarkennuksia ja muutoksia. Monipuolisten asiantuntijalausuntojen vuoksi varsinaista esikoetta ei katsottu tarpeelliseksi.

Seitsemäsluokkalaisten käsityksiä kartoittava aineisto kerättiin kolmen viikon aikana keväällä 2001. Tutkija keräsi tiedot kolmesta koulusta luonnontieteiden oppitunneilla. Oppilaille kerrottiin aluksi tutkimuksesta ja sen tarkoituksesta. Erityisesti korostettiin sitä, että oppilaat saattoivat vastata oman näkemyksensä mukaan ilman, että vastaus vaikutti koulukokeen tavoin heidän arvosanoihinsa. Oppilaat käyttivät keskimäärin 20–25 minuuttia kyselyyn vastaamiseen. Kuudessa koulussa opettajat suorittivat lomaketutkimuksen käytännön toteutuksen itsenäisesti tutkijan ohjeistuksen mukaisesti. Tällöin tutkimuksen toteutuksen reunaehdot muodostuivat varsin samanlaisiksi kaikissa kouluissa. Itsenäisesti tutkimuksen toteuttaneet opettajat raportoivat tutkimuksen käytännön toteutuksesta palauttaessaan oppilaiden kyselylomakkeet (liite 3). Opettajien raporttien mukaan tutkimuksen toteutus ja oppilaiden vastaaminen oli sujunut ongelmitta.

4.6 Yhdeksäsluokkalaisten oppimisjakson kuvaus

Yhdeksäsluokkalaisten arkikäsitysten ja niissä tapahtuvien muutosten selvittämiseksi toteutettiin ilmastonlämpenemistä käsittelevä oppimisjakso huhti-toukokuussa vuonna 2003. Oppimisjaksoon liittyvän aineistonkeruun tarkoituksena oli selvittää, millaisia muutoksia oppilaiden käsityksissä tapahtuu oppimisjakson aikana. Oppimisjakson sisällöllisessä suunnittelussa hyödynnettiin aikaisempia käsitystutkimusten tuloksia (ks. luku 3.2). Oppimistilanteiden suunnittelussa noudatettiin yleisiä oppimisympäristön suunnittelun periaatteita (ks. Vosniadou ym. 2001, 382). Näin ollen oppimistilanteissa pyrittiin tukemaan oppilaiden aktiivisuutta sekä oppilaiden välistä vuorovaikutusta mielekkäiden oppimistehtävien parissa. Opetusjärjestelyin pyrittiin tukemaan käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä ja käsitteellistä muutosta lähinnä Vosniadou ym. (2001) esittämien suositusten mukaisesti (ks. luku 4.6.2). Oppimisjaksolla ei testattu uuden opetusmenetelmän tai

sisällöllisen lähestymistavan vaikutusta oppimistuloksiin, joten sitä ei voida pitää varsinaisena opetusinterventiona.

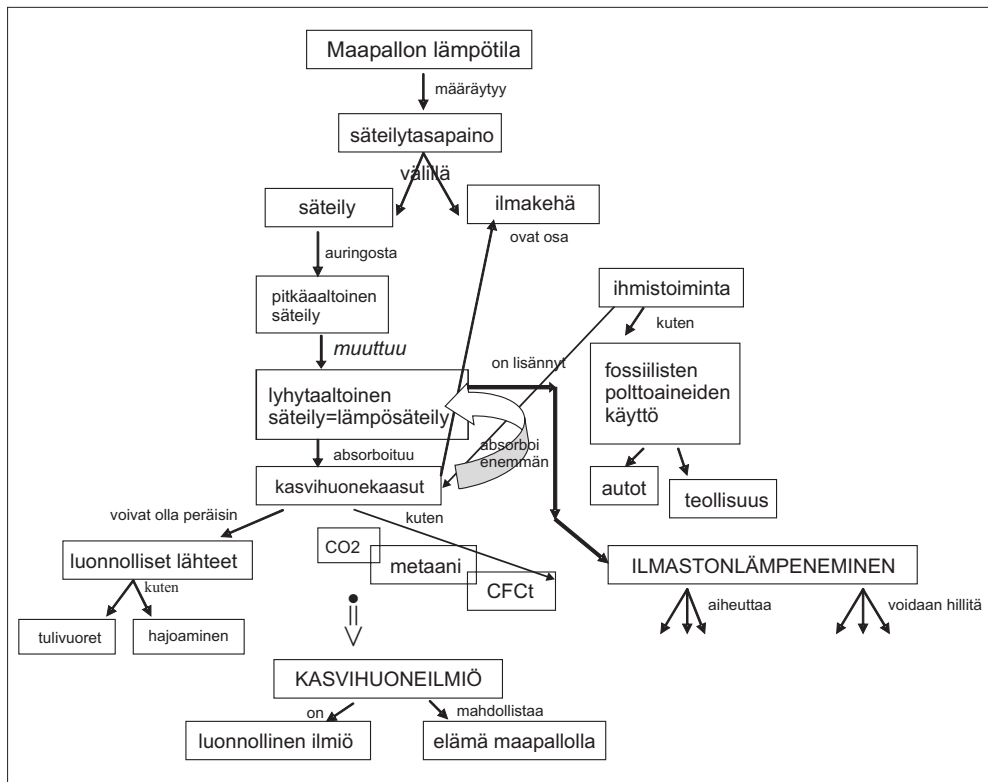
4.6.1 Oppimiselle asetetut tavoitteet

Opetussuunnitelman mukaisesti ilmastonlämpenemisen oppimisjakson tavoitteena oli, että oppilaat saavuttaisivat kansalaisilta vaadittavan ilmastonlämpenemistä koskevan tietotason, jota käytetään oman toiminnan arvioinnin ja päätöksenteon perustana. Tätä tietoperustaa vasten heidän on kyettävä arvioimaan ilmiötä koskevia väitteitä ja niiden todenperäisyyttä sekä osallistumaan itse aiheesta käytävään yhteiskunnalliseen keskusteluun. Oppilaiden on kyettävä tarkastelemaan komplekseja ja toisiinsa sidoksissa olevia (ympäristö)tekijöiden vuorovaikutussuhteita, joten päämääränä on kehittää myös ongelmanratkaisutaitoja ja päätöksentekokykyä. Perimmäisenä päämääränä oli samalla myös kehittää myönteisiä ympäristöasenteita kriittisen ajattelun kautta.

Tähän tutkimukseen liittyvässä oppimisjaksossa tavoitteeksi asetettiin oppilaiden käsityksenmuodostamisprosessin tukeminen siten, että heillä olisi mahdollisuus konstruoida ilmastonlämpenemisestä luonnontieteellistä konsensuskäsitystä kapeampi ns. kouluselitys ilmastonlämpenemisestä (ks. luku 4.3, myös Sormunen 2004). Tämä selitys sisältää vain ilmiön ydinkohdat, ja on siten ilmiötä yksinkertaistava. Se kuitenkin sisältää ilmiön keskeiset elementit ja antaa mahdollisuuden syventää ja laajentaa ilmastonlämpenemisen käsitteellistä ymmärrystä myöhemmissä oppimistilanteissa. Näin ollen oppimisjakson yhtenä tavoitteena on myös herättää oppijan mielenkiintoa myöhempiin opintoihin ja lisätiedon etsimiseen.

Tässä tutkimuksessa oppimisjaksolla opettajana toiminut tutkija pyrki huomioimaan aikaisempien käsitystutkimusten tuloksia (ks. luvut 3.2 ja 3.3) kouluselitystä muodostaessaan. Tutkimukseen liittyvällä oppimisjaksolla käytetty kouluselitys on esitetty visuaalisesti kuviossa 4.2 ja tekstuaalisesti liitteessä 1.

Opetuksen peruslähtökohtana oli ilmastonlämpenemisen luonnontieteellisen prosessin ymmärtäminen sekä kasvihuoneilmiön ja ilmastonlämpenemisen erottaminen toisistaan, sillä aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu oppilaiden pitävän niitä merkityssisällöltään samoina (mm. Fraser 2000). Näin ollen tavoitteena oli, että oppilas ymmärtää, että kasvihuoneilmiö on elämän maapallolla mahdollistava luonnollinen ilmiö. Oppimisjakson aluksi kerrattiin ilmakehään liittyviä käsitteitä ja ilmiöitä, sillä oppilailla on niiden ymmärtämisessä vaikeuksia (ks. Henriques 2000). Oppimisjakson tavoitteena oli että, oppilas ymmärtäisi ihmistoiminnan vaikutuksen ilmakehän koostumuksen muuttumiseen ja siten maapallon energiatasapainoon ja lämpötalouteen, koska oppilailla on usein vaikeuksia ymmärtää ilmastonlämpeneminen säteilytasapainon muutoksena (Andersson & Wallin 2000). Samalla pyrittiin haastamaan arkiajattelun perusteella muodostuneet virheel-



Kuvio 4.2. Tutkimukseen liittyvällä oppimisjaksolla käytetty ilmastonlämpenemisen selitys visuaalisesti esitettynä.

liset käsitykset ilmastonlämpenemisestä (ks. luku 3.2) ja erityisesti eriyttämään ilmastonlämpeneminen otsonikadosta (mm. Summers ym. 2001).

Tähän tutkimukseen kuuluvan oppimisjaksos keskeisin sisältö oli ilmastonlämpeneminen. Oppimisjaksolla ei näin ollen paneuduttu syvällisesti otsonikadon prosessien opiskeluun, sillä ilmiöiden samanaikainen käsittely voi niiden kompleksisuuden vuoksi johtaa virheellisten käsitysten muodostumiseen tai niiden vahvistumiseen (Koulaidis & Christidou 1999). Otsonikadon täydellinen sivuuttaminen oppimisjaksolla olisi kuitenkin ollut epäkäytännöllistä, sillä ilmiöt ovat yhden kokonaisuuden osia. Otsonikadon huomiotta jättäminen voi johtaa esimerkiksi ylä- ja alailmakehän otsonin sekä ilmiöihin liittyvän säteilyn eri muotojen sekoittamiseen. Näin ollen tässä tutkimuksessa sivuttiin ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon yhtymäkohtia ja erityisesti ilmiöiden eroja syiden, seurausten ja mekanismien osalta.

Ilmastonlämpenemisen seurauksien tarkastelussa pyrittiin oppimisjaksolla pikemmin kokonaisvaltaiseen seurausten ymmärtämiseen kuin useiden spesifisten seurausten muistamiseen, mikä aikaisempien tutkimusten mukaan on oppilaille tyypillistä (Andersson & Wallin 2000).

4.6.2 Oppimisjakson toteutus

Oppimisjakso toteutettiin tavanomaisessa koulukontekstissa, sillä sen tavoitteena oli osaltaan pienentää muun muassa Duitin ja Treagustin (2003) korostamaa kuilua opetuksen ja oppimisen teoreettisen tutkimuksen ja käytännön opetustyön välillä. Autenttisen koulukontekstin valinnalla haluttiin myös lisätä tutkimustulosten siirrettävyyttä ja hyödynnettävyyttä muissa koulutilanteissa.

Ilmastonlämpenemisen oppimisjakso toteutettiin tapaustutkimuksena, jossa kolme opetusryhmää muodosti yhdessä yhden tapauksen. Oppimisjakson opettajana toimi tutkija, jolla on opettajan pätevyys ja opettajakokemusta. Ennen oppimisjaksoa tutkija kävi tutustumassa opetusryhmiin ja seuraamassa oppitunteja, jolloin ilmastonlämpenemisen oppimisjakson sisällöt nivoutuivat luontevammin osaksi oppilaiden tavanomaista koulutyötä ja oppisisältöjä. Samalla vuorovaikutus tutkijan ja oppilaiden välillä alkoi jo ennen varsinaista oppimisjaksoa. Tutustumiskäyntien aikana oppilaille kerrottiin tutkimuksesta, sen tavoitteista ja toteutuksesta. Samassa yhteydessä suoritettiin alkumittaus. Oppilaille korostettiin, että kyseessä ei ole koulukoe, eikä se siten vaikuta kouluarviointiin.

Ilmastonlämpenemisen oppimisjakso kesti 8 tuntia ja koostui neljästä kaksoistunnista (ks. liite 4). Tutkimuksen kohteena olevaa ilmiötä päädyttiin tarkastelemaan tuntimääräisesti tavanomaista kauemmin, sillä tavoitteena oli yhden ilmiön syvälinen ymmärtäminen pikemmin kuin useita ilmiöitä käsittelevä sirpalemainen tieto. Oppimisjakson sisällöt nousivat edellisessä luvussa ja liitteessä 1 esitetystä ilmastonlämpenemisen kouluselituksesta. Opetettavan aineksen rajaaminen on eräs Vosniadoun ym. (2001) esittämä käsitteellistä muutosta tukevan oppimisympäristön luomisessa huomioitava seikka (ks. taulukko 4.2).

Oppimisjakson alussa kerrattiin ilmakehään liittyviä seikkoja, jotta käsitteet, joiden varaan ilmastonlämpenemisen ymmärrys nojautuu, olisivat oppilaille selviä. Oppilaiden käsityksenmuodostuksen ja -muutoksen tukemisen lähtökohtana tässä tutkimuksessa oli olemassa olevien käsitysten tekeminen näkyväksi kirjoitustehtävien ja pienryhmäkeskustelujen avulla (Vosniadou ym. 2001; Sinatra 2002). Näin ollen oppilaiden aikaisempia tietoja sekä ennako-oletuksia voitiin huomioida oppimistilanteiden suunnittelussa. Lisäksi pienryhmäkeskustelut ja kirjoitustehtävät edesauttavat metakäsitteellisen tietoisuuden kehittymistä. Opetuksen aikana sosiaaliseen vuorovaikutukseen, pienryhmäkeskusteluihin

Taulukko 4.2. Oppimisjakson suunnittelun ja toteutuksen lähtökohdat (ks. Vosniadou ym. 2001).

Oppimisympäristön suunnittelussa huomioon otettavat seikat
<ul style="list-style-type: none"> • Opiskeltavan aineksen määrä (opetussuunnitelman laajuus vs. syvyys) • Aiheeseen liittyvien käsitteiden esittämisjärjestys • Oppilaiden aikaisempien tietojen huomioon ottaminen • Metakäsitteellisen tietoisuuden kehittymisen tukeminen • Oppilaiden ns. syvään juurtuneiden ennako-oletusten tarkasteleminen • Oppilaiden motivointi käsitysten muuttamiseen • Kognitiivinen konflikti • Havainnollistaminen esimerkiksi mallien tai muiden esitysten avulla

ja luokkakeskusteluihin kiinnitettiin erityistä huomiota, sillä ilmastonlämpenemisen abstraktisuuden vuoksi oppilaat saattoivat käsitellä ilmiötä vain verbaalisella tasolla, sen sijaan että he olisivat voineet testata omia ajatuksiaan empiiristä todistusaineistoa vastaan (ks. Mason & Santi 1998). Tämän lisäksi ilmastonlämpenemistä pyrittiin konkretisoimaan visualisoinnilla: asiaa havainnollistettiin sekä opettajan esittämien kaavakuvioiden että oppilaiden itsensä piirtämien kaavioiden avulla (ks. Leighton & Bisanz 2003).

Oppimistilanteessa ei tietoisesti pyritty kognitiivisen konfliktin luomiseen, vaikka otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen yhdistäminen antaisi siihen hyvät edellytykset. Oppilaiden käsitysten vastaisestihan otsonikadolla on ilmasto viilentävä vaikutus (ks. Rye ym. 1997; Meadows & Wiesemayer 1999). Kognitiivisen konfliktin käyttö opetusstrategiana ei kuitenkaan välttämättä auta virheellisten käsitysten korjaamisessa (esim. Viiri & Saari 2004; Österlind 2005). Oppimisjaksolla ei käytetty myöskään tyypillistä analogiaa ilmakehästä kasvihuoneena, sillä se olisi voinut herättää oppilaissa virheellisiä mielikuvia ilmakehän toiminnasta sekä kasvihuoneilmästä ja ilmastonlämpenemisestä. Kasvihuone-analogian seurauksena oppilaat voivat muodostaa käsityksen konkreetista kasvihuonekaasujen kerroksesta (ks. Koulaidis & Christidou 1999), jota kuvaa kasvihuoneen seinät. Koska otsonista puhutaan tyypillisesti otsonikerroksena, voi tämä virheellinen mielikuva edelleen tukea ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon virheellistä liittämistä toisiinsa. Oppimisjaksolla kiinnitettiin lisäksi huomiota ilmastonlämpenemiseen liittyvien käsitteiden selkiintymiseen.

Opettajan rooli oppimisprosessin tukijana nähtiin tärkeänä, sillä abstrakteja teorioita ja ilmiöitä ei voida jättää yksinomaan oppijan oman konstruoinnin varaan (Viiri & Saari 2004). Näin ollen oppimisjakso näyttäytyy tässä tutkimuksessa varsin opettajakeskeisenä. Oppimisjakson tuntikokonaisuuksien työtapakehys oppisisältöineen ja tavoitteineen on

esitetty liitteessä 4. Liitteessä on kuvattu opetusryhmän 2 työtapakehys, jota muut ryhmät noudattivat pienin poikkeuksin, mikä johtui ryhmien erilaisista luonteista ja eritahtisesta etenemisestä. Huomattavaa on, että ilmastonlämpenemisen oikeudenmukaisuus-teemaa käsiteltiin laajamittaisesti vain opetusryhmässä 2. Liitteessä 5 on esitetty lisäksi tuntikuvaus kyseisen ryhmän ensimmäisestä tunnista.

4.6.3 Oppimisjakson aikana kerätty aineisto

Oppimisjaksolla kerättiin havaintoaineistoa useilla eri menetelmillä (taulukko 4.3). Oppilaiden käsityksiä ja tietoja ilmastonlämpenemisestä sekä niiden muuttumista selvitettiin alku- ja loppumittausten avulla. Lisäksi oppimisjakson aikana kerättiin kirjallista tutkimusaineistoa ja oppimistilanteet videoitiin.

Taulukko 4.3. Tutkimusasetelma sekä kerätty tutkimusaineisto.

	Oppimisjakso		
Tietomittaus 1	Kirjoitelma 1	Kirjoitelma 2	Tietomittaus 2
	Oppimispäiväkirjat		
	Videointi ja äänitys		

Oppilaiden tietojen tutkimisessa mittarina käytettiin kirjallista tietomittauslomaketta, jonka laadinnassa huomioitiin seitsemäsluokkalaisten oppilaiden käsitykset sekä aikaisempien tutkimusten tulokset oppilaiden käsityksistä ilmastonlämpenemisestä ja siihen läheisesti liittyvistä tekijöistä (ks. luvut 3.2 ja 3.3). Tietomittauslomakkeeseen liitettiin esimerkiksi kysymyksiä ilmakehän koostumuksesta ja Auringon säteilystä, sillä aikaisempien tutkimusten mukaan oppilaille on vaikeuksia näiden sisältöjen ymmärtämisessä (mm. Rye ym. 1997; Henriques 2000). Lisäksi haluttiin muun muassa selvittää erottavatko oppilaat kasvihuoneilmion ja ilmastonlämpenemisen toisistaan, ja edelleen ymmärtävätkö he kasvihuoneilmion elämälle välttämättömänä ilmiönä (mm. Fraser 2000). Myös vastausvaihtoehtojen sisällöissä huomioitiin aikaisempien tutkimusten tuloksia. Esimerkiksi ilmastonlämpenemisen aiheutumista käsittelevässä kysymyksessä (kysymys numero 8) oppilaille esitettiin tyypillisiä virheellisiä käsityksiä (vaihtoehto ”otsonikerroksen ohentumisesta”; Francis ym. 1993) sekä seitsemännen luokan tutkimustuloksista (vaihtoehto ”ilmakehän ohentumisesta”) Lomakkeessa oli kaikkiaan 14 tiedollista monivalintaväittämää sekä kysymys oppilaiden tietolähteistä (liite 6). Tietomittauslomakkeesta pyydettiin asiantuntija-

lausunnot ja se esitettiin jyvaskyläläisessä koulussa, minkä jälkeen lomakkeeseen tehtiin muutoksia ja tarkennuksia.

Oppilaat vastasivat tietomittauslomakkeeseen tutkijan tutustumiskäynnin yhteydessä ennen ilmastonlämpenemisen oppimisjaksoa. Oppilaat vastasivat samaan tietomittauslomakkeeseen myös oppimisjakson jälkeen. Oppimisjakson ja toisen tietomittauksen välinen aika vaihteli ryhmästä riippuen kahdesta päivästä kahteen viikkoon. Viivästetty loppumittaus ei ollut mahdollinen lukuvuoden päättymisen vuoksi.

Yhdeksäsluokkalaisten käsityksiä ilmastonlämpenemisestä selvitettiin avointen kirjoitelmien avulla. Oppilaat kirjoittivat vapaamuotoisen kirjoitelman aiheesta *”Miksi ilmasto lämpenee?”* sekä oppimisjakson alussa että sen päätteeksi. Kirjoitelman avoimella otsikoinnilla pyrittiin mahdollistamaan oppilaiden erilaisista lähtökohdista olevien käsitysten esille tuominen. Kirjoitelma tehtävämuotona mahdollisti oppilaiden käsitysten vapaan ilmaisen ja lisäsi tutkimuksen validiutta menetelmällisen triangulaation kautta (Hirsjärvi ym. 1997).

Oppimisjakson aikana oppilaat pitivät ns. oppimispäiväkirjaa, joihin he kirjasivat käsityksiään oppisisällöstä mm. kotitehtävinä. Oppimispäiväkirjan tavoitteena oli oppimisprosessin tukemisen lisäksi tehdä oppilaiden ajattelua näkyväksi. Oppimisprosessia selvitettiin myös videoimalla ja nauhoittamalla äänikasetille pienryhmätyöskentelytilanteet ja luokkakeskustelut. Tämän aineiston avulla pyrittiin selvittämään oppilaiden ajattelua ja käsityksiä sekä niiden muuttumista oppimisjaksoon liittyvien pienryhmätyöskentelytilanteiden aikana. Videointi toteutettiin neljällä kameralla, jotka oli asetettu luokkatilan kulmiin siten, että ne kohdistuivat pääsääntöisesti pienryhmien kuvaamiseen. Videokamerat olivat koko ajan paikallaan, millä pyrittiin pienentämään videoinnin aiheuttamaa häiriötä oppitunneilla (Lesh & Lehrer 2000, 670; Roschelle 2000, 718). Koska mielenkiinto kohdistui oppilaiden puheeseen, haluttiin äänen laatu varmistaa nauhoittamalla pienryhmäkeskustelut äänikasetille. Pienryhmätilanteet tallentavat nauhurit asetettiin pienryhmien välittömään läheisyyteen. Kahdella oppitunnilla tutkimusharjoittelija oli teknisenä tukena kameroiden ja nauhureiden käytössä, muulloin kameroiden suuntaa ei muutettu kesken oppituntia.

4.7 Tutkimusaineiston analysointi

Tämän tutkimuksen aineisto analysoitiin pääsääntöisesti kvalitatiivisesti. Analyysia voidaan luonnehtia teoriasidonnaiseksi (ks. Eskola 2001, 136–140), sillä käsitteellisen muutoksen teoreettinen viitekehys ohjasi koko tutkimusprosessia ja siten myös aineiston analysointia. Tutkijan esiyymmärrys, jonka mukaan oppilailla on usein tieteellisestä konsensuskäsityksestä poikkeavia käsityksiä useista luonnontieteellisistä ilmiöistä, on vaikuttanut

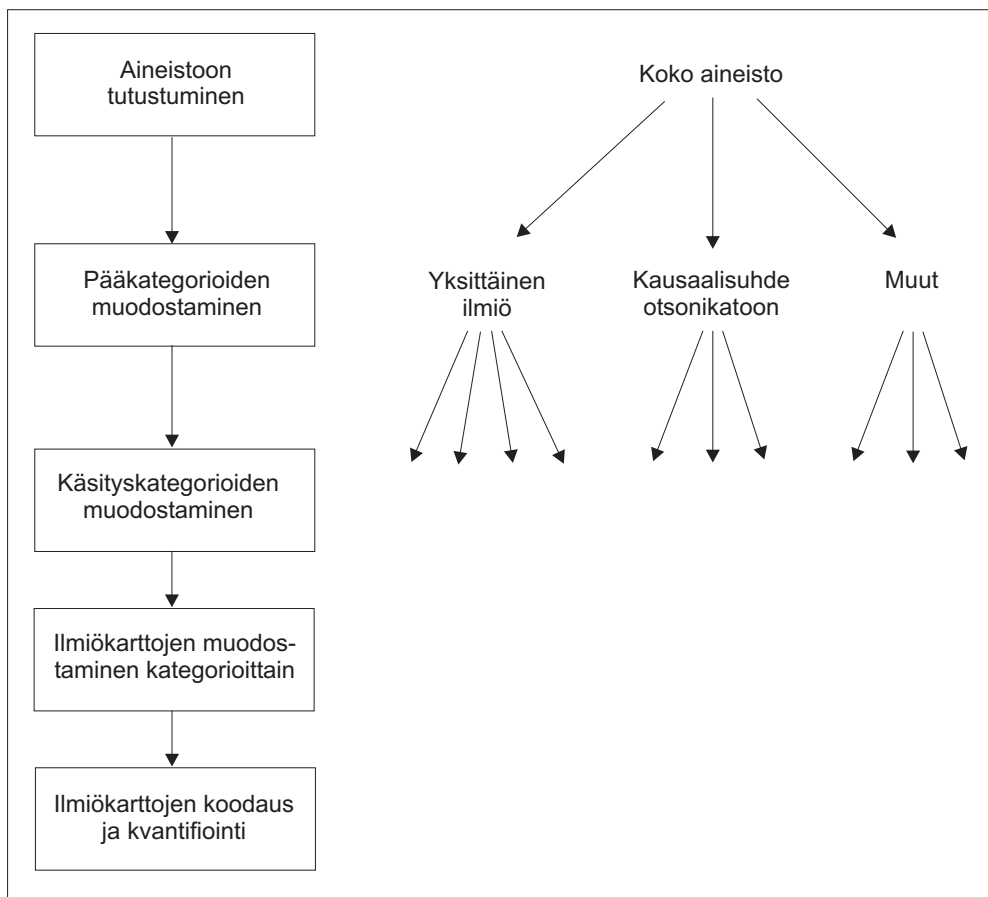
aineistoin analyysiin muun muassa analyysitapojen valinnan kautta. Aineiston analyysi ei kuitenkaan suoraan pohjautunut aikaisempien aihetta käsitelleiden tutkimusten tuloksiin, vaan aineiston kategorisointi tehtiin empiirisestä aineistosta nousseiden erityispiirteiden pohjalta (ks. Miles & Huberman 1994, 183).

Tämän tutkimuksen aineiston analysointitapaa voidaan pitää sisällönanalyysinä, mikä on varsin tyypillinen kvalitatiivisen aineiston analysoinnissa käytetty metodi. Sisällön analyysin tavoitteena on kuvata tutkittava ilmiö tiivistetyssä ja yleisessä muodossa, ja sen tuloksena muodostuu käsitejärjestelmä, -kartta tai -malli, jossa esitetään käsitteet, niiden hierarkia ja mahdolliset suhteet toisiinsa (Kyngäs & Vanhanen 1999). Tämän tutkimuksen aineiston analyysissä voidaan nähdä toisaalta myös fenomenografisen tutkimuksen piirteitä, sillä tavoitteena on ollut kuvata ja ymmärtää laadullisesti erilaisia tapoja käsitteellistää todellisuuden ilmiöitä sekä soveltaa tätä ymmärrystä pedagogisesti (vrt. Marton 1986). Fenomenografiassa käsitysten välisillä laadullisilla eroilla ei tarkoiteta käsitysten arvottamista paremmuuden mukaan vaan merkitysten erilaisia ymmärtämistapoja. Tällöin kategoriat järjestyvät toisiinsa nähden loogisesti ja ylemmille kategoriatasoille edettäessä käsitykset sisältävät edellisiä syvempiä merkitysyhteyksiä (Hella 2003). Tässä tutkimuksessa oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisestä tarkastellaan kuitenkin myös suhteessa luonnontieteelliseen näkemykseen, jolloin analyysin näkökulma poikkeaa fenomenografisesta lähestymistavasta.

Seitsemäsluokkalaisten vastausaineiston analyysiprosessi aloitettiin lukemalla koko aineisto useita kertoja huolellisesti läpi (kuvio 4.3). Oppilaiden vastaukset kahteen ilmastonlämpenemistä käsittelevään kysymykseen muodostivat tulkintayksikön. Tulkintayksikön laajuuden avulla pyrittiin varmistamaan oppilaan tarkoittaman merkityssisällön mahdollisimman luotettava tarkastelu säilyttämällä tutkittavan merkityksen ajatuksellinen yhteys (Ahonen 1994, 143). Tähän pyrittiin myös oppilaiden vastausten tulkinnallisen tarkastelun avulla. Tulkinnallisuus tarkoitti tässä yhteydessä seuraavaa: Kun oppilaalta kysyttiin, "mitä tekstin kuvaaman ilmiön ehkäisemiseksi voidaan tehdä", tulkittiin hänen vastauksensa "*Ei saastuteta luontoa*" siten, että oppilaan mielestä "saastuminen" aiheuttaa ilmastonlämpenemistä. Näin oppilaiden vastausten perusteella muodostettiin eräällä tavoin ilmastonlämpenemistä kuvaava "tarina" yhdistämällä kahden kysymyksen vastaukset. Joidenkin oppilaiden tarinat sisälsivät runsaasti käsitteitä tai elementtejä, kun taas toisissa niitä oli vähemmän.

Aineiston analysoinnin alkuvaiheessa aineistosta erottui kolme pääryhmää, pääkategoriaan. Näistä yhdessä ilmastonlämpeneminen oli käsitetty itsenäisenä ilmiönä. Toisessa ilmastonlämpeneminen oli liitetty kausaalisuhtein otsonikatoon. Kolmannen kategorian muodosti muut ilmaiset, esimerkiksi ne, joissa toistetaan viriketekstin tietoja. Analysointia jatkettiin näiden kategorioiden sisällä siten, että oppilasvastauksien ilmauksista etsittiin eroja ja yhtäläisyyksiä suhteessa siihen, kuinka oppilaat kuvaavat ilmastonlämpenemisen

prosessia. Liitteessä 7 on esitetty kuvausta tämän vaiheen analyysiprosessista. Analyysin perusteella muodostui joukko erilaisia ilmastonlämpenemisen kuvauksia, jotka kuvaavat oppilaiden erilaisia tapoja käsittää ja ymmärtää ilmastonlämpenemisen. Näin ollen nämä erilaiset kuvaukset muodostivat ilmastonlämpenemisen käsityskategoriat. Kukin oppilas luokiteltiin vastauksensa perusteella kuuluvaksi yhteen käsityskategoriaan.



Kuvio 4.3. Tutkimusaineiston analyysin kuvaus.

Kunkin käsityskategorian sisällä oppilaiden käsityksiä tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin. Tarkoituksena oli saada lisäinformaatiota kunkin kategorian oppilaiden ajattelutavoista selvittämällä esimerkiksi syy-seuraussuhteita, jotka oppilaat liittivät ilmastonlämpenemiseen. Tarkastelussa sovellettiin käsitekarttamenetelmää (Novak & Gowin 1995), mikä mahdollistaa tekstin lineaarisesta rakenteesta irrottautumisen ja tiedon merkitysrakenteen kuvaamisen (Wandersee 1990). Oppilasvastauksen pohjalta muodostettiin koko käsityskate-

goriaa koskeva ns. ilmiökartta, joka kuvaa kuhunkin kategoriaan kuuluvien oppilaiden käsityksiä kategorialuokitusta yksityiskohtaisemmin (ks. liite 7). Huomattavaa on, että kukin ilmiökartta on useiden oppilaiden näkemysten summa, koska analyysin tarkoituksena ei ollut yksilöiden vaan erilaisten käsitystyyppien vertaaminen.

Seitsemäsluokkalaisten tutkimusaineistoa tarkasteltiin myös kvantitatiivisesti, vaikka tutkimusotteiden yhdistämisestä ei aina olla yksimielisiä (Eskola & Suoranta 1998). Tässä tutkimuksessa aineiston kvantitatiivisen tarkastelun katsottiin kuitenkin antavan lisäinformaatiota tutkimuskohteesta, joten tutkimusotteet nähtiin toisiaan täydentävinä (Mestre 2000, 168; Johnson & Christensen 2004, 49). Oppilaiden käsitysten selvittämiseksi kerätty kvantitatiivinen aineisto kvantifioitiin (ns. data transformation, Creswell 2003, 220–221). Aineiston kvantitatiivisen tarkastelun tarkoituksena oli selvittää eri käsityskategorioiden ja syy-seuraussuhteiden yleisyyttä tutkimusaineistossa.

Kvantitatiivisen tarkastelun mahdollistamiseksi ilmiökarttojen yksittäisistä käsitteistä muodostettiin muuttujia, joille laadittiin oppilasvastausten perusteella koodauskriteerit (liite 8). Esimerkiksi muuttujassa 1 on vain yksi koodi, jonka avulla viriketekstin toistaneet oppilaat saatiin eroteltua muista oppilaista. Nämä oppilaat muodostivat kategorian 8. Kategorioiden 1–4 oppilaiden ilmiökarttojen koodauksessa hyödynnettiin koodausohjetta ”Ilmastonlämpeneminen yksittäisenä ilmiönä”. Kategoriat eroteltiin toisistaan muuttujan 3 avulla. Kussakin kategoriassa oppilaiden esittämät ilmastonlämpenemisen syyt koodattiin muuttujan 2 koodien avulla. Muuttujan neljä koodien avulla kuvattiin sitä, oliko oppilas esittänyt ilmastonlämpenemisen ns. mekanismin ja ilmakehän lämpenemisen välille selitystä. Näin oli vain kategoriassa 3, jossa osa oppilaista selitti, että ilmakehän ohenemisen seurauksena Aurinko lämmittää enemmän (ks. kuvio 5.3). Muuttujan viisi avulla koodattiin oppilaiden esille tuomia ilmastonlämpenemisen seurauksia. Oppilaiden esittämiä ns. sekundääriset seuraukset (esim. merenpinnan noususta johtuvat tulvat) koodattiin muuttujan kuusi avulla. Muuttujassa kolme oppilas saattoi saada vain yhden koodin, toisin sanoen käsityskategoriat eivät ole päällekkäisiä vaan yksi oppilas kuuluu vain yhteen kategoriaan. Sen sijaan muissa muuttujissa kukin oppilas saattoi saada useita koodeja, jos hän oli esimerkiksi tuonut esiin useita ilmastomuutoksen aiheuttamia seurauksia. Koodauksen avulla pystyttiin tarkastelemaan esimerkiksi millaisia ilmastonlämpenemisen syitä oppilaat toivat esiin tietyssä kategoriassa sekä näiden syiden frekvenssi kyseisessä kategoriassa.

Tutkimustulosten validiuden lisäämiseksi ja tutkijan subjektiivisten tulkintojen vähentämiseksi aineiston koodasi myös tutkimusohjaaja, joka oli lähes valmis luonnontieteiden opettaja. Samalla hän arvioi myös kategorioiden ja koodien mielekkyyttä ja relevanssia. Harjoittelija kirjasi ylös epäselvät tai epävarmat tapaukset, joiden pohjalta tehtiin muutoksia koodeihin. Tulosten luotettavuuden lisäämiseksi tutkija toisti oppilasvastausten koodauksen. Myös tässä vaiheessa tehtiin pienimuotoisia tarkennuksia koodeihin (esimerkiksi koodien yhdistämisä tai lisäyksiä).

Yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden kirjoitelmien analysoinnissa keskityttiin selvittämään oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisen prosessista. Essee-kirjoitelmat luettiin useita kertoja läpi, minkä jälkeen ne luokiteltiin aineistosta itsestään nouseviin luokkiin seitsemäsluokkalaisten aineiston analysoinnin tapaan. Oppilaiden vastausten perusteella ei pääsääntöisesti muodostettu ilmiökarttoja vastausten suhteellisen lyhyden vuoksi. Ennen oppimisjaksoa kirjoitettujen kirjoitelmien perusteella muodostettuja luokkia ja niiden frekvenssejä verrattiin vastaaviin oppimisjakson jälkeisistä kirjoitelmista muodostettuihin luokkiin. Tietomittauslomakkeiden vastaukset syötettiin SPSS-tiedostoon, minkä jälkeen muutoksia tarkasteltiin frekvensseinä ja prosenttiyksiköinä. Tuloksia ei tarkasteltu opetusryhmittäin suhteellisen pienen ryhmäkohtaisen oppilasmäärän vuoksi, vaan kolmen opetusryhmän aineistoa tarkasteltiin kokonaisuutena.

Oppilaiden kirjoitelmien lisäksi oppimisprosessia pyrittiin kuvaamaan myös videoaineiston avulla. Aineiston analysointi aloitettiin, kun aineisto oli koko laajuudessaan kerätty (Lesh & Lehrer 2000, 668). Videoaineisto katsottiin kunkin opetusryhmän osalta tarkasti läpi, ja sen perusteella muodostettiin kunkin ryhmän työtapakehykset. Videomateriaalin analysoinnissa ei käytetty erillisiä sitä varten suunniteltuja tietokoneohjelmia, vaan analysointi suoritettiin videolaitteistoa ja tekstinkäsittelyohjelmaa hyödyntäen. Yhden pienryhmän videoaineisto litteroitiin niiltä osin, jossa oppilaat keskustelivat luokka- tai pienryhmätilanteissa opiskeltavasta aiheesta tai siihen läheisesti liittyvistä tekijöistä (ns. telescoping-method, Lesh & Lehrer 2000, 678). Tässä metodissa aineisto litteroidaan vain tutkimuksen kannalta mielenkiintoisten seikkojen osalta, minkä jälkeen rajaudutaan näiden osioiden tarkempaan analyysiin. Analyysin kohteeksi valitut segmentit pyrittiin valitsemaan riittävän laajoina kokonaisuuksina, jolloin välttyään toisistaan irrallisten pätkien analysoinnin aiheuttamalta harhaanjohtavuudelta (Lesh & Lehrer 2000, 673). Litteroitu aineisto luettiin useita kertoja läpi. Koska videoinnit oli ennen litterointia ja litterointivaiheessa käyty useita kertoja läpi, ei analyysivaiheessa katsottu tarpeelliseksi palata niihin vaan analysointi pohjautui kirjalliseen materiaaliin. Oppilaiden keskusteluja tarkasteltiin käsitteellisen muutoksen teoreettisessa viitekehyksessä etsimällä aineistosta ilmaisuja, jotka kuvaavat oppijan käsityksiä ilmastonlämpenemisestä, viittaavat käsitteellisen ymmärryksen kehittymiseen tai kognitiivisen konfliktin kokemiseen.

5

Tutkimuksen tulokset ja niiden tarkastelu

Tämän luvun alussa tarkastellaan seitsemäsluokkalaisten oppilaiden ilmastonlämpenemiseen liittyviä arkikäsitteitä ja käsitysrakenteita sekä oppilaiden esille tuomien ilmastonlämpenemisen syiden ja seurausten yleisyyttä tutkimusaineistossa. Tämän jälkeen selvitetään, millaisia käsityksiä ja tietoja yhdeksäsluokkalaisten oli ennen oppimisjaksoa. Lisäksi tarkastellaan sitä, mistä kyseiset ikäryhmät ovat saaneet tietoa ilmastonlämpenemisestä arkikäsitteistensä muodostamiseksi.

Arkikäsitteiden kuvaamisen jälkeen huomio kohdistetaan ilmastonlämpenemisen oppimisjaksolla tapahtuvaan käsityksenmuodostusprosessiin seuraamalla yhden pienryhmän työskentelyä. Tämän jälkeen kuvataan, millaisia käsityksiä yhdeksännen luokan oppilailla oli ilmastonlämpenemisestä oppimisjakson jälkeen sekä tarkastellaan käsitteiden muuttamista.

5.1 Seitsemäsluokkalaisten arkikäsitteet ilmastonlämpenemisestä

Tähän tutkimukseen osallistuneiden seitsemäsluokkalaisten ilmastonlämpenemistä koskevat arkikäsitteet eivät heijastaneet yhtä tiettyä ajatusmallia, vaan niissä esiintyi variaatiota (taulukko 5.1). Oppilaiden käsitykset voidaan jaotella kahteen suurempaan ryhmään, joista toisessa ilmastonlämpeneminen on liitetty kausaalisuhtein otsonikatoon ja toisessa tällaista yhteyttä ei ole tehty. Kummassakin näistä ryhmistä voitiin erottaa erilaisia tapoja ymmärtää ilmastonlämpeneminen, eli pääkategorioiden sisään muodostui alakategorioita.

Ilmastonlämpenemisen tieteellistä selitystä lähimpänä olivat ne käsitykset, joissa oppilaiden mielestä lämpö ei pääse takaisin avaruuteen. Luonnontieteellisestä näkökulmasta nämä käsitykset ovat kuitenkin jossain määrin puutteellisia, eivätkä ole riittävä selitys ilmastonlämpenemiselle. Osalle oppilaista ilmastonlämpeneminen ei ollut luonnontieteellisenä ilmiönä tuttu, sillä he eivät tunnistanee ilmiötä viriketekstistä, vaan toistivat vastauksessaan tekstin sisältöjä. Näin ollen osa seitsemännen luokan oppilaista oli muodostanut ns. arkikäsitteen ilmastonlämpenemisestä ennen sen kouluopetusta, kun taas osalle oppilaista tällaista käsitystä ei ollut muodostunut.

Taulukko 5.1. Seitsemäsluokkalaisten (n = 415) oppilaiden ilmastonlämpenemistä kuvaavat käsityskategoriat ja niiden frekvenssit.

Käsityskategoria	Oppilaiden määrä kategoriassa
<i>Ilmastonlämpeneminen yksittäisenä ilmiönä</i>	
1. Lämpö ei pääse takaisin avaruuteen	5
2. Hiilidioksidipäästöt lämmittävät	13
3. Ilmakehän väheneminen aiheuttaa lämpenemisen	12
4. Ilmiöllä syy ja seuraus	127
<i>Ilmastonlämpeneminen ja otsonikato yhdistetty toisiinsa</i>	
5. Otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä	146
6. Ilmastonlämpeneminen aiheuttaa otsonikatoa	13
7. Ilmastonlämpeneminen = otsonikato	4
<i>Muut vastauskategoriat</i>	
8. Vastaus toistaa viriketekstin sisällön	50
9. Ei luokiteltu	33
10. Ei vastausta	12

Laadulliselle tutkimusotteelle epätavallisesti seuraavassa tarkastellaan lyhyesti eri kategorioiden yleisyyttä tutkimusaineistossa. Tämän tarkastelun tarkoituksena on antaa lukijalle yleiskuva aineistosta. Tutkimukseen osallistuneista 415 oppilaasta noin kolmannes käsitteli vastauksessaan ilmastonlämpenemistä otsonikadosta erillisenä ilmiönä (kategoriat 1–4). Suurin osa näin ajattelevista oppilaista toi esiin vastauksessaan vain ilmastonlämpenemisen syitä tai seurauksia selittämättä viriketekstissä kuvattua ilmiötä tarkemmin (31 prosenttia kaikista oppilaista). Nämä vastaukset saattoivat osin johtua ilmastonlämpenemisen syihin ja seurauksiin painottuvasta kysymyksenasettelusta. Vastaukset saattoivat kuitenkin yhtä lailla kuvata myös oppilaiden ilmastonlämpenemistä koskevaa tietämystä vastaushetkellä.

Tutkimukseen osallistuneista oppilaista 39 prosenttia oli vastauksissaan liittännyt ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon toisiinsa kausaalisuhtein (kategoriat 5–7). Tyypillisimmmin oppilaat pitivät otsonikatoa ilmastonlämpenemisen aiheuttajana (35 prosenttia oppilaista). Oppilaiden taipumus liittää kyseiset ilmiöt toisiinsa on havaittu myös aikaisemmissa tutkimuksissa (Boyes & Stanisstreet 1993; Francis ym. 1993; Koulaidis & Christidou 1999; Summers ym. 2001). Esimerkiksi Ryen ym. (1997) tutkimuksessa hieman yli puolet 6.–8.-luokkalaisista oppilaista piti otsonikatoa syynä ilmastonlämpenemiselle.

Muiden käsityskategorioiden oppilasmäärä jäi varsin pieneksi. Tästä huolimatta niiden sisällöllistä merkitystä ei voida väheksyä opetuksen suunnittelun pohjatietona, sillä opetuksessa tulisi kyetä ottamaan huomioon yksilöiden erilaiset käsitykset ja yksilölliset oppimisprosessin lähtökohdat.

Tehtäviin jätti vastamaatta 12 oppilasta. Tämän lisäksi 33 oppilaan vastauksia ei voitu luotettavasti luokitella, sillä vastauksista ei voitu muodostaa yksiselitteistä näkemystä oppilaan käsityksestä. Näihin kuuluivat muun muassa lyhyet vastaukset, joissa mainittiin vain käsitteitä (*Vyöhykkeet ja lämpötilat!!!*) sekä vastaukset, joista ei käynyt selville, mitä oppilas tarkoitti (*1998 oli keskilämpötilaltaan ennätyskellisen lämmin. Otsooni kerros pienenee. Oppilas nro 80030*).

Seuraavassa seitsemännen luokan aineista muodostettuja käsityskategorioita tarkastellaan sisällöllisesti yksityiskohtaisemmin. Kategoriat esitellään siinä järjestyksessä, että ensimmäisenä on lähinnä luonnontieteellistä näkemystä oleva kategoria. Tämän jälkeen kategorioiden yhtenevyys luonnontieteelliseen näkemykseen vähenee ja toisessa alakategoriassa käsitykset ovat selvästi ristiriidassa luonnontieteellisen näkemyksen kanssa. Kustakin käsityskategoriasta esitetään autenttisia oppilasvastauksia sekä niiden perusteella muodostetut ilmiökartat. Sulkeissa oleva numero viittaa oppilaalle tallennusvaiheessa annettuun koodiin.

1. *Lämpö ei pääse takaisin avaruuteen*

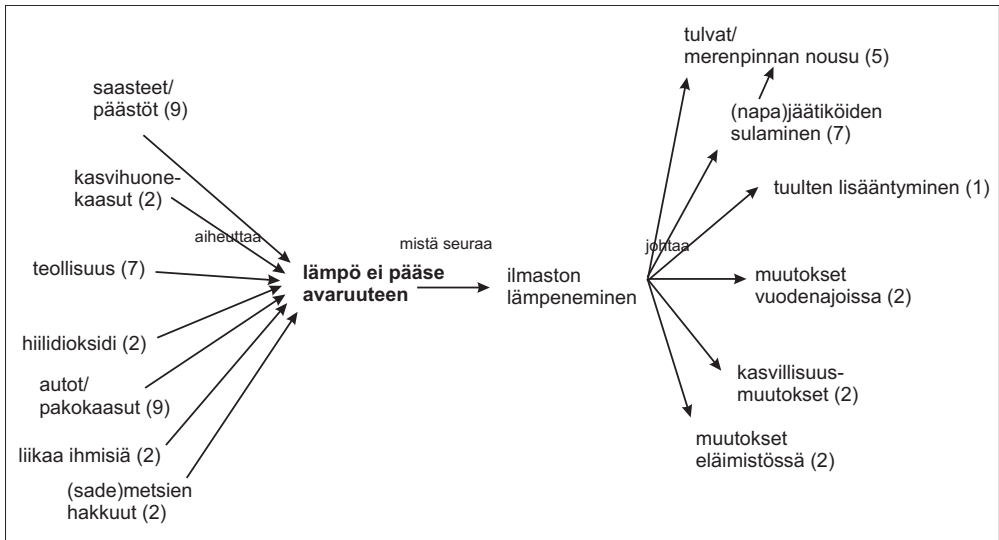
Osalla tutkimukseen osallistuneista oppilaista (n = 5) käsitys ilmastonlämpenemisestä pohjautui ajatukseen, jonka mukaan Auringosta peräisin oleva lämpö ei pääse maapallolta takaisin avaruuteen. Oppilaiden mukaan saasteet ja muu ihmistoiminta (esimerkiksi metsien hakkuut) estävät lämmön siirtymisen maapallolta avaruuteen (kuvio 5.1). Osa oppilaista luultavasti tarkoitti vastauksessaan ihmistoiminnasta aiheutuvien päästöjen aiheuttaman ilmastonlämpenemistä, mutta eivät tuoneet tätä yhteyttä selkeästi esiin vastauksessaan. Vaikka oppilaiden mukaan pääsääntöisesti saasteet estävät lämpösäteilyn ulossäteilyn, voidaan vastauksista nähdä viitteitä myös ilmastonlämpenemisen luonnontieteellistä selityksestä. Ottaen huomioon oppilaiden ilmastonlämpenemisen ymmärtämiseksi vaa-dittavien luonnontieteellisten taustaopintojen määrän, näiden oppilaiden vastauksia voi-

daankin pitää varsin korkeatasoisina. Oppilasvastausten perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että oppilaat eivät hae vastausta sille, miksi saasteet päästävät Auringon säteilyn tai lämmön maapallolle, mutta estävät säteilyn pääsyn avaruuteen. Näin ollen ei myöskään muodostu kognitiivista konfliktia tai ristiriitaa, joka voisi toimia lähtökohtana tieteellisemmälle ilmiön selitykselle.

Ilmiö on kasvihuoneilmiö. Ja sen arvellaan johtuvan kaikista pakokaasuista ja muista ilmakehää saastuttavista asioista. Kun Auringon säteet osuvat maahan osa niistä kimpoaa pois. Mutta nyt ne eivät ilmakehän saasteiden takia pystykkään kimpoamaan pois, joka saattaa johtaa maapallon huomattavaan lämpenemiseen. (4002)

Ilmasto lämpenee, koska kaiken maailman saasteita kertyy tonne ylös ja sitten lämmin ilma ei pääse niiden läpi pois. Sitä sanotaan kasvihuoneilmiöksi, koska maapallo on vähän niin kuin kasvihuone: Lämpö tulee ikkunoiden läpi sisään, muttei pääse ulos. Kun ilma lämpenee alkavat jäätiköt sulaa ja meren pinta nousee. Jotkut kasvit eivät tule toimeen niin lämpimässä ilmastossa ja sitten lämpimämmässä viihtyvät kasvit alkavat vallata maata. Esim. Suomessa ei enää ole niin selviä vuodenaikojen vaihteluja. Ei enää lämpimät kesät, kylmät talvet, vaan leudot kesät, viileät talvet. Kaikki eläimet ei tule toimeen lämpimässä ja jos ne kasvit joita ne syö ei pärjää, ei pärjää nekään. Eikä niitä kasvinsyöjiä syövät eläimet. (80037)

Aikaisemmissa tutkimuksissa oppilaille on todettu olevan käsitys, että lämmön ulossäteilyn estävät kaasut (esimerkiksi hiilidioksidi tai saasteet) muodostavat ilmakehään erillisen kerroksen otsonikerroksen tapaan (Koulaidis & Christidou 1999). Käsillä olevassa tutkimuksessa oppilaat eivät eksplisiittisesti tuoneet esiin käsitystään saasteiden tai muiden lämpöä maapallolle vangitsevien tekijöiden jakautumisesta ilmakehässä. Tosin viittaukset maapalloon kasvihuoneena antavat kansainvälisten tutkimustulosten valossa aiheutta olettaa, että vastausten taustalla on käsitys ilmakehässä olevasta erillisestä lämmön ulossäteilyn estävästä kerroksesta. Tällainen käsitys voi joissain tilanteissa edesauttaa virheellisen otsonikadon ja ilmastolämpenemisen yhdistävän käsityksen muodostumista.



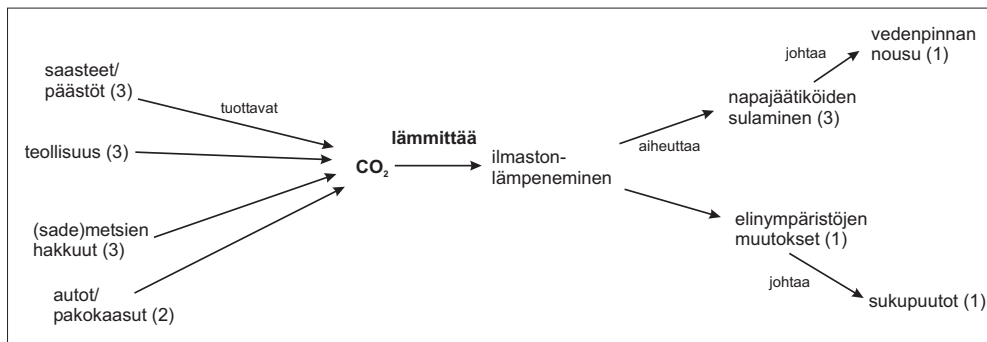
Kuvio 5.1. *Lämpö ei pääse takaisin avaruuteen -käsityskategoriaan kuuluvien oppilaiden vastausten perusteella muodostettu ilmiökartta. (Numerot sulkeissa kuvaavat mainintojen määrää).*

2. Hiilidioksidipäästöt lämmittävät

Tutkimukseen osallistuneista oppilaista 13 liitti hiilidioksidin ja hiilidioksidipäästöt ilmastolämpenemiseen. He eivät kuitenkaan tarkastelleet hiilidioksidia lämpösäteilyä absorboivana ilmakehän substanssina, vaan pitivät hiilidioksidipäästöjä itsessään lämpiminä (kuvio 5.2). Tällöin näiden oppilaiden mielestä ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvaminen aiheuttaa suoraan ilmakehän lämpötilan kohoamisen. Hiilidioksidipäästöjä aiheutuu oppilaiden mukaan teollisuudesta, autojen pakokaasuista sekä tarkemmin määrittelemättömistä päästöistä ja saasteista. Myös metsien ja sademetsien hakkuut lisäävät oppilaiden mielestä ilmakehän hiilidioksidikonsentraatiota.

Kyseessä on kasvihuoneilmiö. Se johtuu siitä, että kun Aurinko lämmittää ilmakehää, suurin osa säteilystä heijastuu takaisin avaruuteen, ja ilmakehässä oleva hiilidioksidi lämmittää maan pintaa. Hiilidioksidin määrä lisääntyy ilmakehässä, esim. tehtaiden päästöjen takia, eli jos hiilidioksidin määrä ilmakehässä lisääntyy, niin se lämmittää maata entistä enemmän. Ja jos maapallo lämpenee, niin esim. jäätiköt alkavat sulaa ja veden pinta nousee ja vähän maata jää veden alle. (80016)

Ymmärtääkseni kyse on kasvihuoneilmioistä, joka johtuu liiallisista hiilidioksidipäästöistä. Päästöt jäävät ilmakehään ja lämmittävät täten ilmakehää. Tämän seurauksena keskilämpötila kohoaa ja napajäätiköt sulavat. Tämä ei tietenkään nostaisi valtamerten pintaa kuin muutamalla sentillä. Muuten ilmastonmuutokset muuttavat eläinten ym. elinympäristöä ja sopeutumattomat eliöt kuolevat sukupuuttoon. (2002)



Kuvio 5.2. *Hiilidioksidipäästöt lämmittävät -käsituskategoriaan kuuluvien oppilaiden vastausten perusteella muodostettu ilmiökartta.*

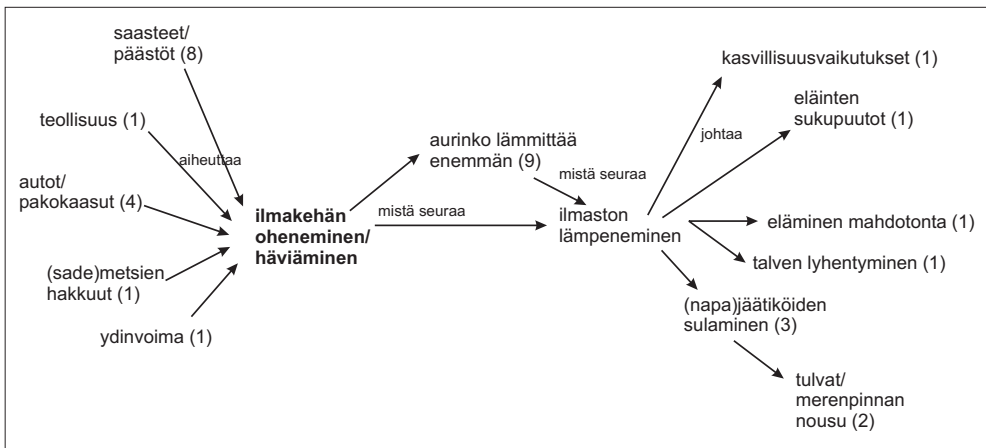
Aikaisemmissa tutkimuksissa oppilaiden ei ole havaittu pitävän hiilidioksidipäästöjä kuumina. Tosin Boyesin ja Stanisstreetin (1997b) oppilaiden käsityksiä moottoriajoneuvojen ympäristövaikutuksista selvittävässä tutkimuksessa 44 prosenttia tutkimukseen osallistuneista 14–15-vuotiaista oppilaista piti pakokaasupäästöjä kuumina ja siten ilmastonlämpenemistä aiheuttavina. Tällaisten virheellisten käsitysten taustalla voi olla arkiajattelun yhdistäminen tiettyyn luonnontieteelliseen faktatietoon ilman laajempaa luonnontieteellistä ymmärrystä. Käsitys on voinut muodostua siitä, että oppilas on kuullut tai lukenut hiilidioksidipäästöistä tai niiden lisääntymisestä ilmastonlämpenemisen yhteydessä, jolloin hän voi loogisesti päätellä hiilidioksidi- tai kasvihuonekaasupäästöjen olevan kuumia tai lämpimiä.

3. Ilmakehän väheneminen aiheuttaa lämpenemisen

Ilmastonlämpeneminen johtuu joidenkin tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden (n = 12) mielestä ilmakehän ohenemisesta, heikkenemisestä tai pienenemisestä. Näiden muutosten seurauksena Aurinko lämmittää enemmän tai Auringosta pääsee maanpinnalle enemmän lämpösäteilyä (kuvio 5.3). Oppilaat yhdistävät ihmisen toiminnan, esimerkiksi teollisuudesta ja liikenteestä aiheutuvat päästöt sekä metsien hakkuut ilmastonlämpenemiseen johtavaan ilmakehän vähenemiseen ja Auringon säteily määrän lisääntymiseen.

Kasvihuoneilmiö johtuu ilmakehän heikkenemisestä. Kun Aurinko paistaa maahan ilma-kehä kääntää osan Auringonsäteistä takaisin avaruuteen, jos ilmakehää ei olisi me pais-tuisimme päivällä ja yöllä jäätyisimme. Jos ilmasto lämpenee vielä paljon voi etelä- ja poh-joismannerjäätiköt sulaa ja osa mantereesta peittyä veden alle. (8007)

Tämä liittyy kasvihuoneilmiöön. Se tarkoittaa sitä, että maapallon keskilämpötila nousee. Ihmisten aiheuttamat päästöt ohentavat ilmakehää, jolloin Aurinko pääsee lämmittämään maapalloa enemmän. Jos tämä jatkuu, niin maapallon lämpötilat voivat sadan vuoden päästä olla jo niin huimat, että esim. talven tulo on mahdotonta??(90022)



Kuvio 5.3. Ilmakehän väheneminen aiheuttaa lämpenemisen -käsitteeseen kuuluvien oppilaiden vastausten perusteella muodostettu ilmiökartta.

Oppilaiden käsitys ilmakehän vähenemisestä ilmastonlämpenemisen aiheuttajana saattaa perustua näkemykseen, jossa ilmakehää tarkastellaan maapalloa erilaisilta tekijöiltä, kuten liialliselta lämmöltä, suojaavana tekijänä. Näin ollen muodostuu looginen ajatusketju, jossa ilmakehän suojaavan ominaisuuden vähentyminen johtaa ilmakehän lämpenemiseen. Aikaisempien tutkimustulosten perusteella osa oppilaista myös sekoittaa jossain määrin käsitteet ilmakehä ja otsonikerros ja he pitävät ilmakehää kaasujen muodostamana homogeenisena kokonaisuutena (Christidou & Koulaidis 1996). Näin ollen voidaan esittää myös oletus, että osa tämän kategorian oppilaista saattaa tarkoittaa otsonikerrosta kirjoittaessaan ilmakehästä. Tällöin heidän käsityksensä olisivat lähellä oppilaiden käsityksiä kategoriassa viisi, jossa oppilaat pitävät ilmastonlämpenemistä otsonikadon seurauksena.

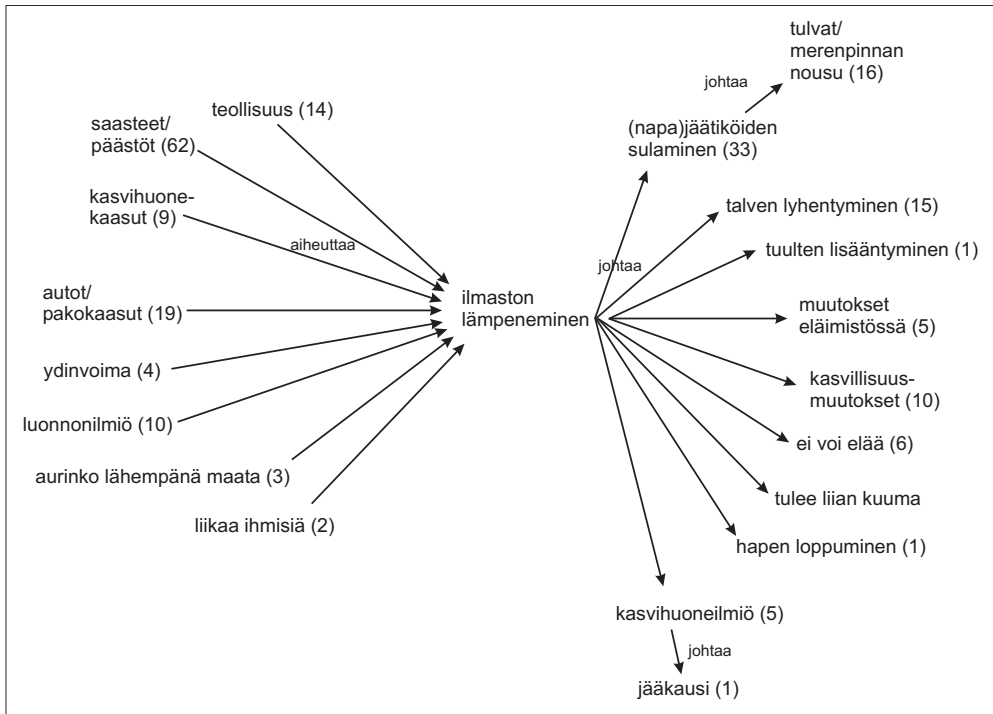
4. Ilmiöllä on syy ja seuraus

Huomattava osa tutkimukseen osallistuneista oppilaista (n = 127) toi vastauksessaan esiin syitä tai seurauksia (tai molempia) maapallon lämpötilassa havaitulle keskimääräiselle nousulle erittelemättä tarkemmin ilmiöön liittyviä mekanismeja. Kategoriaan lukeutuvista moninaisista syistä mainittakoon muun muassa erilaiset saasteet, teollisuus, ydinvoima sekä luonnonilmiöt ja -onnettomuudet (kuvio 5.4). Myös Auringon ja maapallon välisessä etäisyydessä tapahtuneet muutokset nähtiin eräänä syynä ilmastonlämpenemiselle. Ilmastonlämpenemisen seurauksista oppilaat toivat esiin muun muassa (napa)jäätiköiden sulamisen ja tulvat, talven lyhentymisen, tuulten lisääntymisen ja hapen loppumisen. Oppilaiden käsitysten mukaan myös kasvillisuudessa ja eliöstössä voi tapahtua muutoksia lämpötilan kohoamisen seurauksena. Lämpötilan kohoaminen voi johtaa myös kasvihuoneilmiöön ja edelleen jääkauteen.

Maapallo kiertää lähempää Aurinkoa, joten kuumuus lisääntyy. (80045)

Kyseessä on niin sanottu kasvihuoneilmiö, joka johtuu tietääkseni saasteista ja päästöistä jotka joutuvat ilmakehään. Kasvihuoneilmiö nostaa maapallon keskilämpötilaa, ja lämpötilan nousun takia se sulattaa napajäitä ja napa-alueita. Jos kaikki napajäät sulavat, meren pinta nousee huomattavasti. Ja vielä miten sitten kaikille Antarktisen ja Arktisen eläimille käy jotka ovat sopeutuneet kylmään ilmastoon. (50016)

Tämän kategorian suhteellinen suuruus saattaa osaltaan selittyä kysymyksenasettelulla, missä keskityttiin pääsääntöisesti syiden ja seurausten selvittämiseen. Toisaalta tulos voi osoittaa myös sen, että oppilaille ei vielä seitsemännen luokan keväällä ollut muodostunut käsitystä ilmastonlämpenemisen prosessista, vaan he liittivät ilmastonlämpenemisen käsitteeseen eri lähteistä kuulemiaan faktoja, joko syitä tai seurauksia. Tässäkin tutkimuksessa oppilaiden esille tuomat syyt ja seuraukset heijastelevat pitkälti joukkotiedotusvälineissä esille tulleita seikkoja. Näkemystä erillisten faktatietojen liittämisestä ilmastonlämpenemisen käsitteeseen tukee myös osittain ruotsalaistutkimus, jossa 15 prosenttia yhdeksäsluokkalaisista ja 10 prosenttia kahdennentoista luokan oppilaista toi vastauksissaan esiin ainoastaan syitä ja seurauksia ilmiön kouluopiskelun jälkeenkin (Andersson & Wallin 2000). Oppilaiden mainitsemia ilmastonlämpenemisen syitä ja seurauksia tarkastellaan aikaisempiin tutkimuksiin suhteutettuna yksityiskohtaisemmin luvussa 5.2.



Kuvio 5.4. Ilmiöllä on syy ja seuraus -käsituskategoriaan kuuluvien oppilaiden vastausten perusteella muodostettu ilmiökartta.

5. Otsonikato aiheuttaa ilmastolämpenemistä

Suuri osa tutkimukseen osallistuneista oppilaista yhdisti ilmastolämpenemisen ja otsonikadon kausaalisuhtein toisiinsa. Valtaosa näistä oppilaista ($n = 146$) piti otsonikatoa tai muutoksia otsonikerroksessa (esimerkiksi sen ohenemista tai heikkenemistä) ilmastolämpenemisen aiheuttajana (kuvio 5.5). Oppilaiden näkemysten mukaan otsonikatoa ja muutoksia otsonikerroksessa aiheuttavat pitkälti samat tekijät, jotka muiden kategorioiden oppilaat mainitsivat ilmastolämpenemistä aiheuttaviksi tekijöiksi. Näistä mainittakoon esimerkkinä yleinen saastuminen, autojen pakokaasupäästöt sekä teollisuuden päästöt. Lisäksi tämän kategorian oppilaat mainitsivat otsonikadon aiheuttajiksi muun muassa kemialliset kaasut, freonit ja ponneaineet.

Suurin osa tämän kategorian oppilaista selitti lämpötilan kohoamisen otsonikerroksen muutoksista johtuvana Auringon säteiden, säteilyn tai tarkemmin UV-säteilyn lisääntymisenä. Edelleen osa toi esiin sen, että otsonikerroksen muutosten seurauksena Aurinko paisaa suoraan maapallolle, lämpöä pääsee enemmän maapallolle tai että se ei kimpoa takaisin avaruuteen. Ajatusmallia voidaan selittää siten, että ilmansaasteet ja muut tekijät aihe-

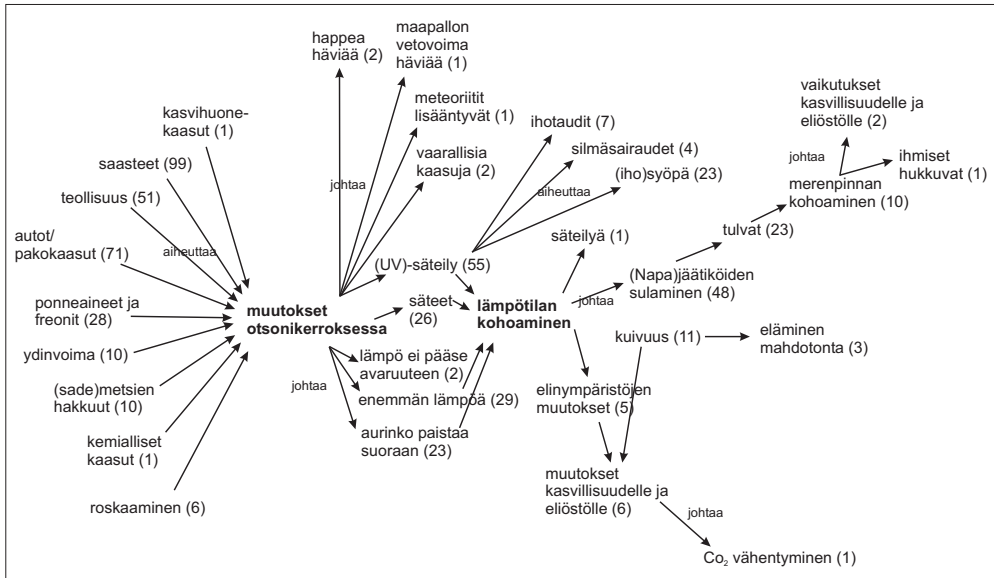
uttavat reikiä otsonikerrokseen, jolloin oppilaiden mielestä sen säteilyltä ja lämmöltä suojaava ominaisuus heikkenee. Otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen välistä yhteyttä oppilaiden käsityksissä selittää myös se, että usein UV-säteilyyn liitetään lämpösäteilyn ominaisuuksia (Rye ym. 1997). Käsitys UV-säteilystä erityisen lämpimänä voi perustua kokemusperäiseen tietoon Auringon säteilyn kuumuudesta ja tietoon siitä, että UV-säteily aiheuttaa ihon palamista.

Lämpötilan kohoamisen ohella oppilaat toivat esiin myös muita otsonikadon seurauksia, kuten hapen vähenemisen tai häviämisen, maapallon vetovoiman häviämisen sekä avaruudesta tulevat vaaralliset kaasut. Nämä vastaukset voidaan osaltaan tulkita ainakin hapen ja maapallon vetovoiman häviämisen osalta siten, että oppilailla on usein käsitys konkreetista otsonikerroksesta (Koulaidis & Christidou 1999), joka estää tiettyjä ilmakehän ainesosia tai muita tekijöitä häviämästä maapallosta avaruuteen.

Kirjoitus liittyy paljon puhuttuun kasvihuoneilmiöön. Lämpeneminen johtuu maapallon ilmakehän otsonikerroksen heikkenemisestä. Otsonikerros on heikentynyt ihmisten aiheuttamien saasteiden takia. Kasvihuoneilmiön takia joitakin eläinlajeja voi hävitä, koska niiden elinympäristö muuttuu. Pahimmassa tapauksessa napa-alueiden ikijäät voisivat sulaa ja silloin koko maapallo joutuisi veden valtaa. (20025)

Kirjoitus liittyy maapallon saastumiseen ja otsonikerroksen ohenemiseen ja se aiheuttaa maapallon lämpenemistä. Otsonikato on maapalloa suojaavan otsonikehän ohenemista. Sen aiheuttaa kasvihuonekaasujen lisääntyminen. Siitä aiheutuu UV-säteilyn maahanpääsyä. (20055)

Tämän tutkimuksen tulos vahvistaa useiden aikaisempien tutkimuksien tuloksia, joissa oppilaiden on todettu pitävän otsonikatoa ilmastonlämpenemisen aiheuttajana (mm. Francis ym. 1993; Rye ym. 1997; Summers ym. 2001). Esimerkiksi Ryen ym. (1997) tutkimukseen osallistuneista 6–8-luokkalaisista oppilaista 54 prosenttia piti otsonikatoa ilmastonlämpenemisen pääasiallisena syynä. Aikaisempien tutkimusten tavoin oppilaat tässäkin tutkimuksessa liittivät otsonikerroksessa tapahtuvat muutokset pääasiassa ihmisen tuotamiin saasteisiin (Christidou & Koulaidis 1996; Leighton & Bisanz 2003). Yksittäisistä otsonikadon aiheuttajista oppilaat ovat aikaisemmissa tutkimuksissa maininneet erityisesti aerosolit, sprayt ja CFC-yhdisteet (Francis ym. 1993; Rye ym. 1997), mitkä eivät kuitenkaan tässä tutkimuksessa erityisesti korostuneet. Aikaisemmissa tutkimuksissa (esim. Batterham ym. 1996; Fisher 1998) oppilaat ovat pitäneet otsonikadon aiheuttajana myös autojen pakokaasuja, lyijylyllistä bensiiniä, erilaisia kemikaaleja, metsien hakkuita sekä roskaamista, jotka nousevat esiin jossain määrin myös tässä tutkimuksessa otsonikadon aiheutumisen syinä.



Kuvio 5.5. Otsonikato aiheuttaa ilmastolämpenemistä -käsityskategoriaan kuuluvien oppilaiden vastausten perusteella muodostettu ilmiökartta.

Aikaisemmissa tutkimuksissa yli puolet oppilaista on pitänyt hiilidioksidia otsonikadon aiheuttajana (Boyes & Stanisstreet 1997a; Thornber ym. 1999). Samojen tekijöiden mainitseminen syynä sekä ilmastolämpenemiselle että otsonikerroksessa tapahtuville muutoksille viittaa siihen, että oppilaat muodostavat usein ns. kaikki ympäristöongelmat kattavan mallin (Francis ym. 1993). Jos oppilailla olisi yksinomainen syy-seuraussuhde otsonikadolle ja ilmastolämpenemiselle, he todennäköisemmin rajoittuisivat tuomaan esiin ainoastaan otsonikadon aiheuttajia ilmiön selittäjänä.

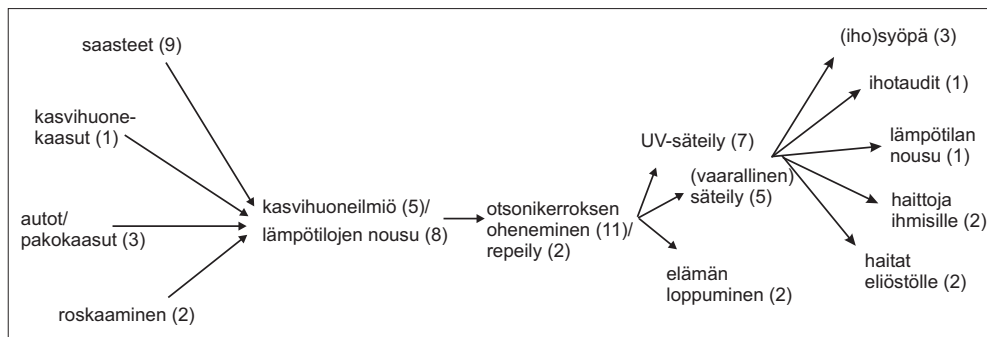
6. Ilmastolämpeneminen aiheuttaa otsonikatoa

Osa tähän tutkimukseen osallistuneista oppilaista (n = 13) oli muodostanut ilmastolämpenemisen ja otsonikadon välille kausaalisuhteen siten, että ilmastolämpenemisen seurauksena aiheutuu muutoksia otsonikerroksessa. Maapallon ilmakan lämpeneminen aiheutuu näiden oppilaiden mielestä esimerkiksi erilaisista saasteista, päästöistä sekä roskaamisesta (kuvio 5.6). Otsonikerroksen muutokset puolestaan johtavat UV-säteilyn sekä vaarallisen säteilyn määrän lisääntymiseen ja edelleen muun muassa erilaisten syöpätapausten ja ihosairauksien määrän lisääntymiseen. Lisäksi ihmisille ja muulle eliöstölle voi aiheutua myös muita tarkemmin määrittelemättömiä haitallisia vaikutuksia. Säteilyn li-

sääntymisen seurauksena maapallon lämpötila voi edelleen kohota, mikä johtaa eräänlaiseen itseään voimistavaan ilmastolämpenemisen sykliin.

Ympäri maapalloa on jo yli sadan vuoden ajan mitattu luotettavin tuloksin keskilämpötiloja. Ylivoimaisesti kuumin vuosi on ollut 1998, joka rikkoi edellisen vuoden ennätyksen. Eli vuodet 1998 ja 1997 ovat olleet peräjäälkeen 2 lämpimintä vuotta. Lämpimin vuosikymmen on ollut 1990-luku. Pidemmän aikavälin tarkastelussa voidaan sekä erottaa viimeisen sadan vuoden aikana tapahtunut ilmakehän keskimääräinen lämpeneminen, joka tuhoaa maapalloa suojaavaa otsonikerrosta. (30015)

Että maapallon keskilämpötila on nousussa joka tarkoittaa sitä että ilmansaastetta on enemmän. Maapallon otsonikerros ohenee, ja vaarallista uv-säteilyä pääsee maahan. (80073)



Kuvio 5.6. Ilmastolämpeneminen aiheuttaa otsonikatoa -käsituskategoriaan kuuluvien oppilaiden vastausten perusteella muodostettu ilmiökartta.

Tämän tutkimuksen tavoin myös aikaisemmissa tutkimuksissa käsitys ilmastolämpenemisestä otsonikadon aiheuttajana on ollut päinvastaista käsitystä harvalukuisempi. Esimerkiksi Boyesin ja Stanisstreetin (1997a) tutkimuksessa 37 prosenttia 13–14-vuotiaista ajatteli ilmastolämpenemisen johtavan otsonikerroksen muutoksiin pääasiassa siksi, että ilmakehän lämpenemisen seurauksena ilmansaasteet kohoavat ylemmäs ilmakehässä vaurioittaen siellä otsonikerrosta. Osalla oppilaista oli puolestaan käsitys, että ilmastolämpeneminen aiheuttaa säässä sellaisia muutoksia, joiden seurauksena Aurinko pystyy polttamaan reikiä otsonikerrokseen. (Boyes & Stanisstreet 1997a.)

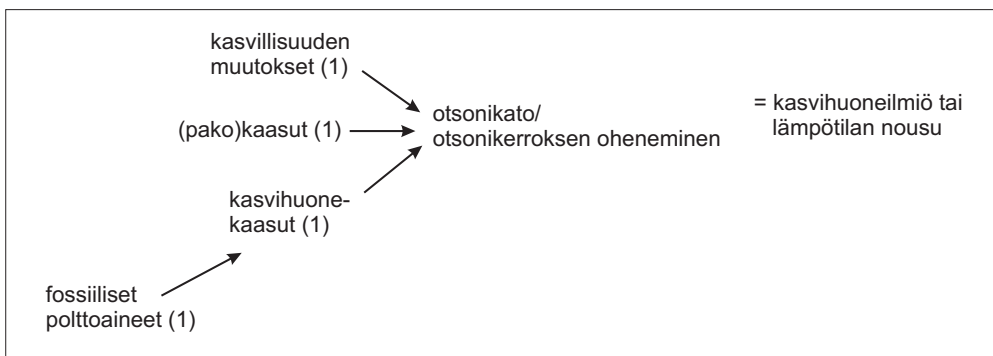
7. Ilmastonlämpeneminen = otsonikato

Neljän tutkimukseen osallistuneen oppilaan näkemyksen mukaan käsitteet kasvihuoneilmiö ja otsonikato viittaavat yhteen ja samaan ilmiöön, ilmakehän lämpenemiseen. Tätä ilmiötä he kuvaavat siten, että ilmakehästä häviää otsonia tai että otsonikerros ohenee, mikä heidän mukaansa tarkoittaa kasvihuoneilmiötä (kuvio 5.7). Otsonikerroksen häviämisen syiksi oppilaat mainitsevat mm. kasvillisuuden muutokset, fossiilisten polttoaineiden käytön seurauksena muodostuvat kasvihuonekaasut sekä pakokaasupäästöt. Oppilaiden näkemysten mukaan ilmiön seurauksena ilmasto lämpenee ja UV-säteilyä pääsee enemmän maapallolle. Näiden oppilaiden vastauksista käy ilmi, että käsitteiden otsonikato, kasvihuoneilmiö ja ilmastonlämpeneminen merkitykset eivät ole eriytyneet, vaan ne muodostavat yhden kokonaisuuden (ks. Francis ym. 1993).

Otsonikadossa maapallon ilmakehästä häviää otsonia. Ilmiö tunnetaan nimellä kasvihuoneilmiö. Ilmiön syy on maapallon kasvillisuuden muuttuminen. Ilmiön seuraus on maapallon ilmaston lämpeneminen. (2007)

Tämä johtuu otsonikerroksen ohentumisesta, jota sanotaan kasvihuoneilmiöksi. Tässä kerrotaan kuinka nopeasti ilmasto on muuttunut viimeisen sadan vuoden aikana. (4001)

Otsonikato = lämpötila nousee. Otsoni katoaa vähitellen kaikista pakokaasuista ja muista kaasuista. (80043)



Kuvio 5.7. Ilmastonlämpeneminen = otsonikato -käsitteiskategoriaan kuuluvien oppilaiden vastausten perusteella muodostettu ilmiökartta.

Myös aikaisemmissa tutkimuksissa osa oppilaista on käsitteellistänyt ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon samaksi luonnontieteelliseksi ilmiöksi (esim. Andersson 2001). Tässä tutkimuksessa näin ajattelevien oppilaiden osuus (noin 1 prosenttia oppilaista) oli kuitenkin selvästi pienempi kuin esimerkiksi Anderssonin (2001) tutkimuksessa, jossa vastaava osuus oppilaista oli noin 10 prosenttia.

8. Vastaus toistaa viriketekstin sisällön

Tutkimukseen osallistuneista oppilaista 50 toisti vastauksessaan tehtävänannon lämpötiloja kuvaavan viriketekstin pääpiirteet. Heistä useat mainitsivat vastauksissaan vuonna 1998 tapahtuneen lämpötilaennätyksen rikkoutumisen. Lisäksi jotkut oppilaat tarkastelivat vastauksessaan ilmakehän keskimääräistä lämpenemistä, joskaan he eivät tarkemmin selvittäneet varsinaista ilmiötä. Tämä tulos saattaa osaltaan selittyä avoimella kysymyksenasettelulla. Toisaalta tehtävänannon tekstin avoimuus mahdollisti varsin vapaan käsityksenilmäilyn, jos oppilas osasi liittää tekstissä kuvatun lämpötilojen kohoamisen luonnontieteelliseen ilmiöön. Näin ollen voidaan olettaa, että tähän kategoriaan kuuluvilla oppilailla ei juuri ole tietoa ilmastonlämpenemisestä.

Lämpötilat on luultavasti ensiksi mitattu eri maista ja sitten niiden keskiarvo on laskettu, ja täten on saatu tietoon että kaikkialla maailmassa vuosi 1998, on lämpimin, sitä ennen kuitenkin lämpimin vuosi oli 1997. (40018)

No tekstissä kerrotaan lämpötilatutkimuksista ja siitä, että vuonna 1998 oli kuumin vuosi ja se oli ennätys tähän mennessä, se jopa rikkoi vanhan ennätyksen vuodelta 1997. (20060)

9. Ei luokiteltu tai 10. Ei vastausta

Osa oppilaista jätti tehtävään vastaamatta tai heidän vastauksiaan ei voitu luokitella muun muassa vastausten lyhyden tai epämääräisyyden vuoksi. Kaikkiaan tällaisia vastauksia seitsemännen luokan aineistossa oli 23 prosenttia, mikä on samaa suuruusluokkaa kuin Anderssonin ja Wallinin (2000) tutkimuksessa, jossa 27 prosenttia yhdeksännen luokan oppilaista ei vastannut kasvihuoneilmiötä koskeviin kysymyksiin tai vastasi, että hänellä ei ole tietoa ilmiöstä.

Tämän aineiston pohjalta muodostetut seitsemäsluokkalaisten käsityksiä ilmastonlämpenemisestä kuvaavat ilmiökartat sisälsivät rajallisen määrän syy-seuraussuhteita, jolloin ilmiön selitysketjut jäivät joissain tapauksissa puutteellisiksi. Esimerkiksi osa oppilaista ei selittänyt miksi ilmakehän oheneminen johtaa ilmastonlämpenemiseen. Ilmiökartoista

moniulotteisin oli otsonikatoa ilmastonlämpenemisen aiheuttajana pitävien oppilaiden vastausten perusteella muodostettu kartta. Osin tämä johtuu siitä, että tässä kategoriassa oppilaiden lukumäärä oli suurin. Toisaalta moniulotteisuus johtuu myös siitä, että osa oppilaista toi esiin myös muita kuin ilmakehän lämpenemiseen liittyviä otsonikerroksen muutoksen seurauksia. Ilmiökarttojen perusteella ei voitu havaita tiettyä säännönmukaisuutta siinä, että tiettyjen ilmastonlämpenemisen syiden mainitseminen johtaisi tiettyyn käsitykseen esimerkiksi siten, että tiettyjä virheellisiä käsityksiä mainitsevat oppilaat kuuluisivat tiettyyn kategoriaan.

Seitsemännen luokan oppilailla oli tämän aineiston perusteella useita erilaisia käsityksiä ilmastonlämpenemisestä, joskaan kaikille oppilaille käsitystä kyseisestä ilmiöstä ei ollut muodostunut. Osa oppilaiden käsityksistä heijasteli oppilaiden arkikokemuksia ja niiden perusteella hankittuja tietoja, jolloin ne olivat myös varsin konkreetteja. Eloranta (2001) on tutkimuksessaan havainnut samoja piirteitä 8–12-vuotiaiden oppilaiden kasveja ja yhteyttämistä koskevissa käsityksissä. Elorannan tutkimuksessa oppilaat lisäksi tarkastelivat kasvien ravitsemusta antroposentrisesti ja pyrkivät selittämään yhteyttämistä ihmisen tai eläinten ravinnonhankintatapojen avulla. Oppilaiden pyrkimystä tarkastella ilmiöitä konkreettisesti omien arkikokemusten varassa voidaan selittää osaltaan oppilaiden kognitiivisella tasolla sekä luonnontieteellisen tietämyksen tasolla.

5.2 Yhteenveto ilmastonlämpenemisen syistä ja seurauksista seitsemäsluokkalaisten käsityksissä

Tähän tutkimukseen osallistuneet seitsemännen luokan oppilaat liittävät ilmastonlämpenemisen pääsääntöisesti ihmisen toimintaa, esimerkiksi yleiseen saastumiseen ja autojen pakokaasuihin, sillä vain 4 prosenttia oppilaista mainitsi ilmastonlämpenemisen johtuvan joko luonnollisista syistä tai seikoista, joihin ihminen ei voi vaikuttaa (esimerkiksi Auringon ja maapallon välisen välimatkan lyhentymisestä) (taulukko 5.2). Sen sijaan Masonin ja Santin (1998) tutkimuksessa peräti 61 prosenttia tutkimukseen osallistuneista 10–11-vuotiaista oppilaista piti ilmastonlämpenemisen syinä maapallon kiertoradan muutoksia, kuumemmaksi muuttuvaa Aurinkoa tai tulivuorenpurkauksia.

Otsonikato tai otsonikerroksen muutokset olivat tässä tutkimusaineistossa yleisimmin mainitut syyt ilmastonlämpenemiselle. Otsonikato puolestaan johtuu tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden mielestä pitkälti samoista syistä kuin ilmastonlämpeneminen. Ilmastonlämpeneminen liitettiin tässä tutkimusaineistossa yleiseen saastumiseen varsin usein (22 prosenttia oppilaista). Samaten autojen pakokaasut ja teollisuuden päästöt yhdistettiin vahvasti ilmastonlämpenemiseen. Nämä tulokset ovat yhdenmukaisia monien aikaisempien tutkimusten kanssa (esim. Boyes ym. 1999). Tämän tutkimuksen tavoin myös

aikaisemmissa tutkimuksissa oppilaat ovat viitanneet ilmastonlämpenemisen yhteydessä tyypillisesti yleiseen saastumiseen, täsmentämättä saastumisen eri muotoja, sekä liikenteen ja teollisuuden päästöihin, joita pidetään syynä kaikkiin ympäristöongelmiin (mm. Fisher 1998; Thornber ym. 1999). Myös ydinvoima mielletään usein ympäristölle negatiiviseksi ja haitalliseksi ja siten ilmastonlämpenemisen aiheuttajaksi (Francis ym. 1993). Tässä tutkimuksessa näin ajattelevien oppilaiden osuus oli kuitenkin pieni (1 prosentti oppilaista).

Tähän tutkimukseen osallistuneet oppilaat eivät tyypillisesti tuoneet esiin kasvihuonekaasuja maapallon ilmakehän lämpenemisen yhteydessä. Vain 4 prosenttia oppilaista mainitsi kasvihuonekaasut, ja osa heistä piti hiilidioksidipäästöjä itsessään lämpiminä. Sen sijaan englantilaisessa Boyesin ja Stranistreetin (1993) tutkimuksessa oppilaat tunnistivat kasvihuonekaasut selkeästi useammin. Osaltaan eroa selittävät tutkimuksissa käytetyt mittavälineet ja kysymystyyppit, sillä edellä mainitussa tutkimuksessa oppilaille annettiin valmiita vastausvaihtoehtoja. Luultavimmin myös suomalaiset oppilaat olisivat yhdistäneet kasvihuonekaasut ilmastonlämpenemiseen useammin, jos mittavälineenä olisi käytetty monivalintatehtäviä.

Tässä tutkimuksessa neljä prosenttia oppilaista viittasi sademetsien tai metsien hakkuusiin maapallon ilmakehän lämpenemisen yhteydessä. Näiden vastausten taustalla saattaa olla myös muita käsityksiä kuin luonnontieteellinen ymmärrys metsistä hiilidioksidin nieluna. Tähän viittaa se, että kaikilla yhdeksännekään luokan oppilaille ei ollut laajaa ymmärrystä hiilen kierrosta ja siitä, kuinka metsät toimivat hiilidioksidin nieluna (ks. pienryhmätyöskentely, luku 5.4).

Tässä tutkimuksessa ainoastaan neljä oppilasta tarkasteli ilmastonlämpenemistä maapallon liikakansoitukseen liittyvänä globaalina ongelmana. Näin ollen seitsemännen luokan oppilaiden käsitykset ilmastonlämpenemisestä perustuvat lokaaliin tarkasteluun, ja ne heijastelevat pitkälti oppilaiden arkikokemuksia: autojen pakokaasut ja teollisuuden "savukaasut" ovat tutuimpia yksittäisiä ilmansaasteita, joista oppilaille on usein myös visuaalinen mielikuva (esimerkiksi tehtaista ja niiden savupiipuista) (Thornber ym. 1999). Tämän aineiston perusteella ilmastonlämpeneminen mielletään myös teollisuudesta ja "muiden" ihmisten tai instituutioiden päätöksenteosta johtuvaksi ympäristöongelmaksi, sillä oppilaiden vastauksissa ei ollut viittauksia esimerkiksi yksityishenkilöiden tai omien kulutustottumusten muuttumiseen tai siitä johtuvaan teollisuustuotannon lisääntymiseen ilmastonlämpenemisen aiheuttajana. Vastaavasti Anderssonin ja Wallinin (2000) tutkimuksessa havaittiin, että oppilaat eivät ymmärrä yhteiskunnallisen toiminnan ja hiilidioksidituotannon välistä yhteyttä.

Tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden esiin tuomat ilmastonlämpenemisen seuraukset olivat tyypillisesti tarkkarajaisia ja yksittäisiä. Yleisin oppilaiden mainitsema seuraus oli jäätiköiden ja napajäätiköiden sulaminen, jonka mainitsi vastauksessaan reilu viidesosa oppilaista. Myös jäätiköiden sulamisesta johtuvat tulvat tai merenpinnan nouseminen

Taulukko 5.2. Oppilaiden esittämien ilmastonlämpenemisen syiden ja seurausten frekvenssit seitsemäsluokkalaisten (n = 415) tutkimusaineistossa.

SYY	Yhteensä	SEURAUUS	Yhteensä
Otsonikato	146	Napajäätiköiden sulaminen	96
Saasteet/ saastuminen	90	Tulvat/ merenpinnan nousu	59
Autojen pakokaasut	36	Talven lyheneminen/ lumettomuus	19
Teollisuuden päästöt	25	Eläimistövaikutukset	16
Luonnonilmiöt yms.	17	Kasvillisuusvaikutukset	15
(Sade)metsien hakkuut	16	Otsonikerroksen muutokset	13
Kasvihuonekaasut	12	Kuivuus	11
CO ₂	6	Elämä mahdotonta	11
Ydinvoima	5	Kasvihuoneilmiö	8
Liikakansoitus	4	Liian kuuma	4
Roskaamisen	2	Jääkausi	1
		O ₂ tai CO ₂ loppuu	2

tuotiin esiin suhteellisen usein (14 prosenttia oppilaista). Edellä mainitut seuraukset ovat tyypillisiä myös aikaisemmissa tutkimuksissa (mm. Boyes & Stanisstreet 1993). Luonnontieteellisesti napajäätiköiden sulaminen on todennäköinen ilmastonlämpenemisen seuraus, joskaan lyhyen aikavälin tarkastelussa se ei ole vaikutukseltaan merkityksellisimpiä keskisuomalaisten oppilaiden näkökulmasta. Vain kuusi prosenttia oppilaista tarkasteli ilmastonlämpenemistä omasta kokemusmaailmastaan ja mainitsi konkreettina lähiympäristön muutoksena talven lyhenemisen sekä vuodenaikojen muutokset. Näin ollen myös oppilaiden esiintuomat ilmastonlämpenemisen seuraukset heijastelevat sitä, että suuri osa oppilaista ei koe ilmastonlämpenemistä konkreettina, heidän omaan elämismaailmaansa vaikuttavana ilmiönä.

Ilmastonlämpenemisen laajempia ekosysteemivaikutuksia, kuten sukupuuttoon johtavat elinympäristöjen muutokset, toi vastauksissaan esiin joka kymmenes tähän tutkimukseen osallistuneista seitsemäsluokkalaisista. Pääpaino oppilaiden vastauksissa oli elottomaan ympäristöön kohdistuvien ympäristövaikutusten kuvaamisessa. Merkilläpantavaa on

myös se, että oppilaiden vastauksissa aihetta tarkasteltiin pääosin luonnontieteellisesti, eikä niissä ollut viittauksia ilmastonlämpenemisen yhteiskunnallisiin ja sosiaalisiin vaikutuksiin (vrt. Andersson & Wallin 2000). Kaiken kaikkiaan oppilaiden käsitykset eivät heijastaneet kokonaisnäkemystä ilmastonlämpenemisen seurauksista, vaan oppilaat viittasivat pikemminkin yksittäisiin ympäristössä tapahtuviin muutoksiin.

Edellä esitettyjen tutkimustulosten perusteella on ilmeistä, että tähän tutkimukseen osallistuneet seitsemännen luokan oppilaat eivät eritelleet eri ympäristöongelmien syitä ja seurauksia, vaan sekoittavat ne toisiinsa (ks. myös Groves & Pugh 1999). Francisin ym. (1993) mukaan tämä viittaa siihen, että oppilaat ovat muodostaneet yleisen kaikki ympäristöongelmat kattavan käsityksen, joka johtaa virheelliseen yleistämiseen (Francis ym. 1993, 390). Tämä saattaa puolestaan olla seurausta siitä, että useiden ympäristöongelmien kuvaamiseen ja selittämiseen käytetään samoja käsitteitä (esimerkiksi säteilyä) (Rye ym. 1997). Näin ollen oppilaiden tietoisuus ilmastonlämpenemiseen liittyvistä käsitteistä on osin vasta kehityksessä, eivätkä he ole kykeneviä arvioimaan, mitkä käsitteet ovat kyseisen ilmiön kannalta relevantteja (ks. Dillon 1993).

Oppilaat voivat saada aineksia kaiken kattavan ympäristöongelmia kuvaavan mallin muodostamiseen sekä arkiajattelusta että esimerkiksi joukkotiedotusvälineiden välittämän tieteellisestä informaatiosta. Esimerkiksi oppilailla on usein arkikokemukseen perustuva käsitys, jonka mukaan Auringon säteily tuntuu lämpimältä. Näin ollen on loogista ajatella, että ilmaston lämpeneminen johtuu lisääntyneestä Auringon säteilystä (Rye ym. 1997). Kun oppilas liittyy tähän arkikäsitykseensä tieteellisen tiedon maapalloa suojaava otsonikerroksen ohentumisesta ja UV-säteilyn määrän lisääntymisestä, muodostuu helposti useissa tutkimuksissa tyypilliseksi havaittu käsitys otsonikadosta ilmastonlämpenemisen aiheuttajana. Vosniadoun kuvaa tällaista mallia synteettiseksi malliksi (mm. Vosniadou & Brewer 1992).

Eriytymättömien ympäristöongelmien ja niiden syiden sekä seurausten taustalla saattaa olla myös puutteelliset luonnontieteelliset tiedot, mikä kävi ilmeiseksi myös tässä tutkimuksessa. Tällöin oppijan kognitiivinen konteksti on puutteellinen uuden tiedon tulkinnan näkökulmasta (ks. Halldén 1999). Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että oppilailla on usein vaikeuksia muodostaa tieteellisen käsityksen kanssa yhdenmukainen käsitys ilmakehästä, sen rakenteesta, ilmiöistä ja prosesseista (Aron ym. 1994; Thornber ym. 1999). Lisäksi oppilailla on tyypillisesti puutteita tai virhekäsityksiä ekologian keskeisistä ilmiöistä (esim. Barras 1984; Munson 1994; Eloranta 2001), jolloin virheellisten yhteyksien muodostaminen eri tekijöiden välillä on todennäköistä.

Pelkästään syiden ja seurausten luettelemiseen keskittyvien oppilaiden suuri osuus tässä tutkimusaineistossa viittaa siihen, että seitsemäsluokkalaisten oppilaiden käsityksissä on osittain kyse pikemminkin tiedon puutteesta kuin suoranaisista virheellisistä käsityksistä. Dillonin (1993, ks. luku 2.3) esittämää mallia tulkiten näiden oppilaiden käsitteellisen

ymmärryksen kehittyminen on alkuvaiheissa, jolloin oppilaat tulevat tietoisiksi aiheeseen liittyvistä käsitteistä, alkavat oppia niiden sisältöjä sekä muodostaa käsitteiden välisiä yhteyksiä. Tutkimusaineiston perusteella oppiminen on tässä vaiheessa selvästi eksploratiivista ja aihekohtaista, eikä ilmiötä tarkastella tieteidenvälisesti tai monitieteisesti.

5.3 Yhdeksäsluokkalaisten arkikäsitukset ja tiedot ilmastonlämpenemisestä

Yhdeksännen luokan oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisestä selvitettiin kirjoitelmien avulla lukuvuoden loppupuolella, ennen aihepiirin kouluopetusta. Oppilaiden käsitykset edustavat näin ollen ns. arkikäsitteitä, joiden muodostamisen pohjana oppilailla on lähes koko perusopetuksen luonnontieteiden oppimäärä. Oppilaiden kirjoitelmat aiheesta ”Miksi ilmasto lämpenee?” luokiteltiin aineistolähtöisesti. Avoimen kirjoitelmansa tueksi yhdeksännen luokan oppilailla ei ollut tukena ilmastonlämpenemistä kuvaavaa tekstiä seitsemäsluokkalaisten tavoin. Analyysin perusteella muodostuneet käsityskategoriat on esitetty taulukossa (5.3).

Taulukko 5.3. Yhdeksännen luokan oppilaiden kirjoitelmien perusteella muodostetut arkikäsitteitä kuvaavat ilmastonlämpenemisen käsityskategoriat sekä niiden frekvenssit (n = 45).

Käsityskategoria	Oppilaiden määrä kategoriassa
1. Säteily	6
2. Kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen	6
3. Syiden luettelointi	4
4. Otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä	22
5. Ilmastonlämpeneminen on luonnollinen ilmiö	3
6. Ei tietoa tai vastausta	4

Tähän tutkimukseen osallistuneilla yhdeksäsluokkalaisilla oli seitsemäsluokkalaisten tavoin useita ns. arkikäsitteitä ilmastonlämpenemisestä. Yhdeksäsluokkalaisten käsitykset poikkesivat kuitenkin osin seitsemäsluokkalaisten käsityksistä, joten analyysin perusteella muodostui erilaisia kategorioita. Myös variaatio yhdeksäsluokkalaisten käsityksissä oli vähäisempää, ja siten myös kategorioiden lukumäärä oli pienempi. Yhdeksäsluokkalaisten käsityksissä oli myös enemmän viitteitä luonnontieteellisestä ilmastonlämpenemisen selityksestä, sillä osa heistä kuvasi ilmastonlämpenemistä säteilyn ja kasvihuoneilmiön voi-

mistumisen avulla. Myös ilmastonlämpenemisen syitä ja seurauksia luettelevien oppilaiden määrä oli suhteellisesti vähäisempi kuin seitsemännen luokan aineistossa, mikä osaltaan selittyy erilaisilla tehtävänannoilla. Kuitenkin suuri osa yhdeksäsluokkalaisista piti seitsemäsluokkalaisten tavoin otsonikatoa ilmastonlämpenemisen aiheuttajana (ks. myös Rye ym. 1997; Koulaidis & Christidou 1999).

Seuraavana kutakin yhdeksännen luokan aineiston perusteella muodostettua käsityskategoriaa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin. Kuhunkin kategoriaan liittyviä autenttisia oppilasvastauksia esitetään kursivoituna. Lisäksi joistain kategorioista esitetään vastausten pohjalta muodostetut ilmiökartat. Kirjoitelmien perusteella muodostettua kuvaa yhdeksäsluokkalaisten käsityksistä täydennetään tietomittauslomakkeen tuloksilla. Oppilaat vastasivat tietomittauslomakkeen kysymyksiin ennen oppimisjaksoa. Tietomittauslomake ja sen kysymyskohtaiset prosentuaaliset tulokset on esitetty liitteessä 6. Tietomittauslomakeaineisto muodostuu tutkimusryhmän 41 oppilaan vastauksista, sillä neljä oppilaista ei vastannut kyselyyn. Vastaamatta jättäneistä oppilaista 3 oli poissa koulusta mittauksen aikana ja yksi oppilas kieltäytyi vastaamasta.

1. Säteily

Osa tutkimukseen osallistuneista yhdeksännen luokan oppilaista oli ennen oppimisjaksoa muodostanut ilmastonlämpenemisestä säteilyyn pohjautuvan käsityksen. Nämä oppilaat selittivät ilmastonlämpenemisen pääsääntöisesti siten, että ilmakehän kasvihuonekaasut estävät säteilyn poistumisen maapallolta avaruuteen. Vain yksi tähän kategoriaan kuuluvista oppilaista ei maininnut kasvihuonekaasuja vastauksessaan.

*Ilmasto lämpenee kun kasvihuoneilmiö voimistuu. Eli kun kasvihuonekaasut estää Aurin-
gon säteilyn pääsemisen takaisin avaruuteen ne kimpoaa takaisin maahan ja se lämmittää
ilmastoa. [...] (016)*

Kasvihuonekaasut blokkaavat lämpösäteilyn karkaamisen avaruuteen. (010)

Tietomittauslomakkeen perusteella 76 prosenttia tutkimukseen osallistuneista oppilaista liitti kasvihuonekaasut ilmastonlämpenemiseen ja yli puolet tunnisti kasvihuonekaasuista hiilidioksidin ja metaanin. Hiilidioksidi onkin aikaisempien tutkimusten mukaan yleisimmin tunnistettu kasvihuonekaasu (mm. Boyes & Stanisstreet 1993). Lähes yhtä usein tähän tutkimukseen osallistuneet oppilaat kuitenkin pitivät myös rikkidioksidia ja tyypeä kasvihuonekaasuina. Myös muut tietomittauslomakkeessa annetut vaihtoehdot happea lukuun ottamatta saivat runsaasti kannatusta, mikä osaltaan kertoo kasvihuonekaasuihin liittyvän tiedon puutteellisuudesta. Eloranta (2001, 285) on oppilaiden käsityksiä kasveista ja foto-

synteesistä käsittelevässä tutkimuksessaan todennut fotosynteesiin liittyvien kaasujen olevan haasteellinen aihe alaluokkalaisille oppilaille. Myös ilmastonlämpenemiseen liittyvät kasvihuonekaasut, jotka ovat osaltaan samoja kuin fotosynteesissä, ovat näkymättömiä, abstrakteja ja siten oppilaiden havaintomaailman ulottumattomissa. Tämä voi vaikeuttaa kasvihuonekaasuihin, ja siten myös ilmastonlämpenemiseen, liittyvää tiedonmuodostusta etenkin nuorten oppilaiden kohdalla.

Yhdeksäsluokkalaisista 15 prosenttia piti kasvihuonekaasuja lämpiminä ja siten suoranaisesti ilmastoa lämmittävinä. Oppilaiden vapaamuotoisissa kirjoitelmissa tällaista käsitystä ei kuitenkaan ilmennyt. Näin ollen tulos voi viitata siihen, että käsitys lämpimistä hiilidioksidipäästöistä ei yhdeksännellä luokalla ole kovin vahva, mutta oppilaille valmiiksi annettuna vastausvaihtoehtona se houkuttaa oppilaita arkiajatteluun soveltuvan logiikkansa vuoksi. Yhdeksännen luokan oppilaat liittivät kasvihuonekaasut tyypillisimmin fossiilisten polttoaineiden palamiseen ja liikenteeseen. Myös Boyesin ja Stanisstreetin (1997b) tutkimuksessa oppilaat pitivät autojen pakokaasuja ilmastonlämpenemisen aiheuttajana. Ilmastonlämpenemisen ja liikenteen väliseen yhteyteen oppilaiden ajattelussa viittaa myös se, että 64 prosenttia tämän tutkimuksen oppilaista vastasi autojen katalysaattoreiden käytön keinona hillitä ilmastonlämpenemistä.

Kirjoitelmien perusteella kahdella tutkimukseen osallistuneella yhdeksännen luokan oppilaalla oli jonkinlainen käsitys terrestisestä säteilystä tai pitkäaaltoisen säteilyn muuttumisesta lyhytaaltoiseksi säteilyksi. Toisen oppilaan mukaan Auringosta tuleva säteily muuttui lämpösäteilyksi, mutta hän kuitenkin ilmoitti virheellisesti tämän tapahtuvan kasvihuonekaasuissa. Toinen oppilas puolestaan kuvasi säteilyn heijastumista maanpinnasta takaisin ilmakehään, mutta ei viitannut kasvihuonekaasuihin tai lämmön ulossäteilyn estymiseen.

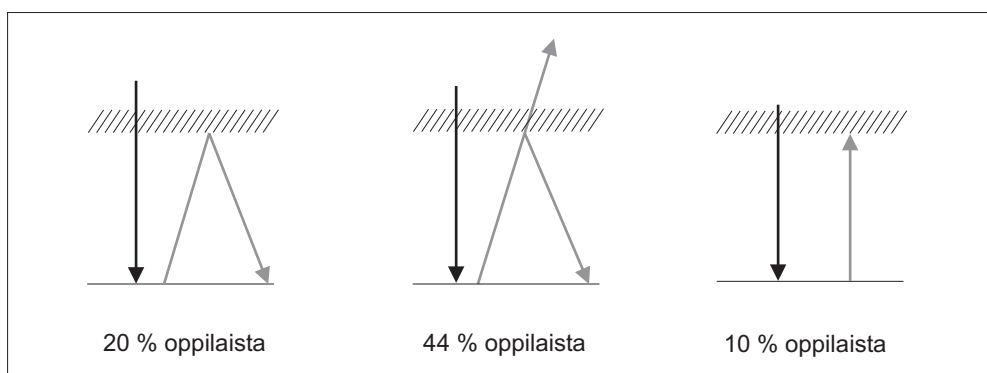
Auringon valo heijastuu maan pinnasta takaisin, mutta kasvihuonekaasut eivät päästä säteitä läpi ja ne palaavat lämpösäteinä maan pintaan. (05)

Kun Auringon säteily osuu maahan se lämmittää maata. Maa säteilee sitä takaisin ilmakehään ja ilmasto lämpenee. (021)

Tämän kategorian vastaukset muistuttivat jossain määrin seitsemäsluokkalaisten käsityksiä, joissa saasteet estävät lämmön pääsemisen avaruuteen (ks. luku 5.1), mutta ne sisältävät enemmän luonnontieteellisesti relevantteja elementtejä. Kaiken kaikkiaan näiden oppilaiden ajattelussa oli kirjoitelmien perusteella varsin paljon elementtejä ilmastonlämpenemisen tieteellisestä selityksestä.

Oppilaiden säteilyyn liittyvä tietämys osoittautui paremmaksi silloin, kun oppilaille tarjottiin valmiita vastausvaihtoehtoja oman kirjallisen tuottamisen sijaan. Tutkimukseen

osallistuneista oppilaista liki 60 prosenttia vastasi alkumittauksessa maasta heijastuvan säteilyn lämmittävän ilmakehää. Myös oppilaiden valitsemat kasvihuoneilmiötä kuvaavat kaavakuvat (kuvio 5.8) viittaavat siihen, että oppilailla oli tietoa säteilystä jo ennen ilmastonlämpenemisen oppimisjaksoa. Sen sijaan ruotsalaistutkimuksessa, josta kaavakuvat ovat alkujaan peräisin, yhteensä 29 prosenttia yhdeksäsluokkalaisista valitsi jonkin alla esitetyistä kaavakuvista (Andersson & Wallin 2000), mikä viittaa suomalaisnuoria heikompaan säteilytietämykseen. Kuitenkin myös suomalaisten oppilaiden säteilyyn liittyvässä tietämyksessä oli myös puutteita ja selviä virheitä, sillä 30 prosenttia oppilaista vastasi Aurin-gosta tulevan UV-säteilyn lämmittävän ilmakehää.



Kuvio 5.8. Tähän tutkimukseen osallistuneiden yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden alkumittauksessa yleisimmin valitsemat kasvihuoneilmiötä kuvaavat kaavakuvat ja niiden prosentuaaliset osuudet (kaavakuvat alunperin Anderssonin ja Wallinin (2000) tutkimuksesta).

2. Kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen

Ennen oppimisjaksoa kuusi yhdeksännen luokan oppilasta selitti ilmastonlämpenemistä kasvihuoneilmiön (4 oppilasta) tai sen voimistumisen (2 oppilasta) avulla.

No, ensinnäkin kasvihuoneilmiö voimistuu koska kasvihuonekaasut lisääntyvät koska autot käyttävät fossiilisia polttoaineita. (017)

Koska kasvihuoneilmiö voimistuu. (045)

Kaikilla tämän kategorian oppilailla käsitteet eivät kuitenkaan olleet selkeitä. Esimerkiksi yksi oppilaista erotti toisistaan luonnollisen ilmastonlämpenemisen ja nykyisen ihmisen tuottamista saasteista johtuvan lämpenemisen, jota hän kuitenkin virheellisesti nimitti

kasvihuoneilmiöksi. Toinen oppilas puolestaan piti kasvihuoneilmiöstä johtuvaa keskilämpötilan nousua väliaikaisena, osana lämpötilojen vaihtelusykliä.

Ilmasto lämpenee luonnostaakin. On ollut jääkausia ja lämpimämpiä aikoja. Mutta nyt meneillään oleva lämpeneminen on ihmisen vauhdittamaa. Lämpäminen johtuu osin kasvihuoneilmiöstä, joka johtuu ihmisen aiheuttamista saasteista. (041)

Kasvihuoneilmiön takia. Maan keskilämpötila vaihtelee, ehkä se on nyt nousussa ja laskee taas joskus. (023)

Toisin sanoen, vaikka osalla yhdeksännen luokan oppilaista oli selvästi käytössään ilmastolämpenemiseen liittyviä käsitteitä, niiden merkityssisältö poikkesi jossain määrin luonnontieteellisistä selityksistä. Esimerkiksi käsitteet kasvihuoneilmiö ja ilmastolämpeneminen eivät olleet täysin eriytyneet oppilaiden käsityksissä. Tätä tukee myös se, että tietomittauslomakkeen perusteella 88 prosenttia oppilaista piti kasvihuoneilmiötä ympäristöongelmana. Ilmastolämpenemistä sen sijaan piti ympäristöongelmana selvästi pienempi osa oppilaista (61 prosenttia). Lisäksi 64 prosenttia oppilaista piti kasvihuoneilmiötä ihmisille ja luonnolle haitallisena ilmiönä ja katsoi sen tarkoittavan samaa kuin ilmastolämpeneminen. Myös ruotsalaisten yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden ilmastolämpenemiseen liittyvä käsitteellinen ymmärrys on osoittautunut puutteelliseksi, sillä Anderssonin ja Wallinin (2000) tutkimuksessa vain 10 prosenttia ruotsalaisista yhdeksäsluokkalaisista oppilaista piti kasvihuoneilmiötä luonnollisena ilmiönä.

3. Syiden luettelointi

Neljä oppilasta toi vastauksessaan esiin kasvihuoneilmiön ja otsonikadon tai otsonikerroksen ohenemisen luettelomaisesti ilman selkeää syy-seuraussuhdetta.

Esim. Kasvihuoneilmiön takia, otsonikerroksen ohenemisen takia jne. (03)

Kasvihuoneilmiön, keskilämpötilan vaihtelun, otsonikadon jne. (029)

Huomattavaa on, että seitsemäsluokkalaisiin verrattuna ainoastaan ilmastolämpenemisen syytä esittäneiden oppilaiden suhteellinen osuus oppilaista pieneni merkittävästi. Osaltaan tämä voi johtua kysymyksenasettelusta, mikä seitsemäsluokkalaisten kyselyssä kohdistui selvemmin syihin ja seurauksiin. Tutkimustulos viittaa kuitenkin myös siihen, että yhdeksäsluokkalaisten käsitykset ilmastolämpenemisestä ovat laajentuneet syiden ja seurausten ohella käsittelemään kattavammin ilmastolämpenemisen mekanisme ja proses-

sia. Tätä päätelmää tukee myös Anderssonin ja Wallinin (2000) tutkimus, jossa vastauksiinsa syihin ja seurauksiin keskittyvien oppilaiden osuus väheni yhdeksäsluokkalaisten 15 prosentista kahdestoistaluokkalaisten 10 prosenttiin.

4. Otonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä

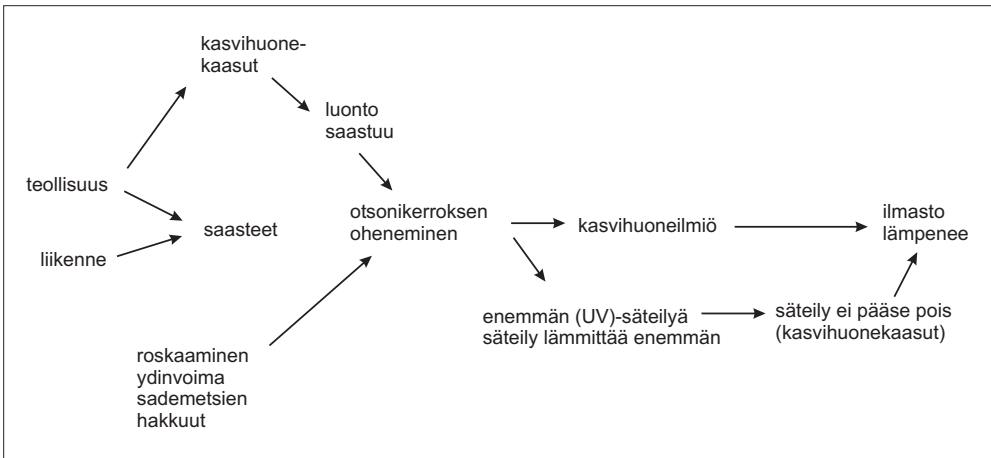
Useamman kuin joka toisen tutkimukseen osallistuneen yhdeksäsluokkalaisten arkiarjattelussa ilmastonlämpeneminen johtuu otsonikerroksessa tapahtuvista muutoksista (ks. taulukko 5.3), kuten ilmeni myös tutkimuksen seitsemäsluokkalaisten tarkasteltaessa. Seitsemäsluokkalaisten tavoin myös yhdeksäsluokkalaisten arkikäsitelyissä ilmastonlämpenemistä aiheuttava otsonikato johtuu useista erilaisista ihmistoiminnoista, kuten teollisuudesta, liikenteestä, ydinvoimasta ja roskaamisesta (kuvio 5.9). (esim. Christidou & Koulaidis 1996; Leighton & Bisanz 2003). Vaikkakin oppilaiden esille tuomat ilmastonlämpenemisen syyt olivat pitkälti samanlaisia kummassakin ikäryhmässä, liittivät yhdeksäsluokkalaiset seitsemäsluokkalaisia useammin kasvihuonekaasut otsonikerroksen ohenemiseen. Yhdeksäsluokkalaiset toivat vastauksissaan vähemmän esiin otsonikerroksen ohenemisen muita kuin ilmastonlämpenemiseen liittyviä seurauksia. Huomattavaa on, että seitsemäsluokkalaisten aineistossa esille tuodut otsonikerroksen muutoksen seuraukset olivat pitkälti virheellisiä (esim. maapallon vetovoiman häviäminen). Näin ollen yhdeksäsluokkalaisten vastauksissa luonnontieteellisten tekijöiden määrä on lisääntynyt ja jossain määrin vähentynyt. Tästä huolimatta myös yhdeksäsluokkalaiset olivat muodostaneet virheellisiä yhteyksiä luonnontieteellisten käsitteiden välille.

Saasteet lisääntyvät: tehtailla, autot jne. saastuttavat joka sekunti maapalloa. Jätteitä ei kierrätetä vaan karrätään kaatopaikalle johon ne kasaantuvat, jonne kaikki maatumaton esim. muovi jää pyörimään. Tehtaista lähtevät haitalliset kaasut joutuessaan ilmakehään aiheuttavat otsonikatoa ja näin kasvihuone ilmiö lisääntyy ja lämpötila nousee. Otonikato aiheuttaa että maapallon ilmakehän läpi pääsee enemmän säteilyä joka aiheuttaa lämpötilan nousun ja erilaiset ihosyövän riskit kasvaa. (036)

Kolme yhdeksäsluokkalaista kirjoitti kasvihuonekaasujen aiheuttavan luonnon saastumista ja edelleen otsonikerroksen ohenemista. Kolme oppilasta puolestaan kirjoitti, että kasvihuonekaasut estävät otsonikadon seurauksena lisääntyneen lämmön tai säteilyn pääsyn maapallolta pois, mikä viittaa siihen, että näiden oppilaiden ajattelussa on elementtejä myös edellisessä kategoriassa kuvatusta ajattelumallista.

Kasvihuonekaasut ohentavat otsonikerrosta ja se ilmenee... liika lämpö ei pääse pois maasta koska kasvihuonekaasut estävät sen. (01)

Koska kasvihuonekaasut estävät lämmön poistumisen maasta. Otsonikerros ohenee ja lämpö pääsee helpommin maapallolle. (09)



Kuvio 5.9. Oppilaiden kirjoitelmien perusteella tehty otsonikerroksen oheneamisen ja ilmastonlämpenemisen syy-seuraussuhdetta kuvaava ilmiökartta.

Tietomittauslomakkeen tulokset vahvistivat kirjoitelmien perusteella muodostettua kuvaa oppilaiden ajattelusta, sillä yli puolet oppilaista vastasi ilmastonlämpenemisen johtuvan joko säteilyn tai UV-säteilyn määrän lisääntymisestä. Lisäksi 30 prosenttia oppilaista liitti UV-säteilyyn lämpöominaisuudet, mikä on tyypillistä oppilaiden arkiajattelulle (Boyes & Stanisstreet 1993; Rye ym. 1997). Liki kolmannes tähän tutkimukseen osallistuneista oppilaista oli mieltänyt otsonikerroksen lämpösäteilyltä suojaavana kerroksena. Nämä tutkimustulokset antavat viitteitä siitä, että ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon toisiinsa liittävä tietorakenne olisi ainakin jossain määrin johdonmukainen ja koherentti.

5. Ilmastonlämpeneminen on luonnollinen ilmiö

Ennen oppimisjaksoa kolmella oppilaalla oli käsitys, jonka mukaan ilmastonlämpeneminen on luonnollinen prosessi, joka johtuu esimerkiksi vuodenaikaisvaihteluun liittyvistä maapallon kiertoradan muutoksista. Ilmastonlämpenemistä luonnollisena ilmiönä pitävien oppilaiden osuus tässä tutkimuksessa oli näin ollen samaa suuruusluokkaa seitsemäs- ja yhdeksäsluokkalaisten arkikäsityksissä. Masonin ja Santin (1998) tutkimuksessa ilmastolämpenemistä luonnollisena ilmiönä pitävien oppilaiden määrä oli suurempi (yhteen-

sä 61 prosenttia). Vaikkakin italialaiset lapset olivat tähän tutkimukseen osallistuneita oppilaita 2–3 vuotta nuorempia, viittaa tutkimustulos siihen, että suomalaisnuoret ovat varsin hyvin mieltäneet ilmastonlämpenemisen ihmisen toiminnoista johtuvaksi prosessiksi.

Koska maapallo on pyöreä ja se kiertää isoa voimakasta Aurinkoa ympäri joka lämmittää maapalloa eri kohista eri aikoina. (040)

Aurinko lämmittää. (07)

6. Ei tietoa tai vastausta

Ennen oppimisjaksoa yksi yhdeksännen luokan oppilas kirjoitti, että hänellä ei ole tietoa ilmastonlämpenemisestä ja kolme oppilasta ei vastannut kysymykseen. Samanikäisistä ruotsalaisista oppilaista peräti 27 prosenttia ei tiennyt vastausta tai jätti vastaamatta ilmastonlämpenemiseen liittyviin kysymyksiin (Andersson & Wallin 2000). Tähän verrattuna suomalaisnuorten tietoisuus ilmastonlämpenemisestä on varsin hyvä, tai oppilaiden vastausmoraali oli korkeampi kuin ruotsalaisilla oppilailla, ja he vastasivat, vaikka eivät olleetkaan vastauksestaan aivan varmoja.

Tämän tutkimuksen perusteella suurella osalla tutkimukseen osallistuneita yhdeksäsluokkalaista arkiajatteluun perustuvat käsitykset ja tiedot ilmastonlämpenemisestä poikkeavat ilmiön luonnontieteellisestä selityksestä. Esimerkiksi käsitys otsonikadosta ilmastonlämpenemisen aiheuttajana osoittautui yleiseksi. Lisäksi osa oppilaista piti ilmastonlämpenemistä luonnollisena ilmiönä. Osa oppilaista kuitenkin selitti ilmastonlämpenemisen esimerkiksi säteilyn tai kasvihuoneilmiön voimistumisen avulla, mikä viittaa luonnontieteellisten elementtien lisääntymiseen oppilaiden tietorakenteissa. Seuraavassa tarkastellaan millaisia eroja ja yhtäläisyyksiä on tutkimukseen osallistuneiden seitsemäsluokkalaisten ja yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden käsityksissä.

5.4 Seitsemäsluokkalaisten ja yhdeksäsluokkalaisten käsitysten vertailu

Tutkimukseen osallistuneiden yhdeksäsluokkalaisten ajattelussa oli varsin paljon elementtejä luonnontieteellisestä ajattelusta jo ennen oppimisjaksoa, ja etenkin verrattaessa seitsemäsluokkalaisten käsityksiin (ks. Vosniadou ym. 2005). Yhdeksäsluokkalaisten kuvaavat ilmiötä säteilyn avulla, heillä vaikuttaisi olevan enemmän ilmastonlämpenemiseen liittyviä käsitteitä käytössään ja osa selvästi virheellisistä seitsemäsluokkalaisten käsityksistä puut-

tui yhdeksännen luokan aineistosta (taulukko 5.4). Esimerkiksi käsitystä hiilidioksidipäästöistä itsessään kuumina ei esiintynyt yhdeksännen luokan kirjoitelma-aineistossa. Yhdeksäsluokkalaisten eivät myöskään pitäneet ilmakehän vähenemistä syynä ilmastonlämpenemiselle. Nämä tulokset tukevat Fisherin (1998) tutkimustuloksia, joiden mukaan oppilaiden ilmastonlämpenemiseen ja otsonikatoon liittyvän tiedon määrä lisääntyy oppilaan iän myötä siten, että aluksi lisääntyy arki ajatteluun perustuva tieto ja myöhemmin tieteellisen tiedon osuus oppilaan tietorakenteissa. Yhdeksäsluokkalaisten kyky tunnistaa ilmastonlämpenemisen yhteydessä relevantit käsitteet vaikuttaa tämän tutkimuksen perusteella seitsemäsluokkalaisten paremmalta. Sisällöllisen käsitteiden oppimisen lisäksi yhdeksäsluokkalaisten ovat myös muodostaneet luonnontieteen näkökulmasta uskottavampia yhteyksiä käsitteiden välille, mikä viittaa siihen, että yhdeksäsluokkalaisten käsitteellinen ymmärrys on yleisellä tasolla seitsemäsluokkalaisten parempi. Käsitteissä havaittu kehittyminen saattaa olla seurausta luonnontieteellisen tiedon määrän lisääntymisen lisäksi myös yleisestä kognitiivisesta kehittämisestä (Vosniadou & Schnotz 1997).

Taulukko 5.4. Seitsemäsluokkalaisten ja yhdeksäsluokkalaisten käsityskategorioiden sisällöllistä vertailua.

Seitsemäsluokkalaisten käsityskategoriat	Yhdeksäsluokkalaisten käsityskategoriat
Lämpö ei pääse takaisin avaruuteen Hiilidioksidipäästöt lämmittävät Ilmakehän väheneminen aiheuttaa lämpenemisen Ilmiöllä syy ja seuraus Otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä Ilmastonlämpeneminen aiheuttaa otsonikatoa Ilmastonlämpeneminen = otsonikato Vastaus toistaa viriketekstin sisällön Ei luokiteltu Ei vastausta	Säteily Kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen Syiden luettelointi Otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä Ilmastonlämpeneminen on luonnollinen ilmiö

Edellä kuvatuista eroista huolimatta käsillä olevassa tutkimuksessa havaittiin myös selkeitä samankaltaisuuksia ja yhtenevyyksiä tutkimukseen osallistuneiden kahden ikäluokan ajattelussa. Kummassakin ikäryhmässä esiintyi varsin vahvana käsitys ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon välisestä yhteydestä, joskin yhdeksäsluokkalaisten kausaalisuhteiden esiintyminen ainoastaan yhteen suuntaan. Nämä tulokset tukevat osaltaan näkemystä siitä, että käsitykset eivät välttämättä ole ikäsidonnaisia (esim. Francis ym. 1993; Boyes & Stanisstreet 1993;

Dove 1996). Vaikkakin yhdeksäsluokkalaisten ilmastonlämpenemiseen liittyvässä ajattelussa oli tapahtunut muutoksia verrattuna seitsemäsluokkalaisten käsityksiin, oli niissä myös virheellisiä ajatusmalleja, jotka osin johtuvat arkiajattelun ja luonnontieteellisen tiedon virheellisestä yhdistämisestä. Näin ollen oppilaiden yleinen kognitiivinen kehittyminen tai yleiset luonnontieteelliset opinnot eivät johda ilmastonlämpenemistä koskevan syvemmän ymmärryksen kehittymiseen, vaan luonnontieteellisen ajattelun ja ymmärryksen kehittyminen on vahvasti sidoksissa oppiaine- ja alakohtaiseen luonnontieteen opetukseen (Vosniadou & Schnotz 1997).

5.5 Tietolähteet arkikäsitysten muodostamisen taustalla

Tässä tutkimuksessa selvitettiin kirjallisella kyselyllä myös sitä, mistä tietolähteistä oppilaat ovat saaneet tietoa arkikäsitystensä muodostamiseksi. Tämän tutkimuksen perusteella koulun ja tv-uutisten merkitys ympäristötiedon välittäjänä on merkittävä (taulukko 5.5). Taulukossa 5.5 on esitetty kategoriakohtaisesti oppilaiden tärkeimmiksi mainitsemat tietolähteet. Seitsemäs- ja yhdeksäsluokkalaisten kategorioita on taulukossa sisällöllisesti yhdistetty.

Taulukko 5.5. Oppilaiden tärkeimmäksi mainitsemat tietolähteet käsityskategorioittain (seitsemäs- ja yhdeksäsluokkalaisten kategorioita yhdistetty).

Kategoriat	Tärkeimmät tietolähteet
Säteily	koulu, tv-uutiset
Kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen	koulu, tv-uutiset, lehdet, vanhemmat
Lämpö ei pääse takaisin avaruuteen	koulu, tv-uutiset, lehdet, vanhemmat
Hiilidioksidipäästöt lämmittävät	tv-uutiset, lehdet, vanhemmat
Ilmakehän väheneminen aiheuttaa lämpenemisen	tv-uutiset, luonto- ja ajankohtaisohjelmat
Syihin ja seurauksiin keskittyminen	koulu, tv-uutiset
Otsonikatoon liittäminen	koulu, tv-uutiset
Muut kategoriat	koulu, tv-uutiset, vanhemmat

Tämän aineiston perusteella tv-uutiset ovat olleet tärkeä tietolähde niin sanottujen arkikäsitusten muodostamiseksi kaikille tutkimukseen osallistuneille oppilaille. Oppilaat ovat saaneet käsityksensä pohjaksi tietoa myös koulusta, vaikkakaan opetussuunnitelman mukaan aihetta ei oltu opetettu kyselyä toteutettaessa. Ainoastaan ne seitsemäsluokkalaiset oppilaat, joiden mielestä ilmastonlämpeneminen johtuu ilmakehän vähenemisestä tai kuumista hiilidioksidipäästöistä, eivät maininneet koulua tärkeimpiin tietolähteisiinsä. Näitä käsityksiä voidaan pitää luonnontieteellisestä näkemyksestä kauimpana olevina. Näin ajattelevat oppilaat pitivät tärkeimpinä tietolähteinään tv-uutisten lisäksi luonto- ja ajankohtaisohjelmia, lehtiä sekä vanhempia. Vanhempien välittämä ilmastonlämpenemiseen liittyvä tietous on tämän aineiston nojalla ollut osallisena oppilaiden käsitysten muodostumiseen myös silloin, kun oppilaat selittävät ilmastonlämpenemistä lämpösäteilyn ulosestymisellä tai kasvihuoneilmiön voimistumisella.

Joukkotiedotusvälineiden ja koulun merkitys yläkoululaisten ympäristötiedon lähteenä käy ilmi myös Asunnan (2003, 126) tutkimuksesta. Samaten kansainvälisesti joukkotiedotusvälineet on todettu ympäristökysymyksiin liittyvän tiedon välittäjäksi (mm. Boyes & Stanisstreet 1997b; Andersson & Wallin 2000). Aikaisempien tutkimusten mukaan joukkotiedotusvälineiden välittämä tieto ei kuitenkaan aina tue parhaalla mahdollisella tavalla luonnontieteellistä käsityksenmuodostamista, ja saattaa myös itsessään sisältää virheitä tai heijastaa virheellisiä käsityksiä (Groves & Pugh 1999).

Tutkimuksessa selvitettiin lisäksi yhdeksäsluokkalaisten itsearviointia omien ilmastonlämpenemiseen liittyvien tietojensa vahvuudesta. Kysymyksessä esitettiin neljä vastausvaihtoehtoa: tiedän paljon ilmastonlämpenemisestä, tiedän aika paljon ilmastonlämpenemisestä, minun pitäisi vielä opiskella aihetta sekä en tiedä siitä juuri mitään. Ennen oppimisyksikön 24 prosenttia yhdeksäsluokkalaisista vastasi tietävänsä ilmastonlämpenemisestä ainakin jonkin verran (ks. liite 6). Sen sijaan yli puolet oppilaista koki tietonsa ilmastonlämpenemisestä siinä mielessä puutteelliseksi, että ilmoitti tarvitsevansa lisää tietoa aiheesta. Lisäksi 22 prosenttia yhdeksännen luokan oppilaista ei oman arvionsa mukaan tiedä ilmastonlämpenemisestä juuri mitään.

5.6 Oppimisjaksolla tapahtuneet muutokset oppilaiden käsityksissä ja tiedoissa

Oppilaiden arkikäsitusten muuttumisen selvittämiseksi toteutettiin yhdeksännen luokan keväällä ilmastonlämpenemistä käsittelevä oppimisyksikön oppimisyksikön tavoitteita ja toteutusta on kuvattu luvuissa 4.6, ja liitteissä 4 ja 5 on esitetty kuvaus oppimisyksiköstä ja ensimmäisestä kaksoistunnista. Tässä luvussa kuvataan tapaustutkimuksen tapaan yhden pienryhmän oppilaiden työskentelyä ja heidän käsityksissään tapahtuvia muutoksia. Yksilöiden

käsityksiä ja niiden perusteluja pyritään ymmärtämään keskustelujen avulla, joten pienryhmä on tutkimuksen puitteissa hallittavissa oleva yksikkö. Tarkastelun kohteena oleva pienryhmä valittiin tutkimusyksiköksi, koska kyseisestä ryhmästä oli kattavin ja teknisesti tarkasteltuna laadukkain videomateriaali. Tässä luvussa kyseisen pienryhmän työskentelyä ja oppilaiden käsityksiä kuvataan litteroidun videoaineiston ja oppilaiden kirjallisten tuotosten perusteella.

Tarkastelun kohteena on ryhmä, jonka muodostavat kolme tyttöä. Heitä kutsutaan tässä nimillä Ilona (oppilasnumero 015), Petra (016) ja Saara (026). Heidän biologian osaamisensa on ollut hyvää tai kiitettävää, sillä kaksi heistä sai biologian päättönumeroksi yhdeksän ja kolmaskin heistä arvosanan kahdeksan. Ryhmä toimi tiiviisti yhteistyössä keskenään ja keskusteli sekä pienryhmänä että otti aktiivisesti osaa luokkakeskusteluihin.

Ennen oppimisjaksoa Ilonan perustiedot ilmakehän koostumuksesta ja merkityksestä olivat tietomittauslomakkeen perusteella varsin hyvät, ja hänellä oli myös jonkin verran tietoa säteilystä. Vaikka oppilaalla oli tietoa kasvihuonekaasuista, hän ei tiennyt niiden absorboivan säteilyä, vaan selitti ilmastonlämpenemisen johtuvan otsonikadosta ja lisääntyneestä säteilystä. Tämä viittaa siihen, että ilmiöt ja käsitteet olivat hänelle selkiytymättömiä. Näin ollen hänellä oli tietomittauslomakkeen perusteella tyypillinen arkiajatteluun perustuva käsitys ilmastonlämpenemisestä. Kirjoitelmassaan Ilona ei kuitenkaan tuonut esiin käsitystään, vaan kirjoitti, että ei keksinyt kysymykseen vastausta. Näin ollen hänen kirjoitelmansa luokiteltiin kategoriaan "ei tietoa / vastausta".

En keksi tähän yhtään mitään. (Ilonan kirjoitelma oppimisjakson alussa)

Petralla sen sijaan oli kirjoitelman perusteella säteilyyn pohjautuva käsitys ilmastonlämpenemisestä (käsityskategoria "säteily"). Petran tietämys ilmastonlämpenemisestä käsitti myös laajempaa tietoa kasvihuonekaasujen tuottajamaista sekä kansainvälisistä ilmastonlämpenemisen hillitsemiseen tähtäävistä sopimuksista. Kirjoitelmassaan Petra kuitenkin toi esiin myös otsonikadon, joskaan hän ei suoranaisesti liittänyt sitä ilmastonlämpenemiseen. Sen sijaan tietomittauslomakkeessa Petra vastasi sekä ilmastonlämpenemisen että kasvihuoneilmaston aiheutuvan otsonikadosta, mutta liitti vahvasti myös säteilytasapainon ja kasvihuonekaasut ilmastonlämpenemisen prosessiin. Petralla ei siis ilmeisesti ollut kovin selvää ja yksiselitteistä käsitystä ilmastonlämpenemisestä, vaikkakin hänellä oli varsin paljon aiheeseen liittyvää tietoa.

Ilmasto lämpenee kun kasvihuoneilmiö voimistuu. Eli kun kasvihuonekaasut estää Aurinгон säteilyn pääsemisen takaisin avaruuteen ne kimpoaa takaisin maahan ja se lämmittää ilmastoa. Kasvihuonekaasuja tulee ainakin fossiilisista polttoaineista. Kioton ilmastosopimuksella yritettiin vähentää kaasujen tuotantoa, mutta kun USA ei lähtenyt mukaan niin

ei se siten auta kun USA on suurimpia kasvihuonekaasujen tuottajia. Otsonikehän aukosta tulee vaarallista UV-säteilyä. Aukko on suurin piirtein Australian kohdalla. (Petra)

Saara puolestaan kuvasi ilmiötä siten, että kasvihuonekaasut estävät osan Auringonsäteilystä pääsemästä pois, joten myös hänen vastauksensa luokiteltiin käsityskategoriaan "säteily". Saaralla kuitenkin oli virheellinen käsitys kasvihuonekaasuista, sillä hänen mukaansa kasvihuonekaasut muodostavat ilmakehään konkreetin kerroksen. Tietomittauslomakkeessa Saaran tiedot kasvihuonekaasuista osoittautuivat kuitenkin varsin hyviksi, sillä hän tunnisti useita kasvihuonekaasuja, niiden päästölähteitä sekä tiesi luonnollisesti ilmakehässä olevien kasvihuonekaasujen pitoisuuden. Saara ei kirjoitelmassaan tuonut esiin kausaalisuhdetta otsonikatoon, mutta tietomittauslomakkeessa vastasi kasvihuoneilmaston johtuvan otsonikadosta ja ilmastonlämpenemisen UV-säteilyn lisääntymisestä. Myös ilmastonlämpenemisen seurauksissa Saara toi esiin otsonikatoon liittyviä seurauksia, kuten ihosyöpärisikin lisääntymisen.

Sillä vois olla jotain tekemistä näitten kasvihuonekaasujen kanssa. Jotenkin että ne kaasut muodostaa sellasen tiiviimmän kerroksen tonne ilmakehään ja Auringonsäteilystä ei pääse niin paljoo pois. Et maapallo ois niin kun teekuppi ja siihen laitettas villapipo päälle niin se tee pysyy lämpimänä. (Saara)

Edellisen perusteella kaikilla pienryhmän oppilailla oli tietoa ilmastonlämpenemisestä ennen oppimisjaksoa. Tiedot olivat osin virheellisiä, sillä kaikki ryhmän oppilaat liittivät otsonikadon jollain tavalla ilmastonlämpenemiseen. Oppilaiden muodostamat käsitykset eivät kuitenkaan olleet yksiselitteisiä, sillä kaikissa heidän ilmauksissaan kyseinen kausaalisuhde ei noussut esille. Näin ollen ilmastonlämpenemisen ja otsonikerroksen yhdistävä tietorakenne ei luultavasti ole muodostunut vahvaksi ja ristiriidattomaksi. Etenkin otsonin liittyminen ilmastonlämpenemiseen herätti oppilaissa myös kysymyksiä. Seuraava tekstinäyte kuvaa oppimisjakson alussa tapahtunutta pienryhmäkeskustelua, jossa oppilaat keskustelivat ilmastonlämpenemisestä, ilmiöön liittyvistä tiedoistaan ja siitä, mitä haluaisivat oppimisjaksolla ilmastonlämpenemisestä oppia.

Petra: [...] Mä haluisin tietää et onko se otsoni...

Saara: aukko

Ilona: kerros. [...]

Petra: niin et onko se aukko siellä kerroksessa, et onko se, liittyykö se...

Ilona: syöpätilastoihin...

Petra: No eiku, kyllähän se siihen, mut nii tota, siis onko se sama juttu kun se ilmastonlämpeneminen. Eikös se ilmastonlämpeneminen tuu siis niin ku...

Saara: Ei. (toisen keskustelun päälle)

Petra: Niin, mut niin ku silleen. Et ku sieltähän tulee sit sieltä ku on se aukko, niin..

Saara: Niin

Petra: nii sieltä tulee sitä UV-säteilyä

Saara: Nii, mut se lämpeneminen johtuu (puhutaan päällekkäin)

Petra: ...Niin, kun on ne kasvihuoneilmiö nii

Saara: nii

Petra: niitä kaasuja tulee niin se ei pääse pois se säteily, ne vaan kimpoilee takasin.

Saara: Niin, niin... (hyväksyvää muminaa koko selityksen ajan)

Ilona: Kyllä me nyt toi (tajutaan?)

Keskustelussa etenkin Petra liitti ilmastonlämpenemisen otsonikatoon ja UV-säteilyyn, vaikka kirjoitelmassaan hän ei tarkastellut ilmiöitä kausaalisuhteessa toisiinsa. Toisaalta hän tuo myös esiin sen, että säteily kimpoaa kasvihuonekaasujen vaikutuksesta takaisin maahan. Saara epäröi otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen liittämistä toisiinsa, mutta keskustelun kuluessa oppilaat päätyvät käsitykseen, jossa ilmastonlämpeneminen johtuu otsonikadon aiheuttamasta UV-säteilyn lisääntymisestä. Näin ollen oppilaiden keskinäinen pienryhmäkeskustelu ei tässä yhteydessä ollut yksilön tiedonmuodostuksen kannalta paras lähtökohta, sillä erilaisia käsityksiä ei nostettu keskusteluun, eikä niitä tarkasteltu kriittisesti tai problematisoitu, koska kaikilla oppilailla oli jonkinlainen ajatus otsonin liittymisestä ilmastonlämpenemiseen. Lisäksi sosiaalisen yksimielisyyden ja yhteisymmärryksen tarve ryhmäharmonian ylläpitämiseksi (ks. Arvaja 2005) vaikutti osaltaan tiedonmuodostukseen. Näin ollen toisten oppilaiden käsitykset voivat muodostaa oppimisesteen pienryhmäkontekstissa (ks. Mason & Santi 1998), jolloin opettajan tuki esimerkiksi käsitysten kyseenalaistamiseksi saattaa olla tarpeen.

Aikaisempien tutkimusten perusteella oppilailla on usein otsonikadosta enemmän tietoa kuin ilmastonlämpenemisestä (Fisher 1998). Tarkasteltavalle oppilasjoukolla otsonikato ei kuitenkaan ollut luonnontieteellisenä ilmiönä selvä. Kysymyksiä herätti etenkin se, mistä otsonikato johtuu ja millainen säteily sen seurauksena lisääntyy. Seuraava tekstinäyte kuvaa oppilaiden keskustelua otsonista ja siihen liittyvistä epävarmuuksista ensimmäisen oppitunnin alkupuolella.

Petra: Niin mut otsoni, miten se otsoni, onko se muka vaan nyt vaan UV-säteilyä, eikä sieltä muka tuu yhtään enemmän kun siinä ei oo sitä...

Ilona: Ei kun otsonikerros, eikä se oo siinä niin ku normaalisti siinä ilmakehässä...

Petra: Nii...

Ilona: Sit kun se ohenee, siis miten se oli...

Petra: Mut siinä on semmonen aukko, tiiätsä...

Ilona: Niin.

Petra: jossain Australian kohalla, mä oon ihan sitä mieltä. Niin, niin tota...

Ilona: Eik se maapallo pyöri, pyöriikö ilmakehä samalla mukana?

Petra: (jatkaa omaa puhettaan) niin eiks sitä enemmän sitä Aurinkooki?

Ilona: Niin.

Ilona: Niin. Se olis kyllä aika loogista, mut en tiää. Me halutaan tietää se nyt. Kerrot meille.

Petra: Halutaan tietää mikä ero näillä on, tai siis kyllähän me tietään mikä ero mut sit, onko se mitenkään, liittykö se ilmastonlämpenemiseen....

Ilona: Kuin verrannollinen se on. Kuuluukon tää...

Petra: Kuuluuko se otsoni, miks siihen tulee se aukko, tuleeko se niistä samasta syistä?

Saara: Nii et syövyttääköhän ne kaasut jotenkin sitä..

Ilona: Tuleeks ne, niin Onk se sitten tän, sen alapuolella olevan maan juttua vai onko se jotenkin niin et kaikki maailman saasteet menee sinne...isontamaan sitä aukkoa?

Saara: Mut mä tiedän myös et se otsonikehä on myöskin korjaantunu vähä...

Pienryhmäkeskustelujen jälkeen tapahtuneessa luokkakeskustelussa oppilaat nostivat esiin niitä ilmastonlämpenemiseen liittyviä asioita, jotka he kokivat epäselviksi tai joista he halusivat saada lisää tietoa. Myös tässä keskustelussa nousi esiin otsonin liittyminen kasvihuoneilmiöön. Oppilaat kertoivat tarvitsevansa tietoa myös ilmastonlämpenemisen aiheutumuksesta, kasvihuonekaasujen tuottajamaista, Kioton sopimuksesta sekä päästökiintiöistä. Tämän perusteella oppilasryhmä oli kuullut varsin monesta ilmastonlämpenemiseen liittyvästä seikasta ennen oppimisjaksoa. Tietämys kyseisistä seikoista vaikutti kuitenkin pikemminkin irrallisilta tiedoilta kuin jäsentyneeltä tietorakenteelta. Lisäksi oppilailla näytti olevan tarve saada vahvistusta ajatuksilleen sekä saada faktatietoa sellaiselta, jonka he koki aihepiirin ekspertiksi.

Edellä kuvattujen keskustelujen jälkeen kerrattiin opettajajohtoisesti keskustellen ilmakehään sekä sen rakenteeseen ja merkitykseen liittyviä seikkoja uuden oppimisen perustaksi ja käsitteiden selkiyttämiseksi. Lisäksi kerrattiin lyhyesti säteilyyn ja aallonpituuden muutoksiin liittyviä seikkoja, joihin ilmastonlämpenemisen mekanismin ymmärtäminen pitkälti perustuu. Tämän pohjustuksen jälkeen opettaja esitteli oppilaille kasvihuoneilmiön luonnontieteellisenä ilmiönä. Ilmastonlämpeneminen puolestaan selitettiin luonnollisen kasvihuoneilmiön voimistumisena, minkä jälkeen ilmiöiden eroja ja samankaltaisuuksia pohdittiin lyhyesti. Opiskelu tapahtui pääsääntöisesti luokkakeskusteluna ja opettajan esityksinä (ks. liitteet 4 ja 5).

Ilmastonlämpenemisen opettajajohtoinen selittäminen ja luokkakeskustelu eivät olleet riittäviä selventämään ilmiön luonnontieteellistä perustaa, koska ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon yhteys askarrutti oppilaita edelleen. Ilmiöiden selventämiseksi niiden väli-

nen yhteys käytiin opettajajohtoisesti läpi. Aiheeseen käytettiin kuitenkin varsin niukasti aikaa, koska oppimisjakson suunnittelussa nojaututtiin aikaisempien tutkimusten tuloksiin, joiden perusteella ilmiöt tulisi käsitellä erillisissä yhteyksissä (Koulaidis & Christidou 1999). Erojen tarkempi käsitteleminen olisi kuitenkin voinut selkiyttää oppilaiden käsityksiä kyseisistä ilmiöistä. Esimerkiksi seuraava oppilaskeskustelu olisi tarjonnut hyvät lähtökohdat ilmiöiden eroavaisuuksien ja yhteyksien eksplisiittiseen käsittelyyn ja problematisointiin. Valitettavasti opettaja ei kuitenkaan kuullut Ilonan hiljaisemmalla äänellä sanottuja kommentteja voimakkaammin esillä olleiden Saaran ja Petran vastausten lomasta.

Opettaja: Millä tavalla ihminen sitten aiheuttaa ilmastonlämpenemistä ja kasvihuoneilmiön voimistumista?

Saara: No, kaikkia tällasia kaasuja tulee jostain tehtaista ja autoista ja semmosista.

Ilona: Ja ne sit heikentää sitä otsonikerrosta.

Petra: Niin, sit kun sitä tulee niin enemmän sitä niin sit siitä ei pääse niitä läpi...

Ilona: (itseksseen) ne imeytyy

Petra: sillain niin paljon ku pitäis päästä niitä pois, ne vaan kimpoilee takasin

Opettaja: Just. Mitä eroa oli kasvihuoneilmiöllä ja kasvihuoneilmiön voimistumisella?

Ilona (itseksseen): se on se reikä siinä.

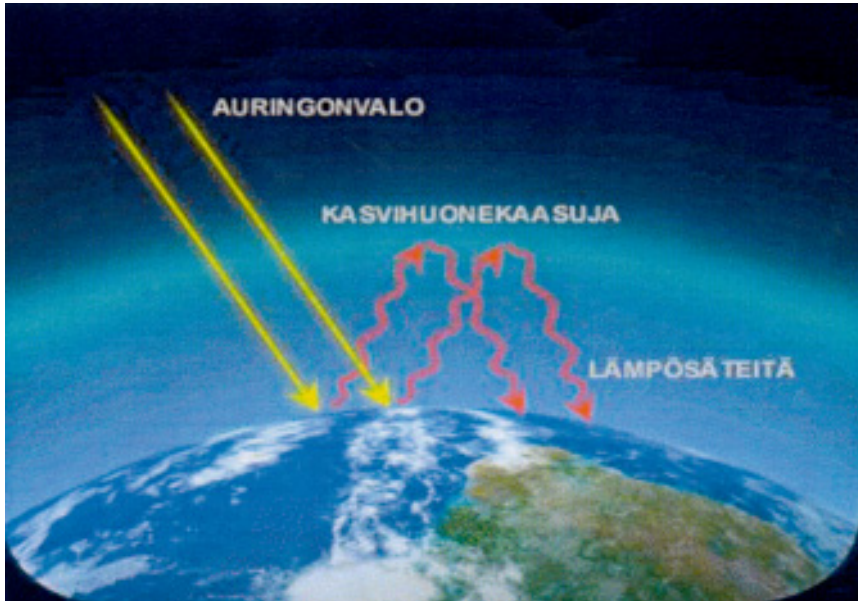
[...]

Ilona: (itseksseen/ ryhmäläisilleen): miten se otsonikato, se aukkojuttu?

Oppitunnin lopussa kerrattiin kasvihuoneilmiö ja ilmastonlämpeneminen käsitteiden ja ilmiöiden selkiyttämiseksi. Oppilaat aloittivat myös aiheeseen liittyvän kirjallisen työskentelyn oppitunnin päätteeksi. Kirjoituksessaan Petra kuvasi, kuinka Aurinko lämmittää maapalloa seuraavasti:

Auringosta tuleva säteily lämmittää maata kun säteet osuu maahan. Osa säteilystä heijastuu jo pilvistä pois mutta lyhytaaltainen säteily pääsee maahan. Kun säteily kohtaa maan, se muuttuu pitkäkestoiseksi. Sitten sen säteilyn pitäisi heijastua pois maasta, mutta kasvihuonekaasut sysää ne takaisin lämmittämään maata.

Säteilyä hyvin kuvaavasta vastauksestaan huolimatta ilmastonlämpeneminen ja kasvihuoneilmiö eivät välttämättä olleet selkiintyneet Petralle: kysymykseen, miksi kasvihuoneilmiö on välttämätön ilmiö, hän vastasi vastakysymyksellä "mikä kasvihuoneilmiö?". Toisen oppitunnin alussa oppilaat keskustelivat ilmastonlämpenemistä kuvaavien piirrosten pohjalta (ks. kuvio 5.10) ilmiön mekanismista sekä kasvihuoneilmiön ja ilmastonlämpenemisen eroista. Tässä keskustelussa heijastuu se, että edelleen myös Petralle säteilyyn liittyvät seikat ovat osin epäselviä.



Kuvio 5.10. Oppitunnilla käytetty säteilyä havainnollistava esitys.

Ilona: Ilmastonlämpeneminen. Kasvihuoneilmiö on luonnollinen ja sitä ei tarvitse yhtään häpeillä... (naureskelua)

Saara: Ihan avoimesti voi puhua ruokapöydässäkin, et ei oo mitään niin ku pahaa siinä. [...]

Ilona: Sitten tää ilmastonlämpeneminen, se on semmonen, semmonen liian...

Petra: Joo. Totta. Selitähän nuo keltaset nuolet, mitä ne on?

Saara: Siis nää on tällasta Auringon valoo, säteilyä, joka tulee tänne maan pintaan...

Ilona: Maapallon pintaan.

[...]

Petra: Okei. No niin, joo, nii, nii Auringonvalo...

Saara: Nii, se menee sinne ilmakehän läpi tonne noin ja lämmittää sitä niin...

Petra: Nii, mutku sit siinä kuvassa, sivulla sivulla kuuskyt... sanottasko tässä, eli ne on sillon lyhytkestosta, mut mä en tiedä mitä eroo niillä on mut mä laitoin siihen et sitä mä en oikein tajunnu. Ja sit ne lähtee pois niin ku pitkäkestosena..

Ilona: Ei ku kato ku, se on just siinä...just...oota...kato, kun tää tulee niinku lyhytaaltosena, nii se muuttuu tässä näin niinku ja sen takia kun se muuttuu, koska täällähän se on tän saman kalvon niinku lyhytaaltosena, niinku tän kehän tästä niinku läpässy, sit se muuttuu ja sitte se ei enää läpäse enää koska se on muuttunu. Heei!

Petra: Mutta kyllähän siitä osa, osa menee pois.

Ilona: Niin osa.

Petra: Mut kun sitäkään mä en tiää, et lämmittääks nää jo jotka tulee.

[...]

Petra: Mut kuiteski, sit, mut kato ku sitä mä en tajua et lämmittääks tää jo täältä tullessa tää Auringonsäteily tätä maata vai sitten vasta kun se lähtee pois ja törmää niihin kasvihuonekaasuihin, koska tässä lukee et säteily lämmittää, mut täs se ei vielä niin ku lämmitä.

Ilona: Tässä se niin ku kohtaa

Petra: Sit se vaan tulee tänne, et sit vasta. Mut jos ei ois kasvihuoneilmiö, et ne ei tulis takas ollenkaan...

Ilona: Nii sit ois kylmää

Petra: ..sit ois ihan kylmä.

Ilona: Nii vai onko se et tässä se lämmittää niin ku vähän, ja tässä se lämmittää niin ku lisää?

[...]

Petra: Niin mullois sellasta et, ne on silloin siis lämpösempiä kun ne tulee sitten takasin et miks ne muuttuu sit lämpösemmiks vai eks mä vaan tajua ja ...ja sit sellanen et onko ne sit lämpösempiä kun lähtee tonne ylöspäin? Nii oisko siinä...

(ei saa selvää kun ryhmäläiset puhuvat päälle)

Petra: Eikö se sitten heikkene jos se menee monta kertaa näin? Mut mites sitten, lähteekö ne sitten ikinä...?

Saara: Katooko ne säteet jonnekin avaruuteen vai lämmittääkö ne siellä yhtään?

Keskustelun perusteella pienryhmän oppilaat olivat erottaneet luonnollisen kasvihuoneilmiön ja ihmisen toimista johtuvan ilmastonlämpenemisen toisistaan. Sen sijaan säteily ja siihen liittyvä tietous aiheutti ryhmäläisille vaikeuksia. Erityisesti pitkäaaltoisen säteilyn muuttuminen lyhytaaltoiseksi säteilyksi osoittautui ongelmalliseksi. Eräs ryhmäläisistä, Ilona, konstruoi kuitenkin pienryhmäkeskustelun kuluessa käsityksen siitä, että säteilyn muuttuminen on syynä ulossäteilyn estymiselle. Näin ollen hänen käsityksensä säteilystä muuttui, mikä on edellytyksenä ilmastonlämpenemisen prosessin ymmärtämisessä. Muut ryhmäläiset eivät kuitenkaan kiinnittäneet riittävästi huomiota tähän ilmiön ymmärtämisen kannalta merkittävään havaintoon, vaan ryhmän huomio siirtyi toiseen säteilyyn liittyvään merkittävään ongelmaan: mikä Auringon säteily lämmittää ilmakehää (ks. Hogan ym. 2000).

Edellä kuvatussa pienryhmäkeskustelussa opettajan oikea-aikainen tuki olisi voinut ohjata oppilaita havaitsemaan ja paneutumaan säteilyn muuttumisen problematiikkaan

syvämmisemmin. Tukea antaakseen opettajan olisi pitänyt pystyä seuraamaan kussakin pienryhmässä tapahtuvia keskusteluja intensiivisemmin tai oppilaiden olisi pitänyt dokumentoida keskustelunsa sisältö opettajan myöhemmää tarkastelua varten. Lisäksi kyseisessä keskustelussa esille nousseet asiat olivat merkittävydeltään sellaisia, että ne olisi pitänyt nostaa koko luokan keskusteluun ja pohdintaan. Näin ollen säteilyä ja siihen liittyviä perusasioita olisi pitänyt käsitellä oppimisjaksolla huomattavasti syvämmisemmin. Tutkija-opettaja kuitenkin oletti opetussuunnitelmiin nojautuen kyseiset sisällöt oppilaille aikaisemmista luonnontieteen opinnoista tutuiksi, eikä oppimistilanteessa kyennyt havaitsemaan kyseistä oppimistarvetta. Näin ollen sen sijaan, että olisi täydennetty ja syvennetty oppilaiden säteilyyn liittyvää tietämystä, oppimisjaksolla siirryttiin seuraavaksi käsittelemään kasvihuonekaasuja. Oppilaat etsivät pienryhmissä tietoa kasvihuonekaasuista, vaihtoivat tietoaan pienryhmien välillä sekä esittivät työnsä tuloksia koko luokalle. Kasvihuonekaasujen ymmärtäminen merkittävänä osana ilmastonlämpenemisen prosessia on kuitenkin vaikeaa, jos säteilyyn liittyvä tietämys jää puutteelliseksi esimerkiksi lyhyt- ja pitkäaaltoisen säteilyn osalta.

Keskustelujen perusteella selvisi, että säteilyyn liittyvän tiedon puutteen lisäksi myös ekologisen perustietämyksen, mm. ekologisten kiertojen, puutteellinen tuntemus vaikeutti oppilaiden ymmärrystä ilmastonlämpenemisestä ja siihen läheisesti liittyvistä seikoista. Esimerkiksi hiilen kiertokulun ja yhteyttämisen ainakin jossain määrin puutteellinen tuntemus heijastui siten, etteivät oppilaat yhdistäneet puiden yhteyttämistä ja metsien hiilidioksidin nieluna toimimista toisiinsa. Seuraava tekstinäyte on ote oppilaiden pienryhmytyöskentelystä, jossa oppilaat etsivät tietoa kasvihuonekaasuista.

Ilona (puhuu opettajalle): Hei, meillä on tässä tällainen pieni, pieni ongelma mutta...Toisaalta kun metsät on niin ku hiilidioksidi nieluja, onks ne puut niinku, miten ne niinku, hajottaako ne niinku sitä vai miten, miten ne sen nielee.

Ekologian perusteiden ja hiilen kierron puutteellinen tietämys heijastui myös luokkakeskustelussa, jossa pohdittiin sitä, kuinka meret toimivat hiilidioksidin nieluina: tällöin eräs oppilas epäili kalojen syövän hiilidioksidia. Näin ollen kasviplanktonin yhteyttäminen tai hiilidioksidin liukeneminen meriveteen eivät olleet oppilaille tuttuja entuudestaan. Myös aikaisemmissa tutkimuksissa (mm. Adeniyi 1985) on todettu, että oppilaiden on vaikea käsittää sitä, että myös vedessä elää yhteyttäviä kasveja. Varsinainen yhteyttämisen prosessi onkin aikaisemman tutkimustiedon valossa ilmiö, jonka oppimisessa oppilailla on usein vaikeuksia, koska sen ymmärtäminen edellyttää käsitteellistä muutosta (Mikkilä & Olkinuora 1995, 6). Lisäksi veden kiertokulun ja sen mittasuhteiden ymmärtämisessä oli joillain oppilailla vaikeuksia, mikä kävi ilmi esimerkiksi oppilaan kysymyksessä, voidaanko perunoita keittää, koska ilmakehän vesihöyrypitoisuus voi kasvaa siitä. Osaltaan tämä voi

viitata myös oppilaan vaikeuksiin liittämään ilmastonlämpenemisen oppimisjakson asioita aikaisemmin opittuun, laajempaan luonnontieteelliseen kontekstiin.

Toisen oppitunnin päätteeksi vedettiin yhteen kasvihuonekaasuja koskevan ryhmätyökentelyn tulokset opettajajohtoisesti, minkä tarkoituksena oli jäsentää opittuja asioita osaksi laajempaa kokonaisuutta. Kolmannen oppitunnin alussa kerrattiin aikaisempien tuntien sisältöjä kotitehtävistä keskustelemalla. Lyhyt kertaus ei kuitenkaan auttanut selvittämään tarkasteltavan pienryhmän oppilaille säteilyyn liittyviä seikkoja, sillä kysyttäessä, mitkä ilmastonlämpenemiseen liittyvät asiat ovat heille vielä epäselviä, heistä kaikki vastasi lyhyt- ja pitkäaaltoisen säteilyn jääneen heille epäselväksi.

Lyhyt ja pitkäaaltoiset säteilyhommat on vähän epäselviä ja muutenkin kaikki että mitä kaikkea säteilyä Auringosta tulee. (Saara)

Oppilaiden kirjoitelmien jälkeen käytiin lyhyesti läpi, mitä asioita oppimisjaksolla oli opiskeltu ja millaisia aihepiirejä jaksolla vielä käsitellään. Tilannekatsauksen jälkeen tarkasteltiin ilmastonlämpenemistä globaalina ilmiönä ja osana kansainvälistä politiikkaa keskustelemalla muun muassa länsimaiden ja kehitysmaiden tuottamien kasvihuonekaasupäästöjen suhteellisista osuuksista. Tarkastelun tavoitteena oli laajentaa oppilaiden näkökulmaa ilmiöön ennen seuraavaa aihetta, ilmastonlämpenemisen vaikutuksia, joista seitsemännennen luokan oppilailla oli tämän tutkimuksen mukaan yksittäisiä ja selvärajaisia näkemyksiä (ks. luku 5.2). Oppilaat tarkastelivat pienryhmätöitä tehden ilmastonlämpenemisen vaikutuksia muun muassa ravinnontuotantoon, sää- ja ilmastotekijöihin sekä ekosysteemeihin.

Tarkastelun kohteena olevalla pienryhmällä oli aiheena ilmastonlämpenemisen fyysiset seuraukset. Oheisten keskusteluotteiden perusteella pienryhmän oppilailla oli ennen tietolähteisiin tutustumista jotain tietoa ilmastonlämpenemisen mahdollisista vaikutuksista, esimerkiksi tulvista ja kuivuudesta. Oppilaat nostivat esiin myös vaikutuksia yksittäisiin ihmisiin, esimerkiksi ihmishenkien menetyksen uhan kasvamisen sekä kotien menetyksen mahdollisuuden myrskyjen seurauksena. Lisäksi oppilaat mainitsivat rehevöitymisen eräänä ilmastonlämpenemisen seurauksena, mutta keskustelun perusteella oppilailla ei välttämättä ollut laajempaa ymmärrystä rehevöitymisestä, sen syistä ja prosesseista. Näin ollen vesien rehevöitymisen ja ilmastonlämpenemisen yhteys saattoi jäädä ulkoa oppimisen tasolle ilman taustalla olevien tekijöiden ymmärrystä. Kyseisten ilmiöiden välisen yhteyden, samoin kuin muidenkin ilmastonlämpenemisen seurausten, ymmärtämiseksi oppilailla pitäisi olla riittävät perustiedot ekologiasta, jotta uusi opittu asia voidaan liittää osaksi laajempaa tietorakennetta.

Petra: Ihan selkeesti, no hei, ei voi tietää et kuule nää voi olla kaikki nää tulvat, Keski-Euroopan tulvat voi olla siitä.

[...]

Petraa: Eikö voikin olla Keski-Euroopan tulvat?

[...]

Saara: Noita fyysisiä vaikutuksia, sitten menee talot ihmisiltä.

Petra:, Hei sitten, vuoden 98 lämpöaalto ... (mumisee jotain lukiessaan paperista)

[...]

Petraa: Mut eiks näistä lue näistä mitään, kun täällä puhutaan tästä vuodesta 98 et se oli lämpimin kun täällä luki et 90 milj. dollarin edestä tuli jotain vahinkoja niin mitä ne on...

Opettaja: Kun sääilmiöt, myrskyt ja ... (ei saa selvää)

Petra: Mut voiks se ilmastonlämpeneminen vaikuttaa kuivumiseen? Entäs tähän kun täällä on nyt näin kuiva täällä Suomessa, jos tätä voi kuivuudeks sanoo?

[...]

Petra: Hei sitten tota rehevöitymistä.

Ilona: Ai järvet rehevöityvät?

Petra: Kun pelloilla ei ole lunta, ne ravinteet lähtevät...sit kylmän veden kalat kuolevat... (Ilona kyselee aina välillä sanamuodoista)

Ilona: Luonnonkatastrofit vaativat ihmisuhreja.

Saara: Tuo on hyvä.

Aihetta käsiteltäessä tarkastelun kohteena olevassa pienryhmässä ei juuri muodostunut keskustelua, vaan oppilaat etsivät faktamaista tietoa annetuista tietolähteistä. Osaltaan tämä johtui varsin perinteisestä tehtävänannosta, jossa ei korostettu yhteistoiminnallisuutta tai keskustelun merkitystä yhteisen tietovarannon konstruoimisessa. Keskustelun kuluessa esitetyt tarkentavat kysymykset olisivat voineet ohjata oppilaita pohtimaan aihepiiriä syvemmin. Oppitunnin lopussa kukin pienryhmä esitteli työnsä tuloksia muiden oppilaiden tehdessä muistiinpanoja oppimispäiväkirjoihin.

Oppimisjakson viimeisen oppitunnin alussa kerrattiin aikaisempaa oppitua ja palattiin vielä säteilyyn, sen eri muotoihin ja käyttäytymiseen ilmakehässä, sillä oppilaat olivat edellisellä tunnilla kertoneet kyseisten asioiden olevan heille edelleen epäselviä. Tämän jälkeen keskusteltiin lyhyesti siitä, että eri intressiryhmillä, esimerkiksi luonnonsuojelijoilla ja tiettyjen teollisuuden alojen edustajilla, voi olla hyvin erilaisia näkemyksiä ilmastonlämpenemisestä, sen olemassaolosta, syistä ja seurauksista. Aivan oppimisjakson päätteeksi ilmastonlämpenemiseen liittyviä seikkoja kerrattiin pelin avulla. Luokan kaikkien tyttöjen muodostamassa joukkueessa eräs oppilas liitti edelleen otsonin ilmastonlämpenemiseen. Op-

pilaiden keskustelusta heijastui myös virheellisiä käsityksiä säteilystä, kuten että maasta heijastuisi säteilyä enemmän kuin ilman kasvihuonekaasuja. Näin kommentoinut oppilas oli kuitenkin ollut luvallisesti pois lähes koko oppimisjakson ja oli itse opiskellen muodostanut käsityksen ilmastonlämpenemisestä.

Kysymys: Selitä mitä ilmastonmuutoksella tarkoitetaan?

Petra: No, siis ilmastonmuutos on...

Marja: Kasvihuonekaasujen lisääntyminen

Ilona: Liiallinen kasvihuoneilmiöjuttu..

Marja: Ei kun se on se lämpösäteily

Emilia: Otsonia...ei ku otsonia, kasvihuonekaasuja

Marja: Kasvihuonekaasuja on enemmän.

Emilia: Tulee se kasvihuonekaasu siihen ja sitten kun se säteilee sieltä maasta enemmän ja...

Marja: Ylös

Emilia: Ylös, alas, ylös, alas ja tulee niinku

Marja: Ne ei pääse siitä läpi.

Ilona: Se on liiallinen sellanen kasvihuoneilmiö. Voiko se muusta johtua ilmastonmuutos?

Emilia: NO, jos vaikka elefantti vetää... maan lähemmäks Aurinkoa.

Ilona: Toistaisitko kysymyksen?

Opettaja: Selitä mitä ilmastonmuutoksella tarkoitetaan.

Ilona: Se on liiallinen kasvihuoneilmiö.

Keskustelun perusteella oppilaiden konstruoima ilmastonlämpenemisen mekanismi on pitkälti opetukseen soveltuvan selityksen mukainen. Käsitykseen liittyyneen kuitenkin epävarmuutta eikä keskustelun perusteella voida olettaa, että oppilaat sisäistivät oppimisjakson sisällön, sillä vastaukset heijastivat myös irrallisten faktojen muistamista.

Oppimisjakson jälkeen tässä lähemmin tarkastellun pienryhmän oppilaiden käsitykset ilmastonlämpenemisestä olivat alkutilannetta selkeämpiä. Esimerkiksi Ilona erotti ilmiöt – kasvihuoneilmiön ja ilmastonlämpenemisen – sekä niiden syyt ja seuraukset toisistaan aikaisempaa paremmin. Hän myös esitti säteilyyn sekä kasvihuonekaasuihin perustuvan selityksen ilmastonlämpenemisestä kirjoitelmassaan ja tietomittauslomakkeen vastauksissaan.

Kasvihuonekaasuja on liikaa ja Auringon säteet eivät pääse takaisin avaruuteen. (Ilona, oppimisjakson jälkeen)

Ilona ei kuitenkaan tunnistanut kasvihuonekaasuja alkutilannetta paremmin, hän ei esimerkiksi maininnut hiilidioksidia kasvihuonekaasuksi. Lisääntyneistä tiedoistaan ja parantuneesta ymmärryksestä huolimatta Ilona ei kokenut oppimisjakson jälkeenkään ilmastolämpenemistä koskevia tietojaan vahvoiksi, vaan ilmoitti, että hänen pitäisi vielä opiskella aiheetta.

Petra kuvasi ilmastolämpenemistä oppimisjakson jälkeen kirjoittamassaan kirjoittelussa kasvihuonekaasujen ja säteilyn avulla. Sen sijaan tietomittauslomakkeen perusteella hän ei ollut käsitteellistänyt kasvihuoneilmiötä luonnollisena ilmiönä, vaan piti sitä otsonikadosta johtuvana haitallisena ilmiönä. Samaten hän vastasi ilmastolämpenemisen johtuvan otsonikerroksen ohenemisesta. Näin ollen hän ei ollut oppimisjaksolla konstruoinut luonnontieteellisen selityksen mukaista näkemystä ilmastolämpenemisestä. Hänen tietämyksensä kasvihuonekaasuista osoittautui kuitenkin jokseenkin hyväksi, vaikkakin hän erheellisesti piti muun muassa rikkidioksidia kasvihuonekaasuna.

Siksi koska kasvihuonekaasujen lisääntyessä lämpösäteitä ei pääse niin helposti takaisin avaruuteen vaan jää pomppimaan maan ja kasvihuonekaasujen väliin. Lämpösäteily lämmittää maata. (Petra)

Ryhmän kolmas oppilas, Saara, ei palauttanut ilmastolämpenemistä koskevaa avointa kirjoitelmaa oppimisjakson jälkeen. Tietomittauslomakkeen perusteella käsitteet kasvihuoneilmiö ja ilmastolämpeneminen olivat selkiintyneet Saarelle, sillä hän vastasi kasvihuoneilmiön olevan luonnollinen ja elämälle välttämätön ilmiö ja ilmastolämpenemisen puolestaan ihmistoiminnasta johtuva haitallinen ilmiö. Hän ei myöskään liittänyt otsonikerroksessa tapahtuvia muutoksia näihin ilmiöihin alkumittauksen tavoin. Saara valitsi tietomittauslomakkeessa myös oikeat säteilyyn ja kasvihuonekaasuihin liittyvät vastausvaihtoehdot. Näin ollen tietomittauslomakkeen perusteella Saaran käsitys ilmastolämpenemisestä oli oppimisjaksolla muuttunut lähemmäs luonnontieteellistä selitystä. Itse hän kuitenkin koki tietonsa vielä puutteellisiksi ja vastasi tarvitsevansa lisäopiskelua aiheesta.

Tarkastelun kohteena olevan pienryhmän oppilaiden käsityksissä tapahtui selkiintymistä ja jäsentymistä oppimisjakson aikana, esimerkiksi kasvihuoneilmiön ja ilmastolämpenemisen ero tuli kahdelle oppilaalle selymmäksi. Samaten kaksi oppilaista, Ilona ja Saara, eivät oppimisjakson jälkeen liittäneet ilmastolämpenemistä ja otsonikatoa kausaalisuhtein toisiinsa (taulukko 5.6). Selkeitä käsitysten selkeytymisen tai muuttumisen kohtia oppimisprosessissa ei tässä tutkimuksessa useinkaan voitu osoittaa, mikä viittaa siihen, että käsityksen muodostus ja muutos ovat pääosin vähittäisiä prosesseja. Ainoastaan Ilonan selittäessä ryhmäläisille näkemystään säteilyn eri muodoista, voitiin selkeä ajattelun muutos havaita.

Taulukko 5.6. Tarkastelun kohteena olleen pienryhmän oppilaiden näkemykset ilmastonlämpenemisestä a) kirjoitelmien ja b) tietomittauslomakkeiden perusteella ennen oppimisjaksoa ja sen jälkeen.

	Ennen oppimisjaksoa	Oppimisjakson jälkeen
Ilona	a) Ei osaa sanoa b) Otsonikato ja lisääntynyt säteily	Säteily Säteily
Petra	a) Säteily b) Otsonikato, lisääntynyt säteily ja kasvihuonekaasut	Säteily Otsonikato
Saara	a) Säteily b) Otsonikato ja UV-säteily	puuttuu Säteily ja kasvihuonekaasut

Yhdelle oppilaista, Petralle, ilmiöihin liittyvät käsitteet olivat jääneet osin epäselviksi, mikä lisäksi hänellä säilyi myös käsitys ilmiöiden kausaalisuhteesta. Tämä yhteys ei kuitenkaan vaikuttanut kovin vahvalta, sillä se ei ilmennyt vapaamuotoisessa kirjoitelmassa. Lisäksi kyseinen oppilas nosti kahdessa pienryhmäkeskustelussa esiin kysymyksen otsonin ja UV-säteilyn liittymisestä ilmastonlämpenemiseen. Ilmeisesti hänelle oli epäselvää, liittykö otsoni ilmastonlämpenemiseen, ja jos liittyy, niin millaisin prosessein. Otsonikaton laajempi käsitteleminen ilmastonlämpenemisen yhteydessä olisi voinut auttaa kyseistä oppilasta vahvistamaan käsitystä kahdesta erillisestä ilmiöstä ja siten muodostamaan ilmiöistä luonnontieteellisen näkemyksen kanssa yhdenmukaisen käsityksen.

Edellä kuvatun pienryhmätyöskentelyn perusteella myös säteilyyn liittyvien tekijöiden laajempi käsittely olisi auttanut oppilaita luonnontieteellisen käsityksen konstruoinnissa, sillä etenkin lyhyt- ja pitkäaaltoinen säteily osoittautui oppilaille ongelmalliseksi. Näin ollen oppilaiden luonnontieteisiin liittyvä kognitiivinen konteksti, johon kuuluu säteilyn lisäksi vahvasti myös ekologinen perustietämys, oli siinä määrin puutteellinen, että se vaikeutti ilmastonlämpenemisen kokonaisvaltaista ymmärtämistä (ks. Halldén 1999). Oppilaiden vastausten perusteella arkiajattelun ja tieteellisen faktatiedon yhdistämisestä johtuvat virheelliset käsitykset vähenivät ja näkemykset muistuttivat enemmän oppitunnilla käsiteltyä ns. kouluselitystä ilmastonlämpenemisestä. Oppimisjaksolla oppilaat oppivat käsitteiden merkityksiä ja alkoivat muodostaa niiden välille luonnontieteellisesti relevantteja yhteyksiä, joten oppimista voidaan kuvata eksploraatiiviseksi (Dillon 1993). Tarkastelun kohteena olleen pienryhmän oppilaat eivät tämän oppimisjakson aikana muodostaneet ilmastonlämpenemisestä tieteidenvälistä tai monitieteistä näkemystä, mitä ei myöskään oltu asetettu varsinaiseksi oppimistavoitteeksi. Seuraavassa luvussa tarkastellaan kaikkien tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden käsityksiä ja tietoja, joita heillä oli ilmastonlämpenemisestä oppimisjakson jälkeen.

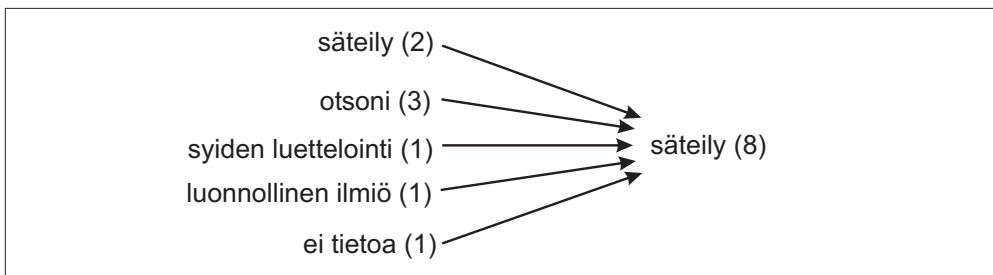
5.7 Yhdeksäsluokkalaisten käsitykset ja tiedot ilmastonlämpenemisestä oppimisjakson jälkeen

Yhdeksäsluokkalaisten ilmastonlämpenemiseen liittyvissä käsityksissä tapahtui jonkin verran muutoksia oppimisjakson aikana: selvästi virheellisten käsitysten osuus väheni ja oppilaiden selitykset olivat lähempänä oppitunneilla tarkasteltua ilmastonlämpenemisen selitystä. Lisäksi oppilaiden vastausten perusteella muodostui kaksi uutta kategoriaa: kasvi-huonekaasujen kategoria sekä muiden vastausten kategoria (taulukko 5.6.) Oppimisjakson jälkeen kukaan oppilaista ei kirjoitelmassaan tuonut esiin ilmastonlämpenemistä luonnollisena ilmiönä. Toisaalta esimerkiksi virheellinen käsitys otsonikadosta ilmastonlämpenemisen aiheuttajana osoittautui muiden virheellisten käsitysten tavoin pysyväksi opetukselta huolimatta (esim. Limón & Mason 2002; Groves & Pugh 2002). Seuraavassa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin, kuinka oppilaiden arkikäsitukset ja tiedot muuttuivat oppimisjakson aikana.

5.7.1 Oppilaiden käsityksissä ja tiedoissa tapahtuneet muutokset kategorioittain

1. Säteily

Edellisessä luvussa kuvatun pienryhmätyöskentelyn perusteella säteilyyn liittyvät tiedolliset puutteet vaikeuttivat ilmastonlämpenemisen luonnontieteellisen selityksen konstruointia. Oppimisjakson jälkeen kuitenkin kahdeksan oppilasta kuvasi ilmastonlämpenemistä säteilyn avulla (kuvio 5.11).



Kuvio 5.11. Oppimisjakson jälkeen säteily-kategoriaan kuuluvien oppilaiden arkikäsitysten kategoriat (luvut suluiissa kuvaavat oppilaiden määrää kussakin kategoriassa).

Oppimisjakson jälkeen säteily-kategoriaan lukeutuvista oppilaista kaksi oli pohjannut käsityksensä ilmastonlämpenemisestä säteilyyn tai säteilytasapainon muutoksiin myös en-

nen oppimisjaksoa. Lisäksi kolme oppilasta, jotka ennen oppimisjaksoa pitivät otsonikaatoa ilmastonlämpenemisen aiheuttajana, konstruoivat oppimisjaksolla säteilyyn nojautuvan käsityksen.

Teollistumisen myötä kasvihuonekaasujen tuotto on vain lisääntynyt. Niistä aiheutuu, että maasta avaruuteen heijastuvaa lämpösäteily heijastuu uudelleen ilmakehästä maahan. (08, ennen oppimisjaksoa säteily-käsitys)

Ilmasto lämpenee koska kasvihuonekaasut lisääntyvät ja suurempi osuus lämpösäteilystä heijastuu maahan. (06, ennen oppimisjaksoa otsoni-käsitys)

Ennen oppimisjaksoa säteily-kategoriaan lukeutui kaikkiaan kuusi oppilasta, joista neljän vastaukset voitiin oppimisjakson jälkeen luokitella eri kategoriaan. Näistä oppilasta kaksi kuvasi ilmastonlämpenemistä kasvihuoneilmaston tai sen voimistumisen avulla ja yksi kasvihuonekaasujen avulla. Yksi oppilasta ei palauttanut kirjoitelmaansa oppimisjakson lopussa.

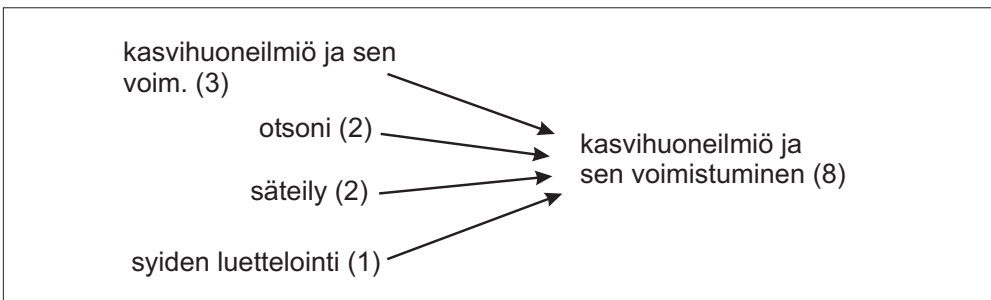
Tähän tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden kuvaukset säteilyn roolista ilmastonlämpenemisestä olivat suppeampia kuin esimerkiksi Koulaidisin ja Christidoun (1999) tutkimuksessa. Kyseisessä tutkimuksessa 11–12-vuotiaiden kuvaukset säteilyn käyttäytymisestä olivat tarkempia ja sisälsivät enemmän yksityiskohtia. Pääosin tämä ero johtuu käytetystä tutkimusmenetelmästä, sillä em. tutkimuksessa kutakin oppilasta haastateltiin 2 kertaa (haastattelujen kesto 60–70 minuuttia) ja kysymykset kohdennettiin tietyille osa-alueille. Tässä tutkimuksessa sen sijaan oppilaat ilmaisivat käsityksiään vapaamuotoisesti ilman heille esitettyjä apukysymyksiä.

Tietomittauslomakkeiden perusteella oppilaiden tiedot säteilystä ja sen liittymisestä ilmastonlämpenemiseen tarkentuivat oppimisjaksolla jonkin verran. Esimerkiksi ilmastonlämpenemistä lisääntyneestä säteilystä johtuvana ilmiönä pitävien oppilaiden määrä väheni. Kuitenkin viidenneksellä oppilasta säilyi tämä näkemys myös oppimisjakson jälkeen, mikä osaltaan kertoo arkiajatteluun pohjautuvien käsitysten pysyvyydestä (esim. Eloranta 2003). Oppimisjaksolla muodostui myös ilmeisen virheellisiä säteilyyn liittyviä käsityksiä, sillä oppimisjakson jälkeen joka kymmenes oppilas vastasi Auringon säteilyn pääsevän esteettä maahan. Ennen oppimisjaksoa näin ajatteli vain yksi oppilas. Tulos voi osittain johtua siitä, että oppimisjaksolla korostettiin pitkäaaltoisen säteilyn pääsevän ilmakehän läpi maanpinnalle ja muuttuvan lämpösäteilyksi kohdatessaan väliaineen. Näin ollen pitkä- ja lyhytaaltoisen säteilyn erojen syvällisempi käsittely oppitunnilla olisi voinut auttaa luonnontieteellisen näkemyksen muodostumisessa. Oppimisjaksolla oppilaiden ymmärrys säteilyn käyttäytymisestä kuitenkin parani, sillä 76 prosenttia heistä vastasi maasta heijastuvan säteilyn lämmittävän ilmakehää ja he myös valitsivat säteilyn käyttäytymistä ku-

vaavista kaavakuvista lähinnä luonnontieteellistä olevan vaihtoehdon selkeästi aikaisempaa useammin (ero 46 prosenttiyksikköä).

2. Kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen

Oppimisjaksolla ilmastonlämpeneminen selitettiin kasvihuoneilmiön voimistumisena ja samalla pyrittiin näiden ilmiöiden käsitteelliseen eriyttämiseen. Oppimisjakson jälkeen kaikkiaan kahdeksan oppilasta selitti kirjoitelmassaan ilmastonlämpenemisen kasvihuoneilmiön tai sen voimistumisen avulla (kuvio 5.12). Näistä oppilaista kolme oli vastannut samansisältöisesti myös ennen oppimisjaksoa. Tämä lisäksi kaksi oppilasta, jotka olivat ennen oppimisjaksoa yhdistäneet otsonikadon ilmastonlämpenemiseen sekä yksi syiden ja seurausten esilletuomiseen rajautunut oppilas olivat muodostaneet käsityksen ilmastonlämpenemisestä kasvihuoneilmiön voimistumisena. Tämä viittaa siihen, että oppimisjakson jälkeen kyseiset oppilaat erottivat luonnollisen kasvihuoneilmiön ja ihmisen toiminnasta johtuvan kasvihuoneilmiön voimistumisen sekä liittivät niihin oikeat käsitteet.



Kuvio 5.12. Oppimisjakson jälkeen kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen -kategoriaan kuuluvien oppilaiden arkikäsitysten kategoriat.

Ilmasto lämpenee, koska kasvihuoneilmiö on voimistunut. (05, ennen oppimisjaksoa säteily-käsitys)

Koska ihmisen vaikutuksesta kasvihuoneilmiö voimistuu. (09, ennen oppimisjaksoa otsoni-käsitys)

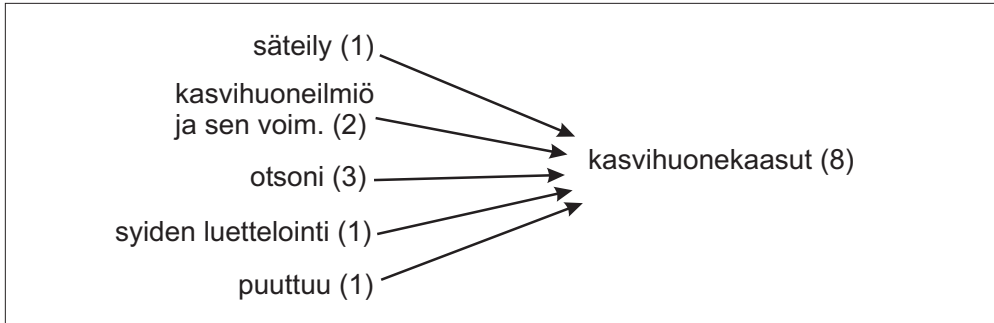
Edellisen perusteella oppilaiden käsitykset ovat oppimisjaksolla jossain määrin eriytyneet ja niihin liittyvien käsitteiden merkitysisällöt ovat täsmentyneet. Liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä luonnontieteellisen ymmärryksen kehittämisestä on kuitenkin syytä vält-

tää, sillä esimerkkivastauksista ei voida varmuudella päätellä, kuinka oppilas ymmärtää kasvihuoneilmiön ja sen voimistumisen prosessit. Vastaukset voivat kuvata myös oppilaiden ulkoa oppimaa kuvausta ilmastonlämpenemisestä. Aikaisempien tutkimusten mukaan oppilaat käyttävät käsitteitä myös virheellisessä merkityksessä (mm. Koulaidis & Christidou 1999). Tässä tapauksessa kuitenkin oppilaiden vastaukset tietomittauslomakkeen kysymyksiin antavat aihetta olettaa, että oppilailla on ulkolukua syvempi ymmärrys myös ilmiöön liittyvistä prosesseista.

Tietomittauslomakkeidenkin perusteella oppimisjaksolla tapahtui käsitteellistä selkiytymistä, sillä alkumittausta suurempi osuus oppilaista mielsi kasvihuoneilmiön luonnolliseksi ilmiöksi ja ilmastonlämpenemisen puolestaan ympäristöongelmaksi. Luonnollisena ilmiönä kasvihuoneilmiötä piti oppimisjakson jälkeen 81 prosenttia tutkimukseen osallistuneista oppilaista, kun taas ruotsalaistutkimuksessa vastaavasti ajattelevien yhdeksäsluokkalaisten osuus oli 10 prosenttia (Andersson & Wallin 2000). Osalla oppilaista käsitteiden merkitys jäi kuitenkin epäselväksi, sillä oppimisjakson jälkeenkin kasvihuoneilmiötä piti ympäristöongelmana 59 prosenttia oppilaista. Käsitteelliseen selkiintymättömyyteen viittaa myös se, että viisi oppilasta piti otsonikerrosta ja ilmakehää merkitykseltään samansäältäisinä myös oppimisjakson jälkeen. Ristiriitoihin oppilaiden tietorakenteissa viittaa myös se, että oppimisjakson jälkeen suurempi osa oppilaista mielsi siirtymisen hiilivoimasta ydinvoimaan ilmastonlämpenemisen kannalta myönteisenä, vaikka samalla ydinvoimaa ilmastonlämpenemisen aiheuttajana pitäneiden oppilaiden osuus kasvoi.

3. Kasvihuonekaasut

Kasvihuonekaasuja, niiden lisääntymistä ja sen vaikutusta säteilytasapainoon käsiteltiin oppimisjaksolla sekä opettajajohtoisesti että pienryhmätyöskentelyssä. Oppimisjakson jälkeen oppilaiden vastauksista muodostuikin uusi kategoria, jossa kasvihuonekaasut olivat vastauksen keskeisin elementti. Näin vastanneet kahdeksan oppilasta eivät vastauksissaan tarkemmin selittäneet kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kasvun vaikutusta säteilytasapainoon. Tämä ei kuitenkaan välttämättä tarkoita, ettei heillä olisi tietoa säteilyn merkityksestä ilmastonlämpenemisessä, sillä esimerkiksi yksi tähän kategoriaan kuuluvista oppilaista selitti ilmastonlämpenemisen säteilyn avulla ennen oppimisjaksoa kirjoittamassaan vastauksessa (kuvio 5.13). Lisäksi kaksi oppilasta oli selittänyt ilmastonlämpenemisen ennen oppimisjaksoa kasvihuoneilmiön tai sen voimistumisen avulla. Kolmella oppilaalla käsitys ilmastonlämpenemisestä oli muuttunut otsonikadon aiheuttamasta ilmiöstä kasvihuonekaasuista johtuvaksi ilmiöksi.



Kuvio 5.13. Oppimisjakson jälkeen kasvihuonekaasut-kategoriaan kuuluvien oppilaiden arkikäsitusten kategoriat.

Koska kasvihuonekaasut lisääntyvät ilmakehässä. Se johtuu siitä, että käytetään fossiilisia polttoaineita (esim. autoissa), sademetsiä poltetaan, ilmasto lämpenee ja siksi vettä höyrystyy enemmän. (017, ennen oppimisjaksoa kasvihuoneilmiö tai sen voimistumisen-käsitys).

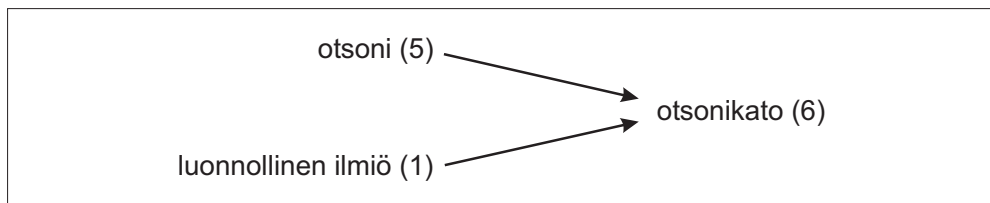
Koska kasvihuonekaasut lisääntyvät. (044, ennen oppimisjaksoa otsoni-käsitys)

Oppimisjakson jälkeen yhtä lukuun ottamatta kaikki oppilaat vastasivat, että kasvihuonekaasuja on ilmakehässä luonnollisesti. Osalla oppilaista oli kuitenkin virheellisiä näkemyksiä kasvihuonekaasuista myös oppimisjakson jälkeen. Muun muassa näkemys lämpimistä kasvihuonekaasuista osoittautui varsin pysyväksi, sillä oppimisjakson jälkeenkin näin ajatteli 15 prosenttia oppilaista.

Oppimisjakson jälkeen oppilaat tunnistivat kasvihuonekaasuja alkumittausta paremmin, erityisesti vesihöyryn, dityppioksidin ja halogenoitujen hiilivetyjen tunnistaminen parani. Huomattavaa kuitenkin on, että otsonia kasvihuonekaasuna pitävien oppilaiden määrä väheni 27 prosenttiyksikköä. Sen sijaan ydinvoimaa ilmastonlämpenemisen aiheuttajana pitävien oppilaiden määrä kasvoi hieman. Eräänä selityksenä tälle saattaa olla se, että oppitunneilla käsiteltiin energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjä yleisesti, joskin esiin tuotiin ydinvoiman ja ilmastonlämpenemisen välisen yhteyden puuttuminen. Nämä tulokset antavat viitettä siihen, että vaikka oppilaiden tietämys kasvihuonekaasuista lisääntyi oppimisjakson aikana, kaikki oppilaat eivät kyenneet muodostamaan selkeää ja eriytyntä käsitystä kasvihuonekaasuista ja niiden päästölähteistä. Lisäksi on huomattava, että vaikka oppilaat tunnistavat kasvihuonekaasuja, he voivat käsittää niiden roolin ilmastonlämpenemisessä virheellisesti (mm. Koulaidis & Christidou 1999).

4. Otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä

Ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon erillisyyttä pyrittiin oppimisjaksolla tuomaan selvästi esiin, vaikka otsonikatoa ei käsiteltykään itsenäisenä ilmiönä. Oppimisjakson jälkeen kirjoitetuissa kirjoitelmissa selvästi pienempi osuus yhdeksäsluokkalaisista yhdisti ilmastonlämpenemisen otsonikatoon tai otsonikerroksen ohenemiseen (kuvio 5.14). Kuudella oppilaalla käsitys otsonikadosta ilmastonlämpenemisen aiheuttajana säilyi oppimisjakson jälkeenkin. Tämän lisäksi yksi aikaisemmin ilmastonlämpenemistä luonnollisena ilmiönä pitänyt oppilas oli oppimisjaksolla muodostanut käsityksen, että otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä.



Kuvio 5.14. Oppimisjakson jälkeen otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä -kategoriaan kuuluvien oppilaiden arkikäsitteiden kategoriat.

Ilmasto lämpenee koska saasteita ja muita joutuu otsonikerrokseen ja se ohenee. (033, ennen oppimisjaksoa otsoni-käsitys)

Otsonikerros ohenee ja maapallon ilmakehä lämpenee ja samalla maa. (035, ennen oppimisjaksoa käsitys ilmastonlämpenemisestä luonnollisena ilmiönä.)

Myös tietomittauslomakkeen perusteella ilmastonlämpenemistä otsonikadon seurauksena pitävien oppilaiden määrä väheni (39 prosenttiyksikköä). Samansuuntaisesti pienempi osuus oppilaista piti UV-säteilyä ilmakehää lämmittävänä säteilynä tai otsonikerrosta lämmöltä suojaavana kerroksena.

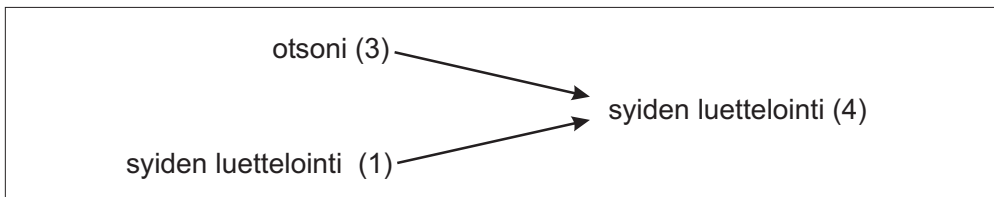
Aikaisemmissa tutkimuksissa on kattavasti dokumentoitu, kuinka käsitys otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen kausaalisuhteesta on pysynyt myös opetuksen jälkeen (mm. Rye ym. 1997; Groves & Pugh 2002). Esimerkiksi Ryen ym. (1997) tutkimuksessa 75 % oppilaista piti ilmastonlämpenemisestä seurauksena otsonikadosta ja/ tai UV-säteilyn lisääntymisestä. Tässä tutkimuksessa kirjoitelmien perusteella arvioituna ilmiöt yhdistävien oppilaiden määrä oli samaa suuruusluokkaa kuin esimerkiksi Anderssonin ja Wallinin (2000) tutkimuksessa, jossa 12 prosenttia yhdeksännen luokan oppilaista yhdisti ilmastonlämpene-

nemisen ja otsonikadon toisiinsa. Osittain tämä ero voi johtua siitä, että Ryen ym. (1997) tutkimukseen osallistuneet oppilaat olivat 6.–8.-luokkalaisten, ja siten heidän luonnontieteelliset opintonsa saattavat olla jonkin verran vähäisempiä. Tietomittauslomakkeen perusteella kuitenkin liki viidennes tähän tutkimukseen osallistuneista oppilaista piti otsonikerroksen ohenemista ilmastolämpenemisen aiheuttajana, mikä viittaa käsityksen pysyvyyteen myös vanhemmilla oppilailla opetuksesta huolimatta.

Merkillepantavaa tämän tutkimuksen tuloksessa on, että oppimisjakson jälkeen ilmastolämpenemisen ja otsonikadon yhdistävistä oppilaista viisi kuudesta oli samasta opetusryhmästä. Eräänä jatkotutkimustarvetta herättävänä selityksenä saattaa olla se, että tässä opetusryhmässä otsonikatoa käsiteltiin hieman muita ryhmiä vähemmän. Näin ollen saattaa olla, että ilmastolämpenemisen ja otsonikadon opiskelu samassa yhteydessä auttaa oppilaita eriyttämään ilmiöt toisistaan ja muodostamaan luonnontieteellisen selityksen mukaisen näkemyksen niistä (ks. myös Rye ym. 1997).

5. Syiden luettelointi

Oppimisjakson jälkeen neljä oppilasta luetteli ilmastolämpenemisen syitä ilman tarkempaa kuvausta ilmiöön liittyvistä prosesseista. Heistä yhdellä oli ennen oppimisjaksoa käsitys otsonikadosta ilmastolämpenemisen aiheuttajana, ja kolme oli luetellut syitä ilmiölle ennen oppimisjaksoakin (kuvio 5.15).



Kuvio 5.15. *Oppimisjakson jälkeen syiden luettelointi -kategoriaan kuuluvien oppilaiden arki-käsitysten kategoriat.*

No saastemäärät on kasvanut huomattavasti viime vuosikymmenien aikana. (019, ennen oppimisjaksoa otsoni-käsitys)

Kun päästöt lisäänty. (032, ennen oppimisjaksoa syiden luettelointi)

Tähän kategoriaan lukeutuvat oppilaat mainitsivat syinä ilmastolämpenemiselle saastemäärien ja päästöjen lisääntymisen, ilmastolämpenemisen sekä säteilyn määrän lisäänty-

misen. Nämä vastaukset ovat pitkälti samansuuntaisia seitsemäsluokkalaisten esittämien ilmastonlämpenemisen syiden kanssa ja heijastelevat pitkälti arkikäsitteitä. Näin ollen nämä oppilaat eivät ole konstruoineet luonnontieteellisen näkemyksen mukaista näkemystä ilmastonlämpenemisestä.

6. Muut vastaukset ja vastaamatta jättäneet

Kahden oppilaan vastaukset luokiteltiin kategoriaan ”muut vastaukset”, koska niiden perusteella ei voitu tehdä johtopäätöksiä tai tulkintoja vastausten taustalla olevasta käsityksestä. Kummallakin näistä oppilaista oli ennen oppimisjaksoa käsitys, jonka mukaan otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä. Tämän lisäksi oppimisjakson jälkeen pyydetty kirjoitelma puuttui yhdeksältä oppilaalta mm. poissaolojen ja tuntijärjestelyjen vuoksi.

Kun arska paistaa. (034, ennen oppimisjaksoa otsoni-käsitys)

Koska lämpösäteitä kimpoilee. (01, ennen oppimisjaksoa otsoni-käsitys)

5.7.2 Yhteenvedo yhdeksäsluokkalaisten käsityksissä ja tiedoissa tapahtuneista muutoksista

Oppimisjakson jälkeen osa tutkimukseen osallistuneista yhdeksäsluokkalaisista oli muodostanut ilmastonlämpenemisestä käsityksiä, jotka lähenivät oppitunneilla käytettyä kouluselitystä. Suurempi osa oppilaista selitti ilmastonlämpenemistä esimerkiksi säteilyn ja kasvihuoneilmaston voimistumisen avulla, minkä lisäksi kasvihuonekaasut nousivat osalla oppilaista ilmiön keskeiseksi tekijäksi. Oppilaiden kirjoitelmien perusteella oppimisjakson aikana osalle oppilaista muodostui laajempi käsitys ilmastonlämpenemisestä. Esimerkiksi kuudesta alkutilanteesta säteilykategoriaan kuuluvasta oppilaasta kaksi selitti ilmastonlämpenemisen kasvihuoneilmaston voimistumisen ja yksi kasvihuonekaasujen avulla. Taulukkoon 5.7 on koottu käsityskategorioiden frekvenssit ennen ja jälkeen oppimisjakson. Nuolien avulla on kuvattu mihin kategoriaan oppilaat ovat siirtyneet kategorioista säteily sekä otsonikato.

Oppilaiden käsityksissä tapahtuneiden muutosten yksityiskohtaisempaa selvittämistä vaikeutti suuri puuttuvien kirjoitelmien määrä. Tästä huolimatta oppimisjaksolla tapahtuvissa käsitysten muutoksissa ei voida havaita selvää säännönmukaisuutta esimerkiksi siten, että ennen oppimisjaksoa ilmastonlämpenemisen kasvihuoneilmaston voimistumisen selittäneet oppilaat olisivat oppimisjakson jälkeen siirtyneet säteily-kategoriaan. Sama voidaan havaita tarkasteltaessa oppilaita, jotka liittyivät otsonikadon kausaalisuhtein ilmastonlämpenemiseen ennen oppimisjaksoa. Näiden oppilaiden käsitykset luokiteltiin viiteen eri kategoriaan oppimisjakson jälkeen. Osalla oppilaista käsitys otsonikadon ja ilmaston-

Taulukko 5.7. Yhteenveto yhdeksännen luokan oppilaiden ilmastonlämpenemiseen liittyvistä käsityksistä ennen oppimisjaksoa ja sen jälkeen. Nuolilla on kuvattu kuinka kahden kategorian oppilaiden käsitykset ovat muuttuneet oppimisjaksolla.

Kategoria	ennen	jälkeen
Säteily	6	8
Kasvihuoneilmiö	6	8
Kasvihuonekaasut	0	8
Otsonikato	22	6
Syiden luettelointi	4	4
Luonnollinen ilmiö	3	0
Muut	0	2
Ei tietoa/vastausta	4	9

lämpenemisen välisestä kausaalisuhteesta osoittautui kuitenkin varsin pysyväksi, joskin näin ajattelevien oppilaiden määrä väheni sekä kirjoitelmien että tietomittauslomakkeiden vastausten perusteella. Oppimisjakson jälkeen myös otsonikerrokseen ja UV-säteilyyn liittyviä virheellisiä vastauksia oli tietomittauslomakkeessa vähemmän.

Tietomittauslomakkeiden vastausten perusteella oppilaiden tietämys säteilystä parani jonkun verran, mutta oppimisjakson jälkeenkin osalla oppilaista oli virheellisiä käsityksiä aiheesta. Säteilystä liittyvä puutteellinen tietämys osoittautuikin ilmastonlämpenemisen erääksi tiedonmuodostusta vaikeuttavaksi tekijäksi, joten aiheen laajempi käsittely ja oppilaiden aiheeseen liittyvien käsitysten tarkasteleminen oppimisjaksolla olisi voinut tukea oppilaiden tiedonmuodostusta ilmastonlämpenemisen prosessista.

Oppimisjaksolla tapahtui käsitteellistä selkeytymistä, esimerkiksi kasvihuoneilmiön ja ilmastonlämpenemisen käsitteet tulivat oppilaille selvemmiksi. Tietomittauslomakkeen vastausten perusteella osalle oppilaista käsitteiden merkityssisältö ei kuitenkaan täysin selkiytynyt. Osalla oppilaista oli virheellisiä tietoja myös kasvihuonekaasuista oppimisjakson jälkeen, joskin kasvihuonekaasujen tunnistaminen parani oppimisjaksolla huomattavasti.

Oppimisjaksolla pyrittiin siihen, että oppilaat muodostaisivat yksittäisiä ja tarkkarajaisia seurauksia laajemman kuvan ilmastonlämpenemisen seurauksista. Osalla oppilaista näkemys seurauksista laajenikin koskemaan myös ilmastonlämpenemisen vaikutuksia ihmisille ja ravintotaloudelle, sillä 78 prosenttia oppilaista mainitsi nälänhädän ilmaston-

lämpenemisen seuraukseksi. Lisäksi peräti 93 prosenttia oppilaista mainitsi kuivuuden lisääntymisen ilmastolämpenemisen seurauksena. Yhden pienryhmän keskustelun perusteella (ks. luku 5.6) oppilaiden vastaukset ilmastolämpenemisen seurauksista saattavat kuitenkin perustua irrallisten asioiden muistamiseen pikemminkin kuin luonnontieteellisten syy-seuraussuhteiden ymmärtämiseen. Loppumittauksessa alkutilannetta useampi oppilas mainitsi lisäksi maanjäristysten voimistumisen ja tulivuortenpurkauksien yleistymisen ilmastolämpenemisen seurauksena. Tämä saattaa osaltaan johtua siitä, että oppitunneilla puhuttiin erilaisten ilmastollisten ääri-ilmiöiden todennäköisestä voimistumisesta, jolloin oppilaat tulkitsivat myös maanjäristykset ja tulivuorten purkaukset sellaisiksi. Näin ollen oppilaiden laaja ymmärrys ilmastolämpenemisen ekologisista tai yhteiskunnallisista seurauksista jäi osalle oppilaista puutteelliseksi.

Vaikkakin oppilaiden ymmärrys ilmastolämpenemisen seurauksista laajeni oppimisjaksolla, kokonaisvaltaisen ymmärryksen muodostumista saattoivat vaikeuttaa puutteet luonnon toimintaperiaatteiden ja kiertokulkujen tuntemuksessa tai se, että oppilaat eivät osanneet liittää ilmastolämpenemisen prosesseja aikaisempiin luonnontieteen opintoihinsa. Oppimisjaksolla olisikin pitänyt laajemmin käsitellä niitä ekologisia prosesseja, joihin ilmastolämpeneminen liittyy ja joiden kautta se aiheuttaa muutoksia luonnossa. Tällöin ilmastolämpeneminen olisi liittynyt osaksi oppilaiden luonnontieteellistä tietämystä, kognitiivista kontekstia (ks. Halldén 1999).

Ennen oppimisjaksoa ilmastomuutoksen rajoittamisen keinoja olivat oppilaiden mielestä pääsääntöisesti kansainväliset sopimukset (71 prosenttia oppilaista), katalyysaattoreiden käyttö autoissa (64 prosenttia) sekä lajittelu ja kierrätys (54 prosenttia). Kaikkien edellä mainittujen keinojen frekvenssi oli loppumittauksessa alkumittausta suurempi. Virheellinen mielikuva katalyysaattoreista ilmastolämpenemisen rajoittamisen keinona voi johtua siitä, että käsitys liikenteen päästöistä ilmastomuutoksen aiheuttajana yleistyi (Boyes & Stanisstreet 1997b). Katalyysaattoreiden toimintaperiaate ei ilmeisestikään ole entuudestaan oppilaille tuttu, eikä sitä käsitelty oppitunneillakaan.

Tällä oppimisjaksolla tarkasteltiin ilmastolämpenemistä pääsääntöisesti luonnontieteellisenä ilmiönä, joten oppimisjakso ei tukenut tieteidenvälistä tai monitieteistä tiedonmuodostusta (ks. Dillon 1993). Tällaisesta ajattelusta näkyi kuitenkin tietomittauslomakkeen vastauksissa viitteitä, sillä oppimisjakson jälkeen oppilaat liittivät muun muassa ravintotalouden kiinteämmin ilmastolämpenemiseen. Yhteiskunnallisen ja sosiaalisen ulottuvuuden tarkastelu luonnontieteellisen tarkastelun lisäksi antaisi kuitenkin oppilaille mahdollisuuden kokonaisvaltaisemman ja kattavamman ymmärryksen muodostamiseen. Ympäristönsuojelun näkökulmasta kuitenkin on mielenkiintoista se, että yli puolet oppilaista koki henkilökohtaiset vaikuttamisen mahdollisuutensa, kuten lajittelun ja kierrättämisen, eräänä keinona hillitä ilmastolämpenemistä. Tämä ei kuitenkaan välttämättä kerro siitä, että oppilaat välttämättä olisivat sisäistäneet henkilökohtaisen ympäristövastuun,

vaan kyseessä voi olla ilmentymä siitä, että kierrätys ja lajittelu mielletään yleisesti ympäristöystävällisenä toimintana ja siten ratkaisumallina myös ilmastonlämpenemiselle (Francis ym. 1993).

5.8 Ilmastonlämpenemisen tiedonmuodostus käsitteellisen muutoksen viitekehyksessä

Käsillä olevan tutkimuksen eräänä tavoitteena on ollut tarkastella ilmastonlämpenemiseen liittyvää tiedonmuodostusta käsitteellisen muutoksen teorioiden valossa. Osalla tutkimukseen osallistuneista seitsemännen luokan oppilaista ei juuri ollut tietoa ilmastonlämpenemisestä, eivätkä he näin ollen olleet muodostaneet aiheesta selkeää käsitystä. Tämä tulos tukee osaltaan mm. Lawsonin (1998) sekä Noblesin ym. (2002) näkemystä siitä, että oppilaille ei ole kaikista ilmiöistä vahvaa ennakkokäsitystä, vaan joidenkin ilmiöiden tiedonmuodostus alkaa pikemminkin tietovarannon kartuttamisella. Tähän viittaa myös se, että osalla oppilaista oli ilmastonlämpenemiseen liittyviä käsityksiä, jotka olivat muodostuneet mm. joukkotiedotusvälineistä saadun informaation liittämistä arkitietoon ja arkiajatteluun. Näin ollen tiedonmuodostuksen alkuvaihetta voitaneen tarkastella assimilatiivisena prosessina, jossa oppilaiden tiedot ilmastonlämpenemisestä lisääntyvät ja ne liitetään jo olemassa olevaan tietoperustaan, arkiajatteluun (Posner ym. 1982; Vosniadou 2005). Oppilas tarkastelee ilmiötä arkielämän lähtökohdista, jolloin situationaalinen konteksti (Halldén 1999) voi ohjata oppilasta virheellisiin johtopäätöksiin. Lisäksi ilman ohjausta tapahtuvan ilmastonlämpenemisen luonnontieteellisen selityksen konstruoinnin näkökulmasta oppilaiden luonnontieteelliset perustiedot ovat seitsemännen luokan keväällä usein varsin puutteelliset. Heidän kognitiivinen kontekstinsa (Halldén 1999) ei välttämättä ole riittävä tietojen tulkintaan ja tarkasteluun tai luonnontieteellisesti relevanttien käsitteiden välisten yhteyksien muodostamiseen, sillä Elorannan (2003) mukaan oppilaiden koulutieto on alaluokilta siirryttäessä usein sirpalemaista eikä muodosta loogisia, toiminnallisia kokonaisuuksia. Esimerkiksi ilmastonlämpenemisen liittäminen ilmakehän vähenemiseen tai otsonikerroksen muutoksiin viittaa virheellisten käsitysten taustalla olevaan luonnontieteellisen perustietämyksen puutteellisuuteen.

Tutkimukseen osallistuneet yhdeksäsluokkalaiset olivat muodostaneet enemmän käsitteitä toisiinsa liittäviä käsityksiä kuin seitsemäsluokkalaiset, sillä ainoastaan syihin ja seurauksiin painottuvien vastausten osuus oli yhdeksäsluokkalaisten aineistossa suhteellisesti pienempi. Vaikka tutkimustulos voi johtua eri luokka-asteiden erilaisista mittareista, tukee se kuitenkin osaltaan näkemystä siitä, että oppilaiden käsityksenmuodostus tapahtuu assimilatiivisesti. Kognitiivisen kontekstin eli luonnontieteellisen viitekehysten merkitystä käsityksenmuodostuksessa puolestaan tukee se, että yhdeksännen luokan aineistossa oli

vähemmän luonnontieteellisesti täysin irrationaalisina pidettäviä vastauksia. Tähän on luonnontieteellisen tiedon lisääntymisen ohella vaikuttanut todennäköisesti myös oppilaiden yleinen kognitiivinen kehittyminen, jolloin kyky kausaaliajatteluun on vanhemmillä oppilailla parempi. Tosin, niin kuin tässä ja aikaisemmissakin tutkimuksissa (mm. Francis ym. 1993; Rye ym. 1997) on todettu, yhdeksännelle luokalle tultaessa oppilailla oli yleistynyt virheellinen käsitys, jossa otsonikato ja ilmastonlämpeneminen yhdistetään kausaalisuhteella. Tämä saattaa viitata siihen, että luonnontieteellinen perustietämys ei kuitenkaan ole ollut riittävän laaja ja syvä ilmastonlämpenemisen luonnontieteellisen selityksen omaehtoiseen konstruointiin, vaikka oppilaat ovatkin saaneet opetusta ilmastonlämpenemiseen liittyvistä luonnontieteellisistä tekijöistä ja prosesseista (esimerkiksi säteilystä ja fotosynteesistä).

Tämän tutkimuksen perusteella ennen ilmastonlämpenemisen kouluopetusta aiheesta tapahtuvaa tiedonmuodostusta voitaneen tarkastella arkitietoon pohjautuvana irrallisista käsitteistä ja tiedoista alkavana tiedon lisääntymisenä ja tietorakenteiden täydentymisenä (conceptual growth) (Duit & Treagust 1998), minkä seurauksena oppilaalle muodostuu jonkinlainen mallinkaltainen tietorakenne (vrt. Eloranta 2003). Tämänkaltainen tiedon assimilaatio johtaa kuitenkin usein myös virheellisiin tulkintoihin ja käsityksiin, minkä vuoksi luonnontieteellisen käsityksen konstruoinniseksi tarvitaan tietorakenteiden rekonstruktioita, esimerkiksi otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen välittömän kausaalisuhteen purkamiseksi sekä säteilyyn liittyvien virheellisten käsitysten korjaamiseksi. Vaikka tässä tutkimuksessa varsinaisen ilmastonlämpenemiseen liittyvän tiedonmuodostuksen lähtökohtana pidetään toisistaan irrallisia tietoja, ei kuitenkaan voida sulkea pois sitä, että esimerkiksi Vosniadoun (1994) kuvaaman kaltainen naiivi viitekehysteoria tai muu vastaava ohjaisi ainakin jossain määrin tietorakenteiden muodostusta. Tätä näkemystä puoltavat myös eri maissa tehdyt tutkimukset, joissa eri-ikäisillä ja luonnontieteelliseltä taustaltaan erilaisilla oppilailla on samankaltaiset virhekäsitykset. Näin ollen virheellisiä käsityksiä ei voidakaan selittää ainoastaan ilmastonlämpenemiseen liittyvän luonnontieteellisen perustietämyksen puutteellisuudella tai oppijan kognitiivisella tasolla. Lisäksi useat tutkijat ovat sitä mieltä, että tiedonmuodostuksen perustana on joitain yleisiä perusolettamuksia, ikään kuin esitietoa, joka vaikuttaa myöhempään tiedonmuodostukseen (Lautrey & Mazens 2004, 401). Tämän tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida sanoa, millaiset ontologiset ja epistemologiset perusolettamukset voivat ohjata ilmastonlämpenemiseen liittyvää tiedonmuodostusta virheellisiin käsityksiin. Voidaan kuitenkin muun muassa pienryhmäkeskustelujen perusteella esittää hypoteesina jatkotutkimuksia varten näiden perusolettamusten liittyvän jollakin tavalla säteilyyn ja sen ymmärtämiseen, jolloin ilmastonlämpenemisen tiedonmuodostus pohjautuisi ns. naiiviin fysiikkaan (Vosniadou 1994).

Tässä tutkimuksessa oppilaiden käsityksenmuodostusta on tarkasteltu käsitteellisen muutoksen viitekehyksessä. Voidaan kuitenkin perustellusti kysyä, voidaanko tässä tutki-

muksessa havaittuja käsitysten muutoksia kutsua käsitteelliseksi muutokseksi termin perimmäisessä merkityksessä. Limónin (2001, 374) mukaan käsitteellisellä muutoksella tarkoitetaan yksinkertaisimmillaan muutosta oppilaalla ennen opetusta olevasta käsityksestä "A" opetuksen jälkeen olevaan käsitykseen "B". Käsityksenmuodostusprosessi ei kuitenkaan ole lineaarinen siirtymä kahden käsityksen välillä, vaan prosessissa on tyypillisesti myös välivaiheita. Näin ollen käsitteellisen muutoksen tarkastelun lähtökohtana täytyy olla se, millainen muutos on mahdollista ja millaista muutosta oppilaalta odotamme, eli millaisen tavoitetaso asetamme ilmiön ymmärtämiselle kullakin ikäkaudella ja opetuksen eri vaiheissa. Tässä tutkimuksessa oppimisen tavoitteeksi asetettiin luonnontieteellistä näkemystä kapeampi ns. opetukseen soveltuva ilmastonlämpenemisen selitys, jota voidaan nimittää koulutiedoksi (ks. 2.2.2). Yli puolet yhdeksännen luokan oppilaista kykeni konstruimaan tämän selityksen mukaisen näkemyksen ilmastonlämpenemisestä, joten näin määriteltynä oppimisjaksolla tapahtui käsitteellistä muutosta.

Ilmastonlämpenemisen liittyvää käsityksenmuodostusta voidaan tarkastella myös Dillonin (1993) esittämän ajatusmallin pohjalta (ks. luku 2.3). Tässä kehyksessä tarkasteltuna voidaan katsoa, että osa tutkimukseen osallistuneista seitsemännen luokan oppilaista oli vaiheessa, jolloin tiettyyn aihepiiriin liittyvien käsitteiden tiedostaminen ja tunnistaminen alkavat. Tässä vaiheessa yksittäiset käsitteet kuitenkin ovat toisistaan irrallisia. Osa seitsemäsluokkalaisista ja suuri osa yhdeksäsluokkalaisista oli kuitenkin muodostanut käsitteiden välisiä yhteyksiä, joista osa oli luonnontieteellisesti korrekkeja ja osa puolestaan virheellisiä. Näin ollen he ovat Dillonin mallin mukaisesti toisessa vaiheessa, jolloin käsitteellisen muutoksen prosessin voidaan katsoa edenneen tietylle tasolle. Tämän aineiston perusteella tieteiden välinen lähestymistapa, jossa yksittäisten käsitteiden ymmärrys vahvistuu ja käsitteiden toisiinsa sitoutuneisuus tulee tunnistetuksi, oli hyvin vähäistä. Tästä ovat esimerkkeinä oppilaiden vaikeudet tarkastella ilmastonlämpenemistä eri näkökulmista ja vaikeudet yhdistää muiden luonnontieteiden oppitunneilla opittuja tietoja (esimerkiksi säteilystä) kyseisen ilmiön käsittelyyn. Ilmastonlämpeneminen on kuitenkin luonnontieteellinen ja yhteiskunnallinen ilmiö, joka vaatisi kansalaisilta Dillonin mallin mukaisesti ilmaistuna monitieteisen näkökulman oppimista. Tämä asettaakin suuria haasteita niin luonnontieteiden opetuksen tutkimukselle ja kehittämiselle kuin käytännön opetustyöllekin.

Tämän empiirisen tutkimuksen perusteella ilmastonlämpenemisen tiedonmuodostus alkaa assimilatiivisena prosessina, jossa arkiajatteluun liitetään luonnontieteellistä tietoa. Tiedon lisääminen ei kuitenkaan yleensä johda luonnontieteellisesti oikeiden käsitteiden välisten suhteiden luomiseen. Syynä tähän voi olla virheellinen tiedon tulkinnan konteksti, jolloin tieteellistä tietoa tulkitaan arkielämän lähtökohdista. Lisäksi tulkitsijan kognitiivisen kontekstin, luonnontieteellisen perustietämyksen, puutteet saattava johtaa virheellisiin tulkintoihin. Lisäksi samankaltaisuudet eri-ikäisten oppilaiden käsityksissä viittaa sii-

hen, että myös ilmastonlämpenemiseen liittyvä tiedonmuodostus voi pohjautua jonkin kaltaiseen naiiviin viitekehysteoriaan. Tutkimuksen perusteella tämä tiedonmuodostusta ohjaava esitieto voi liittyä säteilyyn. Näin ollen tietorakenteiden täydentymisen lisäksi tarvitaan myös niiden rekonstruktiota, jotta pystytään muodostamaan luonnontieteellisen selityksen kanssa yhdenmukainen käsitys ilmastonlämpenemisestä.

Tämän tutkimuksen lähtökohtana oli pääsääntöisesti yksilöiden kognitiivisten representaatioiden selvittäminen, joskin sosiaalinen vuorovaikutus nähtiin yksilöllistä tiedonmuodostusta tukevana ja strukturoivana tekijänä. Tutkimus antaa kuitenkin vahvasti viitteitä siitä, että käsitteellisen muutoksen tutkimuksessa tulisi entistä vahvemmin huomioida sosiaalinen vuorovaikutus sekä oppimisen ja tiedon sidonnaisuus kontekstiin. Kontekstilla voidaan tarkoittaa oppimisen sosiaalisen ja kulttuurisen kontekstin lisäksi myös kognitiivista ja situationaalista kontekstia (Halldén 1999). Tämän tutkimuksen tulokset tukevatkin useita käsitteellisen muutoksen teorioita. Myös Venvillen ja Treagustin (1998) tutkimuksessa todettiin, että käsitteellisestä muutoksesta esitetyt teoriat eivät ole toisiaan pois-sulkevia vaan täydentävät toisiaan tarkastelemalla ilmiötä eri näkökulmista.

6

Tutkimuksen arviointi ja päätelmät

Tämän tutkimuksen päämääränä on luonnontieteiden, erityisesti ilmastolämpenemisen opetuksen ja oppimisen, tutkimuspohjainen kehittäminen oppilaiden käsityksiä sekä käsityksenmuodostusprosessia selvittämällä. Oppilaiden käsityksiä on tarkasteltu käsitteellisen muutoksen teoreettisessa viitekehyksessä. Tutkimuksessa havaittiin, että yläluokkalaisilla oppilailla on ilmastolämpenemisestä useita erilaisia arkikäsitteitä, joista suuri osa on luonnontieteellisesti tarkasteltuna virheellisiä. Käsitteissä tapahtui kuitenkin muutoksia yläluokkien aikana ja edelleen ilmastolämpenemistä käsittelevällä oppimisjaksolla. Oppilaiden käsityksissä tapahtuvia muutoksia tarkasteltiin käsitteellisen muutoksen teorioiden valossa, ja käsityksenmuodostuksen lähtökohtana havaittiin olevan arkikäsitteiden ja tieteellisen tiedon yhdistäminen. Tutkimuksen ja sen tulosten arvioinnin näkökulmasta on kuitenkin syytä tarkastella, täyttääkö käsillä oleva tutkimus tieteelliselle tutkimukselle asetettavat vaatimukset.

6.1 Tutkimusongelmiin vastaaminen

Tieteellisen tutkimuksen päämääränä on vastata asetettuihin tutkimusongelmiin. Tässä tutkimuksessa asetettiin neljä tutkimusongelmaa (luku 4.1), joiden selvittämiseksi toteutettiin empiirinen tutkimus. Seuraavassa vastataan tiiviisti näihin kysymyksiin. Ensimmäinen tutkimusongelma koski oppilaiden arkikäsitteitä ilmastolämpenemisestä ja selvitti kahden tutkittavan ikäryhmän käsitteiden eroja.

1. Millaisia käsityksiä oppilailla on ilmastolämpenemisestä ennen kouluopetusta?
 - 1.1 Millaisia arkikäsitteitä on 7. luokan oppilailla?
 - 1.2 Millaisia oppilaiden arkikäsitteitä ovat 9. luokalla?
 - 1.3 Onko seitsemäs- ja yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden arkikäsitteissä eroja?

Oppilaiden käsityksiä selvitettiin kirjallisten kyselyjen avulla (luvut 4.5–4.6). Kummankin ikäryhmän aineisto analysoitiin aineistolähtöisesti ja analyysin perusteella muodostui oppilaiden käsityksiä kuvaavat käsityskategoriat. Tutkimuksen perusteella seitsemäsluokkalaisilla oppilailla on useita erilaisia arkikäsityksiä ilmastonlämpenemisestä. Käsityksissä voitiin erottaa kaksi pääkategoriaa, joista toisessa oppilaat liittivät ilmastonlämpenemisen kausaalisuhtein otsonikatoon, kun taas toisessa tällaista yhteyttä ei muodostettu. Suurin osa niistä tutkimukseen osallistuneista oppilaista, jotka eivät yhdistäneet kyseisiä ilmiöitä, toi vastauksessaan esiin ilmastonlämpenemisen syitä ja / tai seurauksia. Tämä viittaa siihen, että näille oppilaille ei ole muodostunut käsitystä ilmastonlämpenemisen mekanismista. Suuri osa oppilaista toisti viriketekstin sisältöä ilman lisäinformaatiota ilmastonlämpenemisestä, eli nämä oppilaat eivät tunnistaneet ilmiötä viriketekstistä. Muut tämän pääkategorian alakategorioista olivat lukumääräisesti pienempiä. Näissä oppilaat selittivät ilmastonlämpenemisen joko siten, että lämpö ei pääse takaisin avaruuteen, tai lämpimillä hiili-dioksidipäästöillä tai ilmakehän vähenemisellä. Viimeksi mainittu kategoria muistuttaa toisen pääkategorian suurinta kategoriaa, jossa oppilaiden käsityksen mukaan otsonikato tai otsonikerroksen muutokset aiheuttavat ilmastonlämpenemistä. Harvinaisempia olivat ne käsitykset, joissa ilmastonlämpeneminen aiheuttaa otsonikatoa tai ilmiöt oli käsitetty yhdeksi ja samaksi ilmiöksi.

Tutkimukseen osallistuneiden yhdeksäsluokkalaisten kirjoitelmien välittämässä käsityksissä oli vähemmän variaatiota kuin seitsemäsluokkalaisten käsityksissä. Seitsemäsluokkalaisten tavoin suuri osa yhdeksäsluokkalaisista oli liittänyt otsonikerroksen muutokset ilmastonlämpenemiseen. Lisäksi osa oppilaista toi esiin vain ilmastonlämpenemisen syitä tai piti ilmastonlämpenemistä luonnollisena ilmiönä. Muutoin yhdeksäsluokkalaisten käsitykset sisälsivät enemmän elementtejä ilmiön luonnontieteellisestä selityksestä, sillä osa oppilaista selitti ilmastonlämpenemisen säteilyn tai kasvihuoneilmiön ja sen voimistumisen avulla. Lisäksi yhdeksännen luokan aineistossa ei enää ilmennyt niin monia selvästi virheellisiä käsityksiä, joita seitsemäsluokkalaisilla esiintyi. Tämä viittaa siihen, että yhdeksäsluokkalaiset pystyvät paremmin arvioimaan käsitteiden välisten suhteiden merkitystä luonnontieteellisessä kontekstissa.

2. Mistä oppilaat ovat saaneet tietoa arkikäsitystensä muodostamiseksi?

Aineisto tähän tutkimusongelmaan vastaamiseksi kerättiin monivalintakyselyillä oppilaiden käsitysten selvittämisen yhteydessä. Tähän tutkimukseen osallistuneet oppilaat, sijoituivatpa he mihin käsityskategoriaan tahansa, olivat saaneet tietoa ilmastonlämpenemisestä pääasiassa tv-uutisista sekä koulusta. Ainoastaan kahdessa seitsemäsluokkalaisten kategoriassa koulu ei noussut tärkeimmäksi tietolähteeksi. Tämän tutkimuksen mukaan oppilaat keskustelevat ilmastonlämpenemisestä myös vanhempiensa kanssa.

3. *Millaisia muutoksia yhdeksäsluokkalaisten käsityksissä ja tiedoissa tapahtuu ilmastonlämpenemistä tarkastelevan oppimisjakson aikana?*

Oppimisjakson aikana selvästi virheelliset käsitykset ilmastonlämpenemisestä vähenivät ja luonnontieteellisesti relevanttien käsitysten osuus lisääntyi. Oppimisjakson jälkeen enmistä suuremmalla osalla oppilaista käsitys ilmastonlämpenemisestä pohjautui säteilyyn tai kasvihuoneilmion voimistumiseen. Lisäksi oppilasvastausten perusteella muodostui uusi käsityskategoria, jossa oppilaan selitys ilmastonlämpenemisestä nojautuu kasvihuonekaasuihin ja niiden lisääntymiseen ilmakehässä. Reilulla kymmenesosalla oppilaista oli kuitenkin oppimisjakson jälkeenkin virheellinen käsitys, jonka mukaan otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä. Tietomittauslomakkeiden perusteella tätäkin useampi oppilas oli liittännyt otsonin jollain tavalla ilmastonlämpenemiseen, vaikka yhteys ei tullut esille kirjoitelmassa. Eräänä syynä siihen, että oppilaat eivät kyenneet konstruoimaan opetukseen soveltuvan selityksen mukaista käsitystä ilmastonlämpenemisestä, on tämän tutkimuksen mukaan puutteellinen luonnontieteellinen tietämys, erityisesti säteilyyn liittyvistä seikoista. Osa oppilaista esimerkiksi liitti UV-säteilyyn lämpösäteilyn ominaisuuksia ja osalla tietämys luonnon kiertokuluista (esim. hiilen kierrosta) oli puutteellista.

4. *Kuinka ilmastonlämpenemisen käsityksenmuodostusta voidaan kuvata käsitteellisen muutoksen viitekehyksessä?*

Tämän tutkimuksen perusteella ilmastonlämpenemisen käsityksenmuodostus alkaa assimilaatiivisesti. Tällöin luonnontieteellistä, usein joukkotiedotusvälineistä peräisin olevaa, sirpalemaista tietoa liitetään arkiajatteluun. Tiedon määrän lisääntyttyä oppilaat muodostavat käsityksiä, jotka varsin usein poikkeavat ilmastonlämpenemisen luonnontieteellistä selityksestä. Eräänä syynä virheellisten käsitteiden välisten suhteiden luomiseen on tämän tutkimuksen perusteella kognitiivisen kontekstin (Halldén 1999) kapeus, eli oppilaiden luonnontieteellinen perustietämys osoittautui etenkin säteilyyn liittyviltä osin puutteelliseksi. Lisäksi luonnontieteellistä tietoa tulkitaan arkielämän lähtökohdista, jolloin situationaalinen konteksti ohjaa muodostamaan virheellisiä yhteyksiä käsitteiden välille. Tämän tutkimuksen perusteella oppilaiden käsityksenmuodostusta ei voida selittää yksinomaan kognitiivisen kontekstin avulla. Eri-ikäisten oppilaiden samantyyppiset käsitykset, joissa otsonikato on liitetty ilmastonlämpenemiseen, viittaavat siihen, että käsityksenmuodostuksen taustalla voi olla naiivin viitekehysteorian (Vosniadou 1994) kaltainen tiedostamaton esitieto, jonka varassa oppilas tekee tulkintoja ja johtopäätöksiä.

Näin ollen tässä tutkimuksessa on vastattu asetettuihin tutkimusongelmiin. Seuraavaksi arvioidaan tutkimuksen toteuttamista ja laadullisuutta, jotta lukija voi tehdä johtopäätökset ylläesitettyjen tutkimustulosten luotettavuudesta.

6.2 Tutkimuksen arviointia

Tutkimusotteen valinta on merkittävä tutkimuksen laatuun ja sen arviointiin vaikuttava ratkaisu. Tässä tutkimuksessa tutkimusotteeksi pääosin valittiin kvalitatiivinen tutkimus, sillä tutkimuksen tavoitteena oli oppilaiden esille tuomien käsitysten kartoittaminen, ymmärtäminen ja tulkitseminen, sen sijaan että pyrittiin tuottamaan koko perusjoukkoon yleistettävää tietoa tiettyjen ilmastonlämpenemistä koskevien käsitysten yleisyydestä. Tutkimusaiheen lisäksi myös kerätty aineisto oli luonteeltaan laadullista. Näin ollen tutkimuksen päämäärä, aineisto ja valittu tutkimusote ovat keskenään ristiriidattomia, ja siten menetelmää voidaan pitää luotettavana (Varto 1992, 106–107). Kvalitatiiviseen tutkimusotteeseen liitettiin tässä tutkimuksessa myös aineiston kvantitatiivinen tarkastelu, sillä se täydensi tutkimuksen laadullisen aineiston avulla muodostettua kuvaa tutkittavasta ilmiöstä ja siten tuotti syvällisempää tietoa muun muassa opetuksen suunnittelun lähtökohdaksi (Johnson & Christensen 2004). Kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimusotteiden hyödynämisen heikkouksina voidaan Johnsonin ja Christensenin (2004, 414) mukaan pitää sitä, että se on kalliimpaa ja vaatii enemmän aikaa. Lisäksi se edellyttää menetelmätietoutta sekä kvantitatiivisesta että kvalitatiivisesta tutkimuksesta. Tätä tutkimusta tehdessäni olen työskennellyt tutkimusprojekteissa, joissa on hyödynnetty kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Tämä lisää osaltaan tutkimuksen kvantitatiivisen tarkastelun luotettavuutta.

Tutkimuksessa, jossa on hyödynnetty sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmiä, tulisi myös tutkimuksen luotettavuutta tarkastella kummankin lähestymistavan kriteerien valossa (Tashakkori & Teddlie 1998). Tässä tutkimuksessa kvantitatiivisen aineiston analysoinnin oikeellisuutta voidaan tarkastella oppilaiden vastausten luokittelun ja koodauksen oikeellisuuden kautta. Tutkimus painottuu kuitenkin pääosin kvalitatiiviseen tarkasteluun, joten pohjaan arvioinnin kvalitatiivisen tutkimuksen arvioinnin kriteereihin. Kvalitatiivisen tutkimuksen arviointiperusteet eivät kuitenkaan ole siinä määrin vakiintuneita kuin kvantitatiivisessa tutkimusperinteessä (Sormunen 2004, 348), joten tutkijan on tehtävä valinta olemassa olevien arviointiluonnehdintojen välillä. Toteutettua tutkimusta arvioidaan tutkimusprosessin päätteeksi Milesin ja Hubermanin (1994, 277–280) esitykseen pohjautuvan ja Sormusen (2004, 349) mukaileman arviointikriteeristön perusteella (taulukko 6.1). Kyseinen kriteeristö on varsin yksityiskohtainen ja siinä avataan laajasti tutkimusprosessin eri tekijät. Lisäksi Sormusen tutkimuskohteena olivat oppilaiden näkemykset, joten näissä tutkimuksissa on tiettyä samankaltaisuutta ja arvioiminen samoin kriteerein on perusteltua.

Taulukko 6.1. Tutkimuksen laadun kriteerit [Miles & Huberman (1994, 277–280), Sormusen (2004, 349) mukaelma].

Laadullisuuden kohde	Laadun tarkkaileminen
Uskottavuus ja autenttisuus	<ul style="list-style-type: none"> • proseduurien seurattavuus • kontekstin kuvaus • aineiston tarkistettavuus ja saatavuus • analysoinnin kuvaus • analysoinnin oikeellisuus • löydösten esittäminen • löydösten käsitteellinen koherenssi • johtopäätösten ja löydösten yhteys • tutkijan ymmärrys • eettiset näkökulmat
Luotettavuus ja pysyvyys	<ul style="list-style-type: none"> • tutkimuskysymysten selkeys • tutkijan aseman eksplikointi • viitekehysten selkeys • aineistonhankinnan mielekkyys • analyysin tarkistaminen • triangulaatio
Sovellettavuus ja yleistettävyys	<ul style="list-style-type: none"> • asetelman yksityiskohtaisuus • asetelman haastavuus • yleistettävyyden ehdot • esittämisen tarkkuus
Hyödynnettävyys ja katalyyttisyys	<ul style="list-style-type: none"> • saavuttavuus • suosittelavuus • uuden pohjustavuus

Tutkimuksen autenttisuus ja uskottavuus

Tutkimuksen uskottavuudella kuvataan sitä, kuinka hyvin tutkijan tekemät tulokset, rekonstruktiot, vastaavat tutkittavien todellisuudesta tekemiä alkuperäisiä konstruktteja. Jotta lukija voisi arvioida tämän tutkimuksen uskottavuutta ja autenttisuutta, olen kuvannut tutkimukseni proseduurit tutkimusongelmien asettamisesta johtopäätösten tekemiseen sillä tarkkuudella, että lukijan on mahdollista arvioida tutkijan tekemiä ratkaisuja ja niiden mielekkyyttä. Tämän vuoksi olen tutkimusraportissa kuvannut tutkimuksen sekä teoreettista että empiiristä kontekstia mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Luvussa 2.3 olen tarkastellut tutkimuksen teoreettisia lähtökohtia sekä oppimisteorioiden että käsitteellisen muutoksen teorioiden näkökulmasta. Tutkimuksen empiirisen toteuttamisen kontekstin kuvaamiseen lukeutuu puolestaan seitsemäsluokkalaisten lomakekyselyn ja yhdeksäsluokkalaisten ilmastonlämpenemistä koskevan oppimisjakson toteuttamisen yksityiskohtainen

kuvaaminen (lukuissa 4.4–4.5 sekä liitteissä 4 ja 5). Lisäksi olen kuvannut oppimisjaksoa liitteenä esitetyssä videoaineistoon pohjautuvassa oppimisjakson kuvauksessa. Autenttisia otteita oppimisjakson tapahtumista olen esittänyt pienryhmätyöskentelyä kuvaavassa luvussa (5.4). Tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden kognitiivista kontekstia luonnontieteen osalta olen puolestaan kuvannut luvussa 4.3 tutkimuksen kohdejoukkojen kuvaamisen yhteydessä. Tämä kuvaus pohjautuu pitkälti opetussuunnitelmiin, ja osoittautui käytännössä jossain määrin virheelliseksi, esimerkiksi säteilyyn liittyvän osaamisen kohdalla. Oppilaiden kognitiivisen kontekstin kuvaus olisi voinut olla tarkempi, jos minulla tutkija-opettajana olisi ollut pidempi kokemus käytännön opetustyöstä kyseisillä luokka-asteilla.

Tutkimuksen teoreettiset lähtökohdat tuovat esiin kontekstin lisäksi myös tutkijan *ymmärryksen tutkimuskohteesta*. Kvalitatiivinen tutkimus on aina jossain määrin subjektiivista, eikä tutkijan osuutta tutkimusprosessin aktiivisena osana voida näin ollen sulkea pois (Hammersley & Atkinson 1995, 18). Kuten edellä kävi ilmi, taustani ja kokemukseni ovat eittämättä vaikuttaneet tutkimusprosessiin. Kasvatustieteellisen orientaation lisäksi minulla on myös luonnontieteellinen tausta. Yksinomaan kasvatustieteellisistä lähtökohdista tehtynä tutkimuksen painotukset olisivat todennäköisesti olleet erilaisia, joissain tapauksissa tulkinnat ehkä syvempiä. Luonnontieteellinen osaaminen on kuitenkin ollut lähes välttämätön tutkimuksessa käsitellyn luonnontieteellisen ilmiön moniulotteisuuden ja kompleksisuuden vuoksi. Näin ollen sisällöllinen osaaminen on osaltaan syventänyt tutkimuksen luonnontieteellistä näkökulmaa. Pedagoginen kokemukseni sen sijaan on varsin vähäinen, millä on ollut vaikutusta oppimisjakson toteutukseen. Toisaalta tämä voidaan nähdä vahvuutena, sillä minulla ei ollut vuosien totuttuja käytänteitä painolastinani. Näin ollen oppimisjakson toteutus tältä osin vastaa jonkin verran opetuskokemusta omaavan opettajan toimintaa.

Minulla tutkijana tutkimusprosessin alussa ollut esiymmärrys oppilaiden ilmastonlämpenemistä koskevista käsityksistä on voinut heijastua aineiston analysointiin ja tulosten tulkintaan. Analysoinnin luotettavuuden edellytyksenä voidaan näin ollen pitää tutkijan taustaolettamusten tiedostamista ja esille tuomista. *Analysoinnin oikeellisuuden* arvioiminen ei sisällön analyttisessä tutkimuksessa voi perustua yksityiskohtaisten sääntöjen noudattamisen kontrollointiin, sillä sisällön analyysiin ei tällaisia sääntöjä ole. Näin ollen analyysin oikeellisuutta voidaan tarkastella analyysin perusteella muodostettujen kategorioiden kautta. Tässä tutkimuksessa kategorioiden arvioimiseen sovelsin Ahosen (1994) ensisijaisesti fenomenografisen tutkimuksen luotettavuuden arviointiin tarkoitettuja kriteereitä, jotka ovat kategorioiden aitous ja relevanssi.

Kategorioiden *aitoudella* tarkoitetaan sitä, että tutkittavien käsitykset vastaavat tutkijan niiden perusteella muodostamia kategorioita. Tässä tutkimuksessa kategorioiden aitoutta pyrin osoittamaan autenttisin tekstiesimerkein, joiden nojalta lukija voi arvioida, onko aineistoa yli- tai alitulkittu ennako-oletustensa valossa. Tietyt ristiriidat tämän aineiston

pohjalta nousseiden kategorioiden ja aikaisempien tutkimustulosten sekä seitsemännen ja yhdeksännen luokan aineistojen välillä viittaavat siihen, että ylitulkintaa ei ole tapahtunut ja aineiston analysoinnissa on kyetty huomioimaan useita näkökulmia (Yin 2003). Varsin syvällinen keino kategorioiden aitouden arvioimiseksi olisi antaa ne arvioitavaksi tutkimukseen osallistuneille oppilaille (Tuomi & Sarajärvi 2003, 139). Tässä tutkimuksessa sen ei kuitenkaan katsottu antavan sellaista lisäarvoa, jotta varsin mittava arviointikierros olisi katsottu aiheelliseksi. Yhdeksännen luokan oppilaiden tapauksessa se olisi ollutkin käytännössä erittäin vaikeaa, koska analyysin valmistuessa oppilaat olivat jo siirtyneet toisen asteen opintoihin. Yhdysvaltalaisessa laadullisen tutkimuksen perinteessä on Tuomen ja Sarajärven (2003, 139) mukaan tyypillistä käyttää rinnakkaisluokittelijaa ja laskea yksimielisyyserroin näiden välille. Tässä tutkimuksessa rinnakkaisluokittelijan käyttö osoittautui hankalaksi, koska aiheeseen perehtynyttä rinnakkaisluokittelijaa oli vaikea löytää analyysin mittavuuden ja ajallisen kuormittavuuden vuoksi. Kategoriat ovat tutkimuksellisesti *relevantteja* silloin, kun eivät ole ristiriidassa tutkimuksen teorian kanssa (Ahonen 1994). Tässä tutkimuksessa tutkimusaineiston perusteella muodostettujen kategorioiden avulla on pystytty vastaamaan teorian pohjalta muodostettuihin tutkimuskysymyksiin, mikä viittaa kategorioiden ja teorian yhteensopivuuteen. Aineiston analysoinnin oikeellisuudesta antaa viitteitä myös se, että käsitykseni tutkimuskohteesta ovat muuttuneet prosessin myötä. Näin ollen tutkijan esiymmärrys ei ole ollut analyysiprosessin hallitsevin piirre.

Kirjallisen aineiston analyysiä on osaltaan vaikeuttanut se, että osalla oppilaista kirjalliset ilmaisut olivat varsin niukkoja. Tutkimuksen luotettavuuden lisäämiseksi jätin lyhimät ilmaisut analyysin ulkopuolelle. Kaikki luotettavasti tulkittavat ilmaisut kuitenkin analysoitiin eivätkä tulkinnat siten perustu aineistosta satunnaisesti tehtyihin poimintoihin, jolloin aineistoa voidaan pitää tältä osin kattavana (Mäkelä 1990). Lisäksi luotettavuutta pyrittiin lisäämään sillä, että tarkastelin oppilaiden ilmaisuja mahdollisimman laajoina kokonaisuuksina, tulkintayksiköinä niiden sisältämän merkityksen ymmärtämiseksi. Pelkän ilmastonlämpenemisen tai -muutoksen käsitteen mainitsemista ei tulkittu ilmiön ymmärtämiseksi, sillä käsitteen tunnistaminen ei välttämättä tarkoita sen merkityssisällön ymmärtämistä (Eloranta 2001). Tosin perustellusti voidaan myös kysyä, kuvaavatko oppilaiden laajemmatkaan ilmaisut ilmiön ymmärtämistä vai heijastelevatko ne osin opitunneilla tai muissa yhteyksissä ulkoa opittuja kuvauksia tarkasteltavasta ilmiöstä. Oppilaiden vastausten ylitulkintaa on pyritty välttämään muun muassa keräämällä yhdeksännen luokan oppilailta aineistoa avoimessa muodossa, monivalintatehtävin sekä videoimalla oppimistilanteiden keskusteluja.

Videoaineiston niin sanotun telescoping metodin (Lesh & Lehrer 2000, 681) vuoksi aineistosta on saattanut jäädä joitain yksittäisiä huomioita tekemättä. Videoaineiston perusteella tehtyjen päätelmien tueksi on luotettavuuden lisäämiseksi käytetty myös muuta aiheistoa (Roschelle 2000, 725). Videoaineiston analyysi aloitettiin kun aineisto oli koko laa-

juudessaan kerätty. Alustava analyysi oppimisjakson kuluessa olisi kuitenkin antanut opettajana toimineelle tutkijalle arvokasta tietoa oppimisprosessin tukemiseksi.

Aineiston analyysissä oppilaiden vastauksia olen tarkastellut aktiivisten ja intentionaalisten toimijoiden pyrkimyksinä ymmärtää todellisen maailman ilmiötä. Näin ollen tutkimuksen taustafilosofia ja analyysi ovat sopusoinnussa keskenään. Samalla korostuu myös tutkimuksen *eettisyys*, sillä analyysissä on ollut pyrkimyksenä tuoda esiin oppilaiden ilmaisuilleen antamat merkitykset, toisin sanoen tuoda oppilaiden ”ääni kuuluviin”. Samaten oppilaiden henkilösuojaan kiinnitin erityistä huomiota: oppilaiden kirjallisia ilmaisuja ei raportista voida yhdistää tiettyyn oppilaaseen eikä videonauhoja tai äänikasetteja ole annettu muiden nähtäväksi. Eettisyyden vuoksi kiinnitettiin lisäksi huomiota siihen, että tutkimusryhmiin kuuluvilla yhdeksännen luokan oppilailla oli muiden oppilaiden kanssa yhtäläiset oppimismahdollisuudet.

Jotta lukijalla olisi mahdollisuus arvioida analyysin oikeellisuutta, olen raportissa pyrkinyt esittämään menetelmälliset prosessit riittävän yksityiskohtaisesti. Olen pyrkinyt *kuvaamaan* myös aineistoa laajasti ja mahdollisimman autenttisesti, esimerkiksi käyttämällä runsaasti tekstinäytteitä havainnollistamaan käsityskategorioita ja oppimisjaksoa (Yin 2003). Lukijalla on lisäksi mahdollisuus *tarkistaa aineistoa* ja siitä tekemiäni johtopäätöksiä, sillä kaikki tutkimusprosessin aikana kerätty aineisto on talletettu ja siten *saatavissa* alkuperäisen aineiston tarkistamista varten.

Tutkimuksen tulosten eli *löydösten esittämisessä* olen pyrkinyt sekä tarkkuuteen että luotavuuteen. Olen esittänyt päätulokset taulukoissa, joiden informaatiota olen täydentänyt kuvailemalla kategorioita sekä sanallisesti että kuvien avulla. Lisäksi olen selkeästi esittänyt vastaukset kuhunkin tutkimusongelmaan. Löydösten esittämisessä jouduin kuitenkin tekemään joitain kompromisseja, esimerkiksi tulosten esittämisjärjestyksen loogisuuden suhteen.

Löydösten *käsitteellistä koherenssia* tarkastelen tässä yhteydessä löydösten sisäisen yhtenevyyden näkökulmasta. Tutkimuksen eri osien tulosten analysoinnissa ja tulosten tarkastelussa on pyritty johdonmukaisuuteen, joka pohjautuu raportissa esille tuotuun teoreettiseen ymmärrykseen. Samaten löydösten pohjalta tehdyt *johtopäätökset* ovat syntyneet julkittuomieni käsitysteni valossa. Raportissani olen pyrkinyt avoimesti tuomaan esiin myös tekemiäni tulkintojen rajoitukset. Raportoinnissani olen pyrkinyt siihen, että lukija voi tehdä oman teoreettisen ja kokemusperäisen tietonsa nojalla omat tulkintansa ja johtopäätöksensä sekä tarkastella niitä suhteessa tässä tutkimuksessa esittämiini päätelmiin.

Tutkimuksen luotettavuus ja pysyvyys

Kvantitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa käytetään eräänä mittarina usein sitä, kuinka samankaltaisia tutkimustulokset ovat, jos tutkimus toistetaan uudestaan esimerkiksi toisen tutkijan toimesta (tutkimuksen reliabiliteetti). Sen sijaan kvalitatiivisen

tutkimuksen subjektiivisuuden ja tutkimustilanteiden ainutlaatuisuuden vuoksi tutkimuksen toisto ja samanlaiset tulokset ovat yleensä mahdottomia. Näin ollen tutkimuksen luotettavuutta ja pysyvyyttä arvioidaan tässä tutkimuksessa siten, että lukijalle pyritään tekemään koko tutkimusprosessi näkyväksi, jotta lukija voi pohtia, olisivatko hänen tulkintansa samantapaisesta aineistosta tässä tehtyjen johtopäätösten kaltaisia.

Tutkimuksen teoreettisen taustan olen esittänyt luvussa 2 sekä tieteenfilosofisesti että oppimisteoreettisesti. Tutkimuksessa oppimista tarkastellaan konstruktivistisesta lähtökohdasta, mutta tieteenfilosofisesti sanoudutaan irti konstruktivismin totuuskäsityksestä. Näin ollen jännite kasvatustieteellisen ja luonnontieteellisen orientaation välillä tuodaan esiin. Konstruktivismin näkemys aktiivisesta ja intentionaalisesta oppijasta on yhdenmukainen tutkijan oppimis- ja ihmiskäsityksen kanssa. Oppija nähdään aktiivisena tiedonrakentajana myös käsitteellisen muutoksen teoreettisessa viitekehyksessä, joka on ollut keskeinen teoreettinen tausta tässä tutkimuksessa. Käsitteellisen muutoksen lähtökohta sopii tämän tutkimuksen päämääriin myös sen vuoksi, että se tarjoaa hyvät lähtökohdat luonnontieteiden oppimisen ja opetuksen kehittämiseksi, mikä on ollut orientaationa myös tässä tutkimuksessa. Oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisestä olisi voitu tarkastella myös fenomenografisesti. Fenomenografisen tutkimusotteen teoreettinen näkemys poikkeaa kuitenkin tässä tutkimuksessa taustalla olevasta konstruktivistisesta oppimisenäkemystä. Fenomenografisessa tutkimuksessa käsitykset mielletään kognitiivisina konstruktioneina ja siten dualistisen todellisuuskäsityksen heijastumina. Fenomenografiassa puhutaankin tiedon konsturoinnin sijaan tiedon konstituoinnista (Hella 2003, 313.) Näin ollen tutkimuksen teoreettinen *viitekehys* on johdonmukainen ja *selkeä*.

Tutkimusprosessin lähtökohtana on tutkimustehtävä, jonka perusteella muodostetaan tutkimusongelmat. Käsillä olevan tutkimuksen tutkimusongelmat heijastavat myös tutkimuksen taustafilosofiaa ja teoreettisia lähtökohtia, joten ne ovat ristiriidattomia. *Tutkimusongelmat* olen määritellyt *selkeästi* ja yksiselitteisesti, ja niihin oli mahdollista vastata toteutetun empiirisen tutkimuksen avulla.

Tutkimuskohteen luonne sekä se, millaisin analyyttisin keinoin aineistoa lähestytään, määrittävät *aineistonhankinnan mielekkyyttä*. Tämän tutkimuksen lähestymistavaksi soveltuu kvalitatiivinen tutkimusote, sillä tutkimus pyrki ymmärtämään ja kartoittamaan oppilaiden erilaisia käsityksiä ilmastonlämpenemistä.

Tutkimuksen kartoittavan luonteen vuoksi varsin avoin kysymyksenasettelu soveltui hyvin seitsemäsluokkalaisten käsitysten selvittämiseksi. Näin ei ennakoon tehty oletuksia oppilaiden laadullisesti erilaisista tavoista ymmärtää ilmastonlämpenemisen käsitettä, ja kyettiin vastaamaan myös asetettuun tutkimuskysymykseen. Avoimeen ilmaisuun pyrittiin myös sillä, että tarkastelun kohteena olevaa luonnontieteellistä ilmiötä ei nimetty, vaan sitä kuvailtiin viriketekstin avulla.

Seitsemännenten luokan oppilaiden käsityksiä selvitettiin tätä tutkimusta varten laaditun kirjallisen kyselylomakkeen avulla. Koska oppilaiden haluttiin tuovan epävarmoisikin kokemansa käsityksensä ja näkemyksensä rohkeasti esiin, oppilaille tehtiin selväksi että kyseessä ei ole koulukoe eikä se siten vaikuta kouluarvosanoihin. Lomakkeessa käsityksiä selvitettiin avointen kysymysten avulla, jolloin oppilaat pystyivät vapaasti tuomaan esiin erilaisia ajatuksiaan. Tähän pyrittiin myös sillä, että oppilailta ei edellytetty tarkkojen tieteellisten termien mainitsemista, vaan he voisivat keskittyä kuvaan varsinaista ilmiötä.

Kyselylomakkeen viriketeksti oli varsin vaikeaselkoinen, vaikka sitä hieman muokattiin paremmin seitsemäsluokkalaisten soveltuvaksi. Tekstin vaikeaselkoisuus saattoi osaltaan vaikuttaa siihen, kuinka hyvin oppilaat kykenivät hahmottamaan tekstin kuvaaman ilmiön. Lisäksi kyselylomakkeen kysymyksenasettelua olisi voinut tarkistaa, sillä se saattoi ohjata oppilaita keskittymään ilmastonlämpenemisen syihin ja seurauksiin. Kyselylomakkeessa oli ilmastonlämpenemiseen liittyvien kysymysten lisäksi myös otsonikatoon liittyviä kysymyksiä. Joidenkin oppilaiden kohdalla tämä on voinut lisätä mahdollisuutta siihen, että oppilaat ovat liittäneet vastauksissaan ilmiöt kausaalisuhtein toisiinsa. Toisaalta se, että lomakkeessa selvästi tuotiin esiin kaksi erillistä ilmiötä, on voinut joissain tapauksissa myös selkiyttää ilmiöiden erillisyyttä oppilaille. Myös aikaisempien tutkimustulosten valossa on epätodennäköistä että ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon kausaalisuhtein liittäminen tässä tutkimusaineistossa johtuisi kysymyksenasettelusta.

Oppilaiden tietolähteitä selvittävässä kysymyksessä tuotiin esiin käsite ilmastonlämpeneminen. Tässä raportissa sen sijaan käytetään käsitettä ilmastonlämpeneminen. Tämä käsitteellinen epätäsmällisyys ei ole kuitenkaan vaikuttanut 7.-luokkalaisten vastauksiin, sillä lomakkeen muissa kohdissa ei mainittu kumpaakaan käsitteistä. Sen sijaan tutkimustuloksiin on voinut jonkin verran vaikuttaa se, että oppilaiden tietolähteitä kysyttiin suhteessa sekä ilmastonlämpenemiseen että otsonikatoon.

Seitsemännenten luokan oppilaat tuottivat vastauksensa kirjallisessa muodossa. Osa tämänikäisistä oppilaista, etenkin pojista, saattaa kokea kirjoittamisen työläänä ja hankalana, mikä on voinut vähentää oppilaiden ilmaisujen määrää ja sisällöllistä laatua. Kirjoittamisen haluttomuus saattoi heijastua myös yhdeksäsluokkalaisten tuotoksiin, sillä osa kirjoitelmista ja oppimispäiväkirjojen teksteistä oli varsin niukkoja. Etenkin oppimispäiväkirjojen tekstit olivat vähäisiä. Kirjoittamishaluttomuuden lisäksi syynä saattoi olla, että päiväkirjoja täytettiin pääsääntöisesti koulutuntien ulkopuolella kotitehtävinä tai että niiden merkitystä tutkimusaineistona ei riittävästi korostettu. Tutkimuksen toteuttaminen kirjallisessa muodossa oli kuitenkin ajallisesti ja taloudellisesti mielekkäämpi aineistonhankinnan menetelmä kuin esimerkiksi suuren oppilasmäärän haastattelemine.

Yhdeksännenten luokan tutkimusta voidaan pitää tapaustutkimuksena. Tapaustutkimus osoittautui onnistuneeksi valinnaksi oppilaiden käsitysten tutkimiseksi normaalissa kouluympäristössä, sillä sen avulla tutkijalla on mahdollisuus ymmärtää syvemmin mitkä rat-

kaisut toimivat kouluympäristössä (ks. Concoran ym. 2004). Tapaustutkimuksen laatuun ja luotettavuuteen vaikuttavaa Yinin (2003) mukaan se, kuinka tärkeä ja merkittävä tutkimuksen kohteeksi valittu tapaus on. Tässä tutkimuksessa tapaus edustaa tyypillistä ja tavanomaista yhdeksännen luokan oppilasjoukkoa, ja on tavanomaisuudessaan tärkeä tutkimuksen tavoitteen ollessa opetuksen kehittäminen. Tutkimuksen kesto oli etukäteen määritetty. Yinin (2003) mukaan tapaustutkimuksen keston tulisi määrittyä ajallisen keston sijaan esimerkiksi kerätyn aineiston ns. täyttymisen avulla (analytical periphery, Yin 2003, 163). Tässä tutkimuksessa koulutodellisuus asetti ajalliset reunaehdot, joita ei voitu ylittää lisääneiston keräämiseksi. Lukuun ottamatta viivästetyn loppumittauksen puuttumista, tämän tapaustutkimuksen aineistoa voitaneen pitää riittävänä.

Yhdeksännen luokan oppilailta keräsin aineistoa monimenetelmällisesti: avoimen kirjoitelman, tietomittauslomakkeessa olevien monivalintatehtävien sekä oppimistilanteiden videoinnin avulla (ks. Stevenson 2004, 41). Videoinnin tarkoituksena oli tässä tutkimuksessa yhtäältä taltioida ja dokumentoida oppimisjakso, mutta ennen kaikkea sen avulla pyrittiin tekemään näkyväksi oppilaiden keskustelua, jonka perusteella tehtiin päätelmiä oppimisprosessista. Videointi osoittautui onnistuneeksi ratkaisuksi siinä mielessä, että opettajana toimiessani en kyennyt tekemään riittävästi huomioita oppilaiden yksilöllisistä oppimisprosessin vaiheista oppimisprosessin aikana. Tämä käy ilmi pienryhmätyöskentelyä kuvaavassa luvussa 5.6. Näin ollen videoinnin avulla saatiin kuvattua pienryhmän sisällöllistä työskentelyä sellaisella tarkkuudella, johon opettaja tai ulkopuolinen havainnoitsija ei pysty. Toisaalta videointi häiritsi joitain oppilaita ja aiheutti etenkin ensimmäisillä oppitunneilla jonkin verran häiriötä. Näin ollen ennen oppimisjaksoa oppilailla olisi pitänyt olla pidempi aika totuttautua ajatukseen videoinnista ja videokameroiden läsnäoloon.

Oppimisjaksolla luokkatilanteet ja pienryhmätyöskentelyt taltioitiin sekä videoimalla että nauhoittamalla ne äänikaseteille. Videoaineiston heikkoutena pidetään sitä, että siinä menetetään osallistujien henkilökohtainen kokemus (Hall 2000). Tässä tutkimuksessa tutkija oli kuitenkin samalla myös oppimisjakson opettajana, minkä vuoksi tietynlainen persoonallinen merkityskokemus mahdollistui. Toteutin videoinnin neljän, pääsääntöisesti koko ajan paikallaan olevan ja nauhoittavan videokameran avulla, millä pyrittiin pienentämään videoinnin aiheuttamaa häiriötä oppitunneilla. Äänenlaadullisesti tai tiettyyn kohteeseen fokuusoitumisen kannalta tämä ei ollut toimivin ratkaisu: esimerkiksi joissain videoissa äänen laatu oli niin heikko, että analyysivaiheessa turvauduttiin äänikasetteihin. Parilla oppitunnilla oli mukana avustava henkilö, joka hoiti videoinnin teknisen toteutuksen. Tällöin pystyttiin oppituntien aikana tarkistamaan, että videointi kohdistui juuri haluttuun kohteeseen ja että kohdennus oli tilanteeseen soveltuva. Aluksi oppilaat kiinnittivät hieman huomiota tähän avustavaan henkilöön, mutta nopeasti hänestä tuli ikään kuin toinen opettaja, jolta oppilaat kysyivät neuvoa pienryhmätilanteissa. Käytännön järjestelyjen vuoksi avustava henkilö ei voinut olla useammalla oppitunnilla.

Tutkimuksen aineisto hankittiin oppituntien aikana tavanomaisessa koulukontekstissa, mikä on mielekäs tapa hankkia aineisto tutkimukseen, joka kohdistuu oppilaiden käsitteisiin ja jonka päämääränä on kouluopetuksen kehittäminen. Yhdeksäsluokkalaisten oppimisjakso oli lisäksi osa oppilaiden normaalia koulutyötä. Tutkimukseen osallistui 415 seitsemännen luokan oppilasta yhdeksästä Keski-Suomen koulusta. Yhdeksännen luokan oppimisjaksolle osallistui yhden keskisuomalaisen koulun 45 oppilasta. Tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden määrää voidaan pitää tämän tutkimuksen tarpeista ja laadullisen tutkimuksen näkökulmasta riittävänä. Yhdeksäsluokkalaisten oppimisjaksoa kuvattaessa rajatun joukon tarkasteleminen, etenkin oppimisprosessin kuvaamisen yhteydessä, on perusteltua aineiston hallittavuuden ja jäsennettävyyden kannalta (Mäkelä 1990). Näin ollen tutkimuksen kohdejoukkoa voidaan pitää riittävän suurena ja sen pohjalta koottua aineistoa siten *kattavana*.

Mielekkäällä tavalla hankittu aineisto täytyy analysoida huolellisesti. Tämän vuoksi olen *tarkistanut analyysini* kaikissa vaiheissa useita kertoja. Tarkistaminen ei kuitenkaan ole yksiselitteistä, sillä tutkimusprosessi on tutkijalle samalla myös oppimisprosessi, jonka aikana tutkijan käsitys ja ymmärrys tutkimuskohteesta muuttuu. Näin ollen voidaan kysyä, olisivatko analyysiprosessini ja analyysin tulokset täysin samanlaisia, jos nyt tarkistaisin tekemääni analyysiä? Tutkimuksen luotettavuuden näkökulmasta olen pyrkinyt esittämään avoimesti kuinka olen analyysini perusteella päätenyt johtopäätöksiini (Yin 2003). Analyysiä on kuitenkin seitsemännen luokan aineiston osalta tehty myös rinnakkaisluokittelijan toimesta. Tutkimuksen luotettavuuden lisäämiseksi kiinnitetään usein huomiota triangulaatioon. Tässä tutkimuksessa kyseessä oli lähinnä menetelmällinen *triangulaatio*, sillä yhdeksäsluokkalaisilta aiheistoa hankittiin useita menetelmiä käyttäen. Monimenetelmällisyys osoittautui onnistuneeksi lähestymistavaksi, sillä avointen kirjoitelmien ja tietomittauslomakkeiden tuottama joissain tapauksissa ristiriitainen tieto on laajentanut ja syventänyt ymmärrystä tutkittavasta ilmiöstä.

Tutkija on kvalitatiivisen tutkimuksen keskeinen tutkimusväline ja siten osa tutkimansa merkitysyhteyttä (Varto 1992), minkä vuoksi *tutkijan asema* tulee tuoda selkeästi esiin. Tutkijan merkitys tutkimusvälineenä korostui tässä tutkimuksessa, sillä toimin myös oppimisjakson opettajana. Tällä kaksoisroolilla oli tutkimuksen kannalta sekä myönteisiä että kielteisiä piirteitä. Opettajana toimiessani sain henkilökohtaisen kosketuksen oppimisjakson oppilaisiin, mikä mahdollisti tutkimuskohteen syvällisemmän ymmärtämisen. Oppilaiden vastaukset ja ilmaisut personoituiivat ja kontekstualisoituivat, ja näin ymmärrykseni sanojen ja tekstin taustalla olevista merkityksistä ja yleistäen myös oppilaiden käsitteentuodostusprosessista on syvällisempi (Steffe & Thompson 2000, 277). Toisaalta samanaikaisesti, kun tutkija on opettajan roolissa täysin sitoutunut tilanteeseen, tulisi hänen kyetä olemaan myös sen ulkopuolella (Steffe & Thompson 2000, 286), ja analyttisesti tarkastella sekä omaa toimintaansa että laajempaa toimintaympäristöä tutkimuksen päämäärien nä-

kökulmasta. Tähän tutkimukseen liittyvällä oppimisjaksolla itse oppimistilanne ja vuorovaikutus oppilaiden kanssa imaisivat minut välillä mukaansa niin täydellisesti, että tilanteen ulkopuolelle asettuminen ja sen analysointi jäivät vähäiselle. Steffen ja Thompsonin (2000, 286) mukaan ulkopuolinen observoija voisikin havaita sellaisia merkityksellisiä tapahtumia, joita opettaja ei kykene tilanteessa huomioimaan. Tässä tutkimuksessa eräänlaisena ulkopuolisena observoijana käytettiin oppimistilanteiden videointeja, joiden perusteella saatiin tarkempaa tietoa muun muassa oppilaiden oppimisprosessista ja niiden ongelmakohdista.

Yleistettävyyden ja sovellettavuuden

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa yleistettävyyttä ei voida vaatia siinä mielessä kuin satunnaisotannan avulla tehdyissä kvantitatiivisissa tutkimuksissa. Perusjoukkoon yleistämisen sijaan kvalitatiivisen tutkimuksen yleistettävyyden tai *siirrettävyyden* kontekstista toiseen riippuu lähinnä siitä, miten samankaltaisia tutkittu ympäristö ja sovellusympäristö ovat (Lincoln & Cuba 1985). Esimerkiksi yhdeksännen luokan tapaus yleistettävyyttä voidaan tarkastella analyttisenä yleistämisenä (Yin 2003). Tällöin oppilaiden ilmauksia tarkastellaan tietyssä teoreettisessa viitekehityksessä ja tietyssä kontekstissa, mikä mahdollistaa lukijalle tutkimustulosten yleistämisen tai siirrettävyyden arvioimisen. Koska tutkija ei yksin voi tehdä päätelmiä tulosten siirrettävyydestä, olen pyrkinyt *esittämään tutkimusasetelmani* sekä siihen vaikuttavat tekijät ja ominaispiirteet avoimesti ja riittävän *yksityiskohtaisesti*. Näin ollen lukijalla on mahdollisuus muodostaa oma käsityksensä siitä, millaisin reunaehdoin tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset on siirrettävissä toiseen samankaltaiseen kontekstiin. Tämän mahdollistamiseksi on syytä tarkastella tutkimusasetelman ja toteutuksen *haasteita*.

Tutkimuksessa selvitettiin oppilaiden arkikäsitteitä ilmastonlämpenemisestä. Kohdejoukoksi valittiin seitsemännen luokan oppilaat, sillä kouluopetusta ilmastonlämpenemisestä ei alaluokilla tyypillisesti vielä ole. Tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden opettajilta asiaa ei kuitenkaan voitu tarkistaa, sillä oppilaat tulivat yläluokille useista eri koulusta, ja näin tietyn seitsemännen luokan oppilaita on voinut opettaa useampi luokanopettaja. TIMSS-R-tutkimuksen opettajakyselyn tulosta (Boston College 2001) ja opetus suunnitelman perusteiden sisältöjä pidettiin tässä yhteydessä riittävinä informaation lähteinä tarkasteltaessa oppilaiden tietolähteitä ilmastonlämpenemisestä ennen yläluokille siirtymistä. Mielenkiintoista kuitenkin oli, että noin kolmannes tutkimukseen osallistuneista seitsemännen luokan oppilaista mainitsi ilmastonlämpenemistä koskeväksi tärkeimmäksi tietolähteekseen koulun. Tämä antaa viitteitä siitä, että alaluokkien kouluopetuksessa ja seitsemännen luokan aikana osalle oppilaista on ilmastonlämpeneminen tullut tutuksi ainakin käsitteen tasolla, luultavasti ilmiötä on sivuttu muiden aihepiirien, esimerkiksi ihmisen ympäristövaikutusten yhteydessä.

Yhdeksännen luokan oppimisjakso toteutettiin loppukeväästä, mikä ei ollut paras mahdollinen tutkimusajankohta. Tutkimuksellisesti olisi ollut mielenkiintoista selvittää oppilaiden käsitysten pysyvyyttä viivästetyn loppumittauksen avulla, mutta tässä tapauksessa se oli perusopetusvaiheen loppumisen vuoksi mahdotonta. Lisäksi kevät ja peruskoulun loppumisen lähestyminen vaikuttivat eittämättä oppilaiden oppimismotivaatioon. Oppimismotivaatioon ja oppilaiden työskentelyyn saattoi osaltaan vaikuttaa myös se, kuinka tuttuja nopeatempoisien oppimisjakson tarjoamat oppimiskokemukset ja toimintatavat olivat oppilaille (esim. Lehtinen & Palonen 1999). Oppimisjaksolla käytetyt toimintatavat olivat varsin tavanomaisia, joskin oppimispäiväkirjatyöskentely saattoi olla hieman vieraampaa.. Tässä tutkimuksessa se ei kuitenkaan poikennut oppilaille tutusta vihkotyöskentelystä paitsi siinä suhteessa, että oppilaille annettiin kyseiselle oppimisjaksolle uusi vihko, joka kerättiin oppimisjakson jälkeen oppilailta pois.

Sisällön näkökulmasta oppimisjaksolla olisi pitänyt kattavammin käsitellä säteilyyn ja luonnonkiertokulkuihin liittyviä asioita. Lisäksi otsonikadon käsitteleminen luonnontieteellisenä ilmiönä olisi voinut auttaa virheellisten käsitysten poisoppimisessa. Tutkija-opettaja olisi pitänyt opetustilanteissa pystyä tarkemmin seuraamaan yksilöllisiä oppimisprosesseja ja niiden mukanaan tuomia haasteita. Käytännön opetustyökokemuksen ja oppilaantuntemuksen puute varmasti vaikeuttivat tätä prosessia. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että normaalioloissa opetusryhmät ovat tavanomaisesti liki kaksi kertaa tutkimusryhmien kokoisia, mikä asettaa haasteita kokeneellekin opettajalle oppilaiden yksilöllisten tarpeiden huomioimisessa. Oppimisjaksolla oppilaiden erilaisista käsityksistä olisi pitänyt keskustella enemmän. Pienryhmäkeskustelut eivät toimineet tässä oletetun kaltaisesti, joten opettajan roolin olisi pitänyt olla vahvempi käsitysten problematisoinnissa. Pienryhmäkeskusteluja ja ryhmätyöskentelyä olisi lisäksi pitänyt selkeämmin ohjata yhteistoiminnallisuutta, tiedon jakamista ja yhdessä muodostamista tukevaksi.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ilmastonlämpenemisen käsityksenmuodostusta eri-ikäisten oppilaiden käsitysten avulla. Tutkimuksellisesti olisi ollut hedelmällistä, jos olisin voinut yksilöllisesti seurata joidenkin oppilaiden käsitystenmuuttumista seitsemänneltä luokalta yhdeksännelle luokalle. Käytännössä tämä olisi ollutkin mahdollista, sillä osa oppimisjaksoon osallistuneista yhdeksännen luokan oppilaista osallistui tutkimukseen myös ollessaan seitsemännellä luokalla. Valitettavasti oppilasnumeron ja oppilaan identiteetin yhdistävä luettelo jäi ryhmän omalle opettajalle, eikä sitä myöhemmin löytynyt. Tutkimuksen alussa suunniteltu aikataulu ei olisi mahdollistanut tällaista ajallista seuranta, mutta tutkijan perhevapaiden vuoksi tutkimuksen aikataulu muuttui. Näin ollen tutkimuksen täsmällisempi suunnitelmallisuus joustavasti kehittyvän ja etenevän prosessin sijaan olisi saattanut tuoda mukanaan lisäaspekteja käsillä olevaan tutkimukseen. Tällä tutkimusasetelmalla saavutettiin kuitenkin tämän tutkimuksen tarpeisiin riittävän täsmällinen kuvaus tutkimukseen osallistuneiden yläluokkalaisten oppilaiden ilmastonlämpenemi-

seen liittyvistä käsityksistä sekä niiden muuttumisesta yhtäältä oppilaiden luonnontieteellisen taustatiedon ja kognitiivisten kykyjen kehittyessä ja toisaalta oppimisjakson aikana.

Tässä tutkimuksessa päämääränä ei ollut tutkimustulosten yleistäminen koskemaan koko perusjoukkoa. Kvalitatiivisella tutkimuksella saavutetaan tyypillisesti ehdollisia aikaa ja paikkaan rajoittuvia selityksiä pikemmin kuin perinteisessä mielessä tulkittua tiedon objektiivisuutta (Hirsjärvi ym. 1997, 161). Tutkimustuloksia voidaan kuitenkin hyödyntää myös kohdejoukon ulkopuolelle tietyin edellytyksin. Käsillä olevan tutkimuksen kohdalla kyseeseen tulee lähinnä tapauskohtainen siirrettävyys. Tutkimus on toteutettu normaalissa koulukontekstissa, joten sen päätelmiä voidaan huomioida lähinnä perusopetusvaiheen luonnontieteiden opetuksessa. Lukijan, ja samalla tämän tutkimuksen tulkitsijan, harkintaan kuitenkin jää, onko tämä tutkimus sovellettavissa kulloiseenkin tilanteeseen.

Tutkimuksen hyödynnettävyys ja katalyyttisyys

Tieteellisen tutkimuksen päämääränä on tuottaa uutta tietoa, joka hyödyntää tutkimusalaan ja jolla on joissain tapauksissa myös käytännön hyödynnettävyyttä. Lisäksi tutkimuksen tulisi synnyttää uusia tutkimusideoita. Ehdoton edellytys tutkimuksen hyödynnettävyydelle on tutkimuksen ja tulosten julkinen *saatavuus*. Tätä tutkimusta olen esitellyt useissa kansainvälisissä ja kansallisissa konferensseissa, joissa saamani palaute on edistänyt tutkimustani ja laajentanut perspektiiviäni. Tutkimuksen tuloksia on myös julkaistu konferenssijulkaisuissa. Lisäksi käsillä oleva raportti on eräs julkaisumuoto, vaikkakaan ei välttämättä kaikkein mielekkäin kaikille kohdejoukoille. Tämän vuoksi aion julkaista tutkimuksen tuloksia kansainvälisissä tiedejulkaisuissa sekä lisäksi kirjoittaa eri intressiryhmille, esimerkiksi opettajille, suunnattuja kirjoituksia kotimaisissa tiedejulkaisuissa ja ammattilehdissä. Tämän raportin tavoin aion myös tulevissa kirjoituksissa esittää *suosituksia* mm. opetusisällöistä ja -käytännöistä sekä ottaa kantaa opetussuunnitelmallisiin seikkoihin. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää myös ympäristökasvatuksessa, esimerkiksi luontokouluissa sekä ympäristöjärjestöissä. Tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia voidaan käyttää hyväksi oppikirjojen ja muiden oppimateriaalien laadinnassa. Myös joukkotiedotusvälineiden toimittajakunnalle, etenkin luontotoimittajille, tutkimuksen tuloksilla voisi olla käyttöä, sillä he ovat usein lasten ja nuorten luonnontieteellisen arkitiedon ensisijaisia välittäjiä.

Tämä tutkimus on jättänyt avoimia kysymyksiä ja siten *pohjustanut uusia* tutkimusideoita ja jatkotutkimusaiheita. Eräänä mielenkiintoisena tutkimussuuntana on oppimispelien sisällöllinen ja pedagoginen suunnittelu tämän ja muiden luonnontieteiden oppimistutkimusten tuloksia hyödyntäen. Jatkotutkimuksen aiheita nostetaan yksilöidymmin esiin luvussa 6.4.

Kvalitatiivisen tutkimuksen laatu on jakamaton osa koko tutkimusprosessia, vaikkakin sitä voidaan tarkastella eri osatekijöiden summana. Tässä jaan Järvisen näkemyksen siitä,

että kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden arviointi palautuu tutkimuksenteon eettisiin periaatteisiin: tutkijan tulee olla rehellinen tutkimuskohteelleen, tiedeyhteisölle sekä itselleen (Järvinen 1999, 35).

6.3 Tutkimuksen merkitys luonnontieteiden opetukselle

Luonnontieteiden oppimistutkimuksilla tulee olla merkitystä käytännön opetustyölle, jotta usein havaittu ”kuilu” tutkimus- ja opetustyön välillä pieneneisi (Duit & Treagust 2003) ja tutkimustulokset jalostuisivat pedagogisiksi käytänteiksi. Käsillä olevassa tutkimuksessa on selvitetty perusopetuksen yläluokkalaisten oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisestä sekä käsitysten muodostumista, joten tutkimus antaa eväitä oppilaiden käsitykset huomioivaan ja niistä lähtevään oppimisprosessin tukemiselle.

Tämän tutkimuksen perusteella osalla yläluokkien oppilaista oli vaikeuksia konstruoida luonnontieteellisen näkemyksen kanssa yhdenmukainen selitys ilmastonlämpenemisestä. Tämä aineisto antaa viitteitä siitä, että etenkin säteilyyn liittyvät virheelliset oletukset (mm. UV-säteilyyn liitetyt lämpöominaisuudet) sekä tiedon puute osaltaan ohjaavat virheellisten käsitysten muodostusta (ks. myös Papadimitriou 2004). Täten säteilymuotojen ja niiden ominaisuuksien tarkastelu esimerkiksi fysiikan opinnoissa myös ilmastonlämpenemisen näkökulmasta loisi pohjaa laajemman ymmärryksen kehittymiselle ja vähentäisi virheellisiä käsityksiä. Tätä tukee Österlindin (2005) tutkimus, jossa todetaan oppilaille olevan vaikeuksia ymmärtää luonnontieteellisten käsitteiden erilaisia merkityksiä erilaisissa teoreettisissa ja käytännöllisissä konteksteissa. Aikaisempien tutkimusten mukaan (esim. Eloranta 2001, 284) myös energia-käsitteen ymmärtäminen tuottaa oppilaille vaikeuksia. Energian tarkastelun liittäminen myös ilmastonlämpenemisen yhteyteen voisi tukea yhtäältä ilmastonlämpenemisen ja toisaalta myös energian ymmärtämisen kehittymistä ja laajentaa oppilaiden perspektiiviä tarkasteltavaan käsitteeseen.

Tämän tutkimuksen perusteella oppilaiden käsitystenmuodostusta vaikeutti myös josain määrin puutteellinen ymmärrys luonnon toimintaperiaatteista (esim. aineiden kieroista ja yhteyttämisestä) sekä ilmakehään liittyvistä käsitteistä. Esimerkiksi ilmastonlämpenemisen seurauksien hallinta voi jäädä luotteloinnin tasolle ilman syvällistä ymmärrystä luonnontieteellisistä perusteista ja kykyä liittää tämä ymmärrys kausaalisuhtein ihmisen toimintaan. Näin ollen ennen ilmastonlämpenemisen tai muiden ympäristöongelmien opetusjaksoa tulisi lyhyen kertausjakson avulla varmistaa, että oppilaat hallitsevat ilmiön ymmärtämiseksi tarvittavat ekologiaan ja ilmakehään liittyvät peruskäsitteet ja -prosessit.

Varsin suurella osalla tutkimukseen osallistuneista yläluokkien oppilaista oli virheellinen käsitys ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon välisestä yhteydestä. Oppilaiden kirjal-

listen vastausten sekä oppimisjakson kokemusten perusteella kyseisten ilmiöiden käsittelemisen samalla oppimisjaksolla voisi paremmin tukea käsityksenmuodostusprosessia. Tällöin oppilaat voisivat helpommin huomata ilmiöiden olennaiset erot sekä muodostaa niistä eriytyneet käsitykset.

Tässä tutkimuksessa oppilaiden virheellisten käsitysten havaittiin johtuvan usein arki-ajattelun ja tieteellisen ns. faktatiedon virheellisestä yhteensovittamisesta. Oppimisprosessissa tuleekin tuoda vahvasti esiin arki-ajatteluun pohjautuvien ajattelumallien sopimattomuus ilmastonlämpenemisen selittäjänä. Virheellisiä käsityksiä ja arki-ajattelua käsitellessään opettajalla on tarvittaessa mahdollisuus luoda edellytykset kognitiiviselle konfliktille. Ilmastonlämpenemisen yhteydessä esimerkiksi ilmakehän eri kerrosten lämpötiloissa tapahtuneet muutokset antavat tähän hyvät mahdollisuudet. Kognitiivinen konflikti näyttäisi olevan tarpeen erityisesti silloin, kun niin sanottu käsitteellinen tuttuus toimii oppimisprosessin esteenä. Tällöin oppilas tunnistaa kasvihuoneilmiöön ja ilmastonlämpenemiseen liittyviä käsitteitä, mutta on muodostanut virheellisen käsityksen näiden pohjalta. Tällaisessa tilanteessa kognitiivinen konflikti voi nostaa esiin oppimistarpeen ja motivoida oppilasta oppimisprosessissa.

Kognitiiviseen konfliktiin pyrittäessä on kuitenkin erityisen tärkeää varmistaa, että oppilaiden aiheeseen liittyvät perustiedot ovat riittäviä konfliktin ymmärtämiseen. Muussa tapauksessa oppimistilanteessa voi pahimmillaan jopa muodostua uusia virheellisiä käsityksiä. Näin ollen opettajan tuleekin kiinnittää erityistä huomiota siihen, että oppilaille tulisi selväksi tarkasteltavan ilmiön laajempi konteksti ja yhteydet muihin luonnon prosesseihin, sillä muun muassa Österlindin (2005) tutkimuksessa on todettu oppilaille olevan vaikeuksia tulkita luonnontieteellisiä käsitteitä oikein kulloisessakin kontekstissa. Kontekstualisointi auttaa oppilaita paremmin hyödyntämään aikaisemmin opittuja tietojaan ja rakentamaan laajemman kuvan tarkasteltavasta luonnontieteellisestä ilmiöstä. Tässä tutkimuksessa tutkija-opettaja oletti muun muassa opetussuunnitelmiin nojautuen, että ilmastonlämpenemisen ymmärtämisen edellyttämät luonnontieteen sisällöt ovat oppilaille aikaisemmista opinnoista tuttuja. Oppimisjaksolla hän ei myöskään kyennyt havaitsemaan kyseistä oppimistarvetta. Tämä korostaa oppilaiden erilaisten käsitysten, ajatusten ja tiedon tason näkyväksi tekemisen merkitystä sekä oppilaiden ja opettajan välistä jatkuvaa kommunikaatiota oppimistilanteessa.

Edellisen perusteella on tärkeää, että opettaja on tietoinen oppilaiden yksilöllisistä oppimisen haasteista läpi koko oppimisprosessin (ks. myös Rasku-Puttonen ym. 2003). Tällöin hänellä on mahdollisuus tukea oppimista ja tarjota oikea-aikaisesti sisällöllisiä haasteita. Kirjoittaminen on eräs työskentelymuoto, joka eräällä tavalla pakottaa oppilaan pohtimaan omia käsityksiään ja niiden perusteluja sekä tekee samalla käsitykset näkyviksi muille, myös opettajalle. Tämän tutkimuksen perusteella oppilaiden kirjalliset tuotokset olivat usein varsin niukkoja, sillä kirjoittaminen koetaan usein työläänä. Lisäksi lukuisten

oppilasvastausten läpikäyminen on koulun arkitodellisuudessa työlästä myös opettajalle. Oppilasvastausten lukeminen tapahtuu usein oppitunnin jälkeen, joten opettajan tuen optimaalisin ajankohta on jo ohitettu. Monivalintatestit ovat puolestaan varsin nopeita ja antavat opettajalle viitteitä oppilaiden ajattelusta. Ne eivät kuitenkaan kaikissa tapauksissa anna riittävän syvällistä kuvaa oppilaiden käsityksistä, sillä kuten tämänkin tutkimuksen tuloksista nähdään monivalintakysymysten ja kirjoitelmien avulla saatu tieto voi olla osin ristiriitaista.

Oppimisprosessia voidaan tehdä reaaliajassa näkyväksi sekä oppilaille että opettajalle tietoteknisin sovelluksin. Esimerkiksi "Knowledge Forum" -tyyppiset oppimisympäristöt (<http://www.knowledgeforum.com/>, Scardamalia 2003) soveltuisivat myös ilmastonlämpenemisen opetukseen, sillä ne tukevat tiedonrakentamista tarjoamalla ympäristön tutkimiseen, tiedon jakamiseen ja uuden tiedon luomiseen sekä problematisointiin vuorovai-
kutuksessa toisten oppilaiden ja opettajan kanssa (ks. myös Hsu & Thomas 2002). Näin ollen opettajalla on mahdollisuus seurata reaaliajassa oppilaiden työskentelyä ja oppimisprosessia, jolloin oppimisprosessin oikea-aikainen tukeminen mahdollistuu. Lisäksi erilaiset virtuaaliset oppimisympäristöt mahdollistavat abstraktien ilmiöiden havainnollistamisen ja simuloinnin, mikä tukee abstraktien ilmiöiden oppimista. Virtuaaliset oppimisympäristöt, kuten oppimispelit, motivoivat oppijoita (Latva 2004), minkä merkitystä ei tule väheksyä koulun arkitodellisuudessa. Tällaisten oppimisympäristöjen käyttö edellyttää kuitenkin kouluilta tietoteknistä välineistöä sekä opettajalta ja oppilailta harjaantumista tämäntyyppisen virtuaalisen oppimisympäristön käyttöön. Tietoteknologiset sovellukset, kuten pelit, ovat kuitenkin oppilaille tuttuja ja kuuluvat useimpien nuorten arkipäivään.

Pienryhmäkeskustelu ei osoittautunut tässä tutkimuksessa parhaaksi oppimisen muodoksi eikä se aina johtanut luonnontieteellisen ymmärryksen lisääntymiseen (ks. myös Chan ym. 1997; Hogan ym. 2000; Österlind 2005). Tämä voi johtua muun muassa sosiaalisista tekijöistä, kuten ryhmädynamiikasta sekä oppimistehtävän luonteesta (Van Boxtel ym. 2000; Arvaja 2005). Tässä tutkimuksessa oppilaat eivät pienryhmässä keskustelleet erilaisista käsityksistään tai problematisoineet niitä. Edellä mainittujen syiden lisäksi syynä saattoi olla se, että kaikilla ryhmän oppilailta oli samankaltainen käsitys, jossa he liittivät ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon toisiinsa. Joissain kohdin eriävistä näkemyksistä ei keskusteltu, mikä saattoi osaltaan johtua oppilaiden keskinäisestä sosiaalisesta asemasta (Arvaja 2005, 34).

Pienryhmäkeskusteluissa oppilailta saattoi myös puuttua luonnontieteellistä tietoa käsitysten epäjohdonmukaisuuksien havaitsemiseksi. Työskentelyn pohjaksi annettu oppimateriaali ei välttämättä johda käsitysten problematisointiin, sillä muun muassa Koulaidisin ja Christidoun (1999) tutkimuksessa oppilaat käyttivät annettua informaatiota lähinnä omien käsitystensä vahvistamiseen. Näin ollen opettajan asiantuntijan rooli ilmastonlämpenemisen oppimisprosessissa korostuu esimerkiksi ajatuksellisten epäjohdonmukaisuuksien

sien problematisoijana sekä keskustelun herättäjänä. Osaltaan tämä johtuu luonnontieteellisen tiedon luonteesta, sillä esimerkiksi Matthews (2002) mukaan osa luonnontieteellisestä tiedosta on niin abstraktia ja kompleksista, että oppilas joutuu omaksumaan sen pääosin opettajan toimintaan ja tietovarantoon pohjautuen. Oppilas ei omaehtoisen päättelyn nojalla kykene kouluoloissa johtamaan sellaisia johtopäätöksiä, joiden tekemiseen on tiedemiehiltä ja -ryhmiltä kulunut useita vuosia, jopa vuosikymmeniä. Näin ollen opettajan rooli luonnontieteiden tiedonmuodostuksen tukemisessa on keskeinen (ks. myös Limón 2001; Caravita 2004; Viiri & Saari 2004; Österlind 2005). Oppimistilanne saattaa luokahuoneessa näyttäytyä tällöin hyvin opettajajohtoiselta. Opettajajohtoisuus ei kuitenkaan välttämättä ole autoritääristä tiedon jakamista, vaan se voi olla myös vuorovaikutteista dialogia, jossa toisen puheenvuoroa laajennetaan tai tuodaan esiin uusia näkökulmia (Viiri & Saari 2004, 473). Tällöin tiedonrakentaminen on osa asiantuntijan ja noviisin välistä dialogia, jolloin oppilasta ei konstruktivismiin nimissä jätetä yksin vastuuseen tietonsa konstruoinnista (Matthews 2002). Tällaisessa tilanteessa voidaan puhua ns. ohjatusta tiedon konstruoinnista (guided construction of knowledge), joka soveltuu oppimisprosessin tukemisen lähtökohdaksi erityisesti abstraktien ilmiöiden ja teorioiden kohdalla (Mercer 1995). Ilmastonlämpenemisen oppimisessa tulee kuitenkin hyödyntää myös yhteistoiminnallisia oppimisen muotoja, sillä Devine-Wrightin ym. (2004) mukaan oppilaiden välinen yhteistoiminnallisuus ja aktiivinen osallistuva toiminta edistävät ymmärrystä ja myönteistä suhtautumista ilmastonlämpenemiseen ja energiaan liittyviin kysymyksiin.

Suurelle osalle tutkimukseen osallistuneista yhdeksän luokan oppilaista oli muodostunut virheellisiä käsityksiä ilmastonlämpenemisestä. Virheellisten käsitysten muodostumisen estämiseksi ilmastonlämpenemisen *tietyn tasoisen* käsittely voisi olla tarpeen aloittaa jo aikaisemmilla vuosiluokilla. Luonnontieteellinen selitys ilmastonlämpenemisestä on kuitenkin liian vaativa jopa joillekin perusopetuksen päättävillä oppilaille. Näin ollen ilmiöstä tulisi muokata opetuksellisen rekonstruktion mallin (Duit & Komorek 1997; Duit ym. 1997) mukaisesti perusopetukseen soveltuva selitys, jonka tulee olla oppilaille ymmärrettävä ja samalla kuitenkin tieteellisesti validi (ks. myös Viiri & Saari 2004, 466). Opetus voisi alkaa hyvin pelkistetyistä selityksestä, jota täydennettäisiin myöhemmissä opinnoissa (Francis ym. 1993; myös Limon 2001, 377). Tällöin oppimistavoitteita asetettaisiin pikemminkin lukuvuosien tasolla kuin yksittäisten kurssien tai oppimiskokonaisuuksien jaksoina, jolloin huomioitaisiin myös käsityksenmuodostuksen ja käsitteellisen muutoksen aikaskaala (Limón 2001, 377). Lisäksi tällaisella spiraalimaisella lähestymistavalla oppilas kohtaisi saman ilmiön uudestaan ja joutuisi päivittämään käsityksiään, mikä saattaisi olla pysyvien oppimistulosten saavuttamisen kannalta hyvä ratkaisu. Samalla kuitenkin opetussuunnitelman laajuutta ja kattavuutta jouduttaisiin väjäämättä osin supistamaan, mikä luonnontieteellisen osaamisen näkökulmasta ei kuitenkaan ole haitallista, sillä useiden asioiden ulkoa oppimisen sijaan luonnontieteiden opetuksen päämääränä tulisi olla ym-

märtäminen, ajattelemisen taitojen oppiminen sekä opitun tiedon hyödyntäminen.

Ilmastonlämpeneminen yhdistää useita eri käsitteitä ja luonnontieteellisiä prosesseja (ks. myös vuorovesi-ilmiö, Viiri & Saari 2004). Näin ollen sen ymmärtäminen edellyttää myös muun muassa fysiikan, ekologian ja kemian käsitteiden ja mallien ymmärtämistä ja toisiinsa yhdistämistä. Luonnontieteellisten ilmiöiden käsittely useissa eri konteksteissa syventää oppimistuloksia (Viiri & Saari 2004). Österlindin (2005) tutkimuksen mukaan oppilailla on vaikeuksia tulkita luonnontieteellisiä käsitteitä, esimerkiksi säteilyä, oikein erilaisissa konteksteissa. Näin ollen käsitteiden merkityssisältöjä tulisi tarkastella useiden luonnontieteellisten ilmiöiden tiimoilta. Edellä esitetyn perusteella ja tähän tutkimukseen liittyvän oppimisjakson kokemusten perusteella ilmastonlämpenemisen opetus perusopetuksen loppuvaiheessa olisi hyvä järjestää luonnontieteitä integroivana kurssina, jolla voitaisiin tarkastella ilmiötä eri luonnontieteiden näkökulmista ja yhdistää eri oppiaineissa opittuja tietoja. Näin oppilaille muodostuisi moniulotteisempi ja kokonaisvaltaisempi kuva luonnosta, sen toiminnasta sekä luonnontieteellisestä tiedosta. Oppiainerajoja rikkomalla voitaisiin saada myös väljyyttä ajalliseen kehykseen.

Ympäristökysymykset, kuten ilmastonlämpeneminen, antavat yhteiskunnallisen luonteensa vuoksi erinomaiset lähtökohdat kontekstin laajentamiselle myös luonnontieteiden ulkopuolelle. Esimerkiksi tähän tutkimukseen osallistuneille oppilaille tärkeimpiä ilmastonlämpenemiseen liittyvän tiedon lähteitä olivat muun muassa uutiset ja muut joukkotiedotusvälineet. Näin ollen joukkotiedotusvälineiden välittämän luonnontieteellisen tiedon ja yhteiskunnallis-poliittisen tiedon kriittinen tarkasteleminen antaa luontevan mahdollisuuden keskustella tieteellisen tiedon luonteesta, tiedon eri konteksteista ja käyttötarkoituksista sekä yhteiskunnassa vallitsevista arvoista. Samalla oppijalla on mahdollisuus peilata omia käsityksiään vallitseviin näkemyksiin, mikä paitsi tukee metakäsitteellisen tietoisuuden kehittymistä, luo myös pohjaa osallistuvan kansalaisuuden kehittymiselle. Tällainen reflektio edesauttaa kriittisen ajattelun kehittymistä, mikä on demokraattisen yhteiskunnan jäseniltä vaadittava perustaito. Luonnontieteitä ja yhteiskunnallisia aineita integroiva aihekokonaisuus voisi sijoittua perusopetuksen loppuvaiheeseen, jolloin suurella osalla oppilaista olisi paremmat valmiudet tiedon omaksumiseen ja omakohtaiseen hyödyntämiseen kuin aikaisemmissa opintojen vaiheissa.

Oppisisältöjen integroinnissa korostuu opettajien välinen yhteistyö. Opettamiskulttuurissa tulisikin tapahtua entistä enemmän opettajien välistä kollegiaalista yhteistyötä ja yhteisopettamista, sen sijaan että eri oppiaineiden opettajat sovittaisivat opetuksensa yhteen ainoastaan ajallisesti toisiaan tukevaksi. Tällöin oppimistilanteista on mahdollista muodostua aidosti monitieteisiä. Haasteelliset monitieteiset ilmiöt, kuten ilmastonlämpeneminen, tulisikin nähdä luonnontieteiden opetuksen voimavarana – mahdollisuutena tarkastella luonnon ilmiötä kokonaisuuksina, sellaisina kuin ne luonnossa esiintyvät eikä erillisiin oppiaineisiin pilkottuina osasina.

Käsillä oleva tutkimus haastaa myös opettajankoulutuksen ottamaan huomioon oppilaiden käsitykset oppimisprosessin lähtökohtana. Lisäksi opettajaopiskelijoiden tulisi kriittisesti tarkastella omia ilmastonlämpenemiseen ja muihin luonnontieteellisiin ilmiöihin liittyviä käsityksiään, sillä aikaisempien tutkimusten mukaan myös opettajaopiskelijoiden virheelliset käsitykset ovat varsin yleisiä etenkin luokanopettajakoulutuksessa, jossa luonnontieteenopinnot ovat vähäisiä (Dove 1996; Ojala 1997; Papadimitriou 2004). Näin ollen huomiota tulisi kiinnittää sekä pedagogisen että sisällöllisen osaamisen vahvistamiseen opettajankoulutuksessa. Tähän soveltuu erinomaisesti esimerkiksi osin jo käytössä oleva opetuksellisen rekonstruktion malli, johon kuuluu kolme osatekijää: tarkasteltavan aihepiiriin asiasisällön analyysi, empiiriset tutkimukset esimerkiksi oppilaiden käsityksistä sekä edellisten pohjalta tehdyt luokahuoneinterventiot (Duit & Komorek 1997; Duit ym. 1997). Tällöin syvällisen aihepiiriin tutustumisen lisäksi opiskelijat joutuisivat tarkastelemaan sekä omia että oppilaiden käsityksiä ja vahvistamaan sekä sisällöllistä että pedagogista osaamistaan. Nämä valmiudet yhdistettynä käytännön opetustyökokemukseen antavat hyvät lähtökohdat opetustyön kehittämiseen.

Luonnontieteiden opetuksen kehittämiseksi aineenopettajakoulutuksessa tulisi tukea opettajien välisten yhteistyötaitojen ja oppiaineiden integroinnin valmiuksien kehittämistä. Viiri (2000, 163) esittää väitöstutkimuksensa nojalla myös aineenopettajien ja luokanopettajien välistä yhteistyötä hedelmällisten oppimistilanteiden muodostamiseksi. Tässäkin tutkimuksessa esitetty ilmastonlämpenemisen opetuksen lähestymistapa, jossa aiheen käsittely aloitetaan jo perusopetuksen alaluokilla yksinkertaisella ilmiön selityksellä, edellyttää saumatonta yhteistyötä luokanopettajien ja aineenopettajien välillä. Lieneekin jo aika uudenlaiseen yhteistyöhön ja jakamiseen perustuvalla opetuskulttuurille yli oppiainerajojen ja luokka-asteiden sekä opettajankoulutuksessa että koulutodellisuudessa. Samaten yliopiston eri tiedekuntien ja laitosten välinen entistä kiinteämpi vuorovaikutuksellinen yhteistyö on hyvä lähtökohta opetuksen kehittämiseksi.

Oppikirjat ovat perinteisesti oppilaan merkittävin tietolähde koulussa. Näin ollen oppikirjojen ja muiden oppimateriaalien laatimisessa tulisi hyödyntää kattavasti myös käsitystutkimuksien tuloksia. Oppikirjojen teksteissä tulisi käsitellä oppilaiden virheellisiä käsityksiä ja problematisoida myös niiden taustalla olevia olettamuksia. Mikkilä-Erdmann (2002) on väitöstutkimuksessaan esittänyt millaisia piirteitä käsitteellistä muutosta tukevassa tekstissä on. Lisäksi oppikirjojen kuvitukseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota virheellisten käsitysten muodostumisen välttämiseksi.

Tämän käsillä olevan tutkimuksen perusteella ilmastonlämpenemisen kouluopetus ja ilmiön oppiminen koulussa ovat haasteellisia tehtäviä. Opetus- ja oppimisprosessin tutkimus antaa kuitenkin tietoa, joka yhdistettynä opettajien ns. hiljaiseen tietoon edistää ilmastonlämpenemisen kouluopetusta ja oppimista.

Ilmastonlämpenemiseen liittyvä oppiminen ei rajoitu yksinomaan kouluympäristöön. Tämänkin tutkimuksen perusteella oppilaat saavat aiheesta tietoa joukkotiedotusvälineistä ja vanhemmiltaan. Devine-Wrightin ym. (2004) tutkimuksen perusteella koulun ulkopuolisista tietolähteistä tietoa hankkii enemmän ne oppilaat, jotka ovat yleisemminkin kiinnostuneita ympäristöön liittyvistä kysymyksistä. Edelleen informaaleissa oppimisympäristöissä saadut myönteiset oppimiskokemukset vaikuttavat positiivisesti oppilaiden asenteisiin ja henkilökohtaisen vastuisuuden kehittymiseen (Devine-Wright ym. 2004). Näin ollen ympäristöasioiden kouluopetuksessa tulee huomioida paitsi tiedolliset myös asenteelliset tavoitteet.

6.4 Tutkimuksen teorettinen merkitys ja jatkotutkimuksen aiheita

Tätä tutkimusta voidaan luonnehtia käsitteellisen muutoksen teoreettisessa viitekehyksessä tehdyksi luonnontieteiden oppimistutkimukseksi. Työn perimmäisenä tarkoituksena on ollut luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen kehittäminen tutkimustiedon avulla. Tutkimuksen teoreettisessa osassa tarkastellaan käsitteellisen muutoksen eri lähtökohtia sekä käsitteellisen muutoksen opetuksellista tukemista. Tutkimuksen teoreettisena tehtävänä voidaan pitää abstraktiin ja moniulotteiseen luonnontieteelliseen ilmiöön liittyvän käsityksenmuodostuksen sekä oppimisprosessin selvittämistä. Näin ollen tutkimuksen arviointia on syytä syventää tarkastelemalla tutkimuksen teoreettista merkitystä luonnontieteiden oppimistutkimukselle sekä käsitteellisen muutoksen teoreettiselle viitekehykselle.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on selvitetty perusopetuksen yläluokkien oppilaiden käsityksiä ilmastonlämpenemisestä sekä käsitysten muodostumista. Aihetta ei ole aiemmin tutkittu Suomessa, joten tutkimusta voidaan pitää kansallisena ilmastonlämpenemisen oppimisen ja opetuksen perustutkimuksena. Se toimii ”referenssinä” sovellettaessa lukuisien kansainvälisten käsitteellistä muutosta koskevien tutkimusten tuloksia suomalaisen koulukontekstiin. Nyt tarkasteltava tutkimus lisää kansainvälisesti julkaistuna omalta osaltaan myös kansainvälisen tiedeyhteisön tietämystä abstrakteihin luonnontieteellisiin ilmiöihin liittyvistä käsityksistä ja niiden muodostumisesta.

Tähän tutkimukseen osallistuneista oppilaista suurella osalla ei ole ilmastonlämpenemisestä mallin tai teorian kaltaista käsitystä seitsemännen luokan kevällä. Sen sijaan heidän senhetkinen tietämyksensä näyttäisi pohjautuvan autoritäärisistä tietolähteistä, kuten joukkotiedotusvälineistä, saatuihin tietoihin, jotka ovat toisistaan irrallisia tai ovat löyhästi toisiinsa sidoksissa. Tutkimuksia tulisi tältä osin laajentaa kattamaan myös alaluokkien oppilaiden käsitykset ja tiedot käsityksenmuodostuksen varhaisten vaiheiden selvittämiseksi. Tähän tutkimukseen osallistuneiden yhdeksäsluokkalaisten tietorakenteet olivat

monipuolisempia, heidän yksittäisten tietoelementtiensä määrä oli suurempi ja he olivat muodostaneet käsitteiden välille enemmän yhteyksiä kuin seitsemäsluokkalaiset. Käsitys otsonikadosta ilmastonlämpenemisen aiheuttajana oli aikaisempien tutkimusten tavoin varsin yleinen myös tässä aineistossa. Tämä viittaa siihen, että vaikka itse ilmastonlämpenemiseen liittyvä tiedonmuodostus voi tapahtua assimilatiivisesti ja irrallisia käsitteitä toisiinsa liittäen, voi taustalla olla myös viitekehysteorian kaltainen epistemologiset ja ontologiset perusolettamukset sisältävä uskomusjärjestelmä (Vosniadou 1994), joka ohjaa käsityksenmuodostusta virheelliseen suuntaan.

Edellä kuvatun perusteella käsillä oleva tutkimus antaa viitteitä siitä, että ilmastonlämpenemisen käsityksenmuodostus on "pintatasoltaan" assimilatiivista tiedon määrän lisäämistä ja yksittäisten faktojen toisiinsa liittämistä ja "syvätasoltaan" uskomusjärjestelmän tai kehysteorian ohjaamaa. Näiden pohjalta muodostuu tietystä käsityksenmuodostuksen vaiheessa ilmastonlämpenemistä koskevia käsityksiä, joita voitaneen pitää eräänlaisina mentaalisisinä malleina. Näin ollen käsillä oleva tutkimus nostaa esiin näkemyksen siitä, että ilmastonlämpenemiseen liittyvässä käsityksenmuodostuksessa on elementtejä sekä irrallisista tiedoista että koherenteista tietorakenteista (ks. luku 2.2.3). Tämän näkemyksen tarkemmaksi selvittämiseksi tulee suunnitella ja toteuttaa yksityiskohtainen ja ajallisesti riittävän pitkä tutkimusprojekti sekä laajentaa tutkimusta myös muihin samankaltaisiin luonnontieteellisiin ilmiöihin yhtäläisyyksien ja erojen löytämiseksi. Lisäksi jatkotutkimuksissa tulee selvittää, pohjautuvatko ilmastonlämpenemiseen liittyvät käsitykset esimerkiksi naiiviin fysiikkaan (Vosniadou 1994) vai onko olemassa tästä jossain määrin poikkeavaa naiivia biologiaa (Lautrey & Mazens 2004).

Oppimisjaksolla joidenkin oppilaiden käsityksissä tapahtui selkeitä muutoksia, joten heidän tietorakenteidensa voidaan olettaa muuttuneen rekonstruktion kautta. Näin ollen käsityksenmuodostusprosessissa oli assimilaation lisäksi myös rekonstruktioita. Jatkotutkimuksissa tulee selvittää yksityiskohtaisemmin, millaisin edellytyksin jo muodostuneet käsitykset muuttuvat, etenkin jos virheellinen käsitys on ehtinyt muodostua vahvaksi.

Oppilaiden ilmastonlämpenemiseen liittyvissä käsityksissä heijastui selvästi arkitiedon ja arkiajattelun yhdistäminen tieteelliseen tietoon. Samaten tutkimuksessa korostui oppilaiden luonnontieteellisen perustiedon eli kognitiivisen kontekstin merkitys käsityksenmuodostuksessa (Halldén 1999). Näin ollen tutkimus tukee Halldénin esittämiä näkemyksiä siitä, että käsityksenmuodostukseen tai -muutokseen vaikuttavat sekä kognitiivinen konteksti että situationaalinen konteksti (ks. 2.2.3). Tulevissa tutkimuksissa näitä konteksteja sekä niiden olemusta ja merkitystä luonnontieteiden käsityksenmuodostukselle on syytä tarkastella suomalaisessa kouluympäristössä.

Oppilaiden keskinäinen vuorovaikutus ei tässä tutkimuksessa osoittautunut kaikissa tapauksissa riittäväksi oppilaiden virheellisten käsitysten käsittelyssä – pikemminkin päinvastoin. Näin ollen tutkimus nostaa esiin opettajan tai asiaa ymmärtävän toisen oppi-

laan merkityksen ja roolin oppimisprosessin ja tiedonmuodostuksen tukemisessa (ks. Vygotsky 1978, lähikehityksen vyöhyke). Opettajan tärkeimpänä työvälineenä voidaan pitää kieltä, jota käytetään toiminnan ja sosiaalisen vuorovaikutuksen kautta tiedonmuodostuksen välittäjänä (sosiokulttuurinen lähestymistapa, Wertch 1991). Opettajan puheen ja sen merkityksen tutkimusta onkin tehty luonnontieteiden oppimisen ja opettamisen kontekstissa (mm. Hogan ym. 2000). Luonnontieteellisen tiedon luonteen vuoksi opettamis-oppimisprosessissa korostuu Kressin ym. (2001) mukaan myös ei-kielellisen kommunikaation, kuten eleiden ja visuaalisen kommunikaation merkitys Näin ollen kokonaisvaltaista opettajan toiminnan tutkimusta tarvitaan, jotta opettajat voisivat entistä paremmin tukea oppimisprosessia. oppilaan näkökulman tutkimuksellinen liittäminen opettamis-oppimisprosessiin antaisi holistisemman kuvan luonnontieteiden opettamisen ja oppimisen ongelmista ja mahdollisuuksista.

Käsillä oleva tutkimus nostaa esiin myös ympäristöongelmiin liittyvän tiedon oikeellisuuden kansalaistoiminnan pohjana. Näin ollen se haastaa tyypillisesti asenteisiin ja arvoihin huomiota kiinnittävän ympäristökasvatuksen huomioimaan entistä suuremmassa määrin myös luonnontieteellisen ja yhteiskunnallisen tiedon merkityksen. Tätä lähestymistapaa ovat tarkastelleet mm. Ajzen ja Fishbein perustellun toiminnan ja suunnitelmallisen käyttäytymisen -mallissaan, jonka lähtökohtana on käsitys siitä, että yksilön käyttäytymistä toimintatilanteessa ohjaavat paitsi asenteet myös subjektiiviset normit ja niin sanottu kontrolli. Tämän mallin mukaan yksilön asenteet pohjautuvat pitkälti hänen tietoperustaansa, joka voi olla tieteellisen näkemyksen mukainen tai sen kanssa ristiriitainen (Ajzen & Fishbein 1980). Näin ollen tieto nousee asennekasvatuksen erääksi lähtökohdaksi.

Tutkimuksen lopussa on syytä tarkastella Tynjälän (1999, 17) esittämää oppimisen kokonaisuutta, joka on ollut tutkimuksen yleisenä teoreettisena viitekehyksenä (ks. luku 2.3). Tynjälän mallissa oppimisprosessi kuvataan lähinnä yksilön mentaalisenä toimintana ja oppimisympäristö mainitaan oppimisprosessin taustatekijänä. Tämän tutkimuksen tulokset nostavat kuitenkin oppimistilanteen kontekstiin kuuluvia tekijöitä oppimisprosessin aktiiviseksi osaksi. Esimerkiksi sosiaalisuus ja vuorovaikutus näyttävät tässä tutkimuksessa merkittävänä tekijänä käsitteellisen ymmärryksen kehittämisessä. Pienryhmäkeskusteluissa oppilaat voivat konstruoida myös uusia virheellisiä käsityksiä (Arvaja 2005, 25), jolloin opettajan tai taitavamman oppilastoverin rooli nousee keskeiseksi. Opettajan merkitys korostuu etenkin aikaisempien tietojen problematisoinnissa sekä uuden opittavan asian liittämisessä laajempaan kontekstiin. Tällöin oppimista voidaan tarkastella noviisin ja asiantuntijan välisenä vuorovaikutuksena (vrt. lähikehityksen vyöhyke, Vygotsky 1978).

Opettaja voi esimerkiksi opetusmenetelmien ja oppimistehtävien valinnan kautta vaikuttaa olennaisesti siihen, millaisiin strategioihin oppilaat lähestyvät ongelmaa ja millaisia kognitiivisia prosesseja oppimistapahtumaan liittyy. Näillä puolestaan on vaikutusta oppilaiden motivaatioon, jos se on ulkoista, kuten usein koulutodellisuudessa on. Opettajalla

on mahdollisuus ohjata oppimisprosessia huomioimalla myös ryhmädynaamiset oppimiseen vaikuttavat tekijät, kuten oppilaiden ystävyysuhteet sekä keskinäinen sosiaalinen status. Näin ollen oppiminen näyttäytyykin varsin kontekstisidonnaisena, jos kontekstina ymmärretään fyysisen kontekstin lisäksi myös sosiaalinen ja kognitiivinen ympäristö, jonka toimijat luovat (Arvaja 2005, 28; Halldén 1999). Edellisen nojalla luonnontieteiden oppimista tulisikin tarkastella Tynjälän (1999) esittämää mallia sosiaalisempaa ja vuorovaikutteisempaa, jolloin lähennetään oppimisen sosiokognitiivisia ja sosiokulttuurisia näkemyksiä.

6.5 Päätössanat

Perusopetuksen loppuvaiheessa suomalaisten oppilaiden kyky ajatella tieteellisesti luonnontieteiden ja teknologian muovaamassa yhteiskunnassa on kansainvälisten oppimissävytustutkimusten valossa erittäin hyvä. Yksittäisillä luonnontieteen sisältöalueilla osaamisessa on kuitenkin puutteita, ja oppilaiden käsitykset tietyistä ilmiöistä voivat olla jopa virheellisiä. Esimerkiksi Viiri (2000) on tutkimuksessaan havainnut oppilaiden ja opiskelijoiden vuorovesi-ilmiötä koskevien selitysten olevan puutteellisia. Mikkilä-Erdmanin (2002) tutkimuksessa havaittiin puutteita fotosynteesin ymmärtämisessä ja Lampiselkä (2003) havaitsi lukio-opiskelijoilla virheellisiä käsityksiä palamisreaktiosta. Samaten oppilaiden käsitykset ilmastonlämpenemisestä osoittautuivat tämän tutkimuksen perusteella jossain määrin puutteelliseksi ja virheellisiksi perusopetuksen päättyessä.

Virheelliset käsitykset ilmastonlämpenemisestä ovat huolestuttavia paitsi luonnontieteiden opetuksen näkökulmasta myös yhteiskunnallisesti, sillä ilmastonlämpeneminen on viimeaikaisten tutkimusten valossa yhä akuutimpi ja ajankohtaisempi ongelma. Näin ollen kyseiseen ympäristöongelmaan on syytä reagoida sekä yhteiskunnallis-poliittisessa päätöksenteossa että yksilötasolla. Virheelliset käsitykset ympäristöongelman taustalla olevasta luonnontieteellisestä ilmiöstä voivat kuitenkin johtaa sellaisiin kansalaistoimiin, joilla ei kyseisen ilmiön kannalta ole merkitystä ja jotka voivat olla jopa ei-toivottuja ilmiön hillitsemisen kannalta. Esimerkiksi tässäkin tutkimuksessa osa oppilaista oli sitä mieltä, että ympäristön roskaaminen aiheuttaa ilmastonlämpenemistä. Roskaamatta jättäminen on toki ympäristömyönteistä, mutta globaalien ympäristöongelmien ratkaisukeinoksi siitä ei ole. Pahimmillaan roskaamattomuus voi olla ilmastonlämpenemisen kannalta jopa haitallista, jos kansalainen kokee tehneensä oman osansa ilmastonlämpenemisen rajoittamiseksi ja samalla jättää omassa toiminnassaan huomiotta varsinaisesti ilmastonlämpenemiseen vaikuttavat toimet, kuten kulutuksen vähentämisen. Kansalaisten ympäristövastuun kehittämiseksi asianmukainen luonnontieteellinen tietämys tulisi entistä voimakkaammin sitoa yhteiskunnalliseen toimijuuteen.

Lähteet

- Adeniyi, E. O. 1985. Misconceptions of selected ecological concepts held by some Nigerian students. *Journal of Biological Education* 19(4), 311–316.
- Aebli, H. 1991. Opetuksen perusmuodot. Alkuperäisteoksesta *Zwölf Grundformen des Lehrens* suomentanut U. Sinkkonen. Porvoo: WSOY.
- Aho, L. 1993. Ympäristö ja luonnontieto lasten kasvatuksessa. Teoksessa M. Ojala (toim.) *Suomalaista varhaiskasvatustutkimusta. Tutkittua ja tärkeäksi havaittua varhaiskasvatuksessa*. Helsinki: Lastensuojelun keskusliitto, 266–280.
- Ahonen, S. 1994. Fenomenografinen tutkimus. Teoksessa L. Syrjälä, S. Ahonen, E. Syrjäläinen & S. Saari (toim.) *Laadullisen tutkimuksen työtapoja*. Helsinki: Kirjayhtymä, 114–160.
- Ahtee, M. 1992. Oppilaiden käsitykset valo-opin ilmiöistä ja niiden ottaminen huomioon opetuksessa. Helsingin yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 102.
- Ahtee, M. 1993. Oppimiskäsityksen kehittyminen konstruktivistiseksi: Esimerkkinä fysiikan opetus. Teoksessa J. Paasonen, E. Pehkonen & L. Leino (toim.) *Matematiikan opetus ja konstruktivismi – teoriaa ja käytäntöä*. Helsingin yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 116, 63–71.
- Ahtee, M. 1997. Arkikäsitteistä tieteelliseen selitykseen. Esimerkkinä fysiikka. Teoksessa M. Ahtee & T. Markkanen (toim.) *Tiedeopetus kouluissa. Mitä tiede ja tieteellisyys merkitsevät*. Helsingin yliopisto. *Studia Pedagogica* 13, 19–26.
- Ahtee, M. 1998. Arkitieto ja tieteellinen tieto luonnontieteiden opetuksessa. *Kasvatus* 29, 358–362.
- Ajzen, I. & Fishbein, M. 1980. *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Andersson, B. 2001. Tema 'tillståndet i världen' – svenska elevers kunskaper, förståelse och ställningstaganden. Teoksessa L. Aho (toim.) *Research on science teaching and learning*. Joensuu yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunta. Tutkimuksia 81, 135–148.
- Andersson, B. & Wallin, A. 2000. Students' understanding of the greenhouse effect, societal consequences of reducing CO₂ emissions and why ozone layer depletion is a problem. *Journal of Research in Science Teaching* 37(10), 1096–1111.
- Arabatzis, T. 2004. Conceptual change in science: The case of theoretical concepts. [Esitelmä] 4th European Symposium on Conceptual Change: Philosophical, Historical, Psychological, and Educational Approaches. Earli. Delphi, Greece, 19–23.5.2004.
- Aron, R. H., Francek, M. A., Nelson, B. D. & Biasrd, W. J. 1994. Atmospheric misconceptions. *The Science Teacher* 6(1), 30–33.
- Arvaja, M. 2005. Collaborative knowledge construction in authentic school context. University of Jyväskylä. Institute for Educational Research. Research Reports 14.

- Asunta, T. 2003. Knowledge of environmental issues – Where pupils acquire information and how it affects their attitudes, opinions and laboratory behaviour. University of Jyväskylä. Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 221.
- Ausubel, D. P. 1968. Educational psychology, a cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Barras, R. 1984. Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of Biological Education* 18(3), 201–206.
- Batterham, D., Stanisstreet, M. & Boyes, E. 1996. Kids, cars and conservation: Children's ideas about the environmental impact of motors vehicles. *International Journal of Science Education* 18(3), 347–354.
- Bereiter, C. 1985. Towards a solution of the learning paradox. *Review of Educational Research* 55(2), 201–226.
- Bodner, G., Klobuchar, M. & Geelan, D. 2001. The many forms of constructivism. Online symposium: Piaget, Constructivism, and Beyond. *Journal of Chemical Education* 78, 1117–1134.
- Boston College. 2001. TIMSS 1999 international database. Teoksessa E.J. Gonzales & J.A. Miles (toim.) User guide for the international TIMSS 1999 data. IEA's repeat of the third international mathematics and science study at the eight grade. <<http://www.timss.org>> (Luettu 14.10.2005).
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. 1993. The "greenhouse effect": Children's perceptions of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education* 15, 531–552.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. 1997a. Children's models of understanding of two major global environmental issues (ozone layer and greenhouse effect). *Research in Science & Technological Education* 15(1), 19–28.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. 1997b. The environmental impact of cars: Children's ideas and reasoning. *Environmental Education Research* 3, 269–82.
- Boyes, E., Stanisstreet, M. & Papantoniou, V. S. 1999. The ideas of greek high school students about the "ozone layer". *Science Education* 83, 724–737.
- Brandt, L., Elen, J., Hellemans, J., Heerman, L., Couwenberg, I., Volckaert, L. & Morisse, H. 2001. The impact of concept mapping and visualization on the learning of secondary school chemistry students. *International Journal of Science Education* 23(12), 1303–1313.
- Brasseur, G. P, Orlando, J.J. & Tyndall, G. S. 1999. Atmospheric chemistry and global change. New York: Oxford University Press.
- Bunce, D. M. 2001. Does Piaget still have anything to say to chemists? *Journal of Chemical Education* 78, 1107–1120.
- Cantell, H. 2001. Oppimis- ja opettamiskäsitteet maantieteen opetuksen ja aineenopettajakoulutuksen kehittämisen lähtökohtana. Helsingin yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 228.
- Caravita, S. 2001. A re-framed conceptual change theory? *Commentary. Learning and Instruction* 11, 421–429.
- Caravita, S. 2004. Concended that conceptual change is a valid unit of analysis, we need to go beyond cognitive models. [Esitelmä] 4th European Symposium on Conceptual Change: Philosophical, Historical, Psychological, and Educational Approaches. Earli. Delphi, Greece, 19–23.5.2004.
- Caravita, S. & Halldén, O. 1994. Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction* 4, 89–111.
- Carey, S. 1985. *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. 1991. Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? Teoksessa S. Carey & R. Gelman (toim.) *The epigenesis of mind. Essays on biology and cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 257–291.
- Carey, S. & Spelke, E. S. 1994. Domain-specific knowledge and conceptual change. Teoksessa L. Hirschfeld & S. Gelman (toim.) *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 169–200.

- Cavalli-Sforza, V., Weiner, A. W. & Lesgold, A. M. 1994. Software support for students engaging in scientific activity and scientific controversy. *Science Education* 78(6), 577–599.
- Chan, C., Burtis, J. & Bereiter, C. 1997. Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Learning and Instruction* 4, 27–43.
- Chi, M. T. H. 1992. Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery science. Teoksessa R. N. Giere (toim.) *Cognitive models of science*. University of Minnesota. *Minnesota Studies in Philosophy of Science*, 129–186.
- Chi, M. T. H. 2005. Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences* 14(2), 161–199.
- Chi, M. T. H. & Roscoe, R. D. 2002. The processes and challenges of conceptual change. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer, 3–28.
- Chi, M., Slotta, J. & DeLeeuw, N. 1994. From things to process: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction* 4, 27–43.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. 1998. An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching* 35(6), 623–654.
- Christidou, V. & Koulaidis, V. 1996. Children's models of the ozone layer and ozone depletion. *Research in Science Education* 26(4), 421–436.
- Cohen, L. & Manion, L. 1994. *Research methods in education*. London: Croom Helm.
- Concoran, P. B., Walker, K. E. & Wals, A. E. J. 2004. Case studies, make-your-case studies, and case stories: a critique of case-study methodology in sustainability in higher education. *Environmental Education Research* 10(1), 7–21.
- Devine-Wright, P., Devine-Wright, H. & Fleming, P. 2004. Situational influences upon children's beliefs about global warming and energy. *Environmental Education Research* 10(4), 493–506.
- Creswell, J. W. 2003. *Research design. Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. (2.p.). Thousand Oaks: Sage publications.
- Dillon, P. 1993. Technology, economy and environment: Teaching about the issues. *Proceedings of the PATT-93 Conference Technology and the Environment*. Eindhoven University of Technology, 225–239.
- diSessa, A. A. 1988. Knowledge in pieces. Teoksessa G. Forman & P. Pufall (toim.) *Constructivism in the computer age*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 49–70.
- diSessa, A. A. 1993. Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction* 10(2/3), 105.
- diSessa A. A. 2002. Why “conceptual ecology” is a good idea. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer, 29–60.
- Dole, J. A. & Sinatra, G. M. 1998. Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist* 33 (2/3), 109–128.
- Dove, J. 1996. Student teacher understanding of the greenhouse effect, ozone layer depletion and acid rain. *Environmental Education Research* 2(1), 89–101.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E. & Eliovitch, R. 1990. Applying the ‘cognitive conflict’ strategy for conceptual change - Some implications, difficulties and problems. *Science Education* 74(5), 555–569.
- Driver, R. 1983. *The pupil as scientist?* Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R. & Easley, J. 1978. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education* 5, 61–84.
- Driver, R. & Erickson, G. 1983. Theories-in-action. Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education* 10, 37–60.

- Duit, R. 1999. Conceptual change approaches in science education. Teoksessa W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (toim.) *New perspectives on conceptual change*. Amsterdam, NL: Pergamon, 263–282.
- Duit, R. 2002. Conceptual change – still powerful frame for improving science teaching and learning? [Esitelmä] 3th European Symposium on Conceptual Change: A Process Approach to Conceptual Change. Earli. Turku, 26–28.6.2002.
- Duit, R. 2004. Bibliography. Students' and teachers' conceptions and science education. IPN – Leibniz Institute for Science Education at the University of Kiel. <<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>> (Luettu 14.10.2005).
- Duit, R. & Komorek, M. 1997. Understanding the basic ideas of chaos-theory in a study of limited predictability. *International Journal of Science Education* 19(3), 247–264.
- Duit, R., Komorek, M. & Wilbers, J. 1997. Studies on educational reconstruction of chaos theory. *Research in Science Education* 27(3), 339–357.
- Duit, R., Roth, W. - M., Komorek, M. & Wilbers, J. 2001. Fostering conceptual change by analogies — between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction* 11, 283–303.
- Duit, R. & Treagust, D. 1998. Learning in science – from behaviourism towards social constructivism and beyond. Teoksessa B. J. Fraser & K. G. Tobin (toim.) *International handbook of science education*. Part One. London: Kluwer, 3–25.
- Duit, R. & Treagust, D. 2003. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* 25(6), 671–688.
- Duit, R., Widodo, A. & Müller, C. 2003. Constructivist views and teaching and learning practice. Teachers' views, classroom behaviour and instructional results. [Esitelmä] 10th European Association for Research on Learning and Instruction conference. Improving Learning, Fostering the Will to Learning. Padova, Italy, 26–30.8.2003.
- Dysthe, O. 1996. The multivoiced classroom. *Interactions of writing and classroom discourse*. *Written Communication* 13, 385–425.
- Eloranta, V. 2001. Primary school children's conceptions and naïve theories of plants. Teoksessa L. Aho (toim.) *Research on science teaching and learning*. Joensuu Yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunnan tutkimuksia 81, 276–287.
- Eloranta, V. 2003. Mitä ja miten biologiasta opitaan luokilla 1–6? Teoksessa V. Meisalo (toim.) *Aineenopettajakoulutuksen vaihtoehtot ja tutkimus 2002*. Ainedidaktinen symposiumi 1.2.2002. Helsingin yliopiston opettajakoulutuslaitos. *Tutkimuksia* 241, 238–248.
- Eskola, J. 2001. Laadullisen tutkimuksen juhannustaiat. Laadullisen aineiston analyysi vaihe vaiheelta. Teoksessa J. Aaltola & R. Valli (toim.) *Ikkunoita tutkimusmetodeihin II*. Näkökulmia aloittelevalle tutkijalle tutkimuksen teoreettisiin lähtökohtiin ja analyysimenetelmiin. Jyväskylä: PS-kustannus, 136–140.
- Eskola, J. & Suoranta J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino.
- Fisher, B. 1998. Australian students' appreciation of the greenhouse effect and the ozone hole. *Australian Science Teacher Journal* 44(3), 46–55.
- Fisher, F., Bruhn, J., Gräsel, C. & Mandl, H. 2002. Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. *Learning and Instruction* 12, 213–232.
- Francis, C., Boyes, E., Qualter, A. & Stanisstreet, M. 1993. Ideas of elementary students about reducing the "greenhouse effect". *Science education* 77(4), 375–392.
- Fraser, A. B. 2000. Bad meteorology. <<http://www.ems.psu.edu/~fraser/BadMeteorology.html>> (Luettu 14.10.2005).
- Gergen, K. J. 1995. Social construction and the educational process. Teoksessa L. P. Steffe & J. Gale (toim.) *Constructivism in education*. New Jersey: LEA Publisher, 17–39.
- Glaserfeld, E. von 1987. *The construction of knowledge: contributions to conceptual semantics*. Seaside California: Intersystems Publications.
- Glaserfeld, E. von 1998. *Constructivism reconstructed: A reply to Suchting*. Teoksessa M. R. Matthews (toim.) *Constructivism in science education. A philosophical examination*. London: Kluwer, 11–29.

- Gorodetsky, M. & Keiny, S. 2002. Participative learning and conceptual change. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer, 149–163.
- Groves, F. & Pugh, A. 1999. Elementary pre-service teacher perceptions of the greenhouse effect. *Journal of Science Education and Technology* 8, 75–81.
- Groves, F. G. & Pugh, A. F. 2002. Cognitive illusions as hindrance to learning complex environmental issues. *Journal of Science Education and Technology* 11(4), 381–390.
- Haaparanta, P. 1997. Ilmastomuutos kansantaloudellisena ilmiönä. Teoksessa I. Savolainen, P. Haaparanta & M. Järvelä (toim.) *Ilmastopolitiikka ja Suomi*. Helsinki: Taloustieto, 58–74.
- Haapasalo, P. 1996. *Tieteen harhoja*. Espoo: Kimmelkustannus.
- Hall, R. 2000. Videorecording as theory. Teoksessa E. Kelly & R. A. Lesh (toim.) *Handbook of research design in mathematics and science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 647–664.
- Halldén, O. 1999. Conceptual change and contextualization. Teoksessa I. W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (toim.) *New perspectives on conceptual change*. Amsterdam: Elsevier, 53–65.
- Halldén, O., Petersson, G., Scheja, M., Ehrlén, K., Haglund, L., Österlind, K. & Stenlund, A. 2002. Situating the question of conceptual change. Teoksessa M. Limon & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer, 137–148.
- Hallituksen kestävä kehityksen ohjelma. Valtioneuvoston periaatepäätös ekologisen kestävyuden edistämisestä 1998. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Hammersley, M. & Atkinson, P. 1995. *Ethnography. Principles in practice*. London: Routledge.
- Hatano, G. & Inagaki, K. 1997. Qualitative changes in intuitive biology. *European Journal of Psychology of Education* XII(2), 111–130.
- Havu, S. 2000. Changes in children's conceptions through social interaction in pre-school science education. University of Joensuu. *Publications in Education* 60.
- Hella, E. 2003. Fenomenografia uskonnonpedagogisessa tutkimuksessa. *Teologinen aikakauskirja* 108 (4), 310–322.
- Helldén, G. 1992. Grundskolelevers förståelse av ekologiska processer. *Studia Psychologica et Pedagogica. Series alterna C*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Henriques, L. 2000. Children's misconceptions about weather: A review of the literature. Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, New Orleans, LA, April 29, 2000. <<http://www.csulb.edu/~lhenriqu/NARST2000.htm>> (Luettu 14.10.2005).
- Hewson, P. W. 2003. Improving science teaching and learning. Paper presented at 10th European Association for Research on Learning and Instruction conference. Padova, Italy, 26–30.8.2003.
- Hewson, P. W., Beeth, M. E. & Thorley, N. R. 1998. Teaching for conceptual change. Teoksessa B. J. Fraser & K. G. Tobin (toim.) *International handbook of science education*. Great Britain: Kluwer, 3–26.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. *Tutki ja kirjoita*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Hogan, K., Nastasi, B. K. & Pressley, M. 2000. Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher — guided discussions. *Cognition and Instruction*, 379–432.
- Holopainen, M., Ryhänen, E. - L., Raekunnas, M., Reinikkala, P., Saarivuori, M., Sarvilinna, R. & Tenhunen, A. 2004. *Luonto. Yhteinen ympäristö*. Porvoo: WSOY.
- Hsu, Y - S. & Thomas, R. A. 2002. The impacts of a web-aided instructional simulation on science learning. *International Journal of Science Education* 24(9), 955–979.
- IPCC 2001. Intergovernmental panel on climate change. <<http://www.ipcc.ch/>> (Luettu 14.10.2005).
- Ivarsson, J., Schoultz, J. & Säljö, R. 2002. Map reading versus mind reading: Revisiting children's understanding of the shape of the earth. Teoksessa M. Limon & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer, 77–99.

- Johnson, B. & Christensen, L. 2004. Educational research. Quantitative, qualitative, and mixed approaches. (2.p.). Boston: Allyn and Bacon.
- Joos, F., Ramirez-Rojas, A., Stone, J.M.R. & Zillman, J. (toim.) 2001. Technical summary. A report accepted by working group I of the IPCC but not approved in detail. <http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/021.htm> (Luettu 14.10.2005).
- Järvelä, M. & Wilenius M. 1996. Ilmatoriski ja ympäristöpolitiikka. Helsinki: Gaudeamus.
- Järvinen, T. 1999. Peruskoulusta toisen asteen koulutukseen. Siirtymävaiheen kokemukset ja koulutusvalintojen taustatekijät oppilaiden kertomina. Turun yliopiston julkaisuja. Sarja C: 150.
- Kallio, E. 1998. Training of students' scientific reasoning skills. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 139. <<http://selene.lib.jyu.fi:8080/vaitos/studies/studeduc/9513912922.pdf>> (Luettu 14.10.2005).
- Keiny, S. 1991. System thinking as a prerequisite for environmental problem solving. Teoksessa S. Keiny & U. Zoller (toim.) Conceptual issues in environmental education. New York: Peter Lang, 171–184.
- Klausmeier, J. H., Ghatala, S. E. & Frayer, A. D. 1974. Conceptual learning and development. New York: Academic Press.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. & Nett, U. 2005. Scientific reasoning in young children. Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology*.
- Koulaidis, V. & Christidou, V. 1999. Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science education* 83(5), 559–576.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J. & Tsatsarelis, C. 2001. Multimodal teaching and learning. The rhetorics of the science classroom. *Advances in applied linguistics*. London: Continuum.
- Kuhn, T. 1970. The structure of scientific revolutions (2.p.). Chicago: University of Chicago Press.
- Kupari, P., Reinikainen, P., Nevanpää, T. & Törnroos, J. 2001. Miten matematiikkaa ja luonnontieteitä osataan suomalaisessa peruskoulussa? Kolmas kansainvälinen matematiikka- ja luonnontiedetutkimus TIMSS 1999 Suomessa. Jyväskylän yliopisto: Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Kyngäs, H. & Vanhanen, L. 1999. Sisällön analyysi. *Hoitotiede* 11(1), 3–12.
- Käpylä, M. 1991. Kohti ympäristökasvatuksen kokonaisuutta. *Kasvatus* 22 (5–6), 439–445.
- Laine, K. 1999. Käsitteellinen ymmärtäminen ja sen ohjaaminen. Teoksessa K. Laine & J. Tähtinen (toim.) Oppimisen ohjaaminen esi- ja alkuopetuksessa. Turun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunta. Julkaisusarja B: 64, 29–76.
- Lampiselkä, J. 2003. Demonstraatio lukion kemian opetuksessa. University of Jyväskylä, Department of Chemistry. Research Report 102.
- Latva, S. 2004. Pelisuunnittelun tematiikka. Teoksessa M. Kankaanranta, P. Neittaanmäki & P. Häkkinen (toim.) Digitaalisten pelien maailmoja. Pelaajat, pelien tekijöitä ja tutkimus-suuntia. Jyväskylän yliopisto: Koulutuksen tutkimuslaitos ja Agora Center, 33–50.
- Lautrey, J. & Mazens, K. 2004. Is children naive knowledge consistent? A comparison of concepts of sound and heat. *Learning and Instruction* 14(4), 399–423.
- Lawson, A. E. 1988. The acquisition of biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or tabula rasa? *Journal of Research in Science Teaching* 25(3), 185–199.
- Lawson, A. E., Alkhoury, S., Benford, R., Clark, B. & Falconer, K. A. 2000. What kinds of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. *Journal of Research in Science Teaching* 37(9), 996–1018.
- Leach, J. & Scott, P. 1999. Teaching and learning science: Linking personal and sociocultural perspectives. Paper presented at the 8th European Association for Research on Learning and Instruction. Göteborg, Sweden.
- Lehtelä, P.-L. 2001. Seitsemäsluokkalaisten metakognitiot aineen rakenteen oppimis- ja opiskeluprosessissa. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteellisiä julkaisuja 70.

- Lehtinen, E. & Palonen, T. 1999. Kognitio, käytäntö ja kulttuuri: Lintubongarin pidempi oppimäärä. Teoksessa A. Eteläpelto & P. Tynjälä (toim.) Oppiminen ja asiantuntijuus. Työelämän ja koulutuksen näkökulma. Juva: WSOY, 146–159.
- Leighton, J. & Bisanz, G. L. 2003. Children's and adults' knowledge and reasoning about the ozone layer and its depletion. *International Journal of Science Education* 25(1), 117–139.
- Lesh, R. & Lehrer, R. 2000. Iterative refinement cycles for videotape analyses of conceptual change. Teoksessa E. Kelly & R. A. Lesh (toim.) Handbook of research design in mathematics and science education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 665–708.
- Limón, M. 2001. On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. *Learning and Instruction* 11, 357–380.
- Limón, M. & Mason, L. 2002. Introduction. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice. Dordrecht: Kluwer.
- Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. 1985. Naturalistic inquiry. California: Sage Publications.
- Linnakylä, P. & Kupari, P. 1995. Autenttinen arviointi peruskoulun opiskelua ja arviointimenetelmiä uudistamassa. Teoksessa A. Räsänen (toim.) Silta uuteen opiskelija-arviointiin. Opetushallitus. Arviointi 6/96. Helsinki, 95–121.
- Linnenbrink, E. & Pintrich, P. R. 2000. Multiple pathways to learning and achievement: The role of goal orientation in fostering adaptive motivation, affect, and cognition. Teoksessa C. Sansone & J. Harackiewicz (toim.) Intrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance. San Diego, CA: Academic Press, 195–227.
- Marín, N., Benarroch, A. & Gómez, E. J. 2000. What is the relationship between social constructivism and Piagetian constructivism? An analysis of the characteristics of the ideas within both theories. *International Journal of Science Education* 22(3), 225–238.
- Martin, B. L., Mintzes, J. J. & Clavijo, I. E. 2000. Restructuring knowledge in biology: Cognitive processes and metacognitive reflections. *International Journal of Science Education* 22(3), 303–323.
- Marton, F. 1981. Phenomenography – Describing conceptions of the world around us. *Instructional Science* 10, 177–200.
- Marton, F. 1986. Phenomenography – A research approach to investigating different understanding of reality. *Journal of Thought* 21(3), 28–49.
- Mason, L. 1996. An analysis of children's construction of new knowledge through their use of reasoning and arguing in classroom discussions. *Qualitative Studies in Education* 9(4), 411–433.
- Mason, L. 1998. Sharing cognition to construct scientific knowledge in school context: The role of oral and written discourse. *Instructional Science* 26, 359–389.
- Mason, L. 2001. Introducing talk and writing for conceptual change: A classroom study. *Learning and Instruction* 11, 305–329.
- Mason, L. 2004. Fostering understanding by structural alignment as a route to analogical learning. *Instructional Science* 32, 293–318.
- Mason, L. & Santi, M. 1998. Discussing the greenhouse effect: Children's collaborative discourse reasoning and conceptual change. *Environmental Education Research* 4(1), 67–85.
- Matthews, M. R. 2002. Constructivism and science education. A further appraisal. *Journal of Science Education and Technology* 11(2), 121–134.
- Mayer, R. E. 1996. Learners as information processors: Legacies and limitations of educational psychology's second metaphor. *Educational Psychologist* 31(3/4), 151–161.
- Mayer, R. E. 2002. Understanding conceptual change: A commentary. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice. Dordrecht: Kluwer, 101–111.
- Meadows, G. & Wiesenmayer, R. L. 1999. Identifying and addressing students' alternative conceptions of the causes of global warming: The need for cognitive conflict. *Journal of Science Education and Technology* 8 (3), 235–239.

- Mercer, N. 1995. The guided construction on knowledge: Talk amongst teachers and learners. Clevedon: Multilingual Matters.
- Merenluoto, K., Eloranta, V. & Mikkilä-Erdmann, M. 2002. Luonnontieteiden ja matematiikan opetuksen haasteet luokanopetukselle. Teoksessa E. Lehtinen & T. Hiltunen (toim.) Oppiminen ja opettajuus. Turun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunta. Julkaisuja B: 71.
- Merenluoto, K. & Lehtinen, E. 2002. Conceptual changes in mathematics: Understanding the real numbers. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice. Dordrecht: Kluwer.
- Merenluoto, K. & Lehtinen, E. 2004. Number concept and conceptual change: Towards a systemic model of the process of change. *Learning and Instruction* 14(5), 519–534.
- Mestre, J. P. 2000. Progress in research: The interplay among theory, research questions, and measurement techniques. Teoksessa E. Kelly & R. A. Lesh (toim.) Handbook of research design in mathematics and science education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 151–168.
- Miettinen, R. 2000. Konstruktivistinen oppimisenäkemys ja esineellinen toiminta. *Aikuiskasvatus* 4, 276–292.
- Mikkilä-Erdmann, M. 2002. Textbook text as a tool for promoting conceptual change in science. Turun yliopiston julkaisuja B 49.
- Mikkilä, M. & Olkinuora, E. 1995. Miten oppilaat ymmärtävät fotosynteesin oppikirjatekstin ja tehtävien avulla? Teoksessa M. Mikkilä & E. Olkinuora (toim.) Textbooks and learning. Centre for Learning Research, Publications 4/3–9, 52–62.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. 1994. An expanded sourcebook. *Qualitative data analysis*. London: Sage Publications.
- Munson, B. H. 1994. Ecological misconceptions. *Journal of Environmental Education* 25, 30–34.
- Mutanen, A. 2000. Käsitteiden oppimisesta merkitysten tulkintaan. Lasten aika-käsitteisiin liittyvien oppimisprosessien fenomenologinen kuvaaminen. Oulun yliopisto, Kajaanin opettajankoulutusyksikkö. <<http://herkules oulu.fi/isbn9514257081/isbn9514257081.pdf>> (Luettu 14.10.2005).
- Mäkelä, K. 1990. Kvalitatiivisen analyysin arviointiperusteet. Teoksessa K. Mäkelä (toim.) Kvalitatiivisen aineiston analyysi ja tulkinta. Helsinki: Gaudeamus, 42–61.
- Nakleh, M. B. 2001. Theories or fragments? The debate over learners' naïve ideas about science. Online symposium: Piaget, Constructivism, and Beyond. *Journal of Chemical Education* 78, 1107–1115.
- Nevanpää, T. 2001. Voiko otsoniaukkoon pudota? Tutkimus 7.-luokkalaisten oppilaiden eräitä ympäristöongelmia koskevista tiedoista. Jyväskylän yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Pro gradu -tutkielma.
- Nobles, G., Martin, A. & Panagiotaki, G. 2002. Picturing the world: Children's understanding of the earth. [Esitelmä] 3th European Symposium on Conceptual Change: A Process Approach to Conceptual Change. Earli. Turku, 26–28.6.2002.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. 1995. Opi oppimaan. Tampere: Tammer-Paino.
- Ojala, J. 1997. Kirjoittamaton kirja, kirjoitettu kirja ja luonnonkirja. Planetaariset ilmiöt teksteinä ja kuvina peruskoulun ja lukion oppikirjoissa. Jyväskylän yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 63.
- Osborne, J. F. 1996. Beyond constructivism. *Science Education* 80(1), 53–82.
- Osborne, J. 2001. Science in our culture – The role of science education. Teoksessa L. Aho (toim.) Research on science teaching and learning. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunta. Tutkimuksia 81, 9–33.
- Papadimitriou, V. 2004. Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. *Journal of Science Education and Technology* 13(2), 299–307.
- Patton, M.Q. 1990. *Qualitative evaluation and research methods*. (2.p.). Newbury Park, CA: Sage.

- Paulsen, A. C. 2001. The changing task of teaching science. Teoksessa L. Aho (toim.) Research on science teaching and learning. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunta. Tutkimuksia 81, 34–48.
- Pintrich, P. 1999. Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. Teoksessa W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (toim.) New perspectives on conceptual change. Amsterdam NL: Pergamon, 33–50.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. B. 1993. Beyond cold conceptual change. The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research* 63, 167–199.
- POPS 1994. Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1994. Helsinki: Opetushallitus.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gerzog, W. A. 1982. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66, 211–227.
- Rasku-Puttonen, H., Eteläpelto, A., Arvaja, M. & Häkkinen, P. 2003. Teacher's role in supporting project-based learning in technology supported environments. Teoksessa J. Brophy & A. Eteläpelto (toim.) Collaboration and learning in virtual environments. <<http://selene.lib.jyu.fi:8080/julpu/9513914208.pdf>> (Luettu 14.10.2005).
- Reinikainen, P. 2002. Millaista on luonnontieteellinen osaaminen Suomessa? Teoksessa J. Välijärvi & P. Linnakylä (toim.) Tulevaisuuden osaajat. PISA 2000 Suomessa. Jyväskylän yliopisto: Koulutuksen tutkimuslaitos, 57–72.
- Reinikainen, P. 2005. Luonnontieteellinen osaaminen. Teoksessa P. Kupari & J. Välijärvi (toim.) Osaaminen kestäväällä pohjalla. PISA 2003 Suomessa. Jyväskylän yliopisto: Koulutuksen tutkimuslaitos, 37–64.
- Resnick, L. 1983. Mathematics and science learning. A new conception. *Science* 220, 477–487.
- Resnick, L. B. 1989. Developing mathematical knowledge. *American Psychologist* 44, 162–169.
- Resnick, L. 1991. Shared cognition: Thinking as social practice. Teoksessa L. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (toim.) Perspectives on socially shared cognition. Washington: American Psychological Association, 1–20.
- Roschelle, J. 2000. Choosing and using video equipment for data collection. Teoksessa A. Kelly & R. Lesh (toim.) Research design in mathematics & science education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Rye, J., Rubba, P. A. & Wiesenmayer, R. L. 1997. An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming. *International Journal of Science Education* 19(5), 527–551.
- Saari, H. 2000. Oppilaiden käsitykset malleista ja mallintaminen fysiikan peruskouluopetuksessa. University of Joensuu. Department of physics. Väisälä Laboratory. Dissertations: 22.
- Samarapungavan, A. & Robinson, W. R. 2001. Implications of cognitive science research for models of science learner. Online symposium: Piaget, constructivism, and beyond. *Journal of Chemical Education* 78, 1107–1122.
- Scardamalia, M. 2003. Knowledge forum (Advances beyond CSILE). *Journal of Distance Education* 17, 23–28.
- Sinatra, G. M. 2002. Motivational, social, and contextual aspects of conceptual change: A commentary. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice. Dordrecht: Kluwer, 187–197.
- Smith, J. P., diSessa, A. A. & Rochelle, J. 1993. Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of Learning Sciences* 3, 115–183.
- Soininen, M. 1995. Tieteellisen tutkimuksen perusteet. Turun yliopiston täydennyskoulutuskuskuksen julkaisu 43.
- Solomon, J. 1993. The social construction of children's scientific knowledge. Teoksessa P. J. Black & A. M. Lucas (toim.) Children's informal ideas in science. London: Routledge, 85–101.

- Sormunen, K. 2004. Seitsemäsluokkalaisten episteemiset näkemykset luonnontieteiden opiskelun yhteydessä. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteellisiä julkaisuja 95.
- Spada, H. 1994. Conceptual change or multiple representation. *Learning and Instruction* 4(2), 113–116.
- Stake, R. E. 2000. Case studies. Teoksessa N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (toim.) *Handbook of qualitative research*. (2.p.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 435–454.
- Steffe, L. P. & Thompson, P. W. 2000. Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. Teoksessa A. E. Kelly & R. A. Lesh (toim.) *Handbook of research design in mathematics and science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 267–306.
- Stevenson, R. B. 2004. Constructing knowledge of educational practices from case studies. *Environmental Education Research* 10(1), 39–51.
- Strike, A. K. & Posner, G. J. 1992. A revisionist theory of conceptual change. Teoksessa R. A. Duschl & R. J. Hamilton (toim.) *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice*. New York: State University of New York Press, 147–176.
- Summers, M., Kruger, C., Childs, A. & Mant, J. 2001. Understanding the science of environmental issues: Development of a subject knowledge guide for primary teacher education. *International Journal of Science Education* 23(1), 33–53.
- Säljö, R. 2001. *Oppimiskäytännöt. Sosiokulttuurinen näkökulma*. Helsinki: WSOY.
- Tashakkori, A. & Teddlie, C. 1998. *Mixed methodology: Combining qualitative and quantitative approaches*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Thorner, J., Stanisstreet, M. & Boyes, E. 1999. School students' ideas about air pollution: Hindrance or help for learning. *Journal of Science Education and Technology* 8(1), 67–73.
- Tobin, K. & Tippins, D. J. 1993. Constructivism as a referent for teaching and learning. Teoksessa K. Tobin (toim.) *The practice of constructivism in science education*. Washington: AAAS, 3–21.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2003. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki: Tammi.
- Tynjälä, P. 1997. Developing education students' conceptions of the learning process in different learning environments. *Learning and Instruction* 7(3), 277–292.
- Tynjälä, P. 1999. Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Tynjälä, P., Merenluoto, K. & Murtonen, M. 2002. What has been meant by "concept" and "change" in conceptual change studies? A framework for a meta-analytical study. [Esitelmä] 3th European Symposium on Conceptual Change: A Process Approach to Conceptual Change. Earli. Turku, 26–28.6.2002.
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G. & Treagust, D. F. 1997. A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education* 81, 387–404.
- Uljens, M. 1989. *Fenomenografi — Forskning om uppfattningar*. Lund: Studentlitteratur.
- Van Boxtel, C., Van der Linden, J. & Kanselaar, G. 2000. Collaborative learning tasks and the elaboration of conceptual knowledge. *Learning and Instruction* 10(4), 311–330.
- Varto, J. 1992. *Laadullisen tutkimuksen metodologia*. Tampere: Kirjayhtymä.
- Venkula, J. 1995. *Arki ja tieteellinen ajattelu. Tieteellisen toiminnan oluttuvuuksia III*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Venville, G. J. & Treagust, G. F. 1998. Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching* 35(9), 1031–1055.
- Viennot, L. 1979. Spontaneous reasoning in elementary mechanics. *European Journal of Science Education* 1, 203–221.
- Viiri, J. 2000. Vuorovesi-ilmiön selityksen opetuksellinen rekonstruktio. Joensuun yliopisto, Kasvatustieteellisiä julkaisuja 59.
- Viiri, J. & Saari, H. 2004. Research-based teaching unit on the tides. *International Journal of Science Education* 26(4), 463–481.

- Vosniadou, S. 1992. Knowledge acquisition and conceptual change. *Applied Psychology: An International Review* 41(4), 347–357.
- Vosniadou, S. 1994. Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4(1), 45–69.
- Vosniadou, S. 2002. On the nature of naïve physics. Teoksessa M. Limón & L. Mason (toim.) *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer, 61–76.
- Vosniadou, S. 2003. Conceptual change approaches for improving teaching and learning science in schools. Paper presented at 10th European Association for Research on Learning and Instruction conference. Padova, Italy, 26–30.8.2003.
- Vosniadou, S. 2005. Relations between intentional learning, self-regulation and conceptual change.[Esitelmä] 11th biennial Earli conference: Integrating Multiple Perspectives on Effective Learning Environments. Nikosia, Kypros, 23–27. 8. 2005.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. 1992. Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology* 24, 535–585.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. 1994. Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science* 18, 123–183.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. 1998. From conceptual change to science education: A psychological point of view. *International Journal of Science Education* 20, 1213–1230.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, E. 2001. Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction* 11, 381–419.
- Vosniadou, S. & Kollias, V. 2003. Using collaborative, computer-supported, model building to promote conceptual change in science. Teoksessa E. De Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle & J. Van Merriënboer (toim.) *Powerful learning environments: Unravelling basic components and dimensions*. *Advances in Learning and Instruction*, Elsevier Press.
- Vosniadou, S. & Schnotz, W. 1997. Introduction. *European journal of psychological education*. XII(2), 105–110.
- Vosniadou, S., Skopeliti, I. & Ikospentaki, K. 2005. Reconsidering the role of artefacts in reasoning: children’s understanding of the globe as a model of the earth. *Learning and Instruction* 15(4), 333–351.
- Voss, J. F. & Wiley, J. 1997. Conceptual understanding in history. *European Journal of Psychology of Education* XII(2), 147–155.
- Vygotsky, L. S. 1978. *Mind in society: The development of higher mental processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. 1982. *Kieli ja ajattelu*. Espoo: Weilin+Göös.
- Wandersee, J. 1990. Concept mapping and the cartography of cognition. *Journal of Research in Science Teaching* 27(10), 923–936.
- Watts, M. 1983. A study of schoolchildren’s alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education* 5(2), 217–230.
- Wertsch, J.V. 1985. *Culture and communication, and cognition: Vygotskian perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wertsch, J. V. 1991. *Voices of mind. A sociocultural approach to mediated action*. London: Harvester Wheatsheaf.
- White, R. T. 1988. *Learning science*. Oxford: Basil Blackwell.
- White, R. T. 1994. Conceptual and conceptions change. *Learning and instruction* 4(1), 117–121.
- Wiser, M. & Amin, T. 2001. “Is heat hot?” Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instruction* 11, 331–355.
- Wiser, M. 1988. *The differentiation of heat and temperature: History of science and novice-expert shift*. Teoksessa S. Strauss (toim.) *Ontogeny, phylogeny, and historical development*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.

Lähteet

- Yin, K. R. 2003. Case study research. Design and methods. (3.p.) Applied social research methods series vol 5. Thousand Oaks: Sage publications.
- Yukhnovetsky, M. & Hoz, R. 2001. Conceptual change and the acquisition of large bodies of knowledge: Formulating and validating a theoretical framework. [Esitelmä] 10th International Earli Conference. Fribourg, Switzerland.
- Åhberg, M. 1998. Kestävän kehityksen pedagogiikka ja yleisdidaktiikka. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunnan selosteita 71.
- Österlind, K. 2005. Concept formation in environmental education: 14-year olds' work on the intensified greenhouse effect and the depletion of the ozone layer. *International Journal of Science Education* 27(8), 891–908.

Liite 1. Tutkimukseen liittyvällä ilmastonlämpenemisen oppimisjaksolla käytetty ilmastonlämpenemisen selitys.

Maapalloa ympäröivä ilmakehä koostuu useista kaasuista, joista yleisimpiä ovat typpi (78 %) ja happi (21 %). Muita ilmakehän kaasuja ovat mm. hiilidioksidi, metaani ja otsoni. Näistä kaasuista otsoni muodostaa ns. otsonikerroksen yläilmakehään. Näiden kaasujen lisäksi ilmakehässä on huomattava määrä vesihöyryä. Ilmakehä on välttämätön eliöiden kaasuaineenvaihdunnalle eli hengitykselle. Lisäksi ilmakehä suojaa maapallon elämää avaruudesta tulevalta haitalliselta säteilyltä. Ilmakehällä on merkittävä rooli myös maapallon lämpötaloudessa, sillä se säätelee Auringosta maapallolle tulevan ja maapallolta avaruuteen poistuvan säteilyn määrää.

Auringon säteily koostuu pääosin näkyvästä valosta, osin lämpösäteilystä ja ultraviolettisäteilystä. Näillä säteilytyypeillä on erilainen aallonpituus ja siten ne käyttäytyvät ilmakehässä eri tavoin. Näin ollen osa auringonsäteilystä heijastuu jo ilmakehän yläosista takaisin avaruuteen. Heijastamisen lisäksi ilmakehä myös absorboi eli "imee" säteilyä itseensä. Esimerkiksi ns. yläilmakehässä (noin 15--50 km korkeudella) sijaitseva otsonikerros suodattaa suuren osan Auringosta tulevasta ultravioletti- eli UV-säteilystä. Ultraviolettisäteily on biologisesti aktiivista säteilyä, joka vahingoittaa mm. ihmisen immuunijärjestelmää. UV-säteilyllä ei kuitenkaan ole lämpöominaisuuksia, eli se ei lämmitä maapalloa.

Koska ilmakehä absorboi ja heijastaa säteilyä, Maan pintaan pääsee vain noin puolet Auringon säteilyenergiasta. Tästä energiasta osa heijastuu edelleen takaisin avaruuteen, osa siitä absorboituu maankamaraan, vesimassoihin ja muihin väliaineisiin. Maanpinnalle päässyt säteily on pääsääntöisesti lyhytaaltoista säteilyä joka luovuttaa energiaa kohdattuaan väliaineen. Samalla säteily *muuttuu* pitkäaaltoiseksi lämpösäteilyksi, jolloin myös sen ominaisuudet muuttuvat. Tämä ns. terrestinen lämpösäteily vapautuu hitaasti takaisin ilmakehään. Koska maasta heijastuvan säteilyn ominaisuudet ovat nyt erilaisia, tietyt kaasut ilmakehässä absorboivat sitä ja heijastavat sen takaisin alailmakehään. Lämpösäteilyä absorboivia kaasuja kutsutaan kasvihuonekaasuiksi. Ne hidastavat lämpösäteilyn kulkeutumista avaruuteen, jolloin alailmakehä ja maanpinta lämpenevät. Tätä ilmiötä kutsutaan **kasvihuoneilmiöksi**. Ilman kasvihuoneilmiötä elämä maapallolla olisi mahdotonta, sillä maapallon keskilämpötila olisi - 15 °C nykyisen +18 °C sijaan.

Kasvihuonekaasuista tärkein on vesihöyry, sillä se aiheuttaa 21 °C lämpötilan nousun. Muita kasvihuonekaasuja ovat mm. hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi sekä alailmakehän otsoni. Näitä kasvihuonekaasuja esiintyy ilmakehässä luonnollisesti. Esimerkiksi metaania ja dityppioksidia muodostuu soissa ja vesistöissä hajoamistuotteena. Ihmistoiminta on kuitenkin lisännyt luontaisesti esiintyvien kasvihuonekaasujen pitoisuuksia ilmakehässä. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on kasvanut 31 prosenttia teollistumisen jälkeen. Suu-

rin osa hiilidioksidipäästöistä muodostuu fossiilisten polttoaineiden, kuten öljyn ja maakaasun poltossa. Fossiilisia polttoaineita käytetään yleisesti energianlähteenä teollisuudessa, liikenteessä ja talojen lämmityksessä. Myös laaja-alaiset metsien hakkuut lisäävät hiilidioksidipäästöjä, sillä puihin sitoutunut hiili vapautuu puun polton yhteydessä hiilidioksidina ilmakehään. Lisäksi kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu mm. maataloudesta, karjankasvatuksesta ja jätteiden käsittelystä ja jätevesien puhdistuksesta. Ihminen on paitsi lisännyt luontaisesti esiintyvien kasvihuonekaasujen pitoisuuksia ilmakehässä, myös tuottanut teollisesti luonnolle vieraita kasvihuonekaasuja. Esimerkiksi kaikki CFC-yhdistepäästöt aiheutuvat ihmisen toiminnasta. Niitä on käytetty esimerkiksi jäädytysaineina kylmälaitteissa, puhdistusaineina elektroniikkateollisuudessa sekä ponnekaasuina aerosoleissa. Taulukossa 1 on esitetty merkittävimpien kasvihuonekaasujen päästölähteet sekä suhteelliset osuudet ilmastonlämpenemisessä.

Taulukko 1. Merkittävimmät kasvihuonekaasut ja niiden ominaisuuksia (www.ilmasto.org)

Kaasu	Osuus lämmitysvaikutuksesta (%)	Elinikä ilmakehässä (v)	Suurimmat päästölähteet
Hiilidioksidi	60	50–200	Fossiilisten polttoaineiden käyttö (energiantuotanto, liikenne)
Metaani	20	12	Fossiilisten polttoaineiden kaivostoiminta ja käyttö, nautojen märehminen, riisinviljely.
Halogenoidut yhdisteet	14	0,3–50 000	Jäädytyslaitteet, elektroniikkateollisuus.
Dityppioksidi	6	114	Typpilannoitus, energiantuotanto.

Samaan aikaan kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kasvamisen kanssa on todettu esimerkiksi maapallon ja merien pintalämpötilan sekä alailmakehän lämpötilan kohoaminen. Nämä muutokset eivät ole aiheutuneet Auringon säteily määrän lisääntymisestä eivätkä ilmakehän ohentumisesta. Nykyisin on kiistatta osoitettu, että lämpeneminen johtuu ihmisen toiminnoista aiheutuvien kasvihuonekaasujen määrän lisääntymisestä ilmakehässä. Muuttamalla ilmakehän kaasukoostumusta, ihminen on muuttanut myös maapallon energiatasapainoa ja lämpötiloutta. Kasvihuonekaasupäästöt eivät itsessään ole lämpimiä tai kuumia, vaan kasvihuonekaasujen määrän lisääntymisen myötä ne heijastavat enemmän lämpösäteilyä takaisin maanpinnalle. Näin ollen alailmakehän ja maanpinnan lämpötila

kohoaa. Tästä *ihmisen voimistamista kasvihuoneilmistä käytetään nimitystä ilmastonlämpeneminen*.

Ilmastonlämpenemisellä on moninaisia seurauksia, sillä luonnossa eri osatekijät ovat vuorovaikutussuhteessa toisiinsa. Maapallon keskilämpötilan nousemisen lisäksi on arvioitu että maapallon sademäärät lisääntyvät, lumipeite ja jäätiköt vähenevät ja ilmastolliset ääriolosuhteet, kuten hellepäivät yleistyvät. Muutokset eivät kuitenkaan ole samankaltaisia kaikkialla maapallolla, vaan ilmastonlämpeneminen aiheuttaa yhtäällä sademäärän kasvua ja toisaalla lisääntyntä kuivuutta.

Ilmastonlämpeneminen aiheuttaa muutoksia maapallon ekosysteemeissä, koska niiden sopeutumiskyky on rajallinen. Esimerkiksi lajistossa ja lajusuhteissa tapahtuu muutoksia sekä maalla että vesistöissä. Näiden muutosten seurauksena uhanalaisten lajien määrä lisääntyy ja sukupuutot yleistyvät. Jotkut lajit voivat kuitenkin hyötyä ilmastonlämpenemisestä. Esimerkiksi malariasääsken esiintymisalueen on arveltu laajentuvan, jolloin myös ihmiset sairastuvat malariaan nykyistä useammin. Ilmastonlämpeneminen vaikuttaa ihmisen terveyteen myös välillisesti. Kuivuuden lisääntymisen vuoksi puhtaan veden puutteesta kärsivien ihmisten määrä kasvaa. Lisäksi kasteluveden puute ja muut kasvuolosuhteiden muutokset voivat pienentää maatalouden satoja, jolloin nälänhätä maapallolla lisääntyy.

Usein ajatellaan, että ilmastonlämpeneminen aiheuttaisi otsonikerroksen ohentumista, koska lämpö kuluttaisi otsonikerrosta tai tekee siihen reikiä. Näiden ilmiöiden välillä ei kuitenkaan ole tällaista suoranaista syy-seuraussuhdetta, vaikkakin ne kumpikin ovat ilmakehän ympäristöongelmia. Ilmastonlämpeneminen ei myöskään vähennä hapen määrää ilmakehässä, eikä siten tee elämää maapallolla mahdottomaksi.

Ilmastonlämpenemisen nopeutta ja sen aiheuttamia seurauksia on vaikea yksiselitteisesti arvioida sillä ne vaihtelevat paikallisesti ja riippuvat kasvihuonekaasujen päästöjen kehityksestä. Lisäksi maapallon ilmasto säätelevät useat ns. palautemekanismit. Esimerkiksi valtameret tasoittavat lämpötiloja sitomalla lämpöä ja kuljettamalla sitä merivirtojen mukana maapallon eri puolille. Lisäksi ne sitovat ilmakehän hiilidioksidia hilliten ilmastonlämpenemistä. Ilmastonlämpeneminen voi kuitenkin muuttaa näitä prosesseja, esimerkiksi muuttaa merivirtojen virtausta, jolloin ilmastonlämpeneminen voi edelleen voimistua. Ilmastonlämpenemisen monitahoisuus vaikeuttaaakin sen seurausten arviointia, mutta nykyisten ilmastomallien avulla niitä pystytään arvioimaan varsin luotettavasti.

Ilmastonlämpenemisen vaikutukset ovat suurimmat maapallon köyhimmissä osissa, missä mahdollisuudet varautua muutoksiin ovat pienimmät. Suurin osa kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu kuitenkin teollistuneissa länsimaissa. Näin ollen ilmastonlämpenemisen rajoittaminen vaatii kansainvälisiä poliittisia päätöksiä kasvihuonekaasujen rajoittamisesta. Tämän lisäksi jokainen ihminen voi vaikuttaa aiheuttamaansa ympäristökuormitukseen arkipäivän kulutustottumuksillaan.

Liitteet

Tässä esitetty ilmastonlämpenemisen luonnontieteellinen kuvaus on tiiviytensä vuoksi kapea-alainen ja ilmiötä yksinkertaistava. Aiheesta enemmän kiinnostuneelle lukijalla tietolähteeksi soveltuu mm. Brasseurin, Orlandon ja Tyndallin (1999) teos "Atmospheric chemistry and global change".

Liite 2. Kyselylomake seitsemäsluokkalaisten oppilaiden arkikäsitusten selvittämiseksi. Tämän tutkimuksen aineiston muodosti oppilaiden vastaukset kysymyksiin 1, 2 ja 10.



**K O U L U T U K S E N
T U T K I M U S L A I T O S**

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Oppilaan numero: _____

Ikä: _____ vuotta

Sukupuoli: tyttö _____ poika _____ (rastita)

OPPILAAN KYSELYLOMAKE

Ympäristöasiat kuuluvat meille kaikille, sillä teemme päivittäin ympäristöömme vaikuttavia päätöksiä. Osallistut tutkimukseen, jossa selvitetään mitä 7.-luokan oppilaat tietävät eräistä ympäristöön liittyvistä asioista. Tämä ei ole koe, eikä se siten vaikuta millään tavoin kouluarvosanoihisi. Toivottavasti vastaa seuraavilla sivuilla esitettyihin kysymyksiin mahdollisimman huolellisesti. Kirjoita vastauksesi ”omin sanoin”, tarkkojen tieteellisten sanojen käyttäminen ei ole välttämätöntä. Vastauksesi ovat erittäin tärkeitä, joten pyydän, että käytät riittävästi aikaa vastaamiseen. Jatka vastaustasi tarvittaessa paperin kääntöpuolelle. Pyydä opettajalta apua, jos kysymyksissä on jotain epäselvää.

Kaikkia vastauksia käsitellään **ehdottoman luottamuksellisesti**.

KIITOS ETUKÄTEEN VASTAUKSISTASI!

TEHTÄVÄASETELU

Vuosi 1998 ennätyslämmön!

Maapallon keskilämpötiloja on mitattu luotettavasti jo yli sadan vuoden ajan. Maailmanlaajuisesti vuosi 1998 oli lämpötilamittausten kuumin vuosi, ja samalla se rikkoi vanhan ennätysvuoden 1997. Näin ollen vuodet 1997 ja 1998 ovat olleet peräjäälkeen kaksi lämpimintä vuotta. Lämpötilamittausten sarjassa 1990-luku on ollut lämpimin vuosikymmen. Pidemmän aikavälin tarkastelussa voidaan myös erottaa viimeisen noin sadan vuoden aikana tapahtunut ilmakehän keskimääräinen lämpeneminen.

1. Ystäväs lukee ilmastoä käsittelevältä Internet-sivulta yllä olevan kirjoituksen. Hän ei kuitenkaan tiedä, mistä kirjoituksessa oikein on kysymys. Auta häntä ja selitä, millaiseen ilmiöön kirjoitus liittyy ja mistä tämän tilanteen arvellaan johtuvan. Kerro hänelle myös millaisia seurauksia tähän ilmiöön voi liittyä.

2. Kerro vielä, mitä kyseisen ilmiön ehkäisemiseksi voidaan mielestäsi tehdä.

3. Samalla Internet- sivulla viitataan myös ilmiöön nimeltä otsonikato. Kerro ystävällesi mitä tiedät otsonikadosta, sen syistä ja seurauksista.

4. Ystäväsi miettii, voidaanko otsonikatoa ehkäistä, mutta ei löydä tästä tietoa Internetistä. Kerro ystävällesi, miten otsonikatoa voidaan ehkäistä.

5. Mitä Sinulle tulee mieleen sanasta ympäristöongelma? Millaisia ajatuksia ympäristöongelmat herättävät?

Liitteet

6. Miten vakavia ympäristöongelmia arvelet ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon olevan? Perustele vastauksesi.

7. Miten edellä käsitellyt ympäristöongelmat vaikuttavat Sinun arkipäivän toimintoihisi ja käyttäytymistottumuksiisi tällä hetkellä? Miten luulet niiden vaikuttavat käyttäytymiseesi tulevaisuudessa?

8. Mitä muita ympäristöongelmia sinulle tulee mieleen?

9. Mistä olet saanut tietoa *ilmastonmuutoksesta* ja *otsonikadosta*? Merkitse numerolla 1 tärkein tiedonlähteesi, numerolla 2 toiseksi tärkein jne. Jos et ole saanut lainkaan tietoa jostain alla mainitusta lähteestä, merkitse siihen numero nolla.

- | | |
|---------------------------------------|---|
| ___ vanhemmilta | ___ kavereilta |
| ___ koulusta | ___ luonto- tai ympäristöaiheisista kirjoista
(ei koulukirjat) |
| ___ lehdistä | ___ olen itse tehnyt havaintoja ja päätelmiä |
| ___ tv-uutisista | ___ muualta, MISTÄ? |
| ___ Internetistä | |
| ___ luonto- tai ajankohtaisohjelmista | |

Mistä saat tietoa *muista* ympäristöongelmista tai ympäristöosi liittyvistä asioista?

Kiitos vastauksistasi!

Lisää tietoa ympäristöongelmista löydät mm. seuraavista internet-osoitteista:
<http://www.ilmasto.org/index.htm> ja <http://www.vyh.fi/tila/otsoni/otsoni.htm>

Liite 3. Opettajien kuvauksia seitsemännen luokan kyselylomaketutkimuksen toteutuksesta.

Tunnin (matematiikan) alussa ryhmästä puuttui 3 oppilasta, joista yksi tuli 15 minuuttia myöhässä paikalle ja katkaisi jo alkaneen keskittyneen vastaamisen. Oppilaiden ensireaktio tuntui olevan ”en minä tiedä tällaisia”. Koetin rohkaista heitä kuitenkin vastaamaan sen, mitä he tietävät tai olettavat.

Tein kyselyn kahdella seitsemännellä luokalle pe 6.4.2001.

7D luokan tutkimus oli aamulla 8–8.45. Yleisesti tunnelma oli rauhallinen ja näytti siltä, että kysely kiinnosti osanottajia. Yksi ei halunnut vastata ja yksi oli poissa. Ensimmäiset olivat valmiita kohta puoli yhdeksän jälkeen ja pääosa lopetti 20 minuuttia vaille 9. Kaksi teki vähän yli 45 minuuttia. Tällä luokalla juoksevan numeron jälkeen D.

7B luokan tutkimusajankohta oli perjantain viimeisellä tunnilla 14–14.45. Ryhmä teki kyllä asiallisesti töitään, mutta ehkä väsymys ja viikonlopun odotus näkyi ryhmässä. Eivät ehkä olleet yhtä kiinnostuneita kuin 7D-luokka.

Oppilaat laittoivat paperinsa kirjekuoriin, enkä ole niitä nähnyt. Välttämättä en odota, että tulokset olisivat hyviä, koska ilmaston lämpeneminen ja kasvihuoneilmiö käydään läpi asiana vasta kahdeksannella luokalla. Kysyin kuitenkin muutamalta tapahtuman jälkeen, millaiselta tehtävät olivat tuntuneet, ja heidän käsitys oli, että tehtävät oli olleet selkeät ja että olin kuitenkin käynyt asiaa läpi (nämä olivat ns. hyviä oppilaita). Toisaalta tiedän myös, että ryhmissä on myös aika heikkotasoisia oppilaita, joten odotan jännityksellä tutkimuksen lopputulosta, millainen yleistietous oppilailla on tähän asiaan liittyen?

Liite 4. Ilmastonlämpenemisen oppimisjakson kuvaus.

Sisältö	Työtap	"Miksi?"	Aika
Tutkijan ja tutkimuksen esittely.	Opettajan esitys.	Tutustuminen, tutkimuksen tavoitteista ja käytännöistä tiedottaminen.	2 min
Miksi ilmasto lämpenee? –kirjoitelma.	Kirjallinen yksilötyöskentely.	Orientointi oppimisjakson aiheeseen. Oppilaiden käsitysten saaminen eksplisiittiseksi.	6 min
Pienryhmien muodostaminen (Välitunti)	Oppilaat muodostavat pienryhmät melko itsenäisesti.	Toimivien ja keskustelevien ryhmien muodostaminen.	1 min 5 min
Pienryhmien muodostaminen jatkuu, pienryhmien muodostaminen käytännön asioista. Yleisistä vuorovaikutusta käytännön asioista.	Pienryhmäkeskustelu.	Oppilaiden erilaisten käsitysten saaminen eksplisiittiseksi ryhmä- ja luokkatasolla.	5 min
Keskustelu kirjoittelun pohjalta sekä niiden asioiden kirjaaminen, jotka haluaa oppimisjaksolla oppia.	Luokkakeskustelu.		
Oppimisjakson tavoitteiden määrittely	Opettajan esitys.	Oppimis- ja kertaustarpeen herättäminen ja perustelu. Orientointi ja motivointi. Tavoitteet nousevat osin oppilaiden esilletuomista asioista.	5 min
Sää ja ilmasto Ilmakehän rakenne ja merkitys Ilmakehän lämpötilakerrokset ja maapalloille tuleva lämpö Säteilyn aallonpituus ja käyttäytyminen ilmakehässä, säteilyn muuttuminen	Kyselevä opetus/ luokkakeskustelu. Visualisointi.	Kertaus ja käsitteiden selkeyttäminen. Erilaisten oppimistapojen huomioiminen. Kognitiivinen konflikti.	11 min
Kasvihuoneilmio-käsite Ilmastonlämpeneminen-käsite	Opettajan esitys ja luokkakeskustelu. Oppilaat verbalisoivat ilmiön.	Perusta säteily-perusteiselle kasvihuoneilmion ymmärtämiselle.	4 min
Kasvihuoneilmion ja otsonikadon yhteys	Opettajan esitys.	Käsitteen liittäminen luonnontieteelliseen ilmiöön Käsitteiden ja ilmiöiden erojen esilletuominen	7
Kasvihuoneilmion ja otsonikadon yhteys	Opettajan esitys.	Oppilaan esille tuoman virheellisen käsityksen käsittely	4 min
Kasvihuoneilmion ja ilmastonlämpenemisen ilmiöiden ja käsitteiden kertaus, viittauss kasvihuonekaasujen päästölähteisiin	Opettajan esitys. Visualisointi	Käsitteiden selkeyttäminen. Orientointi seuraavan kerran aiheeseen	5 min
Ilmakehä, maapallon lämpötilaus, kasvihuoneilmio, ilmastonlämpeneminen.	Kirjallinen yksilötyö.	Opitun kertaus, ilmiöiden ja käsitteiden selkeyttäminen.	4 min
Käytännön asioista sopiminen ja oppitunnin päättäminen.	Keskustelu.	Oppilaat mukaan päätöksentekoon ja yhteisistä pelisäännöistä sopiminen.	2 min

Toinen oppitunti

Sisältö	Työtapa	"Miksi?"	Aika
Oppitunnin aloitus ja siihen liittyvät käsitteet.	Keskustelu, yleinen vuorovaikutus.	Normaali oppituntikäytäntö.	4 min
Sätely ja sen käyttäytyminen ilmakehässä, kasvihuoneilmio ja ilmastolämpeneminen.	Pienryhmäkeskustelu oppilaille jaetun kaavakuvan perusteella. Luokkakeskustelu.	Opitun kertaus, ilmiöiden verbalisointi ja selkiyttäminen.	15 min
Kasvihuonekaasut- teema. Yleisesittely. Vestihöyry kasvihuonekaasuna.	Opettajan esitys.	Perustietoa kasvihuonekaasusta työskentelyn pohjaksi. Kasvihuonekaasuihin tutustuminen, tiedonhankinta.	7 min
Kasvihuonekaasut (CO ₂ , CH ₄ , halogenoituidut hiilivedyt, dityppioksidit): päästölähteet, säilyvyys ja poistuminen ilmakehästä, lämmitysosuus.	Pienryhmätyöskentely. Pienryhmien vuorovaikutus ts. ryhmät opettavat toisiaan	Toiseen kasvihuonekaasuun tutustuminen, tiedon jakaminen. Kasvihuonekaasuihin tutustuminen, tiedon jakaminen ja esittäminen.	17 min 13 min 17 min
Oppilaiden esitysten yhteenvedo	Oppilaiden esitykset, vuorovaikutus oppilaiden kesken ja opettajan kanssa.		
Otsomi kasvihuonekaasuna	Opettajan esitys.	Opitun jäsentäminen.	8 min
Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys ja suhteelliset lämmitysosuudet	Opettajan esitys.	Kasvihuonekaasutietouden laajentaminen.	5 min
Ilmastolämpenemisen vaikutukset oppitunnin lopetus	Opettajan visualisointi. Keskustelu.	Visuaalisten mielikuvien muodostaminen suuruusluokista. Orientointi seuraavaan aiheeseen.	2 min 2min

Kolmas oppitunti

Sisältö	Työtapa	"Miksi?"	Aika
Oppitunnin aloitus ja siihen liittyvät käytänteet.	Keskustelu, yleinen vuorovaikutus.	Normaali oppituntikäytäntö.	2 min
Metaanin palamisreaktio. Termitit metaanin tuottajina.	Opettajan esitys, oppilaat osallistuvat kyselemällä.	Edellisen tunnin aiheeseen liittyviä tarkennuksia oppilaiden mielenkiinnon pohjalta.	3 min
Ilmakehä, maapallon lämpötilous, kasvihuoneelimiö, ilmastolämpeneminen, kasvihuonekaasut, nielut.	Opettajajohtoinen kyselevä opetus.	Kotitehtävien läpikäyminen: opitun kertaus ja jäsentäminen.	18 min
"Minulle on vielä epäselvää" – kirjoitelmat.	Kirjallinen yksilötyöskentely.	Huomio oppilaiden oppimisprosessiin (metakognitio), motivointi, opettajan työn tukeminen.	5 min
"Mitä haluaisin vielä tietää".	Opettajan esitys.	Oppilaiden ensimmäisellä kerralla esille tuomien aiheiden läpikäyminen, motivointi, orientointi, oppimisprosessin selkiyttäminen.	1 min
Ilmastolämpenemisen oikeudenmukaisuus-tema: Kasvihuonekaasujen tuottajat, kansainväliset sopimukset, energiapolitiikka	Opettajan esitys. Luoikkakesustelu.	Ilmastolämpenemisen globaalius, yhteys (kansainväliseen) energiapolitiikkaan, kasvihuonekaasujen tuottajien identifiointi seuraavan aihekokonaisuuden pohjateiedoksi, kriittisen ajattelun kehittäminen.	16 min
VÄLITUNTI			
Oppitunnin aloitus		Oppilaat asettuvat paikalleen.	1 min
Ilmastolämpenemisen seuraukset –tema: Fyysiset seuraukset Vaikutukset säätöilmäihin Vaikutukset ekosysteemeihin Vaikutukset ravinnon ja veden saantiin, sairauksiin	Pienryhmätyöskentely. Työskentelyn tulosten esittäminen.	Erilaisiin ilmastolämpenemisen vaikutuksiin tutustuminen, tiedon hankinta ja esittäminen.	20 min 21 min
Eriväät mielipiteet – teeman esittely. NAUHA LOPPUU KESKEN	Opettajan selitys.	Orientointi seuraavaan aiheeseen .	1 min

Neljäs oppitunti

Sisältö	Työtapa	”Miksi?”	Aika
Oppitunnin aloitus ja siihen liittyvät käytänteet	Keskustelu, yleinen vuorovaikutus	Normaali oppituntikäytäntö	2 min
Säteilyn eri muodot, muuttuminen ja käyttäytyminen ilmakehässä, kasviuoneilmio, ilmastolämpeneminen, kasviuonekaasut, päästölähteet ja lämmitysosuudet	Opettajan taulutyöskentely Oppilaiden yksilöllinen vihkotyöskentely Luokkakeskustelu ja kyselevä opetus	Oppimisjakson keskeisten ilmiöiden ja käsitteiden kertaus, opitun jäsentäminen itse tekemisen ja visualisoiminnin kautta.	23 min
Teollisuuden vaikutus hapen määrään, puuden istutus ilmastolämpenemisen rajoittamisen keinona, kasviuonekaasujen poistaminen ilmakehästä, ihmisen määrän ja ilmastolämpenemisen yhteys.	Opettajan kyselevä opetus.	Oppilaiden ”Mimulle on vielä epäselvää”- kirjoittelun aihepiirien läpikäyminen.	8 min
Eriävät mielipiteet –teema: Eri näkemykset ilmastolämpenemisestä, energiapolitiikka ja sen vaihtoehdot, päästörajoitukset.	Luokkakeskustelu aikaisemmin jaetun monisteen pohjalta.	Erialaisten näkemysten ja niiden perustelujen esille tuominen.	9 min
Käytännön ohjeistusta ja lopputunnin toteutuksesta sopiminen.	Yleinen vuorovaikutus.		2 min
Tauko välipalan ostamiseksi.			4 min
Kasviuoneilmio ja otsonikato; ilmiöiden rajoittamisen edellytysten erot.	Opettajan esitys.	Luokan normaaleihin rutineihin kuuluva käytäntö iltapäivän kaksoistunnilla. Ilmastolämpenemisen rajoittamisen edellytysten esilletuominen.	3 min
Ilmastolämpenemis-peli.	Yleinen vuorovaikutus opettajajohtoisesti.	Opitun kertaus ja selkiyttäminen, oppilaiden käsitykset eksplisiittiseksi.	32 min
Kotitehtävien ja palautelomakkeiden jako, oppitunnin ja oppimisjakson lopetus.	Opettajan esitys.	Oppilaiden käsitysten saaminen eksplisiittiseksi. Palautelomakkeiden tutkimuksellisen merkityksen korostaminen.	2 min
Sisältö	Työtapa	”Miksi?”	
Loppumittaust.	Yksilötyöskentely.	Oppilaiden tietotason mittaus.	noin 20 min
Haastattelut.	Vuorovaikutus opettajan ja oppilaan välillä.	Opettajalle muodostuneiden käsitysten selkiyttäminen, oppimistapahtuma.	1-10 min / oppilas

Liite 5. Oppimisjakson ensimmäisen oppitunnin kuvaus.

Kaksoistunnin alussa oppilaat ovat opiskelleet Luonnonvarat – aihekokonaisuutta biologian opettajansa kanssa. Myös tutkija-opettaja osallistui oppitunnille. Ilmastonlämpenemisen aihekokonaisuuden käsittely aloitetaan kesken oppitunnin. Oppilaat istuvat paikoillaan, tutkija/opettaja käynnistää videokamerat. Yleistä vuorovaikutusta aikaisemmin jae-
tuista mm. oppimispäiväkirjoista. Luokan varsinainen biologian opettaja on paikalla seuraamassa oppitunnin kulkua.

Tutkijan ja tutkimuksen esittely

Tutkija-opettaja esittelee itsensä sekä tutkimuksen ja sen tarkoituksen. Videoinnin merkitys tutkimuksen ja oppimisprosessin selvittämisen kannalta selitetään oppilaille. Oppilaat esittävät kysymyksiä mm. tutkija-opettajan aikaisemmista tutkimuksista. Jäljempänä tutkija-opettajasta käytetään nimitystä opettaja.

Miksi ilmasto lämpenee? – kirjoitelma

Opettaja ohjeistaa kirjallisena yksilötyönä tehtävän kirjoitelman työtavat ja aiheen, jonka kirjoittaa myös taululle. Opettaja ohjaa työn aikana ilmaisemaan näkemyksensä piirtämällä jos kirjoittaminen tuntuu vaikealta. Kirjoitelman tarkoituksena on aktivoida oppilaiden ajattelua ja saada heidän käsityksensä eksplisiittiseksi heille itselleen sekä opettajalle. Työhön varatun ajan puitteissa oppilailla on aktiivisen työskentelyn ohella myös keskenäistä vuorovaikutusta ilmastonlämpenemisestä ja muista aiheista.

Pienryhmien muodostaminen

Opettaja ohjeistaa pienryhmän muodostamisen, keskustellaan ryhmien lukumäärästä. Kello soi oppitunnin päättymisen merkiksi. Opettaja kehottaa miettimään välitunnilla pienryhmien kokoonpanoa.

VÄLITUNTI

Pienryhmien muodostaminen jatkuu, yleistä vuorovaikutusta käytännön asioista.

Oppilaat asettuvat luokassa paikoilleen. Luokan varsinainen opettaja käy tunnin alussa kertomassa edelliseltä tunnilta poissaolleelle oppilalle ilmastonlämpenemisen oppimisjaksoon liittyvistä käytännön järjestelyistä ja opettajavaihdoksesta. Keskustellaan pienryhmistä ja opettaja pyytää poissaollutta oppilasta menemään jäseneksi johonkin jo muodostettuun ryhmään. Käydään läpi ryhmien kokoonpanot. Luokan varsinainen opettaja ei ole oppitunnilla.

Keskustelu kirjoitelmien pohjalta.

Oppilaat asettuvat pienryhmiin. Opettaja kehottaa oppilaita keskustelemaan pienryhmissä siitä, mitä he tietävät ilmastonlämpenemisestä ja mitä heidän mielestään pitäisi ilmiöstä vielä tietää. Oppilas kysyy onko tarkoitus puhua siitä mitä tietää vai mitä luulee tietävänsä. Opettaja kehottaa keskustelemaan tämän hetkisestä tietämyksestä kirjoitelmiensa pohjalta. Keskustelun alussa opettaja kiertää pienryhmät ja laittaa kasettinauhurit nauhoittamaan, selittää samalla nauhoituksen merkityksen. Oppilaat keskustelu sivuaa annetun aihepiirin lisäksi myös muita aiheita. Edelliseltä tunnilta poissaollut oppilas ei hakeudu ryhmäänsä eikä osallistu sen työhön. Työskentelyn kuluessa keskusradiosta kuuluu kaksi vara-rehtorin kuulutusta säilytyskaapeista.

Luokkakeskustelu

Työskentelyn aluksi opettaja pyytää erästä ryhmää kertomaan keskustelunsa pohjalta mitä haluaisivat vielä ilmastonlämpenemisestä. Hän kehottaa samalla muita oppilaita kirjoittamaan ylös muiden ryhmien pohdintojen tuloksia. Käydään ryhmittäin läpi aihepiirejä, joita oppilaat haluaisivat tietää. Näitä olivat mm. ilmastonlämpenemisen aiheuttajat, kasvihuonekaasujen tuottajamaat, omat vaikutusmahdollisuudet, otsonikerroksen/aukon ja kasvihuonekaasujen yhteys, Kioton ilmastonsopimus ja sen nykytila sekä päästökiintiö kauppa. Opettaja kokoaa aiheet piirtoheitinkalvolle ja toteaa, että oppilaat ovat tuoneet esiin useita tärkeitä ilmastonlämpenemiseen liittyviä seikkoja, joita käsitellään oppimisjakson aikana.

Opettajan esitys

Edelliseen pienryhmäkeskusteluun liittyen opettaja tuo esiin, että oppilailla on saattanut olla hyvinkin erilaisia näkemyksiä ilmastonlämpenemisestä. Oppilaat kertovat näkemyksiensä olleen varsin samankaltaisia. Näin ollen eri näkemyksistä ei keskustella syvemmin. Opettaja laajentaa näkökulmaa tuomalla esiin että yleisesti ilmiöstä on erilaisia käsityksiä. Näkemysten erilaisuus johtuu osin siitä, että ilmastonlämpeneminen voi olla vaikea ymmärtää, sillä siihen ei arkielämässä törmää muuten kuin lehdissä ja mediassa, samaten ilmiötä ei voi suoranaisesti aistia tai kokeellisesti todentaa. Oppimisjakson tavoitteeksi määrittyy oppilaiden edellä esille tuomien seikkojen ohella se, että oppilaat pystyvät seuraamaan mediassa käytävää keskustelua ja osallistumaan siihen. Tavoitteena on herättää oppilaissa mielenkiintoa oppimiseen liittämällä aiheeseen konkreetteja ja arkielämään liittyviä oppimistavoitteita. Toisena ymmärtämistä vaikeuttavana tekijänä opettaja tuo esiin sen, että osa ilmiön ymmärtämiseksi vaadittavista perustiedoista on saattanut unohtua tai niitä ei ole vielä käsitelty. Tämän vuoksi opiskelujakson alussa kerrataan muutamia perusasioita.

Sää ja ilmasto, ilmakehän rakenne ja merkitys, ilmakehän lämpökerrokset ja maapallolle tuleva lämpö.

Kerrataan käsitteiden sää ja ilmasto ero, ilmakehän koostumus ja merkitys opettajan johdatellessa keskustelua kysymyksien avulla. Oppilas tuo esiin että ilman ilmakehää olisi liian kuuma kun aurinko tulisi suoraan ja että ei olisi happea. Toinen oppilas sanoo, että UV-säteilyä pääsisi suoraan maan pinnalle. Puhutaan ilmakehästä hapen ja muiden kaasujen varastona, säteilyltä suojaavana kerroksena. Keskustellaan UV-säteilystä ja otsonikerroksesta. Käydään läpi ilmakehän lämpökerrokset. Todetaan, että maapallolle tuleva lämpö on peräisin auringosta ja kuitenkin maapallon alailmakehässä on lämpimämpää kuin lähempänä aurinkoa. Näin on luotu edellytykset kognitiivisen konfliktin muodostumiselle. Opettaja pyytää oppilaita selittämään ilmiön, jolloin eräs oppilas kuvaa säteilyn käyttäytymistä ilmakehässä ja kuinka säteily lämmittää alailmakehää "kahteen kertaan". Näin mahdollisesti muodostunut kognitiivinen konflikti "puretaan". Opettaja selittää laajemmin säteilyn käyttäytymistä sekä verbaalisesti että visuaalisesti erilaisten kaavioiden avulla.

Säteilyn aallonpituus ja käyttäytyminen ilmakehässä, säteilyn muuttuminen.

Oppilas kysyy radioaalloista ja niiden käyttäytymisestä, keskustellaan asiasta. Käsitellään Auringon säteilyn eri muotoja, käyttäytymistä ilmakehässä ja säteilyn aallonpituuden muuttumista kaavakuvien avulla.

Kasvihuoneilmiö-käsite.

Liitetään kasvihuoneen-käsite edellä tarkastettuun ilmiöön, jonka jälkeen ilmiötä tarkastellaan usein visuaalisten kuvien avulla. Opettaja pyytää myös oppilaita selittämään kaavakuvia (verbalisointi oppimisen välineenä). Opettaja tarkentaa oppilaiden selityksiä. Keskustellaan otsonikerroksesta osana ilmakehää ja sen roolia UV-säteilyn suodattamisessa, otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen yhteyttä käsitellään myöhemmin oppimisjakson aikana. Puhutaan kasvihuoneilmiön luonnollisuudesta ja sen merkityksestä maapallon elämälle.

Ilmastonlämpeneminen-käsite.

Keskustellaan siitä, että usein kasvihuoneilmiöstä puhutaan negatiivisena ilmiönä. Opettaja tuo esiin käsitteiden kasvihuoneilmiö ja ilmastonlämpenemisen eli kasvihuoneilmiöin voimistumisen erot ja sen että näissä usein on sekaannuksia. Ihmistoiminnan rooli ilmastonlämpenemisessä. Oppilaan mielestä ihminen tuottaa kaasuja mm. tehtaista ja autoista. Toinen oppilas jatkaa, että ne tuhoavat otsonikerrosta. Keskustellaan ensin kasvihuonekaasujen määrän lisääntymisen vaikutuksesta säteilyyn ja maapallon lämpötalouteen. Täsmennetään jälleen kasvihuoneilmiön ja ilmastonlämpenemisen erot.

Kasvihuoneilmiön ja otsonikadon yhteys.

Käsitellään oppilaan edellä esille tuomaa käsitystä otsonikerroksen ohenemisesta kasvihuoneilmiön/ ilmastonlämpenemisen seurauksena. Käsitellään virheellisen käsityksen yleisyyttä. Opettaja selittää ilmiöiden luonnontieteellisen näkemyksen mukaisen yhteyden ja piirtää taululle kaavion alailmakehän lämpenemisestä ja yläilmakehän viilenemisestä. Oppilas toistaa oma- aloitteisesti ääneen ilmiöiden yhteyden ja toteaa että sanottuaan asian ääneen hän tajusi asian. Opettaja vielä toistaa luonnontieteellisen näkemyksen ja että ilmiöt eivät ole suoraviivaisessa yhteydessä toisiinsa, vaan yhteys on välillinen.

Ilmiöiden ja käsitteiden kertaus.

Opettaja kertoo verbaalisesti ja visualisoiden käsitteet kasvihuoneilmiö ja ilmastonlämpeneminen sekä niiden merkityksen. Oppilaat kuuntelevat, osa keskustelelee hieman keskenään.

Kasvihuonekaasujen päästölähteet.

Opettaja kertoo, että seuraavan tunnin aiheena on kasvihuonekaasut. Katsotaan kuvaa, jossa yleisellä tasolla käsitelty kasvihuonekaasujen tuottajia ja niiden nieluja. Keskustellaan kuviossa olevista käsitteistä. Oppilas tuo esiin Suomeen rakennettavan ydinvoimalan ja päästöjen vähentämisspyrkimyksen ristiriidan. Toinen oppilas kertoo, että ydinvoimalasta ei tule kasvihuonekaasupäästöjä kuten esim. hiilivoimaloista. Sivutaan ydinvoiman muita haittoja.

Ilmakehä, maapallon lämpötilous, kasvihuoneilmiö, ilmastonlämpeneminen.

Opettaja jakaa lähinnä kotitehtäväksi tarkoitetut tehtävät ja ohjeistaa oppilaita käyttämään lopputunnin tehtävien tekemiseen. Oppilailta on hieman vaikeuksia työhön ryhtymisessä. Opettaja viittaa oppikirjaan ja siinä olevaan virheeseen maapallon lämpötiloissa. Oppilas kysyy kuinka on voitu arvioida kasvihuoneilmiön vaikutus maapallon lämpötilaan. Opettaja selittää matemaattisen kaavan avulla arvioinnin periaatteet oppilaalle. Muut oppilaat työskentelevät kertaus-tehtäviensä parissa, osa keskustelelee muista asioista. Loppuajasta aktiivisesti työskentelevien oppilaiden määrä vähenee ja luokassa on enemmän yleistä keskustelua mm. toukofestistä.

Käytännön asioista sopiminen ja oppitunnin päättäminen.

Opettaja kertoo seuraavan kerran aihepiirin ja että työskennellään pienryhmissä. Keskustellaan tarkemmin työskentelymuodoista ja eri vaihtoehdoista. Opettaja muistuttaa koti-tehtävistä. Oppilas kysyy kurssin arvioinnista, keskustellaan kokeista, tuntikäyttäytymisestä ja arvioinnin periaatteista. Oppitunti päättyy.

Liite 6. Yhdeksäsluokkalaisten tietomittauslomake. Luvut väittämien vasemmalla puolella kuvaavat oppilasvastausten frekvenssejä ennen oppimisjaksoa ja oikealla puolella oppimisjakson jälkeen. Oikeat vastausvaihtoehdot on ympyröity.

NIMI:	_____
IKÄ:	_____
LUOKKA:	_____



MIKÄ TAI MITKÄ SEURAAVISTA VÄITTÄMISTÄ OVAT OIKEIN?

1. Maapallon ilmakehä

0	a) vain hapestä	2
0	b) vain hiilidioksidista	2
0	c) vain tpestä	0
7	d) vain hapestä ja hiilidioksidista	0
98	(e) useista kaasusta	98

2. Mitkä seuraavista ovat ilmakehään liittyviä ympäristöongelmia?

98	(a) otsonikato	83
88	b) kasvihuoneilmiö	59
61	(c) ilmastonlämpeneminen	78
2	d) eroosio	7
0	e) ilmakehään ei liity ympäristö-ongelmia	0

3. Auringosta maanpinnalle tulee

71	(a) näkyvää valoa	85
10	b) mikroaaltoja	0
15	(c) gammasäteilyä	22
95	d) UV-säteilyä	90
93	(e) lämpösäteilyä	76

4. Mikä tai mitkä seuraavista väittämistä ovat oikein

2	a) Auringosta tuleva säteily pääsee esteettä maahan	10
78	(b) Auringosta tuleva säteily lämmittää ilmakehää	61
30	c) Auringosta tuleva UV-säteily lämmittää ilmakehää	12
59	(d) Maasta heijastuva auringon säteily lämmittää ilmakehää	76
10	e) Maasta heijastuva auringon säteily pääsee esteettä avaruuteen	2

5. Otsonikerros

5	a) tarkoittaa samaa kuin ilmakehä	5
32	b) suojaa maapalloa liialta lämmöltä	12
81	(c) suojaa maapalloa UV-säteilyltä	81
68	(d) on kerros ilmakehässä	85
0	e) on kerros maanpinnalla	2
61	(f) on muodostunut kaasusta	59
20	g) on muodostunut pienhiukkasista	20

6. Kasvihuoneilmiö

17	(a) on luonnollinen ilmiö	81
7	(b) on elämälle välttämätön ilmiö	91
64	c) on ihmisille ja luonnolle haitallinen ilmiö	12
49	d) johtuu otsonikadosta	0
68	e) tarkoittaa samaa kuin ilmastonlämpeneminen	27

7. Ilmastonlämpeneminen

27	a) on luonnollinen ilmiö	20
10	b) on elämälle välttämätön ilmiö	5
66	(c) on voimakkaana ihmisille ja luonnolle haitallinen ilmiö	76
67	(d) on ihmistoiminnan seurausta	83

8. Ilmastonlämpeneminen johtuu

62	a) otsonikerroksen ohentumisesta	24
10	b) ilmakehän ohentumisesta	10
20	c) UV-säteilyn lisääntymisestä	2
76	(d) kasvihuonekaasuista	71
34	e) siitä, että säteilyä pääsee enemmän maanpinnalle	20
34	(f) siitä, että säteily ei pääse takaisin avaruuteen	46
40	(g) siitä, että osa maasta heijastuneesta säteilystä säteilee takaisin maahan	63

9. Ilmastonlämpenemisen seurauksena

21	a)	maapallon otsonikerros ohenee	20
90	(b)	maapallon keskilämpötila kohoaa	88
81	(c)	napajäätiköt sulavat	78
37	d)	ihosyöpäriski lisääntyy	29
11	e)	happosateet lisääntyvät	10
27	(f)	sataa enemmän	54
71	(g)	kuivuus lisääntyy	93
5	h)	maanjäritykset voimistuvat	24
30	i)	otsoniaukko suurenee	12
71	(j)	talvi lyhenee	73
17	k)	silmäsairauksien riski lisääntyy	17
27	(l)	nälänhätä lisääntyy	78
2	m)	tulivuoren purkaukset yleistyvät	15
44	n)	iho palaa helpommin	24

9b. Mikä tai mitkä seuraavista kasviuonekaasuja koskevista väitteistä on totta.

54	(a)	kasviuonekaasuja on ilmakehässä luonnollisesti	85
27	b)	kaikki kasviuonekaasut ovat peräisin ihmistoiminnasta	2
81	(c)	kasviuonekaasujen määrä on lisääntynyt ilmakehässä	93
10	d)	kasviuonekaasujen määrä on vähentynyt ilmakehässä	2
15	e)	kasviuonekaasut ovat lämpimiä ja siten lämmittävät ilmakehää	15

10. Kasviuonekaasuja muodostuu

37	a)	ydinvoimaloissa	39
73	(b)	fossiilisten polttoaineiden palaessa	83
68	(c)	liikenteessä	93
12	d)	vesivoimaloissa	10
39	(e)	maataloudessa ja karjankasvatuksessa	73

11. Mikä tai mitkä seuraavista ovat kasviuonekaasuja?

17	(a)	vesihöyry	76
54	(b)	hiilidioksidi (CO ₂)	88
12	c)	happi	7
59	(d)	metaani	76
51	e)	typpi	29
37	(f)	otsoni	10
37	(g)	dityppioksidi (N ₂ O)	90
44	h)	vety	15
34	(i)	halogenoidut hiilivedyt	85
59	j)	rikkidioksidi (SO ₂)	22

13. Ilmastonlämpenemistä voidaan rajoittaa

63	a)	käyttämällä katalysaattoreita autoissa	76
29	(b)	siirtymällä hiilivoimaloiden käytöstä ydinvoiman käyttöön	49
71	(c)	kansainvälinen sopimuksin	85
27	(d)	säästämällä sähköä	29
54	(e)	lajittelemalla ja kierrättämällä	59
22	f)	siirtymällä turpeen käytöstä puun hyödyntämiseen	22
5	g)	siirtymällä tuulivoiman käytöstä turpeen käyttöön	0
6	h)	ilmastonmutosta ei voida rajoittaa	0

14. Kuinka kuvailisit tietojasi ilmastonlämpenemisestä

0	a)	tiedän paljon ilmastonlämpenemisestä	5
24	b)	tiedän aika paljon ilmastonlämpenemisestä	59
56	c)	minun pitäisi vielä opiskella aiheita	32
22	d)	en tiedä siitä juuri mitään	7

15. Mistä olet saanut tietoa ilmastonlämpenemisestä?

Merkitse numerolla 1 tärkein tiedonlähteesi, numerolla 2 toiseksi tärkein jne. Jos et ole saanut lainkaan tietoa jostain alla mainitusta lähteestä, merkitse siihen numero nolla.

- _____ vanhemmilta
- _____ kavereilta
- _____ koulusta
- _____ luonto- tai ympäristöaiheisista kirjoista
- _____ lehdistä
- _____ tv- uutisista
- _____ olen itse tehnyt havaintoja ja päätelmiä
- _____ Internetistä
- _____ luonto- tai ajankohtaisohjelmista
- _____ muualta, MISTÄ? _____

16. Mikä seuraavista kaavakuvista kuvaa mielestäsi *parhaiten* kasvihuoneilmiötä? Valitse vain yksi vaihtoehto.

Kaavakuivissa nuolet kuvaavat säteilyä.

Harmaa viivoitus kuvaa kasvihuonekaasuja. Huomaa kuitenkin, että luonnollisesti kasvihuonekaasut eivät muodosta kaavioissa kuvan kaltaista kerrosta ilmakehään, vaan ne ovat tasaisemmin jakaantuneet ilmakehässä.

a) 0% 0%

 Diagram a shows a horizontal line representing the ground surface. Above the line, there is a layer of diagonal hatching representing greenhouse gases. A downward-pointing arrow is on the left, and an upward-pointing arrow is on the right, both starting from the ground surface.

b) 2% 0%

 Diagram b shows a horizontal line representing the ground surface. Above the line, there is a layer of diagonal hatching representing greenhouse gases. A downward-pointing arrow is on the left, and an upward-pointing arrow is on the right, both starting from the ground surface.

c) 2% 0%

 Diagram c shows a horizontal line representing the ground surface. Above the line, there is a layer of diagonal hatching representing greenhouse gases. A downward-pointing arrow is on the left, and an upward-pointing arrow is on the right, both starting from the ground surface.

d) 5% 2%

 Diagram d shows a horizontal line representing the ground surface. Above the line, there is a layer of diagonal hatching representing greenhouse gases. A downward-pointing arrow is on the left, and an upward-pointing arrow is on the right, both starting from the ground surface.

e) 0% 0%

 Diagram e shows a horizontal line representing the ground surface. Above the line, there is a layer of diagonal hatching representing greenhouse gases. A downward-pointing arrow is on the left, and an upward-pointing arrow is on the right, both starting from the ground surface.

f) 5% 0%

 Diagram f shows a horizontal line representing the ground surface. Above the line, there is a layer of diagonal hatching representing greenhouse gases. A downward-pointing arrow is on the left, and an upward-pointing arrow is on the right, both starting from the ground surface.

g) 20% 5%

 Diagram g shows a horizontal line representing the ground surface. Above the line, there is a layer of diagonal hatching representing greenhouse gases. A downward-pointing arrow is on the left, and an upward-pointing arrow is on the right, both starting from the ground surface.

(h) 44% 90%

 Diagram h shows a horizontal line representing the ground surface. Above the line, there is a layer of diagonal hatching representing greenhouse gases. A downward-pointing arrow is on the left, and an upward-pointing arrow is on the right, both starting from the ground surface.

i) 10% 2%

 Diagram i shows a horizontal line representing the ground surface. Above the line, there is a layer of diagonal hatching representing greenhouse gases. A downward-pointing arrow is on the left, and an upward-pointing arrow is on the right, both starting from the ground surface.

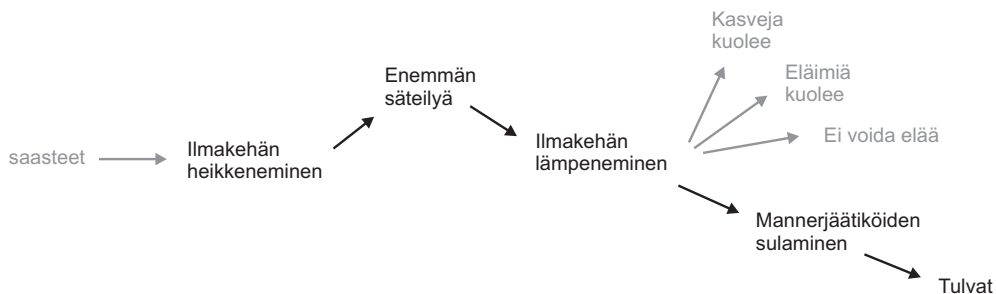
Kiitos!

Liite 7. Esimerkki oppilasvastausten analysoinnista.

Seuraavassa kuvatut oppilasvastaukset kuuluvat pääryhmään, jossa ilmastonlämpenemistä ei liitetty kausaalisuhtein otsonikatoon. Näissä vastauksissa keskeiseksi ilmastonlämpenemisen selittäjäksi tulkittiin ilmakehän heikkeneminen. Näin ollen tämä vastaus muodosti muiden samankaltaisten vastausten kanssa kategorian ”Ilmakehän väheneminen aiheuttaa ilmastonlämpenemisen”. Oppilasvastauksista on lihavoitu ne ilmaukset, joiden nojalla ne on luokiteltu kuuluvaksi kyseiseen kategoriaan.

*Kasvihuoneilmiö johtuu **ilmakehän heikkenemisestä**. Kun aurinko paistaa maahan ilmakehä kääntää osan auringonsäteistä takaisin avaruuteen, jos ilmakehää ei olisi me paistuisimme päivällä ja yöllä jäätyisimme. Jos ilmasto lämpenee vielä paljon voi etelä- ja pohjoismannerjäätiköt sulaa ja osa mantereesta peittyä veden alle. [Ilmiötä voidaan estää...].olla käyttämättä tuotteita jotka heikentävät ilmakehää. (8007)*

Tämän oppilasvastauksen perusteella muodostettiin ilmiökartan runko, jota seuraavassa kuvassa kuvataan mustilla kirjoituksilla ja nuolilla.



Toinen samaan kategoriaan luokiteltu oppilasvastaus on esitetty alla. Tämän vastauksen perusteella ilmiökarttaan lisättiin yllä esitetystä kuvasta harmaalla kuvatut käsitteet ja käsitteiden väliset suhteet.

*Ilmiö voisi olla kasvihuoneilmiö. Maan **ilmakehä häviää** saasteiden vaikutuksesta, jolloin ilma alkaa vähitellen lämmentä, niin että joidenkin tuhansien vuosien päästä täällä ei voi enää kuumuuden takia elää. Sillä ilman liiallisen lämpenemisen seurauksena maapalolta kuolee joitakin eläimiä ja eikä kasvillisuuskaan kestä liiallista lämpöä. [Ilmiötä voi-*

daan estää...]...jos ilmiö johtuu saasteista...Ensin ihmiset pitäisi koittaa saada tajuamaan asia, jonka jälkeen voisi vaikka rueta vähitellen vähentämään omaa saastuttamista ja sitä kautta koko ihmiskunnan saasteet vähitellen vähenisi. (1008)

Analyysiä jatkettiin siten, että kategoriaan sisällytettiin kaikki sellaiset oppilasvastaukset, joissa viitattiin ilmakehän ohenemiseen, heikkenemiseen, vähenemiseen tai häviämiseen. Näiden vastausten perusteella ilmiökarttaa täydennettiin. Lopuksi ilmiökartan ilmauksissa tehtiin yhtenäistämistä siten, että samankaltaisia ilmauksia yhdistettiin (esimerkiksi maapallolta kuolee joitain eläimiä muotoiltiin eläinten sukupuutoiksi). Ilmiökarttojen koodaus ja kvantifiointi on esitetty luvussa 4.7. Lopullinen tämän kategorian ilmiökartta on esitetty luvussa 5.1 kuviossa 5.3.

Liite 8. Seitsemännen luokan oppilasvastausten koodausohjeet.

1. ILMASTONLÄMPENEMINEN yksittäisenä ilmiönä.

MJA1 (= muuttuja 1)

1 = vain tehtävänannon pääpiirteitä toistettu (ts. lämpötilat kohoavat, lämpötiloja mitattu luotettavasti....)

MJA2 = syy

1 = saasteet / päästöt

2 = kasvihuonekaasut

3 = CO₂

4 = fossiiliset polttoaineet

5 = teollisuus

6 = sademetsien / metsien hakkuut

7 = autot / pakokaasut

8 = ydinvoima

9 = luonnonilmiö tai - onnettomuus

10 = kasvillisuusmuutokset (fossiilisten polttoaineiden käytön seurauksena)

11 = aurinko lähempänä maata/ auringon ja maapallon väliset suhteet

12 = liikaa ihmisiä

MJA3 = "mekanismi"

1 = lämpö ei pääse takaisin avaruuteen

2 = ilmakehä ohenee/ häviää

3 = CO₂ -päästöt lämmittävät

4 = ei mekanisme esitetty

MJA4

1 = aurinko pääsee paistamaan kuumemmin/ lämmittää enemmän

2 = ei erityistä selitystä ns. mekanismin ja ilmakehän lämpenemisen välillä

MJA5= seurauksia

1 = napajäätiköt sulavat

2 = talvi lyhenee / ei tule lunta

3 = muutokset eläimistössä

4 = kasvillisuus kärsii/ kasvillisuusmuutokset

- 5 = eläinten sukupuutot
- 6 = eläminen mahdotonta/ ei voi elää
- 7 = liiallinen kuumuus
- 8 = tuulet lisääntyvät/ voimistuvat tms.
- 9 = kasvihuoneilmiö
- 10 = vuodenaikaismuutokset
- 11 = elinympäristöjen muutokset
- 12 = tulvat/ merenpinnan nousu
- 13 = happi loppuu

MJA6

- 1 = veden pinnan nousu / tulvat
- 2 = sukupuutot
- 3 = jääkausi

2. ILMASTONLÄMPENEMINEN yhdistetty otsonikatoon

A. Otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä

MJA1 = otsonikadon aiheuttaja

- 1 = saasteet
- 2 = autot /pakokaasut
- 3 = ponneaineet /freonit
- 4 = tehtaat
- 5 = ydinvoima
- 6 = kemialliset kaasut
- 7 = kasvihuonekaasut
- 8 = sademetsien /metsien hakkuut
- 9 = roskaaminen

MJA2 = otsonikadon välitön seuraus

- 1 = lämpötila nousee
- 2 = enemmän lämpöä läpi
- 3 = lämpö ei pääse avaruuteen
- 4 = aurinko paistaa suoraan
- 5 = säteilyä / säteet
- 6 = UV-säteilyä
- 7 = vaarallisia kaasuja

Liitteet

8 = maapallon vetovoima häviää

9 = hapetta häviää

10 = enemmän meteoriitteja

MJA3 = UV-säteilyn seuraus

1= (iho)syöpä

2= ihotaudit

3= silmäsairaudet

MJA4= lämmön aiheuttamat seuraukset

1 = (napa)jäätiköt sulavat

2 = elinympäristöjen muutokset

3 = kuivuus

4 = säteilyä

MJA5 = (napa)jäätiköiden sulamisen seuraus

1 = tulvat

MJA6 = tulvien seuraus

1 = merenpinta kohoaa

MJA7 = merenpinnan kohoamisen seuraus

1 = ihmiset hukkuvat

2 = vaikutukset kasvillisuudelle ja eliöstölle

MJA8 = kuivumisen seuraukset

1= muutokset kasvillisuudelle ja eliöstölle

2 = eläminen mahdotonta

MJA9= muutokset kasvillisuudelle ja eliöstölle- seuraukset

1 = CO₂ väheneminen

B. Ilmastonlämpeneminen aiheuttaa otsonikatoa

MJA1 = aiheuttaja

1 = saasteet

2 = kasvihuonekaasut

3 = autot/ pakokaasut

4 = roskaus

MJA2

1 = lämpötila nousee

2 = kasvihuoneilmiö

MJA3

1 = otsonikerros ohenee

2 = otsonikerros repeilee

MJA4

1 = UV-säteily lisääntyy

2 = (vaarallinen) säteily lisääntyy

3 = elämän loppuminen

MJA5

1 = ihotaudit

2 = (iho)syöpä

3 = lämpötilan nousu

4 = haitat eliöstölle

5 = haitat ihmisille



Millaisia käsityksiä yläluokan oppilailla on ilmastonlämpenemisestä ennen aiheen kouluopetusta?
Mistä oppilaat saavat tietoa ilmastonlämpenemisestä?
Miten oppilaiden käsitykset muuttuvat? Miten ilmastonlämpenemistä tulisi opettaa?

Abstraktien luonnontieteellisten ilmiöiden oppiminen ja opettaminen ovat haasteellisia tehtäviä. Ilmastonlämpeneminen on ekologisesti ja yhteiskunnallisesti keskeinen ilmiö, josta oppilailla on virheellisiä käsityksiä myös kouluopetuksen jälkeen. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan, millaisia oppimisprosessiin vaikuttavia arkikäsityksiä 7.- ja 9.-luokkalaisilla on ilmastonlämpenemisestä ja mistä he ovat saaneet tietoa arkikäsitystensä muodostamiseksi. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään, kuinka oppilaiden käsitykset muuttuvat kouluopetuksessa. Ilmastonlämpenemiseen liittyvää käsityksenmuodostusta tarkastellaan tässä teoksessa käsitteellisen muutoksen teoreettisessa viitekehyksessä.

Kirja tarjoaa hyödyllistä tietoa kaikille luonnontieteiden oppimisesta ja opettamisesta kiinnostuneille. Teos soveltuu opettajille, opettajankouluttajille sekä oppimateriaalien tekijöille. Lisäksi julkaisu tarjoaa aineksia myös opetus-suunnitelmatyöhön ja ympäristökasvatukseen.

