

## VOIKO OTSONIAUKKOON PUDOTA?

Tutkimus 7.- luokkalaisten oppilaiden eräitä globaaleja ympäristöongelmia koskevista tiedoista

Tiina Nevanpää

Kasvatustieteen pro gradu- tutkielma

Kevät 2001

Opettajankoulutuslaitos

Jyväskylän yliopisto

Nevanpää, Tiina. Voiko otsoniaukkoon pudota? Tutkimus 7.- luokkalaisten oppilaiden eräitä globaaleja ympäristöongelmia koskevista tiedoista. Jyväskylän yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Kasvatustieteen pro gradu-tutkielma. 2001.

## TIIVISTELMÄ

Ympäristökasvatus on monitieteinen aihekokonaisuus, jonka päämääränä on kasvattaa ympäristöstään vastuullisesti huolehtivia kansalaisia. Eräänä lähtökohtana ympäristökasvatukseen voidaan pitää sitä, että vahvat luonnontieteelliset tiedot omaava ihminen luottaa omiin tietoihinsa ja toimintamahdollisuuksiinsa. Näin ollen myös yksilön tietoperusta vaikuttaa osaltaan hänen asenteisiinsa ja käyttäytymiseensä. Asenteita osaltaan muovaava tietoperusta voi kuitenkin olla tiedon yksilöllisen konstruoinnin vuoksi tieteellisen näkemyksen kanssa ristiriitainen ja sisältää virhekäsityksiä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää suomalaisten 13-vuotiaiden oppilaiden tietoja globaalisti ja Skandinaavisesti merkittävistä ympäristöongelmista, sekä tarkastella mahdollisia niihin liittyviä virhekäsityksiä. Tutkimuksessa pyritään myös etsimään selityksiä oppilaiden tiedontasolle sekä mahdollisille virhekäsityksille osin opetussuunnitelmallisilla ja oppisisällöllisillä ratkaisuilla.

Tutkimus nojautuu kolmannen kansainvälisen matematiikka-luonnontiedetutkimuksen uusintavaiheen (TIMSS 1999) aineistoon. Lisäksi perusopetuksen kuuden ensimmäisen vuosiluokan ympäristö- ja luonnontiedon sekä 7.- luokan biologian ja maantiedon oppikirjojen ympäristöongelmien määrällinen ja laadullinen käsittelytapa analysoitiin. Samoin peruskoulun opetussuunnitelman perusteet analysoitiin globaalien ympäristöongelmien käsittelyn suhteen. Tutkimuksen mukaan suomalaisilla 7.-luokkalaisilla on jonkin verran tietoa globaaleista ympäristöongelmista vaikkakaan ne eivät kuulu opetussuunnitelmaan seitsemän ensimmäisen vuosiluokan aikana.

Parhaiten oppilaat osasivat yleistietoon perustuvia tehtäviä ja yleisesti esillä olleita aiheita. Tämän tutkimuksen tulokset antavat kuitenkin viitteitä siitä, että oppilailta on tiedon puutteen lisäksi myös virheellisiä käsityksiä globaaleista ympäristöongelmista. Tässä tutkimuksessa havaitut virhekäsitykset ovat pitkälti yhdensuuntaisia kansainvälisten tutkimustulosten kanssa, mutta osin niitä voidaan selittää myös oppikirjojen tavalla esittää ja käsitellä ympäristöongelmia.

Jo muodostuneita virheellisiä käsityksiä on vaikea muuttaa. Näin ollen tämä tutkimus herättää kysymyksen globaalien ympäristöongelmien opettamisen ajoituksesta ja sisällöllisestä käsittelystä kouluopetuksen alkuvaiheilla. Samalla asetetaan oppikirjojen laatijoille ja opettajille suuria haasteita, sillä monimuuttujaisten ja abstraktien ympäristöongelmien opettaminen konkreetilla ja käsitteellistämistä tukevalla tavalla nuorille oppijoille ei ole helppoa. Globaaleja ympäristöongelmia käsittelevät käsitystutkimukset antavat kuitenkin erinomaisen lähtökohdan oppikirjojen kehittämiseksi ja opetustyölle. Luonnontieteiden opetuksen ja ympäristökasvatuksen tulisikin nojata vankkaan luonnontieteelliseen ja kasvatustieteelliseen tietoon unohtamatta kuitenkaan ympäristöherkkyyttä ja –rakkautta.

## SISÄLTÖ

1 YMPÄRISTÖONGELMAT OSANA LUONNONTIETEIDEN OPETUSTA .....	6
2 YMPÄRISTÖ KASVATUKSEN HAASTEENA.....	8
2.1 Ympäristökasvatuksen lähestymistavat .....	9
2.2 Tiedot käyttäytymisen perustana .....	12
3. YMPÄRISTÖONGELMAT LUONNONTIETEELLISINÄ ILMIÖINÄ .....	18
3. 1 Otsonikato.....	18
3.2 Ilmastonmuutos.....	20
3.3 Happamoituminen.....	23
4 OPPILAIKEN ENNAKKOTIEDOT JA VIRHEKÄSITYKSET .....	26
4.1 Oppilaiden virhekäsitykset ympäristöongelmista.....	28
5 YMPÄRISTÖONGELMAT PERUSOPETUKSESSA.....	30
6 TUTKIMUSTEHTÄVÄT JA TUTKIMUSONGELMAT.....	32
7 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT .....	34
7.1 Miten tutkimusaineisto on hankittu? .....	34
7.2 Millaisia tietoja oppilailta kysyttiin? .....	36
7.3 Onko oppilailta riittävät edellytykset vastata tehtäviin?.....	37
7.4 Miten avointen tehtävien vastauksia on käsitelty? .....	39
8 TULOKSET.....	41
8.1 Otsonikato.....	41
8.2 Ilmastonmuutos.....	46
8.3 Happosade.....	48
8.4 Sukupuolten väliset erot .....	51
8.5 Tehtävänälyysi .....	52
8.6 Ympäristöongelmat opetus suunnitelman perusteissa ja oppikirjoissa .....	55
9 TULOSTEN TARKASTELU .....	63
9.1 Osaamisen yleiskuva .....	63
9.2 Otsonikato.....	64
9.3 Ilmastonmuutos.....	66
9.4 Ilmakehän ilmiöiden yhdistäminen toisiinsa virheellisesti.....	67
9.5 Happamoituminen.....	69
9.6 Sukupuolten väliset erot .....	71
9.7 Tehtävien analysointi.....	72
9.6 Vastausten analysointi .....	73
10 TUTKIMUKSEN ANTI YMPÄRISTÖOPETUKSELLE .....	75
11 TUTKIMUKSEN JA SEN MERKITYKSEN ARVOINTIA.....	78
LÄHTEET .....	82
LIITTEET 1-4	



## 1 YMPÄRISTÖONGELMAT OSANA LUONNONTIETEIDEN OPETUSTA

Eräs yhteiskuntamme suurista haasteista 2000- luvulla on kasvattaa nuorista, huomisen vaikuttajista, ympäristöstään ja yhteiskunnasta vastuullisesti ja kestäväen kehityksen hengessä huolehtivia kansalaisia. Ympäristökysymykset ovat nousseet yhä keskeisemmiksi yhteiskunnallisessa keskustelussa, joten kansalaisilla täytyy olla riittävät tiedolliset ja asenteelliset valmiudet kyetäkseen täysivaltaisena osallistumaan tähän keskusteluun ja sen pohjalta nousevaan päätöksentekoon. Yhteiskunnallisen päätöksenteon pohjana tulee olla tieteellisiin tosiasioihin nojautuvat ja yhteiskunnallisen toiminnan eri aspektit riittävän laajasti huomioivat näkemykset ympäristöongelmista.

Kouluopetuksessa ympäristötietouden kasvavaan tarpeeseen pyritään vastaamaan toisaalta luonnontieteiden opetuksen ja toisaalta ympäristökasvatuksen keinoin. Ympäristökasvatuksen lähtökohdaksi voidaan perustellun toiminnan ja suunnitelmallisen käyttäytymisen mallin perusteella (Ajzen & Fishbein 1980, Ajzen 1988) valita affektiivisen ja emootioita korostavan lähestymistavan ohella myös luonnontieteellistä tietoa painottava lähestyminen. Oppilaat konstruoivat nykyisen oppimis- ja tietokäsityksen mukaan oppilaat konstruoivat eri lähteistä saamiensa tietojen perusteella tietorakenteita luonnontieteellisistä ilmiöistä. Nämä tietorakenteet voivat oppilaan näkökulmasta olla koherentteja ja täydellisiä (ks. mm. Boyes & Stanisstreet 1994, 1997a), mutta luonnontieteellisesti ne kuitenkin saattavat usein olla puutteellisia ja sisältää virheellisiä käsityksiä eri ilmiöiden vuorovaikutussuhteista.

Tämän tutkimustyön tarkoituksena on selvittää millaiset tiedot 13 -vuotiailla suomalaisilla peruskoululaisilla on ympäristöongelmista. Tutkimuksessa tarkastellaan globaaleja tai skandinaavisesti merkittäviä ympäristöongelmia: otsonikatoa, ilmastonlämpenemistä sekä happamoitumista. Jäljempänä ilmastonmuutoksesta käytetään myös termejä ilmastonlämpeneminen ja kasvihuoneilmiö, sillä tutkimuksen tehtäväosioissa,

tutkituissa oppikirjoissa sekä aikaisemmissa tutkimuksissa käytetty käsitteistö poikkeaa toisistaan. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan oppilaiden tietoutta ympäristöongelmista lähinnä luonnontieteellisestä näkökulmasta. Samalla tarkastelu tapahtuu kuitenkin laajemmassa ympäristökasvatuksen viitekehyksessä. Tutkimuksen pyrkimyksenä on myös selventää ympäristöongelmien opetukseen liittyviä ongelmia oppimisen teorioiden ja käsitteellisen muutoksen teorioiden valossa. Tässä tutkimuksessa keskitytään oppilaiden käsitysten tietoteoreettiseen tarkasteluun, jonka taustalla on ajatus siitä, että oppilaiden ennakkotiedot ja -käsitykset pohjautuvat uskomuksiin ja arveluihin.

Suomalaiset olivat mukana kolmannen kansainvälisen koulusaavutustutkimuksen uusintavaiheessa (TIMSS 1999, Third International Mathematics and Science Study), jonka aineistoon tämä tutkimus osin perustuu. Tässä tutkimuksessa pyritään selittämään TIMSS 1999- tutkimuksen aineiston perusteella havaittuja oppimistuloksia osin suomalaiselle luonnontieteiden opetukselle asetettujen tavoitteiden avulla sekä oppimateriaaleja ja tutkimuksen tehtäväosioita analysoimalla. Näin ollen tutkimuksen lähtökohta poikkeaa hieman perinteisestä tarkastelutavasta, jossa tutkimusmittarin luomisen lähtökohtana on oppimistuloksille asetetut tavoitteet, ja jossa vasta tämän jälkeen tarkastellaan oppimistuloksia. Tutkimuksessa tarkastellaan oppilaiden oppimistuloksia määrällisen lähestymistavan lisäksi myös laadullisesti. Oppilaiden vastaamisedellytysten arvioimiseksi tutkimuksessa hyödynnetään TIMSS 1999- tutkimuksen opetussuunnitelma-analyysia (TCM- analyysi) sekä luonnontieteiden opettajakyselyn aineistoa. Jotta perusopetuksen oppisisällöistä saataisi kattavampi ja monipuolisempi kuva, tutkimuksessa analysoidaan myös 3-6. luokkien ympäristö- ja luonnontiedon sekä 7.- luokan biologian ja maantiedon oppikirjat. Tarkastelussa keskitytään oppikirjojen laadulliseen ja määrälliseen tapaan käsitellä ympäristöongelmia.

## 2 YMPÄRISTÖ KASVATUKSEN HAASTEENA

Ympäristöopetus eri muodoissaan on kuulunut koulujemme opetussuunnitelmiin useiden vuosikymmenten ajan. Opetus on edennyt luonnonsuojeluopetuksesta ympäristösuojeluopetukseen ja edelleen ympäristökasvatukseen, jolloin myös ympäristöopetuksen näkökulma on laajentunut.

Unescon 1980- luvulla käynnistämän ympäristökasvatuksen keskeisenä päämääränä kasvattaa ja valistaa kansalaisia siten, että heille muodostuu kokonaiskuva ihmisen, yhteiskunnan ja luonnon vuorovaikutuksesta, ihmisen riippuvuudesta elinympäristöstään sekä hänen vastuustaan ympäristönsä muuttajana. Unescon ympäristökasvatukselle asettamat tavoitteet voidaan Benedictin (1991) mukaan määritellä siten, että niissä korostuu ensinnä affektiiviset tai emotionaaliset tavoitteet (rakkaus, kunnioitus ja sitoutuminen luontoon ja muihin ihmisiin), toiseksi moraaliset ja eettiset tavoitteet (vastuullisuus, solidaarisuus, tasa-arvo ja yhteistoiminta) ja kolmanneksi kognitiiviset tavoitteet (resurssien, talouden, politiikan ja yhteiskunnan keskinäiset riippuvuussuhteet sekä ihmisen globaali riippuvuus toisistaan). Myös Käpylä (1994) määrittää ympäristökasvatuksen keskeiseksi tiedolliseksi tavoitteeksi ymmärryksen siitä, että sosiaaliset, poliittiset, taloudelliset ja uskomusjärjestelmät liittyvät monimutkaisella tavalla ihmisen kulttuurin ja luonnon vuorovaikutussuhteeseen. Neljäntenä ympäristökasvatuksen tavoitteena voidaan Benedictin (1991) mukaan erottaa toiminnalliset tavoitteet eli kyky ongelmien ratkaisemiseen, uudenlaiseen käyttäytymiseen ja aktiiviseen osallistumiseen.

## 2.1 Ympäristökasvatuksen lähestymistavat

Ympäristökasvatus on varsin monivivahteinen ja ennen kaikkea monitieteinen aihekokonaisuus. Sitä voidaan lähestyä useista eri tieteenfilosofisista suuntauksista käsin, joita Robottomin & Hartin (1993) mukaan kuvataan esimerkiksi positivistisen, hermeneuttisen eli konstruktivistisen ja kriittisen tradition avulla. Lisäksi ympäristökasvatusta voidaan jäsentää metaorientaatioajattelun mukaan (ks. Sahlberg 1996). Orientaatiot jäsentyvät kolmen metaorientaation, eli transmission, transaktion ja transformaation jatkumoksi. Orientaatioiden avulla pyritään hahmottamaan ympäristökasvatustoiminnan ja sitä ohjaavien filosofisten, psykologisten sekä sosiaalisten kontekstien välisiä yhteyksiä (Sahlberg 1996). Ympäristökasvatuksen lähestymistapoja voidaan siten tarkastella käyttämällä käsitteitä transmissiivis-positivistinen, transaktiivis-hermeneuttinen sekä transformatiivis- kriittinen lähestymistapa (ks. Pulkkinen 2000).

*Tranmissiivis-positivistisen* (eli empiiris-analyttisen tradition) mukaan ympäristökasvatuksen päämääränä on ympäristöstä oppiminen, jolloin aihetta lähestytään luonnontieteellisesti. Ympäristö rajautuu vain opetuksen aihealueeksi, teemaksi. Oppisisällöt muodostuvat mm. lajituntemuksesta, ekosysteemien tuntemuksesta ja vuorovaikutussuhteiden tunnistamisesta. Oppiminen nähdään behavioristisesti, jolloin tiedon ajatellaan olevan objektiivista ja muuttumatonta sekä siirrettävissä opettajalta tai oppimateriaalilta oppijalle. Oppiminen on siten erillisten tietojen, käsitysten ja arvojen vastaanottamista, muistamista, pintaoppimista ja rutiininomaista harjoittelua. Taustalla on atomistinen, loogis-positivistinen paradigma, joten todellisuuden ajatellaan koostuvan erillisistä osasista. Ympäristötietoa saadaan olemassa olevista teksteistä ja kirjallisista lähteistä. (ks. Pulkkinen 2000)

Positivistinen lähestyminen kasvatukseen, opetukseen ja oppimiseen on ollut vallalla näihin päiviin asti, vaikkakin se filosofiana on aikoja sitten kuollut (ks. mm. Käpylä 1994). Positivistinen lähestymistapa ei yleisyydestään huolimatta ole johtanut ainakaan ympäristökasvatuksessa eikä myöskään kaikin osin luonnontieteissäkään näiden aihekokonaisuuksien opetukselle asetettujen kokonaisvaltaisten tavoitteiden saavuttamiseen (ks. POPS 1994).

Lähestymistavan ongelmana on mm. sen kapea-alainen oppimiskäsitys ja siihen liittyvä epärealistinen arvo- ja tunnevapaan tiedon ideaali.

*Transaktiivis-hermeneuttisen* tradition mukaan ympäristöllä on itseisarvo kasvatuksen välineenä, jolloin ympäristöä ei rajoiteta pelkäksi oppimisen kohteeksi. Ympäristökasvatuksen tarkoituksena nähdään ympäristön vuorovaikutussuhteiden ymmärtäminen sekä omakohtaisen kosketuksen saaminen ympäristöön (ks. Pulkkinen 2000).

Transaktiivis-hermeneuttinen ympäristökasvatus sisältää kognitiiviseen psykologiaan pohjautuvan konstruktivistisen oppimiskäsityksen keskeisiä teemoja. Oppiminen nähdään aktiivisena tiedon rakentamis- eli konstruoimisprosessina, jossa oppijan vuorovaikutus ympäristönsä kanssa sekä oppijan älyllinen ja henkinen kasvu ongelmaratkaisustrategioiden avulla ovat tärkeitä. Tiedon yksilöllinen konstruointi alkaa jo uuden informaation havainnointiprosessissa, mikä tapahtuu valikoivasti oppijan aikaisempien tietojen ohjaamana. Oppija tekee informaatiosta oman tulkintansa ja luo tiedon konstruktionsa sekä liittyy sen tietorakenteisiinsa aikaisempien tietojensa ja kokemustensa pohjalta. Tiedonkonstruointiprosessissa merkityksellisenä nähdään myös oman oppimisprosessin ohjaamiseen liittyvät metakognitiiviset taidot, joita hallitessaan oppija voi itse reflektoida ja säädellä omaa toimintaansa sekä oppimisensa laatua. Oppiminen sijoittuu sosiaaliseen ja kulttuuriseen kontekstiin, sillä ympäristössä toimitaan sosiaalisesta todellisuudesta nousevan ilmiön tai tilanteen parissa. Näin ollen sisällöllinen motivaatio eli syvälinen kiinnostus oppimisen kohteena olevia asioita kohtaan sekä mielekäs oppiminen korostuvat (ks. Ausubel 1968). Tietoa hankitaan reflektoiden, tutkien ja konstruoiden, jolloin se on myös subjektiivista ja kokemusperäistä. Tiedon tehtävänä on lisätä maailman ilmiöiden ymmärtämistä. Transaktiivis-hermeneuttisessa lähestymistavassa olennaista on oppijan omakohtaiset kokemukset, ja se rohkaisee heitä kasvamaan yhteydessä omaan ympäristöönsä, kantamaan siitä vastuuta sekä toimimaan sen puolesta (Äänismaa 1998).

*Tranfosrmatiivis-kriittinen lähestymistapa* korostaa sosiaalista kasvua ja persoonallisuuden kehitystä opetuksen ja kasvatuksen keskeisinä päämäärinä. Pyrkimyksenä on kehittää vastuullisia ja aktiivisia ympäristöongelmien

ratkaisemiseen kykeneviä oppilaita. Kasvatus nähdään keinona käyttää valtaa ja vaikuttaa yhteiskunnalliseen päätöksentekoon. Oppilaita ohjataan toimimaan vastuullisesti ja aktiivisesti, jota he tunsivat itsensä kyvykkäiksi ottamaan osaa yhteiskunnan toimintaan. Ympäristöasioita tarkastellaan kokonaisvaltaisesti sekä tieteidenvälisesti. (ks. Pulkkinen 2000)

Transformatiivis- kriittisessä ympäristökasvatuksessa pyritään yhdistämään fyysiset, kognitiiviset ja affektiiviset osa-alueet kokonaisvaltaisesti, jolloin tietäminen on moniulotteista ja tilannesidonnaista. Oppiminen nähdään dynaamisena prosessina, joka pyrkii muuttamaan oppimiseen ja opetukseen kuuluvia arvoja ja normeja. Oppimisessa korostetaan sekä yksilöllisyyttä että yhteisöllisyyttä.

Koska tiedon merkitys on kritisoida ja vapauttaa oppijat ”väärän tiedon” vallasta, tieto on dialektista, se kehittyy vuorovaikutuksessa toisten kanssa. Teorioita ja tietoa testataan kriittisesti käytännössä ja käytäntö kehittää teoriaa jatkuvana syklinä. Tällöin oppijat, niin opettajat kuin oppilaatkin, ovat tutkijoita ja osallistujia, uuden tiedon luoja. Robottom & Hart (1993) ja Fien (1993) korostavat kriittisen ympäristökasvatuksen taustana kriittistä teoriaa (ks. mm. Huckle 1991), jolloin he tarkoittavat kriittisyydellä ideologisten perusteiden ja oletusten esiin tuomista ja analyttistä kritisoimista. Näin yhteiskunnallisten ilmiöiden historialliset, rakenteelliset ja arvoperustaiset taustat sekä niiden vastakkaisuudet ja vääristymät voidaan paljastaa. Myös Mogensen (1996) nostaa arvoaspektin ympäristökasvatuksen keskiöön. Hänen mukaansa ympäristökasvatukselle asetettuihin tavoitteisiin päästään vain, kun oppisisältöjen suunnitteluun sisällytetään arvokasvatus. Arvokeskustelu nostaa luontaisesti esiin myös erilaiset konfliktit tuoden kriittisyyttä opetukseen.

Kriittinen lähestymistapa ja kriittinen kasvatus ovat nousseet vallalla olevaksi näkemykseksi useiden ympäristökasvatuksen tutkijoiden ja teoreetikkojen keskuudessa. Scottin ja Oultonin (1999) mukaan kriittinen teoria viehättää useita koulutuksen tutkijoita, koska se näyttää ylittävän positivistisen ja tulkinnallisen lähestymistavan rajoitukset. Kriittisen lähestymistavan soveltuvuutta ympäristökasvatuksen kontekstiin on kuitenkin viime aikoina kritisoitu mm. siitä, että se ei tarjoa käytännön toimijoille realistia tavoitteita eikä riittävän konkreettisia toimintaohjeita (Gare 1995,

Walker 1995, 1997). Kriittisen lähestymistavan peruslähtökohta ei Walkerin (1995) mukaan ole sopusoinnussa käytännön toimijoiden oppimis- ja opettamiskäsityksen kanssa, eikä se ota huomioon vallitsevia yhteiskunnan rakenteita, joiden mukaisesti koululaitos joutuu toimimaan. Näin ollen kriittinen lähestymistapa on ympäristökasvatuksen käytännön toteutuksessa tehoton, joskin se soveltuu hyvin käytettäväksi kontekstien analysointiin (Walker 1997).

Ympäristökasvatuksen lähestymistavat kuvataan joissain yhteyksissä toisensa poissulkevinä ja ne esitetään ikään kuin paremmuusjärjestyksessä transmissiivis-positivistisesta transformatiivis-kriittiseen. Viime aikoina mm. Scott ja Oulton (1999) ovat vedonneet kasvatus- ja ympäristöideologioiden suhteen uudelleen arvioimiseen moniarvoisen ymmärryksen löytämiseksi. Ympäristökasvatuksen lähtökohdaksi tulisi heidän mukaansa hyväksyä useita lähestymistapoja ja perspektiivejä, sillä pidättäytyminen yhteen ainoaan näkökulmaan ja sen soveltaminen kaikkiin tilanteisiin johtaa usein epäonnistumisiin asetettuihin tavoitteisiin nähden. Näin ollen Scott ja Oulton sekä (1999) että Walker (1997) korostavat transformatiivis-kriittisen lähestymistavan ohella ja rinnalla myös transmissiivis-positivistisen ja transaktiivis-hermeneuttisen lähestymistapojen käyttökelpoisuutta ympäristökasvatuksen kontekstissa. Myös Dillonin & Beneyn (1993) mukaan ympäristökasvatuksessa tulee noudattaa ainakin kahta lähestymistapaa; objektiivis-analyttistä sekä subjektiivis-tulkinnallista. Näistä edellinen tarkoittaa asioiden tutkimista luonnontieteellisen ja teknologisen tiedon valossa ja jälkimmäinen ottaa huomioon arvojen merkityksen esim. päätöksenteossa ja konfliktien käsittelyssä.

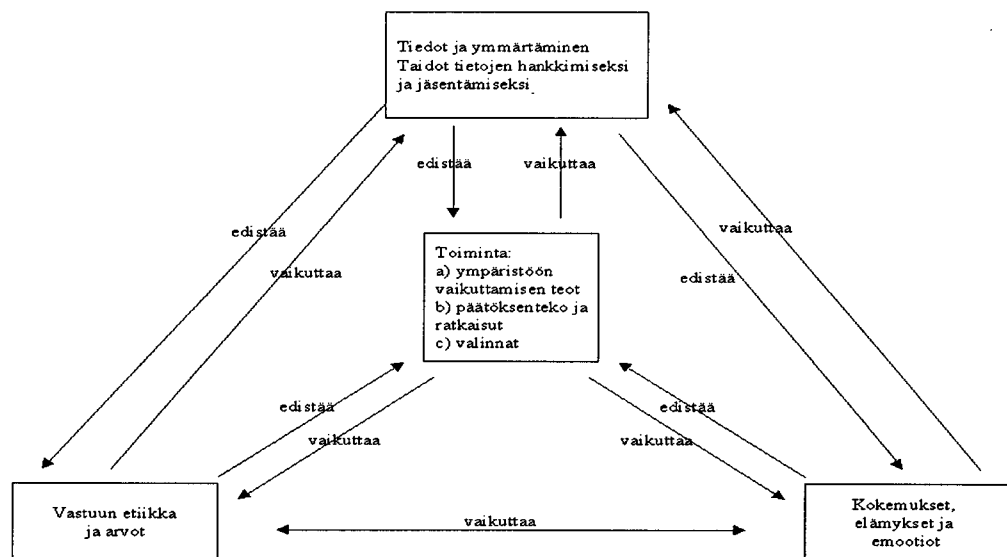
## **2.2 Tiedot käyttäytymisen perustana**

Ympäristökasvatusta ja sen eri lähestymistapoja voidaan jäsentää useiden ympäristökasvatusmallien avulla. Malleja ovat esittäneet mm. van Matre (1979), Fien (1983), Hinesin (1986/87) malliin pohjautuen Hungerfold ja Volk (1990) sekä Robottom ja Hart (1993). Suomalaisista ympäristökasvatuksen

vaikuttajista oman ympäristökasvatusmallinsa ovat esittäneet mm. Aho (1984, 1993), Käpylä (1994 ns. sipulimalli), Jeronen ja Kaikkonen (1995 ns. talomalli) sekä Åhlberg (1995, 1998 eheyttävän kasvatuksen malli). Kukin malleista nostaa ympäristökasvatuksen keskiöön hieman eri näkökulman; toisissa malleissa painotetaan omakohtaisia kokemuksia ja tekemällä oppimista, toisissa puolestaan keskeistä on ympäristöherkkyys ja affektiivinen sitoutuminen ympäristöön. Useimmat edellä mainituista malleista on käytännössä kokeiltuja, ja niiden avulla on saavutettu kullekin mallille asetettuja tavoitteita.

Ympäristön ja kestävän kehityksen kannalta viime kädessä olennaista on se, millaisia käyttäytymisvalintoja teemme arkipäivän elämässämme. Ahon esittämässä (1984, 1993) ja Åhlbergin (1998) edelleen soveltamassa kestävän kasvatuksen perusmallissa (kuva 1) toiminnallinen alue liittyy kolmeen muuhun inhimillisen kasvun ja kehittymisen alueeseen, kognitiiviseen, affektiiviseen sekä vastuun etiikan ja arvojen alueeseen (vrt. Unescon ympäristökasvatuksen jäsenyys). Ahon jäsentämät ympäristökasvatuksen osatekijät ovat vuorovaikutuksessa keskenään siten, että ympäristökasvatuksen päämääränä on toimintapätevyys ja ympäristökansalaisuus. Tavoitteeseen pyritään tietämisen ja ymmärtämisen sekä niihin liittyvien kognitiivisten prosessien, emootioiden ja kokemusten avulla. Lisäksi korostetaan ympäristövastuullisuutta; arvoja, asenteita ja etiikka. (ks. Pulkkinen 2000)

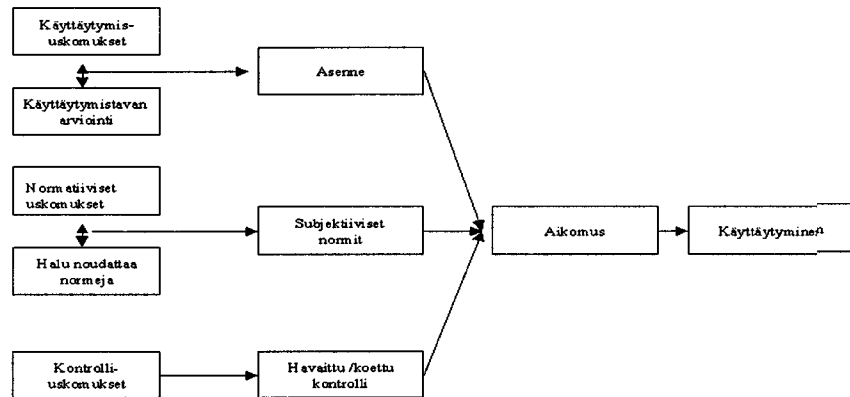




Kuva 1 Kestävää kehitystä edistävän kasvatuksen perusmalli Ahon (1984, 1993) mukaan Åhlbergin (1998) soveltamana.

Ympäristökäyttäytymistä, kuten muutakin inhimillistä toimintaa, voidaan jäsentää myös Ajzenin ja Fishbeinin (1980) esittämän ja Ajzenin (1988) edelleen kehittämän perustellun toiminnan ja suunnitelmallisen käyttäytymisen- mallin avulla (reasoned action and planned behaviour). Mallia on käytetty onnistuneesti useissa erilaisissa konteksteissa, kuten huumeiden (Budd ym. 1983) ja turvavyön (Witterbraker ym. 1983) käyttötottumuksien tutkimuksissa sekä ravintokäyttäytymisen kuvaamisessa (Towler ja Shepherd 1992). Mallia on sovellettu myös eräiden ympäristökäyttäytymisen aspektien kuvaamiseen (Murphy & Watson 1991, Dillon & Gayford 1997). Malli rakentaa Dillonin (1999, suull.) mukaan yhteyden kognitiivisen ja affektiivisen osa-alueen välille, ja siten se soveltuu erityisen hyvin myös ympäristökasvatuksen kontekstiin kuvaamalla tiedon ja ymmärtämisen suhdetta asenteisiin ja käyttäytymiseen.

Perustellun toiminnan ja suunnitelmallisen käyttäytymisen- mallin (kuva 2) lähtökohtana on käsitys siitä, että yksilön käyttäytymistä toimintatilanteessa ohjaa toisaalta hänen asenteensa, mutta tähän lisäksi myös hänen kokemansa subjektiiviset normit sekä ns. kontrolli.



Kuva 2 Perustellun toiminnan ja suunnitelmallisen käyttäytymisen malli Ajzenin & Fishbeinin (1980) ja Ajzenin (1988) mukaan.

Mallin mukaisesti yksilön asenteet nojautuvat hänen tietoperustaansa, joka voi olla tieteellisen näkemyksen kanssa yhdenmukainen tai sen kanssa ristiriitainen (ns. virhehäilyt, ks. luku 4). Tietojen ja taitojen lisäksi yksilön asenteisiin vaikuttavat oleellisesti hänen käsityksensä siitä, miten hän voi tietojensa käyttää (behavioural beliefs) ja se, kuinka hän kokee muiden suhtautuvan hänen tietoihinsa; pidetäänkö yhteiskunnassa hänen tietojensa yleisesti "oikeina" ja hyväksyttävänä. Esimerkiksi faktatieto jätteiden lajittelusta ei välttämättä johda myönteiseen asennoitumiseen lajittelua kohtaan jos yksilö kokee muiden yhteisön jäsenten suhtautuvan kielteisesti lajitteluun.

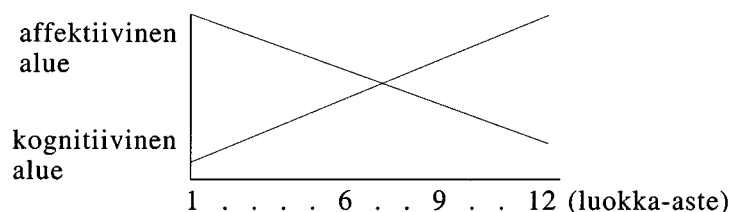
Ihmisen asenteiden ja käyttäytymisen välillä ei ole suoranaista yhteyttä, eikä ympäristöystävälliset asenteet siten takaa ympäristöystävällistä käyttäytymistä (ks. mm. Uusitalo 1986, Hines 1986/87). Tämä johtuu Ajzenin (1988) mukaan siitä, että käyttäytymiseen ja käyttäytymisaikomuksiin vaikuttavat asenteiden lisäksi myös subjektiiviset normit, jotka muodostuvat tilannetta määrittävien sosiaalisten ja persoonallisten uskomusten (normative beliefs) kautta sekä yksilön motivaatiosta mukautua ja mukauttaa käyttäytymistään näiden normien mukaisesti (motivation to comply). Kolmas

yksilön käyttäytymistä ohjaava tekijä voidaan määritellä yksilön kokemana kontrollina. Kontrolli tarkoittaa tässä yhteydessä sitä, millainen käsitys ihmisellä on omista vaikutusmahdollisuuksistaan tietyssä tilanteessa (Dillon & Gayford 1997). Kontrolli tarkoittanee siten pitkälti samaa kuin mitä ympäristökasvatuksen yhteydessä yleisemmin käytetyllä termillä voimaantumisen (empowerment) tarkoitetaan.

Mallin kaikki osatekijät vaikuttavat yksilön käyttäytymiseen. Merkille pantavaa on se, että tietojen ja taitojen lisäksi ihmisen varmuus omista tiedoista sekä luottamus niihin vaikuttavat yksilön käyttäytymiseen. Esimerkiksi jos ihmisellä ei ole riittävästi tietoa käsiteltävästä asiasta tai hän kokee tietonsa riittämättömiksi, hän siirtää helposti vastuun päätöksistä muille, esimerkiksi alan eksperteille. Kokiessaan ettei hänellä ole toimivaltaa tilanteessa, ihminen jättää helposti toimintaa vaativan tilanteen täysin huomioimatta. Sen sijaan riittäviin tietoihin ja "itsevarmuuteen" nojautuen ihminen voi tehdä mielekkäitä johtopäätöksiä tilanteesta tai aiheesta. Arvokeskustelussa hän peilaa omia näkemyksiään yhteiskunnassa vallitseviin arvoihin ja normeihin. Jos ihminen lisäksi kokee, että hänellä on vaikutusvaltaa kyseisessä asiassa, hänen myös käyttäytyy arvojen ja tietojensa pohjalta (Dillon & Gayford 1997). Näin ollen perustellun toiminnan ja suunnitelmallisen käyttäytymisen malli auttaa ymmärtämään, miksi yksinomaan tiedot ja asenteet eivät riitä muuttamaan käyttäytymistä tuoden ympäristökasvatuksen kenttään kognition sosiaalisen aspektin.

Sekä Ahon ympäristökasvatuksen viitekehyksessä että Ajzenin & Fishbeinin esittämässä perustellun toiminnan ja suunnitelmallisen käyttäytymisen mallissa on oleellista ympäristökasvatuksen ja luonnontieteiden opetuksen kannalta asenteiden sekä toiminnan määrittäminen osittain yksilön tietojen kautta. Näin ollen oppilaiden tietojen todenperäisyyden ja oikeellisuuden merkitys korostuu, sillä kestävä kehityksen kannalta epätoivotut asenteet ja käyttäytymismuodot voivat pohjautua myös virheellisiin tietoihin tai virhekäsityksiin. Näin ollen tietopainotteinen opetus, joka antaa oppilaille vahvan näkemyksen luonnontieteellisistä ilmiöistä, osaltaan edistää myös ympäristökasvatuksen päämäärien saavuttamista.

Ympäristökasvatus elinikäistä oppimista. Näin ollen oppijoiden iän huomioinen ympäristökasvatusta toteutettaessa on ensiarvoisen tärkeää. Varhaisessa opetuksen vaiheessa ympäristökasvatuksen tulisi painottua konkreettiseen ja samalla tunnepitoiseen opetukseen tietosisällön noustessa opetuksen keskiöön myöhemmillä luokka-asteilla. Affektiivisen ja kognitiivisen aineksen painottumisen eri luokka-asteille on esittänyt Iozzi (1989, Käpylän 1994 mukaan)(kuva 3). Tässä työssä keskitytään ympäristökasvatuksen kognitiivisen osa-alueen, luonnontieteellisen osaamisen tarkasteluun opetuksen siinä vaiheessa, jolloin oppiaineksen painopiste muuttuu affektiivisestä kognitiiviseen. Kuviota voidaan tulkita mielekkäästi myös Piaget'n epistemologian pohjalta. Piaget'n (1988) mukaan lapsen ajattelu kehittyy vaiheittain tämän kehittyessä. Nuorten oppijoiden ajattelu on rajoittunut konkreetille tasolle (konkreetti operationaalinen ajattelu), mutta teini-iässä suuri osa oppijoista kykenee jo käsittelemään abstrakteja ja useita muuttujia käsittäviä ongelmia (formaali operationaalinen ajattelu). Piaget'n epistemologiassa siihen kohdistuneesta kritiikistä (mm. Aebli 1991) huolimatta on ympäristökasvatuksen ja luonnontieteiden, erityisesti ympäristöongelmien, opetuksen kannalta mielenkiintoista se, että 13-vuoden iässä noin 20 % oppilaista on varhaisessa formaalin ajattelun vaiheessa (Shayer & Adey 1981). Tässä kehitysvaiheessa, jolloin Piaget'n mukaan mahdollistuu monimuuttujaisen syy-seuraussuhteiden tarkastelu, yleistyy myös tietopainotteinen opetus sekä Iozzin (1989) esittämän mallin että Suomen peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden mukaan (POPS 1994)



Kuva 3 Kognitiivisen ja affektiivisen alueen painotus luokka-asteittain ympäristökasvatuksessa (Iozzi 1989, Käpylän 1994 mukaan).

### 3.YMPÄRISTÖONGELMAT LUONNONTIETEELLISINÄ ILMIÖINÄ

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti ja yksinkertaisten perusasiat niistä luonnontieteellisistä ilmiöistä, joiden osaamiseen tämä tutkimus keskittyy. Tämän lyhyen katsauksen tarkoituksena ei ole olla perusteellinen kuvaus ilmiöistä, joten laajemman ja luonnontieteellisesti monipuolisemman tietouden saamiseksi lukija ohjataan kääntymään luonnontieteellisen kirjallisuuden pariin.

#### 3.1 Otsonikato

Otsoni on kolmesta happiatomista muodostuva molekyyli. Otsoniin ja sen määrään ilmakehässä liittyy nykyään kaksi ajankohtaista globaalia ympäristöongelmaa: toisaalta otsonia on liikaa ja toisaalta liian vähän. Ilmakehän alimmassa kerroksessa, troposfäärissä, otsoni on saaste, joka suurina pitoisuuksina on vahingollista ihmisille, eläimille ja kasveille. Otsonin määrä alailmakehässä on kasvanut. Ylemmässä ilmakehässä eli stratosfäärissä otsoni sen sijaan suojelee kasvi- ja eläinkuntaa liialliselta ultravioletti- eli UV-säteilyltä. Stratosfäärin otsonimäärä näyttää vähenevän kaiken aikaa. Näin ollen puhutaankin otsonikadosta, jolla tarkoitetaan nimenomaan yläilmakehän otsonimäärän vähentymistä.

UV-säteily on lyhytaaltoista auringon ilmakehään saapuvaa korkeaenergistä säteilyä. UV-säteily jaetaan kolmeen osaan aallonpituuden mukaan. Näistä pitkäaaltoisinta UV-A säteilyä (aallonpituus yli 320 nm) pidetään eliöille varsin vaarattomana. Lyhytaaltoisin UV-C säteily (aallonpituus 200- 290 nm) on eliöille erittäin haitallista. Sitä ei kuitenkaan pääse lainkaan ilmakehän alaosiin tai maanpinnalle, sillä ilmakehän happi vaimentaa sen jo ilmakehän yläosissa. UV-B säteilyä (aallonpituus 290-230 nm) sen sijaan pidetään eliöille vaarallisimpana. Se aiheuttaa mm. auringonpolttamia, voi johtaa solujen DNA:n kemiallisen rakenteen muutoksiin ja aiheuttaa ihosyöpää (Skolnick 1991). Se voi aiheuttaa myös silmäsairauksia ja muutoksia eliöiden immuunisysteemissä. Ilmakehän otsoni vaimentaa tätä

säteilyä siten, että sen voimakkuus eri leveysasteilla on niiden luontaiselle biosfäärille turvallisella tasolla. Otsenin lisäksi UV-B säteilyä vaimentavat ilmakehän hiukkaset eli aerosolit sekä pilvisyys.

Otsonia muodostuu ja tuhoutuu stratosfäärissä koko ajan. Kun UV-säteet kohtaavat happimolekyylin ( $O_2$ ), happimolekyyli jakautuu kahdeksi happiatomiksi ( $O$ ). Vapautunut happiatomi voi sitten sitoutua happimolekyyliin, ja muodostaa otsonimolekyylin ( $O_3$ ). Otsonilla on kyky imeä itseensä auringon UV-säteilyä. Tämä ominaisuus tekee otsonikerroksesta maanpintaa ultraviolettisäteilyltä suojaavan molekyylikilven. Kun otsonimolekyyli imee itseensä UV-säteilyä, se jakautuu happimolekyyliksi ja yhdeksi happiatomiksi. Vapaa happiatomi voi tämän jälkeen liittyä jälleen happimolekyyliin ja muodostaa uuden otsonimolekyylin. Vapaa happiatomi voi myös sitoa itseensä toisen happiatomin otsonimolekyylistä, jolloin muodostuu kaksi happimolekyyliä. Näitä ultraviolettisäteilyn aiheuttamia otsonin syntymisen ja tuhoutumisen reaktioita kutsutaan Chapmanin reaktioiksi.

Viimeisten vuosikymmenten aikana on havaittu, että ihmistoiminnan seurauksena otsonitasapaino on häiriintynyt – stratosfäärin otsonipitoisuus on alentunut. Tähän ns. kemialliseen otsonikatoon syynä ovat lähinnä klooria ja bromia sisältävät CFC- yhdisteet sekä typpioksiduuli. Nämä yhdisteet ovat troposfäärissä kemiallisesti hyvin pysyviä ja hajoavat vasta stratosfäärissä UV-säteilyn vaikutuksesta. Hajoamisen seurauksena syntyy voimakkaasti reaktiivisia kloori- tai bromiatomeja ja niiden yhdisteitä. Nämä atomit tai yhdisteet hajottavat luontaisesti muodostunutta otsonia kaksiatomisiksi happimolekyyliksi. Lisäksi ne sitoutuvat happiatomeihin siten että luontainen otsonimolekyylin uudelleen muodostuminen estyy. Otsonia tuhoavia mekanismeja on useita, mutta tehokkaimmin tuhoutuminen tapahtuu stratosfäärin alaosissa olevien jääkiteiden pinnalla valokemiallisten reaktioiden seurauksena. Pimeän aikana ilmakehän klooripitoisuudet kasvavat, koska typen oksidit jäätyvät typpihappojääksi eivätkä silloin sido klooria. Lisäksi jääkiteiden pinnalla tapahtuvat reaktiot muuttavat epäreaktiiviset klooriyhdisteet valokemiallisissa reaktioissa reagoivaan muotoon. Näin ollen auringon valon vaikutuksesta keväällä otsonia tuhoavia reaktioita alkaa esiintyä yhä enemmän, ja navoille muodostuu ns. otsoniaukko. (Wahlström ym. 1994)

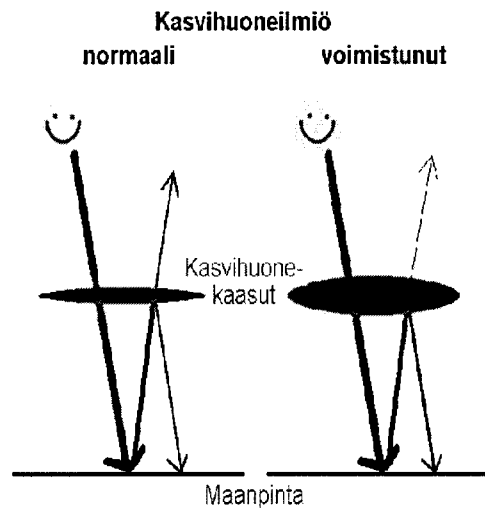
Otsonia tuhoavia CFC-yhdisteitä käytetään mm. jäädyttimissä, eristeissä, vaahtomuoveissa, kemiallisessa pesussa, elektroniikkapiirikorttien puhdistuksessa sekä suihkepullojen ponnekaasuna. Kööpenhaminassa 50 maata allekirjoitti vuonna 1992 sopimuksen, jossa ne sitoutuvat lopettamaan CFC-yhdisteiden ja muiden otsonia tuhoavien aineiden käytön vuoteen 2000 mennessä. Eräissä maissa, kuten Kiinassa ja Intiassa, näiden aineiden käyttöä ollaan kuitenkin voimakkaasti lisäämässä. (Wahlström ym. 1994)

Lisää tietoa otsonista ja otsonikadosta löydät mm. <http://www.ozone.fmi.fi/otsoni/>

### 3.2 Ilmastonmuutos

Kasvihuoneilmiö on maapallon ilmakehän luonnollinen, ja elintärkeä ilmiö. Ilman kasvihuoneilmiötä maapallon keskilämpötila olisi noin 35 °C alempi, ja siten elämä maapallolla olisi mahdotonta. Planeettaamme ympäröivä ilmakehä toimii kuten kasvihuoneiden lasikatto, joka päästää auringosta tulevan säteilyenergian esteettömästi Maan pinnalle, mutta ilmassa olevat tekijät estävät osaa lämpösäteilystä poistumasta avaruuteen. Osa auringon säteilyenergiasta heijastuu välittömästi takaisin, jolloin energia ”karkaa” avaruuteen. Osa säteilyenergiasta tunkeutuu väliaineisiin lämmittäen maankamaraa, vesimassoja, erilaisia rakenteita ja eläviä organismeja. Absorboitunut energia vapautuu myöhemmin, kun ilman lämpötila on laskenut. Väliaineista hitaasti vapautuva energia on näkymätöntä, pitkäaaltoista infrapunasäteilyä. Vapautuva pitkäaaltoinen ei palaudu normaalilla tavalla avaruuteen, sillä ulossäteilyn poistumista estävät vesihöyry, hiilidioksidi sekä monet luonnossa esiintyvät sekä ihmisen ilmaan päästämät kaasut (kuva 4). Seurauksena on maapallon läheisten ilmakerrosten lämpötilan hidaskäynnin lämpeneminen, jota yleisesti kutsutaan ilmastonlämpenemiseksi tai ilmastonmuutokseksi. (Aulio 1990)

# Kasvihuoneilmiö



Th.Ulich, E. Turunen ja J. Kultima, Geofysiikan observatorio, Sodankylä, 1996.

##

Kuva 4. Kasvihuoneilmiö ja kasvihuonekaasujen vaikutus auringon säteilyenergian ulossäteilyyn (Turunen & Karna 1996).

Ihmisen aiheuttama ilmastonmuutos johtuu siitä, että säteilyä pidättävien ns. kasvihuonekaasujen pitoisuus ilmakehässä lisääntyy ihmistoiminnan seurauksena. Kasvihuonekaasuja ovat mm. vesihöyry, hiilidioksidi, CFC-yhdisteet, metaani, typpioksiduuli sekä otsoni. Näistä merkittävin on hiilidioksidi, jota muodostuu mm. fossiilisten polttoaineiden palamistuotteena.

Ilmastonlämpenemisen vaikutuksia maapallolle on hyvin vaikea arvioida. Kansainvälinen ilmastoasiantuntijoiden työryhmä IPCC (International Panel of Climate Change) esitti tutkijoiden yhteen sovittamia näkemyksiä lämpenemisen mahdollisista seurauksista. Raportissa verrataan toisiinsa esiteollisen ajan tilannetta ja uutta tasapainotilannetta, jonka ilmastomme saavuttaisi, jos ilmakehän hiilidioksidipitoisuus kaksinkertaistuisi. Tämän kaksinkertaistumisen on oletettu tapahtuvan vuoden 2030 paikkeilla, mutta ilmaston hitauden vuoksi lämpötilan uusi tasapainotila saavutetaan kuitenkin vasta useita vuosikymmeniä myöhemmin (Wahlström ym. 1994). Asiantuntijaneelin näkemykset on koottu taulukkoon 1. Taulukosta käy ilmi



ainoastaan ilmastossa tapahtuvat ennustetut muutokset. Näiden muutosten aiheuttamien ekologisista seurauksista käydään vähintään yhtä kiivasta keskustelua kuin ilmastollisista muutoksista. Ilmastonmuutoksen vääjäämättömänä seurauksena pidetään kuitenkin biodiversiteetin, eli kasvi- ja eläinlajien määrän vähenemistä.

Taulukko 1. Ilmastonlämpenemisen vaikutus maapalloon IPCC:n mukaan (Wahlström ym. 1994).

<b>Täysin varmaa</b>	*Alailmakehä ja ilma maanpinnan lähellä lämpenevät. *Yläilmakehä viilenee.
<b>Käytännöllisesti katsoen varmaa</b>	*Kokonaissadanta ja -haihdunta kasvavat sitä enemmän mitä enemmän ilmasto lämpenee. *Maapallon jäätiköt ja lumen peittämät alueet kutistuvat.
<b>Hyvin todennäköistä</b>	*Maapallon keskilämpötila kohoaa maanpinnan tasolla 1,5-4,5 °C. *Lähempänä napoja sijaitsevien alueiden ilmasto lämpenee talvella enemmän mutta kesällä vähemmän kuin maapallo keskimäärin. *Tropiikissa ilmasto lämpenee vähiten ja vuodenaikaisvaihtelut ovat pienimmät. *Koko maapallon sadanta ja haihdunta lisääntyvät 3-15 %. *Napojen lähellä sataa nykyistä enemmän ympäri vuoden ja talvikaudella maan kosteus lisääntyy
<b>Todennäköistä</b>	*Keskileveysasteilla sataa nykyistä enemmän talvisin, mutta alueiden kesäkauden maankosteus lisääntyy. *Subtrooppisten kuivien alueiden sadanta ei juurikaan muutu.

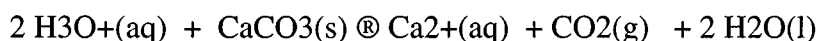
Jos ilmastonmuutos halutaan estää, on ryhdyttävä moniin eri toimiin, joista tehokkaimpia keinoja on fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen. Tämän päämäärän saavuttaminen voi kansainvälisistä ponnisteluista huolimatta olla vaikeaa, sillä suuret öljyntuottajamaat ja öljystä voimakkaasti riippuvaiset maat ovat toistaiseksi jarruttaneet näitä pyrkimyksiä. Ponnistelut kansainvälisesti hyväksyttävien riittävän tehokkaiden hiilidioksidipäästöjen vähentämiskeinojen löytämiseksi ja näistä sopimuksiin pääsemiseksi jatkuvat kuitenkin poliittisella tasolla.

### 3.3 Happamoituminen

Happamoitumista on pidetty Euroopan metsien, ja osin myös vesistöjen, suurimpana uhkaajana. Happamoitumisella tarkoitetaan sitä, että luonnon kyky vastustaa hapanta laskeumaa heikkenee. Happamoituminen ja happamuus eivät siis ole sama asia. Nesteen happamuus määräytyy sen mukaan, kuinka paljon siinä on positiivisesti varautuneista vetyioneja (H<sup>+</sup>). Happamuutta ilmaistaan pH-luvulla. Mitä alhaisempi pH on, sitä happamampaa liuos on, eli sitä enemmän siinä on positiivisia vetyioneja. Maaperän happamuus ilmaistaan yleensä oksoniumionien pitoisuuden maansisäisessä vedessä. Happamassa maassa on paljon oksoniumioneja eli sen pH-arvo on matala. Ilmakehässä hiilidioksidin kanssa tasapainossa olevan puhtaan veden pH on 5,6, eli sade on siis luonnostaan hieman hapanta. Laskeumaa kutsutaankin happamaksi vain jos sen pH on alle 5,6.

Happosadeongelman aiheuttaa etupäässä ihmisen toimista tapahtuva rikki- ja typpidioksidien lisäys ilmakehään. Rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) ja typen oksidien (NO<sub>x</sub>) pitoisuudet alkoivat kasvaa voimakkaasti teollisen vallankumouksen jälkeen fossiilisten polttoaineiden käytön lisääntyttyä. Ennen teollistumista sadeveden pH oli noin 5,6, kun nykyisin laajoilla Euroopan ja Pohjois-Amerikan aluilla sateen pH on 4,0-4,5. Paikoitellen Keski-Euroopassa sade on ollut 500 kertaa puhdasta sadevettä happamampaa.

Maa- ja kallioperä voi sitoa ja tehdä vaarattomaksi happaman laskeuman oksoniumionit. Tätä ominaisuutta nimitetään puskurikyvyksi. Kalkkikivellä on suuri puskurikyky, koska sen sisältämä kalsiumkarbonaatti pystyy reagoimaan oksoniumionien kanssa:

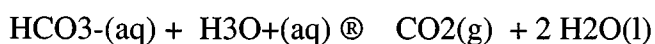


Tapahtumaa kutsutaan kationinvaihdoksi, koska reaktiossa "sitoutuu" oksoniumioneja ja vapautuu kalsiumioneja. Kalkkikiven kaltaiset emäksiset kivilajit pystyvät sitomaan itseensä suuren määrän oksoniumioneja. Kun kivi murenee, hapanta laskeuma pääsee reagoimaan uusien kivikerrosten kanssa. Hitaasti rapautuvat kivilajit, kuten graniitti, eivät juurikaan pysty torjumaan

hapanta laskeumaa. Suomalainen kallio- ja maaperä pystyy neutraloimaan hapanta laskeumaa huonosti. Kallioperästämme yli puolet on grantiittia tai dioriittia, ja kun kallioperän päällä on vain ohut maakerros, on happamoitumisriski suuri. (<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/maahappamoituminen.html>).

Alumiinia on maankuoressa runsaasti erilaisina mineraaleina. Normaalista siitä ei ole haittaa, koska se on sitoutunut maahiukkasiin. Kivennäismaan pH:n laskiessa arvoon 4,4 alkaa alumiini kuitenkin liukenemaan. Happamassa ympäristössä liennut alumiini vaikuttaa kasvien kasvuun pääasiassa seuraavilla tavoilla: Fosforiyhdisteet saostuvat alumiinifosfaattina (AlPO<sub>4</sub>), jolloin kasvit saavat niukasti fosforia. Kasvi ei siis saa riittävästi yhtä sen perusravinteista. Toisaalta alumiini-ionit vaikuttavat suoraan myrkyllisesti kasvien juuriin. Alumiini-ionit kulkeutuvat lopulta myös pohjaveteen ja tällaisen pohjaveden käyttö juomavetenä voi aiheuttaa terveyshaittoja. Aivojen korkealla alumiinipitoisuudella arvellaan olevan yhteys mm. vanhusten aivoperäisiin sairauksiin. Hapan laskeuma liuottaa maaperästä myös ravinteita, kuten kaliumia ja kalsiumia, jolloin kasvien kasvu voi aluksi kiihtyä. Kasvu kuitenkin hidastuu, kun ravinteiden huuhtoutuvat lopulta syvemmälle juurien ulottumattomiin. (<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/maahappamoituminen.html>)

Vesistön happamoitumisella tarkoitetaan sen puskurikapasiteetin vähenemistä ja sitä kautta veden pH-arvon alenemistä. Suomen järvien puskurointikyky happamoitumista vastaan on heikko. Monet järvistä ovat tosin luontaisesti happamia, mikä johtuu niiden korkeasta humuspitoisuudesta. Humus on orgaanista ainetta, joka värjää veden ruskeaksi ja alentaa sen pH:ta. Luonnonveden kyky vastustaa happamoitumista johtuu puskurimekanismeista samoin kuin maaperänkin. Näistä tärkeimmät ovat kalkkipuskurointi ja humuspuskurointi. Suomessa maaperän kalkkipitoisuus on pieni ja tämän takia tämän puskurimekanismin vaikutus on vähäinen. Humuspuskurointi onkin merkittävin happamuutta vähentävä tekijä Suomen vesistöissä. Kalkkipitoisessa vedessä puskurikykyyn saa aikaan vetykarbonaatti-ioni:



Tärkeimmät happamoitumisen kemialliset tunnusmerkit vesistössä ovat veden pH-arvon aleneminen, alkaliniteetin pieneneminen, sulfaatti- ja nitraattipitoisuuksien kasvu. Happamoitumisen vaikutukset ovat vesistöissä moninaiset. Hapan laskeuma huuhtoo maaperästä ja järvenpohjasta alumiinia ja muita myrkyllisiä metalleja. Kriittisenä raja-arvona pidetään pH-lukemaa 5,5. Tätä happamammassa järvisedessä on jo niin paljon alumiinia, että eliöstöt kärsivät. Veden pH:n laskiessa eliöt katoavat happamoitumisherkkyytensä mukaisessa järjestyksessä. Kaloista herkimpiä happamoitumiselle ovat lohi- ja särkikalat. Erityisen haitallista hapan vesi on kalojen lisääntymiselle. Aikuisilla kaloilla kidukset ärsyyntyvät siten, että niiden limantuotanto lisääntyy ja kalojen hapensaanti vaikeutuu. Saostuneet rauta- ja alumiiniyhdisteet voivat tukkia myös kalojen kiduksia kokonaan, jolloin kalat tukehtuvat. Kalojen määrän vähetessä vähenevät myös niitä syövät vesilinnut. Alumiinin lisäksi hapan laskeuma vapauttaa maaperästä kasvien ja levien tarvitsemia hivenaineita, kuten kobolttia. Tämän yhdistyessä rehevöitymiseen voi seurauksena olla vesistöjen hillitön leväkasvu. (<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/vesihappamoituminen.html>).

Laaja kansainvälinen yksimielisyys happosadeongelman vakavuudesta on johtanut myönteisiin konkreettisiin toimenpiteisiin. Esimerkiksi Helsingissä kesällä 1985 sovittiin valtioiden välisissä neuvotteluissa rikkipäästöjen huomattavasta vähentämisestä. Rikkipäästöjen rajoitukset eivät kuitenkaan yksin riitä takaamaan haitallisen happamoitumiskehityksen pysähtymistä, sillä typen oksidit aiheuttavat 30-40 % happamoittavista yhdisteistä. Yksittäisistä typpikuormittajista tärkein on autoliikenne. Typpipäästöjen vähentämiseen on sitoutunut 12 maata, näiden mukana Suomi. (Aulio 1990)

#### 4 OPPILAIDEN ENNAKKOTIEDOT JA VIRHEKÄSITYKSET

Nykyisin laajasti hyväksytyn oppimiskäsityksen mukaan oppijan aikaisemmat tiedot ja käsitykset säätelevät ratkaisevalla tavalla uuden tiedon oppimista. Oppilaan ennakkotietojen merkitys korostuu erityisesti luonnontieteiden oppimisessa, sillä ne ovat kokeellisia tieteitä, joiden lähtökohtana ja kriittisenä pohjana on luonnonilmiöt ja niistä tehtävät havainnot (ks. mm. Ahtee 1992). Useiden tutkimusten (esim. Posner ym. 1982, Driver & Erickson 1983, Driver ym. 1985, Osborne & Freyberg 1985). mukaan oppilaille onkin muodostunut varsin pysyviä käsityksiä monista luonnonilmiöistä sekä muista ympäristöön liittyvistä ilmiöistä ennen varsinaista kouluopetusta.

Oppilaan aikaisempien tietojen, ennakkokäsitysten, merkitykseen oppimistapahtumassa on erityistä huomiota kiinnittänyt konstruktivistisessa tutkimustraditiossa vaikuttanut käsitteellisen muutoksen tutkimus. Käsitteellisen muutoksen teorit (esim. Carey 1985, Carey 1991, Chi & Slotta 1993, diSessa 1993, Vosniadou 1994, Vosniadou & Ioannides 1998) kuvaavat oppimista käsitteellisen muutoksen prosessina eli uuden tiedon aikaansaamana käsitteellisenä uudelleen organisoitumisena, aikaisempien oletusten ja uskomusten korjaamisena sekä uuden käsitteellisen ymmärryksen muodostumisena (Posner ym. 1982).

Käsitystutkimuksissa ns. virheellistä tietoa on kuvattu termeillä virhekäsitys, ennakkokäsitys, oppilaan ennakkokäsitys, vaihtoehtoinen käsitys ja vaihtoehtoinen viitekehys, joita on kirjallisuudessa käytetty lähes samassa merkityksessä. Käsitteellisen muutoksen eri teorit selittävät virhekäsitysten muodostumisen mekanismit hieman eri tavoin. Tiedon eri tasojen mallin (Vosniadou 1994, Vosniadou & Ioannides 1998) mukaan oppija pyrkii uutta tietoa käsitellessään yhdistämään intuitiivisesti muodostuneen naiivin kehysteorian sekä uuden tieteellisen tiedon irralliset aspektit toisiinsa. Näin muodostuu ns. syntenteettinen mentaalinen malli. Tässä prosessissa muodostuu helposti virhekäsityksiä, sillä naiivin käsityksen muuttaminen tieteelliseksi käsitykseksi edellyttää käsitteellistä muutosta. Ontologisten kategorioiden teorian (Chi ym. 1994, Ferrari & Chi 1998) mukaan virhe- ja väärinkäsityksiä oppimistilanteessa syntyy silloin kun oppija joutuu uuden tiedon vaikutuksesta

muuttamaan tietyn objektin ontologista kategoriaa muuksi kuin on aikaisemmin luullut tai oletanut (ontologiset pääkategoriat ovat aine, prosessit ja mielentilat). Käsitteellinen muutos tarkoittaa tämän ajattelutavan mukaan sitä, että yhteen kategoriaan kuuluvaa objektia aletaan tarkastelemaan toisen kategorian lähtökohdista käsin. Edellä mainituissa käsitteellisen muutoksen teorioissa oppijan ennakkotiedot muodostavat koherentin teorian. diSessa (1993, 1998) esittämän irrallisten tietojen teorian mukaan ennakkotiedon muodostavat pikemminkin irrallisten käsitteiden tai ideoiden joukon. Tämän teorian mukaan oppimisen ongelmia syntyy tilanteissa, joissa irrallisista osista koottava tietämys ei riitä ilmiön tai käsitteen ymmärtämiseksi.

Edellä mainittujen teorioiden valossa oppilaiden virhekäsitykset voivat muodostua arkipäivän kokemusten ja kielenkäytön pohjalta (esim. aurinko nousee ja laskee). Esimerkiksi Wanderseen ym. (1994) mukaan (virhe)käsitykset useista fysikaalisista ilmiöistä (esim. voima, energia ja liike) muodostuvat kokemusperäisesti. Samoin käsitykset useista biologisista ilmiöistä, kuten kasvien ravinnon hankinnasta, hengitystapahtumasta sekä elollisuudesta ja elottomuudesta ovat usein kokemusperäisiä (ks. Mintzes ym. 1997). Useissa tutkimuksissa (mm. Lawson 1988, Hills 1989) on kuitenkin havaittu, että oppilailla on myös sellaisia virhekäsityksiä, jotka eivät todennäköisesti perustu oppijan yksilöllisiin kokemuksiin tai havaintoihin, vaan ovat pikemminkin muodostuneet autoritäärisen tiedon pohjalta. Yan Yip'in (1998) mukaan virhekäsitykset voivat muodostua oppitunneilla joko oppilaan puutteellisen ymmärryksen tai väärinkäsityksen tahi opettajan epätäsmällisen tai virheellisen opetuksen seurauksena. Nyky-yhteiskunnassa myös medialla on ilmeinen merkitys tiedon välittäjänä (ks. mm. Adler 1992, Smyth 1995), ja siten (virhe)käsitysten lähteenä myös luonnontieteissä. Autoritäärisen tiedon pohjalta muodostuneet virhekäsitykset koskevat yleensä abstrakteja ja monimutkaisia ilmiöitä kuten solunjakautumista, ihmisen verenkiertoa tai ympäristöongelmia.

Munson (1994) on kirjallisuuden perusteella tiivistänyt oppilaiden ennako/ virhekäsityksiin liittyvät ominaisuudet seuraavasti:

1. Ennakkokäsitykset voivat olla osa yksilön muodostamaa koherenttia käsitteellistä teoriaa/ viitekehystä (Driver ym. 1985, Osborne & Freyberg 1985)
2. Yksilö muodostaa ennakkokäsityksiä omiin kokemuksiinsa ja verbaaliseen kulttuuriympäristöönsä perustuen (Driver & Erickson 1983, Carey 1985).
3. Ennakkokäsitykset ovat pysyvä osa yksilön käsitteellistä viitekehystä/teoriaa. Oppijan käsitteellinen ymmärrys muuttuu vain harvoin perinteisen opetuksen seurauksen (Posner ym. 1982, Driver & Erickson 1983, Driver ym. 1985, Osborne & Freyberg 1985).
4. Ennakkokäsitykset ovat yksilölle hyödyllisiä (Posner ym. 1982).
5. Ennakkokäsitykset ovat uskottavia, koska ne vaikuttavat arkipäivän kokemuspiirissä järkeviltä (Posner ym. 1982)
6. Tyypillisimmät ennakkokäsitykset ovat kulttuurisidonnaisia ja esiintyvät kaikissa ikäryhmissä (Driver ym. 1985, Osborne & Freyberg 1985).

#### **4.1 Oppilaiden virhekäsitykset ympäristöongelmista**

Varsin suurella osalla oppilaista on selkeitä puutteita tai virhekäsityksiä keskeisistä ekologian ilmiöistä ja prosesseista (ks. esim. Barras 1984, Osborne & Freyberg 1985, Marek 1986, Tamir 1989, Munson 1994). Samoin oppilaiden käsitykset globaaleista ympäristöongelmista ovat usein varsin puutteellisia tai perustuvat virheellisiin käsityksiin.

Edward Boyes ja Martin Stanisstreet (1992, 1993, 1994, 1997a, 1997b) ovat tutkimuksissaan selvittäneet eri ikäisten oppilaiden ja opiskelijoiden käsityksiä mm. otsonikadosta, ilmastonlämpenemisestä, happamoitumisesta sekä autojen aiheuttamasta saastumisesta. Yhteenvetona heidän tutkimuksistaan voidaan sanoa, että suuri osa oppilaista on ymmärtänyt väärin ympäristöongelmien syy-seurausmekanismit tai heidän tietonsa ovat puutteelliset. Esimerkiksi ilmakehän eri ilmiöt ja niiden mekanismit sekä

ilmakehään liittyvät ympäristöongelmat sekoitetaan helposti keskenään. Eräs yleinen virhekäsitys on, että otsonikato aiheuttaa ilmastonlämpenemistä, mikä puolestaan voi aiheuttaa ihosyöpää. Oppilaiden mielestä ilmakehän lämpötila nousee, koska otsoniaukoista pääsee tavallista enemmän auringon säteitä ilmakehään. Toisen yleisen virhekäsityksen mukaan kylmää ilmaa poistuu napa-alueiden otsoniaukoista jolloin maapallolle jää lämpimämpi ilmakehä. Myös autojen kuumat pakokaasut mainitaan ilmastonlämpenemisen aiheuttajaksi. Leeson ym. (1996) ovat havainneet, että oppilaat pitävät autojen pakokaasuja myös otsonikadon suurimpana aiheuttajana. Autojen pakokaasut yhdistetään myös happosateen ja happaman laskeuman muodostumiseen, mutta myös tämän ilmiön ymmärtämiseen liittyy useita virheellisiä käsityksiä ja suoranaista tiedon puutetta. Esimerkiksi lähes puolet englantilaisista 14-15 vuotiaista oppilaista yhdistää autojen pakokaasut ja happaman laskeuman toisiinsa, mutta vain pieni osa heistä (13 %) tiesi, että autojen pakokaasut sisältävät typen oksideja, jotka aiheuttavan happamoitumisen (Boyes & Stanisstreet 1997b). Havaintoja globaalien ympäristöongelmien sekoittamisesta ja oppilaiden puutteellisista tiedoista ovat tehneet myös mm. Phillips (1991), Francis ym. (1993), Arons ym. (1994) Groves & Pugh (1996a, 1996b)

Gomez-Granell & Cervera-March (1993) ovat tutkimuksessaan havainneet, että jopa yliopisto-opiskelijoiden tietous ympäristöongelmista on pintapuolista eivätkä he ymmärrä syy-seuraus suhteita. Myös useat muut tutkimukset (Arons ym. 1994, Groves & Pugh 1996a, 1996b, Dove 1996) ovat todentaneet opettaja-opiskelijoiden virhekäsityksiä ympäristöongelmista. Suomalaisista tutkijoista Ojala (1997) on väitöskirjassaan todennut, että opettajaksi opiskelevilla on puutteita ja virheitä planetaarisia ilmiöitä koskevissa tiedoissaan. Opettajaksi opiskelevien virhekäsitykset ovat erityisen huolestuttavia, sillä on todennäköistä että heidän virhekäsityksensä heijastuvat luonnontieteiden opetuksessa ja siten saattavat välittyä heidän oppilailleen.



## 5 YMPÄRISTÖONGELMAT PERUSOPETUKSESSA

Ympäristöongelmat kuuluvat suomalaisessa opetuksessa perinteisesti osaksi luonnontieteiden opetusta. Perusopetuksessa luonnontieteitä opiskellaan toisaalta yhtenä oppiaineena, ympäristö- ja luonnontietona vuosiluokilla 1-6, ja erillisinä oppiaineina vuosiluokilla 7-9 (biologia, maantieto, fysiikka, kemia). Varsinaisten oppiaineiden lisäksi perusopetukseen sisältyy myös opetusta jäsentäviä aihekokonaisuuksia, joita on mm. ympäristökasvatus. Perusopetuksen tavoitteet esitetään Peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa (POPS 1994).

Ympäristö- ja luonnontiedon opinnoissa vuosiluokilla 1-6 luodaan perusta mm. ihmistoiminnan maapallolle aiheuttamien vaikutusten arvioimiselle tarkastelemalla luontoa ja ihmistä sekä näiden välisiä vuorovaikutussuhteita. Opiskelun lähtökohtana on oppilaan omat elämykset, kokemukset ja havainnot sekä oppilaan oma lähiympäristö. Näin ollen opetussuunnitelman perusteiden mukaan oppilaat eivät tutustu globaaleihin ympäristöongelmiin ympäristö- ja luonnontiedon opinnoissaan.

Ihmistoiminnan ympäristövaikutusten tarkastelua jatketaan opetussuunnitelman perusteiden mukaan biologian ja maantiedon opinnoissa. Tavoitteena on mm. teknologisen, taloudellisen ja kulttuurisen kehityksen aiheuttamien muutosten tarkastelu sekä ympäristömuutosten syiden ja seurausten arvioiminen. Erityisesti maantiedon rooli luonnontieteellisen ja yhteiskuntatieteellisen ajattelun yhdistäjänä on nostanut opetuksen keskeiseksi tavoitteeksi monipuolisen ympäristökysymysten ratkaisupyrkimysten tarkastelun. Opinnoissa tarkastelukulmaa laajennetaan paikalliselta tasolta globaalille tasolle.

Myös kemian opinnoissa on ympäristöön liittyvien kysymysten ja ongelmien ratkaisemiseen liittyviä tavoitteita. Opetussuunnitelman perusteissa mainitaan mm. että oppilas pystyy arvioimaan ihmisen toiminnan ympäristövaikutuksia ja kykenee keskustelemaan luontoon, ympäristöön ja teknologiaan liittyvistä kysymyksistä. Fysiikan opiskelun yleisellä tavoitetasolla mainitaan tavoitteena mm. se, että oppilas osaa soveltaa

fysikaalista tietoa luontoa ja ympäristöä koskevissa kysymyksissä, ongelmien ratkaisemisessa sekä päätöksenteossa.

Tiedollisten tavoitteiden lisäksi perusopetuksessa korostuvat myös taidolliset tavoitteet sekä arvojen ja asenteiden merkitys oppimisprosessissa ja maailmankuvan muodostumisessa. Affektioita ja niiden roolia painotetaan erityisesti ympäristökasvatuksessa (POPS 1994). Myös perusopetuksen päättöarvioinnin kriteereissä (Opetushallitus 1999) luonnontieteelliseen sivistykseen sisällytetään kognitioiden lisäksi myös taidot sekä arvot ja asenteet.

Perusopetuksen sisältöjä ohjaavissa dokumenteissa (POPS 1994, Opetushallitus 1999) viitataan laajasti ihmisen aiheuttamien ympäristövaikutusten tutkimiseen, mutta eksplisiittistä mainintaa globaaleiden ympäristöongelmien sisällyttämisestä oppisisältöihin ei ole. Peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa opetuksen tavoitteet esitetään varsin yleisluotoisella tasolla, ja näin ollen kouluilla on varsin paljon mahdollisuuksia omiin ratkaisuihin opetuksen toteutuksessa. Eri kouluissa luonnontieteiden opetus voikin saada hyvinkin erilaisia painotuksia: joissain kouluissa voidaan esim. ympäristöongelmia käsitellä laajasti ja kattavasti, toisissa aihekokonaisuus jää vähemmälle huomiolle. Opetuksessa käytettävien oppikirjojen sisällöllinen analyysi on eräs keino saada lisävalaistusta luonnontieteiden opetuksen sisällöstä ja painotuksista, sillä mm. Atjosen (1993, 116) referoimien tutkimusten (Koskenniemi & Komulainen 1983, Kari 1988) mukaan oppimateriaali on ohjannut opetusta enemmän kuin kirjoitettu opetussuunnitelma.

## 6 TUTKIMUSTEHTÄVÄT JA TUTKIMUSONGELMAT

Ympäristöongelmien ja - ilmiöiden syvällinen ymmärtäminen on yhä keskeisemmässä roolissa yhteiskunnallisessa päätöksenteossa. Tämän vuoksi oppilaille tulisi perusopetuksen aikana muodostua totuudenmukainen ja tieteelliseen näkemykseen pohjautuva käsitys ympäristöasioista. Lisäksi oppilaiden tulee luottaa omiin tietoihinsa ja toimintamahdollisuuksiinsa, sillä ne osaltaan muokkaavat myös hänen asenteitaan ja käyttäytymistottumuksiaan (Ajzen & Fishbein 1980, Ajzen 1988). Ympäristöongelmat ovat luonteeltaan kompleksisia, monitieteisiä ja abstrakteja. Tämän vuoksi tieteellisen käsityksen muodostuminen näistä ilmiöistä on usein vaikeaa, etenkin silloin kun oppilaat ovat nuoria ja heidän kognitiiviset kykynsä ovat osin vielä puutteellisia. Näin ollen on yleistä, että oppilaiden käsitykset ympäristöongelmista ovat jossain määrin puutteellisia tai virheellisiä (ks. mm. Phillips 1991, Boyes ym. 1993, Boyes & Stanisstreet 1993, 1997, Arons ym. 1994, Groves & Pugh 1996a, 1996b). Konstruktivistisen oppimisenäkemyksen ja käsitteellisen muutoksen tutkimustradition mukaan oppilaan ennakkotiedot ja -käsitykset opiskeltavasta aiheesta sekä niiden huomioiminen oppimistilanteessa ovat oppimisprosessin kannalta keskeisiä. Tämän vuoksi oppilaiden ympäristöongelmiin liittyvien tietojen ja käsitysten tutkiminen muodostaa pohjan ympäristöasioiden, luonnontieteiden ja ympäristökasvatuksen opetuksen kehittämiseksi.

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden mukaan perusopetuksen 1-6 vuosiluokan ympäristöopetuksessa tietopainotteinen opetus globaaleista ympäristöongelmista on varsin vähäistä. Kouluilla on kuitenkin varsin paljon mahdollisuuksia omiin opetussisällöllisiin painotuksiinsa. Ympäristö- ja luonnontieteiden opetukseen tarkoitettujen oppikirjojen analysointi antaakin lisätietoa globaalien ympäristöongelmien opetuksen ajoittamisesta ja sisällöllisestä käsittelytavasta, sillä suomalaisessa perusopetuksessa opetuksen sisältöjä ja etenemistä ohjaa useiden tutkimusten mukaan pikemminkin oppimateriaalit kuin opetussuunnitelma (Kari 1988, Koskenniemi & Komulainen 1983 Mirkkilä-Erdmanin ym. 1999 mukaan, ks. myös Laurén 1993). Tutkimuksen kohteena olevien ilmiöiden kuuluminen oppikirjoissa käsiteltäviin sisältöihin ja oppikirjojen määrällinen ja laadullinen tapa käsitellä

näitä ilmiöitä voivat osaltaan tarjota selityksiä oppilaiden tiedontasolle ja mahdollisesti havaittaville virhekäsityksille. Lisäksi se, millaista tietoa (teoreettista opiskelua vaativaa, arkitietouteen perustuvaa) tehtävillä mitataan, voi osaltaan vaikuttaa havaittuihin tutkimustuloksiin.

Tässä työssä tarkastelun kohteena ovat maailmanlaajuisesti tai skandinaavisesti merkittävät ympäristöongelmat. Näihin luetaan yleisesti kuuluvaksi ilmastonmuutos, otsonikato sekä happamoituminen. Tässä työssä edellä mainittuihin ilmiöihin viitataan käyttämällä kattoterminä globaalit ympäristöongelmat.

Tässä tutkimuksessa etsitään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

*1 Millaiset tiedot 13 -vuotiailla oppilailla on globaaleista ympäristöongelmista?*

*1.2 Onko 13 -vuotiailla oppilailla virheellisiä käsityksiä globaaleista ympäristöongelmista?*

Oppilaiden tiedon tasolle ja mahdollisesti esiintyville virheellisille käsityksille pyritään etsimään selityksiä hakemalla vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

*2. Kuuluvatko globaalit ympäristöongelmat perusopetuksen 1-7 vuosiluokkien oppisisältöihin?*

*2.2 Miten oppimateriaaleissa ympäristöongelmia käsitellään?*

*3. Millaista tietoa tehtävillä mitattiin?*

*3.1 Onko oppilailla edellytykset kouluopetuksen perusteella vastata tehtäviin?*

## 7 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

### 7.1 Miten tutkimusaineisto on hankittu?

Tämä oppilaiden tietoja ympäristöongelmista käsittelevä tutkimus perustuu pitkälti Suomessa keväällä 1999 toteutetun TIMSS 1999- tutkimuksen (Kolmas kansainvälinen matematiikka ja luonnontiede tutkimuksen uusintavaihe) aineistoon. IEA:n (The International Association for the Evaluation of Educational Achievement) koordinoiman tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää matematiikan ja luonnontieteiden osaamisen tasoa sekä oppimistuloksiin vaikuttavia seikkoja erilaisissa koulutusjärjestelmissä. Tähän tutkimukseen osallistui Suomen lisäksi 37 maata eri puolilta maapalloa ja erilaisista koulukulttuureista (ks. esim. <http://www.jyu.fi/ktl/tutkimus/kollaa/timss.htm>).

TIMSS 1999 –tutkimuksessa käytetty arviointikehys pohjaa kolmitasoiseen opetussuunnitelmaan: Mitä yhteiskunta odottaa opetettavan (tarkoitettu opetussuunnitelma, esim. opetussuunnitelman perusteet), Mitä koulussa todellisuudessa opetetaan (toimeenpantu opetussuunnitelma) ja Mitä oppilaat oppivat (toteutunut opetussuunnitelma) (Robitaille & Garden 1996, ks. Kupari ym. 2001). Lisäksi luonnontieteiden opetussuunnitelmien ja osaamisen analysoinnissa ja kuvaamisessa käytettiin kolmiulotteista kuvausmatriisia (Robitaille. 1993). Nämä kolme opetusta ja opetussuunnitelmaa jäsentävää tekijää olivat *sisältöalueet*, *suoritusodotukset* ja *näkökulmat* (Liite 1). Luonnontieteen sisältöalueet TIMSS 1999- tutkimuksessa olivat biologia, maantieto, fysiikka, kemia, ympäristö- ja luonnonvarakysymykset sekä luonnontieteellisen tiedonhankinnan menetelmät. Suoritusodotusten avulla puolestaan kuvataan niitä toimintoja, joita oppilaalta edellytetään oppimistehtäviä käsiteltäessä (ks. tarkemmin luku 7.2). Näkökulmien tarkastelun avulla pyritään kuvaamaan oppilaiden asenteita, kiinnostusta ja harrastuneisuutta luonnontieteiden opiskelua kohtaan. (Kupari ym. 2001)

TIMSS 1999- tutkimuksen perusjoukoksi oli määritelty ”Kaikki ylemmän luokka-asteen oppilaat niiltä kahdelta peräkkäiseltä luokka-asteelta, joilla suurin osa 13- vuotiaista oppilaista opiskelee tiedonkeruu hetkellä” (Foy & Joncas 2000). Näin ollen Suomessa perusjoukon muodosti peruskoulun 7. luokan oppilaat. Perusjoukon ulkopuolelle Suomessa rajattiin Ahvenanmaan koulut, erityiskoulut, vieraskieliset koulut, Steiner-koulut sekä hyvin pienet koulut. Otanta tapahtui kaksivaiheisena ryväsotantana, jossa oppilasotoksen otantayksikkönä käytettiin matematiikan opetusryhmää. Otokseen poimittiin aluksi systemaattista PPS- otantamenetelmää käyttäen 160 yläasteen koulua. Tämän jälkeen kunkin koulun kaikista 7-luokan matematiikan opetusryhmistä valittiin satunnaisesti yksi opetusryhmä. Suomessa otanta onnistui erinomaisesti: koulujen osallistumisaste tutkimuksessa oli 97 % ja oppilaiden osallistumisaste 93 %. Kansainväliseen tutkimukseen osallistui 2920 suomalaisoppilasta sekä 759 opettajaa 159 suomen- että ruotsinkielisistä koulusta. Tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden tulokset on painotettu ITR-mallin (Item Response Theory) mukaisesti siten, että ne edustavat kaikkia noin 64400 peruskoulun 7.-luokkalaisten oppilaiden osaamista matematiikassa ja luonnontieteissä (ks. Kupari ym. 2001). Lisätietoa TIMSS 1999 tutkimuksen suunnittelusta, toteutuksesta ja tuloksista löytyy Kuparin ym. (2001) tutkimusraportista.

TIMSS 1999-tutkimuksessa oppilaiden luonnontieteellistä osaamista mitattiin 143 tehtävällä. Tehtävät jakaantuivat luonnontieteiden osa-alueisiin seuraavasti: biologia (39 kysymystä), maantieto (22 ), fysiikka (39), kemia (19), luonnonvara- ja ympäristökysymykset (12) ja luonnontieteellisen tiedon hankinnan menetelmät (12). Luonnontieteiden tehtävistä 27 % oli ns. avoimia kysymyksiä, joiden tarkoituksena on mitata oppilaiden luonnontieteellistä ajattelutapaa ja päättelyprosessia. Avointen tehtävien koodaamiseen käytettiin diagnostista koodausta (ks. luku 7.4).

Varsinaisten luonnontieteellistä osaamista mittaavien koeviikkojen lisäksi oppilaat vastasivat oppilaskyselyyn, jossa käsiteltiin mm. oppilaiden kotitaustaa, koulun ulkopuolisia harrastuksia, asennoitumista luonnontieteisiin ja matematiikkaan sekä luokkahuoneen toimintoja oppilaan näkökulmasta. Tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden luonnontieteiden opettajille

suunnatussa opettajakyselyssä selvitettiin mm. opetuksen painopisteitä, opetuskäytänteitä, oppikirjojen käyttöä sekä opettajien näkemyksiä luonnontieteistä.

## 7.2 Millaisia tietoja oppilailta kysyttiin?

TIMMS 1999- tutkimuksen 143 luonnontieteen tehtävästä 12 käsitteli ympäristö- ja luonnonvarakysymyksiä. Tähän tutkimukseen näistä valittiin 5 tehtävää, jotka käsittelivät globaaleja tai Skandinaavisesti merkittäviä ympäristöongelmia. Tutkimukseen valituissa tehtävissä oppilailta kysyttiin otsonikadon haitallisia vaikutuksia (avoin tehtävä), ilmakehän lisääntyneen hiilidioksidimäärän todennäköistä seurausta (monivalintatehtävä), ilmastonlämpenemisen todennäköistä seurausta (monivalintatehtävä) sekä happosateiden syytä (monivalintatehtävä) ja muodostumisprosessia (avoin tehtävä). IEA on luokitellut kyseiset TIMSS 1999- tutkimuksen tehtävät salaisiksi, jotta niitä voidaan käyttää ns. ankkuri- ja siltaosioina tulevissa luonnontiedetutkimuksissa. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa tarkasteltujen tehtävien täsmälliset esitysmuodot on esitetty vain liitteessä 2.

TIMSS 1999-tutkimuksessa tehtävien analysoinnissa käytettiin arviointikehykseen sisältyviä suoritusodotuksia. Suoritusodotusten avulla kuvataan niitä toimintoja, joita oppilaalta edellytetään oppimistehtäviä käsiteltäessä. Luonnontieteiden suoritusodotusten pääluokat olivat *ymmärtäminen, teoretisointi, analysointi ja ongelmanratkaisu, perusmenetelmien käyttö, luonnontutkimus ja viestintä*. Nämä suoritusodotusten pääluokat jakaantuvat edelleen alaluokkiin, joita hyödynnetään tässä tutkimuksessa. Huomionarvoista on, että suoritusodotusten luokat eivät ole hierarkkisia. TIMSS 1999- tutkimuksen arviointikehyks on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1.

Tutkimukseen valittuja tehtäviä tarkasteltiin myös luonnontieteelliseltä kannalta. Tarkastelussa selvitettiin kuinka hyvin tehtävä mittaa kysyttyä luonnontieteellistä ilmiötä ja millaista luonnontieteellistä osaamista tehtävään vastaaminen oppilaalta vaatii. Tämän tarkastelun tavoitteena oli selvittää voiko

oppilas vastata tehtävään oikein ymmärtämättä luonnontieteellistä ilmiötä. Samoin luonnontieteellisen ilmiön ja tehtävässä vaaditun tiedon yhteyttä oppilaan kokemukseen arvioitiin. Tässä tarkastelussa hyödynnettiin osittain viimeisimmässä Suomessa toteutetussa IEA -tutkimuksen (SISS, Second International Science Study) raportoinnissa käytettyä luokittelua. Tarkastelussa sisällön yhteys oppilaan kokemuspiiriin jaettiin kolmeen luokkaan: arkikokemukseen vetoava, yleistietoon perustuva ja teoreettista opiskelua vaativa (ks. Rikkinen 1987). Tehtävien tarkasteluun on liitetty myös niiden heijastaman tiedonkäsityksen arviointi, jota tarkastellaan suhteessa toisaalta opetussuunnitelman ja toisaalta oppimateriaaleista välittyvään tiedonkäsitykseen.

### **7.3 Onko oppilaille riittävät edellytykset vastata tehtäviin ?**

TIMSS 1999- tutkimuksesta haluttiin luoda mahdollisimman tasapuolinen kaikille osallistuville maille. Näin ollen erityistä huomiota on kiinnitetty mm. perusjoukon määrityksen, otannan ja tutkimuksen toteutuksen lisäksi myös tehtävistön laadintaan. Tehtävät pyrittiin kehittämään kaikkien maiden yhteistyönä ja kohdentamaan ne osallistujamaiden olennaisiksi katsomille sisältöalueille. Näiden sisältöjen opettamisajankohdat vaihtelevat kuitenkin maittain, ja kansallisia kompromisseja suhteessa opetussuunnitelmiin on jouduttu tekemään. Tehtävien yhteensopivuutta osallistujamaiden opetussuunnitelmiin selvitettiin ns. TCM-analyysin (Test-Curriculum Matching Analysis) avulla. Luonnontieteiden opetussuunnitelmiin perehtyneet asiantuntijat arvioivat luonnontieteiden tehtävien soveltuvuutta ja tarkoituksenmukaisuutta kyseisen maan opetussuunnitelmien kannalta seuraavaa kahta perustetta käyttäen:

*Sisältyikö tehtävä aiheensa puolesta valtaosalle (yli 50 %) tutkittavan luokka-asteen oppilaiden opetussuunnitelmaa?*



*Olivatko oppilaat käsitelleet tehtävän sisältöasioita testin suorittamisajankohtaan mennessä?*

Suomen osalta tämän analyysin tulokset on esitetty taulukossa 2 (ks. Kupari ym. 2001).

Taulukko 2 Opetussuunnitelma-analyysin (TCM- analyysin) kansalliset tulokset (Kupari ym. 2001).

<b>Luonnontieteiden sisällöt</b>	<b>Ei sopivia (%)</b>
Biologia	54
Maantieto	14
Fysiikka	69
Kemia	16
Ympäristö- ja luonnonvarakysymykset	58
Luonnontieteellisen tiedonhankinnan menet.	17
Kaikki sisällöt yhteensä	44

TCM- analyysin lisäksi luonnontieteiden opettajilta kysyttiin missä vaiheessa ja kuinka paljon kutakin luonnontieteiden sisältöaluetta on koulussa opetettu tutkimuksen kohderyhmän oppilaille. Tarkastelu käsitti perusopetuksen seitsemän ensimmäisen vuosiluokan oppisisällöt. Tämän tarkastelun tulokset esitetään ympäristö- ja luonnonvarakysymysten osalta luvussa 8.6.

Laajemman, ja samalla yksityiskohtaisemman, kuvan saamiseksi perusopetuksen 1- 7. luokkien oppisisällöistä, kahdesta yleisesti käytetystä ympäristö- ja luonnontiedon kirjasarjasta sekä samojen kustantajien biologian ja maantiedon oppikirjoista tehtiin oppikirja-analyysi. Tarkastelun kohteena oli 3-6 luokilla käytettävä Koulun ympäristötieto- sarja (Otava) sekä Luonnontutkija- sarja (WSOY). Lisäksi analysoitiin seitsemännellä luokalla käytettävät maantiedonkirjat Koulun maantieto (Otava) ja Värikäs Amerikka (WSOY). Samoin analysoitiin seitsemännelle luokalle tarkoitettu Otavan kustantama Koulun biologia (sisävedet) ja WSOY:n Eliöt ja elämä, biologian käsikirja, joka on suunnattu vuosiluokille 7-9. Jäljempänä kirjasarjoista

käytetään nimityksiä "sarja A" ja "sarja B", koska analyysin tarkoituksena ei ole arvioida oppimateriaaleja kustantajittain.

Oppikirja-analyysissä tarkasteltiin käsitelläänkö oppilaan tekstikirjassa tämän tutkimuksen sisältöalueita, ja antaako mahdollinen kirjojen käsittelytapa oppilaalle sellaiset tiedot, joiden pohjalta hän voisi TIMSS 1999 tutkimuksen tehtäviin vastata. Lisäksi tarkasteltiin laadullisesti oppikirjojen tapaa käsitellä tutkimuksen kohteena olevia sisältöalueita sekä niiden välittämää tiedonkäsitystä.

#### **7.4 Miten avointen tehtävien vastauksia on käsitelty?**

TIMSS 1999- tutkimuksessa oppilaiden osaamistulosten tarkastelun näkökulma ei rajoitu pelkästään osaamisen *määrän* tarkasteluun, vaan tärkeää on tietää myös *mitä* oppilaat osaavat. Avointen vastausten diagnostisen koodauksen (Agnell & Kobberstad 1993, Angell ym. 1994, Lie ym. 1996) avulla pyritään saamaan enemmän tietoa oppilaiden käsitteellisestä ajattelustaan sekä virhe/ennakkokäsitysten luonteesta laajassa survey-tyyppisessä tutkimuksessa.

Diagnostisen koodauksen peruslähtökohtana on, että koodit pohjautuvat autenttisille oppilaiden vastauksille, ja että kullekin kysymykselle luodaan yksilöllinen koodausohje. Diagnostisessa koodauksessa voidaan perinteisen oikein/ väärin tarkastelun lisäksi huomioida myös vastauksen oikeellisuuden aste, vastaukselle esitetty perustelu sekä tapa, jolla oppilas on lähestynyt ongelmaa. Taulukossa 3 on esimerkkinä eräs ympäristö- ja luonnonvarakysymysten avoimen tehtävän arvioinnissa käytetty luokittelu. Esimerkkitehtävä on luonteeltaan ns. lyhyt avoin tehtävä, jossa maksimi pistemäärä on 1 piste. Laajojen avointen tehtävien maksimi pistemäärä sen sijaan on kaksi pistettä, jolloin täysin oikeat vastaukset ovat kahden pisteen arvoisia ja osittain oikeat vastaukset puolestaan yhden pisteen arvoisia.

Taulukko 3 Esimerkki diagnostisen koodauksen käytöstä avointen vastausten luokittelussa.

**MAINITSE SYY, MIKSI NÄLÄNHÄTÄÄ (suurta ruokapulaa) ESIINTYY?**

**Oikea vastaus**

10= maatalouteen liittyvät tekijät

11= luonnonkatastrofit tai säähän liittyvät tekijät

12= viljelykasvin taudit, hyönteisten aiheuttamat tuhot tai muut tuholaiset

13= ylikansoittuminen tai liian suuri kulutus

14= sosiaaliset, taloudelliset tai poliittiset syyt

15= saastuminen tai likaantuminen

19= muu oikea vastaus

**Virheellinen vastaus**

70= vain ruuan puute tai tarve mainitaan

71= liian epämääräinen vastaus

79= muu virheellinen vastaus

99= ei vastausta

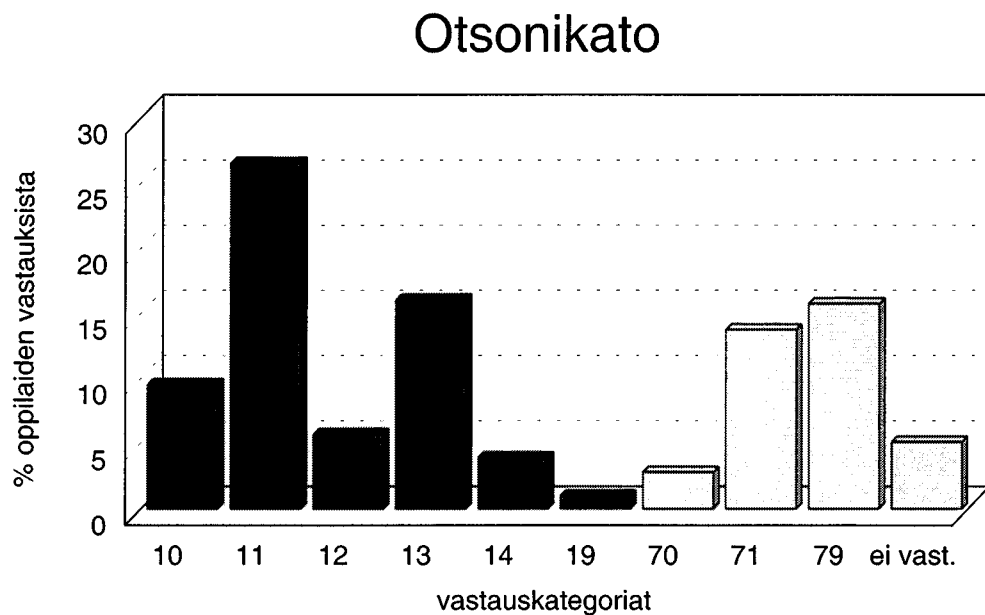
Koodin ensimmäinen numero luokittelee vastauksen sen oikeellisuuden perusteella (esim. täysin oikea vastaus, osittain oikea vastaus, virheellinen vastaus). Samalla se kertoo vastauksesta saadun pistemäärän. Esimerkiksi kaikki numerolla 1 koodatut vastaukset saavat yhden pisteen huolimatta siitä, mikä koodin toinen numero on. Koodin toista numeroa käytetään ryhmittelemään erilaiset oikeat tai virheelliset vastaukset omiin luokkiinsa. Esimerkiksi koodilla 14 voidaan luokitella nälänhädän syytä käsittelevän tehtävän vastauksista ne, joissa viitataan sosiaalisiin tai poliittisiin syihin, ja koodilla 15 puolestaan ne vastaukset, joissa nälänhädän syyksi mainitaan saastuminen tai likaantuminen. Luku 9 koodin toisena numerona viittaa sellaiseen oikeaan, osittain oikeaan tai virheelliseen vastaukseen, jota ei ole etukäteen luokiteltu (Kupari ym. 2001).

Käytännön koodaustyön TIMSS -R tutkimuksessa suoritti kahdeksan lähes valmista luonnontieteiden opettajaa, jotka koulutettiin koodaustehtävään ennen varsinaista aineiston käsittelyä (ks. Kupari ym. 1999).

## 8 TULOKSET

### 8.1 Otsonikato

Suuri osa (63 %) 7.- luokkalaisista oppilaista yhdisti ilmakehän otsonikerroksessa olevan aukon maapallolle tulevan säteilyn määrän lisääntymiseen ja/ tai mainitsivat jonkin tietyn haitallisen vaikutuksen, joka johtuu lisääntyneestä säteilystä (vastauskategoriat 10-19, ks. kuva 5 ja taulukko 4). Kaikkiaan 43 % oppilaista mainitsi vastauksessaan pelkän UV-säteilyn (27%) tai säteilyn (16%) lisääntymisen ilman erillistä mainintaa (UV-) säteilyn aiheuttamista haitallisista vaikutuksista (vastauskategoriat 11 ja 13). Sekä (UV-) säteilyn että siitä aiheutuvan haitallisen vaikutuksen mainitsi kaikkiaan 15 % oppilaista (vastauskategoriat 10 ja 12). Lisääntyneen säteilyn aiheuttamiin haitallisiin vaikutuksiin ilman mainintaa säteilystä viittasi 4 % oppilaista (koodi 14). Tehtävään jätti vastaamatta 5 % oppilaista. Oikein tehtävään vastanneiden tyttöjen osuus oli 60 % ja poikien osuus 66 %.



Kuva 5 Oppilaiden luokitellut vastaukset % ilmaistuna. Taulukossa 4 on esitetty vastauskategorioiden selitykset. (n=357)

Taulukko 4 Vastauskategoriat selityksineen otsoniaukon haitallisia vaikutuksia käsittelevälle tehtävälle.

Koodi	Vastaus
	<p><b>Oikea vastaus</b></p> <p>10= Viittaa tarkasti sekä UV-säteilyyn että erityisiin haitallisiin vaikutuksiin.</p> <p>11= Viittaa UV-säteilyyn mainitsematta haittavaikutuksia.</p> <p>12= Viittaa sekä (haitalliseen) säteilyyn että erityisiin haittavaikutuksiin (ei mainintaa UV:stä)</p> <p>13= Viittaa (haitalliseen) säteilyyn mainitsematta haittavaikutuksia (ei mainintaa UV:stä)</p> <p>14= Mainitsee vain, että ihmiset voivat saada auringonpolttamia/ihosyövän. Ei mainintaa säteilystä.</p> <p>19= Muu oikea vastaus</p> <p><b>Virheellinen vastaus</b></p> <p>70= Liittää otsonikerroksen kasvihuoneilmiöön tai lämmöltä suojautumiseen.</p> <p>71=Viittaa otsonikerrokseen ilmakehän rajana; pitää ilmakehän sisällä tai suojaa maata avaruudesta tulevilta aineilta (muilta kuin säteilyltä)</p> <p>79= Muu virheellinen vastaus</p>

Seuraavassa on esitetty esimerkkejä oppilaiden oikeiksi luokitelluista vastauksista vastauskategorioittain.

**KOODI 10:** Oppilas viittaa tarkasti sekä UV-säteilyyn että sen aiheuttamiin haitallisiin vaikutuksiin

*Aukoista pääsee haitallisia UVA ja UVB säteitä jotka aiheuttavat syöpää.*

*Otsonikadon aiheuttama aukko ilmakehässä aiheuttaa sen että meitä suojaava ilmakehä ei enää pidä UV-säteitä ja muita auringosta tulevia vaarallisia säteitä vaan päästävät ne lähes estoitta läpi. Ilmakehän päästäessä tämän ja muut säteet estoitta maapallo saattaa pitkällä tähtäimellä lämmentä liikaa.*

*Koska jos aukko suurenee auringon haitalliset UV:säteet pääsevät maahan. Tämä aiheuttaa ihmisille ihosyöpää. Siksi myös tämä aukko on haitallinen. Otsonikerrosta ei saisi tuhota.*

*Lämpötila laskee, jäävuoria sulaa → vedenpinta nousee → maata häviää.*

*Auringon haitalliset UV-säteilyt pääsevät aukosta helposti läpi ja happi vähenee.*

*Otsoni ei estä UV-säteilyn tulemista maapallolle joten ilmasto lämpenee ja napa-jäät sulaa ja ihmisillä palaa helpommin iho.*

**KOODI 11:** Oppilas viittaa UV-säteilyyn mainitsematta säteilyn haittavaikutuksia.

*Pääsee vaarallisia (auringon) UV-säteitä.*

*Tulee UV-säteitä ja ne ovat vaarallisia. Otsoni kerros suojaa meitä.*

*Otsonikerroksessa oleva aukko päästää UV-säteilyä maahan, joka voi sulattaa esim. pohjoisnavan jäätiköt.*

*Sieltä voi sataa haitallisia happosateita tai säteilyä.*

*Happi loppuu, UV-säteily*

**KOODI 12:** Oppilas viittaa sekä (haitalliseen) säteilyyn että säteilyn aiheuttamiin haittavaikutuksiin (ei kuitenkaan mainitse UV:ä).

*Aurinkon valosta voi tulla ihotauteja.*

*Siitä tulee auringonsäteitä, jotka aiheuttavat syöpää.*

*Siitä pääsee maaha suoraan auringon valo joka aiheuttaa syöpää.*

**KOODI 13:** Oppilas viittaa (haitalliseen) säteilyyn mainitsematta säteilyn aiheuttamia haittavaikutuksia (ei myöskään mainitse UV:ä).

*Siitä tulee vaarallisia säteilyjä.*

*Haitallinen säteily pääsee läpi ja tappaa kasveja joita ihminen tarvitsee.*

*Saa säteitä tai jotain*

**KOODI 14:** Oppilas mainitsee vain, että ihmiset voivat saada auringonpolttamia /ihosyövän, mutta ei mainitse säteilyä.

*Aurinko osuu silmiin voimakkaampana ja ihmiset saavat helpommin syövän.*

*Se aiheuttaa ihosyöpää.*

*Jos otsoni kerros pupkautuu ihmiset menettävät hapen, ja aurinko polttaa meidät, pakokaasut ja muut suihkeet heikentävät otsonikerrosta*

**KOODI 19:** Muu oikeaksi katsottava vastaus.

*Tulee liikaa auringon valoa maan päälle.*

Virheellisesti tai puutteellisesti otsonikatoa käsittelevään tehtävään vastasi 33 % oppilaista (vastauskategoriat 70-79). Suurin osa (14 %) vääristä vastauksista ilmensi käsitystä, jonka mukaan otsonikerros on ilmakehän rajapinta, joka pitää ilmakehän sisällään tai suojaa maata avaruudesta tulevilta aineilta (muilta kuin säteily). 3 % oppilaista liitti otsonikerroksen kasvihuoneilmiöön tai lämmöltä suojautumiseen. Hieman alle viidennes vastauksista on luokiteltu kategoriaan 'muu väärä' vastaus.

Seuraavassa on esitetty esimerkkejä oppilaiden vääriksi luokitelluista vastauksista vastauskategorioittain.

**KOODI 70:** Oppilas liittää otsonikerroksen kasvihuoneilmiöön tai lämmöltä suojautumiseen.

*Auringon valo pääsee liian kuumana maahan. Sitä sanotaan kasvihuoneilmiöksi.*

*Lämpötila voi nousta, napajäätiköillä se tarkoittaa sen ainakin osittaista sulamista mikä taas aiheuttaisi meren pinnan nousun.*

**KOODI 71:** Oppilas viittaa otsonikerrokseen ilmakehän rajana, joka pitää ilmakehän sisällään tai suojaa maata avaruudesta tulevilta aineilta (muilta kuin säteilyltä).

*Ihminen voi puhaltua siitä ulos tai siitä tulee saasteita.*

*Jos se suurenee, meiltä loppuu happi.*

*Sieltä tulee myrkyllisiä kaasuja tai aineita.*

*Voi tulla meteoriitteja maahan.*

**KOODI 79:** Muu vääräksi katsottava vastaus.

*Sen takia jos se imaisee maapallon sinne.*

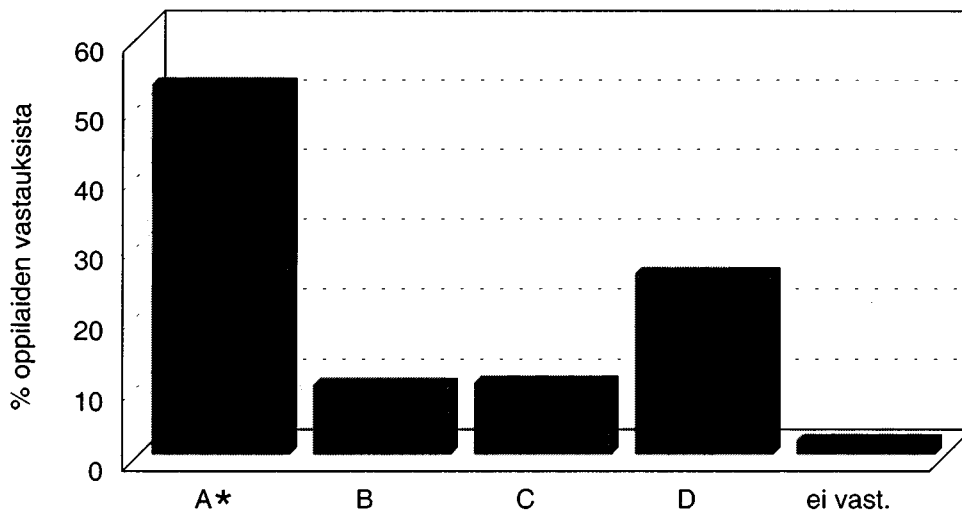
*Koska jos ihminen saa hengitettyä myrkyllistä ilmaa se kuolee tai ainakin saa myrkytyksen.*

*Koska se voi räjähtää.*



## 8.2 Ilmastonmuutos

Hieman yli puolet (53 %) oppilaista tiesi, että fossiilisten polttoaineiden polttamisesta aiheutuva ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousu johtaa ilmastonlämpenemiseen (kuva 6). Peräti 26 % oppilaista oli kuitenkin sitä mieltä, että ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousun seurauksena myös otsonin määrä lisääntyy. 10 % oppilaista piti ilmaston viilenemistä hiilidioksidipitoisuuden nousun seurauksena. Yhtä paljon sai kannatusta vaihtoehto, jossa ilmaston lämpenemisen seuraukseksi esitetään suhteellisen kosteuden alenemista. 2 % oppilaista jätti vastaamatta kysymykseen. Pojat valitsivat oikean vastausvaihtoehdon tyttöjä useammin (ratkaisuprosentit 59 ja 46).

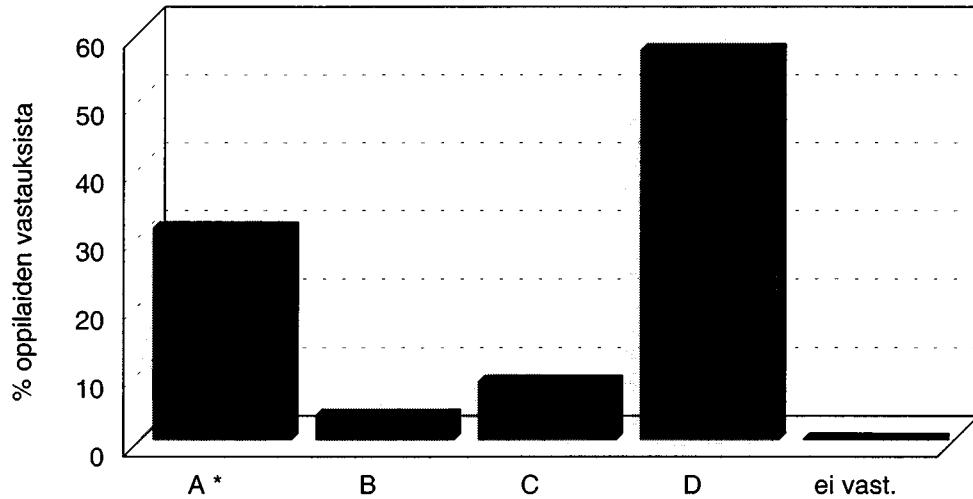


Kuva 6 Oppilaiden vastaukset ilmakehän lisääntyneen hiilidioksidimäärän seurauksia käsittelevälle tehtävälle. Vastausvaihtoehdot: A= Ilmastonlämpeneminen B= Ilmaston viileneminen C= Suhteellisen kosteuden aleneminen D= Otsonin määrän lisääntyminen ilmakehässä (n=1094). Oikea vastausvaihtoehto on merkitty asteriksilla.

Kolmannes (31 %) oppilaista vastasi, että ilmastonlämpenemisen on ennustettu johtavan meren pinnan nousuun (kuva 7). Suurin osa oppilaista (58 %) oli kuitenkin sitä mieltä, että ilmastonlämpeneminen johtaa otsonikerroksen ohenemiseen. Ilmastonlämpenemisen seurauksena piti suurempia tulivuorenpurkauksia 9 % oppilaista ja ankarampia maanjäristyksiä 4 %

oppilaista. Kaikki oppilaat vastasivat kysymykseen. Poikien ratkaisuprosentti oli 39 % ja tyttöjen 23 %.

## Ilmaston lämpeneminen

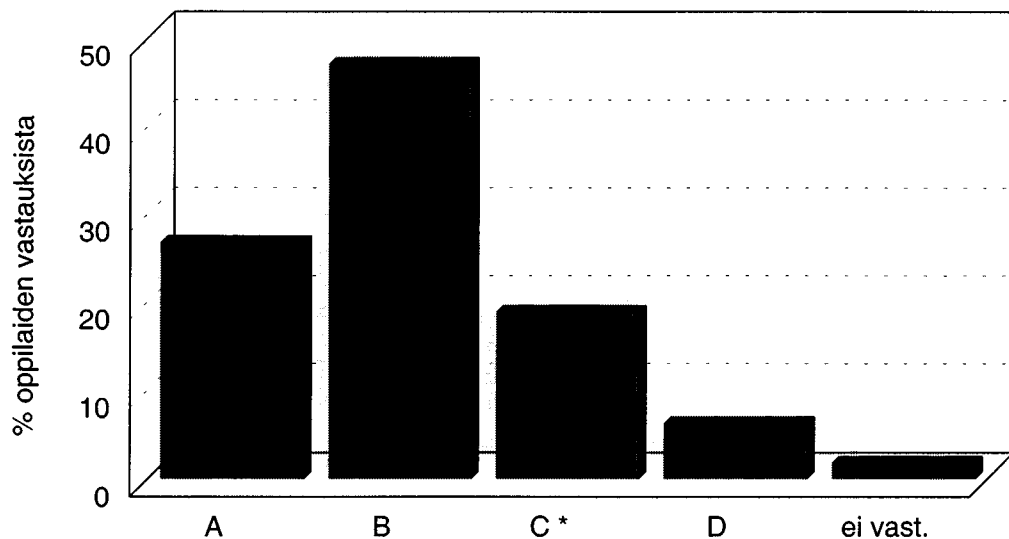


Kuva 7 Oppilaiden vastaukset maailmanlaajuisen lämpenemisen seurausta käsittelevälle tehtävälle. Vastausvaihtoehdot: A= Merenpinnan nousu B= Ankarat maanjäristykset C= Suuremmat tulivuoren purkaukset D= Otsonikerroksen oheneminen (n= 370). Oikea vastausvaihtoehto on merkitty asteriksilla.

### 8.3 Happosade

Enemmistö oppilaista piti happosateiden muodostumisen pääsyynä joko kemiantehtaiden päästöjä (47%) tai ydinvoimaloiden jätteitä (27 %) (kuva 8). Fossiilisten polttoaineiden palamiskaasut happosateiden muodostumiseen yhdisti vajaa viidennes (19 %) oppilaista. Vastaamatta jättäneiden oppilaiden osuus oli 2.%. Pojista oikein tehtävään vastasi 21 % ja tytöistä 16 %.

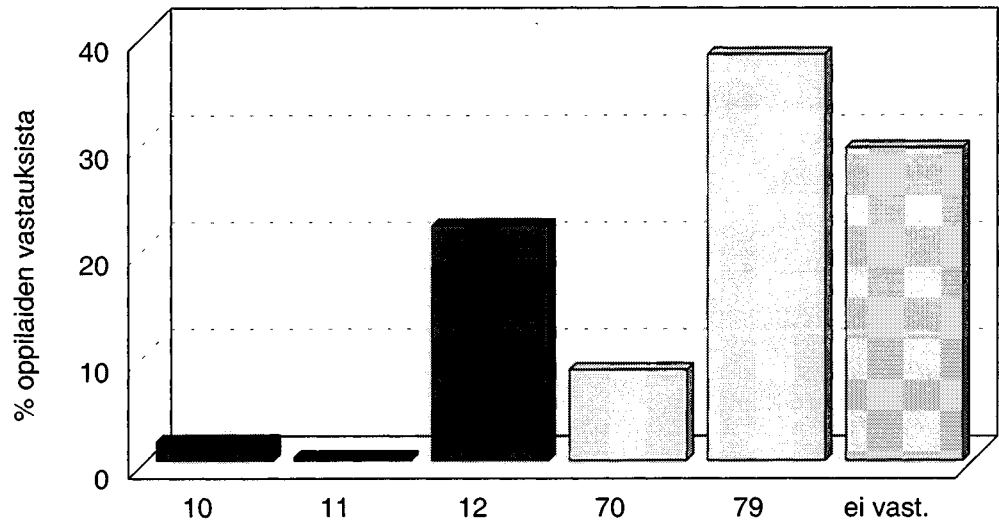
#### Happosateen syy



Kuva 8 Oppilaiden vastaukset happosateiden aiheuttajaa käsittelevälle tehtävälle. Vastausvaihtoehdot: A= Ydinvoimalan jätteet B= Kemiantehtaiden päästöt C= Fossiilisten polttoaineiden palamiskaasut D= Aerosolipakkausten ponnekaasut (n=367). Oikea vastausvaihtoehto on merkitty asteriksilla.

Kivihiilen palamisesta happosateen muodostumiseen johtavan prosessin osasi kuvata 24 % oppilaista (pojista 26 % ja tytöistä 22 %) (vastauskategoriat 10-12, kuva 9 ja taulukko 5). 22 % oppilaista ei kuitenkaan selvästi viitannut itse reaktioon, mutta mainitsi vastauksessaan rikkidioksidin liukenemisen tai sekoittumisen veteen. Kemialliseen reaktioon viittasi pari prosenttia oppilaista (vastauskategoriat 10 ja 11).

## Happosateen muodostuminen



Kuva 9 Oppilaiden luokitellut vastaukset % ilmaistuna. Taulukossa 5 on esitetty vastauskategorioiden selitykset (n=362).

Taulukko 4 Vastauskategoriat selityksineen happosateen muodostumisprosessia käsittelevälle tehtävälle.

Koodi	Vastaus
<b>Oikea vastaus</b>	
10=	Viittaa selkeästi rikkidioksidin ja veden (tai pilvien) (kemialliseen) reaktioon ilmakehässä, jossa muodostuu happoa (rikkihappoa/ hapoketta)
11=	Viittaa rikkidioksidin (kemialliseen) reaktioon ilmassa, ilmakehässä tms. (ei selvää viittausta veteen tai pilviin)
12=	Viittaa vain rikkidioksidin liukenemiseen tai sekoittumiseen veteen (tai pilviin) (ei selvää viittausta reaktioon)
19=	Muu oikea vastaus
<b>Virheellinen vastaus</b>	
70=	Viittaa vain haihtumiseen ja/tai rikkidioksidipilvien muodostumiseen (sekoittaa nämä veden kiertokulun eri vaiheiden kanssa)
79=	Muu virheellinen vastaus

Seuraavassa on esitetty esimerkkejä oppilaiden oikeaksi luokitelluista vastauksista vastauskategorioittain.

**KOODI 10:** Oppilas viittaa selkeästi rikkidioksidin ja veden (tai pilvien) (kemialliseen) reaktioon ilmakehässä, jossa muodostuu happoa (rikkihappoa/ hapoketta).

*Rikkidioksidi yhdistyy pilvien veteen jolloin vedestä tulee hapanta. Hapan vesi sataa happosateena.*

*Kaasu nousee pilviin ja imeytyy niihin. Sateessa rikki muuttuu hapoksi, joka veden mukana tippuu alas.*

*Kun rikkidioksidi yhtyy ilmassa vesi höyryyn se muuttuu pilviksi ja sataa alas.*

**KOODI 11:** Oppilas viittaa rikkidioksidin (kemialliseen) reaktioon ilmassa, ilmakehässä tms. mutta ei viittaa selkeästi veteen tai pilviin sekoittumiseen.

*Rikkidioksidi reagoi ilman kanssa ja aiheuttaa happosateen.*

**KOODI 12:** Oppilas viittaa vain rikkidioksidin liukenemiseen tai sekoittumiseen veteen (tai pilviin), mutta ei viittaa selvästi reaktioon.

*Rikkidioksidi sekoittuu sadeveteen josta syntyy happosadetta.*

*Rikkidioksidin vapauduttua ilmakehään se muodostaa sadeveden kanssa pilviä ja se hapattaa sadeveden ja sadevedestä tulee hapanta.*

*Ilmassa rikkidioksidi yhdistyy vesihöyryyn, joka tiivistyessään tulee alas vetenä. Näin syntyy sateita, jotka syövyttävät maaperää, tekevät vesistöt liian happamiksi kaloille ja kasveille.*

*Kun muodostunut rikkidioksidi nousee ilmakehään se "saastuttaa" pilviä, ja ne synnyttävät ns. happosateita (pilvet hapettuvat).*

Suuri osa oppilaista vastasi kysymykseen virheellisesti (47 %) tai jätti siihen vastaamatta (29 %). Happosateen muodostumisen veden kiertokulkuun sekoitti 9 % oppilaista (vastauskategoria 70). 38% vastauksista luokiteltiin vastauskategoriaan 'muu väärä vastaus'.

Seuraavassa on esitetty esimerkkejä oppilaiden vääräksi luokitelluista vastauksista.

**KOODI 70:** Oppilas viittaa vain haihtumiseen ja/tai rikkidioksidipilvien muodostumiseen sekoittaen nämä veden kiertokulun eri vaiheiden kanssa.

*Rikkidioksidi haihtuu taivaaseen joka johtaa happosateeseen.*

*Rikkidioksidikaasut tiivistyvät kuten vesi ja satavat alas tuhoten metsää ja muuta luontoa.*

**KOODI 79:** Muu vääräksi katsottava vastaus.

*Se estää hapen pääsyn ylös.*

*Koska ultravioletti säteet polttavat kaasun.*

*Siitä haihtuu "vaarallisia" kemikaaleja polttaessa joka tuhoaa otsonikerrosta.*

#### 8.4 Sukupuolten väliset erot

Pojat suoriutuivat kaikista tämän tutkimuksen tarkastelun kohteena olevista tehtävistä tyttöjä paremmin, ero keskimääräisissä ratkaisuprosenteissa on lähes kymmenen prosenttiyksikköä poikien eduksi (42 % ja 34 %). Keskiarvojen eroavaisuus tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan keskiarvojen hajonnat olivat samaa suuruusluokkaa (Liite 3).

Suurimmat erot tyttöjen ja poikien osaamistulosten keskiarvoissa oli ilmastolämpenemistä (16 %) ja lisääntyneen hiilidioksidin seurauksia (13 %) käsittelevissä tehtävissä. Sen sijaan happosateita käsittelevät tehtävät tytöt ja pojat olivat osanneet lähes yhtä hyvin (erot 4 % avoimessa tehtävässä ja 5 % monivalintatehtävässä). Otsonikerrosta käsittelevän tehtävän pistemäärissä oli 6 prosenttiyksikön ero poikien eduksi.

## 8.5 Tehtävänälyysi

TIMSS 1999- tutkimuksen arviointikehyksen luokittelun mukaan (taulukko 6) kaikkiin tämän tutkimuksen tarkastelun kohteena oleviin tehtäviin vastaaminen edellytti joko yksinkertaisen tai monimutkaisen tiedon *ymmärtämistä* (ks. Liite 1). Ilmastonlämpenemisen ennustettua seurausta sekä happosateiden syytä käsitteleviin tehtäviin oppilas kykeni vastaamaan arviointikehyksen mukaan ymmärtämällä yksinkertaista tietoa tarkastelun kohteena olevasta ilmiöstä. Sen sijaan kolmessa muussa tarkastelun kohteena olevassa tehtävässä edellytettiin monimutkaisen tiedon ymmärtämistä. Tehtävätyypillä ja suoritusodotuksilla ei ollut suoranaista yhteyttä toisiinsa, joskin molemmat avoimet tehtävät vaativat monimutkaisen tiedon ymmärtämistä.

Taulukko 6. Tehtävien tehtävätyypit, TIMSS 1999 arviointikehyksen mukaiset suoritusodotusluokitukset, sisällön arvioitu yhteys oppilaan kokemuksiin sekä tehtävien kansalliset ratkaisuprosentit.

Tehtävä	Tehtävätyyppi	Suoritusodotus	Yhteys oppilaan kokemuksiin	Ratkaisu %
Otsoniaukon haitallinen seuraus	avoin tehtävä	monimutkaisen tiedon ymmärtäminen	yleistieto/ teoriaopiskelu	63
Ilmakehän lisääntyneen CO <sub>2</sub> -määrän seuraus	moni-valintatehtävä	monimutkaisen tiedon ymmärtäminen	yleistieto	53
Ilmaston lämpenemisen ennustettu seuraus	moni-valintatehtävä	yksinkertaisen tiedon ymmärtäminen	yleistieto	31
Pääsy happosateisiin	moni-valintatehtävä	yksinkertaisen tiedon ymmärtäminen	teoriaopiskelu	19
Happosateen muodostumisprosessi	avoin tehtävä	monimutkaisen tiedon ymmärtäminen	teoriaopiskelu	24

Otsoniaukon haitallista seurausta tarkastelevassa tehtävässä on luonnontieteellisesti tarkasteltuna varsin antroposentrinen lähestymistapa, sillä siinä otsoniaukon haitalliset vaikutukset rajataan koskemaan ainoastaan ihmistä. Näin ollen otsonikadon laajempien ekologisten vaikutusten tarkastelu jää tehtävänannon ulkopuolelle. Vähimmäisvaatimus tehtävän oikealle vastaukselle kansainvälisen koodaus- ja pisteytysohjeen (ks. luku 8.1) mukaan oli, että oppilas tuo vastauksessaan esiin esimerkiksi auringonpolttamat tai

ihosyövän ilman mainintaa (UV-)säteilystä. Tämän tyyppisen vastauksen oppilas voi tuottaa esimerkiksi lehdistä tai televisiosta saamansa yleistiedon perusteella (taulukko 6). Huomionarvoista tehtävänannossa on myös se, että siinä puhutaan yleistietoon lukeutuvasta ”otsoniaukosta”, eikä edellytetä otsonikato- käsitteen tuntemista. Myös tämä osaltaan helpottaa tehtävää ja siihen vastaamista. Ne oppilaiden vastaukset, joissa tuodaan esiin (UV-) säteilyn lisääntyminen otsonikadon seurauksena sekä lisääntyneen säteilyn aiheuttamat haitalliset vaikutukset heijastavat jonkin asteista ymmärrystä otsonikadosta luonnontieteellisenä ilmiönä. Näin ollen tällaisen vastauksen tuottaminen edellyttää teoreettista opiskelua. Tehtävä ei kuitenkaan mittaa otsonikadon yksityiskohtaista kemiallisen luonteen ymmärtämistä. Toisaalta tällainen tarkastelu vaatii syvällistä tietoutta kemiasta, ilmakehän prosesseista sekä kykyä korkeatasoiseen abstraktiin ajatteluun. Ympäristökasvatuksellisesti näin syvällinen luonnontieteellinen ymmärrys ei kuitenkaan välttämättä ole tarpeellista. Myös tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden iän, kognitiivisten taitojen sekä oppisisällöt huomioiden otsonikadon yksityiskohtainen luonnontieteellinen ymmärrys olisi ollut kohtuuton vaatimus.

Otsonikatoa käsittelevässä tehtävässä tehtävänanto on varsin väljä. Oppilas voi tuottaa hyvin lyhyen, jopa vain yhden sanan mittaisen, vastauksen, joka koodiohjeen mukaan luokitellaan oikeaksi. Tällaiset vastaukset eivät kuitenkaan kerro mitään oppilaan vastauksen taustalla olevasta ajattelusta. Näin ollen tehtävänanto vaatisi tarkennusta siltä osin, että se ohjaisi oppilasta selittämään omaa ajatteluaan ja ymmärrystään tarkastelun kohteena olevasta ilmiöstä.

Ilmakehän lisääntyneen hiilidioksidin vaikutuksia käsittelevässä tehtävässä oppilaan tuli valita annetuista vastausvaihtoehdoista todennäköisin. Tarkastelun kohteena oleva luonnontieteellinen ilmiö oli ilmastonlämpeneminen, mikä piti yhdistää sen aiheuttajaan. Tehtävään oikein vastaaminen edellytti siis ainoastaan lisääntyneen hiilidioksidimäärän ja ilmastonlämpenemisen yhdistämistä toisiinsa. Tähän riittää yleistietous, oppilaan ei tarvinnut ymmärtää ilmastonlämpenemistä luonnontieteellisenä ilmiönä (taulukko 6). Tehtävässä edellytettiin lisäksi käsitteen ”ilmastonlämpeneminen” tunnistamista, mikä saattaa joillekin oppilaille olla



kasvihuoneilmiötä vieraampi käsite. Maailmanlaajuisen lämpenemisen seurausta käsittelevässä tehtävässä tarkastelun kohteena oli puolestaan ilmastolämpenemisen ennustettu seuraus. Myös tähän tehtävään oppilas pystyi vastaamaan yleistiedon pohjalta ilman ilmiön luonnontieteellistä ymmärtämistä (taulukko 6). Tässä tehtävässä ei myöskään ollut käsitteisiin liittyviä vaikeuksia. Edellä mainittuja ilmastolämpenemistä käsitteleviä tehtäviä voidaan pitää ympäristökasvatuksellisesti varsin onnistunein, sillä ympäristökasvatuksen eräänä tavoitteena on ihmistoiminnan syy-seuraussuhteiden ymmärtäminen.

Happosateiden pääasiallista aiheuttajaa käsittelevässä tehtävässä edellytettiin käsitteen happosade jonkinasteista tuntemista. Lisäksi oppilaan tuli valita annetuista vastausvaihtoehdoista happosateita aiheuttava saastetyyppi, mikä vaatii perustietoa eri päästöjen ja saasteiden vaikutuksista. Näin ollen tehtävään vastaaminen edellytti teoreettista opiskelua (taulukko 6). Myös toiseen happamoitumista käsittelevään tehtävään vastaamiseksi oppilaalta vaadittiin teoreettista (kemian) opiskelua. Oppilaan tuli tietää että rikkidioksidi ja vesi reagoivat ilmakehässä kemiallisesti muodostaen happoa. Toisaalta pelkkä viittaus rikkidioksidin ja veden väliseen jonkinlaiseen reaktioon riitti tehtävän oikeaan vastaukseen. Myös tämän tasoinen vastaus edellyttää kemiallista perustietoa happojen muodostumisesta. Ympäristökasvatuksen kannalta happosateiden syytä käsittelevä tehtävä keskittyi olennaiseen seikkaan. Sen sijaan happosateen muodostumisprosessia käsittelevä tehtävä oli luonnontieteellisesti erittäin vaativa. Ympäristökasvatuksellisesti tarkasteluna varsinaisen prosessin yksityiskohtainen tietämys ei välttämättä ole niin olennainen kuin ilmiön syiden, seurauksien ja vaikutusmekanismien ymmärtäminen.

Kaikkia edellä mainittujen tehtävien voidaan katsoa edustavan varsin perinteistä koe- ja tenttiarviointia. Taustalla heijastuu behavioristinen oppimiskäsitys ja objektiivinen tiedonkäsitys. Arvioinnin keskeisenä piirteenä on lähinnä ulkomuistin avulla toistettavan tiedon hakeminen tehtävien avulla. Konstruktivistisessa arvioinnissa sen sijaan arvioinnin kohteena on tiedon ymmärtäminen (vrt. myös mielekäs oppiminen, Ausubel 1968).

TIMSS 1999- tutkimuksen arviointikehyksen suoritusodotusluokituksilla ei tässä tutkimuksessa ollut yhteyttä oppilaiden ratkaisuprosentteihin (taulukko 6). Monimutkaisen tiedon ymmärtämistä vaativien tehtävien keskimääräinen ratkaisuprosentti oli 47 ja yksinkertaisen tiedon ymmärtämistä vaativien tehtävien 25. Myöskään tehtävätyypillä ei ollut vaikutusta oppilaiden ratkaisuprosentteihin (monivalintatehtävien keskimääräinen ratkaisuprosentti 34, avoimissa tehtävissä 44). Sen sijaan tehtävän sisällön yhteys oppilaan kokemuspiiriin ja yleistiedon riittäminen vastauksen perusteeksi vaikutti tehtävien ratkaisuprosentteihin. Niissä tehtävissä, joihin oppilas pystyi vastaamaan yleistiedon perusteella oli ratkaisuprosentti yli korkeampi (49 %) kuin teoreettista opiskelua vaativissa tehtävissä (22 %). Tarkastelussa on kuitenkin huomioitava tehtävien erittäin pieni määrä, mikä vuoksi tämä tutkimustulos koskee ainoastaan tätä aineistoa eikä ole laajemmin yleistettävissä.

## **8.6 Ympäristöongelmat opetussuunnitelman perusteissa ja oppikirjoissa**

Ympäristöongelmat eivät kuulu opetussuunnitelma-asiantuntijoiden tekemän TCM- analyysin (ks. luku 7.3) mukaan perusopetuksen 1-7 vuosiluokkien oppimäärään (taulukko 7). Tästä huolimatta näitä asioita käsitellään ainakin jossain määrin kyseisille luokka-asteille tarkoitetuissa luonnontieteiden oppikirjoissa (taulukko 7). Oppikirjasarjojen tavassa käsitellä ympäristöongelmia on kuitenkin jo tämän alustavan analyysin perusteella huomattavia laadullisia ja määrällisiä eroja. Sarja A käsittelee kaikkia tutkimuksen kohteena olevia sisältöjä syvällisemmin ja määrällisesti useammin kuin sarja B. Sarjan A kirjoissa ilmiöiden taustalla olevia syy-seuraussuhteita pyritään selittämään, kun taas sarjassa B tyydytään useammin pelkkään faktatiedon mainitsemiseen. Lisäksi sarjassa A tekstin tukena on usein kuva. Taulukon jälkeen esitetään kirjasarjojen tapaa käsitellä tutkimuksen sisältöalueita.

Taulukko 7 Opetussuunnitelma-analyysin ja oppikirja-analyysin tulokset. Käytettyjen merkkien selitykset — = oppisisältö ei kuulu opetussuunnitelmaan, \* = sisältöalue mainitaan oppikirjassa \* \* = tehtävän taustalla olevaa ilmiötä selitetään oppikirjassa + = sisältöä käsitellään useammin kuin kerran oppikirjasarjassa != kirjan esitystapa voi johtaa virhetulkintaan.

Tehtävä	OPS	Oppikirjat	
		Sarja A	Sarja B
Otsoniaukon haitallinen seuraus	—	* * !	—
Ilmakehän lisääntyneen CO <sub>2</sub> -määrän seuraus	—	* * !	*
Ilmaston lämpenemisen ennustettu seuraus	—	—	—
Pääsy happosateisiin	—	* * +	*
Happosateen muodostumisprosessi	—	* * +	*

Otsonikerrosta käsitellään oppikirjasarjassa A kuudennella luokalla ilmansuojelun ja ilmakehän koostumuksen sekä sen rakenteen esittämisen yhteydessä. Tekstikappaleessa mainitaan seuraavaa:

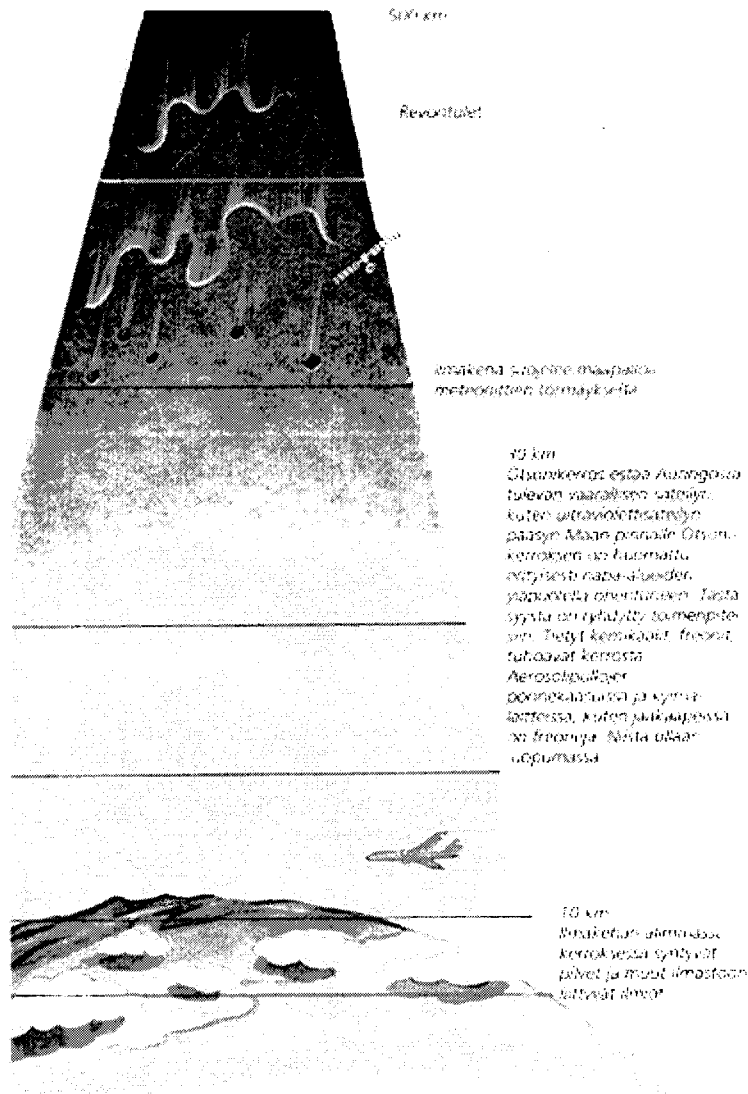
*Otsoni on ainetta, jota on vaarallista hengittää. Ilmakehässä se on kuitenkin elintärkeä, sillä otsonikerros suojelee maapalloa vaaralliselta säteilyltä. (6. luokka)*

Lisäksi ilmakehän rakennetta kuvaavan piirroksen (kuva 10) kuvatekstissä käsitellään otsonia:

*Otsonikerros estää Auringosta tulevan vaarallisen säteilyn, kuten ultraviolettisäteilyn, pääsyn Maan pinnalle. Otsonikerroksen on huomattu erityisesti napa-alueiden yläpuolella ohentuneen. Tästä syystä on ryhdytty toimenpiteisiin. Tietyt kemikaalit, freonit, tuhoavat kerrosta. Aerosolipullojen ponnekaasuissa ja kylmälaitteissa, kuten jääkaapeissa on freoneja. Niistä ollaan luopumassa. (6 luokka)*

Samassa yhteydessä todetaan myös seuraavaa

*Ilmakehä suojelee maapalloa meteoriittien törmäyksiltä. (6 luokka)*

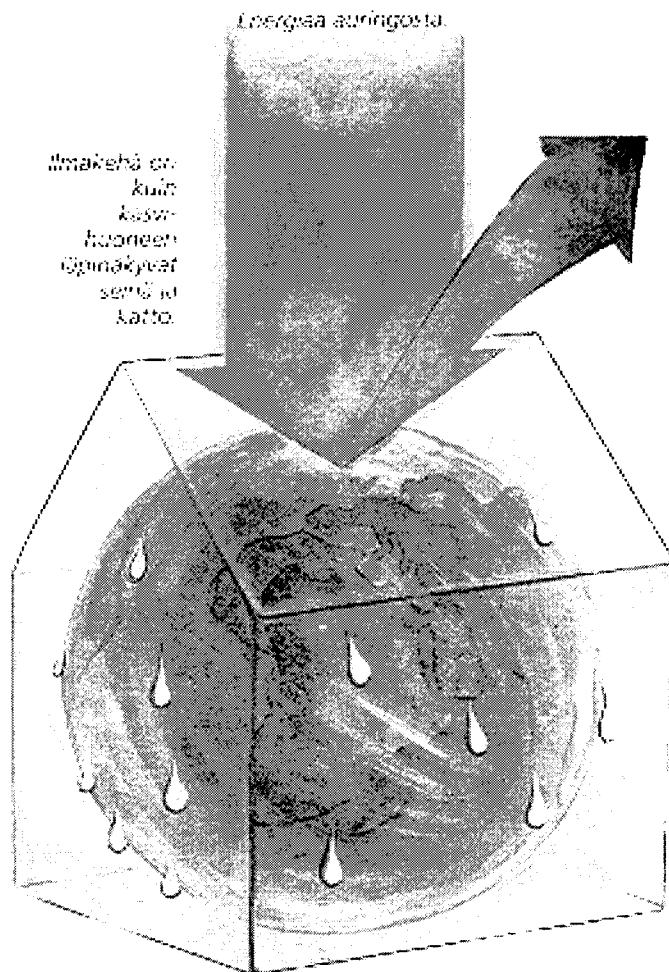


Kuva 10 Ilmakehän rakennetta kuvaava piirros kuudennen luokan oppikirjasta (sarja A). Piirroksen kuvatekstissä mainitaan otsonikerroksesta (ks. tekstikappale).

Oppikirjasarjassa B otsonikatoa tai sen haitallisia vaikutuksia ei käsitellä lainkaan perusopetuksen seitsemän ensimmäisen vuosiluokan luonnontieteen oppikirjoissa.

Ilmastonmuutosta käsitellään sarjassa A kuudennella luokalla samassa yhteydessä kuin otsonikerrosta. Ilmastonlämpeneminen kuvataan varsinaisena "leipätekstinä", ja siihen liittyy kuva (kuva 11).

Maapallo on kuin valtava kasvihuone, jonka läpinäkyvinä seininä on ilmakehä. Tietyt ilmakehän kaasut, erityisesti hiilidioksidi, auttavat planeettaa pysymään lämpimänä. Hiilidioksidia sanotaankin kasvihuonekaasuksi. Se päästää auringonsäteilyn lähes esteettä ilmakehän läpi, mutta ei päästä kaikkea säteilyä takaisin avaruuteen. Näin maapallon lämpötila pysyy ihanteellisena elämän kannalta. Jos olet istunut aurinkoisena kesäpäivänä parkkipaikalla suljetussa autossa, tiedät jo jonkin verran kasvihuoneilmiöstä. Auringon energia jää autoon, koska ikkunat ovat kiinni. Tunnet tämän energian lämpönä. Ihmisen toiminta on muuttanut ilmakehän kaasujen tasapainoa. Kasvihuonekaasujen ja erityisesti hiilidioksidin määrä ilmakehässä on lisääntynyt, koska kivihiiltä, öljyä ja maakaasua käytetään paljon. Tutkijoiden mukaan maapallon ilmasto lämpenee tämän seurauksena. Seurauksista ei olla täysin yksimielisiä, mutta asiaa tutkitaan koko ajan. (6 luokka).



Kuva 11 Kasvihuoneilmiötä kuvaava piirros kuudennen luokan oppikirjasta (sarja A).

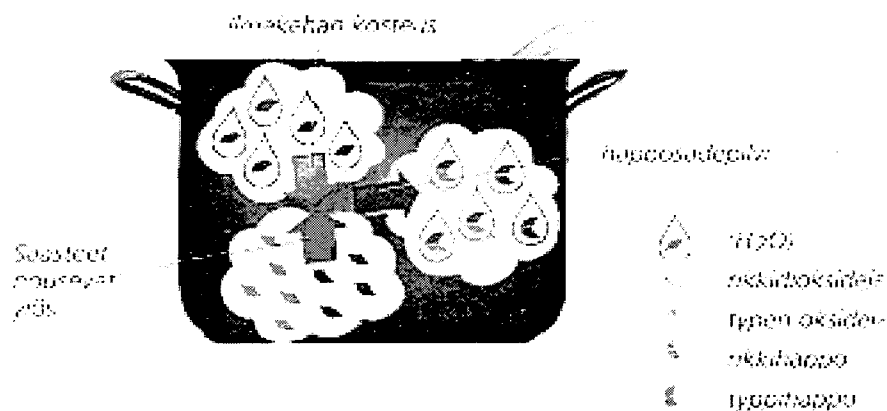
Sarjassa B kasviuoneilmiö mainitaan energiamuotoja ja energian säästämistä käsittelevässä kappaleessa kuudennella luokalla. Oppikirjassa todetaan seuraavaa:

*Viime vuosina on puhuttu paljon kasviuoneilmiöstä, joka tarkoittaa maapallon ilmakehän lämpenemistä. Kun voimaloissa poltetaan kivihiiltä, maaöljyä, maakaasua tai turvetta, syntyy savukaasuja. Ne sisältävä mm. hiilidioksidia, jonka lisääntyminen ilmakehässä on ilmaston lämpenemisen perussy. (6 luokka)*

Happamoitumista käsitellään oppikirjasarjassa A vesien saastumisen yhteydessä kuudennella luokalla. Tekstiin liittyy piirros, jossa happosateen syntymistä kuvataan (kuva 12). Merkille pantavaa on kuvan selityksessä esiintyvä kemialliset termit (rikkioksidit, typen oksidit, rikkihappo, typpihappo).

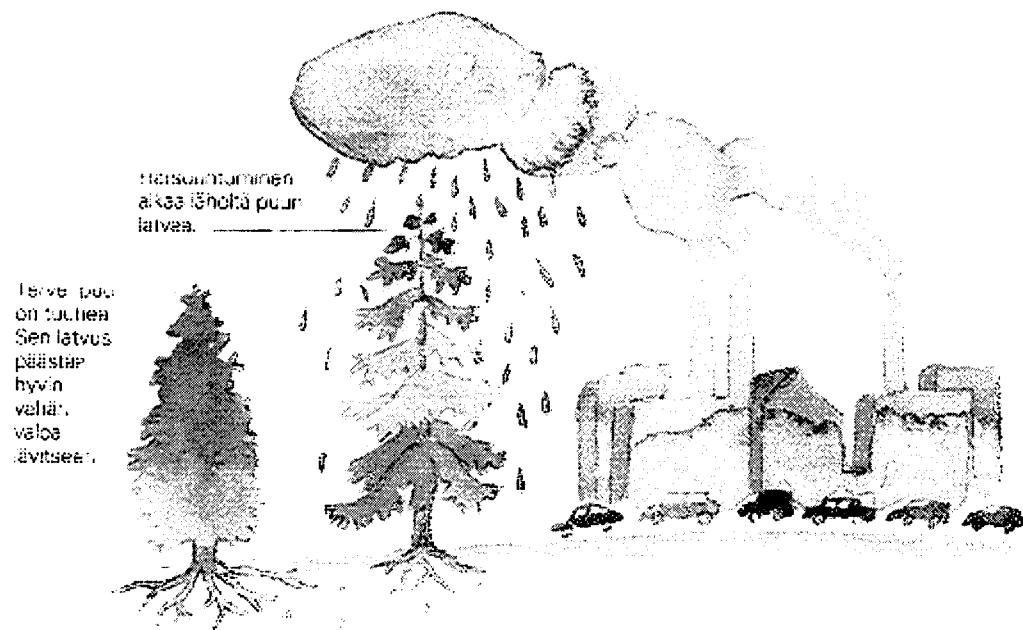
*Ilman saasteet vaikuttavat myös vesien kuntoon. Kun poltetaan kivihiiltä ja öljyä, nousee ilmaan rikkidioksidia ja typen oksideja. Kun nämä hiukkaset yhdistyvät ilmakehässä veteen, syntyy laimeaa rikki- ja typpihappoa. Ne liikkuvat pilvien mukana, kunnes satavat maahan. Tällainen sade on hapanta. Se happamoittaa sekä maaperää että vesistöä. (6. luokka)*

NÄIN HAPANTASATEEN SYNTYÄ



Kuva 12 Happosateen muodostumista kuvaava piirros kuudennen luokan oppikirjasta (sarja A).

Lisäksi seitsemännelle vuosiluokalle tarkoitetussa biologian oppikirjassa esitetään kuva happosateesta ja selitetään happamoitumisen vaikutuksia lähinnä metsäluontoon. Samassa yhteydessä esitetään myös kuva 13.



Kuva 13 Happosateen syntyä kuvaava piirros yläasteen oppikirjasta (sarja A).

Sarjassa B happamoitumista käsitellään energiamuotoja ja energian säästämistä käsittelevässä kappaleessa kuudennella luokalla. Oppikirjassa todetaan:

*Voimaloiden savukaasut aiheuttavat myös maan ja vesistöjen happamoitumista. Tämä ongelma on pienemässä uusien suodattimien ja entistä tehokkaampien polttomenetelmien ansiosta.*

Aikaisemmin (4 luokan oppikirjassa) on yleisesti käsitelty saasteiden kulkeutumista ja leviämistä ilmateitse, mutta tässä yhteydessä happamoitumiseen ei ole lainkaan viitattu.

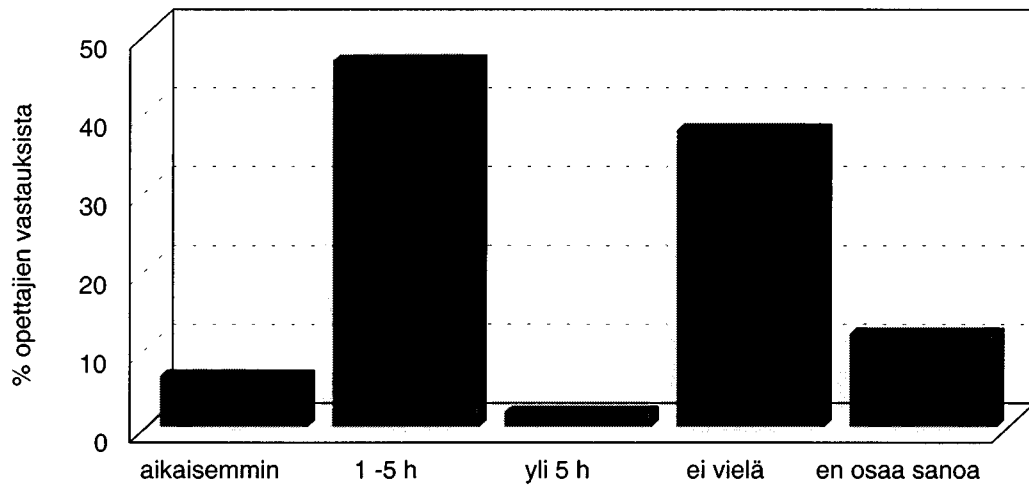
*Polttoaineiden palamisesta jää ilmaan pölyhiukkasia ja myrkyllisiä aineita. Nämä aineet sekoittuvat ilmassa olevaan vesihöyryyn. Tuuli voi kuljettaa sadepilviä pitkiäkin matkoja, mutta ennemmin tai myöhemmin saasteet tulevat sateen mukana alas. (4. luokka)*

Kummassakin oppikirjasarjassa heijastuu varsin objektivistinen tiedonkäsitys, tiedot esitetään faktoina, eikä niitä pohdita tai kyseenalaisesta vaikka tiedeyhteisökin on osin epävarma globaalien ympäristöongelmien faktuaalisista seurauksista. Ainoastaan ilmastonlämpenemistä käsittelevässä tekstissä kirjasarja A tuo esiin tiedon osittaisen epävarmuuden. Globaalien ympäristöongelmien käsittely tämän tutkimuksen mukaan on lisäksi varsin vähäistä ja painottuu lähinnä ulkoa muistettavan faktatyypin tiedon esittämiseen heijastaen näin behavioristista oppimiskäsitystä. Kirjoissa ei huomioida oppilaan mahdollisia ennakkotietoja tai -käsityksiä opiskeltavasta asiasta eikä tarkastelun tavoitteena ilmeisestikään ole ilmiön ymmärtäminen. Poikkeuksen tästä muodostaa kirjasarjan A tekstiosuus ilmastonlämpenemisestä kasvihuone- ja autoesimerkkeineen.

Perusopetuksen 7-9 vuosiluokkien luonnontieteiden opettajien näkemyksen mukaan ympäristö- ja luonnonvarakysymyksistä saastuminen (happosateet, maapallon lämpeneminen, otsonikerros, vesien saastuminen) ovat sisältöalueita, joita ei juurikaan ole aikaisemmin opetettu (ks. kuva 14). Myös seitsemännellä luokalla kyseisten sisältöalueiden opettaminen on ollut varsin vähäistä: 46% opettajista ilmoitti, että sisältöaluetta on opetettu kyseisenä vuonna 1-5 tuntia. Yli viisi tuntia kyseisenä vuonna sisältöaluetta oli opettanut vain 2 % opettajista. 12 % opettajista ei osannut sanoa milloin ja kuinka paljon saastumista on aikaisemmin opetettu.



## Ympäristö- ja luonnonvarakysymykset milloin opetettu?



Kuva 14 Luonnontieteen opettajien vastaukset kysymykseen "Milloin opetuksen sisältöalue saastuminen (happosateet, maapallon lämpeneminen, otsonikerros, vesien saastuminen) on teidän oppiaineessanne opetettu?" Opettajia pyydettiin ilmoittamaan, jos aihetta oli opetettu sekä aikaisemmin että kuluvana vuonna. Näin ollen kokonaisprosentti on yli 100.

## 9 TULOSTEN TARKASTELU

### 9.1 Osaamisen yleiskuva

Suomalaisten 7.- luokkalaisten oppilaiden tietous globaaleista ympäristöongelmista on tämän tutkimuksen valossa heikkoa, jos osaamisen arvioinnissa käytetään samoja kriteerejä kuin peruskoulun 9.- luokkalaisten luonnontieteiden arvioinnissa (keskimääräinen ratkaisuprosentti  $> 80\%$  = osaaminen kiitettävää,  $80-60\%$  = tyydyttävää,  $60-40\%$  = välttävää,  $< 40\%$  = heikkoa) (Rajakorpi 1999). On kuitenkin huomattava, että tutkimuksen kohteena olevat sisällöt eivät kuulu perusopetuksen seitsemän ensimmäisen vuosiluokan opetussuunnitelmaan, joskin niitä joiltain osin käsitellään ympäristö- ja luonnontiedon oppikirjoissa. Näin ollen tässä yhteydessä ei voida puhua oppimistulosten arvioinnista, vaan pikemminkin 7.- luokkalaisten ympäristöongelmia käsittelevästä tietoudesta.

7.- luokkalaisten oppilaiden tietous keskimääräisten ratkaisuprosenttien perusteella oli heikoin ilmiön ymmärtämistä ja teoreettista opiskelua edellyttävissä happosadetta tarkastelevissa tehtävissä. Parhaiten oppilaat osasivat yleistietoon perustuvia tehtäväosioita, etenkin monivalintatehtäviä. Tehtäväkohtaiset erot ratkaisuprosenteissa selittyivät osin myös tehtävien sisältöalueiden tarkastelun myötä. Otsonikatoa ja ilmastonlämpenemistä käsittelevät tehtävät on osattu selkeästi paremmin kuin happosadetta käsittelevät tehtävät. Ensin mainittuihin ilmiöihin liittyvät termit ja käsitteet lienevät oppilaille mm. mediatietouden perusteella tutumpia kuin happosateisiin liittyvät käsitteet. Myös useissa kansainvälisissä tutkimuksissa on todettu, että oppilaat tunnistavat ympäristöongelmiin liittyviä käsitteitä ja osaavat ehkä mainita ympäristöongelman ulkoisen aiheuttajan, mutta eivät ymmärrä itse ilmiötä (ks. mm. Dove 1996, Boyes & Stanisstreet 1997a, Føreid & Lie 1998).

## 9.2 Otsonikato

Suuri osa (63 %) 7.- luokkalaisista oppilaista osasi mainita joko UV-säteilyn tai yleisemmin säteilyn määrän lisääntymisen otsonikadon seurauksena, mutta lisääntyneen säteilyn aiheuttamia haitallisia vaikutuksia osasi nimetä vain 19 % oppilaista. Tämän tutkimuksen perusteella 7.- luokkalaisten oppilaiden tietous otsonikadosta on parempi kuin 9.- luokkalaisten oppimistulosten arvioinnissa vuonna 1999 todennettu osaamistulos (Rajakorpi 1999). Edellä mainitun tutkimuksen mukaan 35 % peruskoulunsa päättävistä oppilasta tiesi millaisia seurauksia otsonikadon pahenemisella on. Useimmat 9.- luokkalaisista vastaajista tiesivät, että auringonsäteily voimistuu otsonikerroksen ohenemisen myötä, mutta eivät välttämättä maininneet UV-säteilyn lisääntyvän. Vain joka kymmenes yhdeksännen luokan oppilas toi vastauksessaan esiin UV-säteilyn aiheuttamia haitallisia vaikutuksia. (Rajakorpi 1999)

Näiden kahden edellä mainitun tutkimuksen tulosten suurta eroavaisuutta korostaa osaltaan myös se, että opetussuunnitelman ja alustavan oppikirja-analyysin mukaan tietopainotteinen opetus ympäristöongelmista ajoittuu perusopetuksen kahdeksannelle ja yhdeksännelle vuosiluokalle. Tutkimustulosten eroa voidaan osittain selittää tässä tutkimuksessa käytetyn avointen vastausten luokittelun periaatteiden avulla. Luokitteluperiaatteiden mukaan oppilaan vastaus katsottiin oikeaksi jos siitä ilmeni tietyt avainsanat (esimerkiksi UV-säteily). Näin ollen kansainvälisten luokitteluohjeiden mukaisesti oikeiksi vastauksiksi on luokiteltu myös sellaisia vastauksia, jotka ilmentävät puutteellista tai jopa virheellistä ymmärrystä tutkimuksen kohteena olevasta ilmiöstä (ks. oppilaiden autenttiset vastaukset).

Sekä TIMSS 1999- tutkimuksessa että 9.-luokkalaisten oppimistulosten arvioinnissa (Rajakorpi 1999) on merkille pantavaa se, että suhteellisen pieni osa oppilaista osasi mainita otsonikerroksen ohenemisesta johtuvan UV-säteilyn lisääntymisen aiheuttamia haitallisia vaikutuksia. Etenkin TIMSS 1999 tutkimuksessa tämä on huomionarvoista, sillä tehtävänannossa nimenomaan pyydettiin mainitsemaan haitallisia vaikutuksia. Kuitenkin useissa kansainvälisissä tutkimuksissa (mm. Boyes & Stanisstreet 1994, 1997a, 1998, Boyes ym. 1999) on todettu oppilaiden tietävän varsin hyvin (jopa 90 %

oppilaista) sen, että otsonikerros suojaa syöpää aiheuttavalta säteilyltä vaikkakaan he eivät luonnontieteellistä ilmiötä syvällisesti ymmärtäisikään. Osalle kansainvälisissä tutkimuksissa mukana olleille oppilaille, esimerkiksi kreikkalaisille, UV-säteilyltä suojautuminen kuuluu varsin merkittävänä osana arkipäivän kokemusmaailmaan. Sen sijaan suomalaisille oppilaille tämä suojautuminen ei maantieteellisistä syistä ole ollut yhtä olennaista. UV-säteilyn lisääntyminen etenkin keväisin myös Suomen leveysasteille edellyttää kuitenkin tehokasta suojautumista myös pohjoismaalaisilta. Näin ollen kansanterveyden ja ihmisten hyvinvoinnin kannalta on olennaista, että suomalaiset oppilaat saavat riittävästi tietoa UV-säteilyn haitallisista vaikutuksista.

Luonnontieteiden ja ympäristöongelmien opetuksen kannalta oppilaiden virheelliset vastaukset ovat mielenkiintoisia. Osalle suomalaisista 7. luokkalaisista oppilaista (14 %) on muodostunut käsitys otsonikerroksesta ilmakehän rajapintana, joka suojelee maapalloa avaruudesta tulevilta aineilta (muilta kuin säteily). Vastaukset ilmentävät paitsi virheellisiä käsityksiä ilmakehän rakenteesta, myös virheellisiä käsityksiä mm. saastumisesta. Osa oppilaista ilmeisesti ajattelee, että otsoniaukosta pääsee saasteita avaruudesta maapallolle. Joidenkin oppilaiden vastauksista ilmenee, että heidän mielestään ilmakehän happi voi purkautua tai karata otsoniaukon kautta avaruuteen. Muutamit oppilaat lisäksi mainitsevat, että jopa ihmiset voivat pudota otsoniaukon kautta pois maapallolta. Nämä vastaukset ilmentävät sitä, että näillä oppilaille ei ole käsitystä maapallon vetovoimasta (ks. Vosniadou 1994). Myös Boyes & Stanisstreet ovat tutkimuksissaan (1994, Boyes ym. 1999) havainneet edellä kuvatut otsonikerrokseen liittyvät virhekäsitykset varsin yleisiksi 11- 16 -vuotiaiden oppilaiden keskuudessa. Näissä tutkimuksissa havaittiin myös, että pieni osa oppilaista liittää otsonikerroksen happosateilta suojautumiseen, jolloin happosade käsitetään ilmeisesti avaruudesta tulevana saasteena. Myös tässä tutkimuksessa on yksittäisiä oppilaiden vastauksia, jotka heijastavat samankaltaista käsitystä happosateesta avaruudesta tulevana saasteena.

Edellä mainittujen oppilaiden virheellisten käsitysten kansainvälisestä luonteesta huolimatta niille voitane löytää kansallisia selityksiä myös

suomalaisista oppikirjoista. Esimerkiksi oppikirjasarjassa A todetaan, että otsoni on ainetta, joka on vaarallista hengittää. Tosin seuraavan virkkeen alussa tuodaan esiin otsonin elintärkeä rooli ilmakehässä. Tämä esitystapa saattaa kuitenkin johtaa käsityksiin, joiden mukaan ihminen voi myrkyttyä, etenkin kun ilmakehän rakenne ylä- ja alailmakehineen on oppilaille vielä varsin vieras. Ilmakehää kuvaavassa piirroksessa (kuva 10) ilmakehän kerroksia kuvataan viivoituksen avulla, mikä edesauttaa sellaisten käsitysten muodostumista, joissa otsonikerros käsitetään ilmakehän rajapintana. Lisäksi meteoriitit näyttävät kyseisessä kuvassa pysähtyvän erääseen näistä "viivoista". Oppilas voi mielessään sekoittaa kaksi uutta käsitettä, ilmakehän ja otsonikerroksen, ja näin muodostaa käsityksen että otsonikerros suojaa maapalloa meteoriiteilta. Tällaisen käsityksen muodostumista tukee myös se, että kuvatekstin pääpaino on otsonikerroksen käsittelyssä.

### 9.3 Ilmastonmuutos

Yli puolet (53 %) 7. luokkalaisista oppilaista tietää, että hiilidioksidin määrän lisääntyminen ilmakehässä johtaa ilmastonlämpenemiseen. Tulos oli jonkin verran parempi kuin vuoden 1995 TIMSS- tutkimuksen kansainvälinen keskimääräinen ratkaisuprosentti (47), mutta esimerkiksi norjalaisten silloista tulosta heikompi (61 %) (ks. Føreid & Lie 1998). Oppikirjasarjassa A ilmastonlämpeneminen esitellään ilmiönä varsin laajasti, joten kirjasarjaa opiskelleiden oppilaiden edellytykset vastata tehtävään ovat varsin hyvät. Sarjassa B sen sijaan tuotiin irrallisena faktana esiin seikka, että hiilidioksidin lisääntyminen on ilmastonlämpenemisen perussy. Ilmastonlämpenemisen seuraus ei ollut suomalaisille oppilaille yhtä tuttu kuin sen aiheuttaja. Vain kolmannes oppilaista vastasi oikein suurimman osan väittäessä otsonikatoa ilmastonlämpenemisen seuraukseksi. Tehtävän alhainen ratkaisuprosentti selittynee osittain sillä, että kummassakaan oppikirjasarjassa ei esitetä ilmastonlämpenemisen seurausta. Sarjassa A sanotaan, että kasvihuoneilmiön seurauksista ei olla yksimielisiä, mutta asiaa tutkitaan koko ajan. Edellinen ilmaisu oli harvoja, jopa ainoa, jossa oppikirja poikkeaa faktatyypisistä ja

toteavasta esitystavasta. Osalle 7.- luokkalaisista oppilaista merenpinnan nousun ilmastonlämpenemisen seurauksena aiheuttaman prosessi (jäävuorien ja napajäätiköiden sulaminen) on tuttu. Tästä antaa viitteitä oppilaiden vastaukset kysymykseen, jossa kysyttiin otsoniaukon haitallisia vaikutuksia. Huomattavaa kuitenkin on, että nämä oppilaat yhdistävät ilmastonlämpenemisen ja merenpinnan nousun virheellisesti otsonikatoon.

#### **9.4 Ilmakehän ilmiöiden yhdistäminen toisiinsa virheellisesti**

TIMSS 1999- tutkimuksen eri tehtäväosioiden perusteella tehdyt päätelmät siitä, kuinka yleisesti suomalaiset seitsemännen luokan oppilaat sekoittavat ilmastonlämpenemisen ja otsonikadon toisiinsa, ovat keskenään varsin ristiriitaisia. Otsonikatoa käsittelevän avoimen tehtävän perusteella vain 3% peruskoulun 7.- luokan oppilaista sekoittaa otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen toisiinsa. Sen sijaan monivalintatehtävien mukaan 30 % oppilaista ajattelee, että ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden lisääntyminen johtaa myös otsonin määrän lisääntymiseen ilmakehässä. Lisäksi peräti 53 % oppilaista mainitsee ilmastonlämpenemisen aiheuttavan otsonikatoa.

Avoimen, otsonikadon haitallisia vaikutuksia käsittelevän tehtäväosion välittämä tieto oppilaiden ilmakehän ilmiöiden sekoittamisen yleisyydestä on koodauksessa käytettyjen luokitteluperiaatteiden vuoksi osin harhainen. Oikeiksi vastauksiksi on luokiteltu myös sellaisia vastauksia, jotka heijastelevat virheellistä käsitystä ilmiöistä. Oppilaiden autenttisten vastausten perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että yli 3 % oppilaista yhdistää otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen toisiinsa. Tämän väittämän määrällinen tarkastelu edellyttää TIMSS 1999- aineiston uudelleen luokittelemista otsoniaukkoa käsittelevän tehtävän osalta. Myös aikaisemmat tutkimustulokset (Boyes & Stanisstreet 1992, 1994, Boyes ym. 1999) antavat viitteitä siitä, että suomalainen tutkimustulos on tältä osin harhaanjohtava. Edellä mainittujen tutkimusten mukaan liki puolet (40-50 %) 11-16 -vuotiaista oppilaista sekoittavat otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen toisiinsa. Lisäksi myös 9.- luokkalaisten oppilaiden oppimistulosten arviointi (Rajakorpi 1999) antaa

tukea sille olettamukselle, että otsonikatoa käsittelevän tehtävän tulos on tältä osin harhaanjohtava. Näin ollen voidaankin monivalintatehtävien vastausjakaumien perusteella olettaa, että noin puolet suomalaisista 7.-luokkalaisista sekoittaa otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen toisiinsa.

Norjalaisten tutkimusten mukaan 17 % 13- vuotiaista oppilaista ajattelee, että ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden lisääntyminen johtaa otsonin määrän lisääntymiseen ilmakehässä (Føreid & Lie 1998). Suomessa tämä luku oli 30 %. Norjalaisten tutkijoiden mukaan on lisäksi huomattava, että suuri osa oppilaista saattaa ajatella otsonin määrän lisääntymisen positiivisena ilmiönä, koska he ovat mm. median välityksellä saaneet informaatiota otsonikerroksen ohenemisesta ympäristöongelmana (Føreid & Lie 1998). Tätä päätelmää tukee myös se, että suurimmalle osalle oppilaista alailmakehän otsonipitoisuuden lisääntyminen ja sen aiheuttamat haitalliset vaikutukset ovat tuntemattomia käsitteitä. Näin ollen osa oppilaista saattaakin pitää ilmastonlämpenemistä pikemminkin positiivisena ilmiönä kuin ympäristöongelmana. Tämän ajatusmallin tarkasteleminen ja sen todennäköisyyden ja yleisyyden määrittäminen vaatii kohdennettuja lisätutkimuksia.

Boyes & Stanisstreet ovat useissa tutkimuksissaan (mm. 1992, 1994, Boyes ym. 1999) selvittäneet niitä oppilaiden ajatusmalleja, joihin otsonikadon ja ilmastonlämpenemisen toisiinsa yhdistäminen perustuu. Esimerkiksi 65 % 11-16 vuotiaista oppilaista ajattelee, että otsonikerroksen aukoista pääsee maapallolle normaalia enemmän auringon lämpösäteitä tai "kuumia" UV-säteitä. Kun ylimääräiset säteet eivät löydä ulosmenoaukkoja, maapallon ilmakehän lämpötila kohoaa. Samansuuntaisia tutkimustuloksia oppilaiden ajattelutavoista on esittänyt myös Mitchell (1990). Ilmastonlämpeneminen sen sijaan aiheuttaa oppilaiden mielestä otsonikatoa siten, että ilmastonlämpenemisen seurauksena savukaasut nousevat korkeammalle ja vaurioittavat otsonikerrosta (Boyes & Stanisstreet 1994). Huomion arvoista on, että varsin merkittävä osa myös opettajaksi opiskelevista yliopisto-opiskelijoista pitää ilmastonlämpenemistä otsonikadon aiheuttajana (Dove 1996). Valitettavasti käsillä oleva tutkimusaineisto ei mahdollista tämänkaltaista oppilaiden ajatusmallien syvällisempää tarkastelua.

Selityksiä ilmakehän ilmiöiden sekoittamiselle toisiinsa voidaan löytää myös perusopetuksessa käytetyistä oppikirjoista ja niiden tavoista käsitellä ilmakehää ja sen ilmiöitä. Esimerkiksi Oppikirjasarjassa A ilmansuojelua käsittelevässä kappaleessa esitellään useita oppilaalle uusia käsitteitä ja ilmiöitä, joista pääpaino on ilmastonlämpenemisen/ kasvihuoneilmiön esittämisellä. Jos oppilas sekoittaa ilmakehän ja otsonikerroksen, voi hän kuvan 10 perusteella muodostaa käsityksen, että maapallon ympärille kuvattu "kasvihuone" on rajapinnaksi käsitetty otsonikerros. Näin ollen syntyy käsitys, että otsonikerros suojaa maapalloa auringon lämpösäteilyltä. Myös Føreid & Lie (1998) ovat todenneet kuvat ja kuvaukset otsonikadosta ja ilmastonlämpenemisestä virhekäsitysten muodostumista tukeviksi.

## 9.5 Happamoituminen

Skandinaavisesti tarkasteltuna happamoituminen on merkittävä ympäristöongelma. Tästä huolimatta vain 19 % suomalaisista oppilaista osasi valita happosateen pääsiallisen aiheuttajan neljästä annetusta vaihtoehdosta. Vuoden 1995 TIMMS- tutkimuksessa 31 % norjalaisista oppilaista osasi nimetä fossiilisten polttoaineiden polttamisen happosateen aiheuttajaksi. Kansainvälinen ratkaisuprosentti oli tällöin 35 (Føreid & Lie 1998). Tässä tutkimuksessa samoin kuin vuonna 1995 toteutetussa TIMMS- tutkimuksessa oppilaat yleisimmin pitivät yleisimmin kemiantehtaiden päästöjä happosateen aiheuttajana (47 % suomalaisista, 56 % norjalaisista). Myös muissa kansainvälisissä tutkimuksissa (mm. Batterham ym. 1996) on havaittu, että oppilailla on usein vaikeuksia ymmärtää sekä happosateen syyt että muodostumismekanismi.

Tämän tutkimuksen tuloksia voitaneen osin selittää sillä, että usein oppilaat mieltävät kemianteollisuuden ja ydinvoiman negatiivisina. Näin ollen ne on helppo yhdistää useiden eri ympäristöongelmien aiheuttajiksi. Ydinvoima ja kemian teollisuus mielletään lisäksi suuren mittakaavan prosesseiksi (ja siten ehkä erityisen haitallisiksi), kun taas polttaminen liittyy oppilaiden mielikuvissa arkipäivän elämään ja pienimuotoiseen polttamiseen



(esim. takat, nuotiot). Myös oppikirjojen esitystavat ja sanamuodot voivat osaltaan selittää tätä tutkimustulosta. Sarjassa B esimerkiksi todetaan, että *voimaloiden* savukaasut aiheuttavat happamoitumista. Varsin usein voimalat ja teollisuus mielletään yhdeksi ja samaksi asiaksi.

Tämän tutkimuksen ja kansainvälisen luokittelun perusteella neljännes suomalaisista 7.- luokkalaisista oppilaista osaa kuvata prosessin, jossa kivihiilen polttamisen seurauksena muodostuu rikkidioksidia ja edelleen haposade. Oppilaiden autenttisten vastausten perusteella (ks. luku 8.3) tähän voidaan suhtautua tietyllä varauksella, sillä osasta oppilaiden oikeiksi luokitelluista vastauksista heijastuu, että oppilas ei ymmärrä ja hallitse kyseessä olevaan kemiallista ilmiötä. Luokittelun "epätäsmällisyys" selittäisi osaltaan myös varsin yllättävää tulosta, jonka mukaan haposateen muodostumisprosessia käsittelevä avoin, vaikeustasoltaan monivalintatehtävää vaikeampi tehtävä on osattu lähes 10 prosenttiyksikköä paremmin. Toisaalta kirjasarjaa A opiskelleilla oppilailla on ollut jopa varsin hyvät edellytykset vastata tehtävään oikein kansainvälisen luokittelun periaatteiden vaatimalla tavalla. Sarjassa A on haposateen muodostumista kuvaava piirros (ks. kuva 12), jonka yhteydessä käytetään kemiallisia termejä ilmiön kuvaamiseksi. On kuitenkin huomattava, että oppilaiden vastauksissa kemiallisia termejä ei juurikaan esiintynyt, ja onkin todennäköistä, että 6. luokalla esitettyä ilman muita kemian opintoja käsitteet jäivät irrallisiksi termeiksi, joilla ei ole oppilaalle sisällöllistä merkitystä. Yläasteella kirjasarjassa A esitetään metsien happamoitumista käsittelevässä kappaleessa myös kuva (ks. kuva 13), jonka perusteella oppilaiden vastaukset ja niiden ilmaisut tuntuvat luontevilta. Luotettavamman kuvan saaminen 7. luokan opetuksesta ja oppilaiden edellytyksistä vastata tehtäviin vaatisi kuitenkin myös kemian ja fysiikan opetussuunnitelmien sekä oppikirjojen analysoimisen.

Tämän tutkimusaineiston perusteella yhdeksän prosenttia suomalaisista seitsemännen luokan oppilaista sekoittaa tavalla tai toisella haposateen muodostumisen vedenkiertokulkuun. Tämä on ymmärrettävää siinä tapauksessa, että haposade on oppilaalle täysin vieras käsite. Hän voi näin ollen päätellä virheellisesti, että haposateella on yhteys luonnolliseen vedenkiertokulkuun. Toisaalta tällaisen yhteyden tekeminen voidaan nähdä

erittäin huolestuttavana, sillä veden kiertokulku kuuluu eräänä keskeisenä prosessina jo perusopetuksen kuuden ensimmäisen vuosiluokan oppisisältöihin. Muutoin oppilaiden heikko menestyminen tässä tehtävässä on varsin odotettua, sillä 7. luokalla oppilaiden kemian opinnot ovat olleet varsin vähäisiä. Myös varsin suuri vastaamatta jättäneiden oppilaiden osuus saattaa viitata siihen, että aihepiiri on oppilaille vieras. Dove (1996) on lisäksi todennut, että jopa opettajaksi opiskelevilla yliopisto-opiskelijoilla on vaikeuksia ymmärtää happamoitumisprosessia.

### 9.6 Sukupuolten väliset erot

Tämän aineiston perusteella 7.- luokkalaisten poikien tiedot ympäristöongelmista ovat paremmat kuin tyttöillä. Myös useissa kansainvälisissä (esim. Kelly 1978, Groves & Pugh 1996a) ja suomalaisissa tutkimuksissa (Rikkinen 1987, Laurén 1993, Rajakorpi 1999) on todettu poikien tyttöjä parempi menestyminen luonnontieteiden osaamistuloksia mittaavissa kokeissa. Sukupuolten välinen ero oli tässä tutkimuksessa suurimmillaan selkeimmin yleistietoon pohjautuvissa ilmastonmuutosta käsittelevissä tehtäväosioissa. Sen sijaan teoreettista opiskelua ja ilmiön ymmärtämistä edellyttävissä tehtävissä poikien ja tyttöjen välinen ero tuloksissa oli pienimmillään. Aikaisemmissa Suomessa toteutetuissa IEA-tutkimuksissa pojat ovat menestyneet soveltamista vaativissa tehtävissä paremmin kuin tytöt. Tyttöjen suoriutuminen oli sen sijaan parempi muistamista vaativissa tehtävissä (Rikkinen 1987).

Tämän tutkimuksen tulokset ovat siis osin ristiriidassa aikaisempien IEA-tutkimustulosten kanssa. Ristiriitaa voitaneen osittain selittää mm. sillä, pojat katsovat televisiosta luonto- tai historia-aiheisia dokumentteja useammin kuin tytöt (ks. Liite 4, aikaisemmin julkaisematonta TIMMS 1999 aineistoa). Näin ollen ilmastonlämpenemiseen ja osin myös otsonikatoon liittyvät termit ovat tätä kautta voineet tulla heille tutuiksi siinä määrin kuin tehtävien vastaaminen edellyttää. Sen sijaan happamoituminen on vähemmän luonto-ohjelmissa ja

yleisesti lehdistössä käsiteltävä aihe, joten tässä suhteessa luonto-ohjelmien katsominen ei anna pojille tyttöjä parempia vastaamisedellytyksiä.

### 9.7 Tehtävien analysointi

Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen TIMSS 1999- tutkimuksen tehtävien avulla pyrittiin arviointikehyksen suoritusodotusluokittelun mukaan mittaamaan joko yksinkertaisen tai monimutkaisen tiedon ymmärtämistä. Tehtävät edustavan kuitenkin varsin pitkälle perinteistä arviointia, jonka avulla pyritään mittaamaan pikemminkin muistinvaraista tietoa kuin ilmiön ymmärtämistä. Tämä tehtävien ominaisuus käy selkeämmin esille, kun huomioidaan avointen tehtävien arvioinnissa käytetyn koodauksen periaatteet ja vastausluokat. Näin ollen tehtävien laatijoiden lähtöolettamukset tutkimuksen tehtävien suoritusodotusluokittelusta ovat jossain määrin ristiriidassa tutkijan näkemyksen kanssa. Tämä voi osin johtua TIMSS 1999 tutkimuksen kansainvälisestä luonteesta, jolloin joudutaan tekemään kompromisseja eri koulukulttuureista tulevien ihmisten näkemysten välillä. Tietyissä koulukulttuurissa voidaan katsoa, että oppilaan täytyy syvällisesti ymmärtää tarkastelun kohteena oleva luonnontieteellinen ilmiö kyetäkseen vastaamaan näihin tehtäviin. Joissain toisissa kulttuureissa sen sijaan tehtävien vastaamiseksi vaadittava tieto käsitellään ainakin jossain määrin faktatyypisenä aikaisemmin kuin ilmiön ymmärtämiseen tähtäävä opetus on ajankohtainen. Tämän tutkimuksen ja alustavan oppikirja-analyysin perusteella voidaan esittää suuntaa antavia oletuksia siitä, että perusopetuksen kuuden ensimmäisen vuosiluokan aikana globaalien ympäristöongelmien tarkastelu on suomessa varsin vähäistä, faktuaalista ja jopa objektiivista tiedonkäsitystä ja behavioristista oppimiskäsitystä heijastelevaa. Näin ollen tämä havainto osaltaan vahvistaa aikaisempien tutkimusten tuloksia, joiden mukaan oppikirjat edustavat jälkibehavioristista ajattelua (Mirkkilä-Erdmann ym. 1999).

Ympäristökasvatuksellisesti tässä tutkimuksessa tarkasteltuja TIMSS 1999 tehtäviä voidaan eräiltä osin pitää puutteellisina, sillä ne pyrkivät mittaamaan vain tiedollista osaamista. Toisaalta suomalainen luonnontieteiden

opetus keskittyy etenkin perusopetuksen ylemmillä vuosiluokilla ympäristökasvatuksen kognitiivisten tavoitteiden tarkastelemiseen Iozzin (1989) esittämän mallin mukaisesti. Vaikkakaan affektiivisia ja kognitiivisia tavoitteita ei voida nähdä toisistaan erillisinä, saavat ne suomalaisessakin perusopetuksessa erilaisia painotuksia vuosiluokasta riippuen. Tässä valossa tarkasteluna tämän tutkimuksen TIMSS 1999 tehtäviä voidaan kuitenkin kokonaisuutena pitää ympäristökasvatuksellisesti kelvollisina, etenkin kun ne pääsääntöisesti keskittyivät syy-seuraussuhteiden tarkasteluun pikemminkin kuin varsinaisten luonnontieteellisten prosessien ymmärtämisen mittaamiseen. Lisäksi tutkittu vuosiluokka oli suomalaisittain varsin mielenkiintoinen, sillä tässä vaiheessa tiedollisen luonnontieteiden opetuksen osuus ylittää määrällisesti affektiivisen painotuksen opetuksessa.

Kaikki tutkimukseen osallistuneet suomalaiset oppilaat eivät olleet saaneet opetusta tarkastelun kohteena olleista luonnontieteellisistä ilmiöistä. Opetussuunnitelma-asiantuntijoiden mukaan globaalit ympäristöongelmat eivät ole lainkaan kuuluneet opetettaviin sisältöihin 7.vuosiluokalle mennessä, joskin oppikirjoissa näitä sisältöjä on jonkin verran käsitelty. Suomalaiset oppilaat ovat kuitenkin jossain määrin osanneet vastata tehtäviin, mikä antaa viitteitä siitä, että he ovat saaneet tietoa globaaleista ympäristöongelmista myös muista lähteistä kuin koulusta. Oppilaiden vastausten perusteella voidaan kuitenkin havaita, että osa oppilaiden tiedoista on hajanaista ja puutteellista, suurelta osin jopa virheellistä. Tämä herättää kysymyksiä mm. globaalien ympäristöongelmien opetuksen ajoittamisesta suomalaisessa perusopetuksessa.

## **9.6 Vastausten analysointi**

TIMSS 1999- tutkimuksessa hyödynnettiin avointen vastausten diagnostista koodausta. Tässä tutkimuksessa havaittiin koodaukseen ja sen periaatteisiin liittyviä epäkohtia, jotka heijastuvat myös tutkimustuloksiin ja näistä tehtäviin tulkintoihin. Myös Wang (1998) on tutkimuksessaan tarkastellut toteutetun TIMSS tutkimuksen avointen vastausten koodausta vuoden 1995 aineiston perusteella. Hänen mukaansa tehtäväosioiden koodausta ei ole suunniteltu

siten, että tuloksista heijastuisi oppilaiden todellinen osaaminen. Esimerkkinä hän mainitsee periaatteellisesti oikeiden vastausten kategorisoinnin vääriksi vastauksiksi, mikä havaittiin myös tässä tutkimuksessa. Lisäksi hänen mukaansa diagnostinen koodaus ei huomioi oppilaiden kognitiivista kehitystä: vastauksissa edellytetään Wangin (1998) mukaan kielellisesti formaaleja operaatioita oppilailta, jotka pääsääntöisesti ovat konkreettien operaatioiden kehitysvaiheessa. Edellä mainitut seikat nostavat esiin tarpeen kehittää diagnostista koodausjärjestelmää edelleen. Koodauksessa oppilaiden vastauksia tulisi tarkastella kokonaisuutena eikä arvioida vastausta yksittäisten sanojen perusteella. Lisäksi koodausluokkien kehittämisessä tulisi voimakkaasti huomioida esikokeessa havaittujen oppilaiden autenttisten vastausten lisäksi myös käsitystutkimusten tulokset. Tämä tutkimus nostaa esiin myös kysymyksen mahdollisesta tarpeesta luokitella aineisto uudestaan kansallisista lähtökohdista. Tämän hetkistä puutteistaan huolimatta diagnostinen koodaus kuitenkin lisää survey- aineistojen hyödynnettävyyttä ja antaa mahdollisuuden tulosten aikaisempaa laadullisempaan ja syvällisempään tarkasteluun.

Tässä tutkimuksessa oppilaiden väärät vastaukset esitettyihin kysymyksiin on tulkittu virheellisiksi käsityksiksi, vaikka väärän vastauksen taustalla voi pikemminkin olla arvaaminen tai väärin muistaminen. Vastausten tulkintaa virhekäsityksiksi puoltaa kuitenkin niiden yhtenevyys aikaisempien laajasti dokumentoitujen kansainvälisten tutkimustulosten kanssa. Lisäksi TIMSS 1999 tutkimuksessa käytetyt monivalintatehtävien vastausvaihtoehdot sekä avointen vastausten vastauskategoriat perustuvat osin käsitystutkimuksiin ja osin esikoevaiheen autenttisiin oppilaiden vastauksiin. Näin ollen suomalaisten oppilaiden väärin vastausten tulkinta virheellisiksi käsityksiksi on sopusoinnussa kansainvälisten tutkimusten kanssa.

## 10 TUTKIMUKSEN ANTI YMPÄRISTÖOPETUKSELLE

Oppilaille muodostuu usein selkeitä käsityksiä monista luonnonilmiöistä kokemusperäisesti ja arkitietoon pohjautuen jo ennen näiden ilmiöiden kouluopetusta. Globaalit ympäristöongelmat eivät kuitenkaan abstraktin luonteensa vuoksi kuulu oppilaiden välittömään kokemuspintaan, vaan näitä ilmiöitä koskeva tieto on suurelta osin autoritääristä. Näin ollen oppilaat saavat globaaleja ympäristöongelmia koskevaa tietoa joko koulussa tai muista lähteistä. Informaatioyhteiskunnassa etenkin median ja muiden tietolähteiden merkitys tiedon välittäjänä myös nuorille oppilaille on korostunut.

Tämän tutkimuksen perusteella suomalaisilla 7.-luokkalaisilla oppilaille on jonkin verran tietoa globaaleista ympäristöongelmista. Aineisto antaa kuitenkin viitteitä myös siitä, että heillä on tiedon puutteen lisäksi myös virheellisiä tietoja ja käsityksiä näistä ilmiöistä. 7.-luokkalaisten oppilaiden tietämys globaaleista ympäristöongelmista perustuu tämän tutkimuksen oppikirja-analyysin mukaan pitkälti perusopetuksen 5-6 vuosiluokkien varsin hajanaiseen ja faktuaaliseen käsittelyyn sekä muita informaatiolähteistä saatuihin tietoihin. Oppikirjojen tapaan käsitellä ympäristöongelmia tulisikin kiinnittää erityistä huomioita, etenkin kun suomalaisessa kouluopetuksessa oppimateriaalilla on yhä varsin merkittävä rooli sekä sisällöllisesti että pedagogisesti. Oppikirjan esitystavan tulisi erityisesti tukea käsitteellistämistä oppijan kognitiivisen kehitystason huomioiden sekä minimoida virhekäsitysten muodostumisen mahdollisuus. Näin ollen oppikirjoissa tulisi käsitellä mm. niitä todennäköisiä ennakkotietoja ja -käsityksiä joita oppilailla on ennen kyseisen sisällön käsittelemistä. Nykyisen oppimis- ja tiedonkäsityksen valossa opettajan merkitys oppilaan oppimisprosessin tukijana ja ohjaajana korostuu. Hyvä opettaja kompensoi oppimateriaalin puutteet, ja parhaimmillaan irrottautuu virheellisestä ja puutteellisesta materiaalista. Näin ollen huomiota tulisikin kiinnittää myös opettajien ympäristöongelmia käsitteleviin tietoihin, sillä mm. Dove (1996) on todennut opettajaksi opiskelevilla yliopisto-opiskelijoilla pitkälti samanlaisia virheellisiä käsityksiä ympäristöongelmista kuin nuorilla oppilaille. Merkille pantavaa tämän tutkimuksen perusteella on

lisäksi se, että yläasteen luonnontieteiden opettajat eivät ole kovin selvillä siitä, mitä oppilaat ovat perusopetuksen ensimmäisten vuosien aikana ympäristöongelmista opiskelleet. Konstruktivistisen oppimisenäkemyksen ja käsitteellisen muutoksen teorioiden valossa tilanne ei luo parhaita mahdollisia edellytyksiä opettamiselle ja oppimiselle.

Muodostuneiden käsitysten muuttaminen on hyvänkään opetuksen avulla vaikeaa (ks. mm. Ausubel 1963). Näin ollen tämä tutkimus herättää mielenkiintoisen kysymyksen globaalien ympäristöongelmien opetuksesta osana ympäristökasvatusta ja luonnontieteiden opetusta sekä opetuksen ajoituksesta. Samalla se asettaa suuria haasteita opetuksen kehittämiseksi. Tiedon muodostusta ja käsitteellistä muutosta käsittelevät tutkimukset ovat tuoneet esiin, että hyvän luonnontieteiden opetuksen tulisi olla luonteeltaan vähittäistä ja assimilatiivista (ks. Martin ym. 2000). Uudet, kapea-alaisemmat ja täsmälliset käsitteet tulisi liittää hierarkkiseen käsiterakennelmaan, joka muodostuu toisiinsa kiinteästi sidoksissa olevista, yleisemmistä ja laaja-alaisista käsitteistä (ks. Ausubel. 1968, Martinin ym. 2000 mukaan). Näin ollen perusopetuksen kuuden ensimmäisen vuoden aikana tulisi luoda pohja, yleiskäsitys ympäristöongelmista siinä laajuudessa että se mahdollistaa ilmiöiden ymmärtämisen. Tähän yleiskäsitykseen voidaan lisätä yksityiskohtia oppijan ymmärryksen kehittyessä. Myös muissa tutkimuksissa peräänkuulutetaan systemaattisen ja holistisen ymmärryksen kehittämiseen irrallisten tietosisältöjen tarkastelujen sijaan (ks. Karlgren & Ramberg 1995).

Eräiden tutkimusten mukaan (mm. Glazar & Vrtacnik 1998) ympäristöongelmien tiedollinen, ilmiön perusteiden ymmärtämiseen tähtäävä ympäristöongelmien tarkastelu tulisi sisällyttää jo suomalaisittain tarkasteltuna perusopetuksen viidennen ja kuudennen vuosiluokan opetussuunnitelmaan. Näin ollen Iozzin (1989) esittämää affektiivisen ja kognitiivisen osa-alueen painottumista ympäristökasvatuksessa voitaneen uudelleen arvioida informaatioyhteiskunnan aiheuttamien muutosten perusteella. Opetuksen ajoituksessa ja toteutuksessa on kuitenkin huomioitava nuorten oppijoiden kognitiiviset kyvyt ja kykyjen rajoitukset. Tutkimusten mukaan (esim. Havu 200) hyvin suunnitellun opetuksen avulla jopa esikouluikäisten oppijoiden on

mahdollista ymmärtää fysikaalisten ilmiöiden (kelluminen ja uppoaminen sekä valo) varsin tieteellisiä selityksiä ja jopa konstruoida näitä itse.

Kouluopetuksen tavoitteena on oppilaan tukeminen mielekkään tiedon konstruoinnissa. Näin ollen koulun ympäristöopetuksessa olennaista on se, että oppilas kokee ympäristötiedon merkitykselliseksi omassa elämässään. Lisäksi käyttäytymistä muokkaavien uskomusten ja käsitysten tulisi olla todenmukaisia ja perustua luonnontieteelliseen näkemykseen. Vastaavasti kognitioiden tulisi olla affektoiden tukemia. Oppilaat kokevat valitettavan usein koulun luonnontieteiden opetuksen varsin merkityksettömänä. (Fensham 1998) minkä lisäksi heillä usein on myös virheellisiä käsityksiä luonnontieteellisistä ilmiöistä. Näin ollen erityisesti ympäristöongelmien käsittelyssä tulisikin huomioida holistinen sekä monitieteinen lähestymistapa, jotta oppilaille olisi mahdollisuus jäsentää ympäristöongelmia mielekkäästi (ks. Käpylä 1994) ja kokea itsensä merkittäväksi osaksi ympäristöpäätöksentekoa. Perusopetuksen ympäristö- ja luonnontieto oppiainekokonaisuus antaa tähän hyvät edellytykset, joskin alustavan oppikirja-analyysin perusteella ympäristöasioiden käsittelyssä heijastuu objektiivis-analyyttinen lähestymistapa, jolloin ympäristöasioita tarkastellaan lähinnä luonnontieteellisen ja teknologisen tiedon valossa. Luonnontieteiden ja yhteiskunnallisten tieteiden yhteistyölle tulisi luoda edellytykset myös perusopetuksen vuosiluokilla 7-9 esittämällä toimivia käytännön ratkaisuja eri oppiaineiden yhdistämiseen. Opetussuunnitelmallisia esteitä oppiaineiden integraatioon ei ole.

Ympäristöongelmien taustalla olevien ilmiöiden ymmärtäminen on tärkeää, jotta osaamme tehdä tietoon perustuvia päätöksiä niin yksityiselämässämme kuin yhteiskunnallisessakin toimintaympäristössä. Luonnontieteellisen näkökulman korostamisen osana ympäristökasvatusta ei kuitenkaan tarvitse kaventaa lähestymistapaa transmissiivis-positivistiseksi. Parhaimmillaan ympäristöasioiden opetukseen löydetään monipuolisia lähestymistapoja ja sovelluksia oppijoiden lähtökohdat huomioiden. Samalla myös luonnontieteiden opetuksessa voidaan nykyistä kattavammin huomioida kognitioiden lisäksi myös affektiivisiä tavoitteita, jolloin opiskeltavan asian henkilökohtainen merkityksellisyys oppilaille voi entisestään lisääntyä.



## 11 TUTKIMUKSEN JA SEN MERKITYKSEN ARVOINTIA

Tämä tutkimus pohjautuu pitkälti kansainvälisen TIMSS 1999 – tutkimuksen kansalliseen aineistoon. Suomessa tutkimuksen kohteena olivat seitsemännen luokan oppilaat, joita edusti 2920 tehtävävihkoihin vastannutta oppilasta. Otannalle asetetut tavoitteet toteutuivat Suomessa erinomaisesti, sillä koulujen osallistumisaste oli 99 % ja oppilaiden 96 %. Kansainvälisesti edellytettiin sekä koulujen että oppilaiden osalta 85 % osallistumista. Lisäksi TIMSS 1999-tutkimuksen luonnontiedekoe kokonaisuudessaan mittasi oppilaiden luonnontieteiden suorituksia luotettavasti, sillä mittarin luotettavuutta kuvaava Cronbachin alfa oli 0.76. Tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden vastaukset on painotettu tilastollisten painokertoimien avulla siten, että ne kuvastavat koko populaation luonnontieteiden osaamista. Näin ollen TIMSS 1999-tutkimuksen tuloksien voidaan katsoa varsin luotettavasti edustavan suomalaisten 7.-luokkalaisten luonnontieteiden osaamista. Yksittäisten tehtäväosioiden tarkastelussa ei ole käytetty painokertoimia. Koulu- ja oppilasotannan satunnaisuudesta ja tehtäviin vastanneiden oppilaiden lukumäärästä johtuen tuloksia voidaan kuitenkin pitää varsin luotettavina ja koko populaatioon yleistettävänä myös tehtäväosiotasolla.

Tässä tutkimuksessa käytettiin TIMSS 1999- tutkimuksen ympäristö- ja luonnonvara sisältöalueen tehtäviä oppilaiden ympäristöongelmia koskevien tietojen ja mahdollisten virhekesitysten kartoittamiseen. Tarkastelun kohteeksi oli valittu kolme globaalisti ja skandinaavisesti erittäin merkittävää ympäristöongelmaa (otsonikato, ilmastonmuutos ja happamoituminen), jotka suomalaisesta näkökulmasta mielletään usein kaikkein merkityksellisimmiksi ympäristöongelmiksi, ja jotka ovat samalla myös oppilaille tutuimpia. Tässä tarkastelussa on kuitenkin jätetty huomioimatta useita merkittäviä ympäristöongelmia, kuten ympäristön kemikalisoituminen ja biodiversiteetin aleneminen, jotka epäilemättä ovat globaalisti vähintään yhtä merkittäviä kuin tämän tutkimuksen kohteeksi valitut ilmiöt. Nämä tarkastelun ulkopuolelle jätetyt ilmiöt ovat kuitenkin suomalaisille 7.-luokkalaisille oppilailla

vähemmässä määrin tuttuja. Tämän tutkimuksen tuloksia ei kuitenkaan voida yleistää koskemaan ympäristöongelmien tietoutta laajasti, joskin nämä tulokset antavat jonkinlaisia viitteitä oppilaiden ympäristöongelmia koskevasta tiedon tasosta.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin jo olemassa olevia mittavälineitä. Tutkimukseen valitut mittarit, tehtäväosiot, eivät täysin täyttäneet tämän tutkimuksen niille asettamia vaatimuksia. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää oppilaiden tietoutta sekä virhekäsityksiä ympäristöongelmista. Tehtävät sen sijaan mittasivat pitkälti faktatyypin tiedon muistamista kuin luonnontieteellisen ilmiön syvällistä ymmärtämistä. Tehtävänanto tehtävissä oli jouduttu mm. koko TIMSS 1999- tutkimuksessa vastattavan tehtävien suuren määrän vuoksi laatimaan siten, että oppilas pystyy vastaamaan yksittäiseen tehtävään kohtalaisen nopeasti ja lyhyesti. Näin ollen tehtävissä ei edellytetty oppilaalta vastauksensa syvällistä perustelua, mikä olisi paljastanut enemmän oppilaan tietorakenteista. Näin ollen tämä aineisto ei antanut parhaita mahdollisia lähtökohtia oppilaiden virhekäsitysten syvälliseen tutkimiseen. Aikaisempiin tutkimusmateriaaleihin nojautuminen, avointen vastausten diagnostisen koodauksen hyödyntäminen sekä usean samaan aihekokonaisuuteen liittyvän tehtäväosion samanaikainen tarkastelu antoivat kuitenkin varsin selkeitä viitteitä suomalaisten oppilaiden ympäristöongelmiin liittyvistä virhekäsityksistä. Tutkimustulosten luotettavuutta osaltaan vähentää kuitenkin diagnostisen koodauksen luokittelun aiheuttama tulosten osittainen harhaisuus. Tietyistä rajoituksistaan huolimatta tehtävät onnistuivat kuitenkin esimerkiksi ympäristökasvatuksen näkökulmasta tavoittamaan ilmiöiden keskeisiä ja olennaisia elementtejä. Kokonaisuudessaan näitä tutkimustuloksia voidaankin pitää vähintään suuntaa antavina ja samalla ne antavat erinomaisena lähtökohtana jatkotutkimuksille.

Kansainvälisissä survey- tutkimuksissa usealla maalla yhteisten mittavälineiden laadinta siten, että tulokset olisivat vertailukelpoisia ja kuvaisivat kunkin maan tiedollisia koulusaavutuksia, on ongelmallista. Näin ollen joudutaan yksittäisen maan kannalta katsottuna tekemään kompromisseja ja myönnytyksiä, jolloin kaikki tehtäväosiot eivät välttämättä palvele toimi tietyn maan koulutus kontekstissa. Opetussuunnitelma-analyysin ja

luonnontieteiden opettajien antamien tietojen perusteella tämän tutkimuksen kohteena olleita ilmiöitä ei ole vielä koulussa opetettu tutkittavalle populaatioille. Näin ollen kansainvälinen vertailu tehtävätasolla antaisi tältä osin virheellistä tietoa. Koko luonnontiedetutkimuksen mittakaavassa sillä, kuuluuko yksittäinen tehtävä opetettaviin sisältöihin, ei juurikaan kansainvälisten analyysien mukaan ole merkitystä. Suomen osalta keskimääräinen luonnontieteiden tehtävien ratkaisuprosentti oli 60 kun kaikki tutkimuksen tehtävät huomioidaan, ja 63 kun analyysistä on jätetty opetussuunnitelmaan kuulumattomat tehtäväosiot pois (ks. Martin 2000). Kansallisesti oppilaiden globaaleja ympäristöongelmia koskevien tietojen kartoittaminen ennen näiden ilmiöiden syvällistä ja laajaa kouluopetusta tarjoaa hyvän oppilaiden ennakkotietojen arviointitilaisuuden. Tällainen tieto on oleellista nykyisten oppimiskäsitysten valossa luonnontieteiden opetuksen ja ympäristökasvatuksen kehittämistyölle.

Oppikirja-analyysi toi kaivattua lisätietoa siihen, milloin ja mitä 7. luokkalaisille oppilaille on ympäristöongelmista opetettu. Kattavamman ja laajemman kuvan saamiseksi analysoitujen oppikirjasarjojen lukumäärää olisi nostettava ja ulotettava tarkastelu myös fysiikan ja kemian oppikirjoihin. Lisäksi analysoinnin kohteeksi pitäisi ottaa myös opettajan oppaat.

Tässä tutkimuksessa havaittuja oppimistuloksia, oppilaiden tiedontasoa pyritään selvittämään eräillä oppimistapahtuman taustatekijöillä. Taustatekijöiden valinnassa ei ole huomioitu oppilaiden henkilökohtaisia ominaisuuksia, kuten esim. luonnontieteellistä harrastuneisuutta, aikaisempia tietoja, kykyjä, persoonallisuutta tai kotitaustaa ei ole huomioitu. Myöskään varsinaista opettamis- oppimisprosessia tutkimuksessa ei ole voitu ottaa huomioon oppilaiden tietoihin vaikuttavana tekijänä. Näin ollen tutkimuksen voidaan sanoa heijastavan osittain myös behavioristista lähestymistapaa, koska mentaaliset prosessit ovat osin tutkimuksen ulkopuolella. Tutkimuksen lähtökohtana on kuitenkin ollut konstruktivistinen oppimiskäsitys, joskaan tätä lähestymistapaa ei kaikilta osin ole voitu tutkimuksessa noudattaa.

TIMSS 1999 tutkimuksen kaltaisten survey-tutkimusten päämääränä voidaan virheellisesti nähdä eri maiden asettaminen oppimistulosten mukaiseen paremmuusjärjestykseen. Tällainen keskiarvoihin tyytyminen on kuitenkin

laajojen ja monipuolisten aineistojen aliarvioimista ja hukkakäyttöä. Samalla menetetään yksittäisen maan kannalta arvokasta informaatiota (ks. Rikkinen 1987). Näin ollen aineiston kansallisten jatkoanalyysien merkitys onkin erityisen suuri. Käsillä oleva pro gradu- tutkielma on eräs keino hyödyntää monipuolista aineistoa erilaisista lähtökohdista ja teoreettisesta lähtökohdasta. Tämä omalta osaltaan rikastaa laajan aineiston käsittelyä ja avaa uusia mielenkiintoisia tutkimussuuntia. Tällainen tarkastelu vaatii kuitenkin onnistuakseen vankan teoreettisen perustan, jolle aineiston analysointi ja tulkinta perustuvat. Tämän pro gradu- tutkielman avulla saatiin lisävalaistusta sekä luonnontieteiden opetuksen kehittämisen että ympäristökasvatuksen suuntaamisen kannalta. Samalla se herättää lukuisia mielenkiintoisia kysymyksiä, joiden vastaamiseksi tarvitaan kohdennettuja lisätutkimuksia.

## LÄHTEET

- Adler, J. 1992. Little green lies. *Policy review* 61, 18-23.
- Aebli, H. 1991. Opetuksen perusmuodot. Juva: WSOY.
- Aho, L. 1984. A theoretical framework for research into environmental education. *Prospects* 16(1), 183-191.
- Aho, L. 1993. Ympäristö- ja luonnontieto lasten kasvatuksessa. Teoksessa M. Ojala (toim.) *Suomalaista varhaiskasvatustutkimusta. Lastensuojelun keskusliitto: Helsinki*, 266-280.
- Ahtee, M. 1992. Oppilaiden käsityksen valo-opin ilmiöistä ja niiden ottaminen huomioon opetuksessa. *Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia* 102. Yliopistopaino: Helsinki.
- Ajzen, I. & Fishbein, M. 1980. *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Ajzen, I. 1988. *Attitudes, personality and behaviour*. Milton Keynes: Open University Press.
- Angell, C. & Kobberstad, T. 1993. Coding rubrics for free-response items. (Doc.Ref.: ICC800/NR360). Paper prepared for the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS).
- Angell, C., Brekke, G., Gjørtz, T., Kjærnsli, M., Kobberstad, T. & Lie, S. 1994. Experience with coding rubrics for free-response items. (Doc.Ref. ICC867). Paper prepared for the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS).
- Arons, H., Francek, M., Nelson, B. & Bisard, W. 1994. Atmospheric misconceptions. *The Science Teacher* 61 (1), 30-33.
- Atjonen, p. 1993. Kunnan opetussuunnitelma koulun hallinnollisen ja pedagogisen kehittämisen kohteena ja välineenä: peruskoulun ala-asteen luokanopettajien kokemukset ja käsitykset kunnan opetussuunnitelman laadinnasta, toteuttamisesta ja kehittämisestä. Oulun yliopisto. *Acta Universitatis Ouluensis. Series E. Scientiae rerum socialium* 11.
- Aulio, K. 1990. *Maailmanlaajuiset ympäristöongelmat. Ympäristöliike*. Kaarina; Painola.

- Ausubel, D. 1963. *The psychology of meaningful verbal learning: an introduction to school learning*. New York: Holt, Renhart & Wilson.
- Ausubel, D. 1968. *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Renhart & Wilson.
- Batterham, D., Stanisstreet, M. & Boyes, E. 1996. Kids, cars and conservation: Children's ideas about the environmental impact of motor vehicles. *International journal of science education*. 18(3), 347-354.
- Barras, R. 1984. Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of biological education* 18 (3), 201-206.
- Benedict, F. 1991. *Environmental education for our common future. A handbook for teachers in Europe*. Unesco: Norwegian university press.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. 1992. Students' perceptions of global warming. *International journal of environmental studies* 42, 287-300.
- 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. 1994. The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage. *Global environmental change* 4 (4), 311-324.
- 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 (3), 269-282.
- Boyes, E., Stanisstreet, M. 1998. High school students' perceptions of how major global environmental effects might cause skin cancer. *Journal of environmental education* 29(2), 31-36.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. & Papanoniou, V. S. 1999. *The ideas of Greek high school students about the "ozone layer"*. John Wiley & Sons, Inc.
- Boyes, E., Chuckran, D., Stanisstreet, M. 1993. How do high school students perceive global climatic change: What are its manifestations? What are

- its origins? What corrective action can be taken? *Journal of science education and technology* 2(4), 541-557.
- Budd, R., Bleiker, S. & Spencer, C. 1983. Exploring the use and non- use of marijuana as reasoned actions: an application of the Fishbein and Ajzen methodology. *Drug and alcohol dependence* 11, 217-224.
- Carey, S. 1985. *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. 1991. Knowledge acquisition: enrichment of conceptual change? Teoksessa S. Carey & R. Gelman (toim.) *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Chi, M. T. H. & Slotta, J. D. 1993. The ontological coherence of intuitive physics. *Cognition and instruction* 10 (2&3), 249-260.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D. & de Leeuw, N. 1994. From things to process: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction* 4, 27-43.
- Dillon, P. & Beney, S. 1993. *Teaching about environmental issues. Towards a comprehensive framework*. New Bulmshire papers. University of Reading. Faculty of Education and Community Studies.
- Dillon, P. & Gayford, C.G. 1997. A psycometric approach to investigating the environmental beliefs, intentions and beliefs of pre-service teachers. *Environmental education research* 3(3), 283-297.
- diSessa, A. 1993. Toward an epistemology of physics. *Cognition and instruction* 10 ( 2& 3), 105-225.
- diSessa, A. 1998. Knowledge-in-pieces. Teoksessa G. Forman & P. B. Pufall (toim.) *Constructivism in the computer age*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale: NJ, 49-70.
- Dove, J. 1996. Student teacher understanding of the greenhouse effect, ozone layer depletion and acid rain. *Environmental education research* 2 (1), 89-101.
- Driver, R. 1981. Pupils' alternative frameworks in science. *European journal of science education* 3(1), 93-101.
- Driver, R. 1983. *The pupil as scientists?* Milton Keynes: Open university press.

- Driver, R. & Erickson, G. 1983. Theories-in action: some theoretical and empirical issues in the study of student's conceptual frameworks in science. *Studies in science education* 10, 37-60.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. 1985. *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open university Press.
- Fensham, P. J. 1998. Student response to the TIMSS test. *Research in science education*. 28(4), 481-489.
- Ferrari, M. & Chi, M. T. H. 1998. The nature of naive explanations of natural selection. *International journal of science education* 20 (10), 1231-1256.
- Fien, J. 1983. *Humanistic geography*. Teoksessa J. Huckle (toim.) *Geographical education: Reflection and action*. Oxford: University Press.
- Fien, J. 1993. *Education for the environment: critical curriculum theorizing and environmental education*. Geelong: Deaking university press.
- Foy, P. & Joncas, M. 2000. TIMSS sample desing. Teoksessa M.O. Martin, K.D. Gregory & S.E. Semler (toim.) *TIMSS 1999 Technical report*, Chestnutt Hill, MA: Boston.
- Francis, C., Boyes, E., Qualter, A. & Stanisstreet, M. 1993. Ideas of elementary students about reducing the "greenhouse." *Science education*. 77 (4),375-392.
- Føreid, B. & Lie, S. 1998. En studie av miljøundervisning og miljøkunnskap blant elever basert på TIMSS-data. Rapport serie, rapport nr. 31. Universitetet i Oslo.
- Gare, A. E. 1995. *Postmodernism and the environmental crisis*. London: Routledge.
- Glazar, S.A. & Vrtacnik, M. 1998. Primary school children´s understanding of municipal waste processing. *Environmental education research* 4(3), 299-309.
- Gomez-Granell, C. & Cervera-March, S. 1993. Development of conceptual knowledge and attitudes about energy and the environment. *International journal of science education* 15, 553-565.
- Groves, F. H. & Pugh, A. F. 1996a. The relationship of college student perceptions of global warming to nine demographic variables. Paper



- presented at the annual meeting of the mid-South educational research association. (Tuscaloosa, AL, November 7, 1996).
- Groves, F. H. & Pugh, A. F. 1996b. College students' misconceptions of environmental issues related to global warming. Paper presented at the annual meeting of the national association for research in science teaching. (St. Louis, MO, April 1, 1996).
- Hann, K. 1992. Chatting about global warming. *Primary Science review*. 73, 24-26.
- Havu, S 2000. Changes in children's conceptions through social interaction in pre-school science education. *Universitas Ostiensis, Joensuu yliopisto Kasvatustieteellisiä julkaisuja N:o 60*.
- Hills, G. 1989. Student's "untutored" beliefs about natural phenomena: primitive science or common sense? *Science education* 73, 155-186.
- Hines, J. M. 1986/87. Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: a meta-analysis. *Journal of environmental education* 18(2), 1-8.
- Huckle, J. 1991. Education for sustainability: assessing pathways to the future. *Australian journal of environmental education* 7, 43-62.
- Hungerford, H. & Volk, T. 1990. Changing learner behaviour through environmental education. *Journal of environmental education* 21(3), 8-21.
- Iozzi, L.A. 1989. What research says to educator. Part two: Environmental education and the affective domain. *Journal of environmental education* 20 (4), 6-13.
- Jeronen, E. & Kaikkonen, M. 1995. Ympäristökasvatus eettisenä kasvatuksena paikallisen kulttuurin omaksumisessa. Esitelmä ainedidaktiikan symposiumissa. Helsinki 3.2.1995
- Karlgren, K. & Ramberg, R. 1995. Conceptual change & language use in learning. Stockholm university, department of computer and system science. Barnens Ö, June 12- 13. 1995. <http://www.dsv.su.se/~robban/ConcChange.html>. Luettu 30.3.2000.

- Kelly, A. 1978. Girls and science. An international study of sex differences in school science achievement. IEA monographs studies no. 9. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Kari, J. 1988. Luokanopettajan oppikirjasidonnaisuus. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteiden tutkimuslaitos. Julkaisusarja A. Tutkimuksia 14.
- Koskenniemi, M. & Komulainen, E. 1983. Lernmaterial und unterrichtsprozess. Unterrichtswissenschaft 1, 4-26.
- Kupari, P., Reinikainen, P. & Törnroos, J. 1999. Survey activities report/ Finland. TIMMS-R/ Main survey 1999. Institute for educational research. Jyväskylä.
- Kupari, P., Reinikainen, P., Nevanpää, T. & Törnroos, J. 2001. Miten matematiikkaa ja luonnontieteitä osataan suomalaissa peruskoulussa? Kolmas kansainvälinen matematiikka- ja luonnontiedetutkimus TIMSS 1999 Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
- Käpylä, M. 1994. Yhdentävä kasvatus ympäristökasvatuksen holistisena viitekehyksenä. Teoksessa M. Käpylä ja R. Wahlström (toim.) Ympäristökasvatuksen menetelmäopas. Jyväskylän yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen oppimateriaaleja 17. Jyväskylä: Yliopistopaino, 10-19.
- Laurén, J. 1993. Osaavatko peruskoululaiset luonnontietoa? Teoksessa P. Linnakylä & H. Saari (toim.) Oppiiko oppilas peruskoulussa? Peruskoulun arviointi 90- tutkimuksen tuloksia. Kasvatustieteiden tutkimuslaitos, Jyväskylän yliopisto. Jyväskylä: Kirjapaino Oma.
- 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.
- Leeson, E., Stanisstreet, M. & Boyes, E. 1996. Children's ideas about the environmental impact of cars: a cross-age study. International journal of environmental studies 52, 89-103.
- Lie, S., Taylor, A. & Harmon, M. Scoring techniques and criteria. 1996. TIMSS Technical report, Vol. 1. Design and development. IEA: Boston College.

- Marek, E. 1986. Unerstandings and misunderstandings of biology concepts. *The American biology teacher* 48 (1), 37-40.
- Martin, B. L., Mintzes, J. J. & Ileana, E. C. 2000. Restructuring knowledge in biology: cognitive processes and metacognitive reflections. *International journal of science education*. 22(3), 303-323.
- Mintzes, J., Wandersee, J. & Novak, J. 1997. Meaningful learning in science: the human constructivist perspective. Teoksessa G. D. Phye (toim.) *Handbook of academic learning*. San Diago, CA: Academic Press.
- Mirkkilä-Erdman, M., Olkinuora, E. & Mattila, E. Muuttuneet käsitykset oppimisesta ja opettamisesta - haaste oppikirjoille. *Kasvatus* 5, 436-449.
- Mitchell, J. 1990. Greenhouse physics. *Physics world* 3, 27- 32.
- Mogensen, F. 1996. Environmental education as critical education. Teoksessa *Environmental education research in the Nordic countries. Proceedings from the research centre for environmental education and health education*. No. 33: The Royal Danish School for environmental studies, 44-63.
- Munson, B. H. 1994. Ecological misconceptions. *Journal of environmental education* 25 (4), 30-35.
- Murphy, M. & Watson, R. 1991. Encouraging water saving: the role of knowledge, attitudes and intention. *Australian journal of environmental education* 7, 71-78.
- Ojala, J. 1997. Kirjoittamaton kirja, kirjoitettu kirja ja luonnonkirja. Planetaariset ilmiöt teksteinä ja kuvina peruskoulun ja lukion oppikirjoissa. Jyväskylän yliopisto, Opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 63.
- Osborne, R. & Freyberg, P. 1985. *Learnign in Science. The implications of children's science*. Hong Kong: Heinemann Education.
- Opetushallitus, 1999. Perusopetuksen päättöarvioinnin kriteerit. Arvosanan hyvä (8) kriteerit yhteisissä oppiaineissa. Opetushallitus. Helsinki: Yliopistopaino Oy.
- Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet. 1994. Opetushallitus, Helsinki: Painatuskeskus.

- Phillips, W. 1991. Earth science misconceptions. *The science teacher* 58 (2), 21-23.
- Piaget, J. 1988. *Lapsi maailmansa rakentajana*. Suomentanut Saara Palmgren. Helsinki: WSOY.
- Plunkett, S. & Skamp, K. 1994. The ozone layer and hole: children's conceptions. Paper presented at the Australian science education research conference, Hobart, Tasmania.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. 1982. Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education* 66(2), 211-227.
- Pulkkinen, K. 2000. *Luokanopettajan ajattelua ja toimintaa ympäristökasvattajina*. Lisensiaatintutkielma. Joensuun yliopisto, Kasvatustieteiden tiedekunta, soveltavan kasvatustieteen laitos.
- Rajakorpi, A. 1999. (toim.) *Peruskoulun 9.- luokkalaisten luonnontieteiden oppimistulosten arviointi*. Keväällä 1998 pidetyn kokeen tulokset. *Oppimistulosten arviointi 2/ 1999*. Opetushallitus. Helsinki: Yliopistopaino.
- Rikkinen, H. 1987. *Biologian ja maantiedon koulusaavutustutkimukset Suomessa 1970 ja 1983- 84: IEA: aineiston tarkastelua suomalaisten opetussuunnitelmien valossa*. Kasvatustieteiden tutkimuslaitoksen julkaisusarja A, Tutkimuksia 9. Jyväskylä: Sisä-Suomi Oy.
- Robitaille, D.F. (toim.) 1993. *Curriculum frameworks for mathematics and science. The third international mathematics and science study. TIMSS monograph no. 1*. university of British Columbia, Faculty of Education. Vancouver: Pacific Educational Press.
- Robitaille, D.F. & Garden, R.A. (toim.) 1996. *The IEA study of mathematics II: Contexts and outcomes of school mathematics*. Oxford: Pergamon Press.
- Robottom, I. & Hart, P. 1993. *Research in environmental education. Engaging the debate*. Geelong, Victoria, Australia: Deakin University Press.
- Sahlberg, P. 1996. *Kuka auttaisi opettajaa. Post-moderni näkökulma opetuksen muutokseen yhden kehittämisprojektin valossa.. Jyväskylä studies in*

- education, psychology and social research 119. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
- Scott, W. & Oulton, C. 1999. Environmental education: Arguing the case for multiple approaches. *Educational studies* 25(1), 89-97.
- Shayer, M. & Adey, P. 1981. *Towards a science of science teaching*. London: Heinemann educational books.
- Skolnick, A. 1991. Is ozone layer loss to blame for melanoma upsurge? *Journal of American Medical Association* 265, 3218-3226.
- Smyth, J. C. 1995. Environment and education: a view of a changing scene. *Environmental education research* 1, 3-20.
- Tamir, P. 1989. Some issues related to the use of justifications to multiple-choice answers. *Journal of biological education* 23(4), 285-292.
- Towler, G. & Shepherd, D.R. 1992. Application of Fishbein and Ajzen's expectancy-value model to understanding fat intake. *Appetite* 18, 15-27.
- Uusitalo, L. 1986. *Suomalaiset ja ympäristö. Tutkimus taloudellisen käyttäytymisen rationaalisuudesta*. Acta Acaemiae Oeconomicae Helsingiensis. Series A: 49. The Helsinki school of economics.
- Van Matre S. 1979: *Sunship Earth*. American Camping Association. Martinsville.
- Wahlström, E., Reinikainen, T. & Hallanaro, E-L. 1994. *Ympäristön tila Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallitus, Ympäristötietokeskus*. Helsinki; Gaudeamus.
- Walker, K. E. 1995. The teaching and learning of environmental education in NSW primary schools: a case study. *Australian journal of environmental education* 11, 121-129.
- Walker, K. E. 1997. Challenging critical theory in environmental education. *Environmental education research* 3(2), 155-162.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., and Novak, J. D. 1994. Research on alternative conceptions in science. Teoksessa D. L. Gabel (toim.) *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan, 177-210.
- Wang, J. 1998. A content examination of the TIMSS items. *Phi Delta Kappan*, 80(1), 36-38.

- Wittenbraker, J., Gibbs, B. L. & Kahle, L. R. 1983. Seat belt attitudes, habits and behaviour. An adaptive amendment to the Fishbein model. *Journal of applied social psychology* 13, 406-421.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. 1998. From conceptual development to science education: A psychological point of view. *International journal of science education* 20 (10), 12131-1230.
- Vosniadou, S. 1994. Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and instruction* 4, 45-69.
- Yan Yip, D. 1998. Teachers' misconceptions of the circulatory system. *Journal of biological education* 32 (3), 207-216.
- Åhlberg, M. 1995. Systemistisen kasvatuksen teoria (SKT) ympäristökasvatuksen perustana. Teoksessa S. Ojanen & H. Rikkinen (toim.) *Opettaja ympäristökasvattajana*. Opetus 200-sarja. Juva: WSOY, 47-59.
- Åhlberg, M. 1998. Ecopedagogy and ecodidactis: education for sustainable development, good environment and good life. University of Joensuu. *Bulletins of the Faculty of Education*, No. 69.
- Äänismaa, P. 1998. Kotitalouden ympäristökasvatus on vaikuttamiseen harjaannuttamista. Teoksessa L. K. Kaukinen & A-L. Rauma (toim.) *Kotitalouden ja tekstiilityön opettajien koulutusta Joensuun yliopistossa ja Savonlinnassa. 40-vuotisjuhlajulkaisu*. Kasvatustieteiden tiedekunnan selosteita. N:o 71, 91-109.

**LIITE 1.** TIMSS 1999- tutkimuksen luonnontieteiden arviointikehys (Robitaille ym. 1993). Sisältöalueiden kuvaus ja suomennokset on tehty opettajakyselyssä käytettyjen käsitteiden kautta.

## **1. Sisältöalueet**

### **1.1 Maantieto**

- 1.1.1 Maan pinnan fyysiset piirteet (kerrokset, pinnanmuodostus, vesistöt, kalliot, maaperä)
- 1.1.2 Maan ilmakehä( kerrokset, koostumus, lämpötila, paine)
- 1.1.3 Maapallon historia ja prosessit (sää ja ilmasto, fysikaalinen kiertokulku, mannerlaatat, fossiilit)
- 1.1.4 Maapallo osana aurinkokuntaa ja maailmankaikkeutta (maan, auringon ja kuun vuorovaikutukset; suhde planeettoihin ja tähtiin).

### **1.2 Biologia**

- 1.2.1 Ihmiskeho – elimistön rakenne ja toiminta
- 1.2.2 Ihmisen elimistön toiminnot (aineenvaihdunta, hengitys, ruuansulatus)
- 1.2.3 Ihmisen ravinto, terveys ja sairaudet
- 1.2.4 Eläin- ja kasvikunta (monimuotoisuus, rakenne, elintoiminnot, elämän kiertokulku)
- 1.2.5 Eliöiden vuorovaikutus (biomit ja ekosysteemit, keskinäiset riippuvuussuhteet)
- 1.2.6 Lisääntyminen, genetiikka, evoluutio ja lajiutuminen

### **1.3 Kemia**

- 1.3.1 Aiheiden luokittelu (alkuaineet, yhdisteet, liuokset, seokset)
- 1.3.2 Aineen rakenne (atomit, ionit, molekyylit, kiteet)
- 1.3.3 Kemialliset reaktiot ja muutokset (kemiallisen muutoksen määritelmä, hapettuminen, palaminen)
- 1.3.4 Energia ja kemialliset muutokset (eksotermiset ja endotermiset reaktiot, reaktion nopeus)

### **1.4 Fysiikka**

- 1.4.1 Aineen fysikaaliset ominaisuudet ja muutokset (paino, massa, olomuodot, kiehuminen, jähmettyminen)
- 1.4.2 Atomin rakennesosat (protonit, elektronit, neutronit)
- 1.4.3 Energian lajit, lähteet ja muunnokset (kemiallinen, kineettinen, sähkö-, valo-energia: työ ja teho)
- 1.4.4 Lämpö ja lämpötila
- 1.4.5 Aaltoliike, ääni ja värähtely
- 1.4.6 Valo
- 1.4.7 Sähkö ja magnetismi
- 1.4.8 Voima ja liike (voiman lajit, voimatasapaino, nesteen käyttäytyminen, nopeus, kiihtyvyys)

## **1.5 Ympäristö- ja luonnonvarakysymykset**

- 1.5.1 Saastuminen (happosateet, maapallon lämpeneminen, otsonikerros, vesien saastuminen)
- 1.5.2 Luonnonsuojelu (maa, vesistöt, metsät, energianlähteet)
- 1.5.3 Ravintovarot ja –tuotanto, väestö, luonnonilmiöiden ja ihmisen aiheuttamat ympäristövaikutukset)

## **1.5.4 Luonnontieteellisen tiedonhankinnan menetelmät**

- 1.5.5 Tieteellinen menetelmä (hypoteesien muodostaminen, havainnointi, johtopäätökset, yleistäminen)
- 1.5.6 Koeasetelmat (kokeen kontrollointi, välineet ja menettelyt)
- 1.5.7 Luonnontieteelliset mittaukset (luotettavuus, toistettavuus, mittausvirhe, tarkkuus, asteikot)
- 1.5.8 Tieteellisen välineistön käyttö ja rutiininomaisten kokeiden suorittaminen
- 1.5.9 Tiedon keruu, organisointi ja esittäminen (yksiköt, taulukot, kaaviot ja kuvaajat)
- 1.5.10 Tietojen kuvaaminen ja tulkinta
- 1.5.11

## **2. Suoritusodotukset**

### **2.1 Ymmärtäminen**

- 2.1.1 Yksinkertaisen tiedon ymmärtäminen
- 2.1.2 Monimutkaisen tiedon ymmärtäminen
- 2.1.3 Temaattisen tiedon ymmärtäminen

### **2.2. Teorisointi, analysointi, ongelmaratkaisu**

- 2.2.1 Tieteellisten periaatteiden päättely ja abstraktisointi
- 2.2.2 Tieteellisen tiedon soveltaminen määrällisten ongelmien ratkaisemiseksi
- 2.2.3 Tieteellisen tiedon soveltaminen selitysten tekemiseksi
- 2.2.4 Mallin luominen, tulkinta ja soveltaminen
- 2.2.5 Johtopäätösten teko

### **2.3 Perusmenetelmien käyttö**

- 2.3.1 Laitteiden, välineiden ja tietokoneiden käyttö
- 2.3.2 Rutiininomaisten kokeiden suorittaminen
- 2.3.3 Tiedonkeruu
- 2.3.4 Tiedon organisointi ja esittäminen
- 2.3.5 Tiedon tulkinta

### **2.4 Luonnontutkimus**

- 2.4.1 Tutkittavien ongelmien tunnistaminen
- 2.4.2 Tutkimusten suunnittelu
- 2.4.3 Tutkimusten suorittaminen
- 2.4.4 Tutkimustulosten tulkinta
- 2.4.5 Johtopäätösten tekeminen tutkimustulosten pohjalta



### **3. Näkökulmat**

#### **3.1 Asennoituminen matematiikkaan, luonnontieteisiin ja teknologiaan**

3.1.1 Positiivinen asennoituminen luonnontieteisiin, matematiikkaan ja teknologiaan

3.1.2 Epäilevä suhtautuminen luonnontieteellisen tiedon ja teknologian käyttämiseen

3.2 Careers in science, mathematics and technology

3.2.1 Luonnontieteitä, matematiikkaa ja teknologiaa hyödyntäville aloille ohjaaminen

3.2.2 Luonnontieteellisen, matemaattisen ja teknologisen tiedon merkityksen korostaminen myös ei-teknologisilla aloilla.

3.3 Osallistuminen

3.4

3.5 Turvallisuus

**LIITE 2.** Tutkimuksessa tarkasteltujen TIMSS 1999-tutkimuksen tehtävien täsmälliset esitysmuodot.

Täsmälliset tehtävien esitysmuodot eivät ole julkisia.

Lisätietoja antaa TIMSS 1999- tutkimuksen kansallinen koordinaattori

Pekka Kupari

Koulutuksen tutkimuslaitos

014-260 3278

[kupari@piaget.jyu.fi](mailto:kupari@piaget.jyu.fi)

**LIITE 3.** T- testi. Sukupuolten välinen ero keskimääräisissä ratkaisuprosenteissa.

**T-Test**

**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	POJAT	42,1600	5	19,7270	8,8222
	TYTÖT	33,5800	5	18,5721	8,3057

**Paired Samples Correlations**

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	POJAT & TYTÖT	5	,967	,007

**Paired Samples Test**

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	POJAT - TYTÖT	8,5800	5,0668	2,2659	2,2888	14,8712	3,787	4	,019

**LIITE 4.** Tyttöjen ja poikien vastaukset kysymykseen "Kuinka usein koulun ulkopuolella katsot luonto- ja tai historia-aiheisia ohjelmia televisiosta tai videolta?"

**\*STUDENT'S SEX\* = girl**

**Statistics<sup>a</sup>**

GENWATCH NATURE,WILDLIFE,HISTORY

N	Valid	1540
	Missing	94

a. \*STUDENT'S SEX\* = girl

GENWATCH NATURE,WILDLIFE,HISTORY

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	about every day	39	2,4	2,5	2,5
	about once a week	278	17,0	18,1	20,6
	about once a month	441	27,0	28,6	49,2
	rarely	782	47,9	50,8	100,0
	Total	1540	94,2	100,0	
Missing	not admin.	64	3,9		
	System	30	1,8		
	Total	94	5,8		
Total		1634	100,0		

a. \*STUDENT'S SEX\* = girl

**\*STUDENT'S SEX\* = boy**

**Statistics<sup>a</sup>**

GENWATCH NATURE,WILDLIFE,HISTORY

N	Valid	1518
	Missing	138

a. \*STUDENT'S SEX\* = boy

GENWATCH NATURE,WILDLIFE,HISTORY

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	about every day	62	3,7	4,1	4,1
	about once a week	432	26,1	28,5	32,5
	about once a month	492	29,7	32,4	65,0
	rarely	532	32,1	35,0	100,0
	Total	1518	91,7	100,0	
Missing	not admin.	99	6,0		
	System	39	2,4		
	Total	138	8,3		
Total		1656	100,0		

a. \*STUDENT'S SEX\* = boy