JYX JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Ratinen, Ilkka; Vettenranta, Jouni

Title: Oppilaiden ilmastonmuutososaamisen suhde heidän käsityksiinsä omasta ympäristötietoisuudesta ja -optimismista

Year: 2018

Version: Published version

Copyright: © Kirjoittajat & Suomen kasvatustieteellinen seura, 2018.

Rights: CC BY 4.0

Rights url: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Please cite the original version:

Ratinen, I., & Vettenranta, J. (2018). Oppilaiden ilmastonmuutososaamisen suhde heidän käsityksiinsä omasta ympäristötietoisuudesta ja -optimismista. In J. Rautopuro, & K. Juuti (Eds.), PISA pintaa syvemmältä : PISA 2015 Suomen pääraportti (pp. 153-173). Suomen kasvatustieteellinen seura. Kasvatusalan tutkimuksia, 77. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-5401-82-0

Ilkka Ratinen &
Jouni Vettenranta

6. Oppilaiden ilmastonmuutos-osaamisen suhde heidän käsityksiinsä omasta ympäristötietoisuudesta ja -optimismista

Johdanto

Ilmastonmuutos on yksi mediassa esillä olevista globaaleista ympäristöuhkista. Tämän hetken tieteellisen näkemyksen mukaan maapallon keskilämpötila on noussut 0,85 astetta vuodesta 1880 (IPCC 2013). Pariisin ilmastosopimuksessa (United Nations 2015) päädyttiin historialliseen päätökseen, että globaalin lämpötilan nousun täytyisi pysähtyä kahteen asteeseen. Tavoite tulee vaatimaan huomattavia panostuksia puhtaisiin teknologioihin energian tuotannossa, liikenteessä, maataloudessa ja asumisessa. Lisäksi hiiltä ilmakehästä poistavat tekniikat täytyy ottaa tehokkaammin käyttöön sekä sitoa hiiltä metsien hiilinieluihin. Kasvatuksen näkökulmasta keskeiseksi ilmastotoimeksi nousee ihmisten kuluttamiseen vaikuttaminen, sillä yli 70 prosenttia suomalaisten aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä johtuu ihmisten asumisesta, liikku-

misesta ja syömisestä eli kulutustottumuksista (Seppälä ym. 2014). Tulosta on vaikea verrata kansainvälisesti, sillä luotettavaa tilastointia ei ole olemassa. Onnistunut ilmastokasvatus pohjautuukin oppilaiden riittävään luonnontieteelliseen sisältötietoon (Ratinen 2016), joka mahdollistaa ilmastonmuutoksen hillitsemisessä ja siihen sopeutumisessa ilmastonmuutoksen kannalta oleellisiin seikkoihin keskittymisen, kuten hiilijalanjäljen pienentämiseen. Näin tiedon avulla ilmastokasvatus luo toimivan osa-alueen kestävän kehityksen kasvatukseen (Lehtonen & Cantell 2015). Kagawa ja Selby (2013) jaottelevat kestävään kehitykseen liittyvän ilmastokasvatuksen kolmeen ulottuvuuteen: ymmärrys ja valppaus ilmastonmuutosta kohtaan, ilmastonmuutoksen lieventäminen sekä ilmastonmuutokseen sopeutuminen. Ilmastokasvatuksessa on viime aikoina alettu korostaa tiedon lisäksi tunnetta ja toimintaa (Pihkala 2017b, 2017c). Marshallin mukaan (2015) ilmastonmuutos on vaikea ilmiö, sillä ihmiset eivät osaa ajatella ajallisesti ja sijainnillisesti kaukaisia asioita, vaan meidän on helpompi tarttua arjessa oleviin epäkohtiin. Ilmastonmuutoksen edessä ihminen voi joutua toivottomuuden tilaan ja ilmastokasvatuksessa hänet olisi ohjattava ympäristötuhotietoisuudesta ja torjuntareaktioiden keskeltä voimaantumiseen ja osallisuuteen (Pihkala 2017a). Ilmastokasvatus liittyy läheisesti onnistuneeseen ilmastopolitiikkaan, joka tarvitsee tuekseen valveutuneet kansalaiset, ja nimenomaan koulussa tähän voidaan vaikuttaa merkittävällä tavalla.

Luonnontieteellisellä osaamisella on merkittävä vaikutus ilmastonmuutoksen ymmärtämiseen (Ratinen 2016; Huxster, Uribe-Zarain & Kempton 2015). Suomalaisessa koulussa ilmastonmuutosta opiskellaan erityisesti maantiedon ja biologian tunneilla. Tiedon lisäksi ilmastonmuutoksen opetukseen ja oppimiseen vaikuttavat oppijoiden ja opettajien ympäristöasenteet sekä uskomukset tulevaisuudesta (Hermans 2016; Ojala 2012). Uudessa opetussuunnitelmassa myös muiden oppiaineiden merkitystä on korostettu ja nykyisin opettajat voivat ilmastokasvatuksessa tukeutua verkosta ladattavaan Open ilmasto-oppaaseen (http://open-ilmasto-opas.fi/). Näyttäisi siltä, että yhteisölliset ja epäsuorat keinot ovat tarkoituksenmukaisempia tapoja, joilla oppilaat voivat

vaikuttaa ilmastonmuutokseen hillitsevästi. Näihin keinoihin täytyisi myös opetuksen pohjautua. Lehtosen ja Cantellin (2015) mukaan ilmastokasvatuksessa on ilmastonmuutostietouden lisäksi tärkeää ottaa myös oppijan tunteet huomioon, jotta opetuksen takia tulevaisuudesta ei synny liian synkkää kuvaa.

Nuoret ovat tulevaisuuden päättäjiä, jotka tulevat tekemään kauaskantoisia maapallon tulevaisuutta koskevia ratkaisuja. Tutkimukset kuitenkin osoittavat, että oppilailla on runsaasti tiedollisia puutteita, jotta he voisivat ymmärtää oikein ilmastonmuutoksen ja siihen vaikuttavat tekijät (mm. Hermans 2014; Huxster, Uribe-Zarain & Kempton 2015). Toisaalta monilla oppilailla vaikuttaisi olevan myös pessimistinen tulevaisuuskuva (Ojala 2012). Tässä PISA 2015 -aineistoon pohjautuvassa tutkimuksessa tarkastellaan 15-vuotiaiden oppilaiden luonnontieteellistä osaamista erityisesti maapallon lämpötilaan ja ilmakehän hiilidioksidiin liittyvissä kysymyksissä. Nuorten osaamista verrataan heidän ympäristötietouteensa ja tulevaisuuskuvaansa. Tilastollisten analyysien pohjalta laaditut kartat kuvaavat tutkittavien ilmiöiden alueellista esiintymistä Suomessa.

Suomalaisten nuorten ympäristöasenteet

Nuorisobarometri on vuosittain julkaistava tutkimus, joka mittaa suomalaisten 15–29-vuotiaiden nuorten arvoja ja asenteita (Myllyniemi 2017). Nuorisobarometrin mukaan suomalaiset nuoret ovat ympäristöasenteissaan varsin kriittisiä ja tiedostavia. Suomalaisista nuorista 85 prosenttia pitää ihmisen vaikutusta ilmaston lämpenemiseen tosiasiana, ja yhtä suuri osuus nuorisosta on sitä mieltä, että tulevat sukupolvet joutuvat kärsimään, mikäli ympäristön tuhoaminen jatkuu. Cookin ym. (2013) meta-analyysi, jossa tarkasteltiin 29 083 tutkijan 11 944:ää vertaisarvioitua tutkimusta, osoitti ilmastonmuutoksen olevan yli 97 prosentin varmuudella ihmisperäinen ilmiö. Myllymäen mukaan (2017) nuoret eivät näytä vajonneen ilmastonmuutoksen osalta toivottomuuteen, sillä lähes puolet (48 %) uskoo ympäristöongelmiin

löytyvän maailmanlaajuisesti kestäviä ratkaisuja. Toisaalta 41 prosenttia uskoo tieteen ja teknologian ratkaisevan ympäristöongelmat. Kriittisesti tarkasteltuna meillä on kuitenkin runsaasti parannettavaa, jotta suurempi osa nuorista ajattelisi tulevaisuudesta positiivisemmin. Lisäksi 90 prosenttia nuorista on sitä mieltä, että ympäristön eteen kannattaa tehdä työtä, vaikka kaikki eivät sitä tekisikään. Huolestuttavaa sen sijaan on huomata 66 prosentin nuorista toteavan, että tuotantoa ja kulutusta tulisi vähentää ympäristösyistä, mutta vain 42 prosentin kertovan itse toimineensa näin.

Nuorisobarometrin mukaan nuoriso osoittautui kaiken kaikkiaan suhteellisen huolettomaksi (Myllymäki 2017). Nuoret pojat epäilivät ympäristöongelmien vakavuutta, ja he suhtautuivat luottavaisesti tieteen ja teknologian kykyyn ratkaista haasteita. Pojat niin ikään arvioivat tietävänsä niin ympäristöongelmien syitä kuin niiden ratkaisuitakin selvästi tyttöjä enemmän. Ympäristökasvatuksen kohdentamisen kannalta oleellinen tieto on, että pojat pitävät tyttöjä useammin liian vaikeana tehdä juuri mitään ympäristön hyväksi. Nuorisobarometrin mukaan poikien arvostuksissa korostui ympäristöä enemmän huoli hintatasosta ja työpaikkojen tulevaisuudesta. Kuitenkin enemmistö nuorista on sitä mieltä, että jatkuva kasvu on mahdotonta maapallon rajallisuuden vuoksi.

Nuorisobarometrista käy myös ilmi, että hyvä elämä, hyvinvointi ja onnellisuus ovat vain osittain kytköksissä materiaaliseen vaurauteen (Salonen & Konkka 2017). Tyytyväisimmät nuoret luottavat tulevaisuuden hyvyyteen ja siihen, että ihmiskunnalla on sekä kykyä että tahtoa ratkaista eteen tulevat ongelmat. Näyttäisi siltä, että nuorten arvoissa kulttuurinen moninaisuus, ekologinen kestävyys ja yhteiskunnan eheys ja niiden mukainen toiminta omassa elämässä ovat hyvinvoinnin kannalta entistä keskeisemmässä roolissa.

Suomalaisten nuorten ymmärrys ja huolestuneisuus ilmastonmuutoksesta

Viimeaikaiset tutkimukset osoittavat, että oppijoilla on edelleen vaikeuksia ymmärtää ilmastonmuutos luonnontieteellisesti oikein (Hermans 2015; Ratinen 2016). Monet oppijat eivät ymmärrä kasvihuoneilmiötä luonnollisena ja nykyisen kaltaiselle elämälle välttämättömänä ilmiönä, vaan pelkästään ympäristöongelmana.

Useat tutkimukset osoittavat oppilaiden ja opiskelijoiden ajattelevan otsonikadon ilmastonmuutoksen aiheuttajaksi (Shea, Mouza & Drewes 2016) (taulukko 1). Oppijoiden mielestä otsoniaukosta pääsee maapallolle enemmän auringon energiaa tai säteilyä. Oppilaat voivat esimerkiksi ajatella, että kasvihuonekaasut absorboivat otsoniaukosta tulevaa ja lämpösäteilyksi muuttunutta UV-säteilyä. Otsonikadon ja kasvihuoneilmiön kausaalisessa yhdistämisessä pääongelma on infrapunasäteilyn (IR) ja ultravioletti-säteilyn (UV) eron ymmärtämättömyys. Myös ilmansaasteiden kerääntyminen ilmakehään ymmärretään lämpöä ja säteilyä estävänä kerroksena kasvihuoneen katon tai peiton tavoin. Lisäksi näyttää, että varsinaista kasvihuonekaasujen toimintaa ei ymmärretä oikein, ja esimerkiksi CFC-yhdisteitä ei mielletä lämpösäteilyä absorboivaksi kasvihuonekaasuksi, vaan näiden ymmärretään aiheuttavan ilmaston lämpenemistä otsonikerrosta tuhoavan mekanismin kautta.

Oppilaat voivat liittää ilmastonmuutoksen myös yksioikoisesti ihmisen arkisen toiminnan aiheuttamiin muutoksiin. Tällöin muun muassa yleinen roskaaminen voidaan ymmärtää ilmastonmuutoksen aiheuttajaksi. Jos ilmastonmuutoksen vähentämiskeinoksi nähdään roskien kerääminen, ei ilmiön ymmärtäminen ole vakuuttavalla pohjalla. Toisaalta vaikeus ymmärtää luonnontieteellisiä mekanismeja voi johtaa muun muassa siihen, että otsonikadon suojelua voidaan pyrkiä edistämään suosimalla otsoniystävällisiä ponneaineita ja samalla pelastaa myös ilmasto (Huxster, Uribe-Zarain & Kempton 2015).

Viime aikoina ilmastonmuutosta koskevassa oppimistutkimuksessa on siirrytty virhekäsityksistä (jotka näyttävät säilyvän vuo-

Taulukko 1. Oppilaiden ja opiskelijoiden käsityksiä kasvihuoneilmiöstä ja ilmaston lämpenemisestä.

Käsitys	Tutkimus
Ilmastonlämpenemistä ei ymmärretä säteilytasapainon muutoksena.	Shepardson, Niyogi, Choi & Charusombat 2011; Niebert & Gropengießer 2014; Hermans 2015
Ilmastonmuutos liitetään kausaalisuhtein otsonikatoon.	Ekborg & Areskoug 2006; Jeffries, Stanisstreet & Boyes 2001; Papadimitriou 2004; Nevanpää 2005; Hermans 2015: Huxster, Uribe-Zarain & Kempton 2015
Ilmastonmuutos sekoitetaan muihin ilmiöihin.	Anderson & Wallin 2000; Shepardson, Niyogi, Choi & Charusombat 2011
Ilmastonlämpenemisen syinä pidetään kaikkia ympäristölle haitallisia toimintoja.	Fisher, 1998; Papadimitriou 2004; Nevanpää, 2005; Huxster, Uribe-Zarain & Kempton 2015
Kasvihuonekaasuihin liittyvät virheelliset käsitykset/puutteelliset tiedot.	Fisher 1998; Anderson & Wallin 2000; Ekborg & Areskoug 2006; Papadimitriou 2004; Shepardson, Niyogi, Choi & Charusombat 2011
Ei ymmärretä ilmastonmuutoksen laajaa ekologista ja yhteiskunnallista merkitystä.	Fisher 1998; Anderson & Wallin 2000; Nevanpää 2005; Hermans 2015

desta toiseen) oppilaiden ilmastonmuutoksesta johtuvan huolestuneisuuden, sen ehkäisyn ja ilmastonmuutoksen sopeuttamiskeinojen arvioimiseen. Muun muassa Lester, Ma, Lee ja Lambert (2006) ovat osoittaneet, että oppilaiden tieteellisesti oikea ilmastonmuutoksen ymmärrys johtaa suurempaan aktiivisuuteen ilmastonmuutoksen torjunnassa. Ojalan (2012) mukaan ilmastonmuutoksen opetuksen yhteydessä on tärkeää tietää, liittyykö oppijoiden toivo tulevaisuudesta siihen, että ilmastonmuutokseen voidaan vaikuttaa, vai onko se vain toiveajattelua. Ympäristökasvatuksessa, ja myös sen alakäsitteessä ilmastokasvatuksessa, on onnistumisen kannalta tärkeää tehdä ero toivon ja optimismin välille (Pihkala 2017c). Toivo on asenne ja hyve, jonka avulla elämästä tulee merkityksellistä, kun taas optimismilla tarkoitetaan uskoa onnistumiseen. Ilmastokasvatuksessa voidaan soveltaa myös Orrin (2009) ja Hicksin (2014) tavoin radikaalin toivon käsitettä eli sitä, että vaikka ilmastonmuutoksen kehittymisestä tulevaisuudessa ei ole

takeita, kannattaa sitä vastaan pyristellä. Ojalan (2012) rakentavan toivon käsite eroaa toiveajattelusta, sillä sen avulla ilmastokasvatuksessa voidaan korostaa yksilön oman vastuun merkityksellisyyttä ilmastotoimien onnistumisen kannalta.

Tutkimuksen tarkoitus

Huolimatta siitä, että tiedämme jo varsin hyvin, miten nuoret ymmärtävät ilmastonmuutoksen, suomalaisten nuorten alueelliset erot ilmastonmuutostietoudessa eivät ole tarkasti tiedossa. PISA-aineistosta ei voi suoraan luotettavasti analysoida, kuinka oppilaiden ilmastonmuutoksen ymmärrys alueellisesti eroaa, mutta taustakyselyiden kattavamman aineiston perusteella voidaan tutkia oppilaiden ympäristötietoisuutta ja -optimismia koko Suomen alueella sekä näiden muuttujien suhdetta ilmastonmuutoksen ymmärtämiseen. PISA-aineisto ei mahdollistanut tutkia oppilaiden ympäristötietoisuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä vaan heidän käsityksiä omasta ympäristötietoisuudestaan. Tutkimuksen avulla haettiin vastauksia kolmeen kysymykseen:

1) Miten oppilaiden ympäristötietoisuus ja -optimismi näkyy Suomessa alueellisesti?
2) Miten oppilaiden tietous ympäristöasioista sekä niiden kehittymisestä vaikuttaa oppilaiden ilmastonmuutostietouteen?
3) Miten luonnontieteellisen tiedon ymmärtäminen vaikuttaa oppilaiden ilmastonmuutostietouteen?

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen aineisto kerättiin PISA 2015 -tutkimuksessa, jonka pääalueena oli luonnontieteiden osaaminen. Luonnontieteiden tehtäväkokonaisuuksista toinen koostui trenditehtävistä ja toinen uusista tietokoneympäristöön kehitetyistä luonnontieteiden tehtävistä. Kahden tehtäväosion lisäksi tässä tutkimuksessa hyödynnettiin PISAn laajaa oppilaskyselyaineistoa, jonka avulla kartoitetaan

nuorten osaamisen, oppimisen ja näihin vaikuttavien tekijöiden välistä yhteyttä.

Tässä tutkimuksessa oppilaskyselystä saaduilla vastauksilla selvitettiin oppilaiden ympäristötietoisuutta ja heidän ympäristöoptimismiaan. Ympäristötietoisuutta selvitettiin kysymyksellä: ”*Miten hyvin olet perillä seuraavista ympäristöasioista?*” Oppilaiden mielipide muodostui seuraavista vastausvaihtoehdosta: ”En ole koskaan kuullut tästä”; ”Olen kuullut tästä, mutta en osaisi selittää, mistä siinä oikeastaan on kysymys”; ”Tiedän tästä jotain ja osaisin selittää sen pääpiirteittäin” ja ”Tämä on minulle tuttu asia ja osaisin selittää sen mainiosti”. Ympäristötietoisuutta mittaavia kysymyksiä oli yhteensä seitsemän (taulukko 2).

Oppilaiden ympäristöoptimistisia asenteita kartoitettiin kysymyksellä ”Ajatteletko, että alla mainitut ympäristöön liittyvät ongelmat muuttuvat parempaan tai huonompaan suuntaan seuraavan 20 vuoden aikana?” Mittari rakentui viidestä ympäristöoptimismia koskevasta kysymyksestä (taulukko 2) ja oppilaat valitsivat heille parhaiten sopivan vaihtoehdon: ”Lievenee”; ”Pysyy jokseenkin ennallaan” tai ”Pahenee”.

Oppilaiden ilmastomuutokseen liittyvää ymmärrystä tutkittiin ilmastonmuutokseen liittyvien trenditehtävien avulla. PISAssa luonnontieteiden tehtäväosiot jaetaan kolmeen sisältöalueeseen,

Taulukko 2. Oppilaiden ympäristötietoisuutta ja -optimismia mittaavat kysymykset.

Ympäristötietoisuus	Ympäristöoptimismi
Kasvihuonekaasujen lisääntyminen ilmakehässä	Ilman saastuminen
Geenimuunneltujen organismien (GMO) käyttö	Kasvien ja eläinten kuoleminen sukupuuttoon
Ydinjäte	Metsien raivaaminen muun maankäytön tarpeisiin
Sen seuraukset, kun metsiä raivataan muun maankäytön tarpeisiin	Vesipula
Ilman saastuminen	Ydinjäte
Kasvien ja eläinten kuoleminen sukupuuttoon	
Vesipula	

jotka ovat eloton luonto (physical systems), elollinen luonto (living systems) sekä maapallo ja avaruus (earth and space systems). Suomessa nämä vastaavat fysiikan, kemian, biologian, terveystiedon ja maantiedon oppiaineita. Tässä tutkimuksessa ilmastonmuutoksen ymmärtämistä kartoittavat kysymykset liittyivät elottoman luonnon osalta aineen ominaisuuksiin (hiilidioksidi ilmakehässä), maapallon ja avaruuden osalta aineen ja energian kiertoon maapallolla (napajään sulaminen, metsien hävittäminen) sekä elollisen luonnon osalta biosfäärin toimintaan (puiden istuttaminen, lämpötila ja sademäärä). Kaikki tehtävät tehtiin tietokoneympäristössä, ja niissä mitattiin oppilaan luonnontieteellisen tiedon soveltamisen taitoa ongelmaperustaisissa tehtävissä.

Aineiston analyysi

Kahden oppilaskyselyssä olevan kysymyssarjan vastausten perusteella laskettiin Suomen aineistosta kaksi muuttujaa pääkomponenttianalyysin avulla. Koska analyysissä käytettiin yhden komponentin ratkaisua (kysymyssarjoittain laskettu), pääkomponenttiratkaisua ei rotatoitu. Täten muodostettujen pääkomponenttien selitysosuuksia ei voida laskea yhteen. Ympäristötietoisuutta kuvaavan muuttujan yksittäisten vastausten kommunaliteetit vaihtelivat 0,53 ja 0,82 välillä. Tämä pääkomponentti selitti 54,3 prosenttia kyseisen sarjan kysymysten välisestä vaihtelusta. Toisen, ympäristöoptimismia kuvaavan muuttujan, kommunaliteetit vaihtelivat 0,61 ja 0,74 välillä. Tämä pääkomponentti selitti 46,6 prosenttia ympäristöoptimismia kuvaavien kysymysten välisestä vaihtelusta.

Vuoden 2015 PISA-aineistosta käytettiin kahta ilmastomuutokseen tai kasvihuoneilmiöön liittyvää kysymyssarjaa. Näistä sarjoista muodostettiin, kummastakin erikseen, kaksi edellä kuvatun kaltaista muuttujaa. Toinen muuttujista (YMP1, n = 573) liittyy maapallon lämpötilan kohoamisen mekanismeihin ja mahdollisiin vaikutuksiin, ja toinen (YMP2, n = 1 052) ilmastonmuutoksen mekanismeihin ja ihmisen mahdolliseen vaikutukseen (esimerkkejä vastaavista tehtävistä mm. teoksessa PISA 2015 Assessment and

Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy). Näiden kognitiivisten kysymysten havaintojen määrä on huomattavasti pienempi kuin oppilaskyselyn vastausten, koska PISAn kognitiiviset kysymykset on rotatoitu eri vastaajien välille.

Tuloksissa tarkastellaan näiden neljän muuttujan sekä luonnontieteiden kokonaispistemäärän ja muutamien luonnontieteiden osa-alueiden pistemäärien välisiä korrelaatioita. Tämän lisäksi oppilaiden ympäristötietoisuuden ja -optimismin alueellisia vaihteluita tarkastellaan spatiaaliseen interpolointiin kuuluvan kriging-menetelmän avulla. Tuloksia tarkastellessa on otettava huomioon, että oppilaskyselystä saatuja asennemuuttujia voidaan tarkastella alueellisesti, mutta varsinaisten tehtäväkysymysten alueellinen tarkastelu ei ole mielekästä koulukohtaisten vähäisten havaintojen vuoksi. Myöskään näiden kysymysten lähempi sisällöllinen tarkastelu ei ole mahdollista, koska kyseessä eivät ole vapautetut tehtävät.

Spatiaalinen interpolointi perustuu havaintoon, että lähellä toisiaan sijaitsevien pisteiden arvot ovat suuremmalla todennäköisyydellä lähellä toisiaan kuin kauempana olevien pisteiden arvot (esim. Bailey & Gatrell 1995). Tätä ilmiötä nimitetään spatiaaliseksi autokorrelaatioksi. Spatiaalisissa interpolointimenetelmissä pyritään mallintamaan ominaisuuden spatiaalinen autokorrelaatio tutkimusalueella ja käyttämään tätä mallia hyväksi ennustettaessa ominaisuusarvoja tuntemattomille pisteille.

Kriging-menetelmän avulla voidaan laskea ennustepinta mitattujen havaintopisteiden arvojen perusteella. Kriging on menetelmä, joka ottaa huomioon havaintojen ryhmittäisyyden ja etäisyyden ennustepintaa laskettaessa (McCoy & Johnston 2001). Kriging-menetelmää on perinteisesti käytetty muun muassa meteorologiassa ja geologiassa, mutta vasta viime vuosina menetelmää on sovellettu myös laajoihin oppimisen arviointiaineistoihin (Vettenranta & Harju-Luukkainen 2013; Harju-Luukkainen & Vettenranta 2013; Vettenranta 2015).

Tässä tutkimuksessa Kriging-menetelmää on sovellettu niin, että kukin PISA 2015 tutkimukseen osallistunut koulu on sijoitettu kartalle. Kullekin koululle on laskettu oppilaskohtaisesta datasta koulukohtaiset keskiarvot, jotka on painotettu PISA-aineiston op-

pilaskohtaisilla painoilla. Tällä tasoitetaan muun muassa erikokoisista kouluista ja oppilasmäärien vaihtelusta ja vastauskadosta aiheutuvaa aineiston vääristymistä.

Suomi on jaettu 10 x 10 km ruutuihin tai rasteripisteisiin, ja kullekin pisteelle on laskettu 12 lähimmän otantaan sattuneen koulun koulukohtaisten keskiarvojen perusteella ennustearvo sekä ennusteen keskivirhe. Ennustetta laskettaessa painotetaan lähimpien havaintojen sijaintia, mutta esimerkiksi koulun oppilasmäärää ei ole käytetty painottamiseen. Tämän jälkeen kunkin rasteripisteen arvoa käyttäen on muodostettu ennustepinta, joka on luokiteltu harkintaa käyttäen (luokkamäärä ja luokkarajat) sellaiseksi, että muodostettu kartta valaisee tarkasteltavaa muuttujaa ja sen jakautumista mahdollisimman kuvaavasti. Lopullinen kartta kertoo satunnaisesti valitussa paikassa satunnaisesti sijaitsevan koulun niin ikään satunnaisen oppilaan tarkasteltavaa muuttujaa kuvaavan odotusarvon.

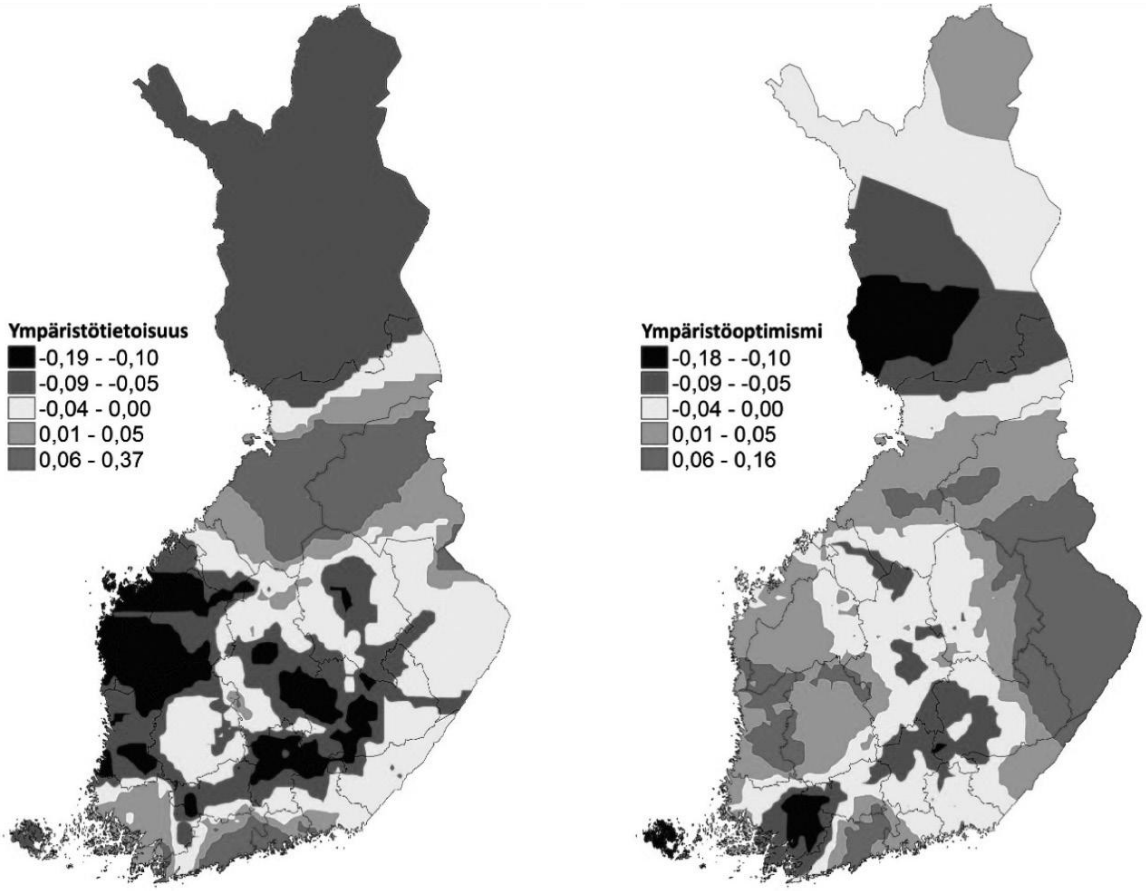
Tulokset

Tutkimuksen perusteella oppilaiden ympäristötietoisuudessa ja ympäristöoptimismissa on pienet, mutta kuitenkin alueellisesti poikkeavat erot (kuva 1). Oppilaiden käsitykset heidän omasta ympäristötietoisuudesta on alueellisesti tarkasteltuna kaikkein suurinta Uudellamaalla ja suuressa osassa Pohjois-Pohjanmaata ja Kainuuta. Näiden alueiden oppilaat kokivat eniten heillä olevan sellaista ymmärrystä ympäristöön liittyvissä kysymyksissä, että he osaisivat hyvin selittää sen myös muille. Oppilaat määrittivät osaamisensa samankaltaisesti myös Varsinais-Suomessa ja Pohjois-Karjalan pohjoisosissa. Keskimääräistä alhaisempaa ympäristötietoisuus on Eteläpohjanmaalla, Pohjanmaalla, itäisessä Keski-Suomessa ja Päijät-Hämeessä sekä Satakunnassa. Lappi erottuu ympäristötietoisuuden suhteen yhteneväisenä alueena.

Tulosten perusteella oppilaiden käsitykset omasta ympäristöoptimista poikkeavat alueellisesti jossain määrin heidän arvioimastaan ympäristötietoisuudesta (kuva 1). Kuvassa keskiharmaat

alueet kuvaavat keskiarvon ylittäviä muuttujien arvoja ja tummemman harmaat alueet keskiarvon alittavia alueellisia arvoja eli keskiharmailla alueella oppilaiden ympäristötietoisuus ja -optimismi on korkeampaa kuin tummemman harmailla alueilla.

Näyttäisi, että oman ympäristötietoisuuden korkealle arvottaminen ei alueellisessa tarkastelussa esiinny samankaltaisesti optimistisena tulevaisuuskuvana. Oppilaiden kokema ympäristöoptimismi on suurinta Pohjois-Karjalassa ja sen lähialueilla sekä osassa Satakuntaa, Uuttamaata, Pohjois-Pohjanmaata ja Kainuuta. Länsi-Lapissa, Ahvenmaalla ja Varsinais-Suomessa asuvat oppilaat ajattelivat kaikkein eniten, että ympäristöön liittyvät ongelmat pahenevat tulevaisuudessa. Suurimmat erot oppilaiden ympäristötietoisuuden ja optimismin välillä näyttäisi olevan Lapissa, Etelä-Pohjanmaalla, Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa.



Kuva 1. Oppilaiden käsitykset omasta ympäristötietoisuudesta ja ympäristöoptimismista alueellisesti tarkasteluna.

Oppilaiden itse arvioidun ympäristötietoisuuden ja heidän ympäristöoptimisminsa välistä yhteyttä oppilaiden yleiseen luonnontieteelliseen, elollisen luonnon sekä maapallo ja avaruus osa-alueen osaamiseen sekä heidän ilmastonmuutokseen liittyvien ilmiöiden ymmärtämiseensä tutkittiin korrelaatioanalyysin avulla (taulukko 3).

Tutkimuksen perusteella oppilaiden itsearvioidulla ympäristötietoisuudella on positiivinen yhteys heidän luonnontieteelliseen osaamiseen sekä ilmastonmuutostietouteen. Yhteys on samansuuruinen yleisen luonnontieteellisen osaamisen ja elollisen luonnon osaamisen välillä ($r = 0{,}34$, $p < 0{,}001$), hiukan pienempi maapallo ja avaruus -alueen osaamisen ($r = 0{,}33$, $p < 0{,}001$) ja pienin napajäähän ja metsien häviämiseen liittyvään osaamisen ($r = 0{,}28$, $p < 0{,}001$) sekä puiden hiilidioksidin sitomiseen ja poistamiseen

Taulukko 3. Korrelaatiomatriisi oppilaiden luonnontieteellisen osaamisen suhteesta heidän ympäristötietoisuuteen ja ympäristöoptimismiin.

		Luonnontiede	Maapallo ja avaruus	Elollinen luonto	Napajäät ja deforestaatio	Puiden istutus ja CO_2 poisto	Ympäristötietoisuus
Maapallo ja avaruus	Pearson r, R^2(%)	0,97**, 95					
	n	5 882					
Elollinen luonto	Pearson r, R^2(%)	0,98**, 96	0,97**, 94				
	n	5 882	5 882				
Napajäät ja deforestaatio YMP1	Pearson r, R^2(%)	0,61**, 37	0,60**, 36	0,60**, 36			
	n	573	573	573			
Puiden istuttaminen ja CO_2 vähennys, YMP2	Pearson r, R^2(%)	0,69**, 47	0,71**, 50	0,67**, 45	0,37**, 14		
	n	1 052	1 052	1 052	130		
Ympäristötietoisuus	Pearson r, R^2(%)	0,34**, 11	0,33**, 11	0,34**, 11	0,28**, 7,6	0,24**, 5,5	
	n	5 588	5 588	5 588	558	1 022	
Ympäristöoptimismi	Pearson r, R^2(%)	–0,12**, 1,5	–0,12**, 1,5	–0,12**, 1,5	0,06, 0,3	–0,03, 0,1	–0,14**, 1,8
	n	5 579	5 579	5 579	558	1 017	5 538

**korrelaatio on merkitsevä 1 % riskitasolla

liittyvässä osaamisessa ($r = 0{,}24$, $p < 0{,}001$), (taulukko 3). Näyttäisi siis siltä, että jos oppilaat kokevat osaavansa ympäristöön liittyviä ilmiöitä, heidän arvionsa on yhdenmukainen etenkin heidän luonnontieteellisen osaamisen suhteen ($R^2 = 11$ %), mutta vähemmän yhtenevä ilmastonmuutokseen liittyvien mekanismien ja ilmiöiden ymmärtämisen osalta ($R^2 = 5{,}5–7{,}6$ %).

Oppilaiden yleisen luonnontieteellisen ($r = 0{,}61$, $p < 0{,}001$), maapallo ja avaruus -alueen ($r = 0{,}60$, $p < 0{,}001$) ja elollisen luonnon osaaminen ($r = 0{,}60$, $p < 0{,}001$) korreloivat positiivisesti oppilaiden maapallon lämpötilan kohoamisen mekanismien ja mahdollisten vaikutusten – napajään ja metsien häviämisen – osaamista mittaavien tehtävien vastausten kanssa. Tulos on hyvin samansuuntainen myös toisen trenditehtävän osalta, sillä ilmastonmuutoksen mekanismeihin ja ihmisen mahdolliseen vaikutukseen – puiden hiilidioksidin sitomiseen ja poistamiseen – liittyvä tehtävä osoitti yleisen luonnontieteellisen ($r = 0{,}69$, $p < 0{,}001$), maapallo ja avaruus -alueen ($r = 0{,}71$, $p < 0{,}001$) ja elollisen luonnon osaamisen ($r = 0{,}67$, $p < 0{,}001$) välillä voimakasta positiivista korrelaatiota. Näiden korrelaatioiden efektikoko vaihteli 36 ja 50 prosentin välillä. S:D

en sijaan oppilaiden trenditehtävien vastauspistemäärien korrelaatio on merkitsevä, mutta ei kovin voimakas ($r = 0{,}37$, $p < 0{,}001$), mikä tarkoittaa, että tehtävät olivat vaikeudeltaan erilaisia tai sitten vähäinen havaintojen määrä (130) vaikuttaa tulokseen. Ympäristötietoisuuden korrelaatio näiden yksittäisten ilmastonmuutokseen liittyvien tehtävien kanssa on jonkin verran heikompi kuin keskimäärin muiden luonnontieteiden kysymysten kanssa ($R^2 = 5{,}5–7{,}6$ % vs. 11 %), josta voidaan päätellä, että kenties oppilaat hieman yliarvioivat omaa ympäristö- tai ilmastonmuutostietoisuuttaan.

Negatiiviset, mutta varsin pienet korrelaatiot kertovat, että oppilaiden luonnontieteiden osaamiseen verrattuna heidän ympäristöoptimisminsa on vastakkaista (taulukko 3). Oppilaiden itse arvioima suurempi ympäristötietoisuus korreloi negatiivisesti heidän ympäristöoptimistia asenteita ympäristön tulevaisuutta kohtaan ($r = –0{,}14$, $p < 0{,}001$), jonka perusteella voidaan tehdä kausaali-

ton tulkinta, että kasvava tietoisuus vähentää optimismia, joskin yhteys näiden välillä on melko vähäinen (R^2 = 1,8 %). Myös yleisellä luonnontieteellisellä tehtäväkohtaisella osaamisella on negatiivinen korrelaatio suhteessa ympäristöoptimismiin (r = –0,12, p < 0,001). Samalla tavalla myös maapallo ja avaruus -alueen (r = –0,12, p < 0,001) ja elollisen luonnon osaamisella (r = –0,12, p < 0,001) on hyvin samansuuntainen eli vähäinen (R^2 = 1,5 %) negatiivinen vaikutus ympäristöoptimismiin. Korrelaatioanalyysin perusteella oppilaiden luonnontieteellinen osaaminen eri sisältöalueiden kesken on hyvin samansuuntaista, sillä korrelaatiot vaihtelevat 0,97 ja 0,98 välillä (taulukko 3).

Oppilaiden ilmastonmuutoksen osaamisessa ja heidän ympäristöoptimissaan ei ole tilastollisesti merkitsevää yhteyttä (taulukko 3). Tulos on kiinnostava ja näyttäisi siltä, että on varsin samantekevää, millaiseksi oppilaat ajattelevat ympäristöön liittyvien ongelmien kehittyvän suhteessa heidän ilmastonmuutososaamiseensa. Toisin sanoen ilmastonmuutoksen osaaminen ei vaikuta siihen, millaiseksi oppilaat ajattelevat ympäristöongelmien kehittyvän lähitulevaisuudessa.

Pohdinta

Tässä tutkimuksessa suomalaisten oppilaiden kokeman ympäristötietoisuuden ja optimismin alueellisia eroja tutkittiin kriging-menetelmän avulla. Kriging tuottaa parhaan lineaarisen harhattoman spatiaalisen stokastisen prosessin realisaation ennusteen (Suutari, Johansson & Tarvainen 1999). Menetelmän heikkoutena tässä tutkimuksessa on sen vaatimus spatiaalisen prosessin jatkuvuudesta. Muusta aineistosta poikkeavat koulut, esimerkiksi erityiskoulut, aiheuttavat ennusteeseen harhaa poikkeavan havaintopisteen läheisyydessä. Tämä ei kuitenkaan estä tarkastelemasta laajempien alueiden välisiä eroja. Näillä laajemmilla alueilla vaikuttaviksi stokastisiksi prosesseiksi voidaan katsoa muun muassa alueellisten elinkeinorakenteiden, kulttuuristen erityispiirteiden ja muiden alueellisten ympäristötekijöiden vaikutus oppilaiden ympäristö-

asenteisiin. Tässä visuaalisessa tarkastelussa ei olekaan syytä kiinnittää huomiota pienialaiseen spatiaaliseen vaihteluun, vaan huomioida maakuntatason suuruusluokkaa olevat erot. Koska tarkasteltava PISA-aineisto on kuitenkin varsin suppea, täytyy tuloksia pohtiessa välttää ylitulkintaa. Aineiston kapeus mahdollistaa sen tulkinnan, että tulosten perusteella suomalaisnuorten käsityksissä omasta ympäristötietoisuudessa ja optimismissa on alueellisia eroja. Oppilaiden korkeampi käsitys heidän omasta ympäristötietoisuudestaan painottuu pääkaupunkiseudulle sekä Pohjois-Pohjanmaalle ja Kainuuseen. Ympäristön tilan tulevaisuutta kuvaava oppilaiden ympäristöoptimismin käsitys on kaikkien alhaisinta eteläisessä Lapissa, Ahvenanmaalla sekä Varsinais-Suomessa.

Oppilaiden ympäristötietoisuuden käsityksellä ja heidän luonnontieteellisellä osaamisellaan on oppilaiden ilmastonmuutostietoutta kasvattava vaikutus (R^2 = 11 %). Sen sijaan oppilaiden ympäristöoptimismin käsityksen yhteys ilmastonmuutostietouteen ja luonnontieteelliseen osaamiseen ei ole yhtä selkeä, ja tämän aineiston perusteella korkeampi luonnontieteellinen osaaminen näyttäisi hieman (R^2 = 1,5 %) vähentävän optimistisia asenteita tulevaisuutta kohtaan.

Tulokset ovat ilmastokasvatuksen näkökulmasta kiinnostavat. Yhtäältä ne kertovat, että Suomessa kasvatustyössä kannattaisi ratkaisukeskeisesti pohtia ilmastonmuutoksen pedagogiikkaa etenkin Pohjois-Suomessa, Varsinais-Suomessa ja Ahvenmaalla, sillä näillä alueilla oppilaat ovat kaikkein skeptisimpiä tulevaisuuttaan kohtaan. Ojala (2012) korostaa, että toivo ei ole ainoastaan miellyttävä tunne, vaan se myös vaikuttaa positiivisesti oppimismotivaatioon. Suomessa tuoreimman nuorisobarometrin mukaan (Myllymäki 2017) nuorista lähes puolet uskoo ympäristöongelmiin löytyvän maailmanlaajuisesti kestäviä ratkaisuja. Ilmastokasvatuksen kannalta huolestuttavaa on, että 66 prosenttia nuorista toteaa, että tuotantoa ja kulutusta pitäisi leikata, mutta alle puolet heistä on valmiita näin tekemään. Toisaalta kansainvälisesti on huomattu, että oppijat uskovat omiin kykyihin ratkaista ilmastonmuutosta, mutta heidän omat arvionsa ovat ristiriidassa luonnontieteellisen tiedon suhteen (Huxster, Uribe-Zarain & Kempton 2015). Tämän

vuoksi ilmastokasvatuksessa tulisi pitää kiinni riittävästä luonnontieteellisestä perusosaamisesta ja erityisesti erottaa ilmastonmuutos otsonikadosta (Ratinen 2016). Toisaalta Zeyer & Kelsey (2013) ovat havainneet sveitsiläisen (hyvin korkea elintaso) koulujärjestelmän yhteydessä, että onnistuneessa ympäristökasvatuksessa kulttuuriset tekijät täytyy ottaa huomioon.

Ilmastokasvatuksessa tulisi korostaa positiivisia viestejä, sillä tämän tutkimuksen mukaan osaaminen näyttää vähentävän optimistista suhtautumista tulevaisuuteen. Ja koska Salosen ja Konkan (2017) mukaan nuorten arvoissa kulttuurinen moninaisuus, ekologinen kestävyys ja yhteiskunnan eheys sekä näiden mukainen toiminta ovat tärkeässä roolissa, ilmastokasvatuksessa täytyisi tarkastella samoja näkökulmia, jotta osaamisen ja tietämyksen lisääminen aiheuttaisi mahdollisimman vähän toivottomuutta nuorten keskuudessa. Ilmastokasvatuksessa tarvitaan siis luonnontieteellinen ymmärrys ja valppaus ilmastonmuutosta kohtaan, mutta samalla täytyy muistaa ratkaisukeskeinen pedagogiikka ilmastonmuutoksen lieventämisessä sekä ilmastonmuutokseen sopeutumisessa (Kagawa & Selby 2013). Pihkala (2017a) korostaa myös sitä, että ilmastonmuutoksen hillinnässä ja siihen sopeutumisessa on otettava myös henkiset ja yhteisölliset ulottuvuudet, jotka vaikuttavat ilmastoasioiden käsittelyyn koulussa ja yhteiskunnassa laajemminkin.

Ojalan (2008) mukaan yksilön toivolla ei ole yksiselitteistä vaikutusta hänen käyttäytymiseensä. On kuitenkin viitteitä, että nuorten alhainen huoli vähentää ympäristömyönteistä käyttäytymistä, sillä samalla ympäristöongelmat kielletään – toisaalta toivo on yhdistetty ympäristömyönteiseen käyttäytymiseen. Ilmastokasvatuksessa kannattaa kiinnittää huomiota positiivisiin viesteihin etenkin luonnontieteen opetuksen yhteydessä, sillä tämän tutkimuksen mukaan korkeampi luonnontieteellinen osaaminen vähensi optimismia. Ongelmaan on voinut vaikuttaa se, että Suomen ilmastopaneelin mukaan ilmastonmuutosta on Suomen kouluissa käsitelty lähes yksinomaan luonnontieteen opetuksessa (Lehtonen & Cantell 2015). Suomen ilmastopaneeli korostaakin, että ilmastokasvatuksessa täytyy kiinnittää huomiota myös oppijoiden tunteisiin, joiden avulla voidaan peilata oman käyttäytymisen

moraalisia näkökulmia sekä yhteyttä ilmastomyönteiseen käyttäytymiseen. Sosiokulttuurisessa ilmastokasvatuksessa (Ratinen 2016) opettajan täytyy kuunnella oppijoita ja ottaa huomioon myös heidän tunteensa ilmastonmuutosta kohtaan. Keskustelemalla ja käsittelemällä oppilaiden huolia tietopohjaisen materiaalin kanssa voidaan kriittisyydestä siirtyä enemmän kohti ratkaisukeskeistä ilmastokasvatusta (ks. Ojala 2015).

Ilmastokasvatus täytyisi ottaa huomioon myös opettajankoulutuksessa. Tulevien opettajien omat tunteet ovat tärkeitä (Pettersson 2014), sillä on viitteitä, että oppilaat omaksuvat samankaltaiset selviytymisstrategiat kuin opettaja. Koulutuksen aikana opiskelijoille ei saisi syntyä käsitystä että, ilmastonmuutoksen suhteen toivo on menetetty, sillä samalla viedään myös oppilaiden toivon näkökulmat. Käytännössä koulutuksessa tulisi ottaa huomioon oppijan huolenaiheet ja tarjota hänellä mahdollisuuksia vaikuttaa ilmastonmuutoksen hillintään, mikä ylläpitää oppijan toivoa, ja hänen elämänsä säilyy merkityksellisenä. Toivon avulla yksilö voi säilyttää merkityksellisyyden myös silloin, kun varsinainen optimismi on vaikeaa (Pihkala 2017a). Pariisin ilmastosopimus on konkreettinen esimerkki tiedeyhteisön ja päättäjien toiveesta ja halusta hillitä globaali ilmastonmuutos kahteen asteeseen. Suomen ilmastopaneeli (2017) toteaa, että Suomen keskipitkän ilmastosuunnitelman tavoitteet vuoteen 2030 saavutetaan päämäärätietoisella työllä, jossa kansalaisten ja yhteisöjen oma toiminta on merkittävässä roolissa. Suomalainen koulujärjestelmä, jossa oppijoiden osaaminen on vertailumaihin verrattuna hyvällä tasolla, mahdollistaa myös ilmastokasvatuksen onnistumisen. Tämä tarkoittaa sitä, että oppijat oppivat ratkaisemaan ilmastonmuutokseen liittyviä ongelmia ja näkemään tulevaisuuden valoisana.

Lähteet

Bailey, T. C. & Gatrell, A. C. 1995. Interactive spatial data analysis. Longman.

Cook, J., Nuccitelli, D., Green, S., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., Way, R., Jacobs, P. & Skuce, A. 2013. Quantifying the consensus on anthropogenic globalwarming in the scientific literature. Environmental Research Letters 8 (2), 1–7.

Ekborg, M. & Areskoug, M. 2006. How student teachers' understanding of the greenhouse effect develops during a teacher education programme. Nordina 5 (3), 17–29.

Fisher, B. (1998). Australian students' appreciation of the greenhouse effect and the ozone hole. Australian Science Teacher Journal 44 (3), 46–55.

Harju-Luukkainen, H. & Vettenranta, J. 2013. The Influence of Local Culture on Students' Educational Outcomes. Teoksessa K. Tirri & E. Kuusisto (toim.) Interaction in Educational Domains. Rotterdam: Sense Publishers, 77–90.

Harju-Luukkainen, H. & Vettenranta, J. 2014. Social capital and local variation in student performance in Swedish-speaking Ostrobothnia in Finland. Teoksessa E. K. Hyry, M. Hiltunen & E. Estola (toim.) Paikka ja kasvatus, Vuosikerta 2014. Lapin yliopistokustannus, 127–143.

Hermans, M. 2014. Geografilärares och niondeklassares syn på undervisningen om klimatförändringen. Nordina 10 (2), 176–194.

Hermans, M. 2015. Niondeklassares och geografilärares förståelse av bakgrunden till och följderna av klimatförändringen. Nordina 11 (1), 54–74.

Hermans, M. 2016. Geography teachers and climate change: Emotions about consequences, coping strategies, and views on mitigation. International Journal of Environmental and Science Education, 11, 389–408. DOI: 10.12973/ijese.2016.326a.

Hicks, D. 2014. Educating for Hope in Troubled Times: Climate Change and the Transition to a Post-Carbon Future. London: Institute of Education Press.

Huxster, J. K., Uribe-Zarain, X. & Kempton, W. 2015. Undergraduate understanding of climate change: the influences of college major and environmental group membership on survey knowledge scores. The Journal of Environmental Education, 46 (3), 149–165.

Ilmastopaneeli. 2017. Suomen ilmastopaneelin lausunto. https://urly.fi/OFA. (Luettu 12.9.2017.)

IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (toim.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

Kagawa, F. & Selby, D. 2013. Ready for the storm: Education for disaster risk reduction and climate change adaptation and mitigation. Journal of Education for Sustainable Development 6 (2), 207–217. http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0973408212475200

Jeffries, H., Stanisstreet, M. & Boyes, E. 2001. Knowledge about the "Greenhouse effect": have college students improved. Research in Science & Technological Education 19 (2), 205–221.

Lehtonen, A. & Cantell, H. 2015. Ilmastokasvatus osaamisen ja vastuullisen kansalaisen perustana. Suomen ilmastopaneelin julkaisuja 2/2015.

Lester, B. T., Ma, L., Lee, O. & Lambert, J. 2006. Social activism in elementary science education: A science, technology, and society approach to teach global warming. *International Journal of Science Education 28* (4), 315–339. DOI: 10.1080/09500690500240100.

Marshall, G. 2015. Don't Even Think about it: Why our Brains are Wired to Ignore Climate Change. Bloomsbury, New York.

McCoy, J. & Johnston, K. 2001. Using ArcGis™ Spatial Analyst. USA, NewYork: ESRI.

Myllyniemi, S. 2017. Ympäristö. Teoksessa S. Myllyniemi (toim.) Nuorisobarometri. Valtion nuorisoneuvoston julkaisuja 56. Grano.

Nevanpää, T. 2005. "Sillä vois olla jotain tekemistä näitten kasvihuonekaasujen kanssa" Ilmastonlämpeneminen yläluokkalaisten käsityksissä. University of Jyväskylä. Institute for Educational Research. Research Reports 17.

Niebert, K. & Gropengießer, H. 2014. Understanding the greenhouse effect by embodiment – analysing and using students' and scientists' conceptual resources. International Journal of Science Education 36 (2), 277–303.

Ojala, M. 2008. Recycling and ambivalence: Quantitative and qualitative analyses of household recycling among young adults. Environment and Behavior 40 (6), 777–97.

Ojala, M. 2012. Hope and climate change: The importance of hope for environmental engagement among young people. Environmental Education Research 18 (5), 625–642. DOI: 10.1080/13504622.2011.637157.

Ojala, M. 2015. Hope in the face of climate change: Associations with environmental engagement and student perceptions of teachers' emotion communication style and future orientation. The Journal of Environmental Education 46 (3), 133–148. DOI: 10.1080/00958964.2015.1021662.

Orr, D. W. 2009. Down to the Wire: Confronting Climate Collapse. Oxford: Oxford University Press.

Papadimitriou, V. 2004. Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. Journal of Science Education & Technology 13 (2), 299–307.

Pettersson, A. 2014. "De som inte kan simma kommer nog att dö!" En studie om barns tankar och känslor rörande klimatförändringarna. (Licentiate thesis). Uppsala University, Uppsala, Sweden.

Pihkala, P. 2017a. Miksi ilmastonmuutoksesta on niin vaikea puhua? Tieteessä tapahtuu 35(1).

Pihkala, P. 2017b. Kuinka käsitellä maailman ongelmia? Traagisuus ja toivo ympäristökasvatuksessa. Ainedidaktiikka 1(1), 2–15.

Pihkala, P. 2017c. Päin helvettiä? Ympäristöahdistus ja toivo. Kirjapaja, Helsinki.

Ratinen, I. 2016. Primary student teachers' climate change conceptualization and implementation on inquiry-based and communicative science teaching: a design research. Jyväskylä studies in education, psychology and social research 555. http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-6667-6.

Salonen A. O. & Konkka, J. 2017. Kun tyytyväisyys ratkaisee – nuorten suhtautuminen globaaleihin haasteisiin, käsitykset ihanneyhteiskunnasta ja toiveet omasta tulevaisuudesta. Teoksessa S. Myllyniemi (toim.) uorisobarometri. Valtion nuorisoneuvoston julkaisuja 56. Grano.

Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S. & Charusombat, U. 2011. Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. Climatic Change 104 (2), 481–507.

Shea, N. A., Mouza, C. & Drewes, A. 2016. Climate change professional development: Design, implementation, and initial outcomes on teacher learning, practice, and student beliefs. Journal of Science Teacher Education 27 (3), 235–258.

Seppälä, J., Airaksinen, M., Cantell, H., Järvelä, M., Ollikainen, M., Peltonen-Sainio, P. & Savolainen, I. 2014. Kuluttajan valinnat pyrittäessä kohti hiilineutraalisuutta – asuminen, liikkuminen, ruokailu ja kompensaatiot. Suomen ilmastopaneelin raportteja.

Suutari, R., Johansson, M. & Tarvainen, T. 1999. Aineistojen alueellistaminen kriging-menetelmällä ympäristömallintamisessa. Suomen ympäristö 268. Helsinki: Oy Edita Ab.

United Nations. 2015. Adoptation of the Paris Agreement. http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf. (Luettu 12.9.2017.)

Vettenranta, J. & Harju-Luukkainen 2013. A New Way of Recognizing the Spatial Distribution of Educational Issues: Regional Variation of Science Literacy in the Finnish TIMSS 2011 Data. 5th IEA International research conference. TIMSS and TIMSS advanced. (http://www.iea.nl/fileadmin/user_upload/IRC/IRC_2013/Papers/IRC-2013_Vettenranta_Harju-Luukkainen.pdf)

Vettenranta, J. 2015. Koulutuksellinen tasa-arvo Suomessa. Teoksessa: PISA 2012 tutkimustuloksia. Millä eväillä osaaminen uuteen nousuun? Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2015:6. 71–91.

Zeyer, A. & Kelsey, E. 2013. Environmental Education in a Cultural Context. Teoksessa R. B. Stevenson, M. Brody, J. Dillon & A. E. J. Wals (toim.) International Handbook of Research on Environmental Education New York & London: Routledge, 206–212.