

24.9.2009

Suomalaisen perusopetuksen tavoitteet ja tuntijaon toimivuus PISA-arviointien tulosten valossa

Jari Lavonen, Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos

Katsauksessa vertaillaan ensin perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden yleistavoitteita ja PISA-viitekehystä (framework). Seuraavaksi vertaillaan luonnontieteiden opetuksen tavoitteita ja PISA-luonnontieteiden viitekehystä. Nämä vertailut tehdään, jotta voitaisiin tarkastella, kansallisen tavoitteenasettelun ja PISA-tulosten välistä yhteyttä. Lisäksi tarkastellaan tavoitteenasettelua, joiden saavuttamista PISA-tehtävillä ei mitata.

PISAn affektiivisen alueen tulosten perusteella tarkastellaan oppilaiden kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan ja luonnontieteiden opiskeluun liittyviä arvoja sekä oppilaiden minäkäsitystä ja minäpystyvyyttä. Myös nämä tarkastelut pyritään kytkemään kasvatuksen ja opetuksen tavoitteiden analysoimiseen. Lopuksi tarkastellaan luonnontieteiden tuntimääriä joissakin maissa. Tuntimäärien vertailu perustuu tutkimuksiin, joita on tehty PISAan kytkeytyen. Katsauksessa on alleviivattu joitakin keskeisiä johtopäätöksiä ja kehittämissuhteita.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden yleistavoitteet ja PISA-viitekehys (framework)

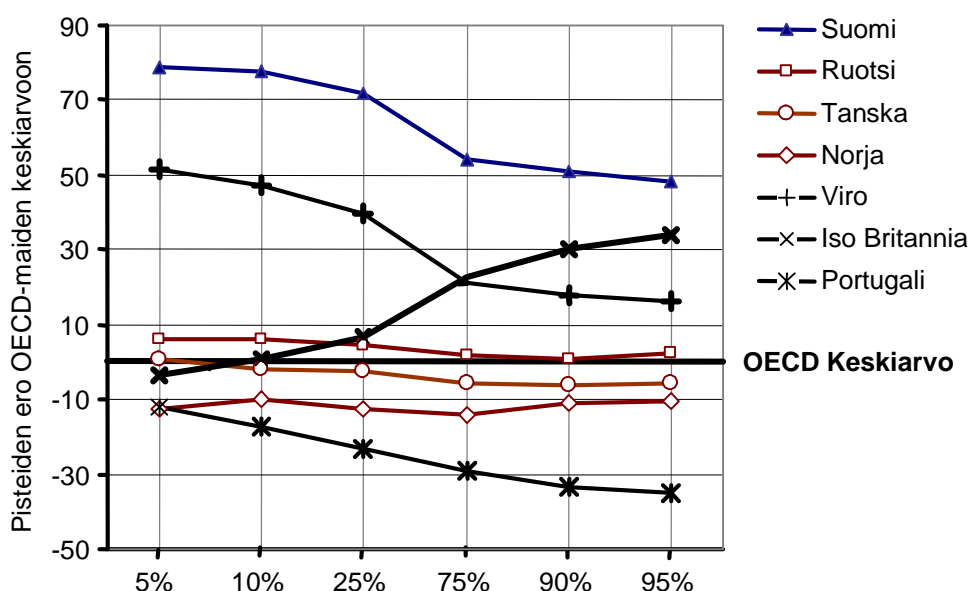
Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan perusopetuksen tehtävänä on tarjota yksilölle mahdollisuus hankkia yleissivistystä ja antaa mahdollisuus monipuoliseen kasvuun ja oppimiseen, jotta oppilas voi hankkia elämässä tarvitsemiaan tietoja ja taitoja, saada valmiudet jatko-opintoihin ja osallistuvana kansalaisena kehittää demokraattista yhteiskuntaa.

PISA-viitekehysten mukaan PISA-tutkimusohjelman tavoitteena on selvittää, kuinka 15-vuotiaat nuoret hallitsevat tulevaisuuden yhteiskunnan, työelämän kehityksen ja laadukkaan elämän kannalta keskeisiä matematiikan, luonnontieteiden ja äidinkielen (lukutaidon) tietoja ja taitoja (OECD, 2006; Arinen & Karjalainen, 2007). Tavoitteena on arvioida käsitteiden hallintaa todellisen elämän tilanteissa ja tulevaisuuden tarpeista nousevien ongelmien ratkaisemisessa. PISA-tutkimuksen tehtävät laaditaan asiantuntijatyönä em. PISA-tavoitteiden pohjalta.

Suomalaiset nuoret ovat menestyneet erinomaisesti joka kerta matematiikan, luonnontieteiden ja lukutaidon osa-alueiden kokeissa (Väljærvi & Linnakylä, 2002; Linnakylä, Sulkunen & Arffman, 2004; Kupari & Väljærvi, 2005; Arinen & Karjalainen, 2007). Esimerkiksi luonnontieteiden kokeessa suomalaiset nuoret sijoituivat kolmanneksi vuonna 2000 ja ensimmäiseksi vuosina 2003 ja 2006. Hyvän menestyksen lisäksi mittauksen hajonnat ovat olleet OECD-maiden pienimmät.

Suomalaisten nuorten luonnontieteellisessä osaamisessa on mielenkiintoinen erityispiirre, jota havainnollistetaan kuviossa 1 (Lavonen 2008). Vastaava kuvio voidaan esittää vuoden 2003 matematiikan PISA-kokeen tuloksista. Kuviossa on esitetty heikosti ja hyvin menestyneiden

oppilaiden suorituspistemäärän keskiarvon poikkeama vastaavasta OECD-maiden keskiarvosta. Luonnontieteen kokeessa heikosti menestyneiden oppilaiden vertailu OECD:n keskiarvoon luetaan 5 %:n percenttiin kohdalta ja parhaiten menestyneiden 95 %:n percenttiin kohdalta. Havaitaan, että Suomessa heikoimmin menestyvät oppilaat menestyvät huomattavasti paremmin kuin oppilaat missään muussa maassa. Erityisesti muiden pohjoismaiden oppilaiden tulokset ovat lähellä OECD-maiden keskiarvoa. Kuviosta havaitaan myös, että Viron kuvaajan muoto on samanlainen ja Englannin kuvaajan muoto on peilikuva Suomen kuvaajaan verrattuna.



Kuvio 1. Eri percentiileille esitetty oppilaiden suorituspistemäärän poikkeama OECD-maiden keskiarvosta muutamassa PISA -tutkimukseen osallistuneessa maassa.

Suomalaisen perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden yleistavoite ja PISA-viitekehyksessä ilmaistu PISA-kysymysten laadinnan taustalla olevat tavoitteet ovat hyvin samanlaisia lukuun ottamatta tavoitteita, jotka liittyvät jatko-opintojen edellytyksenä oleviin valmiuksiin. Koska suomalaiset nuoret ovat menestyneet PISA-mittauksissa hyvin, voidaan väittää, että yleissivistykseen liittyvät opetussuunnitelman perusteissa esitetyt yleistavoitteet on saavutettu hyvin. Edelleen voidaan väittää, että kyseiset tavoitteet ovat tarkoituksenmukaisia, koska ne ovat sängen yhteneviä OECD-maissa konsensuskassa sovittujen PISA-viitekehysten tavoitteiden kanssa.

PISA- -tutkimuksessa ei pyritä selvittämään matemaattis-luonnontieteellisten ja teknisten alojen jatko-opinnoissa edellytettäviä valmiuksia, vaikka oppilaan PISA- -menestyksen ja jatko-opintovalmiuksien välillä on varmasti yhteys. Luonnontieteiden PISA-tutkimuksessa ei selvitetä esimerkiksi oppilaiden valmiuksia käyttää suureyhtälöitä luonnontieteellisten ongelmien ratkaisemisessa. Siksi oppilaiden menestymistä korkeakouluissa ja yliopistoissa ei voi ennustaa pelkästään PISA-tutkimuksen tulosten perusteella. Lukion, yliopistojen ja korkeakoulujen sekä ammattikorkeakoulujen opettajat ovat ilmaisseet mm. sanomalehtien yleisönosastokirjoituksissa huolen siitä, että suomalaisten nuorten matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen ei ole sillä tasolla, jota edellytetään perusopetuksen jälkeisissä opinnoissa. Läheskään kaikki oppilaat eivät ole saavuttaneet esimerkiksi fysiikan ja kemian opetuksen tavoitteissa ilmaistua matemaattisten ja graafisten mallien käytön taitoa. PISA-tulosten perusteella ei siis voida arvioida oppilaiden osaamista jatko-opinnoissa tarvittavien valmiuksien kannalta. Perusopetuksen tavoitteenasettelussa olisi myös jatkossa esitettävä opiskelunvalmiuksiin liittyviä tavoitteita yleistavoitteiden ja ainekohtaisten tavoitteiden yhteydessä. Näiden tavoitteiden saavuttamiseen on varattava myös aikaresursseja.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden luonnontieteiden tavoitteet ja sisällöt PISA-viitekehysten näkökulmasta

Luonnontieteiden PISA-viitekehys

PISA-viitekehysten (OECD, 2006) mukaan PISA-tutkimusohjelman luonnontieteiden koe mittaa nuorten luonnontieteellistä perussivistystä tai osaamista (scientific literacy), eli kykyä käyttää luonnontieteellistä tietoa, havaita kysymyksiä ja ongelmia sekä tehdä johtopäätöksiä tukeutumalla luonnontieteelliseen tietoon. Luonnontieteelliseen osaamiseen kuuluu luonnonilmiöiden ymmärtäminen sekä ihmisen toiminnasta luonnolle aiheutuvien asioiden ymmärtäminen ja siihen liittyvä päätöksenteko. Viitekehyksessä on kuvattu tarkemmin, mitä em. tavoitealueilla tarkoitetaan. PISA-tehtävien *kontekstina* ovat tilanteet, jotka sisältävät luonnontieteitä ja teknologiaa. Näissä tilanteissa toimimiseen tarvitaan kolmenlaista *asiantuntemusta*: 1) luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen, 2) ilmiöiden selittäminen luonnontieteellisesti ja 3) luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö. Tehtävien ratkaisemiseen vaikuttaa se, mitä oppilas tietää luonnosta ja teknologiasta (knowledge of science) ja mitä oppilas tietää luonnontieteiden luonteesta (knowledge about science). Tehtäviä luokitellaan myös sisällön perusteella erilaisiin ryhmiin.

Kognitiivisten taksonomioiden näkökulmasta PISA-tehtävät mittaavat korkeamman tason ajattelun taitoja: oppilas osoittaa ymmärtävänsä tiedon, kun hän osaa soveltaa sitä. Tällaista ymmärrystä PISA-viitekehys pitää edellytyksenä elinikäiselle oppimiselle. Tyypillisessä PISA-tehtävässä annetaan ennakkotietoa, jonka ymmärtäminen edellyttää tehtävän alaan kuuluvaa tietämystä. Ennakkotieto voi olla teksti, tilasto, taulukko tai graafisesti esitetty mittausaineisto, kuva tai kuvio. Oppilaan suorituksen arviointi perustuu usein siihen, miten oppilas käyttää hyväksi tehtävässä annettua ennakkotietoa ja mitä johtopäätöksiä hän sen perusteella tekee.

Luonnontieteiden PISA-viitekehysten vertaaminen suomalaisen perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden luonnontieteiden tavoitteisiin ja sisältöihin

Lavonen (2008) ja Lavonen et al. (2009) ovat verranneet perusopetuksen opetussuunnitelmassa luonnontieteiden opetukselle asetettuja tavoitteita PISA-viitekehyksessä kuvattuihin tavoitteisiin. Vertailun perusteella luonnontieteen PISA-tavoitteet sisältyvät suomalaiseen luonnontieteiden opetuksen tavoitteenasetteluun. Suomalaisessa perusteasiakirjassa on PISA-tavoitteiden lisäksi muita luonnontieteiden opetuksen tavoitteita, kuten opiskelunvalmiuksien ja kokeellisen työskentelyn taitojen kehittämiseen sekä aihekokonaisuuksien alaan kuuluvia tavoitteita.

Ilmaiset suomalaisessa asiakirjassa ja PISA-asiakirjassa eivät luonnollisesti ole identtisiä. Esimerkiksi PISA-viitekehysten ilmaisu "identify scientific issues" esiintyy seuraavissa muodoissa suomalaisissa opetussuunnitelman perusteissa: "to recognise", "to observe", "to formulate a question", "to acquire knowledge", ja "to look for information". Vastaavasti ilmaisu "explain scientific phenomena" ilmaistaan opetussuunnitelman perusteissa seuraavalla tavalla: "to interpret", "to apply knowledge", "to test a hypothesis", ja "to use various graphs and algebraic models in explaining" Alla on joitakin esimerkkejä siitä, miten tavoitteita kuvataan Suomessa PISA-viitekehysten näkökulmasta (Liitteessä 1 vertailu tehty englannin kielellä):

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004 asiakirjassa olevia tavoitteita, jotka liittyvät luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistamiseen:

- ... tunnistaa erilaisia liikkeitä (5 - 6 fyke)
- ... tunnistaa ympäristöstä lämmön siirtymiseen liittyviä ilmiöitä ja osaa tulkita niitä (7 - 9 fy)
- ... osaa tutkia aineiden ominaisuuksia (7 - 9 ke)

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004 asiakirjassa olevia tavoitteita, jotka liittyvät luonnontieteellisen aineiston käyttöön:

- ... osaa koota eri lähteistä löytämäänsä tietoa sekä pohtia sen oikeellisuutta aikaisempien tietojensa ja tutkimustensa perusteella (5 - 6 fyke)
- ... havaintojen, mittauksien ja päätelmien tekemistä, vertailua ja luokittelua, ... tulosten käsittelyä, esittämistä ja tulkitsemista ... (7 - 9 fy)
- ... osaa tehdä päätelmiä aineen reaktioherkyydestä atomin uloimman elektronikuoren rakenteen tai alkuaineen paikan perusteella jaksollisessa järjestelmässä (7 - 9 ke)

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004 asiakirjassa olevia tavoitteita, jotka liittyvät luonnontieteellisen ilmiöiden selittämiseen:

- ... osaa tehdä johtopäätöksiä mittauksistaan ja esittää niitä sekä selittää luonnonilmiöihin liittyviä syy-seuraussuhteita (5 - 6 fyke)
- ... oppii muodostamaan yksinkertaisia malleja ja käyttämään niitä ilmiöiden selittämisessä sekä tekemään yleistyksiä ja arvioimaan tutkimusprosessin ja tulosten luotettavuutta (7 - 9 fy)
- ... lähtökohdana on elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havaitseminen ja tutkiminen. Tästä edetään ilmiöiden tulkitsemiseen, selittämiseen ja kuvaamiseen (7 - 9 ke)

Vaikka PISA-viitekehys soveltaa eri maiden opetussuunnitelmista riippumatonta aihepiirijattelua sisältöjen esittelyssä, suomalaiset sisältökuvaukset voidaan helposti ryhmitellä PISA-viitekehysten aihepiirien mukaan (Lavonen, 2008 ja Lavonen et al., 2009):

- Examples of contents of physical systems:
 - producing heat, light (grades 5 – 6);
 - natural structures and proportions (grades 7 – 9);
 - motion and forces, models of uniform and uniformly accelerating motion (grades 7 – 9);
 - interpretation of chemical reaction equations and the balancing of simple reaction equations (grades 7 – 9);
- Examples of contents of living systems:
 - structure and main vital functions of the human body; reproduction; physical; psychological and social changes accompanying puberty (grades 5 – 6);
 - the ecosystem and its structure and operation; distinctive features of forest and aquatic ecosystems; independent research on one ecosystem (grades 7 – 9);
- Examples of contents of earth and space systems:
 - motion of the earth and moon, structure of the solar system (grades 5 – 6);
 - interactions and the corresponding forces; motion and equilibrium phenomena that arise from those interactions; occurrence of those phenomena in nature (grades 7 – 9);
- Examples of contents of technology systems:
 - various ways of producing electricity and heat; energy resources (grades 5 – 6); origin, utilisation, and recycling of products and materials belonging to the living environment; safe usage of those products and materials (grades 7 – 9);

PISA-viitekehysten mukaan yksi tärkeä näkökulma tehtävien laadintaan on tehtävien ryhmittely kahteen ryhmään:

- tehtävät, jotka mittaavat, mitä oppilas tietää luonnosta ja teknologiasta (knowledge of science and technology)
- tehtävät, jotka mittaavat, mitä oppilas tietää luonnontieteiden luonteesta (knowledge about science and technology).

Tietämiseen liittyviä tehtäviä on PISA-kokeessa noin 60% ja luonteeseen liittyviä tehtäviä noin 40%. Suomalaisissa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa on tavoitteita näille kummallekin alueelle. Tietäminen tosin korostuu opetussuunnitelman perusteissa, sillä keskeisten sisältöjen luetteloissa on lueteltu lähinnä käsitteiden tietämiseen liittyviä sisältöalueita. Haasteena uuden opetussuunnitelman laatimisessa on löytää parempi tasapaino luonnontieteiden tietämisen ja luonteen ymmärtämisen välille.

Seuraavassa on lueteltu joitakin tietämiseen ja luonteen ymmärtämiseen liittyviä tavoitteita suomalaisessa opetussuunnitelmassa:

Tavoitteet, jotka liittyvät luonnosta ja teknologiasta tietämiseen

- ... lähtökohtana ovat havainnot, joista edetään kohti fysiikan ja kemian peruskäsitteitä ja periaatteita (5-6 luokka)
- ... opetuksen tehtävänä on auttaa omaksumaan luonnontieteellisiä käsitteitä ja malleja (fyke 7-9 luokka)

Tavoitteet, jotka liittyvät luonnontieteiden luonteesta ymmärtämiseen

- ... ympäristön kappaleista, aineista ja ilmiöistä tehdyt havainnot ja tutkimukset (5-6 luokka)
- opetuksen tehtävänä on auttaa hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta (fyke 7-9 luokka)
- opetus ohjaa luonnontieteille ominaiseen ajatteluun, antaa oppilaalle valmiuksia keskustella ja kirjoittaa, auttaa häntä ymmärtämään fysiikan merkityksen (fy 7-9 luokka)

Kansalliset opetussuunnitelmat vaikuttavat sisältöjen ja opetusmenetelmien valintaan luonnontieteiden opetuksessa. Luonnontieteiden opetuksen tavoitteenasettelusta seuraa, että oppilastöiden tekeminen on Suomessa yksi tyypillisemmistä fysiikan ja kemian opetusmenetelmistä perusopetuksen luokilla 7-9 (Lavonen, Juuti, Byman, Uitto & Meisalo, 2005). Oppilastöiden tekeminen edellyttää oppilailta kykyä käyttää tietojaan ja taitojaan kokeiden suunnittelussa ja tekemisessä sekä tulosten tulkinnassa. Kokeiden tekeminen edellyttää taitoa argumentoida, neuvotella ja väitellä. Oppilastöiden tekeminen voi myös kehittää oppilaiden yhteissuunnittelun taitoja ja luovuutta. On ilmeistä, että kokeiden tekeminen ja siihen kiinteästi liittyvä mallintaminen auttavat oppilaita oppimaan luonnontieteiden käsitteitä, kokeellisen työskentelyn taitoja ja ymmärtämään luonnontieteiden luonnetta. Näiden tietojen ja taitojen oppimista mitataan PISA -tehtävillä. PISA tulosten perusteella on tärkeää asettaa tavoitteita kokeellisen työskentelyn, ryhmässä työskentelyn ja luovien taitojen oppimiselle myös uusissa opetussuunnitelman perusteissa. Nämä tavoitteet ohjaavat opettajia valitsemaan monipuolisesti kokeellisen opetuksen opetusmenetelmiä. Kokeelliseen opetukseen on osoitettava myös ajallisia resursseja. Seuraavassa luettelossa on esimerkkejä tavoitteenasettelusta nykyisestä opetussuunnitelman peruste-asiakirjasta. Esimerkeistä havaitsee, että tavoitteenasettelu ohjaa opiskeluun, joka tavoittelee monipuolista osaamista ja kasvua.

Esimerkkejä tavoitteista, jotka liittyvät kokeelliseen opetukseen.

- *Tavoitteena on, että oppilas oppii hankkimaan tietoa luonnosta ja ympäristöstä havainnoimalla, tutkimalla ja erilaisia lähdeaineistoja käyttämällä; tekemään havaintoja eri aisteja ja yksinkertaisia tutkimusvälineitä käyttäen; oppii kuvailemaan, vertailemaan ja luokittelemaan havaintojaan sekä tekemään yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita (luokat 1-4)*
- *Tavoitteena on, että oppilas oppii tekemään havaintoja ja mittauksia, etsimään tietoa tutkittavasta kohteesta sekä pohtimaan tiedon luotettavuutta; tekemään johtopäätöksiä havainnoistaan ja mittauksistaan sekä tunnistamaan luonnonilmiöihin ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyviä syy-seuraussuhteita; tekemään yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita, joissa selvitetään ilmiöiden, eliöiden, aineiden ja kappaleiden ominaisuuksia sekä niiden välisiä riippuvuuksia sekä käyttämään luonnontieteellisen tiedon kuvailemisessa, vertailemisessa ja luokittelussa fysiikan ja kemian alaan kuuluvia käsitteitä (luokat 5-6)*
- *Tavoitteena on, että oppilas oppii luonnon tutkimisen taitoja kuten kysymysten tekeminen ja ongelmien hahmottaminen havaintojen, mittauksien ja päätelmien tekemistä, vertailua ja luokittelua, hypoteesin esittämistä ja sen testaamista sekä tulosten käsittelyä, esittämistä ja tulkitsemista; suunnittelemaan ja tekemään luonnontieteellisen tutkimuksen, jossa vakioidaan ja varioidaan luonnonilmiöissä vaikuttavia muuttujia ja selvitetään muuttujien välisiä riippuvuuksia sekä käyttämään tarkoituksenmukaisia käsitteitä, suureita ja yksiköitä kuvatessaan fysikaalisia ilmiöitä ja teknologiaan kuuluvia asioita. (luokat 7-9)*

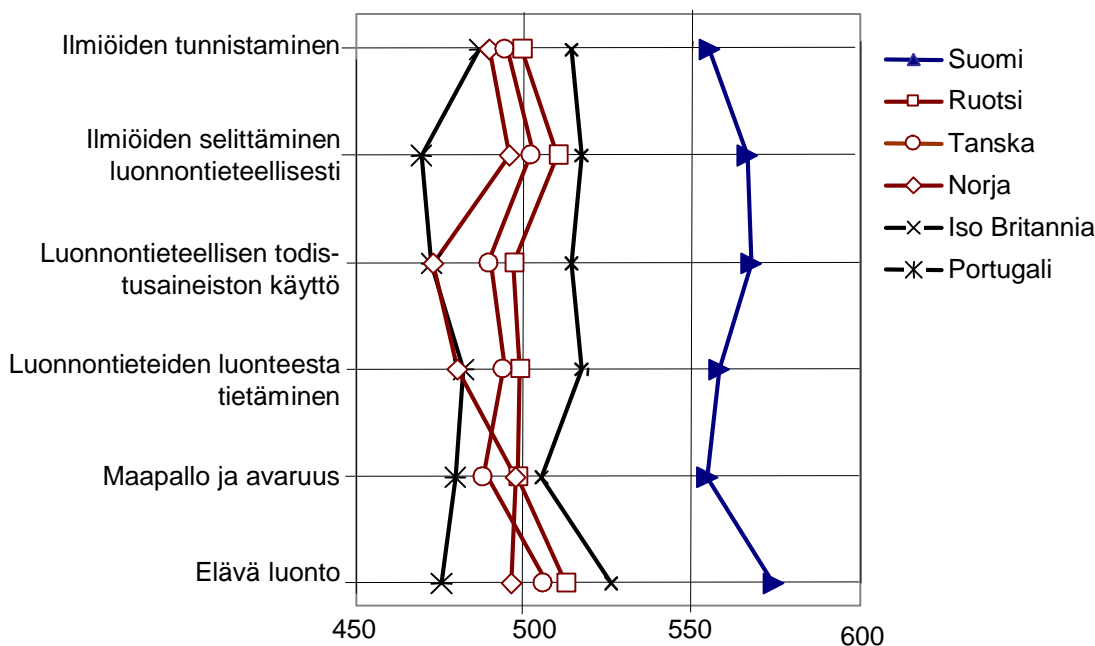
PISA-viitekehys sisältää tavoitteita teknologisen tiedon ja sen luonteen ymmärtämiselle. Lisäksi yksi PISAn aihepiireistä kuuluu teknologian alaan (Technology systems). Edellä on verrattu suomalaista perusopetuksen opetussuunnitelman peruste-asiakirjaa PISA-viitekehykseen ja havaittu, että ne ovat yhteensopivia. Suomalainen aihekokonaisuus ”Ihminen ja teknologia” sisältää myös PISA-viitekehyksen alaan kuuluvia asioita. Joitakin kohtia aihekokonaisuuden kuvauksessa voidaan pitää riittämättömänä. Kuvailussa ei kannusteta teknologisen tiedon luomiselle ominaiseen luovaan ongelmanratkaisuprosessiin perusopetuksessa. Kokonaisuutena arvioiden suomalaiset opettajat ovat onnistuneet ohjaamaan oppilaita omaksumaankin teknologian alaan kuuluvia asioita. Nykyinen teknologian opettamisen lähestymistapa Suomessa vaikuttaa siis sangen onnistuneelta PISA-tutkimustiedon valossa. Tälle suomalaiselle lähestymistavalle on ominaista teknologian teemojen integroiminen eri oppiaineisiin. Esimerkiksi fysiikassa jokaisen aihepiirin yhteydessä tarkastellaan myös aihepiirin teknologisia sovelluksia. Sähköilmiöiden keskeiseksi sisällöksi todetaan: ”*tasavirtapiiri ja virtapiirin perusilmiöt sekä näiden ilmiöiden soveltaminen turvallisesti jokapäiväisessä elämässä ja tekniikassa; sähkömagneettinen induktio ja sen käyttö energian siirrossa sekä sähkön käyttö kotona*”.

Yhteenvetona voidaan todeta, että PISA-viitekehyyksessä esitellyt luonnontieteiden tavoitteet ja sisältökuvaukset sisältyvät suomalaiseen perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet-asiakirjassa ilmaistuihin luonnontieteiden opetuksen tavoitteisiin. PISA-viitekehyyksestä puuttuvat suomalaisessa opetussuunnitelma-asiakirjassa ilmaistut opiskeluvaikeuksiin liittyvät tavoitteet ja monipuoliset kokeellisen työskentelyn taitojen oppimiseen liittyvät tavoitteet. Näiden puuttuvien tavoitteiden saavuttamisesta ei PISA-tutkimuksen valossa voi esittää johtopäätöksiä. Myös muiden maiden opetussuunnitelmien tavoitteet ja sisällöt voidaan ryhmitellä vastaavalla tavalla PISA-tavoitteiden ja aihepiirien mukaisesti (ks. esim. Lavonen et al. 2009). Ryhmittelyn onnistumiseen ei vaikuta se, noudattaako maan opetussuunnitelma ainejakoista lähestymistapaa vai integroivaa ”science” lähestymistapaa. Maria Åströmin (2008) väitöstutkimuksen mukaan integroivalla ja oppiainejakoisella lähestymistavalla saavutetaan Ruotsissa samanlaisia PISA-tuloksia. PISA-tutkimuksen perusteella ei voi siis argumentoida, että oppiainejakoinen tai luonnontieteitä integroiva lähestymistapa olisi toista lähestymistapaa parempi, kun oppimista tarkastellaan PISA-tiedon valossa.

Opetussuunnitelman toimivuuden arviointia PISA-tulosten valossa

PISA 2006-tutkimuksen mukaan suomalaisten oppilaiden PISA-keskiarvo oli parempi, kuin minkään muun kokeeseen osallistuneen maan oppilaiden keskiarvo kaikilla kolmella tutkitulla luonnontieteen osa-alueella, ilmiöiden tunnistaminen, selittäminen luonnontieteellisesti ja luonnontieteellisen aineiston käyttö (Kuvio 2). Myös luonnontieteellisen tiedon ja luonnontieteiden luonteen ymmärtämistä mittaavissa osioissa suomalaiset menestyivät muita osanottajamaita paremmin.

Suomessa koulujen väliset erot luonnontieteiden kokeen tuloksissa olivat kaikkein pienimmät PISA 2006 -tutkimukseen osallistuneista maista. Suomessa tyttöjen pistemäärä oli 3 pistettä poikien pistemäärää suurempi. Myös Norjassa tytöt olivat poikia parempia (4 p.). Pojat olivat tyttöjä parempia Virossa (4 p.), Ruotsissa (1 p.) ja Tanskassa (9 p.). Kun oppilaiden menestymistä Suomessa verrattiin EU-aluejaon mukaisesti, havaittiin, että alueiden välillä oli tilastollisesti merkittäviä eroja. Luonnontieteiden suorituspistemäärien keskiarvo vaihteli Itä-Suomen 571 pisteestä Ahvenanmaan 545 pisteeseen. Uudenmaan oppilaiden keskiarvo oli 567, Väli-Suomen 552 ja Etelä-Suomen 564. Alueiden välinen vaihtelu oli suurempaa muissa tutkimukseen osallistuneissa maissa. Esimerkiksi Italiassa luonnontieteen kokeen tulos vaihteli välillä 433 (Sisilia) ... 534 (Venetsia) ja Espanjassa 474 (Andalusia) ... 526 (Rioja). (Lavonen, 2008)



Kuvio 2. Suomalaisten nuorten menestyminen kolmella tutkitulla luonnontieteen osa-alueella ja luonnontieteellisten sisältöjen sekä luonnontieteiden luonteen ymmärtämisen alueilla.

Edellä esitetyn perusteella voidaan väittää, että suomalainen opetussuunnitelma-ajattelu, johon kuuluu kansallisen tason ohjaus (perusteasiakirja) ja paikallisen tason opetussuunnitelman laadinta ovat onnistuneita ratkaisuja. Edelleen voidaan väittää, että tavoitteenasettelu on onnistunut ja opiskeluun varattu aikaresurssi tarkoituksenmukainen. Peruskoulu-uudistuksen yhteydessä tehty linjaus, jossa korostetaan tavoitteiden merkitystä opetuksen suunnittelun lähtökohdaksi, on osoittautunut hedelmälliseksi linjaukseksi myös PISA -tulosten näkökulmasta. Suomessa ei ole päädytty luettelemaan opetussuunnitelmassa sisältöjä tai muotoilemaan helposti mitattavia osaamiskuvauksia (outcome based education, esim. USA ja UK). Tavoitteiden tulkinta ja niiden pohjalta tapahtuva opetuksen suunnittelu sekä opetuksen ja oppimisen arviointi on kuulunut ja tulee varmasti myös kuulumaan jatkossa suomalaisten opettajien ammattitaitoon. Siksi suomalaiset opettajat ovat omilla opetussuunnitelmatulkinnoillaan ja oppimateriaalin valinnoillaan sekä painotuksillaan keskeisesti vaikuttaneet hyviin PISA-tuloksiin.

Aihekokonaisuudet ja eheyttäminen

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan opetus voi olla ainejakoista tai eheytettyä. Opetuksen eheyttämisen tavoitteena on ohjata tarkastelemaan ilmiöitä eri tiedonalojen näkökulmista rakentaen kokonaisuuksia ja korostaen yleisiä kasvatuksellisia ja koulutuksellisia päämääriä. Vaikka opetussuunnitelman perusteissa tarjotaan mahdollisuus oppiainerajoja ylittävään opetukseen, suomalaisissa kouluissa opetus on hyvin oppiainejakoista. Myös Ruotsin kansallisissa opetussuunnitelma-asiakirjoissa tarjotaan mahdollisuus opettaa erityisesti science-aineita oppiainejakoisesti tai integroituna luonnontiede/science-aineena. PISA tulosten valossa Ruotsissa saavutetaan samanlaisia tuloksia riippumatta siitä, onko luonnontieteiden opetus oppiainejakoista vai integroitua (Åström 2008).

Suomessa on ollut perinne esitellä opetussuunnitelman perusteissa aihekokonaisuuksia. Luonnontieteiden opetuksen kannalta tärkeitä aihekokonaisuuksia ovat:

4. Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys
5. Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta
6. Turvallisuus ja liikenne
7. Ihminen ja teknologia.

PISA-tulosten valossa nykyinen oppiainejakoinen järjestelmä, johon kuuluu aihekokonaisuuksien integroiminen koulun tasolla tarkoituksenmukaisella tavalla koulun toimintaan, näyttää tuottavan hyviä oppimistuloksia Suomessa. Vallalla olevaa lähestymistapaa tukee voimakkaasti opettajankoulutuksen rakenne, jossa aineenopettajan opinnoissa tuetaan opiskelijaa omaksumaan perusteelliset aineen tiedot ainelaitoksella. Ainelaitoksella omaksutaan myös oppaineen taustalla olevan tieteen luonne ja tieteenalalle ominaiset epistemologiset, ontologiset ja metodologiset sitoumukset. Pedagogisissa opinnoissa opitaan suunnittelemaan, perustelevaan ja toteuttamaan erilaisia pedagogisia ratkaisuja. Opettajankoulutuksen erityispiirteenä on tutkimukseen perustuvan tiedon ja siihen liittyvän ajattelun korostaminen. Tällainen syvälinen pedagogiikan hallinta ja aineenhallinta mahdollistavat erilaisten pedagogisten ratkaisujen suunnittelun ja toteutuksen. Opettajan ammattitaito takaa, että oppilaat oppivat monipuolisesti luonnontieteiden tietoja ja luonnetta sekä ongelmanratkaisun taitoja.

Syvälinen pedagogiikan hallinta ja aineenhallinta tekevät mahdolliseksi integroida aihekokonaisuuksia luonnontieteiden opetukseen. Myös opetussuunnitelman perusteet ohjaavat tärkeiden aihekokonaisuuksien integroimiseen: ”*Fysiikan ja kemian opetus auttaa oppilasta pohtimaan hyvän ja turvallisen ympäristön merkitystä sekä opettaa oppilasta huolehtimaan ympäristöstään ja toimimaan siinä vastuullisesti (fyke 5-6 luokka).*” ”*Opiskelu antaa valmiuksia tehdä jokapäiväisiä valintoja erityisesti energiavarojen käyttöön ja ympäristön suojeluun liittyvissä asioissa.*” (fy 7-9 luokka)

PISA 2006 -kiinnostus- ja arvostustutkimuksen tuloksista

Oppilaan minäkuva, uskomukset, kiinnostus ja asenteet vaikuttavat hänen oppimisen. Siksi PISA-tutkimuksessa selvitetään, miten oppilaat suhtautuvat oppimiseen ja koulunkäyntiin, luonnontieteellisiin kysymyksiin, tieteelliseen ajatteluun ja päättelyyn, sekä miten oppilas ymmärtää vastuunsa kestävästä kehityksestä ja mahdollisuutensa vaikuttaa siihen. Eri maiden asenne- ja kiinnostusmittausten vertailu on hankalaa, koska määrän tai voimakkuuden ilmaisemiseen vaikuttavat mm. kulttuurierot.

Luonnontieteisiin liittyvät arvot

Melkein kaikki tutkimukseen osallistuneet oppilaat ilmoittivat arvostavansa luonnontieteitä (samaa mieltä tai täysin samaa mieltä väitelauseen kanssa). Kaikkiaan 94 % suomalaisista ja 93 % OECD-maiden oppilaista oli sitä mieltä, että luonnontieteiden ja teknologian edistysaskeleet parantavat ihmisten elinoloja. Kaikkiaan 96 % suomalaisista ja 92 % OECD-maiden oppilaista piti luonnontieteitä yleisesti tärkeinä, koska ne auttavat meitä ymmärtämään maailmaa ympärillämme. Suomalaiset oppilaat korostivat luonnontieteiden yhteiskunnallista tärkeyttä ja hyötyä (93 %), mutta eivät samalla tavalla niiden tärkeyttä elinkeinoelämän kannalta (84 %). Oppilaat eivät myöskään nähneet luonnontieteiden olevan merkityksellistä heille itselleen. Maaseudun nuorten ja kaupunkilaisnuorten arvostukset olivat samansuuntaisia.

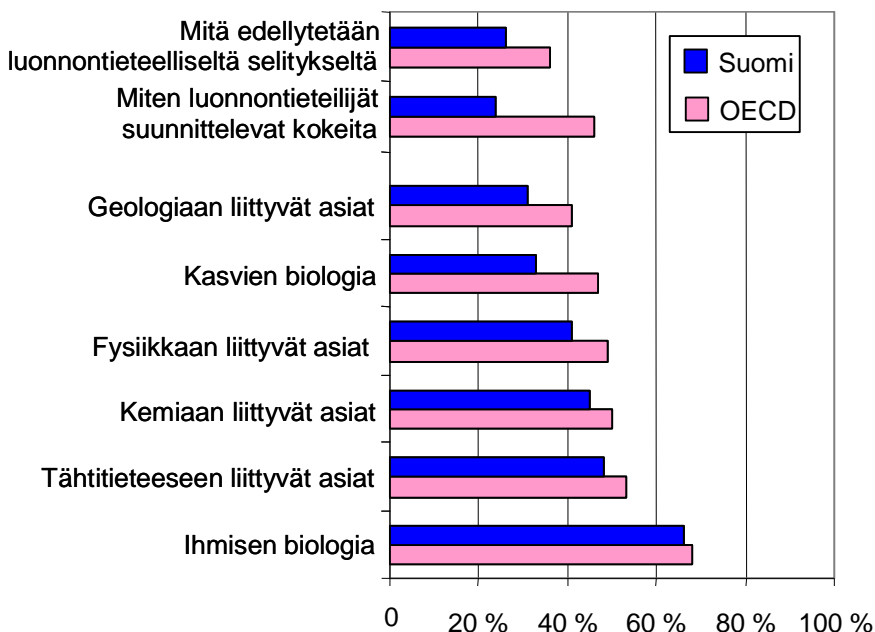
Luonnontieteiden opetukselle on haasteena osoittaa luonnontieteiden merkitys elinkeinoelämän kannalta. Toinen haaste on tukea oppilaita hahmottamaan luonnontieteiden merkitystä omalta kannalta. Lavonen, Gedrovics, Byman, Meisalo, Juuti ja Uitto (2008) tutkivat minkälaiset ammattien piirteet kiinnostavat suomalaisia nuoria. Heidän tutkimuksen mukaan nuoret ovat kiinnostuneita mm. mahdollisuudesta olla luovia työssään ja toimia muiden ihmisten kanssa yhdessä. Nämä piirteet ovat tyypillisiä luonnontieteiden ja teknologian alan työtehtävissä. Vaikuttaa siis siltä, että luonnontieteiden opetus ei onnistu välittämään nuorille oikeanlaista kuvaa luonnontieteiden ja teknologian alan ammattiteista. Siksi luonnontieteiden tavoitteenasettelussa tulisi korostaa myös luonnontieteiden ja tekniikan alan ammattien ja työtehtävien luonteen tuntemista. Tämän tavoitteen saavuttamiseen on myös kehitetty Suomessa hyviä opetusmenetelmiä, kuten opintokäynti teollisuuteen.

Luonnontieteiden kiinnostavuus

Oppilaiden kiinnostuksella on yhteys oppilaiden motivaatioon opiskella ja oppia oppiainetta sekä siihen, kuinka he luottavat omaan kykyihinsä. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa on lueteltu joukko oppilaiden luonnontieteitä kohtaan kokeman kiinnostuksen lisäämisen tavoitteita:

- ”Opiskelun tulee innostaa oppilasta luonnontieteiden opiskeluun ...”;
- ”... innostaa oppilasta fysiikan opiskeluun.”;
- ”... innostaa oppilasta kemian opiskeluun.”;
- ”Opiskelija saa tyydytystä tiedon ja ymmärtämisen tarpeelleen sekä saa vaikutteita, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta fysiikkaa kohtaan”;
- ”Kemian opetuksen toteutuksessa otetaan huomioon opiskelijoiden opiskeluvalmiudet ja luodaan myönteinen kuva kemialla sekä sen opiskelua kohtaan.”.

Affektiivisen alueen tavoitteiden esittäminen opetussuunnitelman perusteissa on hyvä ratkaisu. Ongelmana on se, että niitä ei saavuteta PISA-tutkimustiedon valossa. Oppilaiden kiinnostusta luonnontieteellisistä aloja ja luonnontieteiden luonnetta kohtaan selvitettiin PISA-tutkimuksessa seitsemällä kysymyksellä. Kuviossa 3 on esitetty niiden oppilaiden prosenttiosuus, jotka ilmoittivat, että väitelauseessa esitetty asia kiinnostaa paljon tai kohtalaisesti heitä. Eniten oppilaita kiinnostivat ihmiseen ja tähtitieteeseen liittyvät asiat ja vähiten geologia ja kasvibiologia. Luonnontieteiden luonteeseen liittyvät aiheet kiinnostivat suomalaisia nuoria huomattavasti vähemmän kuin OECD-maiden nuoria keskimäärin: Vähiten luonnontieteet kiinnostivat Alankomaiden nuoria ja toiseksi vähiten suomalaisia nuoria. (Lavonen 2008)



Kuvio 3. Oppilaiden prosenttiosuus, jotka ilmoittivat, että luonnontieteiden ala tai luonnontieteiden luonne kiinnostaa paljon tai kohtalaisesti heitä.

Opetussuunnitelman laatijoilla on haaste muotoilla opetussuunnitelman tavoitteet niin, että luonnontieteistä tulisi kiinnostavampia oppilaille. Erityisesti tulisi pohtia, miten luonnontieteiden luonteeseen kuuluvien asioiden tarkastelusta (esim. miten kokeita suunnitellaan) saataisiin oppilaita kiinnostavampia.

Minäkäsitys ja minäpystyvyys

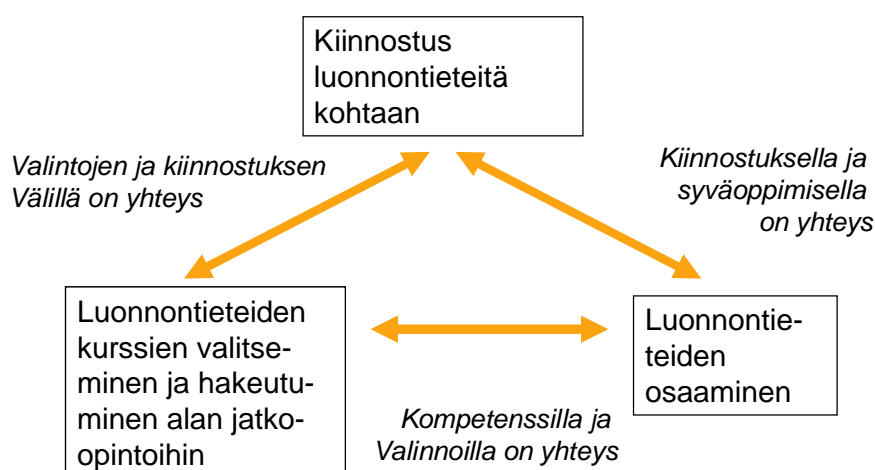
Suomalaisten nuorten minäkäsitys luonnontieteiden oppijana oli muiden OECD-maiden nuoria korkeampi. Suomalaisista nuorista 69 % ja OECD maiden nuorista keskimäärin 65 % koki vastaavansa luonnontieteellisten oppiaineiden kokeissa hyvin (samaa mieltä tai täysin samaa

mieltä väitelauseen kanssa). Suomalaisista nuorista 61 % ilmoitti oppivansa sekä ymmärtävänsä helposti uusia asioita luonnontieteissä (OECD-maiden keskiarvot 56 % 55 %). Vain käsitteiden ymmärtämisessä suomalaiset oppilaat kokivat enemmän vaikeuksia kuin nuoret OECD-maissa keskimäärin. Vaativien asioiden oppimisen koki OECD-maissa helpoksi 47 % oppilaista ja Suomessa 50 %. Kaikille Pohjoismaille on yhteistä poikien tyttöjä positiivisempi kuva itsestään luonnontieteiden oppijana. (Lavonen 2008)

Suomalainen koulu ja luonnontieteiden opetus tukee minäkuvan ja minäpystyvyyden kehittymistä. Tähän kehitykseen vaikuttaa moni asia. Ensiksi suomalaisessa luokassa on erilaisia oppilaita. Hyvin menestyvät oppilaat toimivat roolimallina heikommin menestyville oppilaille. Suomalainen arviointikulttuuri tukee minäkuvan ja minäpystyvyyden kehittymistä. Suomessa ei ole raskasta kansallisen arvioinnin traditiota, joka useassa muussa maassa synnyttää epäonnistumisen tunteen usealle oppilaalle. On tärkeää, että suomalaiset opettajat ovat vastuussa arvioinnista ja sen kehittämisestä. Opetussuunnitelman perusteita laadittaessa on pohdittava tarkoin, millä tavalla niissä kuvataan arviointitoimintaa osana oppineen opetusta. Laadinnassa on otettava huomioon minäkuvan ja minäpystyvyyden kehittymisen tukeminen. Yksi huomioon otettava näkökulma on, että oppilaan minäpystyvyys ja minäkuva selittävät huomattavan paljon oppilaan PISA-menestyksestä. (ks. lisää Lavonen ja Laaksonen, 2009)

Affektiivisen alueen ongelmien kytkeytyminen

Pisa-tutkimuksen paljastamat ongelmat oppilaiden kiinnostuksessa ja arvoissa kytkeytyvät luonnontieteiden osaamiseen monimutkaisella tavalla eikä kaikkien yhteyksien esittäminen ole mahdollista. Kuvio 4 havainnollistaa joidenkin keskeisten alan muuttujien kytkeytymistä (Lavonen ja Laaksonen, 2009). Kaaviossa on nostettu esille luonnontieteiden valitseminen ja alalle suuntautuminen yhtenä keskeisenä arvoihin ja arvostuksiin liittyvänä asiana. Luonnontieteiden opetuksen tavoitteenasettelussa luonnontieteiden relevanssi, merkitys oppilaiden oman elämän kuten työllistymisen kannalta, olisi otettava huomioon.



Kuvio 4. oppilaiden kiinnostuksen ja arvojen kytkeytyminen luonnontieteiden osaamiseen.

Luonnontieteiden tuntimäärä osana tuntijakoa

Edellä on perusteltu, miksi luonnontieteiden opetukselle on varattava riittävät aikaresurssit PISA-tutkimuksen tulosten valossa. Jos halutaan, että oppilaiden osaaminen pystyy samalla tasolla kuin nyt, oppilaiden jatko-opintovalmiuksissa tapahtuu kehitystä ja oppilaiden kiinnostus ja arvot kehittyvät luonnontieteitä kohtaan, nykyinen luonnontieteiden tuntimäärä voi olla liian pieni. Tuntimäärä on koulutuspoliittinen kysymys ja siihen vaikuttavat tutkimustiedon lisäksi luonnollisesti erilaiset yhteiskunnan tärkeinä pitämät arvot.

Yksi tapa tarkastella luonnontieteiden tuntimäärää perusopetuksessa on suomalaisen tuntimäärän vertaaminen muiden maiden luonnontieteiden tuntimäärään. Tällaiset vertailut ovat

kuitenkin sängen hankalia, sillä oppitunnin pituus määritellään eri tavoin eri maissa. Myös se, mikä sisällytetään luonnontieteellisiin aineisiin, vaihtelee. Esimerkiksi Suomessa on perinteisesti sisällytetty maantieteen tuntimäärät luonnontieteellisten aineiden tuntimääriin. Ruotsissa ja Norjassa suurin osa suomalaista maantieteen oppiainesta on osa ”social science” oppiainetta. Seuraavissa kappaleissa esitetyt tuntimäärien vertailut perustuvat tutkimuksiin, joita on tehty PISA-tutkimukseen liittyen.

Lavonen, Lie, Macdonald, Oscarsson, Reistrup ja Sørensen (2009) vertasivat luonnontieteellisten aineiden tuntimääriä pohjoismaissa. He havaitsivat, että 60 min oppitunneiksi muutettuna luonnontieteiden tuntimäärä on jokseenkin sama Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Tanskassa eli yhteensä noin 800 tuntia luokilla 1-9. Tähän päädytään, kun Suomen tuntimäärästä (880) vähennetään maantieteen tunnit, jotka muissa maissa on sisällytetty social science oppiaineeseen. Pohjoismaiden suurimmat erot luonnontieteiden opetuksessa liittyivät oppiainejakoisuuteen ja pätevien opettajien määrään. Esimerkiksi Norjassa sängen usein fysiikan tiedonala opettaa opettaja, jolla ei ole lainkaan omia opintoja fysiikasta. Tämä selittää jossain määrin Norjan Suomea alhaisemman PISA-menestyksen. Norjassa opetetaan integroitua luonnontiedettä ja Ruotsissa koulu voi itse päättää, opetetaanko siellä integroitua vai oppiainejakoista luonnontiedettä.

Lavonen (2009) selvitti haastattelemalla seitsemän maan luonnontieteellisten aineiden tuntimäärän osana Socrates ohjelman rahoittamaa EuSTD-web - European Teacher Professional Development for Science Education in a Web-based Environment hanketta. Selvityksen yhteydessä havaittiin, että tuntimäärä ilmoitetaan hyvin eri tavalla eri maissa. Osassa maita ilmoitetaan 45 min oppituntien lukumäärä, osassa kokonaistuntimäärä ja osassa luonnontieteiden tuntimäärä prosentteina oppilaan kokonaistuntimäärästä. Tarkoituksenmukaiseksi osoittautui 45 min pituisten oppituntien vertaileminen. Eniten luonnontieteiden oppitunteja on Puolassa (40 vuosiviikkotuntia yhteensä vuosiluokille 1-9). Tsekin tasavallassa ja Englannissa on yhteensä noin 30 vuosiviikkotuntia ja Suomessa noin 24 vuosiviikkotuntia luonnontieteitä luokilla 1-9. Vähiten tunteja on Bulgariassa ja Portugalissa (n. 20 tuntia).

Kim, Lavonen ja Ogawa (2009) vertailivat luonnontieteiden opetusta Suomessa Koreassa ja Japanissa (Liite 3). He havaitsivat, että eniten luonnontieteiden vuosiviikkotunteja on Suomessa (31-7=24) ja Japanissa (24) ja vähiten Koreassa (23). On huomattava, että suomen luonnontieteiden kokonaistuntimäärästä on vähennettävä noin 7 tuntia sellaista maantiedettä, jota ei sisälly Japanin ja Korean tuntimääriin. Tuntimäärät luonnontieteissä ovat siis likimain yhtä suuret.

Yhteenvetona voidaan todeta, että luonnontieteiden tuntimäärä (maantiede ei ole mukana) Suomessa on samalla tasolla kuin se on esimerkiksi Ruotsissa, Norjassa, Japanissa ja Koreassa. Esimerkiksi Englannissa, Puolassa ja Tsekin tasavallassa on enemmän luonnontieteiden tunteja kuin Suomessa ja Portugalissa ja Bulgariassa vähemmän oppitunteja kuin Suomessa. Edellä kuvattujen tietojen valossa tuntimäärän ja PISA-menestyksen välillä ei ole suoraa yhteyttä. Hyvin menestyvillä mailla on noin 24 tuntia luonnontiedettä. Jos tuntimäärä alittaa 24 tuntia, oppilaiden PISA-tulos on heikko.

Lopuksi

PISA 2006 -aineiston perusteella suomalaisten nuorten luonnontieteellinen osaaminen on huippua. Suomessa sekä heikot että hyvät oppilaat menestyvät paremmin kuin minkään muun maan vastaavat oppilaat. Osaaminen on hyvin samankaltaista eri osa-alueilla. Koulujen ja Suomen eri alueiden välillä osaamiserot ovat pieniä. Luonnontieteellisten aineiden tuntimäärä on samaa suuruusluokkaa kuin esimerkiksi Japanissa. Keskeisin luonnontieteiden opetuksen ongelma on se, että luonnontieteet eivät kiinnosta oppilaita.

Jos ja kun opetussuunnitelmaan tai tuntijakoon tehdään muutoksia, on hahmotettava muutosten vaikutus koko kansalliseen koulutuspolitiikkaan ja sen toimenpanoon. Muutoksilla on vaikutusta

esimerkiksi opettajankoulutukseen ja oppimateriaalien tuottamiseen. Muutoksia suunniteltaessa on siis varauduttava informaatio-ohjaukseen.

Jos tuntijakoon aiotaan tehdä muutoksia, on hyvin tarkkaan mietittävä, mitä seurauksia muutoksella on luonnontieteiden opetukseen. Tingitäänkö tällöin esim. kokeelliselle työskentelyyn ja luovan ongelmanratkaisun taidoille asetettavista tavoitteista vai esimerkiksi opiskeluvälmiuksien kehittämiseen tähtäävistä tavoitteista.

Toisaalta on muistettava, että PISA-menestyksen taustalla on paljon muitakin syitä, kuin opetussuunnitelma ja tuntijako. Esimerkiksi Välijärvi, Linnakylä, Kupari, Reinikainen ja Arffman (2002) sekä Kupari ja Välijärvi (2005) ovat selittäneet suomalaisten nuorten menestystä peruskoulupedagogiikalla, koulutusjärjestelmän rakenteella, opettajankoulutuksella, koulukäytännöillä ja suomalaisella kulttuurilla. Kasvatustieteiden professori Hannu Simola (2005) on esittänyt, että suomalaisten nuorten menestykseen ovat vaikuttaneet taloudellinen ja yhteiskunnallinen kehitys. Aktiiviset koulutuspolitiikot Aho, Pitkänen ja Sahlberg, (2006) ovat esittäneet, että PISA -menestyksen syyt löytyvät peruskoulusta ja sen aikana tehdyistä uudistuksista. Myös Pehkosen, Ahteen ja Lavosen (2007) toimittamassa kirjassa *How Finns Learn Mathematics and Science* ja Lavosen ja Laaksosen (2009) artikkelissa selittämään eri näkökulmista suomalaisten nuorten hyvää PISA -menestystä.

Lähteet

- Aho, E., Pitkänen, K., & Sahlberg, P. (2006). Policy Development and Reform Principles of Basic and Secondary Education in Finland since 1968. In *Education, Working Paper Series Number 2: The world bank*
- Arinen, P. & Karjalainen, T. (2007). *PISA 2006 ensituloksia: 15-vuotiaiden koululaisten luonnontieteiden, matematiikan ja lukemisen osaamisesta*. Opetusministeriön julkaisuja 2007:38
- Kim, M., Lavonen, J., & Ogawa, M. (2009). Experts' opinion on the high achievement of scientific literacy in PISA 2003: A comparative study in Finland and Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, in press
- Kupari, P. & Välijärvi, J. (Toim.)(2005). *Osaaminen kestäväällä pohjalla – PISA 2003 Suomessa*. Jyväskylä: Gummerus.
- Lavonen, J. (2008) Finland in PISA 2006 Scientific Literacy Assessment . In J. Hautamäki, E. Harjunen, A. Hautamäki, T. Karjalainen, S. Kupiainen, J. Lavonen, E. Pehkonen, P. Rantanen & P. Scheinin (Eds.), *PISA 2006: Analysis, Reflections, Explanations*, pp. 65-113. Helsinki: Ministry of Education Publications 2008:44.
http://www.minedu.fi/OPM/Julkaisut/2008/PISA06_Analyses_Reflections_and_Explanations?lang=en
- Lavonen, J. (2009). *Science curriculum in countries participating in EuSTD-web*. Artikkelijulkaisistaan EU- hankkeen kirjassa: EuSTD-web - European Teacher Professional Development for Science Education in a Web-based Environment.
- Lavonen, J. Juuti, K. Byman, R. Uitto, A. & Meisalo, V. (2005). Fysiikan ja kemian opetuksen työtavat: Oppilaiden ja opettajien odotukset peruskoulussa. *Dimensio* 69(1), 22-24
- Lavonen, J., & Laaksonen, S. (2009). Context of Teaching and Learning School Science in Finland: Reflections on PISA 2006 Results. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Lavonen, J., Gedrovics, J., Byman, R., Meisalo, V., Juuti, K. & Uitto, A. (2008) Students' motivational orientations and career choice in science and technology: A survey in Finland and Latvia. *Journal of Baltic Science Education* 7 (2) 86-103
- Lavonen, S., Lie, S., Macdonald, A., Oscarsson, M., Reistrup, C. & Sørensen, H. (2009) Science education, the science curriculum and PISA. In T. Matti (ED.) *Northern Lights on PISA 2006: Differences and Similarities in the Nordic Countries*. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, TemaNord 2009:547, pp. 31-58.
- Linnakylä, P, Sulkunen, S. & Arffman, I. (Toim.)(2004). *Tulevaisuuden lukijat – Suomalaisnuorten lukijaprofiileja*. PISA 2000. Jyväskylä: Oma Oy.
- OECD (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills – A New Framework for Assessment*. Paris: OECD.

- OECD (2000). *Measuring student knowledge and skills: The PISA 2000 assessment of reading, mathematical and scientific skills*. Paris: OECD.
- OECD (2001). *Knowledge and skills for life: First results from PISA 2000*. Paris: OECD.
- OECD (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework - Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. Paris: OECD.
- OECD (2004). *Learning for tomorrow's world: First results from PISA 2003*. Paris: OECD.
- OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD
- OECD (2007). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World, Volume 1 – Analysis*. Paris: OECD.
- Opetushallitus (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki: Opetushallitus.
- Pehkonen, E., Ahtee, M. & Lavonen, J. (2007). *How Finns Learn Mathematics and Science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Simola, H. (2005). The Finnish miracle of PISA: historical and sociological remarks on teaching and teacher education. *Comparative Education*, 41(4), 455-470.
- Väljjarvi, J. & Linnakylä, P. (Toim.) (2002). *Tulevaisuuden osaajat – PISA 2000 Suomessa*. Jyväskylä: Oma Oy.
- Väljjarvi, J., Linnakylä, P., Kupari, P., Reinikainen, P., & Arffman, I. (2002). The Finnish success in PISA-and some reasons behind it. Jyväskylä: Kirjapaino Oma Oy.
- Åström, M (2008) *Defining Integrated Science Education and Putting It to Test*. Doctoral thesis. Linköping University. Norrköping

Liite 1

Esimerkkejä luonnontieteellisen tiedon opetuksen tavoitteista PISA viitekehyksen teemojen mukaan ryhmiteltynä:

- *Content knowledge*
 - In grades 5 – 6 progress is made towards the basic concepts and principles of physics and chemistry.
 - In grades 7 – 9 the pupils will learn in physics to use appropriate concepts, quantities, and units in describing physical phenomena and technological questions.
- *Nature of science knowledge*
 - Instruction guides the pupil in thinking in a manner characteristic of science, in acquiring and using knowledge, and in evaluating the reliability and importance of knowledge in different life situations. The purpose of the experimental orientation is to help the pupils to perceive the nature of science.
- *Use of scientific knowledge to identify scientific issues to explain scientific phenomena and to draw evidence-based conclusions*
 - Carry out simple scientific experiments clarifying the properties of phenomena, grades 5 – 6.
 - Develop scientific skills, such as the formulation of questions and the perception of problems, grades 7 – 9
 - Plan and carry out a scientific investigation in which variables affecting natural phenomena are held constant and varied and correlations among the variables are found out, grades 7 – 9
 - Use various graphs and algebraic models in explaining natural phenomena, making predictions, and solving problems, grades 7 – 9.
 - Make, compare, and classify observations, measurements, and conclusions; to present and test a hypothesis; and to process, present and interpret results, grades 7 – 9

Liite 2.

Luonnontieteiden tuntimäärä EuSTED-Web osallistuneissa maissa.

Grade		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Students' age (median)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bulgaria	Pre-school	Comprehensive school, Basic education primary school <i>Integrated</i> environmental and natural studies is a subject named "Man and nature" comprising the fields of biology, geography, physics, chemistry, and health education. 1 and 2 Grade 1 h per week 3 and 4 Grade 1,5 h per week									
					lower secondary school <i>5 and 6 Grade: Integrated</i> Biology, Physics Chemistry 2 <i>hours/week/year</i>			7 and 8 Grade: <i>Separate:</i> Biology and Health education 2 <i>hours/week/ year</i> Physics and Astronomy 2 hours <i>/week/2 years</i> Chemistry and environment protection 2 hours <i>/week/2 years</i>			
Czech Republic	Pre-school	Comprehensive school Integrated environmental and natural studies is a subject group comprising the fields of biology, geography, physics, chemistry, and health education. Altogether min. 12 hours/week/5year = 2.4 hours/week/year									
					Separate: Biology, Geography, Physics, Chemistry. Altogether min. 21 hours/week/4year = 5.25 hours/week/year Also integrated subjects are allowed.						
England	Primary School Key Stages 1 and 2 There are four principal areas of Primary science that pupils study: - scientific enquiry - life processes and living things - materials and their properties - physical processes. Development in knowledge and understanding of these four areas becomes more detailed and complex throughout the Key Stages. The teaching of Biology, Physics and Chemistry are not taught as separate subjects but are delivered through an integrated approach. Key Stage 1: typically 1.5 – 2 hours/week Key Stage 2: typically 2 - 3 hours/week Hours: ~ 10% of the timetable	Secondary School Key Stage 3 The four principal areas of science that pupils studied in Key Stages 1 and 2 continue in more depth: The teaching of Biology, Physics and Chemistry remains integrated. Hours: ~ 20% of the timetable									
					Key Stage 4 Pupils continue to study Science. Delivery may be integrated or as separate subjects. Pupils can take a GCSE qualification in Science ('integrated/ co-ordinated') or in the three separate disciplines. Hours: ~ 20% of the timetable						

Grade		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Students' age (median)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Finland	Pre-school	primary school					lower secondary school				
	Some science orientation activities	<i>Integrated</i> environmental and natural studies is a subject group comprising the fields of biology, geography, physics, chemistry, and health education. <i>Altogether 9 hours/week/4year = 2.25 hours/week/year</i>					<i>Integrated</i> Biology and geography <i>1.5 hours/week/year</i>		<i>Physics and chemistry 1 hour/week/year</i>		
							<i>Separate:</i> Biology 3,5 hours Geography 3,5 hours Physics 3,5 hours/week/3 year Chemistry 3,5 hours/week/3 year Health education 3 hours/week/3 year				
Poland		primary school					lower secondary school				
		<i>Integrated</i> education comprising the fields of all school subjects <i>Altogether 6 hours/week/year = 18 hours/week/3year</i>					<i>Integrated</i> biology, Geography, Physics and Chemistry <i>3 hours /week/year</i>		<i>Separate:</i> Biology 3 hours/week/3 year Geography 3 hours/week/3 year Physics 3 hours/week/3 year Chemistry 3 hours/week/3 year		
Portugal		Primary School Education First cycle During the first cycle environment and social studies; Portuguese; and Mathematics are studied or personal and Social development (25 hours) or Religious Education (1 hour) are supported					Second cycle The curricular plan is organised according to pluridisciplinary areas: Mathematics and Science <i>3.5 hours/week/year</i> and Arts and Technological education <i>3 hours/week/year</i>		Third cycle <i>Separate:</i> Physics and Natural Science 2.2 hours/week/3 year Technology Education <i>1.2 hours/week/3 year</i>		
Sweden		The school is free to organise science subjects in a way that is appropriate for the school as long as the pupils attain the goals. However, students are guaranteed 1066 lessons (800 hours) in science and technology from year 1 to year 9. The school has freedom to organise subjects, when they should be introduced, how many hours per week, and if the subjects shall be integrated thematically. Though, generally speaking, primary school years 1-3 organise science subjects thematically often with social science subjects and Swedish. Typically there is approximately 3 hours a week. In school years 4-6 schools normally have approximately 3-6 hours per week. Even if there are goals to attain in biology, physics and chemistry school science at the primary school level mainly focuses on biology.									

Liite 3

Allocation of school science in Finland, Korea, and Japan; numbers in () present number of classes per week per academic year.

Grade	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th
Age	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Level	Primary school (Basic comprehensive school)						Lower secondary School		
Korea			integrated physics, chemistry, biology, & earth science (3)			integrated physics, chemistry, biology, & earth (3) (4) (4)			
Japan			living things & their environment; matters & energy; the earth & the universe (3)			Science 1 (physics & chemistry) & Science 2 (biology & earth) (3); activity-oriented elective science course (1)			
Finland	integrated biology, geography, physics, chemistry, & health education (2.25)			integrated biology & geography (1.5); integrated physics & chemistry (1)		biology (1.2), geography (1.2), physics (1.2), chemistry (1.2), health education (1)			