

<https://helda.helsinki.fi>

Sisältötiedosta luonnontieteelliseen lukutaitoon - tiedeopetuksen muuttuvat tavoitteet

Kokkonen, Tommi Petteri

2018-06-17

Kokkonen , T P & Laherto , A M P 2018 , ' Sisältötiedosta luonnontieteelliseen lukutaitoon -
tiedeopetuksen muuttuvat tavoitteet ' , Ainedidaktiikka , Vuosikerta. 2 , Nro 1 , Sivut 20-38 . <https://doi.org/10.23988/>

<http://hdl.handle.net/10138/237029>

<https://doi.org/10.23988/ad.69250>

cc_by_nc_nd

publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.

Tiedeopetuksen muuttuvat tavoitteet— sisältötiedosta luonnontieteelliseen lukutaitoon

Tommi Kokkonen¹ & Antti Laherto²

¹Fysiikan osasto, Helsingin yliopisto

²Kasvatustieteiden osasto, Helsingin yliopisto



Luonnontieteiden kouluopetuksen tavoitteita on jo pitkään laajennettu tieteellisen sisältötiedon ulkopuolelle. Perinteisen sisältötietopainotuksen sijaan on alettu korostaa luonnontieteellistä lukutaitoa (engl. *scientific literacy*), jonka tavoitteena on antaa oppilaille valmiuksia osallistua tieteeseen ja teknologiaan liittyvään keskusteluun ja päätöksentekoon henkilökohtaisissa, yhteiskunnallisissa ja globaaleissa kysymyksissä. Suomen tuoreen opetussuunnitelmauudistuksen painotukset ja ilmiöpohjaisuus ovat osa tätä maailmanlaajuista kehitystä. Tässä artikkelissa esitämme, että luonnontieteellisen lukutaidon opettamiseen ja ilmiöoppimiseen liittyy ratkaisemattomia jännitteitä. Vaikka nykyisissä tavoitteissa korostuu opetuksen relevanssi oppijan ja yhteiskunnan kannalta, sisältötieto määritellään edelleen pitkälti oppiainelähtöisen autenttisuuden näkökulmasta. Me argumentoimme, että opetusmenetelmien ja kontekstien lisäksi myös sisältötieto on uudelleenmääriteltävä muuttuneiden tavoitteiden mukaiseksi.

Autenttisuus, ilmiöoppiminen, luonnontieteellinen lukutaito, relevanssi

Lähetetty: 7.2.2018

Hyväksytty 16.5.2018

Vastuukirjoittaja: tommi.kokkonen@helsinki.fi

ORCID: 0000-0003-3324-2690

antti.laherto@helsinki.fi

ORCID: 0000-0001-5062-7571

DOI: 10.23988/ad.69250

Johdanto

Opetuksen ja erityisesti tiedeopetuksen tavoitteita asettavat paitsi kansalliset opetuksesta vastaavat viranomaiset myös sidosryhmät, kuten opettajat, tutkijat, teollisuus ja kansainväliset organisaatiot (European Commission, 2004; European Commission, 2015; Sjøberg & Schreiner, 2010; Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Eilks, 2013). Tavoitteita voidaan tarkastella eri näkökulmista: ne voivat liittyä yleisiin yhteiskunnan ja sidosryhmien etuihin sekä yksilön tarpeisiin ja kasvatuksellisiin näkököhtiin. Nämä näkökulmat eroavat usein toisistaan. Eräs mielenkiintoinen ristiveto liittyy siihen, tulisiko opetuksen ja sen sisältöjen määrittäminen ensisijaisesti oppi- ja tiedealalähtöisesti vai tulisiko niiden perustua oppilaiden tai yhteiskunnan tarpeisiin ja kiinnostuksiin (Cope & Kalantzis, 2015). Jälkimmäistä näkökulmaa edustavat muassa monet konstruktivismin pedagogiset tulkinnat ja ilmiöpohjainen oppiminen (Cope & Kalantzis, 2015; Leppiniemi, 2016). Yleisempi keskustelu opetuksen tavoitteista ja sisällöistä heijastuu tietenkin myös oppiainekohtaiseen tavoitteenasetteluun, joka konkretisoi yleisempiä kasvatustavoitteita; varsinkin, kun opetus on edelleen suurimmaksi osaksi järjestetty perinteisiä oppiainerajoja noudattaen. Näistä lähtökohdista varsinkin luonnontieteiden opetuksen tavoitteiden tarkastelu on mielenkiintoista, sillä sen tavoitteenasettelua ovat kenties selvimmin määrittäneet tieteenalakohtaiset näkökulmat, joita kuitenkin on kritisoitu ja pyritty muuttamaan.

Nykyisin tutkijat ja eri organisaatioiden raportit asettavat monesti luonnontieteiden opetuksen uudistamisen tavoitteeksi luonnontieteellisen lukutaidon (engl. *scientific literacy*, myös *science literacy*) (European Commission, 2004; 2015; Feinstein, Allen, & Jenkins, 2013; Opetushallitus, 2014; Osborne, 2007; Osborne & Dillon, 2008). Suomeksi englanninkielinen termi *scientific literacy* kääntyy luonnontieteelliseksi lukutaidoksi, luonnontieteelliseksi sivistykseksi tai luonnontieteiden osaamiseksi (ks., esim. Välijärvi ym., 2001). Yksinkertaisimmillaan luonnontieteellinen lukutaito tarkoittaa sitä, mitä suuren yleisön tulisi tietää tieteestä ja osata tehdä tällä tiedolla (Roberts, 2007). Termistä on tullut kansainvälinen iskusana, mutta kuten jo alussa esitetty sidosryhmien kirjavuus vihjaa, termiä on käytetty laajasti eri tarkoituksiin ja se kattaakin lähes kaiken, mikä koskee tiedeopetusta (Laherto, 2010; Laugksch, 2000; Roberts, 2007). DeBoer (2000) on löytänyt analyysissään yhdeksän eri määritelmää luonnontieteelliselle lukutaidolle ja argumentoi, että termien ”science education” ja ”science literacy” välinen merkitysero on vähintäänkin epäselvä, ja että ne voidaan nähdä lähes synonyymeinä. Voidaankin sanoa, että kulloinenkin määritelmä tieteelliselle lukutaidolle kuvastaa sitä, miksi tiedettä katsotaan tarpeelliseksi opettaa. Täten analyysi termin merkityksestä on analyysiä tiedeopetuksen tavoitteista ja tarkoituksesta. Siksi luonnontieteiden opetuksen tavoitteita ja päämääriä onkin hedelmällistä lähestyä tarkastelemalla termin luonnontieteellinen lukutaito merkityksiä ja käyttöä.

Tavoitteiden analyysi luonnontieteellisen lukutaidon näkökulmasta mahdollistaa myös tiedeopetuksen tavoitteenasettelun liittäminen osaksi

yleisempää tarkastelua. Eräs mahdollinen linkki näiden kahden keskustelun välillä on monilukutaidon käsite (engl. *multiliteracy*). Monilukutaidon käsitteen avulla on pyritty käsitteellistämään ja ratkaisemaan yllä mainittua oppiaine- ja oppilaslähtöisyyden välistä jännitettä keskittymällä siihen millaista lukutaitoa oppilas tarvitsee nykyaikaisessa, muuttuvassa maailmassa (Cope & Kalantzis, 2015; Kupiainen, Kulju & Mäkinen, 2015). Monilukutaito laajentaa lukutaidon käsitettä koskemaan muiden muassa monenlaisen informaation ymmärtämistä ja erilaisten representaatioiden tulkitsemista ja tuottamista (Cope & Kalantzis, 2015). Tämä on myös tärkeä luonnontieteelliseen lukutaitoon liittyvä ulottuvuus, kuten jäljempänä esitämme (ks. esim. Buchholz & Pyles, 2018; Norris & Phillips, 2003; Sørvik & Mork, 2015)

Eräs useisiin luonnontieteellisen lukutaidon määritelmiin läheisesti liittyvä tavoite on, että tiedeopetuksen tulisi olla relevanttia — eli hyödyllistä tai kiinnostavaa (vrt. Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Eilks, 2013) — niillekin oppilaille, jotka eivät tähtää luonnontieteellisille aloille. Toisin sanoen tiedeopetuksen tulisi tarjota oppilaille valmiuksia toimia valveutuneesti arjessaan tai kansalaisyhteiskunnan jäsenenä. Tämän perusteella ”perinteistä”, tieteen sisältöihin keskittyvää opetusta on kritisoitu ja esitetty, että opetuksessa tulisi keskittyä vähemmän jatko-opintoihin valmistautumiseen ja enemmän siihen, mitä muut kuin tieteelliselle uralle suuntautuvat oppilaat tiedeopetukselta tarvitsevat. Eräs toinen tiedeopetukselle yleisesti asetettu tavoite on, että sen tulisi olla autenttista. Tiedeopetuksen autenttisuudella tarkoitetaan tyypillisesti sitä, että tiedeopetuksen tulee heijastella tieteelle luonteenomaisia piirteitä (sisältöjen ja työtapojen osalta) tai, että oppilaille muodostuu totuudenmukainen kuva fyysikasta tieteenä (Chinn & Malhotra, 2002; Gilbert, 2004; Koponen & Nousiainen, 2015; Watkins, Coffey, Redish, & Cooke, 2012).

Tässä artikkelissa tarkastelemme tiedeopetuksen tavoitteita sekä erityisesti sitä, kuinka niitä on käsitteellistetty luonnontieteellisen lukutaidon, relevanssin ja autenttisuuden käsitteiden avulla. Autenttisuuden ja relevanssin käsitteitä ei tyypillisesti liitetä keskusteluun yleisemmistä kasvatustavoitteista, mutta argumentoimme, että ne voidaan nähdä yllä kuvatuunkaltaisen oppiaine- ja oppilaslähtöisyyden välisen ristivedon oppiainekohdaisina ilmentyminä. Autenttisuuden ja relevanssin tavoitteiden välillä voidaan nimittäin nähdä jännite, sillä vaatimus autenttisesta tiedeopetuksesta korostaa tyypillisesti perinteisiä tiedeopetuksen sisältöjä, mikä voidaan nähdä vastakkaisena monille nykyisille luonnontieteellistä lukutaitoa ja relevanssia korostaville tavoitteenasetteluille.

Käymme aluksi läpi luonnontieteellisen lukutaidon eri ulottuvuuksia ja määritelmiä sekä sitä, kuinka käsite on muuttunut vuosikymmenten saatossa. Lisäksi pohdimme mitä haasteita luonnontieteellisen lukutaidon saavuttamisessa on. Luonnontieteellistä lukutaitoa opetuksen tavoitteena on kritisoitu epämääräiseksi ja osin jopa epärealistiseksi. Tähän vaikuttavat muiden muassa määritelmien kirjavuus sekä näiden epäselvä empirinen perusta. Lisäksi pohdimme luonnontieteellisen lukutaidon suhdetta yleisempään kasvatustieteelliseen keskusteluun viittaamalla muun muassa autenttisuuden ja relevanssin käsitteisiin sekä niiden väliseen ristiriitaan, ja esitämme ajatuksia ristiriidan ratkaisemiseksi.

Luonnontieteellisen lukutaidon eri ulottuvuudet

Miksi luonnontieteitä tulisi opettaa?

Kuten johdannossa esitimme, luonnontieteellisen lukutaidon määrittely liittyy läheisesti siihen, miksi luonnontieteitä katsotaan tarpeelliseksi opettaa, ja analyysi luonnontieteellisen lukutaitoon liittyvistä sisällöistä kumpuaa osittain näistä perusteluista. Luonnontieteellisen lukutaidon käsitettä voidaan kuitenkin arvioida monella tasolla ja monesta eri näkökulmasta. Roberts (2007) ja Laugksch (2000) ovat analysoineet määritelmien eri sisällöllisiä ulottuvuuksia, osaamisen tasoja sekä perusteluita; Laugksch on lisäksi eritellyt eri sidosryhmien tavoitteita ja vaikutusta määritelmien sisältöön. Sekä Laugksch että Roberts viittaavat laajasti Shenin (1975) artikkeliin, joka erottelee tieteellisen lukutaidon käytännölliseen (practical), kansalais- (civic) ja kulttuuriseen (cultural) ulottuvuuteen. Samat teemat toistuvat myös Shamosin (1995) kirjassa ”The myth of scientific literacy”, jossa hän esittelee ”kolme periaatetta tieteen esittelemisestä tavallisille oppilaille”. Nämä sisällölliset ulottuvuudet liittyvät läheisesti argumentteihin, joilla perustellaan tiedeopetuksen tärkeyttä.

Käytännön tieteellisellä lukutaidolla tarkoitetaan tietoa, joka auttaa tekemään arjen valintoja ja ratkaisemaan arkipäiväisiä ongelmia. Esimerkiksi Royal Societyn (1985) raportissa esitetään, että teknistyneessä maailmassa toimiminen vaatii luonnontieteen ja teknologian ymmärrystä. On esitetty, että ymmärrys auttaa myös tekemään arjen valintoja ”ruokavaliosta, tupakoimisesta, rokotuksista [...] ja auttaa karttamaan pseudotieteellistä informaatiota” (The Royal Society, 1985).

Ymmärrys esimerkiksi terveyteen ja kuluttajansuojaan liittyvistä asioista liittyy läheisesti lukutaidon kansalaisulottuvuuteen, joka auttaa ihmisiä toimimaan aktiivisemmin demokraattisen yhteiskunnan jäsenenä. Luonnontieteen merkitystä demokraattisen yhteiskunnan jäsenenä toimimisessa on korostettu monessa yhteydessä: ymmärtääkseen päätöksentekoon liittyvää keskustelua ja ottaakseen siihen osaa, kansalaisilla on oltava riittävä ymmärrys luonnontieteistä (Jenkins, 1997; Osborne, 2007). Esimerkkeinä käykööt keskustelut ydinvoimasta tai geenimuunnelluista elintarvikkeista. Tällaisessa kysymyksissä esiintyy tietenkin paljon muihinkin aloihin kuin luonnontieteeseen, kuten talouteen, työllisyyteen, kansainväliseen ja kotimaiseen politiikkaan, liittyviä argumentteja.

Kulttuurinen tieteellinen lukutaito tarkoittaa tietoja tieteestä ”suurena inhimillisenä saavutuksena” ja näin ollen tiede rinnastetaan tässä näkökulmassa taiteeseen (Laugksch, 2000; Roberts, 2007; Shen, 1975). Millar (2002) argumentoi, että oikeastaan tiede ei ole ainoastaan eräs kulttuurinen saavutus vaan kulttuuriamme määrittävä tekijä. Hän toisaalta huomauttaa, että ei ole selvää mitä tämä tarkoittaa tiedeopetuksen kannalta (so. mitä tarkoittaisi esimerkiksi Newtonin lakien opettaminen kulttuurisena saavutuksena).

Edellisten lisäksi monet ovat korostaneet myös taloudellisia perusteita luonnontieteelliselle lukutaidolle, mihin liittyy tieteen ja teknologian tulevien ammattilaisten koulutus, jota voidaan pitää välttämättömänä tek-

nologisen ja taloudellisen kehityksen kannalta. Lisäksi tiedeopetus voidaan nähdä keinona ylläpitää poliittista ja taloudellista tukea tieteelle ja teknologialle (Jenkins, 1997; Osborne, 2007).

Yllä esitellyt tieteelliseen lukutaitoon yhdistetyt hyödyt on luokiteltu teemoittain, mutta niitä voidaan tarkastella myös suhteessa oppijaan. Tällä tarkoitamme sitä, nähdäänkö tiedeopetuksen hyöty ensisijaisesti hyötynä oppijalle (sisäinen) vai esimerkiksi yhteiskunnalle (ulkoinen) (vrt. Stuckey ym., 2013; Millar, 2002). Näin nämä luonnontieteellisen lukutaidon puolesta esitetyt argumentit liittyvät läheisesti luonnontiedeopetuksen relevanssiin käsitteeseen, jota käsitellään jäljempänä.

Luonnontieteellisen lukutaidon määritelmät

On selvää, että yllä esitettyjen tiedeopetuksen tavoitteet heijastuvat myös tiedeopetuksen sisältöihin ja opetuksellisiin ratkaisuihin sekä siihen, miten luonnontieteellinen lukutaito määritellään ja mitä tietoja ja taitoja luonnontieteellisesti lukutaitoisella ihmisellä on. Roberts (2007; Roberts & Bybee, 2014) tarjoaa historiallisen näkökulman luonnontieteellinen lukutaito –termiin ja erottelee kaksi erilaista ääripään suuntausta. Näistä varhaisempi (”Vision 1”) ”katsoo sisäänpäin tieteeseen”, sen prosesseihin ja sisältöihin (Roberts, 2007 s.730). Visio 1:ssä tavoitteena on, että oppija ymmärtää tieteellisiä käsitteitä ja periaatteita sekä käyttää tieteellistä tietoa ja ajattelua (Roberts & Bybee, 2014; ks., American Association for the Advancement of Sciences, 1989). Oppija nähdään aloittelevana tieteilijänä ja tavoitteena on pohjan luominen tuleville opinnoille (Osborne, 2007; Roberts & Bybee, 2014). Niinpä näkökulma on tieteen sisäinen: tavoitteena on pohjan luominen asiantuntijuuden kehittymiselle ja asioiden ymmärtäminen tieteen näkökulmasta.

Toisenlaisessa merkityksessä (”Vision 2”) luonnontieteellinen lukutaito liittyy kykyyn tunnistaa ja ymmärtää tieteen rooli osana yksilöä ja yhteiskuntaa koskevia tilanteita ja päätöksentekoa (Roberts & Bybee, 2014). Robertsin (2007, s. 730) mukaan nämä tilanteet ovat sellaisia, joita oppilaat ”kohtaavat kansalaisina”. Niinpä oppijoiden olisi esimerkiksi kyettävä lukemaan (sanomalehti)artikkeleita, joihin liittyy tieteellinen näkökulma ja arvioimaan niitä kriittisesti sekä tekemään valistuneita valintoja ja päätöksiä (koskien esim. ruokavaliota, energian kulutusta tai kantaa energiapolitiikkaan)(Roberts & Bybee, 2014). Niinpä näkökulma on tieteen ulkoinen eikä tieteellä ole erityisasemaa, vaan se on vain yksi tekijä erilaisten tilanteiden ymmärtämisessä. Toisin sanoen keskiössä ei ole fyysisen lakien opettelu, vaan esimerkiksi tieteen roolin ymmärtäminen yhteiskunnassa ja tieteellisen tiedon hyväksikäyttö omissa päätöksissä (Roberts & Bybee, 2014).

Visio 2:ssa erilaisten tekstien (kuten artikkelien) tulkinta ja ymmärtäminen on eräs tärkeä ulottuvuus, sillä esimerkiksi tiedeuutiset voivat olla kansalaisen lähin kosketuspinta tieteeseen varsinkin, kun ne liittyvät yhteiskunnallisiin kysymyksiin. Niinpä Norris ja Phillips (2003) sekä Osborne (2007) nostavat keskeiseksi lukutaidon sen kirjaimellisessa merkityksessä: kykyä tulkita, ymmärtää ja analysoida tekstiä. Luonnontieteellisen lukutaidon kohdalla tähän liittyy keskeisesti tieteellisen argumentoinnin hallitseminen, mikä liittyy läheisesti myös kokeelliseen työskentelyyn.

Oppilaille on annettava mahdollisuus harjoittaa argumentointia ja tieteellistä päättelyä. Kokeellisuuden rooli ei saa olla vain teoreettisten johtopäätösten vahvistaminen vaan oppilaiden on harjaannuttava käsittelemään tulokinnanvaraisia tuloksia ja punnitsemaan eri näkökulmien välillä. Lisäksi tulisi hallita erityyppisiä argumentteja (esim. kausaalinen ja probabilistinen). Lukutaito sen kirjaimellisessa merkityksessä tuo luonnontieteellisen lukutaidon käsitteen lähelle monilukutaidon käsitettä. Näitä käsitteitä ei tyypillisesti ole käsitelty rinnakkain, mutta toisinaan luonnontieteellinen lukutaito on rinnastettu monilukutaidon kanssa tai nähty monilukutaidon eräänä osana (Lavonen ym., 2010; Sørvik & Mork, 2015). Itse asiassa Norris ja Phillips (2003) tekevät eksplisiittisesti eron luonnontieteellisen lukutaidon ja perinteisen lukutaidon välille, sillä heidän mukaansa edellinen eroaa jälkimmäisestä substantiaalisen sisältönsä vuoksi. Tulkitsemme heidän tarkoittavan esimerkiksi tieteeseen liittyvien tekstien sisältämää käsitteellistä sisältöä.

Feinstein (2011) taas puhuu ”osaavista ulkopuolisista” (engl. *competent outsiders*), millä hän tarkoittaa henkilöitä, jotka tunnistavat milloin tieteellinen tieto on relevanttia sekä osaavat hakea ja arvioida tarvitsemaansa tietoa. Tämä näkökulma on selkeämmin tieteen ulkopuolinen, sillä siinä korostuu koeasetelmien ja tieteellisten argumenttien sijaan esimerkiksi lähteiden luotettavuuden arviointi (Feinstein ym., 2013). Roberts ja Bybee (2014) argumentoivat samaan tapaan esittäessään, että tärkeintä tieteellisen lukutaidon saavuttamiselle on käytännöllisiin konteksteihin liittyvän diskurssin tunteminen.

Luonnontiedeopetuksen sisältövaatimusten muuttuminen

Visio 1:n mukaiset luonnontieteellisen lukutaidon sisällöt myötäilevät suurelta osin perinteisen tiedeopetuksen sisältöjä korostaessaan tieteellisen sisältötiedon merkitystä. Visio 1:n mukaiset oppimistavoitteet on kuitenkin laajalti kyseenalaistettu tieteellisen lukutaidon saavuttamisessa, muun muassa siksi, että ne keskittyvät liiaksi tieteen sisältöihin tieteen näkökulmasta (Roberts, 2007; ks. myös Feinstein ym., 2013; Osborne, 2007). Tällöin tiedeopetuksessa korostuu harjoittelu jatko-opintoja varten sen sijaan, että koulutettaisiin ”kriittisiä tieteellisen tiedon kuluttajia” (Osborne, 2007). Osborne (2007) on esittänyt, että tämä on edelleen vallitseva trendi tiedeopetuksessa ja perustuu vanhainajaisiin käsityksiin siitä, mitä tiedeopetuksen pitäisi olla.

Viime vuosikymmenten aikana tiedeopetuksessa onkin nähty maailmanlaajuisesti siirtymä luonnontieteellisen lukutaidon Visio 1:sta kohti Visio 2:a (ks. mm. Holbrook, 2010; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003; Roberts, 2007; Wenning, 2006). Opetussuunnitelmiin ympäri maailman vaikuttaneet tiedeopetuksen trendit kuten yhteiskunnallistieteellisten kysymysten käsittely (socio-scientific issues; SSI) ja muut tieteen, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön vuorovaikutusta korostavat näkemykset (Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005) ovat pitkälti Visio 2:n suuntaisia. Samoin ovat hyvin vaikutusvaltaiset PISA-määritelmä (OECD, 2006) ja Euroopan Unionin suositukset tiedeopetukselle (European Commission, 2007; 2015; Osborne & Dillon, 2008). PISA-määritelmässä luonnontieteellinen lukutaito on ”kyky käyttää tieteellistä tietoa ja prosessia luonnon ymmärtämiseen ja sitä koskevaan päätöksentekoon

osallistumiseen [kirjoittajan suomennos]” (OECD, 2006, s. 12). Lisäksi raportti tähdentää, että PISA-arviointi korostaa tieteellisen tiedon soveltamista arkielämän tilanteissa ”perinteisen” koulutieteen sijaan.

Myös Suomessa on nähty vastaava siirtymä. Erityisen suuri ja selvä liikkahdus Visio 2:n suuntaan oli viimeisin opetussuunnitelmauudistus. Vuonna 2016 voimaan tulleet perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (Opetushallitus, 2014) nostavat opetuksen keskiöön todellisen maailman ilmiöt. Oppiainerajat ylittävä, oppilaskeskeinen lähestymistapa korostaa tutkivaa ja ongelmakeskeistä oppimista sekä opittavan merkityksellisyyttä oppilaiden kannalta. Tämä ilmiöperustaisuus kytkeytyy selvästi luonnontiedeopetuksen maailmanlaajuisiin trendeihin ja luonnontieteellisen lukutaidon Visio 2:n.

Luonnontieteellisen lukutaidon saavuttamisen haasteet

Siirtyminen kohti Visio 2:a tarkoittaa muutosta paitsi luonnontieteellisen lukutaidon painotuksissa myös muutosta yleisemmin tiedeopetuksen tavoitteissa, mikä voi aiheuttaa haasteita opetukselle ja opetussuunnittelmatyölle. Visio 2:ssa ja sen mukaisissa suuntauksissa luonnontieteellinen lukutaito nähdään pikemmin toiminnallisena osaamisena kuin tietämisenä (Holbrook, 2010). Vastaava kontrasti on nähtävissä myös 2000-luvun taitoja (engl. *21st century skills*), laaja-alaisuutta ja oppilaskeskeisyyttä korostavissa tavoitteenasetteluissa, joissa opetuksen sisältöjä perustellaan välineellisesti keinoina esimerkiksi saada parempi työ ja vastata tulevaisuuden yhteiskunnan haasteisiin (Young, Lambert, Roberts, & Roberts, 2014; ks. esim. Halinen, Harmanen & Mattila, 2015). Opetuksen tavoitteeksi on asetettu kyky tehdä valintoja ja päätöksiä arkisissa ja yhteiskunnallisissa kysymyksissä sen sijaan, että painotettaisiin tiettyjen peruskäsitteiden hallintaa. Toisaalta usein myös juuri perinteisen, luonnontieteiden sisältötiedon opetuksen oletetaan johtavan yllä kuvatun kaltaiseen soveltavaan osaamiseen (Feinstein ym., 2013). Osborne (2007, ss. 175-176) nimittää tämänkaltaista ajattelua ”käytännöllisyyden virhepäätelmäksi”; tieteellisen sisältötiedon oletetaan olevan käytännöllistä ja jopa välttämätöntä nykyisessä ”teknologisessa kulttuurissa”. Muun muassa Shamos (1995) ja Millar (2002) ovat huomauttaneet, että tieteellinen tieto on harvoin sellaisenaan käyttökelpoista arjessa ja käytännössä—esimerkiksi sähköasentajilla ei välttämättä ole kovinkaan teoreettista ymmärrystä virtapiireistä.

Toisaalta, on olemassa konsensus siitä, että tieteellisen lukutaidon saavuttamiseksi tarvitaan myös sisältötietoa (Roberts, 2007). Esimerkiksi Osborne (2007) korostaa, että käsitteellinen ymmärrys on keskeistä painottaessaan argumentoinnin ja lukutaidon merkitystä, mutta jättää vastaa-matta itse esittämänsä kysymykseen siitä, mitä käsitteellistä tietoa oppilaiden tulisi hallita. Hän tyytyy toteamaan, että tiedeopetuksen tulisi ensisijaisesti korostaa tieteen suuria saavutuksia, kuten tietoa siitä, että planeettamme kiertää Aurinkoa, ja toissijaisesti vasta saavutusten yksityiskohtia (Osborne, 2007). On kuitenkin vähintäänkin epäselvää, miten tällainen tieto on relevanttia yhteiskunnallisten tai arkipäivän ongelmien kontekstissa, jotka tuskin liittyvät siihen pyörikö Maa Auringon ympäri vai toisinpäin. Lisäksi voidaan kysyä, mitä argumentointia oppilaiden tulisi ymmärtää: tieteen sisäistä vai esimerkiksi julkiseen keskusteluun liittyvää, jossa tieteelliset argumentit ovat vain yksi osa.

Todellisissa, vaikeasti määriteltävässä ja monimutkaisessa ongelmassa tieteellinen tieto voi olla osa ratkaisua, mutta harvoin koko ratkaisu (Feinstein ym., 2013). Millarin (2002) tavoin Feinstein kollegoineen (Feinstein, 2011; Feinstein ym., 2013) penääkin realistisuutta sen suhteen, mikä on tieteen rooli arjen ongelmissa ja argumentoi, että tieteen käsitteiden tai periaatteiden osaaminen ei ole riittävä perusta tieteelliselle lukutaidolle. Feinstein kollegoineen (Feinstein, 2011; Feinstein ym., 2013) kysyy, voiko tiedeopetus valmistaa oppilaita arkielämän erittäin monitahoisiin ongelmiin. Toisin sanoen, oppivatko oppilaat käytännön luonnontieteellistä lukutaitoa.

On jopa esitetty, että tiedeopetuksen tutkimus elää ”empiirisessä tyhjiössä” mitä tulee luonnontieteelliseen lukutaitoon (Feinstein, 2011s. 169; ks. myös Feinstein ym., 2013). On esimerkiksi vain vähän empiirisiä todisteita siitä, että perinteinen sisältötietoa korostava opetus olisi hyödyllistä arjessa, jossa vastaan tulevat ongelmat ovat laajoja ja vaikeasti määriteltäviä (Feinstein, 2011; Feinstein ym., 2013; Millar, 2002). Toisin sanoen luonnontieteellisen lukutaidon sisällöt ja tavoitteet eivät ole riittävästi kytköksissä empiirisen tutkimuksen kanssa. Ne eivät ota huomioon sitä, miten ihmiset oikeasti vuorovaikuttavat tieteen kanssa arjessaan ja mitä luonnontieteellinen lukutaito käytännössä on tai voisi olla. Niinpä luonnontieteellinen lukutaidon määritelmät (jos niitä esiintyy ollenkaan) ovat usein apriorisia ja on epäselvää, kuinka niihin perustuva tutkimus antaa hyödyllisiä vastauksia.

Feinstein (2011) esittää, että ihmiset käyttävät tieteellistä tietoa monin eri tavoin; tähän vaikuttavat kulttuuriset, demografiset ja sosiaaliset tekijät. On siis monia tapoja olla tieteellisesti lukutaitoinen. Esimerkiksi päätettäessä Suomen kuudennesta ydinvoimalasta luonnontieteellinen tieto ei ole ainoa relevantti tekijä. Monet eri ryhmät, jotka ottavat asiaan kantaa ja pyrkivät vaikuttamaan siihen, saattavat tulkita tietoa eri tavoin, joihin vaikuttavat esimerkiksi eettiset ja poliittiset käsitykset. Tämänkaltaisen ajattelu implikoi, että tiedeopetuksen sisältöjen olisi valikoiduttava sosiaalisten ja yhteiskunnallisten tekijöiden perusteella (so. millaista sisältötietoa em. kaltainen osaaminen vaatii) sen sijaan, että olisi olemassa tietyt peruskäsitteet, ilmiöt ja taidot, jotka olisivat tiedeopetuksen lähtökohta (Hollbrook, 2010). Hollbrook (2010) on esittänyt, että mikään sisältö ei ole enää ”fundamentaalin” vaan sisältöjen olisi mukauduttava kulloisenkin tavoitteen mukaisiksi sen perusteella mitä kukin sosiaalinen ja yhteiskunnallinen konteksti vaatii (”need-to-know basis”).

Viitaten johdannossa esitettyyn tavoitteeseen luonnontieteellisen lukutaidon käsitteen muuttumisesta olemme esittäneet, että paitsi maailmanlaajuisesti myös Suomessa on liikuttu kohti Visio 2:n mukaisia tavoitteita, joissa korostetaan enemmän toiminnallista osaamista kuin tietämistä. Samankaltainen muutos on tapahtunut Peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa yleisemminkin sekä esimerkiksi Isossa-Britanniassa, jossa kehitys alkoi jo 1960-luvulla. Tämä aiheuttaa haasteita paitsi opetukselle myös opetussuunnitelmien kehittämiseksi, sillä kuten edellä argumentoimme, tiedeopetuksen sisällöt eivät vastaa niitä tavoitteita, joita nykyaikaisen luonnontieteellisen lukutaidon saavuttamiseksi on asetettu. Yhtenä syynä tähän on ”käytännöllisyyden virhepäätelmä” (Osborne, 2007) ja toisena se,

että ei ole selvää, mitä sisältöjä luonnontieteellisen lukutaidon saavuttaminen vaatii (ks. esim. Feinstein, 2011). Nämä huomiot liittyvät mielenkiintoisella tavalla tiedeopetuksen autenttisuuden ja relevanssin käsitteisiin. Tarkastelemme tiedeopetuksen tavoitteita seuraavaksi näiden kahden käsitteen kautta.

Tavoitteiden tarkastelu relevanssin ja autenttisuuden näkökulmasta

Autenttisuus

Tiedeopetuksen autenttisuudella on perinteisesti viitattu haluun simuloida oikean tieteen piirteitä luokkahuoneessa. Nämä piirteet voivat olla tieteen käsitteitä, menetelmiä, prosesseja, epistemologiaa ja ajattelutapoja (Crawford, 2012, Watkins, Coffey, Redish, & Cooke, 2012). Esimerkiksi Chinn ja Malthora (2002) tarkastelivat episteemisesti autenttisten koulu-tehtävien tunnusmerkkejä, ja Gilbert (2004) keskittyi mallien ja mallintamisen rooliin autenttisuudessa tiedeopetuksessa. Lee ja Butler (2003) ehdottivat kolmea elementtiä, jotka pitää muuntaa tutkimuksesta opetukseen, jotta tiedeopetus olisi autenttista: (i) sisältö, (ii) tieteellinen ajattelu, ja (iii) resurssit. Toiset ovat korostaneet, että autenttiseen opetukseen kuuluu myös tieteelle ominaiset arvot ja sosiaalinen vuorovaikutus (Edelson, 1998) sekä muut sosiaalis-institutionaaliset piirteet (Erduran & Dagher, 2014; Irzik & Nola, 2014).

Nämä kaikki autenttisuusvaatimukset edustavat perinteistä ”disiplinääristä autenttisuutta” (Watkins ym., 2012), eli pyrkimystä siihen, että koulutiede heijastelisi tieteellisen tutkimuksen sisältöjä, työkaluja ja luonteenpiirteitä. Viimeaikaisessa keskustelussa on kuitenkin myös peräänkuulutettu oppilaiden ja opettajan osallisuutta sen määrittämisessä, mikä oikeastaan on autenttista. Autenttisuuden on nähty tulevan esiin kanonisen tieteen, opettajien ja oppilaiden vuorovaikutuksessa (Rahm, Miller, Hartley, & Moore, 2003) tai osallistamalla oppilaat tiedonhankintaprosessin kaikkiin vaiheisiin niin, että he voivat ainakin jossain määrin tuntee omistajuutta oppimastaan tieteestä (Barton, 2001; Rivera Maulucci, Brown, Grey, & Sullivan, 2014).

Buxton (2006) analysoi eri tapoja, joilla termi autenttisuus on määritelty tiedeopetuksessa ja –oppimisessa. Hänen mielestään oppijakeskeinen käsitys autenttisuudesta (“youth-centered perspective on authenticity”) on kanoniseen tieteeseen keskittyvään disiplinäärisen autenttisuuden äärimmäinen vastakohta. Ensin mainitun käsityksen mukaan oppiminen on autenttista vain, jos sen lähtökohtana ovat oppilaiden intressit ja tarpeet. On kuitenkin huomattava, että tutkimukset, jotka ovat ottaneet puhtaasti tämän lähtökohdan, on usein tehty informaalisesta oppimisen ympäristöissä, esimerkiksi sosioekonomisten ongelmien takia erityistukea tarvitsevien lasten koulun ulkopuolisessa opetuksessa (Barton, 2001). Tämän tyyppisissä konteksteissa on helppo hyväksyä, että oppilaan akuutit tarpeet ja intressit tulevat ennen oppiainelähtöisiä tavoitteita. Sitä vastoin erityisesti lukio- ja yliopisto-opetuksessa puhtaasti oppiaineesta nousevia näkökulmia pidetään yleisesti yhtä tärkeinä kuin oppilaan osallisuuden ja omistajuuden edistämistä.

Tavanomaista disiplinääristä autenttisuutta voidaan pitää ongelmallisena tai ainakin riittämättömänä Visio 2:n mukaisen luonnontieteellisen lukutaidon kannalta. Tällainen autenttisuus, kuten Visio 1:kin, katsoo sisäänpäin tieteeseen (so. ainoastaan tiede on relevanttia määriteltäessä mikä on autenttista); näin ollen sisältö ja kontekstit määrittyvät ensisijaisesti tieteen näkökulmasta. Tällaiseen autenttisuuteen ja Visio 1:een nojaavan lähestymistavan vaarana on, että ei oteta riittävästi huomioon, minkälaista tietoa ihmiset oikeasti käyttävät ja tarvitsevat arjessaan ja yhteiskunnallisissa kysymyksissä, tai mikä on tieteellisen tiedon rooli kussakin kontekstissa (vrt. Feinstein, 2011; Millar, 2002; Roberts, 2007). Lisäksi ei ole selvää, että tieteen näkökulmasta relevantit kontekstit ovat niitä, joita oppilaat kohtaavat ja joissa he tieteellistä tietoa voisivat tarvita (vrt. Roberts, 2007). Sen sijaan Visio 2:n mukaiset tavoitteet edellyttävät, että sisällöt määrittyvät ainakin osittain konteksteista käsin (so. mitkä sisällöt kulloinkin ovat relevantteja) ja kontekstit puolestaan ainakin osittain oppilaiden intresseistä ja tarpeista. Näin muodoin paitsi kontekstien, myös sisältötiedon autenttisuutta tulisi ajatella uudelleen suhteessa tavoitteisiin ja niihin konteksteihin, joissa tieteellistä tietoa käytetään.

Buxtonin (2006) oppijakeskeinen käsitys autenttisuudesta ottaa huomioon oppilaiden osallisuuden autenttisuuden määrittelyssä. Niin kutsuttu kontekstilähtöinen näkökulma edellyttää myös, että sosiokulttuuriset tekijät otetaan huomioon autenttisuuden määrittelyssä, mutta tunnustaa kanonisen tieteen roolin siten, että autenttisuus nousee tieteen ja sosiokulttuuristen tekijöiden vuorovaikutuksesta (Brickhouse, 1994; Buxton, 2006; ; Marx, Blumenfeld, Krajcik & Soloway, 1997). Nämä näkökulmat rinnastuvat Feinsteinin (2011) argumenttiin siitä, että on monia tapoja olla tieteellisesti lukutaitoinen. Niinpä tässä ajattelussa mitkään luonnontieteen sisällöt eivät ole välttämättömiä tai arvokkaita sinänsä vaan niiden tarpeellisuus nousee juuri vuorovaikutuksesta esimerkiksi sosiokulttuuristen tekijöiden kanssa (Holbrook, 2010). Tämä liittyy tiedeopetuksen arvon näkemisen välineellisesti sen tarjoamien hyötyjen kautta, mikä liittyy keskustelun osaksi opetuksen relevanssin käsitettä.

Relevanssi

Siirtyminen Visio 1:stä Visio 2:een aiheuttaa jännitteen sisältötiedon sekä Visio 2:n mukaisten tavoitteiden välillä. Tähän muutokseen liitetään usein myös toiminnallisen osaamisen ja sovelletun tiedon korostaminen tietämisen sijaan (Holbrook, 2010). Tätä on luonnontiedeopetuksen kontekstissa käsitteellistetty relevanssin käsitteen kautta. Tämä keskustelu juontuu länsimaissa yleisestä huolenaiheesta: oppilaiden kiinnostus tiedeaineisiin on vähäistä, tiedeaineita ei nähdä hyödyllisinä tulevan ammatin kannalta, eikä tiedeaineita aina nähdä oleellisina elämäntapamme kannalta (Potvin & Hasni, 2014; Sjøberg & Schreiner, 2010). On vahvoja viitteitä siitä, että oppilaiden kiinnostus ja asenteet luonnontieteitä kohtaan saattavat heikentyä koulunkäynnin myötä – on jopa esitetty, että nimenomaan koulutiede on eräs syy tähän negatiiviseen suhtautumiseen (Potvin & Hasni, 2014). Näyttää siltä, että muun muassa tyypilliset ja perinteiset kontekstit, joissa tiedettä koulussa opetetaan, ovat epäkiinnostavia ja irrelevantteja oppilaille – näin on myös Suomessa (Lavonen, Byman, Juuti, Meisalo & Uitto, 2005; Potvin & Hasni, 2014; Sjøberg & Schreiner, 2010). Niinpä onkin

vaarana, että tarpeeksi moni oppilas ei valitse tiedeaineita eivätkä tavoitteet tieteen ja teknologian ammattilasten koulutuksesta toteudu (vrt. European Commission, 2007; Millar, 2002). Toisena ilmeisenä vaarana on, ettei Visio 2:n mukaisia luonnontieteellisen lukutaidon tavoitteita saavuteta, eli ihmiset eivät opi tekemään tiedostavia päätöksiä tieteeseen ja teknologiaan liittyvissä kysymyksissä arjessaan, kansalaisina ja kuluttajina.

Näiden huolenaiheiden takia tiedeopetuksen relevanssista puhutaan yleensä oppilaiden henkilökohtaisen merkityksellisyyden kannalta, ja termi rinnastuu motivaation ja kiinnostuksen käsitteisiin. Myös luonnontieteellistä lukutaitoa käsittelevässä kirjallisuudessa peräänkuulutetaan opetuksen relevanssia ja opetuksen hyötyjä toisaalta oppilaan, mutta myös esimerkiksi yhteiskunnan kannalta. Näin ollen relevanssi saa monia erilaisia merkityksiä, mikä heijastaa jo johdannossa esiteltyä tiedeopetuksen tavoitteisiin vaikuttavien sidosryhmien moninaisuutta. Varsin tuore ja kattava katsaus relevanssi-termin merkityksestä tiedeopetusta koskevassa kirjallisuudessa totesikin sen riittämättömästi määritellyksi (Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Eilks, 2013). He jäsensivät relevanssin käsitteen kolmeen ulottuvuuteen: yksilöllinen, yhteiskunnallinen ja ammatillinen relevanssi. Jokaiseen näistä ulottuvuuksista liittyy sekä oppilaan sisäisiä että ulkoisia hyötyjä, jotka vaikuttavat joko nykyisyydessä tai tulevaisuudessa.

Stuckeyn ja kollegoiden (2013) malli tarjoaa kiinnostavan mahdollisuuden hahmottaa ja analysoida luonnontieteiden opetuksen tavoitteita sekä luonnontieteellisen lukutaidon käsitettä. Visio 2 selvästi korostaa tiedeopetuksessa yksilöllisen ja yhteiskunnallisen tason hyötyjä. Visio 1:ssa puolestaan nämä relevanssin tasot jäävät toisarvoisiksi (tai, kuten on esitetty yllä, kenties ainakin toteutumatta, ks. Osborne, 2007), mutta ammatillisia hyötyjä tämä tieteen sisältöihin keskittyvä visio voi hyvin tarjota – ainakin jos oppilas tulevaisuudessa työllistyy tutkijaksi tai muuhun luonnontieteeseen liittyvään ammattiin.

Opetuksen hyötyjen korostaminen työelämän tai yhteiskunnan kannalta on leimallista monille opetussuunnitelmauudistuksille, joissa on pyritty eroon oppiaine- ja opettajakeskeisyydestä. Esimerkiksi 2000-luvun taidot ja työelämärelevanssi ovat olleet niin Ison-Britannian kuin Suomen opetussuunnitelmauudistuksen tavoitteina (Young ym., 2014; Opetushallitus, 2014). Toisaalta on korostettu myös oppilaiden kiinnostusta, motivaatiota ja henkilökohtaista relevanssia, missä tausta-ajatuksena on ollut esimerkiksi eritaustaisten ja erilaisten oppijoiden osallistaminen (Cope & Kalantzis, 2015; Young ym., 2014). Young kollegoineen (2014) esittää, että koulutuksen arvo määritelläänkin nykyään usein sen välineellisen hyödyn perusteella: koulutus on väline johonkin tavoitteeseen, kuten hyvään ammattiin, pääsemiseksi. Tästä poiketen voidaan ajatella, että perinteisessä mielessä autenttinen tiedeopetus on nähty ja nähdään arvokkaaksi (ja siis relevantiksi) sinänsä, eikä sen opettamista ole katsottu tarpeelliseksi perustella hyötynäkökulmasta (vrt. Roberts, 2007). Niinpä Visio 1 sisältää tavoitteita jotka eivät näytä sisältyvän myöskään ammatilliseen relevanssitasoon. Vaikka termiä relevanssi käytetään näin laajasti, sitä ei kuitenkaan ole ulotettu koskemaan tiedeopetuksen relevanssia luonnontieteen sisältöjen, epistemologian tai kulttuuristen piirteiden suhteen. Tämän

vuoksi autenttisuus ja erityisesti sen perinteinen tulkinta virittää relevanssin käsitteestä poikkeavat tavoitteet. Lopuksi pohdimmekin näiden tavoitteiden välistä suhdetta ja jännitettä.

Pohdintaa

Luonnontieteiden kouluopetuksen tavoitteissa on laajasti siirrytty korostamaan tiedeopetuksen hyötyjä arkielämässä ja yhteiskunnallisessa päätöksenteossa. Olemme yllä käyneet läpi tätä kehitystä luonnontieteellisen lukutaidon käsitteen kautta. Luonnontieteellisen lukutaidon käsitteen muuttuminen Visio 1:stä kohti Visio 2:a heijastaa yleisemmin luonnontieteiden opetuksen tavoitteissa tapahtunutta muutosta: sisältötiedosta kohti soveltavampaa, toiminnallista osaamista. Argumentoimme yllä, että tästä aiheutuu haasteita opetukselle ja opetussuunnitelmatyölle, koska on osittain epäselvää mitä sisältötietoa (esim. tieteellisiä käsitteitä, malleja ja teorioita) Visio 2:n mukainen osaaminen edellyttää. Toisaalta on myös epäselvää mitä luonnontieteellinen lukutaito voisi käytännössä olla. On esitetty, että tästä on hyvin vähän empiiristä tutkimusta (Feinstein, 2011).

Olemme myös analysoineet tavoitteenasettelua relevanssin ja autenttisuuden käsitteiden avulla. Tiedeopetuksen relevanssin nähdään yleensä perustuvan oppilaiden tai yhteiskunnan intresseihin. Debatti autenttisuudesta puolestaan lähtee perinteisesti siitä, että ensisijaisesti kانونinen tiede määrittelee autenttisen tiedeopetuksen tavoitteet. Viime aikoina on tosin esitetty myös näkökulmia, jotka antavat oppilaille, opettajille ja muulle yhteiskunnalle avainroolin tässä prosessissa. Niinpä relevanssin ja autenttisuuden rajaviivat hämärtyvät, ja molempien termien nykyaikaiset määritelmät näyttävät nousevan luonnontieteiden, oppilaiden, opettajien ja muun yhteiskunnan vuorovaikutuksesta. Oppiainelähtöisen autenttisuuden ja henkilökohtaisen relevanssin välinen jännite ilmenee molempien käsitteiden ympärillä käytävässä keskustelussa. Toisaalta on osallistettava oppijat opittaviin sisältöihin, toisaalta on huolehdittava sisältöjen oppiainelähtöisestä (disiplinäärisestä) autenttisuudesta (Hammer, 1997; Kapon, Laherto & Levrini, 2016; 2018; Warren, Ballenger, Ogonowski, Rosebery, & Hudicourt-Barnes, 2001).

Kuten edellä olemme esittäneet, tämä dilemma on hyvin ajankohtainen Suomessakin. Opetussuunnitelman tavoitteissa on tapahtunut selvä muutos korkeakouluun valmistavasta opetuksesta kohti luonnontieteellisen lukutaidon Visio 2:n mukaisia tavoitteita. Opetussuunnitelmakeskustelu voisi hyötyä siitä, että tavoitteita tarkasteltaisiin relevanssin ja autenttisuuden käsittein. Monet ovat luopuneet ajatuksesta, että tiedeopetusta ja sen sisältöjä ajateltaisiin arvokkaina sinänsä ja perustelevat tiedeopetuksen tarpeellisuutta sen tarjoamien hyötyjen eli relevanssin kannalta. Tätä taustaa vasten oppiainelähtöisen autenttisuuden ja henkilökohtaisen tai yhteiskunnallisen relevanssin välillä voidaan nähdä jännite, sillä tieteen sisäisen argumentoinnin, käsitteiden ja prosessien tunteminen ei välttämättä johda luonnontieteelliseen lukutaitoon kuten se nykyään ymmärretään.

Tiedeopetuksen relevanttisuutta on perinteisesti pyritty lisäämään kontekstiperustaisella opetuksella (esim. Gilbert, 2006). Siinä tavoitteena on ollut tiedeopetuksen kontekstualisointi ja työtapojen valinta tavoilla, jotka herättävät oppilaiden kiinnostuksen ja tekevät tiedon käyttökelpoiseksi

heidän arjessaan. Näissä lähestymistavassa on joskus haasteellista säilyttää kytkös oppiaineen oleellisiin sisältöihin, ja disiplinaarisen autenttisuuden vaarantumista onkin oltu huolissaan (Roberts, 2007).

Yllä kuvatun kaltaisia muutoksia on tapahtunut myös joidenkin maiden opetussuunnitelmien yleisemmissä painotuksissa. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa alettiin jo 1960-luvulla liikkua ”jäykästä” oppiaine- ja sisältökeskeisyydestä kohti opetussuunnitelmaa, jossa tieto nähtiin sosiaalisesti konstruoituna, oppiainerajoja häivyttiin ja varsinkin 2000-luvulle tultaessa korostettiin taitoja ja osaamista tietämisen sijaan (Young ym., 2014; ks. myös Cope & Kalantzis, 2015). Tämä vastakkainasettelu muistuttaa jännitettä disiplinaarisen autenttisuuden ja relevanssin välillä. Täten voidaan yllä esitettyihin haasteisiin viitaten kysyä mikä on tieteenalakohtaisen tiedon rooli näiden muuttuneiden yleisempien opetuksen ja kasvatuksen tavoitteiden kontekstissa. Esimerkiksi Young kollegoineen (2014) on esittänyt, että tieteenalakohtaista tietoa (ja tietoa ylipäätään) väheksytään esimerkiksi laaja-alaisuutta ja 2000-luvun taitoja korostavissa tavoitteenasetteluissa – tosin vastaavia suuntauksia on ollut jo 1900-luvun alusta lähtien, joita niitäkin kritisoitiin faktatiedon ja tieteenalakohtaisen tiedon unohtamisesta (Cope & Kalantzis, 2015). Young kollegoineen (2014) sekä Cope ja Kalantzis (2015) esittävät, että tieteenalakohtaisen tiedon unohtaminen voi tehdä opetuksesta strukturoimatonta, pintapuolista ja voi johtaa esimerkiksi siihen, että varsinkin heikommasta sosioekonomisesta asemasta tulevat oppilaat jäävät vaille perustietoja, joita tarvitaan myöhemmin esimerkiksi tulevissa opinnoissa ja ammateissa. Voidaankin väittää, että nimenomaan tieteenalakohtainen tieto kohottaa meidät arkikokemuksemme yläpuolelle ja on abstraktiudessaan myös laajimmin sovellettavaa (Young ym., 2014).

Myös kotimaisessa kontekstissa voidaan esittää samanlaisia kysymyksiä. Esimerkiksi konstruktivismilla on Suomessa ja kansainvälistestikin ollut pitkään vankka asema erilaisten opetuksellisten lähestymistapojen tausta-ajatteluna (Lehto, 2005). Vaikka konstruktivismi ei ole yhtenäinen teoria eikä opetusmenetelmä vaan eräänlainen ”ideaali” tai ”ajattelu-tapa” opetuksen suunnitteluun, yhteistä eri tulkinnoille on oppijan (tai oppijoista koostuvan yhteisön) oman tiedonkonstruointiprosessin korostaminen (Lehto, 2005). Konstruktivismiin liitetään opetusmenetelmiä kuten ongelmalähtöinen oppiminen (engl. *problem-based learning*, *PBL*), tutkiva oppiminen (engl. *inquiry learning*), keksimällä oppiminen (engl. *discovery learning*) ja ilmiölähtöinen oppiminen (Lehto, 2005; Leppiniemi, 2016). Esimerkiksi ongelmalähtöisessä oppimisessä oppilaat työskentelevät pienryhmissä tyypillisesti tosielämän ongelmien parissa, joista heillä ei välttämättä ole syvällistä tietoa ennen työskentelyn aloittamista (Crawford, 2014). Kuten yllä todettiin, tämänkaltaisia menetelmiä on esitetty myös luonnontieteellisen lukutaidon kontekstissa, mutta haasteena on säilyttää kytkös tieteenalakohtaiseen tietoon. Kirschner, Sweller ja Clark (2006) ovat kritisoineet ongelmakekseistä opetusta siitä, että ongelmanratkaisu vaatii perusasioiden hallintaa ja on virhe olettaa, että opetuksen tulisi keskittyä vain tiedon soveltamiseen. Lisäksi he esittävät, että etteivät tällaiset menetelmät huomioi esimerkiksi tiedollisia tai kognitiivisia rajoituksia (mm. työmuistin kapasiteettia) ja ovat siksi tehoton työtapana ja niillä voi jopa olla negatiivisia vaikutuksia (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006; ks. myös, Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenenbaum, 2010; Mayer, 2004). On

toki esitetty menetelmiä, joissa tehtäviä vaiheistamalla ja strukturoimalla tuetaan oppijoiden oppimisprosessia, mutta tieteenalakohtaisen tiedon oppiminen ja ongelmakeskeisten lähestymistapojen yhdistäminen on edelleen jossain määrin avoin kysymys (Alfieri, Brooks, Aldrich, & Tenenbaum, 2010; Hmelo-Silver, Duncan, & Chinn, 2007; Lazonder & Harmen, 2016).

Yllä sanottua ei tule ymmärtää kritiikiksi muuttuneita tavoitteita tai konstruktivismia kohtaan tai vaatimukseksi ”perinteiseen” opetukseen paluuseen. Tarkastelumme kuitenkin implikoi, että on tarve pohtia tieteenalakohtaisen tiedon roolia muuttuneiden tavoitteiden keskellä sekä sitä, millaista luonnontieteellinen lukutaito tai muu soveltava osaaminen käytännössä on. Erityisesti luonnontieteiden kontekstissa disiplinaarisen autenttisuuden ja relevanssin tavoitteiden välillä on jännite, joka kuvastaa tavoitteiden muuttumisen tuomia haasteita. Jännitteen ymmärtämisessä ja tavoitteiden yhteensovittamisessa erityisen hyödyllisiä ovat holistiset tutkimukset, joissa ei tarkastella autenttisuutta ja relevanssia vain yhdestä näkökulmasta kerrallaan vaan pyritään toteuttamaan ja tutkimaan niitä monipuolisesti ja samanaikaisesti (esim. Kapon, Laherto & Levrini, 2016; 2018; Levrini, Fantini, Tasconi, Pecori, & Levin, 2015). Näissä tutkimuksissa on analysoitu oppilaiden diskurssia ja tunnistettu siitä piirteitä, jotka implikoivat oppimisen olleen autenttista ja relevanttia eri tasoilla. Tämän tyyppiset tutkimusasetelmat voivat täyttää luonnontieteellisen lukutaidon ”empiiristä tyhjiötä” (Feinstein, 2011, s. 169; ks. myös Feinstein ym., 2013).

Myös monilukutaidon pedagogia on pyrkinyt ratkaisemaan ”perinteisen” opetuksen ja uusien tavoitteiden välistä ristivetoa (Cope & Kalantzis, 2015). Monilukutaidon idea syntyi vastauksena kritiikkiin, jonka mukaan perinteinen lukutaidon opetus keskittyi liikaa vain lukemiseen ja kirjoittamiseen eikä ottanut huomioon oppilaiden arjessaan kohtaamaa informaation monikanavaisuutta. Monilukutaito laajentaa perinteisen lukutaitokäsityksen koskemaan paitsi erilaisia tekstityyppejä, jotka ovat syntyneet internetin ja sosiaalisen median aikakaudella, myös erilaisia tapoja välittää informaatiota (kuvat, kaaviot, audiovisuaalinen aineisto jne.) (Cope & Kalantzis, 2015). Lisäksi monilukutaitoon liitetään kyky ymmärtää tekstien merkityksen rakentumista niin eri kulttuurisissa ja sosiaalisissa konteksteissa kuin eri elämän-, työelämän- tai tieteenaloillakin (Cope & Kalantzis, 2015).

Cope ja Kalantzis (2015) korostavat tieteenalakohtaisten käsitteiden, teorioiden ja niiden soveltamisen tärkeyttä, mutta niin, että oppilaiden kiinnostukset ja arjessaan kohtaavat ilmiöt otetaan huomioon tärkeinä osina oppimisprosessia. Tällainen monilukutaito, joka koskee myös tieteellistä sisältötietoa, rinnastuu luonnontieteelliseen lukutaitoon. On kiinnostavaa huomata, että myös Norris ja Phillips (2003) nostavat keskiöön arjen ja yhteiskunnan ilmiöt sekä oppilaiden oman tiedonkonstruointiprosessin, mutta sanoutuvat tiukasti irti joihinkin konstruktivismin tulkintoihin liitetystä relativismista (eli, että ei ole objektiivisesti parempaa tietoa tai tulkintaa). Myös Cope & Kalantzis (2015) ovat kehittäneet oman monilukutaidon pedagogiansa paitsi vastauksena perinteiseen opetukseen, myös radikaaleimpiin konstruktivismin ja kriittisen pedagogian tulkintoihin pyrkien yhdistämään näiden parhaat puolet.

Tiedeopetuksen tavoitteenasettelua voisi tarkentaa relevanssin mallin (Stuckey ym., 2013) avulla eritellen, millaisia hyötyjä (sisäisiä tai ulkoisia) ja millä tasolla (henkilökohtainen, ammatillinen tai yhteiskunnallinen) milläkin menetelmä- ja sisältövalinnoilla tavoitellaan. Myös autenttisuuden käsitettä tulisi tiedeopetuksen kontekstissa laajentaa oppija- ja kontekstilähtöisellä näkökulmalla, jossa autenttisuus nousee kanonisen tieteen ja sosiokulttuuristen tekijöiden vuorovaikutuksesta. Näin määriteltynä autenttisuus ohjaa ottamaan huomioon muun muassa miten oppilaat todella vuorovaikuttavat tieteen kanssa arjessaan ja millaista sisältötietoa he voisivat tarvita. Toisin sanoen tavoitteenasettelussa on otettava huomioon mitä luonnontieteellinen lukutaito todella vaatii ja suunniteltava sisältöjä tästä näkökulmasta. Toisaalta relevanssin käsitettä ei tiedeopetuksen kontekstissa ole perinteisesti ulotettu koskemaan opetuksen relevanssia suhteessa tieteen sisältöihin, epistemologiaan tai prosesseihin (so. suhteessa perinteisessä mielessä autenttisiin sisältöihin tavoitteisiin). Tämä johtunee siitä, että perinteisten sisältöjen arvo lienee nähty itsestään selvänä eikä niitä näin ollen ole ollut tarvetta tarkastella relevanssin näkökulmasta. Esitämmekin, että konteksti- ja oppijälähtöinen näkökulma autenttisuuteen tuo sen lähemmäs relevanssin käsitettä ja implikoi käsitteiden välistä riippuvuutta. Toisin sanoen, myös oppisisältöjen autenttisuutta tulisi tarkastella relevanssin tapaan useammalla tasolla. Ottamalla käyttöön oppiainelähtöistä laajemmin autenttisuuskäsityksen voidaan paremmin arvioida myös eri sisältöalueiden tarkoituksenmukaisuutta.

Lähteet

- Alfieri, L., Brooks, P.J., Aldrich, N.J., & Tenenbaum, H.R.. (2010). Does Discovery-Based Instruction Enhance Learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18. <https://doi.org/10.1037/a0021017>
- American Association for the Advancement of Sciences. (1989). *Science for all Americans*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Sciences.
- Barton, A. C. (2001). Science education in urban settings: Seeking new ways of praxis through critical ethnography. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(8), 899-917. <https://doi.org/10.1002/tea.1038>
- Brickhouse, N. (1994). Bringing in the outsiders: Reshaping the sciences of the future. *Journal of Curriculum Studies*, 26, 401-416. <https://doi.org/10.1080/0022027940260404>
- Buchholz, B.A. & Pyles, D.G. (2018). Scientific literacy in the wild: Using multimodal texts in and out of school. *The Reading Teacher*. <https://doi.org/10.1002/trtr.1678>
- Buxton, C. A. (2006). Creating contextually authentic science in a "low-performing" urban elementary school. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(7), 695-721. <https://doi.org/10.1002/tea.20105>
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218. <https://doi.org/10.1002/scs.10001>
- Cope, B. & Kalantzis, M. (2015). *The Things You Do to Know: An Introduction to the Pedagogy of Multiliteracies*. Teoksessa B. Cope and M. Kalantzis (toim.): *A Pedagogy of Multiliteracies: Learning By Design* (s. 1-36). Lontoo: Palgrave.
- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. Teoksessa: N. G. Lederman, & S. K. Abell (Toim.), *Handbook of research on science education* (vol. 2) (ss. 515-541). New York, NY: Routledge.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)

- Edelson, D. C. (1998). Realizing authentic science learning through the adaptation of scientific practice. Teoksessa: B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Toim.), *International handbook of science education* (ss. 317-331). Dordrecht, Alankomaat: Kluwer.
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Dordrecht, Alankomaat: Springer.
- European Commission (2004). *Increasing human resources for science and technology in Europe*. Report to the European Commission of the expert group on science education. Luxemburg: European Union.
- European Commission (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Report to the European Commission of the High Level Group on Science Education. Luxembourg: European Union. Noudettu: https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- European Commission (2015). *Science education for responsible citizenship*. Report to the European Commission of the expert group on science education. Luxemburg: European Union. Noudettu: http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf
- Feinstein, N. W., Allen, S., & Jenkins, E. (2013). Outside the pipeline: Reimagining science education for nonscientists. *Science*, 340(6130), 314-317. <https://doi.org/10.1126/science.1230855>
- Feinstein, N. W. (2011). Salvaging science literacy. *Science Education*, 95(1), 168-185. <https://doi.org/10.1002/sce.20414>
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>
- Halinen, I., Harmanen, M., & Mattila, P. (2015). Making Sense of Complexity of the World Today: Why Finland is Introducing Multiliteracy in Teaching and Learning. Teoksessa: Bozsik, V. (Toim.) *Improving Literacy Skills across Learning*. CIDREE Yearbook 2015. ss. 136-153. Budapest: HIERD.
- Hammer, D. (1997). Discovery learning and discovery teaching. *Cognition and instruction*, 15(4), 485-529. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1504_2
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Holbrook, J. (2010). Education through Science as a Motivational Innovation for Science Education for All. *Science Education International*, 21(2), 80-91.
- Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. Teoksessa: M. Matthews (Toim.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (ss. 999-1021). Dordrecht, Alankomaat: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_30
- Jenkins, E. (1997). Scientific and technological literacy for citizenship: What can we learn from the research and other evidence. Teoksessa: S. Sjøberg, & E. Kallerud (Toim.), *Science, technology and citizenship: The public understanding of science and technology in science education and research policy* (ss. 29-50). Oslo: Norwegian Institute for Studies in Research and higher Education.
- Kapon, S., Laherto, A., & Levrini, O. (2016). Conceptualizing Authenticity and Relevance of Science Education in Interactional Terms. Teoksessa: Looi, C. K., Polman, J. L., Cress, U., and Reimann, P. (Toim.), *Transforming Learning, Empowering Learners: The International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2016, Volume 2* (ss. 843-846). Singapore: International Society of the Learning Sciences.
- Kapon, S., Laherto, A., & Levrini, O. (2018). Disciplinary authenticity and personal relevance in school science. Manuscript submitted for publication.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

- Koponen, I., & Nousiainen, M. (2015). Didaktinen fysiikka opettajankoulutusta suuntaamassa. *Lumat*, 3(6), 729-743.
- Kupiainen, R., Kulju, P., & Mäkinen, M. (2015). Mikä monilukutaito? Teoksessa: Kaartinen, T. (Toim.). *Monilukutaito – kaikki kaikessa* (ss. 13-24). Tampere: Tampereen yliopiston normaalikoulu.
- Laherto, A. (2010). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, 21(3), 160-175.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C)
- Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V., & Uitto, A. (2005). Pupil interest in physics: a survey in Finland. *Nordic Studies in Science Education*, 1(2), 72-85. <https://doi.org/10.5617/nordina.486>
- Lavonen, J., Laherto, A., Loukomies, A., Juuti, K., Kim, M., Lampiselkä, J. & Meisalo, V. (2010). Enhancing Scientific Literacy through the Industry Site Visit, Teoksessa: Rodrigues, S. (Toim.) *Multiple Literacy and Science Education: ICTs in Formal and Informal Learning Environments* (ss. 225- 239). Hershey, PA: Information Science Reference.
- Lazonder, A.W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lee, H., & Butler, N. (2003). Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25(8), 923-948. <https://doi.org/10.1080/09500690305023>
- Leppiniemi, H. (2016). Ilmiö nimeltä ilmiöpohjainen oppiminen: Opettajien käsityksiä ilmiöpohjaisesta oppimisesta (Pro Gradu -tutkielma). Tampereen yliopisto.
- Levrini, O., Fantini, P., Tasquier, G., Pecori, B., & Levin, M. (2015). Defining and Operationalizing "Appropriation" for Science Learning. *Journal of the Learning Sciences*, 24(1), 93-136. <https://doi.org/10.1080/10508406.2014.928215>
- Mayer, R.E. (2004). Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? The Case for Guided Methods in Instruction. *American Psychologist*, 59(1), 14-19. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14>
- Marx, R., Blumenfeld, P., Krajcik, J., & Soloway, E. (1997). Enacting project-based science. *The Elementary School Journal*, 97, 341-359. <https://doi.org/10.1086/461870>
- Millar, R. (2002). Towards a science curriculum for public understanding. Teoksessa: S. Amos, & R. Boohan (Toim.), *Teaching science in secondary schools: A reader*, Abingdon: Routledge.
- Norris, S., & Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- OECD. (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Pariisi: OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264026407-en>
- Opetushallitus. (2014). *Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet (4. painos)*. Helsinki: Opetushallitus.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of research in science teaching*, 40(7), 692-720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 173-184. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75396>
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. Lontoo: The Nuffield Foundation.
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85-129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>

- Rahm, J., Miller, H.C., Hartley, L., & Moore, J.C. (2003). The value of an emergent notion of authenticity: Examples from two student/teacher–scientist partnership programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 737-756. <https://doi.org/10.1002/tea.10109>
- Rivera Maulucci, M. S., Brown, B. A., Grey, S. T., & Sullivan, S. (2014). Urban middle school students' reflections on authentic science inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(9), <https://doi.org/10.1002/tea.21167>
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy / science literacy. Teoksessa: S. K. Abell, & N. G. Lederman (Toim.). *Handbook of research on science education* (ss. 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. Teoksessa: N. G. Lederman, & S. K. Abell (Toim.), *Handbook of research on science education* (vol. 2) (ss. 545-558). New York, NY: Routledge.
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Shen, B. S. P. (1975). Science literacy and the public understanding of science. Teoksessa S. B. Day (Toim.), *Communication of scientific information* (ss. 44-52). New York, NY: S. Karger and A.G. Basel. <https://doi.org/10.1159/000398072>
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). *The ROSE project: An overview and key findings*. Oslo: University of Oslo.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.802463>
- Sørvik, G.O., & Mork, S.M. (2015). Scientific literacy as social practice: Implications for reading and writing in science classrooms. *Nordic Studies in Science Education*, 11(3), 268-281. <https://doi.org/10.5617/nordina.987>
- The Royal Society. (1985). *The public understanding of science*. Lontoo, Englanti: The Royal Society.
- Väljjärvi, J., Linnakylä, P., Kupari, P., Reinikainen, P., Malin, A., & Puhakka, E. (2001). *Suomen tulevaisuuden osaajat*. Jyväskylä: ER-paino Ky.
- Watkins, J., Coffey, J. E., Redish, E. F., & Cooke, T. J. (2012). Disciplinary authenticity: Enriching the reforms of introductory physics courses for life-science students. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 8(1), 010112. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010112>
- Warren, B., Ballenger, C., Ogonowski, M., Rosebery, A. S., & Hudicourt-Barnes, J. (2001). Rethinking diversity in learning science: The logic of everyday sense-making. *Journal of research in science teaching*, 38(5), <https://doi.org/10.1002/tea.1017>
- Wenning, C. (2006). Assessing nature-of-science literacy as one component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 3(4), 3-14.
- Young, M. Lambert, D. Roberts, C. & Roberts, M. (2014). *Knowledge and the Future School: Curriculum and Social Justice*. Lontoo: Bloomsbury Academic
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>

Abstract

The goals of science education expand beyond traditional scientific content knowledge. Scientific literacy has become an important goal, offering students knowledge and skills to engage in public discussion and decision making in personal, societal and global issues related to science and technology. The recent changes in Finnish Core Curricula towards phenomenon-based learning represent these global trends in science education. In this paper, we argue that there are unresolved tensions in the the pursuit for scientific literacy and phenomenon-based learning. While the current aims of science education emphasize relevance for the student and the society, content knowledge is still defined on the basis of disciplinary authenticity. We argue that in addition to the teaching methods and contexts also content knowledge needs to be redefined to reflect the changing goals of science education.