

Realismi, konstruktivismi ja symbolinen universumi luonnontieteissä

JORMA LEINONEN



Nykyinen luonnontiede on ontologialtaan maltillisen realismin edustaja. Sen mukaan luonnontieteen teoriat ovat alustavia ja alttiita kritiikille. Maltillinen realismi on lähellä arkiajattelua ja tarjoaa mielekkään lähtökohdan luonnontieteiden opiskelulle. Mitään estettä ei ole tulkita nykyisiä luonnontieteiden teorioita sisäisen realismin mukaisesti tai nähdä maailma teorioiden viritäminä konstruktivisina hahmotelmina eli symbolisina universeina.

Kirjoittaja osallistuu artikkelillaan yleiseen konstruktivismia koskevaan keskusteluun sekä tarkastelee luonnontieteellisen tiedon ontologisten sitoumusten tietoteoreettisia kytkentöjä.

Konstruktivismiin juuret ulottuvat Galilein ja Kantin kautta matematiikan ja luonnontieteiden tietoteoreettisiin kysymyksiin, jotka ovat osoittautuneet relevanteiksi myös muissa tieteissä. Konstruktivismi levisi myös kasvatustieteisiin ja sai siellä viime vuosikymmenellä vakiintuneen aseman, mutta hajaantui pian eri suuntauksiin. Miettisen (2000, 276–277) mukaan *on kyseenalaista, voidaanko konstruktivismia lainkaan pitää yhtenäisenä, määriteltävissä olevana oppimisnäkömäärityksenä*. Hajaannus vaikeuttaa keskustelua, ja jotkut tutkijat ovat Hakkaraisen ym. (2004, 20) tavoin luopuneet kokonaan *konstruktivismi* -termin käytöstä. Konstruktivistista oppimista kuvataan usein rakentamisen metaforalla, missä oppijalla on rakentajan aktiviteetit: suunnittelu, toteutus, valvonta ja vastuu maailmankuvan rakentamisessa.

Konstruktivismiin seuraamuksista on käyty viime aikoina keskustelua (esim. Heikkinen ym. 2005; Kalli & Malinen 2005; Lehto 2005; Miettinen 2000; Puolimatka 2003a; 2003b; 2005; Tynjälä 2003). Tämän artikkelin tarkoituksena on osallistua keskusteluun ja täydentää sitä luonnontieteiden opetuksen näkökulmasta. Johtoajatuksena on selvittää, miten ontologialtaan realistiset ja konstruktivistiset näkemykset todellisuuden luonteesta kytkeytyvät tiedonmuodostukseen

luonnontieteissä. Konstruktivismilla tarkoitetaan tässä artikkelissa postmodernia oppisuuntaa, jossa todellisuus nähdään luonteeltaan antirealistisena (Devitt 1991, 235). Konstruktivisteilla tarkoitetaan niitä tutkijoita, jotka ovat ilmaisseet kirjoituksissaan jollakin tavoin konstruktivistisen näkömäärityksensä oppimistapahtumaan. Monet konstruktivistit pitävät oppimisnäkömääritystään uutena ja kohdistavat kritiikkinsä tiedonsiirtämiskäsitykseen, empiristiseen tietoteoriaan ja behaviorismiin. Eräät kriittiset puheenvuorot oppimisesta osoittautuvat kuitenkin liioitelluiksi tai jopa virheellisiksi.

Empiristinen tieto

Empiristinen tietoteoria syntyi uuden ajan alussa skolastisen opin vastareaktiona. Skolastisen opin ytimenä on aristotelismi, tosin siihen on voinut vaikuttaa epikuroalaisuus, jonka näkömäärityksiä Lucretius (95–55 eaa.) esittää teoksessaan *De rerum natura*. Skolastikkojen mukaan ajatukset syntyvät, kun aineelliset kappaleet lähettävät hahmoja, jotka kopioituvat sellaisenaan aistinelimien kautta mieleen. Tieteen tehtäväksi jää havaintojen luokittelu.

Maineikas uuden ajan alun empiristi Thomas Hobbes vastusti skolastista tietoteoriaa ja kehitti oman mekanistisen tietoteoriaansa. Hobbesin (1962/1651, 35–91) mukaan kappaleet aiheuttavat aistinelimiimme paineen ja aistivaikutelma syntyy paineen vastareaktion. Aistivaikutelmista syntyneet fantasiat, eivät ole ulkoisten esineiden kopioita vaan mielikuvituksen tuotetta. Aistien kautta saatu kokemustieto ilmenee kaikilla ihmisillä samanlaisena ja tieteen tehtävä on tiedon systematisointi logiikan avulla. Hobbesilla tutkija ei vastoin mekanistisuuteen liittyviä odotuksia ole passiivinen tiedon vastaanottaja, vaan mielikuvituksen vilkkaus ja ajatuksen suuntavakaus mainitaan älyllisen toiminnan hyveinä.

Tiedon ja todellisuuden suhdetta on aina pidetty ongelmallisena. Rationalisti Descartes ja empiristit olivat sillä kannalla, että *meillä voi olla välitöntä tietoa omista mielentiloistamme*. Lisäksi Locke ajatteli, että *ulkoiset objektit ovat päättelyä vaikutelmista ja ideoista*. (ks. Lammenranta 1993, 34–35.) Sitä vastoin empiristi Hume (1938, 59) tutki 1700 -luvun puolivälissä psykologisoivasti ulkoisen ja sisäisen maailman suhdetta asettamalla kysymyksen: Mitkä syyt saavat meidät uskomaan aistiemme ja muistimme ulkopuolella olevien asioiden olemassaoloon. Hume ajatusten motivoimana Kant (1997/1783, 129) tarttui ulkoisen maailman problematiikkaan ottamalla käyttöön kategoriat.

Ohjelmallisesti empirismi jatkui loogisena empirisminä 1930-luvulla loogisen positivismin jälkeen (Sintonen 2002, 45). Positivisteista poiketen loogisen empirismin edustajat sallivat postulationaalisen hypoteettis-deduktiivisen tiedon menetelmän. Teoriat eivät heidän mielestään ole havaintojen ekonomisia säiliöitä, vaan teorioiden tehtävä on kuvailla todellisuutta. *Tieto on tiedetyn ajatuksellista esittämistä, jossa ratkaisevana on looginen vastaavuus eikä laadullinen yhtäläisyys* (Kaila 1939, 28). Kuvattuun todellisuuteen voi kuulua myös aistein havaitsemattomia olioita kuten magneettikenttä tai atomit. Empiristisen käsitteorian mukaan käsitteet abstrahoituvat havainnoista eliminaation ja täydentävän produktiivisen ajattelun avulla (emt. 20–24), eivätkä käsitteet ole todellisuuden kopiota tai heijasteita kuten usein annetaan ymmärtää.

Näyttää siltä, että konstruktivistien kritiikki tiedonmuodostuksesta kohdistuu pikemminkin skolastikkojen ja positivistien oppeihin kuin empiristien tietoteorioihin.

Tiedon siirtämisestä sen luomiseen

Konstruktivistit motivoivat usein lukijoitaan (esim. Tynjälä ym. 2005, 38) tarjoamalla vaihtoehdon tiedonsiirtämiskäsityksille. Voidaan kysyä, onko tiedonsiirtäminen ylipäätään mahdollista?

Transistorin keksiminen puoli vuosisataa siten mahdollisti koneet, joilla oli ennennäkemätön nopeus ja kapasiteetti käsitellä ja taltioida informaatiota. Ominaisuuksiensa mukaan kone saikin sellaisia nimiä kuin datamaskin, computer, rechner tai orderer (espanja), jotka on suomennettu tietokoneeksi, vaikka vieraskielisissä sanoissa ei ole viittausta tietoon. Käännös kuvaa sitä aikaa, kun tietokilpailut olivat muodissa ja tietämistä pidettiin faktatiedon muistamisena. Ohjelmoitu kone pystyykin salamannopeasti vastaamaan esimerkiksi kysymykseen, missä Vanuatun saariryhmä sijaitsee. Esineellistettyä ja mekanistista tiedonkäsitystä sekä niihin perustuvaa siirtämiskäsitystä on vaikea sovittaa Platonilta (1999, 341) perittyyn tiedonkäsitykseen, jonka mukaan tieto on *oikea käsitys yhdessä selityksen kanssa*. Kansanen (2000, 66) pitääkin puheita *tiedon siirtämiskäsityksestä yksinkertaisuksena tai peräti virheellisenä*. Tiedonkäsitykset ovat merkittäviä yhteiskunnassa, koska ne kuljettavat mukanaan näkemyksiä tiedon luonteesta, ominaisuuksista, mahdollisuuksista ja myös utopioista sekä luovat odotuksia ja ohjaavat käyttäytymistämme. Sanojen mahti on suuri. Ohjelmoitavista koneista on tullut tietokoneita ja behavioristeja edelleen kritisoidaan tiedon siirtämiskäsityksestä, vaikka kukaan ei edes tunnustaudu behavioristiksi.

Konstruktivistit pitävät usein oppimisenäkemystään uutena, vaikka sen juuret ulottuvat aina antiikin Kreikkaan ja keskiajalle. Protagoraan (481–411 eaa.) mukaan *ihminen on kaiken mitta, olevien asioiden olemisen mitta ja olemattomien asioiden olemattomuuden mitta* (Grünwald 1991, fr. 738; myös Tenkku 1981, 28). Keskiajalla Tuomas Akvinolainen (1972, 1–6) piti tiedon siirtämistä mahdottomana: *Opettajan ei voida sanoa välittävän tietoa oppilaaseen, vaan oppilas ymmärtää tiedon samalla tavalla kuin opettajakin*.

Kant (1997/1783) hylkäsi ”kopernikaanisessa käänteessään” empiristisen tiedonkäsityksen, jonka alkeiselementti on havainto. Kantin analyysissä havainto on kognitiivinen kompleksi, jonka rakenneosia ovat aistimellinen osa ja käsitteellinen osa. Ajattelun rakenneosat eivät ole erillisiä,

vaan ymmärryksen kategoriat luovat kokemuksia integroimalla havainnot arvostelmiksi. Subjektin mukaanotto kääntää tiedonmuodostuksen suunnan empiristeihin verrattuna päinvastaiseksi. Tällöin tiedolliset prosessit suuntautuvat mielen sisältä ulospäin. Oppimisteorioissa tämä näkyy käsitteellisten aktiviteettien korostumisena, koska emme opi kokemuksesta (aus der Erfahrung) vaan tuottamalla kokemuksia kokemuksiemme yhteydessä (mit der Erfahrung). Kant ei kiellä mielen ulkopuolisen maailman (noumenon) olemassaoloa, vaan hänelle tietäminen todellisuudesta on omaa tekoamme (fenomenon). Tieto on kokemuksen muoto, ja muodolla tarkoitetaan hyvää järjestystä tai hahmoa (Gestalt).

Kantin seuraajat, uuskantilaiset kuten Ernst Cassirer (1874–1945), hylkäsivät opeissaan Kantin kiinteät käsitteekategoriat ja korvasivat ne ajatuksella kulttuurisesti kehittyvistä käsitejärjestelmistä, joita yhteisöt pitävät yllä. Tämä on melko yleisesti hyväksytty käsitteoteoria oppisuunnasta riippumatta. Erimielisyyttä koulukuntien välillä on muun muassa käsitteen luonteesta, käsitteenrakenteesta ja käsitteiden roolista tiedonmuodostuksessa.

Konstruktivismi ja symbolinen universumi

Konstruktivistiseen asenteeseen ei kuulu esineellisen maailman olemassaolon kieltäminen, vaan todellisuuden referentiaalisten ja representationaalisten kuvausten tilalle rakennetaan selitysvoimaisempia teorioita (Jokinen ym. 2000, 20–21; Tynjälä ym. 2005, 27). Esimerkiksi kädessä olevan kynän olemassaoloa ei kielletä, eikä yritetä löytää yksittäisistä kynän olemukseen perustuvaa kuvausta, vaan kynä saa erilaisia praktisia merkityksiä erilaisissa ympäristöissä. Kynä voi olla esimerkiksi kirjoitusväline, piirustusväline tai muistoesine.

Tarkastelun kohteena olevat oliot tai asiat saavat kokemuksellisen hahmonsä symbolijärjestelmien avulla. Kokemus on kantilaisittain sokea ilman symbolien tarjoamaa hahmoa, mutta toisaalta symbolit ovat tyhjiä ilman tulkintaa ja propositionaalista sisältöä. Symbolit ovat luonteeltaan intersubjektiivisiä entiteettejä, joilla on eri diskurssissa aina asemansa mukainen merkitys. Diskurssien alustana on ainakin osittain pysyväisluontoinen todellisuus, jolloin ”saman asian” merkitys voi varioida diskurssista toiseen (Jokinen ym. 2000, 21). Kommunikoinnin ehtona on,

että meillä on sosiaalisesti jaettu merkitysjärjestelmiä, joiden puitteissa yhteinen ymmärrys asioista voidaan saavuttaa (Leinonen & Korhonen 2004). Antirealistiseen asenteeseen sitoutuneina voimme kielellisesti hahmottaa maailmaamme omistamalla puheen tarkoitteelle käsitteitä tai propositionaalisia sisältöjä. Silloin emme oleta realistin tavoin, että tarkoitteilla olisi jokin valmis olemuksellinen ominaisuus tai hahmo.

Symbolisysteemit ovat kulttuurisesti kehittyviä ja sosiaalisesti ylläpidettyjä maailmanymmärryksen ehtoja. Myytit, uskonnot, tieteet, taiteet ja kieli ovat esimerkkejä symbolijärjestelmistä, joiden avulla me koemme ja rakennamme maailmaamme (Cassirer 1990/1929). Kieli on näistä järjestelmistä sikäli erikoisasemassa, että se läpäisee kaikki muut järjestelmät. Puheen ja kommunikoinnin luonteeseen kuuluu, ettei käsitteitä tai propositionaalisia sisältöjä voida täysin omistaa tarkoitteelle eikä tarkoitteestakaan aina päästä yksimielisyyteen. Yksimielisyyteen pääsy edellyttää neuvottelua.

Konstruktivistisen ohjelman mukaan tutkimuskohteen kuvailuun tarvitaan kohteen kannalta sopiva referentiaalisesti merkityksellisen symbolijärjestelmä, joka esimerkiksi fysiikassa etsitään matematiikasta. Matematiikan symboleille annetaan käsitteelliset sisällöt, jolloin symbolit muuttuvat fysiikan suureiksi. Esimerkkinä tapahtuman käsitteellisestä haltuunotosta voidaan pitää ideaalikaasun tilanyhtälöä: $pV = nRT$, missä p on kaasun paine, V kaasun tilavuus, n kaasun määrä, R yleinen kaasuvakio ja T kaasun lämpötila. Konstruktivistisen tulkinnan mukaan yhtälö ei ole rakenneyhtäläinen kuvaus maailmasta. Yhtälön tehtävänä on Cassirerin (1990/1929, 25) mukaan tarjota mielekäs todellisuuden tematisointitapa (konstruktive Entwürfe), jolloin yhtälön kuvaama ilmiö on väittämän myyttinen vastine von Glasersfeldin (1991, 118) radikaalin konstruktivismiin tapaan. Konstruktivistista maailmaa voidaan pitää Cassirerin symbolisena universumina, jonka asukkaita me olemme.

Konstruktivismi vai realismi

Konstruktivismiin liittyy optimistinen ihmisen älyllistä autonomisuutta ja rationaalisuutta korostava piirre, jossa luotetaan yksilön omiin mahdollisuuksiin ohjata elämäänsä järjen varassa. Radikaalin konstruktivismiin mukaan mielen tehtävä ei ole etsiä todellisuuden rakenteita vaan luoda ja järjestää omaa kokemusmaailmaamme (von Glasersfeld

1993). Oppiminen tapahtuu sosiaalisessa vuorovaikutuksessa, jossa kulttuurisilla tekijöillä kuten kielellä on keskeinen asema.

Näyttää siltä, että Putnamia (1978) ja Sellarsia (1980) mukaillen konstruktivistit kyseenalaistavat totuuden korrespondenssiteorian ja päätyvät ontologialtaan antirealistiseen asenteeseen. Kritiikkiä heidän taholtaan on saanut myös ns. käsite-empirismi, jonka mukaan todellisuus voi kausaalisesti tuottaa tietoisuustiloja ilman subjektin ennakoivaa käsitteellistä panosta. Konstruktivistien mukaan esimerkiksi jo havainnot ovat teoriapitoisia. Samalla tulee kiistetyksi neutraalin havaintokielen olemassaolo, joka tarjoaisi havaintotermeille kiistattoman tulkinnan ja empiiriselle tiedolle varman perustan.

Realismin mukaan vuorovaikutukset informaatiolähteenä ja käsitteellinen välineistö tekevät mahdolliseksi sen, että saamme tietoa maailmassa vallitsevasta järjestyksestä. Koska totuuden kriteerejä ei ole tarjolla, luonnontieteissä ajatellaan, että nykyiset teoriat ovat alustavia ja muutoksille alttiita luonnon kuvauksia (esim. Benson 1996, 4). Luonnontieteiden empiirinen luonne sen episteemisenä piirteenä on kiistaton. Realismi luonnontieteiden ontologisena asenteena on vakiinnuttanut asemansa (esim. Ahtee & Virtanen 1994; Kangas 1981; Lehti 2001; Weinberg 1999), vaikka konstruktivismillakin on ollut kannattajia, kuten Kuhn tai Cassirerin (1990/1929) mukaan fyysikot von Helmholtz ja Hertz.

Realistille totuus on tiedontavoittelun keskeinen arvo (ks. myös Hilpelä 2006), kun taas konstruktivistille tiedolla on välineellinen arvo. Nämä arvomaailmat eivät välttämättä ole ristiriidassa, sillä todet teoriat voivat tarjota myös konstruktivistille hyödyllistä ja luotettavaa tietoa ongelmatilanteista selviytymiseen. Tieteenfilosofian kannalta tiedontavoittelun instrumentaalinen asenne johtaa behaviorismiin, jonka merkittävänä klassikkona Niiniluoto (1984, 96) pitää John Deweya. Realistille tieto ei välttämättä ole instrumentti, vaan tiedonhankintaa voivat ohjata kiinnostus kohteen olemukseen ja totuuden saavuttaminen. Realisti kerää aktiviteettiensa avulla informaatiota kohteen olemuksesta. Kun saavutettu tieto sisältyy maailmankuvaksi, se strukturoi subjektin havainnontekoa ja ajattelua sen sijaan, että se olisi pelkkä praktinen selviytymisen keino ongelmatilanteissa. Siksi saatu tieto voi olla osa yksilön persoonallista kasvua. Realistin näkökulmasta praktisten intressien korostami-

nen on pikemminkin rajoittava kuin edistävää tekijää ihmismielen kehityksessä (ks. Puolimatka 2002, 18). Konstruktivistiseen tiedonrakenteluun kuuluu suunnitelmallinen ja hallittu työskentely, jonka tavoitteena on asiantuntijuuden kautta saavutettu itseohjaavuus ja tilanteiden hallinta. Tiedon tunnuksena on sen toimivuus ja elinkelpoisuus, ei totuus tai totuudenkaltaisuus kuten realismissa (Tynjälä 1999, 26). Tynjälä (2003, 227) tarkentaa myöhemmin kantaansa ontologisiin sitoumuksiin ja sallii realistisen asenteen tiedonmuodostuksessa.

Kurki-Suonio & Kurki-Suonio (1995, 2) edustavat luonnontieteissä maltillista realismia, kun heidän mukaansa *ilmiöt ymmärretään teorian avulla ja teoria ymmärretään ilmiöiden avulla*. Maltillinen realismi tarjoaa perustan koherentille tietoteorialle ja on pedagogisesti mielekäs ontologinen asenne luonnontieteiden opinnoissa. Koska realismi on lähellä arki ajattelua, voidaan aistihavainnot ja myös virheelliset ennakkokäsitykset ottaa opiskelun lähtökohdaksi. Monet oppimisen tutkijat fysiikassa (esim. Ahtee & Hakkarainen 2005; Sormunen 2004; Strike & Posner 1992; Vosniadou 1994) tutkivat oppimistapahtumaa konstruktivistisena, vaikka heidän ontologinen asenteensa luonnonilmiöihin ja yksilön mentaaliin toimintoihin on Viirin (1995, 10) tavoin realistinen. Tällöin termillä *konstruktivismi* on tekninen merkitys, joka viittaa kognitiivisen psykologian puitteissa tehtyyn tutkimukseen, kun yksilö opiskelee hyväksytyyn paradigman mukaista oikeaa käsitystä maailmasta.

Jos luonnontieteitä halutaan tarkastella konstruktivistisessa viitekehityksessä, sisäinen realismi (Putnam 1981, 52) tarjoaa varteenotettavan vaihtoehdon; Lamménranta (1993, 58) pitää myös sisäistä realismia antirealistisena asenteena. Sisäisen realismin mukaan edistyneimpien teorioiden postuloimat oliot ovat olemassa, ja niistä koostuvan maailman kuvaaminen tapahtuu kulttuurisesti kehittyvin käsitejärjestelmin, joita sosiaaliset yhteisöt pitävät yllä. Totuus on teorian sisäinen asia, joten se on versiorelatiivinen mutta ei relativistinen. Vaikka luonnontieteissä voidaan mielekkäästi vertailla eri teorioiden edistyneisyyttä, ihmistieteissä asia on toisin. Kukapa pystyy vastaamaan kysymykseen, minkä teorian mukainen ihmiskäsitys olisi edistynein, kun valittavana on esimerkiksi kognitiiviseen psykologiaan, humanistiseen psykologiaan tai sosiaalipsykologiaan perustuvat lähtökohdat.

Lopuksi

Ontologisilla sitoumuksilla on merkittäviä seuraamuksia tietoteorioihin, oppimisteorioihin ja pedagogiikkaan. Laaja yksimielisyys vallitsee siitä, että tietäminen ei ole pelkkää muistamista tai oikeiden vastausten antamista eikä oppiminen ole tiedon siirtämistä. Tieto on viittaus todellisuuteen ja tietäminen edellyttää kohteena olevan asian luonteen ymmärtämistä. Lisäksi tietäminen on käsittämistä ja edellyttää kykyä arvioida käsityksen pätevyyttä sekä pohtia itsenäisesti käsityksen perusteluja (Puolimatka 2002, 11). Nämä tiedon ehdot yleensä hyväksytään, mutta tiedon tehtävistä ja ymmärtämisen ehdoista on erimielisyyttä.

Kuinka tutkija tai opettaja suorittaa valintansa realismiin ja konstruktivismiin välillä? Yleistä valintakriteeriä tuskin löytyy, vaan valinnat ovat tapauskohtaisia tai on tehtävä kompromisseja. Puhtaimmat ihmismielen konstruktiot löytyvät humanistisista tieteistä (kulttuurisineet, runot, kielet) ja yhteiskuntatieteistä (talousjärjestelmät, tavat ja tottumukset, normit). Luonnontieteen tutkimuskohteet (eläimet, vesistöt, tähdet) edustavat puolestaan realismin mukaisesti mielipiteistä riippumatonta todellisuutta, mutta mielekäs puhuminen esimerkiksi olioiden sijainnista, niiden välisistä vuorovaikutuksista tai subatomaarisista partikkeleista edellyttää teoreettista käsitevälineistöä. Ehkä luontevin kompromissi realistisen ja konstruktivistisen maailman väliltä löytyy, kun käsitteet, teoriat ja mallit ajatellaan ihmismielen tuotteiksi, joilla reaali maailmaa voidaan kuvata (Leinonen 2003). Esimerkiksi nähdessäni kedolla keltaisen voikukan minulla on hallussani yleiskäsite keltainen ja tuon yksittäisen kasvin näköhavainto. Lisäksi minulla on lupa olettaa, että tuo yksittäinen kukka on olemassa ja että sen heijastaman valon aallonpituus on välillä 570–590 nm. Tällainen maltillinen realismi voi olla pohjana koherentille tietoteorialle, jota edustaa nykyinen luonnontieteellinen ajattelu. Sitä paitsi realismi on lähellä arki ajattelua ja tarjoaa tuttuuteen perustuvan lähtökohdan kriittisellekin tiedonhankinnalle. Tätä ontologisen realismin muunnosta ei voida kutsua konstruktivismiksi tai edes maltilliseksi konstruktivismiksi, koska konstruktivistit suhtautuvat kielteisesti totuuden korrespondenssiteoriaan.

Realistisen ja konstruktivistisen maailman raja on häilyvä. Vaikka maailmankuva muodostetaan

kulttuurisin käsitevälinein, on vapaan konstruoinnin käytöllä ja laajuudella rajansa. Yksittäisiä tähtiä pidämme löytöinä, mutta tähtitaivaan hahmottamiseen tarvitsemme malleja. Rahajärjestelmä ja kadut ovat omaa tekoamme, maksuvälineet ja liikenne toimivat niin kauan kuin luotamme niihin ja noudatamme sovittuja sääntöjä, mutta kuu jatkaa kiertoaan konstruktioistamme tai mielipiteistämme riippumatta. Joka tapauksessa realismiin pohjautuvat todet tai totuudenkaltaiset teoriat tarjoavat soveltajalleen luotettavaa informaatiota maailmasta. Toisaalta ei ole mitään estettä tulkita realistisen näkemyksen varaan rakennettuja teorioita sisäisen realismin mukaan tai elää konstruktivistien tapaan teorioiden virittämissä Cassirerin symbolisissa universumeissa.

Kiitän saamistani kommentteista Toivo Salosta Lapin yliopiston menetelmätieteiden laitokselta.

Lähteet

- Ahtee, M.; Kankaanranta, I. & Virtanen, L. (1994). *Luonnontieto koulussa*. Otava.
- Ahtee, M. & Hakkarainen, O. (2005). The importance of the order of demonstrations in changing pupils' conceptions. *Nordina* 1, 31–42.
- Benson, H. (1996). *University Physics*. New York: John Wiley & Sons.
- Cassirer, E. (1990/1929). *Philosophie der Symbolischen Formen III: Phänomenologie der Erkenntnis*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Devitt, M. (1991). *Realism and truth*. Oxford: Blackwell.
- von Glasersfeld, E. (1991). Knowing without Metaphysics: Aspect of the Radical Constructivist Position. Teoksessa Steir, F. (toim.) *Research and Reflexivity*. London: Sage.
- von Glasersfeld, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. Teoksessa Tobin, K. (toim.) *The Practice of Constructivism in Science Education*. New Jersey, Hillsdale, NJ: Erlbaum. 145–170.
- Grünwald, M. (1991) (käänt. & toim.). *Die Anfänge der abendländischen Philosophie*. Fragmente der Vorsokratiker. Nördlingen: DTV/Artemis.
- Hakkarainen, K.; Lonka, K. & Lipponen, L. (2004). *Tutkiva oppiminen*. Helsinki: WSOY.
- Heikkinen, L.T.L.; Huttunen, R.; Niglas, K. & Tynjälä, P. (2005). Kartta kasvatustieteen

- maastossa. *Kasvatus* 36 (5), 340–354.
- Hilpelä, J. (2006). Puhuttakoon edelleen totuudesta. *Kasvatus* 37 (2), 191–192.
- Hobbes, T. (1662/1651). *Leviathan*. New York & London: Collier MacMillan.
- Hume, D. (1938). *Tutkimus inhimillisestä ymmärryksestä* (suom. Kaila, E.). Helsinki: WSOY.
- Jokinen, A.; Juhila, K. & Suoninen, E. (2000). Diskursiivinen maailma. Teoksessa Jokinen, A.; Juhila, K. & Suoninen, E. (toim.) *Diskursiivianalyysin aakkoset*. Tampere: Vastapaino.
- Kaila, E. (1939). *Inhimillinen tieto*. Otava.
- Kalli, P. & Malinen, A. (2005) (toim.). *Realismi ja konstruktivismi*. Kansanvalistusseura.
- Kangas, J. (1981). *Johdatus fysiikkaan*. Oulun yliopisto.
- Kansanen, P. (2000). Opetuksen käsitemaailma. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Kant, I. (1783/1797). *Prolegomena* (suom. Oittinen, V.). Helsinki: Yliopistopaino.
- Kurki-Suonio, K. & Kurki-Suonio, R. (1995). Vuoroaikuttavat kappaleet – Mekaniikan perusteet. Helsinki: Limes.
- Lammenranta, M. (1993). *Tietoteoria*. Gaudeamus.
- Lehti, R. (2001). *Leijonan häntä. Luoko tietoa luonto vai ihminen*. Helsinki: URSA.
- Lehto, J. E. (2005). Konstruktivismi peruskoulun didaktiikan ohjenuoraksi? *Kasvatus* 36 (1), 7–19.
- Leinonen, J. (2003). Käsité ja ymmärtäminen. *Kasvatus* 34 (1), 56–65.
- Leinonen, J. & Korhonen, A. (2004). Miten arvioida matematiikan opiskelua ja ymmärtämistä. *Kasvatus* 36 (1), 33–42.
- Miettinen, R. (2000). Konstruktivistinen oppimisen näkemys ja esineellinen toiminta. *Aikuiskasvatus* 20 (4), 276–292.
- Niiniluoto, I. (1984). *Tiede, filosofia ja maailmankatsomus*. Helsinki: Otava.
- Platon, (1999). *Teokset*. Kolmas osa. Theaitotes (suom. Ilkon-Kaila, M.; Saarikoski, P.; Tyni, M. & Anttila, A. M.). Helsinki: Otava.
- Puolimatka, T. (2002). *Opetuksen teoria konstruktivismista realismiin*. Helsinki: Tammi.
- Puolimatka, T. (2003a). Realismin rajankäyntejä. *Kasvatus* 34 (1), 93–98.
- Puolimatka, T. (2003b). Tiedon rakentaminen ja totuus. *Aikuiskasvatus* 23 (3), 233–235.
- Puolimatka, T. (2005). Realismi ja positivismin myytit. *Kasvatus* 36 (5), 355–357.
- Putnam, H. (1978). *Meaning and the Moral Sciences*. Lontoo: Routledge & Kegan.
- Putnam, H. (1981). *Reason, Truth and History*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sellars, W. (1980). Behaviorism, Language, and Meaning. *Pacific Philosophical Quarterly* 61, 3–25.
- Sintonen, M. (2002). Empirismi ja positivismi. Teoksessa Niiniluoto, I. & Saarinen, E. (toim.) *Nykyajan filosofia*. Helsinki: WSOY.
- Sormunen, K. (2004). *Seitsemäsluokkalaisten episteemiset näkemykset luonnontieteiden opiskelun yhteydessä*. Kasvatustieteellisiä julkaisuja 95. Joensuun yliopisto.
- Strike, K. A. & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. Teoksessa Duschl, R. A. & Hamilton, R. J. (toim.) *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. New York: State university of New York Press, 147–176.
- Tenkku, J. (1981). *Vanhan ja keskiajan moraalifilosofia*. Helsinki: Gaudeamus.
- Tuomas Akvinolainen (1272). *Quaestiones disputatae de veritate*. Quaestio XI, 1–19. <http://www.corpusthomicum.org/qdv11.html> (Luettu 21.4.2006 professori Kari E. Nurmen suomentamana).
- Tynjälä, P. (1999). *Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Tynjälä, P. (2003). Konstruktivismista realismiin. *Aikuiskasvatus* 23 (3), 222–232.
- Tynjälä, P.; Heikkinen, H.L.T. & Huttunen, R. (2005). Konstruktivistinen oppimiskäsitys oppimisen ohjaamisen perustana. Teoksessa Kalli, P. & Malinen, A. (toim.) *Konstruktivismi ja realismi*. Kansanvalistusseura.
- Weinberg, S. (1999). *Unelma viimeisestä teoriasta* (suom. Maalampi, J.). Helsinki: Art house.
- Viiri, J. (1995). *Voimakäsityksen oppiminen ja opettaminen insinörikoulutuksen fysiikan kursseissa*. Dissertations 7. Joensuu: Joensuun yliopisto.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4, 45–69.