

Luonnontieteen luonne kemian opetuksessa

Veli-Matti Vesterinen

Luonnontieteen luonteen ymmärryksen kehittämistä pidetään yhtenä tiedeopetuksen keskeisimpänä tavoitteena. Tässä artikkelissa pohdittavana on luonnontieteen luonteen roolia kemian opetuksen tavoitteissa sekä nostetaan tutkimuksesta esimerkkejä, miten aihetta voi opettaa. Uusien opetussuunnitelman perusteiden mukaisessa opetuksessa luonnontieteen luonteen ymmärryksen ei tulisi olla elämästä irrallista teoreettista tietoa, vaan sen pitäisi tukea kestävämmän tulevaisuuden rakentamista sekä omien valintojen kestävyysarvioimista. Tiedon ja ymmärryksen lisäämisen lisäksi oppilaita tulisikin kannustaa kestävä kehityksen tekoihin sekä yksilötasolla että yhteisöllisesti. Artikkelin pohjautuu kirjoittajan väitöskirjatutkimukseen ja sen jälkeiseen tutkimukseen.

Pelkkä tieteen sisältöjen eli tieteellisen tutkimuksen tuottamien mallien ja teorioiden viestiminen ei anna totuudenmukaista kuvaa kemiasta tai mistään muustakaan tieteestä. Oleellinen osa tieteellistä yleissivistystä on myös ymmärtää, millaista tietoa tieteellinen tieto on, miten sitä tuotetaan ja millainen rooli sillä on yhteiskunnassamme. Näihin kysymyksiin vastauksia ovat tuottaneet tieteentutkimuksen eri alat kuten tieteenfilosofia, -historia ja -sosiologia. Tieteentutkimuksen merkitystä kouluopetukselle on pohdittu jo vuosikymmeniä. Opetuksen tutkimuksessa aihealuetta on viimeisten vuosikymmenten ajan kuvattu käsitteellä luonnontieteen luonne (engl. *nature of science*). Luonnontieteen luonteen ymmärryksen kehittämistä pidetään kautta maailman yhtenä tiedeopetuksen keskeisimpänä tavoitteena. Sillä on keskeinen rooli myös uudistuneissa perus- ja lukio-opetuksen opetussuunnitelmien perusteissa (Opetushallitus 2014; Opetushallitus 2015). Keskeisinä tavoitteina mainitaan myös tutkimisen taidot sekä ymmärrys kemian osaamisen merkityksestä omassa elämässä, elinympäristössä ja yhteiskunnassa. Tässä artikkelissa pohdin näiden aihealueiden opettamista luonnontieteen luonteen opetuksen tutkimuksen pohjalta.

Kemian tiedot ja niiden käyttäminen

Sekä perusopetuksen että lukio-opetuksen opetussuunnitelmien perusteissa määritellään, että opetuksen yksi päätavoite on kasvattaa hahmottamaan ja ymmärtämään "luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa" (Opetushallitus 2014, s. 395; Opetushallitus 2015, s. 158). Luonnontieteen luonteen hahmotus vaatii ymmärrystä siitä, että tiede perustuu sekä havainnoille ja niistä johdetuille johtopäätöksille sekä inhimilliselle mielikuvitukselle ja luovuudelle. Tästä johtuen tiede on aina avoinna muutoksille sekä sidoksissa siihen sosiaaliseen ja kulttuuriseen ympäristöön, jossa se on luotu. Erityisesti kemiassa, jonka selitysmallit rakentuvat yleensä submikroskooppiselle tasolle mutta havainnot tehdään yleensä makrotasolla, tieteellisen mallintamisen ymmärtämisellä tulisi olla keskeinen asema (ks. Vesterinen, Aksela & Sundberg 2009).

Lukio-opetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan oppilaan tulisi myös osata "arvioida kemian ja siihen liittyvän teknologian merkitystä yksilön ja yhteiskunnan kannalta" (Opetushallitus 2015, 2015, s. 158). Kemian onkin erityisen hyvä oppiaine

pohtia tieteen ja teknologian suhdetta sekä teknologisen ja tieteellisen kehityksen merkitystä yhteiskunnalle. Kemiaa voidaan pitää eräänlaisena molekyyllitason arkkitehtuurina, joka ei ole kiinnostunut pelkästään molekyylien ja yhdisteiden tunnistamisesta ja niiden ominaisuuksista vaan myös uusien molekyylien valmistuksesta ja tuottamisesta. Huomioitavaa on, että teknologia ei ole vain tieteen soveltamista vaan tieteen ja teknologian välillä on vuorovaikutussuhde. Esimerkiksi tutkimusinstrumenttien ja tietotekniikan kehittymisellä on ollut valtava vaikutus siihen, miten kemian tutkimusta tehdään.

Kuten muussakin kemian opetuksessa, myös luonnontieteen luonnetta koskeva teoreettinen tieto tulisi konkretisoida. Tämä voidaan tehdä käyttämällä esimerkkejä joko tieteen historiasta tai modernista tutkimuksesta (ks. Tolvanen et al., 2014; Tala & Vesterinen 2015). Opintokäynnit tutkimusta tai tuotekehittelyä tekeviin laitoksiin tai yrityksiin ovat myös erinomainen mahdollisuus yhdistää teoreettinen tieto kemian luonteesta autenttisiin esimerkkeihin kemian tutkimuksesta (ks. Vesterinen & Aksela 2009).

Tutkimisen taidot

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa tutkimisen taidot muodostavat yhden kolmesta tavoitteiden pääosa-alueesta. Tutkimustaidot sisältävät paljon teknisiä taitoja ja tietämystä – mutta omaehtoinen tutkimus edellyttää myös tieteellisen päättelyn taitoja. Tieteellinen päättely onkin yksi luonnontieteen luonteen opetuksen tutkimuksen keskeisimmistä alueista (ks. Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008). Opintojen edetessä yhteys autenttiseen tutkimukseen ja sen toimintatapoihin kuten aiempien tutkimusten tulosten huomioimiseen ja tieteelliseen vertaisarviointiin tulisi kehittyä, mutta etenkin perusopetuksessa tutkimuksen taitojen opetteluun tulisi olla vielä käytännönläheistä.

Tutkimuksen mukaan tieteellisen päättelyn taitoja oppii parhaiten kokeellisuutta ja reflektiota yhdistävällä työtavalla (ks. Schwartz, Lederman & Crawford, 2004; Vesterinen & Aksela, 2013). Reflektiivinen lähestymistapa edellyttää, että opiskelija on tietoinen siitä mitä tulee oppia ja häntä ohjataan arvioimaan omaa oppimistaan. Kutakin tutkimuksen vaihetta opiskeltaessa olisi ensiarvoisen tärkeää kertoa opiskelijoille, että tavoitteena on harjoitella juuri kyseenomaista vaihetta. Tutkimukselliseen tehtävään tulisi myös aina liittyä reflektiovaihe, jossa pohditaan mitä tehtiin ja miksi. Keskustelun ja reflektion kautta oppilas oppii tieteellistä päättelyä eli esimerkiksi millainen on hyvä hypoteesi ja kuinka tieteessä havainnoista tehdään johtopäätöksiä sekä rakennetaan malleja. Keskustelua voidaan käydä alkuun opettajan johdolla tai opettaja voi tarjota opiskelijoille pohdiskelua ohjaavia kysymyksiä joko itsenäisesti tai ryhmässä mietittäväksi.

Etenkin tutkimisen taitojen opetteluun alkuvaiheessa kannattaa tutkimuksen aiheet ja menetelmät valita siten, että ne ovat oppilaille mahdollisimman tuttuja. Esimerkiksi ruoka-aineilla ja keittiövälineillä tehtävät työt ovat erinomaisia harjoiteltaessa tutkimisen taitoja (Fooladi, 2013). Oppilaan on helpompi keskittää huomionsa itse tutkimusprosessin ja tieteellisen päättelyn ymmärtämiseen, jos hänen ei samalla tarvitse opiskella hänelle uusien välineiden käyttöä.

Merkitys, arvot ja asenteet

Peruskoulun opetussuunnitelman tavoitteissa on selvästi luovuttu ajattelusta, että kemian opetuksen pääasiallinen tehtävä olisi valmistaa tulevaisuuden osaajia aloille, joilla hyödynnetään kemiaa. Vaikka kemian hyödyllisyys jatko-opinnoissa on mukana, tavoitteena on yhä selvemmin toiminnallinen yleissivistys kaikille oppilaille. Tämä edellyttää lähestymistapaa, jossa kemiaa ei tarkastella enää yksinomaan tieteellisen tiedon kokoelmana vaan osana yhteiskuntaa ja sen kehitystä (Vesterinen, Manassero-Mas, & Vázquez-Alonso, 2014). Keskeisinä tavoitteina opetussuunnitelman perusteissa nähdään esimerkiksi kestävämmän tulevaisuuden rakentaminen ja omien valintojen kestävyuden arvioiminen.

Vaikka opettaja kokisi toimivansa eräänlaisena kemian suurlähettiläänä, rakkaus opettettavaan aineeseen ei saisi johtaa siihen, että opettaja maalaa ylioptimistista kuvaa kemiasta ja kemianteollisuudesta. Tutkimus on osoittanut, että esimerkiksi oppikirjat antavat tieteen tekemisestä usein liian siloitellun kuvan (Vesterinen, Aksela & Lavonen, 2013). Vaikka kemia ja muut luonnontieteet ovat olleet keskeisessä asemassa ihmisten elinolojen parantamisessa, tieteen ja teknologian kehittyminen on tuonut mukanaan myös uudenlaisia ongelmia kuten ilmastonmuutos ja ympäristön kemiallistuminen. Näiden ongelmien tiedostaminen on osa toiminnallista yleissivistystä. Lisäksi halu olla mukana niitä ratkaisemassa voi tukea etenkin lahjakkaiden oppilaiden kiinnostusta luonnontieteisiin (ks. Vesterinen, Aksela & Rantaniitty, 2013; Vesterinen, Tolppanen & Aksela, 2016).

Tavoitteista toimintaan

Koska edellä mainitut osa-alueet ovat opetussuunnitelmien perusteissa jossain määrin uusia, vasta oppikirjat, ylioppilaskirjoitukset ja viime kädessä opettajien opetus- ja arviointikäytännöt näyttävät, millä tavalla nämä tavoitteet otetaan opetuksessa huomioon. Vaikka luonnontieteen luonteen ymmärrys on osa nykyisiä opetussuunnitelman perusteita, vaarana on, että aihealueet jäävät jatkossakin esimerkiksi arvioinnin ulkopuolella. Kemian ylioppilaskokeen sekä oppikirjojen tehtävät ovat aiemmin keskittyneet mittaamaan lähinnä oppilaan ymmärrystä kemian malleista ja teorioista sekä näihin liittyvää ongelmanratkaisua ja laskennallista osaamista. Onkin mielenkiintoista nähdä, missä määrin ja millaisia luonnontieteen luonteen ymmärrystä mittaavia tehtäviä tulee uuden opetussuunnitelman mukaisesti oppikirjoihin ja ylioppilaskokeisiin.

Uusien opetussuunnitelman perusteiden mukaisessa opetuksessa luonnontieteen luonteen ymmärryksen ei tulisi olla elämästä irrallista teoreettista tietoa, vaan sen pitäisi tukea kestävämmän tulevaisuuden rakentamista sekä omien valintojen kestävyuden arvioimista. Kestävämmän tulevaisuuden rakentamisen pohjalla on ongelmien tiedostaminen. Tiedon tulisi kuitenkin johtaa myös toimintaan. Tiedon ja ymmärryksen lisäämisen lisäksi oppilaita tulee kannustaa kestävä kehityksen tekoihin sekä yksilötasolla että yhteisöllisesti (Vesterinen et al., 2016). Kemiassa tulisi siksi käyttää mahdollisimman paljon toiminnallisia tehtäviä, joissa pyritään löytämään ratkaisuja arkipäivän ongelmiin sekä lähimmäisten tai lähiympäristön hyvinvoinnin parantamiseen. Esimerkiksi vaikkapa ruoka-aineiden elinkaareen liittyvissä projekteissa voidaan pyrkiä vaikuttamaan sekä kunkin oppilaan kulutustottumuksiin että koulu yhteisön toimintatapoihin.

Veli-Matti Vesterinen

FT, yliopistonlehtori

Oppimis- ja opetuslaboratorio, Kemian laitos, Turun yliopisto

veli-matti.vesterinen@utu.fi

Erityisosaaminen: luonnontieteen opetuksen ja opettajankoulutuksen kehittäminen, opetuksen tavoitteet, opetuksen suunnittelu, kestävän kehityksen kysymykset ja tiedeviestintä. Väitellyt Kemian opettajankoulutusyksiköstä vuonna 2012. Väitöskirjan aiheena oli luonnontieteen luonne kemian opetuksessa ja opettajankoulutuksessa.

Lähteet

- Erduran, S. & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2>
- Fooladi, E. (2013). Molecular gastronomy in science and cross-curricular education: The case of "Kitchen stories". *LUMAT*, 1(2), 159–172.
- Opetushallitus (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteet 2014*. Helsinki: Opetushallitus. <http://www.oph.fi/ops2016/perusteet>
- Opetushallitus (2015). *Lukio-opetuksen opetussuunnitelmien perusteet 2014*. Helsinki: Opetushallitus. <http://www.oph.fi/ops2016/perusteet>
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science education*, 88(4), 610–645. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.10128>
- Tala, S., & Vesterinen, V.-M. (2015). Nature of science contextualized: Studying nature of science with scientists. *Science & Education*, 24(4), 435–457. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-014-9738-2>
- Tolvanen, S., Jansson, J., Vesterinen, V.-M., & Aksela, M. (2014). How to use historical approach to teach nature of science in chemistry education?. *Science & Education*, 23(8), 1605–1636. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-013-9646-x>
- Vesterinen, V.-M. & Aksela, M. (2009). A novel course of chemistry as a scientific discipline: how do prospective teachers perceive nature of chemistry through visits to research groups? *Chemistry Education Research and Practice*, 10(2), 132–141. <http://dx.doi.org/10.1039/B908250F>
- Vesterinen, V. M., & Aksela, M. (2013). Design of chemistry teacher education course on nature of science. *Science & Education*, 22(9), 2193–2225. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-012-9506-0>
- Vesterinen, V.-M., Aksela, M. & Lavonen, J. (2013). Quantitative analysis of representations of nature of science in Nordic upper secondary school textbooks using framework of analysis based on philosophy of chemistry. *Science & Education*, 22(7), 1839–1855. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-011-9400-1>
- Vesterinen, V., Aksela, M., & Rantaniitty, T. (2013). Miksi kemiaa opiskellaan ja miksi ei? Perusteluita lukion syventävien kurssien valinnalle. *LUMAT*, 1(1), 43–54.
- Vesterinen, V.-M., Aksela, M. & Sundberg, M. R. (2009). Nature of Chemistry in the National Frame Curricula for Upper Secondary Education in Finland, Norway and Sweden. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 5(2), 200–212. Luettu osoitteesta: <http://www.journals.uio.no/index.php/nordina/article/view/351>
- Vesterinen, V.-M., Manassero-Mas, M.-A. & Vázquez-Alonso, Á. (2014). History, philosophy, and sociology of science and science-technology-society traditions in science education: Continuities and discontinuities. In M. R. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 1895–1925). Dordrecht: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_58
- Vesterinen, V.-M., Tolppanen, S. & Aksela, M. (2016). Toward citizenship science education: what students do to make the world a better place? *International Journal of Science Education*, 38(1), 30–50. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2015.1125035>