

SOLO-taksonomia avuksi kemian tutkimukselliseen opetukseen

Päivi Tomperi

Opettajien tutkimusperustainen ammatillinen kehittyminen on edellytys sille, että uusien valtakunnallisten opetussuunnitelmien perusteiden sisältämät uudistukset, kuten tutkimuksellisuus ja kestävä kehitys, tulevat kouluissa opetuksen käytäntöihin niiden hengen mukaisesti. Tässä artikkelissa käsitellään SOLO-taksonomiaa tutkimuksellisen kokeellisen oppimisen tukena kemian opetuksessa. Tutkimuksellisen lähestymistavan tarkasteleminen SOLO-taksonomian kautta tuottaa opettajille yhteistä käsitteistöä tiedon yhteisöllistä rakentelua varten. Artikkelin pohjautuu väitöskirjatutkimukseen, jossa tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen koulutusmallissa kokeellisten työohjeiden kehittäminen SOLO-taksonomian avulla edeltää käytännön vaihetta, jossa opettaja kokeilee ja testaa käytännössä uutta opetusmenetelmää. Tutkimusten mukaan vasta opettajan havainto siitä, että oppijat oppivat paremmin, johtaa käsitteelliseen muutokseen.

Luonnontieteiden luonne ja yleissivistys kemiassa näkyvät kemian opetussuunnitelmissa kemian kokeellisuutena ja opettajien vastuulle jää pohtia, kuinka kokeellisuus toteutetaan mielekkäästi kemian opetuksessa. Jotta opettajaa voisi koulutuksen avulla tukea luomaan nykyaikaisia oppimisympäristöjä kemiassa, pitää olla selvillä hänen henkilökohtaisista epistemologisista uskomuksistaan (Lotter, Harwood, & Bonner, 2007). SOLO-taksonomia (Biggs & Collis, 1982) (the Structure of the Observed Learning Outcome) on malli, joka auttaa kehittämään yhteistä ymmärrystä ja kieltä oppimiselle auttaen ymmärtämään oppimisprosessia.

Laboratoriotyöohjeen analysointi käyttäen SOLO-taksonomiaa voi paljastaa, tukeeko laboratorio-ohjeen mukainen toiminta vain pinnallista oppimista vai rohkaiseeko se syväoppimiseen, joka mahdollistaa oppijan korkeamman tason ajattelutaitojen kehittymisen. Korkeamman tason ajattelutaidoilla tarkoitetaan tavallisesti sellaisia taitoja kuin ongelmanratkaisu, päätöksen tekemisen ja kriittisen ajattelun taitoja (Zoller & Nahum, 2012). Kokeellisen työskentelyn tulee lähteä oppilaan sen hetkiseltä tasolta ja tukea siirtymistä kohti vaativamman tason työskentelyä, josta oppijoilla ei vielä ole kokemusta. Kokemuksen myötä oppijat saavat luottamusta omiin taitoihinsa työskennellä ongelmanratkaisun parissa. Paavolan, Lipposen ja Hakkaraisen (2004) mukaan on tärkeää, että oppijoille kehittyy koulussa sellainen identiteetti, jossa he ovat sekä tiedon kuluttajia että tiedon luoja. Oppimisen tehokkuuden näkökulmasta kokeellinen työ pitäisi suunnitella niin, että oppijoiden on helppo rakentaa yhteyksiä havaintojen ja ideoiden välillä kokeellisen työskentelyn aikana eikä vasta sen jälkeen (Abrahams & Millar, 2008).

Tutkimuksellisella lähestymistavalla opetuksessa tarkoitetaan aktiivista oppimisprosessia, jossa oppilaat etsivät ratkaisuja tutkimuskysymykseen analysoimalla dataa (esim. Bell, Smetana, & Binns, 2005). Monet oppijat tarvitsevat apua tutkimuksellisuuden eri vaiheissa, kuten tutkimuskysymysten kehittämisessä, datan keräysmenetelmien suunnittelussa ja tutkimuskysymyksiin vastaamisessa. Kaikki opettajat eivät kuitenkaan ole kovin innostuneita kokeellisuudesta lukiossa, koska heidän mielestään se vie paljon aikaa eikä siihen liittyvää osaamista juuri testata ylioppilaskirjoituksissa (Tom-

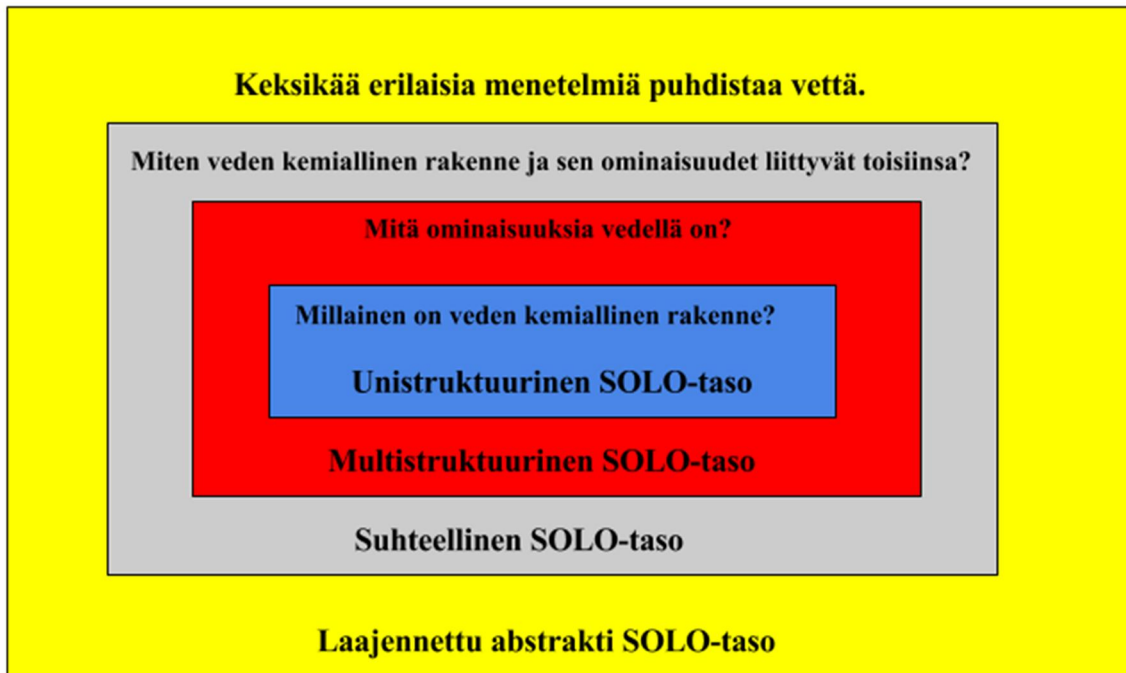
peri, 2015). Laboratoriotyöskentelyä voidaan suunnitella toteutettavaksi eri tutkimuksellisuuden tasoilla riippuen käytettävissä olevista resursseista ja opiskelijoiden taidoista. On tärkeää, että opettaja tunnistaa tehtävänannon tutkimuksellisuuden tason ja tarjoaa oppilaille sellaisia tehtäviä, jotka ovat yhdensuuntaisia oppimistavoitteiden kanssa. Tutkimuksellisuuden taso riippuu siitä, kuka on vastuussa eri toiminnoista Taulukon 1 (Schwab, 1962; Abrams, Southerland, & Evans, 2007) mukaisesti.

Taulukko 1. Tutkimuksellisuuden tasot (Schwab, 1962; Abrams et al., 2007)

Tutkimuksellisuuden tasot	Tutkimuskysymys	Tiedon keräysmenetelmä	Tulosten tulkitseminen
0: Verifioiva (todentava)	Opettaja antaa	Opettaja antaa	Opettaja antaa
1: Strukturoitu (jäsenely)	Opettaja antaa	Opettaja antaa	Oppijan vastuulla
2: Ohjattu	Opettaja antaa	Oppijan vastuulla	Oppijan vastuulla
3: Avoin	Oppijan vastuulla	Oppijan vastuulla	Oppijan vastuulla

Kuinka voidaan yhdistää tutkimuksellisuuden tasot eri SOLO-tasojen kanssa? SOLO-taksonomia voidaan käyttää oppimisen laadun määrittämiseen objektiivisella ja järjestelmällisellä tavalla, sillä se kuvaa viittä oppimisen tasoa, jotka eroavat toisistaan sen suhteen, mitä vaatimuksia niiden tuottamisen voidaan arvioida asettaneen oppijan ajattelutaidoille. SOLO-tasot muodostavat jatkumon pintaoppimisesta syväoppimiseen. (Biggs & Collis, 1982) (Kuva 1).

Oppimista voidaan kuvata viidellä hierarkkisella tasolla, joissa kussakin lähtötilanne on edellisellä SOLO-tasolla saavutettu osaamistaso: Kunkin tason osaaminen siirtyy seuraavalle tasojen järjestyksessä. Ylin laajennettu abstrakti taso sisältää siis kaikki neljä edeltävää SOLO-tasoa. Kuvassa 1 on eri SOLO-tasoille sijoitettavia veteen liittyviä tutkimuskysymyksiä havainnollistettu sisäkkäisten suorakulmioiden avulla.



Kuva 1. Kysymysten vaikeusaste kasvaa siirryttäessä SOLO-tasojen välillä. Ylin laajennettu abstrakti taso (keltainen) sisältää muut SOLO-tasot.

Kolme ensimmäistä SOLO-tasoa ovat määrällisiä ja ne kuvaavat tiedon määrän kasvua oppimisen eri vaiheissa. Näillä tasoilla olevat työhöjeet eivät yleensä ole vielä tutkimuksellisia vaan verifioivia, joissa numeroitujen työvaiheiden jälkeen oppijat saavat tuotettua jonkun mittaustuloksen tai todennettua jonkin käsitteen, jota on jo käsitelty oppitunnilla aikaisemmin. Tosin tyypillisesti tällaisissa työhöjeissa tulosten tulkitseminen jää oppijoille, jolloin ne edustavat jo ensimmäisen tason tutkimuksellisuutta (Tomperi & Aksela, 2009).

Kolme ensimmäistä tasoa tarvitaan tilanteissa, joissa oppijoilla ei ole lainkaan aikaisempaa tietoa käsiteltävästä aiheesta tai tutkimusmenetelmästä (prestruktuurinen SOLO-taso), tai heillä on yksi (unistruktuurinen SOLO-taso) tai monia (multistruktuurinen SOLO-taso) relevantteja tietoja aiheesta, jotka eivät vielä muodosta koherenttia rakennetta vaan jäävät yksittäisiksi seikoiksi aiheesta.

Neljäs SOLO-taso ei enää ole määrällinen vaan laadullinen, jossa asioiden väliset suhteet alkavat hahmottua muodostaen rakenteen. Sitä kutsutaan suhteelliseksi SOLO-tasoksi ja se vastaa tutkimuksellista lähestymistapaa joko ensimmäisellä tasolla (strukturoidu), jossa oppijat tutkivat annettua tutkimustehtävää käyttäen ennalta määrättyä tutkimusmenetelmää tai toisella tasolla (ohjattu), jossa oppijat suunnittelevat opettajan antamaan tutkimustehtävään itse menetelmän ja tulkitsevat tulokset. Suhteellisella tasolla oppijat päättelivät käytettävissä olevan tiedon pohjalta tuloksia induktiivisesti.

Korkein SOLO-taso, laajennettu abstrakti, vastaa avointa tutkimuksellisuutta, jossa oppijat tutkivat annettuun aiheeseen liittyviä ongelmia, jotka he itse muotoilevat tutkimuskysymyksiksi ja tutkivat erilaisia ratkaisumahdollisuuksia itse valitsemallaan tai suunnittelemallaan menetelmällä. Avoin tutkimuksellisuus on kaikkein vaativin tehtävätyyppi ja opettajien mukaan se on toteutettavissa vain erillisellä laboratorioskurssilla (Tomperi, 2015). Laajennetulla abstraktilla tasolla oppijat yleistävät abstraktin käsitteen tai idean toiseen kontekstiin oman kokemusalueensa ulkopuolelle deduktiivisesti.

Suhteellisella tasolla tarvittava tieto löytyy yleensä oppikirjoista ja opettajan antamasta kurssimateriaalista, kun taas laajennetulla abstraktilla tasolla tarvitaan lisäksi tietoa ulkopuolisista lähteistä. (Biggs & Collis, 1982; Biggs & Tang, 2007)

Biggs ja Tang (2007) laativat luettelon verbeistä, jotka helpottavat oppimistehtävän suunnittelua ja laatimista tietyllä SOLO-tasolle: Heidän mukaansa verbit eivät ole yksikäsitteisiä, koska osa niistä kuuluu useammalle kuin yhdelle SOLO-tasolle kontekstista riippuen. Esimerkiksi "asian ilmaiseminen omin sanoin" ('paraphrase') on multistruktuurilla tasolla, kun oppijat korvaavat tekstistä samaa merkitseviä ilmauksia toisilla, ja suhteellisella tasolla, kun koko tekstin merkitys pohditaan uudestaan ja sen seurauksena teksti kirjoitetaan kokonaan uudelleen. (Biggs & Tang, 2007)

Tutkimuksellisen kokeellisuuden edistämiseksi lukion kemiassa opettajille esiteltiin koulutuksessa SOLO-taksonomia työkaluksi, jonka avulla voi arvioida laadullisesti heidän valitsemiaan kokeellisia työhjeita. Tutkimusperustaisen koulutuksen tavoitteena oli laajentaa opettajan roolia tiedonjakajasta oppijaksi ja oman työn tutkijaksi (Tomperi & Aksela, 2014). Opettajat muokkaavat olemassa olevia työhjeita ongelmanratkaisutehtäviksi SOLO-taksonomian avulla oppimistavoitteiden mukaisesti luoden oppijoille tilaisuuksia kehittää korkeamman tason ajattelutaitoja. Opetusmateriaalin kehittäminen ja vuorovaikutukseen perustuva ideoiden jakaminen yhdistyneenä tuotetun materiaalin kokeilemiseen käytännön opetuksessa johti opettajien pedagogisen sisältötiedon lisääntymiseen koulutuksen jälkeen toteutetun haastattelututkimuksen perusteella (Coenders & Terlow, 2015).

Taulukko 2. Hyödyllisiä verbejä eri SOLO-tasoille (Biggs & Tang, 2007).

SOLO-taso	Esimerkkejä verbeistä
Unistruktuurinen (yksirakenteinen)	Painaa/palauttaa mieleen, tunnistaa, laskea, määrittää, identifioida, nimetä, huomata, löytää, merkitä, lainata, toistaa, järjestää, kertoa, kirjoittaa, imitoida
Multistruktuurinen (monirakenteinen)	Kuvailla, luetella, luokitella, raportoida, keskustella, valaista esimerkein, valita, kuvata, arvioida, järjestää peräkkäin, erottaa, kertoa omin sanoin
Suhteellinen	Soveltaa, analysoida, vertailla, asettaa vastakkain, päätellä, eritellä, tehdä yhteenvedo/katsaus, todistella, organisoida, konstruoida, väitellä, ennustaa
Laajennettu abstrakti	Teoretisoida, tehdä hypoteesi, yleistää, reflektoida, todistaa/ratkaista sääntöjen perusteella, luoda, keksiä, kehittää

Tietoa opettajien ammatillisesta kehittymisestä SOLO-taksonomian avulla saatiin kahdeksanosaisessa kehittämistutkimuksessa (Edelson, 2002), jossa havainnointiin, kyselyihin ja haastatteluihin käytettiin laadullista tutkimusotetta. Dataa analysoitiin sisälönanalyysin keinoin (esim. Tuomi & Sarajarvi, 2009). Tutkimustulosten perusteella opettajat tarvitsevat ajallisesti erikestoista koulutusta. Jos opettajan oppimisenäkemyks on linjassa tutkimuksellisuuden kanssa, opettaja voi alkaa kokeilla tutkimuksellista lähestymistapaa jo yhden lukukauden kestävän koulutuksen aikana. SOLO-taksonomia tuki opettajien ammatillista kehittymistä monin tavoin: Se toimi työkaluna työhjeiden suunnittelussa ja modifioinnissa, motivoi opettajia kehittämään omia käytäntöjään, li-

säsi opettajan omistajuutta laatimiinsa uudenlaisiin työhjeisiin, tuki opettajan ymmärrystä tutkimuksellisesta kokeellisuudesta ja toimi mallina korkeamman tason ajattelutaidoille. (Tomperi, 2015)

SOLO-taksonomia ei kerro, kuinka opetusta tulisi toteuttaa. Konstruktivistisen oppimismallin mukaan opettajat toimivat mahdollistajina ja resursseina vastaten opiskelijoiden kysymyksiin uusilla kysymyksillä ja ohjaten heitä etsimään tietoa eri lähteistä ja muilta oppijoilta (Blanchard et al., 2010). Oppikirjojen tiedetään suuntaavan opiskelijan toimintaa ja oppimista. Tutkimme kaikkien markkinoilla olevien lukion kemian pakollisen kurssin laboratoriotöiden työhjeita ja totesimme, että suuri osa niistä oli verifioivaa kokeellisuutta (Tomperi & Aksela, 2009). Opiskelijat usein tekevät kokeellisuutta pienissä ryhmissä ja hyvät työhjeet tukevat kollaboratiivista työskentelyä. Jos opiskelijat jakavat tehtävän erillisiin osiin ja kukin ryhmän jäsen tekee oman osansa yksin, niin heille ei synny kokonaiskuvaa tehtävästä vaan se jää irrallisiksi työvaiheiksi. Konstruktivismin mukaan yksilö rakentaa tietoaan aktiivisen ajattelun kautta ja sosiaalinen vuorovaikutus on välttämätöntä jaetun merkityksen luomisessa. Laboratorioityön ei pitäisi olla tavoite itsessään vaan oppimiskokemus, joka tarjoaa välineitä aktiivista ajattelutoimintaa varten (Bybee, 2006).

Päivi Tomperi

FL (fysikaalinen kemia; kemian ja matematiikan aineenopettaja)

FT (kemian opetuksen tutkimus)

phtomper@gmail.com

Erityisosaaminen: tutkimuksellinen kokeellisuus, kemian opettajien ammatillisen kehittymisen tutkimusperustainen tutkiminen, induktiivaiheen koulutuksen kehittäminen ja SOLO-taksonomia opetuksessa. Väitellyt Kemian opettajakoulutusyksiköstä vuonna 2015. Väitöskirjan aiheena oli LUMA-koulutuksen tutkimusperustainen kehittäminen.

Lähteet

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. (2007). Inquiry in the classroom: Identifying necessary components of a useful definition. Teoksessa E. Abrams, S. Southerland, & P. Silva (Toim.), *Inquiry in the science classroom: Challenges and Opportunities*. Charlotte, North Carolina: Information age publishing, 11-42.
- Bell, R.L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. Assessing the inquiry level of classroom activities. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Biggs, J.B. & Collins, K.F. (1982) *Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy*. Academic Press: New York.
- Biggs, J.B., & Tang, C. (2007). Teaching for quality learning at university: What the student does. Maidenhead: McCraw-Hill/*Society for research into higher education*, 3rd Edit.
- Blanchard, M.R., Southerland, S.A., Osborne, J.W., Sampson, W.D., Annetta, L.A., & Granger, E.M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? : A Quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94, 577-616.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Scientific teaching. Teoksessa L.B. Flick, & N.G. Lederman (Toim.) *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Springer, 1-14.
- Coenders, F., & Terlouw, C. (2015). A model for in-service teacher learning in the context of an innovation. *Journal of Science Teacher Education*, 26(5), 451-470.
- Edelson, D. (2002). Design research: What we learn when we engage in design? *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105 – 121.

- Lotter, C., Harwood, W.S., & Bonner, J.J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(9), 1318-1347.
- Paavola, S., Lipponen, L., & Hakkarainen, K. (2004). Models of innovative knowledge communities and three metaphors for learning. Review of *Educational Research*, 74(4), 557-576.
- Schwab, J.J. (1962). The teaching of science as enquiry. Teoksessa J.J. Schwab, & P.F. Brandwein (toim.) *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1-103.
- Tomperi, P. (2015). *Kehittämistutkimus: Opettajan ammatillisen kehittymisen tutkimusperustainen tueminen käyttäen SOLO-taksonomiaa – esimerkkinä tutkimuksellinen kokeellinen kemian opetus* (Väitöskirja). Luettu osoitteesta: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/158059>
- Tomperi, P. & Aksela, M. (2014). In-service teacher training project on inquiry-based practical chemistry. *LUMAT*, 2(2), 215-226.
- Tomperi, P. & Aksela, M. (2012). *Promoting inquiry-based practical chemistry using SOLO taxonomy*, Proceedings ICCE-ECRICE, CnS-La Chimica nella Scuola, XXXIV-3, 388-392.
- Tomperi, P. & Aksela, M. (2011). Opettajien kokeellisten laboratoriotöiden valinnat. Kirjassa M. Aksela, J. Pernaa, & M. Happonen (Toim.) *Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää* (s. 84-95). VI Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumikirja. <http://www.helsinki.fi/kemma/data/kop-2011.pdf>
- Tomperi, P. & Aksela, M. (2009). Lukion kemian pakollisen kurssin oppikirjojen laboratoriotöiden analysointi käyttäen SOLO-taksonomiaa; teoksessa M. Aksela & J. Pernaa (Toim.) *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin* (s. 152 - 159). IV Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumikirja. <http://www.helsinki.fi/kemma/data/kop-2009.pdf>
- Tomperi, P. & Aksela, M. (2008). Tutkimuksellinen kemian kokeellinen oppiminen lukiossa. Kirjassa J. Väliisaari & J. Lundell (Toim.) *Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmakeskeistä oppimista* (s.113 – 118). Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen tutkimusraportti No.129. https://www.jyu.fi/kemia/tutkimus/opettajankoulutus/kop2008/artikkeli_15
- Tuomi, L., & Sarajarvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. 5. painos. Helsinki:Tammi.
- Zoller, U., & Nahum, T.L. (2012). From teaching to KNOW to learning to THINK in science education. Teoksessa B.J.Fraser, K.G.Tobin, & C.J. McRobbie (toim.) *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Springer Netherlands, 189-207.