

Molekyylimallinnuksen mentoreita kemian opetuksen ja oppimisen tueksi

Maija Aksela¹, Jan Lundell² & Johannes Perna¹

¹ Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

² Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto

Tässä artikkelissa esitellään tapaustutkimus valtakunnallisten Kemian opetuksen päivien 2008 yhteydessä alkaneesta kolmivuotisesta Molekyylimallinnus kouluopetuksessa -hankkeesta. Tutkimuksessa kartoitettiin 21 kurssilaisen lähtötilannetta, tarpeita ja toiveita uudentyyppiselle mentorikoulutukselle. Tutkimus osoittaa, että kemian opettajat toivovat saavansa koulutusta ja tukea teknisen osaamisen ohella erityisesti pedagogisessa soveltamisessa: tietokoneavusteisen molekyylimallinnuksen sopivuudesta opetussuunnitelman perusteiden mukaisten kemian sisältöjen havainnollistamiseen sekä oppilaiden kemian ymmärtämistä tukevista työtavoista.

1. Taustaa

Opettajien elinikäisen oppimisen tukeminen on opettajankoulutuksessa ajankohtainen haaste (esim. Euroopan komissio, 2008; Euroopan komissio, 2007; Opetusministeriö, 2004). Opettajien — elinikäisinä oppijoina ja työnsä jatkuvina kehittäjinä — tulee saada tukea ammatilliseen kehittämiseensä koko uransa ajan. Melkein kaikissa OECD-maissa on raportoitu puutteita opettajien opetustaidoissa ja vaikeuksia opettajien taitojen päivittämisessä, erityisesti uusissa asioissa, kuten tieto - ja viestintäteknikan (TVT) käytössä (esim. Meisalo ym., 2007; OECD, 2005). Opettajien täydennyskoulutus tulee olla systemaattista parhaan opetuksen laadun takaamiseksi. Sen kehittämiseksi tarvitaan uudentyyppisiä toteutustapoja ja myös alan tutkimusta. Aikaisemman tutkimuksen mukaan opettajien täydennyskoulutuksella on oppilaan saavutuksiin selvä yhteys (esim. Angrist & Lavy, 2001) ja opettajien osaaminen korreloi merkittävästi oppilaan osaamisen kanssa (esim. Darling Hammond ym., 2005).

Täydennyskoulutuksen tulee perustua erityisesti koulun ja opettajien tarpeisiin (Opetushallitus, 2005). Alueellista ja koulukohtaista koulutusta tulee tukea ja ohjata. Valtioneuvoston mukaan tieto - ja viestintäteknikan koulutuksessa tulee kiinnittää erityinen huomio opettajien osaamiseen ja toimintaedellytysten konkreettiseen tukemiseen (Valtioneuvoston kanslia, 2007). Tieto- ja viestintäteknikkaan liittyvän koulutuksen tavoitteena tulee olla, että TVT on luonteva työväline opetuksessa ja oppimisessa.

Tietokoneiden käyttö kemian opetuksessa on ollut yksi kemian opettajien eniten toivoma koulutusaihealue noin kymmenen vuoden ajan (Aksela & Karjalainen, 2008; Aksela & Juvonen, 1999). Erityisesti tämän hankkeen aihe — tietokoneavusteinen molekyylimallinnus — on suhteellisen uusi asia opettajille sekä myös maailmanlaajuisesti. Siihen on Suomessa sekä kemian kouluopetuksessa että opettajankoulutuksessa perehdytty 2000 -luvun alkuvuosista lähtien (esim. Aksela & Lahtela-Kakkonen, 2001; Lundell & Aksela, 2003; Lundell & Aksela, 2004). Uusien tutkimusten mukaan opettajat tarvitsevat aiheesta monipuolista tukea ja koulutusta eri puolille Suomea (Aksela & Karjalainen, 2008; Aksela & Lundell, 2007). Kemian opetuksen tueksi tarvitaan erityisesti suomenkielistä materiaalia ja tukiverkosto (ks. Aksela & Lundell, 2007).

Mentorointi on yksi mahdollisuus tukea uuden asian opiskelua (esim. Heikkinen & Huttunen, 2008; Maynard & Furlong, 1993). Mentoroinnilla tarkoitetaan yleensä opettajien oppimista toisilta opettajilta. Kysymyksessä on vuorovaikutussuhde, jossa sekä mentoroitavat että mentorit antavat ja saavat. Erityisesti vertaismentorointia käyttäen opettajien uusien näkökulmien määrän on todettu lisääntyvän. Opettajan tulee itse kokea uuden asian hyöty työssään, jotta hän voi edelleen välittää tietämystään sekä tukea ja ohjata oppilaitaan siihen (esim. Bitner & Bitner, 2002).

2. Hankkeen tavoite ja toteutus

Tietokoneavusteinen molekyylihallinnus kouluopetuksessa –hankkeen päätavoitteena on vakiinnuttaa molekyylihallinnus osaksi Suomen kouluopetusta:

- kouluttamalla molekyylihallinnuksen mentoreita kemian aineenopettajista eri puolille Suomea: mentorien tehtävänä on toimia jatkossa oman alueensa opettajien kouluttajina ja tukihenkilöinä,
- luomalla kansallinen yhteistyö – ja tukiverkosto molekyylihallinnuksen opetuksen tueksi,
- tuottamalla materiaalia opettamisen tueksi eri kouluasteille yhteistyössä opettajien kanssa: hankkeen lopuksi julkaistaan suomenkielinen molekyylihallinnuksen harjoitus- ja käsikirja kemian opettajien ja opettajankoulutuksen käyttöön,
- tekemällä tutkimusta molekyylihallinnuksen vaikuttavuudesta kemian opetukseen ja oppimiseen: opetuksen kehittämisen tulee olla tutkimuspohjaista.

Hanke on kolmivuotinen ja sitä on vuonna 2008 rahoittanut Suomen Kulttuurirahasto. Hanke on yhteistyöhanke Helsingin yliopiston kemian laitoksella toimivan valtakunnallisen kemian opetuksen keskuksen ja Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen välillä. Kemian opetuksen keskus koordinoi hanketta. Mentorien koulutusta järjestetään pääasiassa Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen kemian laitoksilla. Koulutukseen osallistuvat valittiin avoimen haun perusteella ja mentoreiksi toivottiin erityisesti molekyylihallinnuksen täydennyskoulutuskurssiin Helsingissä kesällä 2005 tai 2006 osallistuneita kemian opettajia.

Hankkeessa järjestetään vuosittain kolme yksittäistä koulutustapahtumaa tasaisesti koko kalenterivuoden aikana. Hankkeen käynnistysseminaari oli valtakunnallisten kemian opetuksen päivien yhteydessä toukokuussa 2008 Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella. Ensimmäisen kerran tapaamisen tarkoituksena oli mentorikoulutuksen osallistuvien tutustuminen koulutuksen sovellusalueeseen ja muihin kurssilaisiin sekä yhteistoiminnallinen koulutuksen sisällön ja aikataulujen suunnittelu.

Koulutus käsittelee molekyylihallinnuksen teknisen ja pedagogisen aineenhallinnan koulutusta sekä kouluopetukseen soveltuviin opetusmateriaalien kehittämistä. Opettajat testaavat koulutuksessa saamiaan ideoita kouluissa lähitapaamisten välillä. Opetuskokemukset, materiaalit ja arkipäivän huomioidaan koulutuksen lähijaksoilla kaikkien osallistujien kesken. Raportit kokeiluista kerätään yhteiselle oppimisalustalle kaikkien käyttöön ja hankkeen lopussa kaikki saavutetut tulokset julkaistaan osana molekyylihallinnuksen opetuskäytön harjoitus- ja käsikirjana.

Tutkimus liittyy hankkeeseen sen joka vaiheessa: tutkimuksen kohteena ovat koulutukseen osallistuvien opettajien taitojen kehittyminen, molekyylihallinnuksen vaikutus heidän oppilaidensa opiskelumuotivaatioon ja aineenosaamiseen sekä yleisemmällä tasolla molekyylihallinnuksen pedagogisen opetusikäytön sovellusten hyödyt ja esteet.

3. Tutkimus

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan koulutukseen valittujen opettajien osaamisen lähtötilannetta, tarpeita ja toivomuksia laadukkaana koulutuksen kehittämisen tueksi. Päättökysymyksenä on, minkälaista koulutusta mentorikoulutuksessa tarvitaan. Tätä kysymystä on tässä yhteydessä lähestytty kartoittamalla koulutukseen osallistuneiden opettajien osaamista, taustoja ja käsityksiä osaamisen kehittämiskohteista. Näiden tietojen ja opettajien toiveiden perusteella kehitetään mentorikoulutuksen sisältöjä ja tehdään valintoja koulutukseen liitettävistä asiakokonaisuuksista.

Tämä tutkimus on tapaustutkimus (Yin, 2002). Aineiston hankinnassa käytettiin kysymyslomaketta. Pyyntö vastata verkkopohjaiseen kysymyslomakkeeseen lähetettiin sähköpostitse koulutukseen valituille opettajille. Kysymyslomake on toistaiseksi nähtävissä verkko-osoitteessa <https://elomake.helsinki.fi/lomakkeet/10761/lomake.html>. Kysymyslomake sisälsi kuusi

taustakysymystä ja 14 sisältökysymystä. Kymmenen sisältökysymystä edustivat avoimia kysymyksiä ja loput olivat monivalintakysymyksiä. Kysymyslomakkeen kysymykset laadittiin aikaisemman tutkimustiedon (Aksela & Lundell, 2007) pohjalta.

Kysymyslomakkeen avoimien vastausten luokittelussa käytettiin aineistolähtöistä sisällönanalyysia (Tuomi & Sarajärvi, 2006). Vastauksista muodostettiin luokat ja niistä yläluokat. Osasta vastauksia laskettiin myös frekvenssit. Tulosten luotettavuutta lisättiin käsittelemällä luokat yhteisesti. Suljetuista kysymyksistä laskettiin frekvenssit ja keskiarvot.

3.1 Kohderyhmä

Hankkeeseen ilmoittautui 21 opettajaa, joista 18 vastasi alkukyselyyn. Alkukyselyyn vastanneiden joukko koostuu neljästä miehestä ja 14 naisesta. Hankkeeseen ilmoittautuneet opettajat ovat pääosin pitkän opetuskokemuksen omaavia lukiossa työskenteleviä opettajia, joilla on kemian opintoja suoritettuna laudaturin oppimäärä (ks. taulukko 1). Kemian lisäksi vastaajat opettavat toisena ja kolmantena aineenaan matematiikkaa, fysiikkaa ja tietotekniikkaa.

Taulukko 1. Opettajien tausta, (N=18).*

Opetuskokemus vuosina	1-5	5-10	11-15	16-20	Yli 20
	1	2	2	5	8
Opetusaste	Peruskoulu	Lukio		Peruskoulu ja Lukio	
	3	11		4	
Suoritettut opinnot	Cum laude approbatur	Laudatur		Jatko-opintoja	
	2	15		1	
Muut opetettavat aineet	Matematiikka	Fysiikka		Tietotekniikka	
	14	9		1	

* Taulukossa esiintyvät luvut ovat frekvenssejä.

Ennen hankkeen alkamista 67 % vastaajista oli osallistunut molekyylihallinnuskoulutukseen. Vastanneista opettajista kymmenen oli osallistunut LUMA-keskuksen ja MAOL ry:n yhteistyönä järjestetyille kolmen päivän alkeiskursseille vuosina 2004-2006. Alkeiskurssin suorittaneista kolme osallistui myös LUMA-keskuksen työpajaan syksyllä 2007. Vastaajista kolme oli suorittanut molekyylihallinnuskurssin yliopistossa ja yksi on saanut molekyylihallinnuskoulutusta myös Opekon järjestämällä kurssilla. Vastaajista kuusi ei ollut osallistunut aikaisemmin osallistunut molekyylihallinnuskoulutukseen.

4. Tulokset

4.1 Molekyylihallinnuksen käyttö kemian opetuksessa

Opettajat ilmoittivat käyttäneensä molekyylihallinnusta kemian opetuksessaan suhteellisen vähän ennen nyt alkanutta koulutusta. 72 % heistä oli käyttänyt molekyylihallinnusta alle kuusi kertaa tai ei ollenkaan. Kolme opettajaa (16 %) oli hyödyntänyt molekyylihallinnusta kemian opetuksensa tukena usein (7-15 kertaa). Yksi opettaja ilmoitti käyttäneensä molekyylihallinnusta opetuksessa (yli 15 kertaa) ja yksi sanoi käyttävänsä sitä jatkuvasti.

Opettajat pitivät molekyylihallinnusta nykyaikaisena kemian tutkimusmenetelmänä ja opetustyökaluna, joka helpottaa kemian ilmiöiden havainnollistamista, herättää mielenkiintoa ja

motivoi opiskelijoita, monipuolistaa opetusta, tuo tietotekniikan luonnollisesti mukaan kemian opetukseen sekä auttaa opettajaa luomaan toiminnallisen oppimisympäristön (ks. taulukko 2). Vähäisen tähänastisen käytön syiksi opettajat mainitsivat mm. tiedon puutteen ja kiireen, jonka vuoksi molekyyylimallinnukseen ei ole ollut aikaa perehtyä eikä koulutuksiin osallistua. Myös ohjelmien puute koettiin käyttöä vähentäväksi tekijäksi.

Taulukko 2. Molekyyylimallinnuksen käyttöä kannustavat ja vähentävät syyt, (N=16).

Käyttöä kannustavat syyt	Frekvenssi
Kemian ilmiöiden havainnollistaminen	8
Opiskelijoiden motivointi ja kiinnostuksen herättäminen	3
Opetuksen monipuolistaminen	3
Nykyaikaisuus ja tietotekniikan tuonti kemian opetukseen	1
Toiminnallisuus	1
Käyttöä vähentävät syyt	-
Tiedon puute	5
Kiire ja ajan puute	2
Ohjelmien puute	2

Hankkeen alkukyselyyn vastanneiden opettajien mielestä molekyyylimallinnus soveltuu parhaiten orgaanisen kemian molekyylien opettamiseen ja mikromaailman asioiden havainnollistamiseen. Kemian aiheisiin lajiteltuna molekyyylimallinnusta oli käytetty eniten molekyylien avaruudellisen rakenteen havainnollistamiseen (ks. taulukko 3). Lisäksi molekyyylimallinnusta oli käytetty apuna isomerian, elektronitiheyden, orbitaalien, IR-spektroskopian ja sidosten opettamisessa. Opettajat eivät ilmoittaneet käyttäneensä sitä energian, kemiallisen reaktion ja muiden spektroskooppisten menetelmien opettamiseen.

Taulukko 3. Molekyyylimallinnuksessa esiintyneet kemian aiheet.

Kemian aihe	Frekvenssi
Molekyylien avaruudellinen rakenne	15
Isomeria	7
Elektronitiheys	7
Atomi- ja molekyyliorbitaalit	5
IR-spektroskopia	4
Heikot sidokset	4
Vahvat sidokset	2
Energia ja sen muutokset kemiallisissa prosesseissa	0
Kemiallinen reaktio	0
Muut spektroskooppiset menetelmät	0

Tässä tutkimuksessa esiintyvät aihealueet ovat hyvin samanlaisia kuin valtakunnallisessa molekyylihallinnuksen opetuskäytössä esiin tulleet aihealueet (Aksela & Lundell, 2007), jota selittänee osaltaan saman vastaajaryhmien päällekkäisyyksillä. Energian ja sen muutosten mallintamisen vähyys selittynee mallinnuksen työmäärän kasvulla energiaominaisuuksia mallinnettaessa, erityisesti tarkasteltaessa kemiallisen reaktion vaiheita tai molekulaaristen rakenteiden energiaeroja. Nämä monivaiheiset mallinnustehtävät vaativat enemmän aikaa ja opettajilta enemmän osaamista ja ohjelman käyttövarmuutta. Taulukossa 3 eniten esiintyvät aiheet taas ovat helposti toteutettavissa olevia, ”yksivaiheisia” mallinnustehtäviä.

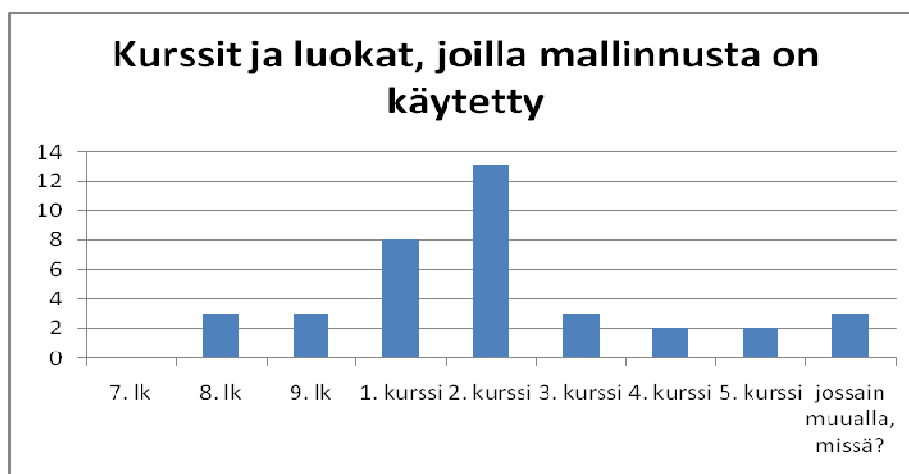
Molekyylihallinnuksen käyttö keskittyy opettajien opetuksessa tämän kyselyn tulosten mukaan molekyylien rakentamiseen, esittelemiseen ja ominaisuuksien tutkimiseen (ks. taulukko 4). Käytetyimmät työtavat olivat demonstraatio ja verkkopohjainen itsenäinen tai ohjattu työskentely. Osa kyselyyn vastanneista opettajista kertoi myös käyttäneensä molekyylihallinnusta toiminnallisuuden lisäämiseen parityöskentelyn muodossa.

Taulukko 4. Molekyylihallinnuksen käyttötavat

Käyttöaihe	Kuvaus
Molekyylien rakentaminen	<ul style="list-style-type: none"> • Opettajan demonstraatio, jonka jälkeen oppilaat pääsevät itse kokeilemaan mallinnusta pareittain • ”perusmolekyylien rakenteluun - oppilaat työskentelevät pareittain”
Molekyylien esittely	<ul style="list-style-type: none"> • ”Orgaanisen kemian perusmolekyylien opiskelu rakennussarjan ja web-sivuston avulla” • Yksinkertaisien molekyylien piirtoa ja katselua eri muodoissa sekä muovimallien rakentelua
Molekyylien ominaisuuksien tutkiminen	<ul style="list-style-type: none"> • Valmiit tutorials-tiedostot, joiden avulla havainnollistan esim. vetysidoksia, sidosten pituuksia ja sidoskulmia • ”Parityöskentely, jossa oppilaat selvittävät molekyylien muotoja ja poolisuutta.” • ”Lähinnä olen näyttänyt itse molekyylien luomista sekä niihin liittyviä varauksia ja molekyylien välisiä vuorovaikutuksia. Joskus olen näyttänyt spektrejä ja niihin liittyviä värähtelyjä.”

4.2 Molekyylihallinnuksen käyttö eri luokilla ja kursseilla

Opettajat olivat käyttäneet molekyylihallinnusta eniten lukion 1. ja 2. kursseilla. Lukion ensimmäinen kurssi on pakollinen kaikille opiskelijoille. Lukion syventävien kurssien lisäksi, molekyylihallinnusta oli käytetty myös kertauskurssilla ja työkurssilla. Perusopetuksen puolella opettajat olivat käyttäneet molekyylihallinnusta jonkin verran 8. ja 9. luokilla, mutta yksikään opettaja vastaajien joukossa ei ollut käyttänyt molekyylihallinnusta seitsemännen luokan kemian opetuksessa. Opettajien molekyylihallinnuksen käyttöä eri koulukursseilla havainnollistaa seuraava kuva.



4.3 Molekyylimallinnuksen hyödyllisyys kemian opetuksessa

Opettajien käsityksiä molekyylimallinnuksen hyödyistä kemian opetuksessa kartoitettiin taulukossa 8 esiteltyjen väittämien avulla (ks. taulukko 5). Tutkimuksessa käytettiin Likert –asteikkoa välillä 1-5, jossa vaihtoehto 5 oli ”erittäin paljon” ja vaihtoehto 1 oli ”tosi vähän”. Opettajille annettiin myös mahdollisuus valita asteikon ulkopuolelta vaihtoehto 0-”en osaa sanoa”. Näitä ”en osaa sanoa” vaihtoehdon valinnoita ei ole huomioitu keskiarvoja laskettaessa.

Vastausten perusteella opettajien käsitykset molekyylimallinnuksen hyödyllisyydestä kemian opetuksessa vaihtelivat. Monen opettajan mielestä molekyylimallinnus tukee oppilaiden käsitteiden oppimista ja vaikeiden käsitteiden havainnoimista sekä kehittää oppilaiden visualisointi taitoja (vähintään 3 Likert –asteikolla). Opettajien mielestä molekyylimallinnus kehittää myös oppilaiden tutkimistaitoja, mutta 46 % mielestä sen vaikutus tutkimistaitoihin kehittymiseen on pieni. Opettajista 75 % sanoo molekyylimallinnuksen kehittävän oppilaiden luovuutta ja 53 % mielestä molekyylimallinnus saa oppilaat kiinnostumaan kemiasta enemmän (vähintään 3 Likert –asteikolla). 70 % opettajista ajattelee molekyylimallinnuksen innostavan oppilaita kemian jatko-opintoihin. Huomioitavaa opettajien vastauksissa on myös suhteellisen suuri ”en osaa sanoa”-vastausten määrä.

4.4 Molekyylimallinnuksen varustelutaso kouluissa

Opettajilla käytössä oleva molekyylimallinnuksen varustelutaso vaihteli koulukohtaisesti. Kokonaisuudessaan varustelutaso tutkimukseen osallistuvilla opettajilla oli suhteellisen hyvä, sillä useimmilla heistä oli käytössään oma opettajan kone, jossa on verkkoyhteys, mallinnusohjelma ja mahdollisuus videotykin käyttöön. Usean opettajan koulussa oli myös hyvin varustettu tietokonehuone käytettävissä, jossa oli riittävästi koneita, molekyylimallinnukseen soveltuvia ilmaisohjelmia tai mahdollisuus käyttää internetin molekyylimallinnusresursseja. Toisaalta useassa koulussa mallinnuksen opetuskäyttöä oli vaikea toteuttaa, koska käytössä ei ole maksullisia ohjelmia tai ilmaisohjelmien asentaminen on vaikeaa tai vaatii tukihenkilön apua. Osa opettajista ilmoitti, että heillä ei ole ollut riittävästi koneita käytössä tai koneet ovat todella vanhoja.

Taulukko 5. Opettajien käsityksiä molekyylihallinnuksen hyödyistä.

Väite	Frekvenssi						Ka.
	0	1	2	3	4	5	
Se tukee oppilaiden kemian käsitteiden oppimista.	3	1	2	6	5	1	3,2
Se havainnollistaa vaikeita käsitteitä oppilaille.	3	0	1	5	6	3	3,7
Se kehittää oppilaiden visualisointitaitoja.	4	1	0	5	5	3	3,6
Se kehittää oppilaiden tutkimistaitoja.	5	0	6	3	3	1	2,9
Se tukee oppilaiden luovuutta.	6	1	2	4	4	1	3,2
Se herättää oppilaiden kiinnostusta kemiaan.	3	3	4	0	1	7	3,3
Se innostaa oppilaita kemian jatko-opiskeluun.	8	1	2	0	4	3	3,6

Opetuskäytössä käytetyimmät mallinnusohjelmat olivat *Spartan* ja *ChemSketch* (ks. taulukko 6). Opettajien mielestä hyvä mallinnusohjelma on edullinen, helppokäyttöinen, helposti oppilaille jaettava, selkeä, visuaalisesti näyttävä mutta kuitenkin toiminnoiltaan varma ja monipuolinen. Tämä vastaa myös aikaisemmassa tutkimuksessa esiin tulleita hyvän molekyylihallinnuksen piirteitä (Aksela & Lundell, 2007), joiden mukaan opettajat hakevat helposti käytettävää, yksinkertaista, mutta selkeää ja havainnollistavaa teknologiaa opetuksensa tueksi.

Taulukko 6. Opettajien käyttämät molekyylihallinnusohjelmat

Ohjelman nimi	Frekvenssi
Spartan	7
ChemSketch	6
Spartan demoversio	1
Odyssey	1
Chem 3D	1
ChemAxon	1
Chemsheet	1
Isis Draw	1
Protein Explorer	1

4.5 Molekyylimallinnuksen koulutus- ja materiaaliterve

Opettajat kokivat pääosin aikaisemmat molekyylimallinnuskoulutukset hyödyllisiksi ja tasokkaiksi. Ongelmaksi koettiin tietojen unohtuminen, harjoituksen vähäisyys ja koulutuksien peruskurssiluonne. Jatkossa opettajat kaipaisivat tietojen kertaamista, päivitystä ja jatkokurssia, jossa mallinnusta sovellettaisiin suoraan opetustilanteisiin. Tärkeäksi koettiin myös ohjelmien jatkuvaan käyttöön kannustaminen sekä suomenkieliset käyttöoppaat, jolloin ohjelmien käyttöä ei aina tarvitsisi harjoitella kokonaan uudestaan. Vastauksissa opettajat mainitsivat tärkeäksi myös tukiverkoston muodostamisen kollegoiden kesken, valmiiden opetussuunnitelmaa tukevien työohjeiden ja demo-oppaiden tuottamisen sekä molekyylimallinnuksen vaikutuksista opiskelijoiden oppimiseen kertovan tutkimustiedon esittelemisen.

Sisällöllisesti opettajat kaipaisivat, että kolmivuotisessa hankkeessa käsiteltäisiin:

- asioita, jotka auttavat oppilasta ymmärtämään kemiaa ja innostumaan siitä
- lukiokurssien sisältöjä, joissa mallinnusta voidaan helposti soveltaa, esim. kemiallinen reaktio ja siihen liittyvä energia, molekyliorbitaalit, hybridisaatio, sidokset, isomeria sekä spektroskooppiset menetelmät
- miten kokeellisuus ja molekyylimallintaminen voidaan yhdistää.

Avoimessa palautteessa opettajat painottivat koulutuksessa rauhallisen tahdin tärkeyttä, sillä kaikki hankkeeseen osallistuvat opettajat käyvät päivätöissä. Hankkeen toteutuminen yleensä otettiin innolla ja mielenkiinnolla vastaan. Opettajat odottavat koulutukselta paljon.

5. Johtopäätökset ja pohdinta

Mallit ja mallintaminen ovat näkyvästi esillä valtakunnallisissa opetussuunnitelman perusteissa, ja uuden teknologian mahdollisuudet näkyvät myös uusissa perusopetuksen ja lukion oppikirjoissa. Samalla tietotekniikka ja Internet kilpailevat yhä voimakkaammin suuremmasta roolista opetuksen ja oppimisen tukimuotoina. Tietokoneavusteisesta molekyylimallinnuksesta on muotoutunut viime vuosina oleellinen osa suomalaista kemian opettajankoulutusta ja täydennyskoulutustarjontaa, mutta laaja-alaista ja tutkimukseen perustuvaa opetus- ja koulutusmateriaalia on edelleen niukasti opettajien käytettävissä.

Helsingin yliopiston kemian opetuksen keskuksen koordinoimassa kolmivuotisessa (2008-2010) hankkeessa keskitytään teknisen ja pedagogisen tuen kehittämiseen kemian opettajien osaamisen turvaksi ja monipuolistajaksi. Hanke yhdistää tähänastisen suomalaisen molekyylimallinnuksen opetuskäytön osaamisen ja kokemukset yhtenäiseksi, opettajien tarpeista lähteväksi kehityshankkeeksi. Uuden teknologian soveltaminen mielekkäästi osana monimuoto-opetusta vaatii opettajilta osaamista ja pedagogista näkemystä. Lisäksi jo opitun levittäminen kaikkien opettajien käyttöön ja sovellettavaksi on vaikeaa. ”Molekyylimallinnus kouluopetuksessa” –hanke pyrkii osaamisen levittämiseen ja osaamisen tukipalvelujen turvaamiseen kouluttamalla aktiivisista molekyylimallinnusta soveltavista opettajista mentoreita, jotka voivat tukea mallinnusta aloittelevia opettajia heidän opetuksessaan.

Molekyylimallinnuksen mielekkään kouluopetuksen varmistamiseksi tarvitaan tutkimustuloksia innovaation leviämistä, tukipalvelujen tehokkuudesta ja laadusta sekä itse molekyylimallinnuksen pedagogisista lähtökohdista. Molekyylimallinnuksen vaikutukset oppimiseen ja opiskeluympäristön kehittämisessä ovat edelleen alkutekijöissä, mutta alustavat tulokset (Aksela & Lundell, 2007) ennakoivat, että tietokoneavusteinen molekyylimallinnus voi tarjota opiskeluun ja oppimiseen uusia välineitä ja menetelmiä.

Tämä tutkimus kuvaa molekyylimallinnuksen pedagogisen soveltamisen alkuasetelmia, sillä tässä raportoidut tulokset tuovat lisätietoa koulutukseen valittujen opettajien osaamisen lähtötilanteesta, heidän tarpeistaan ja toivomuksistaan laadukkaaseen koulutuksen kehittämisen tueksi.

Päätutkimuskysymyksenä oli, minkälaista koulutusta mentorikoulutuksessa tarvitaan. Tätä kysymystä on tässä yhteydessä lähestytty ensisijaisesti kartoittamalla koulutukseen osallistuneiden opettajien tarpeita: osaamista, taustoja resurssineen ja käsityksiä omasta osaamisestaan. Näiden tietojen ja opettajien toiveiden perusteella kehitetään koulutuksen sisältöjä ja tehdään valintoja koulutukseen liitettävistä asiakokonaisuuksista.

Tutkimustulosten mukaan mentorikoulutukseen osallistuvat opettajat ovat jo jossain määrin tutustuneet tietokoneavusteisen molekyylihallinnuksen mahdollisuuksiin kemian opetuksessa. Enemmistöllä tutkimukseen osallistuneista opettajista on käytössään ajanmukainen tietotekninen infrastruktuuri, joka mahdollistaa mallinnuksen yksittäisellä työasemalla tai tietokonehuoneessa tapahtuvan työskentelyn. Suurimmat esteet molekyylihallinnuksen soveltamiselle vaikuttavat olevan tietokoneohjelmien heikko tuntemus, osaamisen kapea-alaisuus ja ajalliset rajoitteet. Tähän viittaavat myös molekyylihallinnuksen sovelluskohteet, joita opettajat mainitsevat. Molekyylihallinnusta käytetään runsaasti kemiallisten rakenteiden visualisoinnissa – staattisen, olemassa olevan kemiallisen tiedon havainnollistamisessa. Molekyylihallinnus uuden tiedon lähteenä jää pääosin käyttämättä. Tämän lisäksi opettajat kaipaavat konkreettisia esimerkkejä mallinnuksen soveltamisesta eri kemian aihepiireissä kuten isomeria, energia ja kemiallinen reaktio, joissa molekyylihallinnus voi tuoda lisäarvoa ja uusia mahdollisuuksia opetuksen tueksi.

Tässä tutkimuksessa saadut tulokset ja opettajien lausumat toiveet molekyylihallinnuksen soveltamisesta osoittavat, että nyt käynnistynyt hanke on tarpeellinen. Kemian opettajat tarvitsevat sekä teknistä että pedagogista tukea, jonka lisäksi tarvitaan tutkittua tietoa tietokoneavusteisen molekyylihallinnuksen vaikuttavuudesta kemian opetuksessa. Tutkimustiedon perusteella hankkeessa voidaan kehittää opetukseen soveltuvaa materiaalia sekä kouluttaa opettajia molekyylihallinnuksen pedagogisen soveltamisen asiantuntijoiksi. Näiden koulutettavien opettajien toivotaan kykenevän täysipainoisesti käyttämään mallinnusta omassa opetuksessaan sekä kouluttamaan muita opettajia sen mielekkääseen käyttöön. Hankkeen kolmivuotisen koulutusohjelman pääpaino tulee olla ohjelmien teknisestä osaamisesta enemmän mallinnuksen pedagogisten mahdollisuuksien soveltamisessa. Opettajien etätehtävät suoritettuna oppilaiden tai kollegojen kanssa ja niiden käsittely yhteisesti koulutuksessa tuovat konkreettisia esimerkkejä tietokoneavusteisen molekyylihallinnuksen eri mahdollisuuksista kemian opetuksessa sekä tärkeää materiaalia mentorikoulutukseen.

6. Lähteet

- Aksela, M. & Juvonen, R. (1999). Kemian opetus tänään. Opetushallitus, Helsinki.
<http://www.edu.fi/julkaisut/kemia1.pdf>
- Aksela, M. & Karjalainen, V. (2008). Kemian opetus tänään: nykytila ja haasteet Suomessa. Kemian opetuksen keskus, kemian laitos, Helsingin yliopisto. Yliopistopaino.
- Aksela, M. & Lahtela-Kakkonen, M. (2001). Molekyyli-tason teknologiaa opetuksessa, *Kemia-Kemi* 28 (3) 2001.
- Aksela, M. & Lundell, J. (2007). Kemian opettajien kokemuksia tietokoneavusteisesta molekyylihallinnuksesta. Teoksessa Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluun, Aksela, M. & Montonen, M. (toim.), Opetushallitus, Helsinki, s. 226-247.
- Angrist, J.D., & Lavy, V. (2001), Does teacher Training Affect Pupil Learning? Evidence from Matched Comparisons in Jerusalem Public Schools, *Journal of Labor Economics*, 19(2), 343-369.
- Bitner, N. & Bitner, J. (2002). Integrating technology into the classroom. Eight keys to success. *J. Technol. Teach. Educ.* 10, 95-100.
- Darling Hammond, L., Holtzman, D.J., Gatlin, S.J. & Heilig, J.V. (2005). Does teacher preparation matter? Evidence about teacher certification, Teach for America, and teacher effectiveness, *Education Policy Analysis Archives*, 13(42), 1-48.

Euroopan komissio (2008). Structures of education, vocational training and adult education systems in Europe. http://www.eurydice.org/ressources/eurydice/pdf/041DN/041_FI_EN.pdf

Euroopan komissio (2007). The life-long learning program 2007 - 2013
http://ec.europa.eu/education/programmes/newprog/index_en.html

Heikkinen, H. & Huttunen, R. (2008). Hiljainen tieto, mentorointi ja vertaistuki. Teoksessa J. Onnismaa & A. Toom (toim.) Hiljainen tieto ja oppiminen. Aikuiskasvatuksen 47. vuosikirja, KVS Helsinki, s. 205–221.

Lundell, J. & Aksela, M. (2003). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 1: Molekyylimallinnus ja kemian opetus, *Dimensio* 67(5), 47-49.

Lundell, J. & Aksela, M. (2004). Tietotekniikka mullistaa kemian opetusta, *Kemia-Kemi* 31(7), 41.

Maynard T. & Furlong, J. (1993). Learning to Teach and Models of Mentoring, teoksessa McIntyre, D., Hagger, H. & Wilkin, M. (toim.) Mentoring: perspectives on School-based Teacher Education, Kogan Page, Lontoo.

Meisalo, V., Lavonen, J., Juuti, K. & Aksela, M. (2007). Information and communication technology in school science in Finland. Teoksessa Pehkonen, E., Ahtee M. & Lavonen J. How Finns learn mathematics and Science. Sense Publishers. Alankomaat.

OECD report Teachers matter: Attracting, Developing and Retaining Effective Teachers, 2005;
<http://www.oecd/edu/teacherpolicy>

Opetushallitus (2005). Perusopetuksen tieto- ja viestintätekniiikan opetuskäytön sekä oppilaiden tieto –ja viestintätekniiikan perustaitojen kehittämissuunnitelma. Moniste 7/2005, Edita Prima Oy, Helsinki. <http://www.edu.fi/julkaisut/tietojaviesti.pdf>

Opetusministeriö (2004). Koulutus ja tutkimus 2003-2008. Opetusministeriön julkaisuja 2004: 6. http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2004/liitteet/opm_190_opm06.pdf?lang=fi

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2006). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Tammi, Helsinki.

Valtioneuvoston kanslia (2007). Tietoyhteiskuntakehityksen yhteisten menettelytapojen ja koordinoinnin kehittäminen opetustoimissa. Valtioneuvoston julkaisusarja 9/2007. <http://www.vnk.fi/julkaisut/julkaisusarja/julkaisu/fi.jsp?oid=192748>

Yin, R.K. (2002). Case study research. Design and methods. Applied social research series, Vol. 5, 3.p., Sage Publications, Kalifornia, USA.