

# TUTKIMUKSELLINEN OPISKELU KEMIAN AINEENOPETTAJAKOULUTUKSESSA

Jaana Herranen, Maiju Tuomisto & Maija Aksela  
Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tiivistelmä Tutkiva kemian opettaja on yhtenä päätavoitteena kemian opettajankoulutuksessa Helsingin yliopiston kemian laitoksella. Se näkyy opetusohjelmassa kaikilla kursseilla ja opinnäytetöissä. Erityisesti tulevien opettajien tutkimuksellista opetusta vahvistamaan on kehitetty tutkimustiedon pohjalta kaksi uutta kurssia: Tutkimuksellinen kemian opetus I ja II, joita on toteutettu tällä nimellä vuodesta 2013 lähtien. Niiden tavoitteena on myös tukea tulevien opetussuunnitelmien perusteiden mukaista tutkimuksellista opetusta. Tässä artikkelissa kuvataan kurssien kehittämisen pohjana ollutta taustateoriaa ja kuvataan kurssit sekä tuodaan esille kursseihin liittyvää tutkimustietoa ja jatkokehittämiskohteita.

## 1 Johdanto

Opettaja on avainasemassa tutkimuksellisen opetuksen soveltamisessa kouluopetukseen uusien opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteiden mukaisesti (POPS, 2014; LOPS, 2015). Sen vuoksi on olennaista, että opettaja saa vahvan pohjan tutkimuksellisuuteen jo opettajien peruskoulutuksessa. Kemian aineenopettajankoulutuksessa tutkiva opettaja on päätavoitteena (Aksela, 2010). Tutkimus on vahvasti mukana kursseilla ensimmäisestä kurssista lähtien koko opiskeluajan.

Tutkimuksellisuus on yksi tärkeistä teemoista, joita on käsitelty varsinkin 2000-luvun kansainvälisessä ja kansallisessa luonnontieteiden opetuksen kirjallisuudessa. Jo ERIC-hakukoneen hausta löytyy yli 25000 viitettä hakusanalla "inquiry". Esimerkiksi Rudolph kirjoitti vuonna 2005, että "harva asia on tällä hetkellä luonnontieteiden opetuksen tutkimuksessa yhtä muodikasta kuin tutkimuksellisuus". Myös opetussuunnitelmien uudistamisessa tutkimuksellisuutta pidetään tärkeänä korostaa (Abrahams, Southerland & Evans, 2008) niin Suomessa kuin kansainvälisestikin.

Tutkimuksellinen opiskelu kemiassa sekä luonnontieteissä yleisesti ottaen tarjoaa mielenkiintoisen lähestymistavan oppijakeskeiseen opetukseen. Tutkimuksellisuuden määrittely ei kuitenkaan ole ongelmaton, mikä vaikuttaa siihen, että eri tutkijoilla ja opettajilla on toisistaan hieman poikkeavat käsitykset tutkimuksellisesta opetuksesta. Myös käytännön tasolla opettajat ja oppilaat näkevät tutkimuksellisuuden toteutumisen kouluissa eri tavoin (Lakin & Wallace, 2015). Tässä artikkelissa pohditaan tutkimuksellisuuden merkitystä sen eri määrittelytavat huomioon ottaen. Erityisesti käsitellään tutkimuksellista kemian opetusta Helsingin yliopiston kemian opetuksen kursseilla, joista kaksi ovat keskittyneet käsittelemään tutkimuksellisuutta eksplisiittisesti (*Tutkimuksellinen kemian*

*opetus I ja Tutkimuksellinen kemian opetus II*). Lisäksi tutkimuksellisuutta käsitellään osana *Kemia tieteenä* – kurssia, jota on kehitetty tutkimusperusteisesti (Vesterinen & Aksela, 2013).

## 2 Taustateoria

### 2.1 Tutkimuksellinen opiskelu

Tutkimuksellisen opiskelun (engl. inquiry-based learning) on ehdotettu tarjoavan mahdollisuuksia opiskelija- ja oppilaskeskeiseen opetukseen. Sen etuina voidaan pitää ainakin kiinnostuksen lisäämistä luonnontieteitä kohtaan (Rocard et al., 2007) ja ajattelutaitojen, esimerkiksi metakognitiivisten taitojen oppimista (Kipnis & Hofstein, 2008). On myös keskusteltu tutkimuksellisuudesta osana tieteellisyhteiskunnallisia teemoja (esim. Rudolph, 2005) sekä luonnontieteiden luonteen oppimista autenttisesti (Chinn & Malhotra, 2002). Tutkimuksellisessa oppimisessä myös argumentointi on tärkeässä osassa (Juntunen, 2015). Lisäksi oppilaiden oppimista voidaan tukea käyttämällä kokeellisia työtapoja (esim. Aksela, 2005), jotka kuuluvat tutkimisen taitoihin. Tutkimuksellisuutta on käsitelty enimmäkseen oppilaiden oppimismenetelmänä, mutta vähemmän opettajaopiskelijoiden oppimismenetelmänä. Jotta olisi mahdollista käsitellä tutkimuksellisuuden etuja ja haasteita, on määriteltävä, puhutaanko tutkimuksellisuudesta vai tutkimuksellisesta oppimisestä. Helsingin yliopiston tutkimuksellinen kemian opetus - kursseilla tavoitteena onkin oppia, mitä on tutkimuksellisuus ja tutkimuksellinen oppiminen.

Tutkimuksellisuudella tarkoitetaan tapaa lähestyä kiinnostavaa asiaa. Opettajien mielestä tutkimuksellisuus on esimerkiksi "asioiden selvittämistä" (Morrison, 2013). Sillä voidaan tarkoittaa esimerkiksi tutkimista, oppimista, työskentelytapaa tai ajattelutapaa (esim. Abrahams, Southerland & Evans, 2008; Aksela, 2005). Abrahams, Southerland ja Evansin (2008) määritelmän mukaan tutkimuksellinen opiskelu on: "Mitä tahansa kognitiivisesti tarkoituksenmukaista, autenttisen tieteen piirteitä sisältävää toimintaa, jossa oppilaat ovat sitoutuneet käyttämään resursseja (kirjallisuutta, ihmisiä, ympäristöä), muodostaakseen kysymyksiä, vastataakseen kysymyksiin tai ratkaistakseen ongelmia". Suuri osa tutkijoista ja opettajista pitää kokeellisuutta ja itse tekemistä tärkeänä osana tutkimuksellisuutta, mutta kaikki itse tekeminen ei välttämättä ole tutkimuksellisuutta (ks. esim. Crawford, 2014). Myös tarve määritellä menetelmä autenttisenä tai avoimena vaihtelee. Vaikka opettajat määrittelisivätkin tutkimuksellisuuden työtavaksi, jossa oppilaiden tulisi suunnitella ja toteuttaa tutkimukset täysin itsenäisesti, tutkimuksellisuus voidaan tyypitellä esimerkiksi neljään luokkaan: 1) todentava tutkimuksellisuus (tai suljettu tutkimuksellisuus/kokeellisuus), 2) jäsennelty tutkimuksellisuus, 3) ohjattu tutkimuksellisuus ja 4) avoin tutkimuksellisuus (Banchi & Bell, 2008). Näistä ensimmäinen mielletään usein ns. reseptimäiseksi kokeellisuudeksi, jolloin tutkimuksellisuuden alin

muoto olisi jäsenelty kokeellisuus. Voikin herätä kysymys, onko kokeellisuus tutkimuksellisuuden muoto tai mitä eroa kokeellisuudella ja tutkimuksellisuudella on.

Tutkimuksellisissa kokeellisissa työhjeissa ohjeen avoimuus vaihtelee suljetusta avoimeen ja valintaa perustellaan usein oppilasryhmän tasolla tai käytettävissä olevalla ajalla. Avoimuus voidaan määritellä esimerkiksi siten, kuinka paljon opettaja kontrolloi tutkimuksen etenemistä, ja miten paljon päätösvaltaa valinnoista annetaan oppilaille (Abrahams, Southerland & Evans, 2008; Schwab, 1962). Avoimen tutkimuksellisuuden käyttöä on toisinaan kritisoitu siitä, että opettaja menettäisi kontrollin ryhmään. Kuitenkin Crawford (2000) huomasi tapaustutkimuksessaan, että opettajalla voi olla tutkimuksellisuuden aikana seuraavia rooleja: diagnostikko, opas, innostaja, kanssatutkija, oman työnsä tutkija, malli tutkijasta, mentori, yhteistyön tekijä ja oppija. Crawfordin tutkimus antaa viitteitä siitä, että opettaja voi toimia tärkeissä rooleissa tutkimuksellisen opiskelun aikana, vaikka tutkimuksellisuudella pyrittäisiinkin oppilaslähtöisyyteen ja mahdollisimman suureen avoimuuteen. Opettaja ei kuitenkaan välttämättä automaattisesti ota näitä rooleja vaan opettajaopiskelijoita täytyy ohjata miettimään omaa rooliaan oppilaiden tutkimuksellisen opiskelun aikana.

Tutkimuksellisuuteen liittyy usein kontekstien käyttö. Esimerkiksi Gilbertin et al., (2011) artikkelissa keskustellaan sosiaalisen aspektin tärkeydestä kontekstipohjaisessa opetuksessa, ja puhutaan tässä yhteydessä esimerkiksi arkikontekstien käytöstä. Tutkimuksellisuutta voidaankin käyttää johonkin kontekstiin sidottuna (luonto, ruoka yms.), ja ihanteellista on, että konteksti on nimenomaan oppilaan omaan arkipäivään ja kokemuksiin liittyvä. Myös autenttisuudesta puhutaan monesti tutkimuksellisuuden yhteydessä. Autenttisuudella viitataan useimmiten niihin taitoihin, joita käytetään luonnontieteissä tutkimustasolla (esim. Chinn & Malhotra, 2002). Ajatuksena on, että koulussa tehtävä tutkimuksellisuus voisi muistuttaa luonnontieteellistä tutkimusta varsinkin episteemisesti, minkä suhteen oppilaiden tekemällä tutkimuksella ja tutkijoiden tekemällä tutkimuksella on eniten eroavaisuuksia. Tästä esimerkkinä on tutkimuksen suunnittelu, joka koulussa on useimmiten opettajan tehtävä ja tutkijoilla tutkijoiden itsensä tehtävä (Chinn & Malhotra, 2002). Autenttisuudella viitataan myös siihen, että tutkijat kehittelevät yleensä ennemminkin ideoita kuin asioita, mikä on koululaboratoriossa usein päinvastoin (Rudolph, 2008). Myös Osborne (2013) on kirjoittanut ideoiden tärkeydestä osana luonnontieteiden luonnetta. Koska luonnontieteissä ei ole vain yhtä tapaa tehdä tiedettä, on kritisoitu ns. "tieteellisen metodin" opettamista yhtenä ainoana lähestymistapana opettaa, miten tiedettä tehdään (mm. Rudolph, 2005). Rudolph vertaa sellaista tieteellisen metodin opetusta, joka on sarja vaiheita, lähinnä tekniseen tapaan opettaa luonnontieteitä. Hypoteesi esimerkiksi ilmenee toisinaan tutkimuksen tavoitteena tai muuna vastaavana terminä eikä hypoteesina sellaisenaan (Abrahams, Southerland ja Evans, 2008). Tästä päästään siihen, että opetettaessa hypoteesi-termin käyttöä kouluissa ja korkeakouluissa, pitäisi ottaa huomioon, ettei hypoteesintekovaihetta välttämättä esiinny kaikissa tutkimuksissa. Toisaalta kritiikkinä tähän ja ylipäänsä autenttisen tieteen opettamiselle, on myös

huomioitava, että koulussa voi olla sellaisia pedagogisia tavoitteita, joissa ei ole tarkoitus opettaa autenttisen tieteen ominaisuuksia vaan viedä tiede sellaiselle tasolle, että heterogeeniset opetusryhmät pystyvät oppimaan opetussuunnitelman perusteisiin kirjatut sisällöt. Ei siis ole yhtä oikeaa vastausta siihen, pitäisikö koulukemian opetus olla autenttista. Näin ollen erilaisten opetusfilosofioiden opetus on korkeakoulutasolla olennaista, että opettajat voivat tarkkailla kriittisesti omaa työtään.

Tutkimukselliseen lähestymistapaan liittyy myös haasteita. Yhtenä haasteena pidetään ongelmaa sitoa luonnontieteiden luonteen opetus luontevasti tutkimuksellisuuteen, vaikka tutkimuksellisuuden ja luonnontieteiden luonteen koetaan liittyvän toisiinsa (esim. Rudolph, 2005). Abd-EI-Khalick et al. (2004) mukaan luonnontieteen luonnetta ei opita vain tekemällä vaan tietoa tutkimuksellisuudesta tulisi opettaa eksplisiittisesti. Lisäksi keskustellaan resursseista, vaivannäöstä ja ajasta, jota tutkimuksellisuuden lisääminen kouluihin vaatii. Kuitenkin tarkan viitekehysten puuttuminen koetaan haasteena (Abd-EI-Khalick et al. 2004), mikä vaikuttaa opetussuunnitelmien kautta opettajien opettamiseen. Joissain maissa haasteiksi nimetään opettajien itseluottamuksen puute opettaa tutkimuksellisesti (Abd-EI-Khalick et al. 2004). Kaiken kaikkiaan Abd-EI-Khalick et al. (2004) haastavat tutkijayhteisön kysymään: Mitä autenttinen tiede oikeastaan on? ja Miten oppilaat pystyvät oppimaan luonnontieteen luonnetta ja tutkimuksellisuutta opiskellessaan luonnontieteellisiä käsitteitä? Onkin mielenkiintoinen ja perustavanlaatuinen kysymys, kannattaako opetukselle asettaa tavoitteita, joiden saavuttaminen on haastavaa tai lähes mahdotonta. Lähtökohtana tulisi varmaankin olla, että opetuksessa ei voida yhdellä kertaa tavoitella liian montaa asiaa. Yksi mahdollisuus vastata Abd-EI-Khalickin et al. (2004) asettamiin haasteisiin on ottaa tutkimuksellisuus kurssin opetusfilosofiaksi niin, että tutkimuksellisuus paloitellaan osiin: yhdellä oppitunnilla ei tarvitse antaa tyhjentävää kuvaa tutkimuksellisuudesta.

## 2.2 Tutkimuksellinen opiskelu osana kemian opetusta ja opettajankoulutusta

Tutkimuksellista opiskelua on tutkittu kohtuullisen vähän kemian opetuksessa korkeakoulutasolla. On kuitenkin tutkittu, miten luonnontieteiden opettajaopiskelijat ymmärtävät tutkimuksellisuutta ja käyttävät sitä opetuksessaan (Kang, Bianchini, & Kelly, 2013; Windschitl, 2002). Lisäksi Eick ja Reed raportoivat vuonna 2002 mielenkiintoisen havainnon opettajien henkilökohtaisen oppimishistorian vaikutuksista tutkimuksellisen lähestymistavan omaksumiseen. Eick ja Reed ehdottavat, että opiskelijoiden tutkivaa identiteettiä tulisi vahvistaa opettajakoulutuksen aikana. Tämä on hyvin linjassa Helsingin opettajankoulutuksen tavoitteen kanssa kasvattaa tutkivia kemian opettajia.

Kun toteutetaan tutkimuksellista työtappaa tai ylipäänsä opetetaan, mitä tutkimuksellisuus on, myös korkeakoulutasolla, opettaja välittää automaattisesti kuvan siitä, miten itse ymmärtää tutkimuksellisuuden, ja tämä pitäisi tiedostaa kehitettäessä korkeakouluopetusta. Itsereflektio niin opettajaopiskelijoilla kuin heidän kouluttajillaankin on tärkeä taito harjoitella ja hallita. Pitäisikö tutkimuksellisuudelle antaa jokin määritelmä

vai pitäisikö se jättää opiskelijoiden määriteltäväksi? Tosin tämäkin valinta kertoo jotain filosofiasta ajatuksen taustalla. Jos tutkimuksellisuus jätetään määrittelemättä, opettajaopiskelijoille saattaa jäädä käsitys, ettei tutkimuksellisuutta voi tai ei kannata määritellä. Tämä on yksi syksyn 2014 *Tutkimuksellinen kemian opetus II* kurssiin liittyvän tutkimuksen tuloksista (Fooladi, Herranen, Kousa & Aksela, 2015). Vaikka opettajaopiskelijoille ei tarjoaisikaan valmista määritelmää, voi tiedon rakentamista tukea esimerkiksi sosiaalisen konstruktivismin mukaisesti. *Tutkimuksellinen kemian opetus* – kursseilla opiskelijoiden käsitteiden rakentaminen tapahtuu yhdessä keskustelemalla, ja esimerkkejä otetaan opiskelijoiden omista kokemuksista sekä tutkimuskirjallisuudesta. Omaa oppimista reflektoidaan kirjallisessa muodossa, mikä voi auttaa jäsentämään sitä, mitä tutkimuksellisuus on ja miten sitä voidaan käytännössä toteuttaa. Pohdintoja käytännön toteutuksesta tukee opetuskokeilut oppilaiden kanssa kurssien aikana.

Tutkimuksellisen lähestymistavan onnistumisen kannalta on todettu tärkeäksi se ilmapiiri, jossa sitä toteutetaan (mm. Abrahams, Southerland & Evans, 2008). Tutkimuksellista ilmapiiriä ylläpidetään Abrahamsin, Southerlandin ja Evansin (2008) mukaan ”arvostamalla oppilaiden ideoita, kuuntelemalla ja vastaamalla reflektoiden oppilaiden kysymyksiin, olemalla aidosti kiinnostunut oppilaiden ajatuksista, joustavuudella, antamalla säännöllistä ja rakentavaa palautetta, uskomalla oppilaiden kykyihin ja kykenevänsä olemaan erehtyväinen”. Oppilaslähtöistä pedagogiikkaa, jossa otetaan huomioon kunkin oppilaan henkilökohtaiset tavoitteet, voidaan kutsua esimerkiksi nimellä räätälöity pedagogiikka (Kalantzis, 2006) Opettajankoulutuksessa tutkimuksellista ilmapiiriä voi rakentaa vastaavasti. Voidaan esimerkiksi suunnitella kurssit joustaviksi, antaa opiskelijoille vapautta ja vastuuta omasta opiskelustaan, kuunnella ja olla kiinnostuneita opiskelijoiden vastauksista, ideoista ja mielipiteistä. Lisäksi kurssin aikana tulee antaa palautetta: erityisesti formatiivinen palaute on tärkeää-

### 2.3 Tutkimuksellinen opiskelu kemian opettajankouluksessa

Kemian opettajankoulutusta Helsingin yliopiston kemian laitoksella on kehitetty tutkimuspohjaisesti vuodesta 2002 lähtien sekä perusopettajankoulutuksen että ammatissa toimivien opettajien koulutuksen osalta (Aksela, 2010). Kemian opettajankoulutusyksikön tavoitteena on kouluttaa ammattitaitoisia ja innostavia, tutkivia kemian opetuksen ja oppimisen asiantuntijoita erilaisiin tehtäviin yhteiskunnassa. Tutkiva opettaja on Akselan (2010) tutkimuksen mukaan kemian opettajankoulutuksessa: i) oman osaamisensa kehittäjä, ii) erilaisten opetusmenetelmien käyttäjä, iii) yhteistyökykyinen, iv) kiinnostunut kemiasta ja siitä, miten sitä opitaan, sekä v) luova. Kemian opettajankoulutusyksikössä opiskelijoille on tarjolla säännöllisesti kahdeksan kurssia kemian opetuksen kursseja, jotka kuuluvat aineenopettajien tutkintovaatimukseen. Lisäksi järjestetään useampia kurssivalikoimaa täydentäviä kursseja vuosittain (kemian opettajankoulutusyksikkö, 2015).

Kemian opettajankoulutusyksikön opetus ja toiminta kattavat kolme painopistealuetta:

- *Elinikäinen oppiminen ja tutkiva kemian opettajuus*: opiskelijasta kasvaa tavoitteellinen ja kriittinen oman työnsä kehittäjä, joka muun muassa kehittää omaa opetustaan hyödyntäen tutkimuksellista lähestymistapaa ja uusinta tutkimustietoa
- *Kemian opetuksen yhteisö*: opiskelijasta kehittyy aktiivinen kemian opetuksen asiantuntija, joka kehittää opetustaan yhteistyössä muiden opettajien kanssa ja toimii osana kansallista ja kansainvälistä kemian opetuksen yhteisöä
- *Oppijakeskeinen kohtaava kemian opetus*: opiskelijasta kehittyy asiantunteva ja luova kemian opettaja, joka hallitsee kemian käsitteet ja ilmiöt, ymmärtää miten kemiallista tietoa tuotetaan sekä kemian yhteiskunnallisen merkityksen, käyttää kemian opetuksessa monipuolisesti erilaisia lähestymistapoja, opetusmenetelmiä ja oppimisympäristöjä sekä pyrkii kohtaamaan oppijat, perustamaan opetuksen vuorovaikutukselle ja huomioimaan oppijoiden erilaisuuden

Tutkimuksellisuus ja kokeellisuus näkyvät monipuolisesti kemian opettajankoulutusyksikön opetuksessa sekä tutkimuksessa. Kemian opetus tänään -tutkimuksissa on kartoitettu kemian opettajien näkemyksiä kemian opetuksesta. Raporttien perusteella opettajat käyttävät paljon kokeellisuutta kemian opetuksessa, mutta sen toteuttamistavat vaihtelevat (Aksela & Karjalainen, 2008; Aksela & Juvonen, 1999). Avoin kokeellisuus on kouluissa uutta. Myös luokanopettajien kemian opettamisen näkökulmia on tutkittu, ja on löydetty yhteys kemiasta kiinnostuneiden luokanopettajien ja tutkimuksellisten työtapojen välillä (Herranen, Vesterinen & Aksela, 2015).

Kokeellista tutkimuksellisuutta on tuettu kansainvälisessä COMBLAB-projektissa, jonka tavoitteena on ollut kehittää mittausautomaatioteknologiaa hyödyntäviä kokeellisia töitä tutkimukselliseen opetukseen (Tolvanen & Aksela, 2013).—Tutkimuksellisuus voidaan yhdistää kestäväen kehityksen sekä elinkaariajattelun opettamiseen (Juntunen, 2015; Juntunen & Aksela, 2013). Tutkimuksellisuutta on myös edistetty sekä tulevien opettajien koulutuksessa että ammatissa toimivien opettajien koulutuksessa (Rukajärvi-Saarela, Sarkkinen & Aksela, 2010; Tomperi & Aksela, 2014).

## 2.4 Tutkimuksellisuus kemian opettajankoulutuksen kursseilla

*Tutkimuksellinen kemian opetus I ja II* -kurssit ovat omina viiden opintopisteen kokonaisuuksinaan. Tutkimuksellista oppimistapaa käytetään kuitenkin vähintään implisiittisesti lähes kaikilla kemian opetuksen kursseilla. Esimerkiksi *Kemian opetuksen keskeiset alueet I ja II* -kurssit sisältävät tutkimuksellisen lähestymistavan. Näillä kursseilla opitaan tärkeimpiä kemian opetuksen sisältöjä ja mahdollisuuksia niiden opettamiseen. Opiskelijat päättävät itse, mihin lukion tai perusopetuksen kemian opetussuunnitelmaan aiheeseen haluavat perehtyä, etsivät aiheesta tietoa ja soveltavat sitä aiheen opettamiseen. Tällä hetkellä *Kemian opetuksen keskeiset alueet II* -kurssin teemana on eheyttävä opetus. *Kemia tieteenä* -kurssilla puolestaan tutkimuksellisuus esitellään osana kemian luonnetta. Erityisesti tutkimuksellisuuteen ja tutkimukselliseen kemian opetukseen keskittyvät

*Tutkimuksellinen kemian opetus I ja II* -kurssit pyrkivät tarjoamaan opiskelijoille mahdollisuuden perehtyä tutkimuksellisuuteen ja tutkimukselliseen opiskeluun eri näkökulmista sekä konkreettisia työkaluja eritasoisen tutkimuksellisuuden toteutukseen koulussa.

Tutkimuksellinen kemian opetus -kurssit ovat olleet tässä muodossaan syksystä 2013 lähtien ja aiemmin nimellä *Kokeellisuus kemian opetuksessa*. Tällöin tutkiva oppiminen oli pienemmässä osassa kursseja, ja opiskelu keskittyi enemmän kokeellisuuden harjoittamiseen ja opiskelijoiden tekemät kokeelliset työt olivat strukturoidumpia kuin tutkimukselliset työt, joita kursseille on nyt lisätty. Lukuvuonna 2013–2014 kursseilla käsiteltiin tutkimuksellisuuden eri vaiheita, joita opiskelijat vertaisopettivat toisilleen. Syksystä 2014 lähtien kursseja on kehitetty entisestään suuntaan, joka sisältää enemmän reflektiomahdollisuuksia tutkimuksellisuuden pohtimiseen. Kursseilla ei määritellä tutkimuksellisuutta tarkasti vaan käydään läpi erilaisia mahdollisuuksia tutkimuksellisuuden ymmärtämiseen ja sen käyttöön opetuksessa. Molemmat kurssit sisältävät paljon käytännön työskentelyä sekä tarjoavat näkökulmia tutkimuksellisuuteen eri tasoilla, erilaisilla resursseilla ja eri oppilasryhmien kanssa. Opiskelijapalautteen perusteella kursseilla mielekästä on ollut erityisesti arkikontekstien käyttö. Myös mahdollisuus vaikuttaa omaan oppimiseensa on koettu positiiviseksi asiaksi. Kurssilaiset ovat raportoineet ymmärtävänsä tutkimuksellisuutta, ja saaneet esimerkkejä sen eritasoisista käytännön sovelluksista.

*Tutkimuksellinen kemian opetus I* – kurssilla on tavoitteena muun muassa perehtyä:

- tutkimuksellisuuteen
- tutkimuksellisuuden teorian ja käytännön kohtaamiseen
- tutkimuksellisuuden ja kokeellisuuden eroon
- kontekstien käyttöön tutkimuksellisessa oppimisessa
- tutkimuksellisuuden opetussuunnitelmien perusteissa
- tutkimuksellisen opiskelun toteuttamisen mahdollisuuksiin ja haasteisiin kouluissa
- tutkimuksellisuuden ja kokeellisuuden perustaitoihin
- avoimiin ja suljettuihin tutkimuksiin ja
- kiinnostuksen herättämiseen käyttäen tutkimuksellista oppimista.

Kurssi sisältää keskustelu-/luentotyypistä työskentelyä sekä käytännön työskentelyä esimerkiksi ruokakontekstiin liittyen. Yhtenä tutkimusesimerkkinä mainittakoon myytit, jotka ovat liittyneet muun muassa kananmunan vaahdotukseen ja keittämiseen. Opiskelijat saavat tietoisuutyyppisesti, kirjallisuudesta ja keskustelemalla näkökulmia tutkimuksellisuudesta. Kurssilla vierailaan myös kouluissa, mikä mahdollistaa tutkimuksellisuuden toteuttamisen mahdollisuuksien ja haasteiden tarkkailun ja pohtimisen koulumaailmassa. Kurssilaiset muokkaavat valmiita työohjeita tutkimukselliseksi, ja siinä tavoitteena on prosessoida tutkimuksellisuutta eri näkökulmista. Kurssilla on muokattu esimerkiksi sokerisateenkaarityöohjetta avoimemmaksi, mikä korostaa oppilaan omia ajattelun- ja tutkimisen taitoja. Työskentelyssä tähdätään hyvään tutkimukselliseen

työohjeeseen, mutta haasteiden valossa prosessia arvotetaan produktin sijaan. Työohjetta testataan myös muiden opiskelijoiden sekä oppilasryhmien toimesta, jolloin saadaan tärkeää tietoa oman työohjeen toimivuudesta sekä päästään harjoittelemaan tutkimuksellisen opiskelun ohjaamista oikeiden oppilaiden kanssa. Kurssilla työskennellään pääasiassa ryhmissä, jolloin kurssilaiset pääsevät refleктоimaan ajatuksiaan tutkimuksellisuudesta.

*Tutkimuksellinen kemian opetus II* – kurssilla on tavoitteena muun muassa perehtyä:

- syvemmin tutkimuksellisuuteen
- tarkemmin tutkimuksellisuuden käytännön soveltamiseen
- tarkemmin kontekstien käyttöön
- tiedon siirtämiseen eri kontekstien välillä
- tutkimuksellisuuteen osana tieteellisyhteiskunnallisia teemoja ja
- tutkimuksellisuuden arviointiin

Kurssilla käsitellään kirjallisuuden, keskustelun, luentojen ja käytännön työskentelyn avulla tutkimuksellisuuden teoriaa ja käyttöä opetuksessa. Opiskelijat suunnittelevat tutkimuksellisen työn mieluiten omista kiinnostuksen kohteistaan lähtien. Kurssilla on käytetty konteksteina esimerkiksi joulupipareita, marjoja ja chiliä. Tutkimuksellinen työ suunnitellaan tutkimuksellinen teoria käytäntöön sitoen. Erityisesti korostetaan tutkimuksellisuutta prosessina ja oman oppimisen ja ymmärryksen reflektointia. Opiskelijat ovat saaneet itse asettaa tarkemmat tavoitteet työlle. Kurseilla tehtyjen töiden tavoitteisiin on lukeutunut niin tutkimuksellisuuden oppiminen kuin tutkimuksellisuuden sitominen konseptuaaliseen oppimiseen.

## 2.5 Tutkimuksellinen kemian opetus – kurssien arviointi

Kurssit arvioidaan keskittyen tutkimuksellisuuteen prosessina. Yksittäisiä kurssin tehtäviä tai muita suorituksia ei välttämättä arvostella summatiivisesti, mutta niistä annetaan formatiivista palautetta. Formatiivisen palautteen kautta rohkaistaan ja ohjataan opiskelijoita pohtimaan tutkimuksellisuutta eri näkökulmista. Myös opiskelijat harjoittelevat formatiivisen palautteen antamista toisilleen. Kurssin loppuarvosana on muodostunut I kurssilla portfolion perusteella ja II kurssilla tutkimuksellisen projektin perusteella. Sekä portfolion että projektin sisältö on hyvin pitkälti ollut opiskelijoiden oman harkinnan varassa, ja nämä valinnat ovat antaneet arvioitsijalle hyödyllistä tietoa siitä, mitä asioita kurssilainen on pitänyt tärkeänä tutkimuksellisessa opiskelussa. Portfolio ja projekti on tehty kurssin tavoitteiden perusteella, joihin niiden arviointi on myös perustunut.

Arvioinnissa on pyritty muodostamaan kokonaiskuva kurssin tavoitteiden toteutumisesta, kuten kurssilaisen kyvystä sitoa tutkimuksellisuuden teoria käytäntöön. Arviointi on rakennettu niin, että vain kurssin keskeisiä asioita on arvioitu ja kaikki muu on jätetty arvioinnin ulkopuolelle. Lisäksi tarkastelemalla kokonaisuutta on arvioitu opiskelijan ajattelutaitoja sekä soveltaitoja huomioida tutkimuksellisuuden eri näkökulmia. Kokonaisuuden arvioinnissa on ollut apuna arviointimatriisi, joka sisältää kurssin tavoitteet, jolloin arvosanassa on huomioitu kaikki kurssin keskeiset sisällöt.



## 2.6 Kurssien kehittäminen kehittämistutkimuksella

Kursseja kehitetään kehittämistutkimusta hyödyntäen (Edelson, 2002). *Tutkimuksellinen kemian opetus II* – kurssilla on tehty tutkimusta oppilaiden kyvystä siirtää kurssilla opittua käsitystä tutkimuksellisuudesta omiin projekteihin. Tutkimuksen perusteella opiskelijat siirtävät tutkimuksellisuutta käytäntöön varsin monipuolisesti käyttäen arkikonteksteja erityisesti lisäämään oppilaiden kiinnostusta. Tarkemmat tulokset tutkimuksesta esitellään ESERA-konferenssissa syksyllä 2015 (Fooladi, Herranen, Kousa & Aksela, 2015).

Kurssien kehittämisessä otetaan huomioon opiskelijoiden mielipiteet sekä kurssien aikana että väli- ja loppupalautteiden kautta. Kurssipalautteiden perusteella tutkimuksellisuuden teoriaa kevennetään ja lisätään käytännön työskentelyä erityisesti *Tutkimuksellinen kemian opetus I* -kurssin osalta. Yhteisten keskustelujen laatua parannetaan lisäämällä dialogia, mikä mahdollistaa paremmin opiskelijoiden erilaisten näkemysten huomioimisen tutkimuksellisuuden luonteen ja toteuttamisen suhteen. Lisäksi opetusta eriytetään tarpeen mukaan sopimaan eritaustaisille opiskelijoille.

### Johtopäätökset ja pohdinta

Tulevaisuudessa molemmilla kursseilla pyritään lisäämään tutkimuksellisen opiskelun osuutta. Erityisesti kurssilaisten taitoja ohjata tutkimuksellista työskentelyä lisätään, jotta tulevat opettajat osaisivat tukea oppilaiden oppimista avoimenkin tutkimuksellisuuden aikana. Kuten Crawfordin (2000) tutkimuksessa on käynyt ilmi, opettaja voi ottaa tutkimuksellisuuden aikana eri rooleja. Oppilaiden oppimisen tukeminen näiden eri roolien kautta ei kuitenkaan välttämättä tapahdu itsestään vaan sitä täytyy opetella.

Lisäksi kursseille pyritään lisäämään opiskelijälähtöisyyttä esimerkiksi räätälöidyn pedagogiikan (Kalantzis, 2006) muodossa, ja sen osuutta lisätään mahdollisuuksien mukaan. Tarve räätälöidylle pedagogiikalle tulee opiskelijoiden eri taidoista ja tiedoista tutkimuksellisuuden suhteen. Keväällä 2015 räätälöityä pedagogiikka on käytetty mahdollistamalla kullekin opiskelijalle toisistaan poikkeavia tavoitteita ja työtapoja työskentelyn suhteen (kurssin yleisten tavoitteiden raameissa). Oman opiskelun suunnittelu on kuitenkin osoittautunut oletettua aikaa vievämmäksi prosessiksi ja sen toteutusta kehitetään jatkossa muun muassa varaamalla sille enemmän aikaa.

Tulevaisuudessa arviointia pyritään kehittämään opiskelijoiden kanssa yhteistyössä, jolloin opiskelijoiden oma aktiivisuus ja sitoutuminen omaan opiskeluun korostuu. Samalla päästään pohtimaan haastavaa aihetta: "Miten tutkimuksellisuutta tulisi arvioida?" Tällöin kustakin kurssista muodostuu hieman erilainen riippuen siitä, millaisia opiskelijoita ryhmässä on. Tällä pyritään tarjoamaan opiskelijoille mahdollisuus kehittää itseään opettajina omien lähtökohtiensa mukaisesti. Tärkeää on, että jo opettajankoulutuksessa vahvistetaan opiskelijoiden opettajidentiteettiä (Eick & Reed, 2002), korostaen erityisesti tutkivaksi opettajaksi kasvua (Aksela, 2010).

## Lähteet

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, Hsiao-Lin. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. (2008). Inquiry in the classroom: Identifying necessary components of a useful definition. In E. Abrams, S. Southerland, & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the science classroom: Challenges and Opportunities* (pp. 11-42). Charlotte, North Carolina: Information age publishing.
- Aksela, M. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and high-order thinking through computer-assisted inquiry: a design research approach*. Helsinki: University Press.
- Aksela, M. (2010). Evidence-based chemistry teacher education: becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher? *Chemistry Education Research and Practice*. 11(2), 84-91.
- Aksela, M. & Juvonen, R. (1999). *Kemian opetus tänään*. Opetushallitus. Moniste 27/1999. Helsinki: Edita Oy.
- Aksela, M. & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*. Helsinki: Kemian opetuksen keskus, Helsingin yliopisto: Yliopistopaino.
- Banchi, H. & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Chinn, C. & Malhotra, B. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.
- Crawford, B. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.
- Crawford, B. (2004). From inquiry to scientific practices in the classroom. In N. Lederman & S. Abell (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*. (pp. 515-541). New York: Routledge.
- Edelson, D. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *Journal of Learning Science*, 11, 105-121.
- Eick, C. & Reed, C. (2002). What makes an inquiry-oriented science teacher? The influence of learning histories on student teacher role identity and practice. *Science Education*, 86(3), 401-416.
- Fooladi, E., Herranen, J., Kousa, P. & Aksela, M. (2015) Future teachers` views of inquiry in context-based teaching. Paper to be presented in the ESERA-conference, Helsinki, Finland.
- Gilbert, J., Bulte, A. & Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in context-based science education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817-837.
- Herranen, J., Vesterinen, V.-M. & Aksela, M. (2015). How to measure elementary teachers` interest in teaching chemistry? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 408-416.
- Juntunen, M. (2015). *Holistic and inquiry-based education for sustainable development in chemistry*. Helsinki: Unigrafia.
- Juntunen, M. & Aksela, M. (2013). Life-cycle thinking in inquiry-based sustainability education – Effects on students` attitudes towards chemistry and environmental literacy. *Science Education International*, 24(2), 150-166.
- Kalantzis, M. (2006). Elements of a science of education. *The Australian Educational Researcher*, 33(2), 15-42.
- Kang, E. J., Bianchini, J. & Kelly, G. (2013). Crossing the border from science student to science teacher: preservice teachers` views and experiences learning to teach inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 427-447.
- Kemian opettajankoulutusyksikkö. (2015, June 21). Retrieved from <http://blogs.helsinki.fi/kem-ope/opiskelu/kurssit/>.
- Kipnis, M. & Hofstein, A. (2008). The inquiry-laboratory as a source for development of metacognitive skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6, 601-627.

- Lakin, J. & Wallace, C. (2015). Assessing dimensions of inquiry practice by middle school science teachers engaged in professional development program. *Journal of science teacher education*, 26(2), 139-162.
- LOPS. (2015). Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015, luonnos. Retrieved from [http://www.oph.fi/download/171262\\_lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_luonnos\\_22092015.pdf](http://www.oph.fi/download/171262_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_luonnos_22092015.pdf)
- Morrison, J. (2013). Exploring exemplary elementary teachers' conceptions and implementation of inquiry science. *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 573-588.
- Osborne, J. (2013). The 21<sup>st</sup> century challenge for science education: assessing scientific reasoning. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 265-279.
- POPS. (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Opetushallitus. Tampere: Suomen yliopistopaino.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe, European Commission Directorate-General for research science, economy and society. Retrieved from [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf).
- Rudolph, J. (2005). Inquiry, instrumentalism, and the public understanding of science. *Science Education*, 89(5), 803-821.
- Rukajärvi-Saarela, M., Sarkkinen, M. & Aksela, M. (2010). Luokanopettajaopiskelijoiden käsityksiä ja kokemuksia tutkimuksellisesta opiskelusta fysiikka/kemian kurssilla. In M. Aksela, J. Pernaa & M. Rukajärvi-Saarela (Eds.), *Tutkiva lähestymistapa kemian opetukseen. V Valtakunnallinen kemian opetuksen päivät – symposiumkirja*. (pp. 157-167). Kemian opetuksen keskus. Helsinki: Yliopistopaino.
- Schwab, J. (1962). The teaching of science as enquiry. In *The teaching of science* (pp. 1-103). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Tolvanen, S. & Aksela, M. (2013). Mittausautomaation hyödyntäminen tutkimuksellisessa kemian opiskelussa. *LUMAT*, 1(4), 379-386.
- Tomperi, P. & Aksela, M. (2014). In-service teacher training project on inquiry-based practical chemistry. *LUMAT*, 2(2), 215-226.
- Vesterinen, V.-M. & Aksela, M. (2013). Design of chemistry teacher education course on nature of science. *Science & Education*, 22(9), 2193-2225.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143.