

## Ongelmaperustainen projektityö atomispektrometrinen menetelmien yliopisto-opetuksessa

**Matti Niemelä**

Kemian laitos, Oulun yliopisto • matti.niemela@oulu.fi

**Paavo Perämäki**

Kemian laitos, Oulun yliopisto • paavo.peramaki@oulu.fi

Käytännön laboratorioharjoitukset ovat olennainen osa analyttisen kemian opetusta. Harjoitusten aikana opetetaan laboratoriotyöskentelyn perustaitoja, konkretisoidaan luennoilla opittua teoriatietoa ja opetellaan laitteiden peruskäyttöä. Harjoitustöiden yhteydessä on myös mahdollista kehittää monipuolisesti opiskelijoiden vuorovaikutustaitoja ja ongelmanratkaisukykyä.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin miten ongelmakeskeisen oppimisen periaatteita noudatteleva projektimuotoinen harjoitustyö soveltuu järjestettäväksi tiiviin atomispektrometrisiä menetelmiä käsittelevän luentokurssin yhteydessä. Tutkimuksessa kiinnitettiin erityistä huomioita työn kuormittavuuden arviointiin ja projektiaiheiden valintaan. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin projektityön vaikutusta opiskelijoiden työskentelymotivaatioon ja oppimiseen. Tutkimuksen perusteella valitut projektiaiheet ja projektimuotoinen työskentelytapa soveltuvat hyvin luentokurssin yhteyteen. Opiskelijat kokivat projektimuotoisen harjoitustyön työläänä, mutta suhtautuivat kokonaisuutena positiivisesti työskentelytapaan.

### 1. Tutkimuksen lähtökohdat

Analyttisellä kemiällä ja siihen liittyvien laitetekniikoiden opetuksella on keskeinen merkitys kemian korkeakouluopetuksessa. Analyttisen kemian tehtävä on selvittää näytteessä olevien kemiallisten alkuaineiden ja/tai yhdisteiden laatu ja määrä. Esimerkiksi atomispektrometriset tekniikat, kuten atomiabsorptiospektrometria (AAS) ja plasmaemissiospektrometria (ICP-OES), ovat tärkeitä työkaluja modernissa epäorgaanisen analyttisen kemian laboratoriossa. Näiden tekniikoiden avulla voidaan muun muassa tutkia ympäristönäytteiden raskasmetallipitoisuuksia ja tehdä laadunvalvontaa teollisuuslaboratoriossa. Myös kasvava kaivosteollisuus tarvitsee tulevaisuudessa yhä enemmän analyttisen kemian osaajia. On selvää, että nykyaikaisessa analyysilaboratoriossa työskentelevän kemistin tulee tuntea AAS ja ICP-OES –tekniikoiden teoreettiset perusteet sekä tunnistaa tekniikoissa esiintyvät erilaiset häiriötyypit ja tuntea menetelmät häiriöiden poistamiseen.

Erimuotoisissa kemian harjoitustöissä tapahtuvalla käytännön laboratoriotyöskentelyllä ja laitetekniikoiden peruskäytön opetuksella on tärkeä rooli analyttisen kemian opetuksessa. Käytännön harjoituksissa konkretisoidaan luennoilla opittua teoriatietoa ja sovelletaan sitä käytännön ilmiöihin ja ongelmiin. Tiedon syventymisen yhteydessä myös opiskelijan kädentaidot ja laiteosaaminen kehittyvät. Laboratoriotyöskentelyllä on havaittu

olevan positiivinen vaikutus opiskelumotivaatioon (Aksela & Juvonen, 1999; Hofstein, 2004; Johnstone & Al-Shuaili, 2001). Laboratorioharjoitukset on myös mahdollista suunnitella siten, että niissä voidaan kehittää ryhmätyö ja vuorovaikutustaitoja, kokeiden suunnittelua ja tieteellistä raportointia. Oikein suunnitelluilla käytännön harjoitustyöllä voi siis parhaimmillaan olla suuri merkitys kemian oppimisessa ja opettamisessa.

Ongelmaperustainen oppiminen (problem based learning, PBL) ja siihen pohjautuvat opetusmenetelmät ovat nykyisin usein käytössä kemian opetuksessa (Belt et al., 2002; Larive, 2004; Williams et al., 2010; Yuzhi, 2003; Mc Donnell et al., 2007; Amarasiriwardena, 2007). Esimerkiksi Rautiainen (2012) on kuvannut tutkimuksessaan erittäin monipuolisesti ongelmalähtöistä oppimista ja sen sovelluksia korkeakouluopetuksessa. Ongelmaperustaiselle oppimiselle on tyypillistä, että ongelmat esitetään opiskelijoille ennen kuin heillä on kaikki tarvittavat tiedot ongelman ratkaisemiseksi. PBL-oppimisprosessin aikana opiskelijat hyödyntävät aikaisemmin oppimaansa tietoa, mutta etsivät myös uutta tietoa ja soveltavat oppimaansa ongelman ratkaisussa (Boyd ja Faletti, 2000). Projektimuotoiseen PBL-työskentelyyn, jossa yhdistetään projektioppiminen ja ongelmalähtöisyys, on myös luontevaa liittää kokeiden suunnittelun ja ongelmanratkaisun ohella ryhmätyöskentelyä sekä tieteellistä raportointia. Projektimuotoisen PBL:n avulla korkeakoulu- ja yliopisto-opiskelijat kehittyvätkin monilla niistä osa-alueista, joita he valmistuttuaan tarvitsevat (Mc Donnell et al., 2007, Pitkäaho et al., 2009).

Oulun yliopiston kemian laitoksen luentokursseihin liittyvät harjoitustyöt tehdään usein opettajavetoisesti valmiiden ohjeiden mukaisesti. Tässä tutkimuksessa kurssin opettajavetoisen harjoitustyö vaihdettiin ongelma-keskeinen oppimisen periaatteita noudattelevaksi harjoitustyöksi. Tavoitteena oli selvittää, kuinka uusi ongelma-keskeinen oppimisen periaatteita noudattava projektimuotoinen käytännön harjoitustyö soveltuu tiiviin luentokurssin opetukseen.

## 2. Tutkimuskohteena oleva kurssi

Tutkimuskohteena oleva Atomispektrometriset menetelmät -kurssi on kemian opiskelijoiden syventävien opintojen kurssi. Kurssin luento-osuudella käydään läpi AAS ja ICP-OES -tekniikoiden teoreettiset perusteet ja nykyaikaiset laiteratkaisut. Lisäksi luennoissa ja harjoitustyössä keskitytään AAS ja ICP-OES -tekniikoissa esiintyviin erityyppisiin häiriöihin ja niiden poistamiseen käytettäviin menetelmiin. Näiden lisäksi kurssin tulee osaamis-tavoitteidensa mukaisesti antaa opiskelijoille valmiudet laitteiden peruskäyttöön.

Kurssi koostuu 30 luentotunnista, seminaarista ja 5-10 tunnin harjoitustyöstä. Tämän tutkimuksen yhteydessä osa luentotunneista ja seminaariajat käytettiin projektityöhön ja osa luennoilla aiemmin käsitellyistä perusasioista opiskeltiin itsenäisesti. Kurssille osallistui 23 kolmannen ja neljännen vuoden kemian opiskelijaa sekä kaksi kemian jatko-opiskelijaa.

### 3. Tutkimuksen pääkysymykset, tavoitteet ja toteutus

Tässä tutkimuksessa tutkimusasetelmana oli opetuskokeilu, jonka avulla tutkimusongelmiin kerättiin aineistoa. Kokeilussa kurssiin liittyvä harjoitustyö muutettiin ongelmakeskeisen oppimisen periaatteita noudattavaksi projektimuotoiseksi harjoitustyöksi. Uudessa harjoitustyössä opiskelijoiden vastuu työn suunnittelusta, etenemisestä ja onnistumisesta korostui. Tutkimuksessa pyrittiin siihen, että harjoitustöihin valitut projektiaiheet ovat hyvin linjassa kurssin osaamistavoitteiden sekä opiskelijoilla jo olemassa olevan tiedon ja kurssilla opittavan uuden tiedon kanssa. Tutkimusta voidaan pitää tapaustutkimuksena (case study) (Cunningham, 1997; Hirsjärvi, 2007), jossa tutkitaan opetuskokeilun vaikutuksia. Tapaustutkimukselle on tyypillistä, että se kohdistuu todelliseen yksittäiseen tilanteeseen tai tapahtumaan tietyssä toimintaympäristössä (Syrjälä et al., 1994). Tämän tutkimuksen yhteydessä tapaustutkimuksen voidaan myös ajatella jakautuvan neljään eri yksittäistapaukseen (projektiryhmään), joista kukin työskentelee erilaisen tutkimusongelman parissa.

#### 3.1. Tutkimuksen pääkysymykset

Tutkimuksen tärkein yksittäinen tavoite oli selvittää sopiiko valittu projektimuotoinen työskentelytapa atomispektrometriset menetelmät -kurssin yhteyteen. Projektiaiheiden valinta on kriittinen tekijä työn onnistumisen kannalta. Sopivan haastavien aiheiden löytäminen lähtökohdiltaan osittain heterogeeniselle opiskelijajoukolla on yksi tutkimuksen peruskysymyksistä. Tämän vuoksi tutkimuksen yhteydessä kiinnitettiin erityistä huomiota projektiaiheiden valintaan. Edellä mainittujen osa-alueiden lisäksi tarkempaa huomiota kiinnitettiin projektityön jatkuvan arvioinnin onnistumiseen ja työn kuormittavuutta selvittämiseen.

Tutkimusta ohjasivat seuraavat pääkysymykset:

1. Miten yliopisto-opiskelijat ottavat vastaan ongelmakeskeisen oppimisen periaatteita noudattelevan projektimuotoisen harjoitustyön analyttisen kemian kurssin yhteydessä?
2. Kuinka ongelmakeskeiseen oppimiseen pohjautuvan harjoitustyön käyttöönotto vaikuttaa opiskelijoiden oppimiseen?

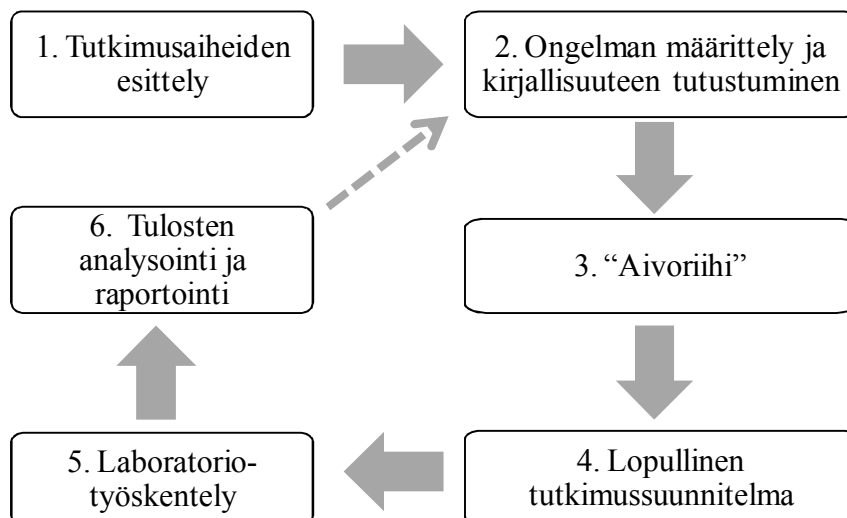
#### 3.2. Aineistonkeruu ja tutkimusmenetelmät

Tapaustutkimus on yleensä kuvailevaa kvalitatiivista tutkimusta, mutta myös tapausta kuvaavan tilastollisen aineiston käyttö on joissain tapauksissa perusteltua (Syrjälä et al., 1994). Tämän tutkimuksen aineisto kerätään tapaustutkimukselle ominaisesti monipuolisesti ja monella tavalla (Hirsjärvi et al., 2007). Aineistoa kerättiin kurssin aikana havainnoimalla opiskelijoiden ja projektiryhmien työskentelyä (ryhmätyöskentely, laboratorio-työskentely), kirjallisia tuloksia (esitelmä, posterit, raportti, tentti) tarkastelemalla ja opiskelijoille suunnatulla palautelomakkeella (Liite 1). Tämän lisäksi tutkimuksen yhteydessä vertailtiin opiskelijoiden tenttituloksia aikaisempien vuosien tenttituloksiin. Monipuolisen aineiston avulla pyrittiin parantamaan tutkimuksen luotettavuutta. Palautelomakkeet, joissa oli sekä avoimia että monivalintakysymyksiä, jaettiin opiskelijoille kurssin viimeisen luennon jälkeen. Palautelomakkeessa kiinnitettiin huomiota opiskelijoiden oppimiseen, mutta erityisesti siihen miten projektityö otettiin vastaan ja mikä vaikutus sillä oli opiskeluun. Koska kurssia oli kehitetty merkittävästi, palautekaavakkeen avulla kerättiin tietoa myös uudistusten kokonaisvaltaisesta onnistumisesta ja heikoista puolista.

Tutkimuksen havainnoitsijoina, aineiston kerääjinä ja tutkijoina toimivat kurssin harjoitustyöstä vastaava opettaja ja kurssin luento-opetuksesta vastaava opettaja. Tutkimuksen aikana tutkijat ja tutkittavat (projektiryhmät, harjoitustyö) olivat tapaustutkimukselle tyypillisesti vuorovaikutuksessa keskenään (Syrjälä et al., 1994).

### 3.3. Opetuskokeilun käytännön toteutus

Opetuskokeilu seurasi ongelmaperustaisen oppimisen askelia hieman soveltaen. Projektityön päävaiheet ja ajatus oppimissyklistä on esitetty kuvassa 1. Esimerkiksi Mc Donnell et al. (2007) ja Amarasiriwardena (2007) ovat käyttäneet samankaltaista lähestymistapaa onnistuneesti kemian laboratorio-työkurseillaan.



**Kuva 1.** Projektityöskentelyn päävaiheet ja työn oppimissykli.

Kurssin ensimmäisellä luentokerralla opiskelijoille esiteltiin kurssin toteuttamistapa ja arviointi. Aloituluennon aikana opiskelijat jaettiin ennakkolta määriteltyihin 5–6 opiskelijan projektiryhmiin ja ryhmille esiteltiin tutkimusaiheet. Tutkimusaiheet ja niihin keskeisesti liittyvät aihealueet on esitetty taulukossa 1. Aiheita valittaessa pyrittiin siihen, että niiden ohjaajilla on alustava ajatus mahdollisesta ratkaisusta, mutta ei kuitenkaan kiinteää ratkaisumallia annettuun ongelmaan.

**Taulukko 1.** Tutkimusongelmat ja niihin liittyvät keskeiset aihealueet

Projektiaihe	Keskeiset aihealueet
I. Laitteparametrien vaikutus eri emissioviivojen vasteisiin aksiaalisessa ja radiaalisessa ICP-OES -mittauksessa	ICP-OES, tilastotiede, koesuunnittelu, laiteparametrien optimointi
II. Fosforipitoisuuden määrittäminen metallilejeeringistä ICP-OES:lla	ICP-OES, spektraaliset häiriöt, IEC, happomatriisin vaikutus
III. Erittäin alhaisen rautapitoisuuden määrittäminen. ICP-OES ja GFAAS -menetelmien vertailu	ICP-OES, ETAAS, mittauksen optimointi, menetelmien tilastollinen vertailu, matriisi-vaikutukset (HNO <sub>3</sub> )
IV. Kadmiumin määrittäminen merivesinäytteestä ETAAS:lla	ETAAS, matriisin muuntimet, häiriöt suolamatriisista, lisäysmenetelmä

Tutkimusaiheiden esittelyn jälkeen projektiryhmät järjestäytyivät itsenäisesti. Ryhmä valitsi keskuudestaan projektipäällikön, jonka vastuulla on koko projektin eteneminen laaditun aikataulun mukaisesti. Ryhmän tehtävänä oli järjestäytymisen yhteydessä valita myös muille tarpeellisille osa-alueille vastuuhenkilöt (esim. laitteiston käytön opettelu). Järjestäytymisen jälkeen ryhmät analysoivat ja määrittelivät ongelmaa, etsivät tutkimusaiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja saivat kurssin luennoilla lisätietoa aiheesta. Tässä vaiheessa ryhmille muodostui alustava malli ongelman ratkaisusta. Seuraavassa vaiheessa alustavaa ratkaisumallia pohdittiin tutkimusryhmän ja opettajien (konsulttien) yhteisessä aivoriihessä. Normaalisti PBL:n yhteydessä aivoriihessä ryhmä vasta ideoi ongelman ratkaisua (Huusko, 2001). Tässä tutkimuksessa tarkoitus oli, että konsultit voivat sopivien kysymysten avulla johdatella projektiryhmää kohti realistista ratkaisua, jos aivoriihessä ilmeni, että ryhmän alustava ratkaisumalli oli selvästi mahdoton toteuttaa.

Aivoriihen jälkeen projektiryhmät valitsivat lopullisesti käytettävät menetelmät, tekivät tutkimussuunnitelman valmiiksi ja esittivät suunnitelmansa sekä siihen liittyvän taustateo-

rian projektiryhmien yhteisessä seminaaritalaisuudessa. Seminaaritalaisuudessa myös muilla kurssin opiskelijoilla oli mahdollisuus tehdä tutkimussuunnitelmiin liittyviä kysymyksiä ja parannusehdotuksia. Seuraavassa vaiheessa projektiryhmät toteuttivat käytännön laboratoriotyön mahdollisimman itsenäisesti ja analysoivat saamansa tulokset. Tutkimuksen lopulliset tulokset esitettiin kurssin päättävässä posteritalaisuudessa, jossa oli mahdollisuus ryhmien väliseen keskusteluun tutkimusten tuloksista. Lisäksi tuloksista laadittiin kirjallinen raportti noudattamalla analyttisen kemian julkaisuissa käytettyjä periaatteita.

Yleensä kurssien arviointi perustuu kirjallisten oppimistulosten, kuten raporttien ja tenttien, arviointiin. PBL-menetelmiä sovellettaessa on tyypillistä, että arvioinnissa huomioidaan yksilön ja ryhmän toiminta. Myös koko oppimisprosessin monipuolinen jatkuva arviointi on olennainen osa PBL-menetelmää (Boud & Feletti, 1999). Tässä tutkimuksessa kurssin arvioinnissa huomioitiin sekä projektityö että kurssin salitentti. Kurssin hyväksytty suoritus edellytti projektityön hyväksyttyä suoritusta ja salitentti läpäisyä. Molemmat arvosteltiin asteikolla 1-5 ja kummankin painoarvo loppuarvosanaan oli 50 %. Projektityön kohdalla pyrittiin työn ja oppimisprosessin jatkuvaan arviointiin ja eri osa-alueet arvioitiin taulukossa 2 esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

**Taulukko 2.** Projektityön arvioinnin osa-alueet ja niiden painoarvot.

Osa-alue	Painoarvo / %
Projektisuunnitelma ja sen esittely kaikille kurssilaisille	30
Projektin tulosten esittely	30
Projektissa saadut tulokset ja niiden luotettavuus	10
Projektin loppuraportti	30

## 4. Tutkimuksen tuloksia

### 4.1. Projektityöskentely analyttisen kemian kurssin yhteydessä

Tutkimuksen aikana tehdyt havainnot osoittivat, että opiskelijat ottivat projektimuotoisen työskentelytavan pääosin innostuneesti vastaan. Projektiryhmien järjestäytyminen, tiedonhaku ja ryhmäytyminen alkoi välittömästi ensimmäisen luentokerran jälkeen. Aivoriihen jälkeen ryhmät viimeistelivät tutkimussuunnitelmansa ja toteuttivat mittaukset lähes itsenäisesti. Kokonaisuutena ryhmät työskentelivät motivoituneesti koko kurssin ajan yhteisen projektityön eteen. Tutkimuksen aikana tehtyjen havaintojen ja monivalintakysymysten avulla kerätyn opiskelijapalautteen (Taulukko 3) perusteella projektityöskentely sopii harjoitustyöksi analyttisen kemian kurssille.

Harjoitustyössä projektiaiheiden valinnalla on suuri merkitys työskentelymotivaation ja töiden onnistumisen kannalta. Havaintojen ja projektiryhmien kirjallisten tuotosten (posteerit, raportit) perusteella voidaan sanoa, että projektiaiheiden valinta ja rajausta olivat pääosin onnistuneet. Projekteissa I–III (Taulukko 1) opiskelijat pääsivät onnistuneeseen lopputulokseen. Esimerkiksi laiteparametrienvaikutus eri emissioviivojen vasteisiin aksiaalisessa ja radiaalisessa ICP-OES-mittauksessa tutkinut ryhmä sai erinomaisia tuloksia yhdistämällä aikaisemmalla kurssilla opetetun tilastollisen koesuunnittelun tutkimukseensa. Aihe IV osoittautui erittäin haastavaksi ja olisi vaatinut runsaasti lisätutkimuksia, jotta lopullinen ratkaisu olisi löytynyt. Projekti IV jäi lopputuloksiltaan hieman vajaaksi. Projektiryhmä siirtyi kuitenkin tulosten raportoinnin yhteydessä uudelleen ongelman määrittelyyn (Kuva 1) ja esitti loppuraportissa mielenkiintoisia havaintoja käytettyjen matriisinmuuntimien yhdysvaikutuksista ja mahdollisista jatkotutkimuksista.

Yksi uudistuksen tavoitteista oli, että harjoitustöihin valitut projektiaiheet olisivat hyvin linjassa kurssin osaamistavoitteiden sekä opiskelijoilla jo olemassa olevan tiedon ja kurssilla opittavan uuden tiedon kanssa. Monivalintakysymyksistä saadun opiskelijapalautteen perusteella harjoitustyö täydensi luentoja (Taulukko 3). Myös palautekaavakkeen avoimiin kysymyskenttiin kirjoitetuista vastauksista kävi ilmi, että opiskelijoiden mielestä käytäntö ja teoria yhdistyivät kurssilla ja harjoitustyö syvensi luennoilla opittua tietoa.

’Paljon käytäntöä ja teoriaa. Harjoitustyö oli omiaan syventämään kurssilla opittuja asioita.’

Tutkimuksessa pyrittiin kiinnittämään erityistä huomiota harjoitustyön kuormittavuuden arviointiin. Kuormittavuutta tutkittiin esimerkiksi palautekaavakkeen monivalintakysymyksen ”Kurssilla oli opintopisteisiin nähden sopivasti tekemistä” avulla. Tutkimuksen aikana selvisi, että opiskelijaryhmät käyttivät suunnitteluun, käytännön työskentelyyn ja raportointiin arvioitua enemmän aikaa. Tämä kävi ilmi palautekaavakkeen kuormittavuutta koskeneen monivalintakysymyksen vastausjakaumasta (Taulukko 3) sekä palautekaavakkeen avoimiin kenttiin kirjoitetuista kommentteista, joista suurin osa kohdistui kurssin kuormittavuuteen.

’Kurssin työmäärään nähden opintopisteiden määrä on liian alhainen.’

’Opintopisteiden määrä olisi hyvä suhteuttaa työmäärään’

Vaikka kurssi oli kuormittava, opiskelijat kokivat että oppimismuotona harjoitustyön ja luentojen yhdistelmä oli tehokas:

’Tehokas oppimismuoto. Liian tiukka aikataulu’

’Paljon työtä, mutta oppii enemmän’

**Taulukko 3.** Vastausjakauma palautekaavakkeen projektityöskentelyä koskeviin monivalintakysymyksiin (n = 15).

	% -osuus vastauksista				
	Täysin eri mieltä	Jokseenkin eri mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
Projektimuotoinen työskentely sopii kurssin harjoitustyöhön	0	0	7	27	67
Luennot ja harjoitustyö täydensivät toisiaan	0	7	13	40	40
Kurssilla oli opintopisteisiin nähden sopivasti tekemistä	53	20	13	13	0

## 4.2. Harjoitustyön vaikutus oppimistuloksiin

Projektiryhmien työskentelyn havainnointi ja kirjallisten töiden tarkastelu osoitti, että ongelmakeskeiseen oppimiseen pohjautuvan harjoitustyön käyttöönotolla oli vaikututusta opiskelijoiden työntekoon. Havaintojen perusteella näyttää siltä, että kurssiin tehdyt uudistukset aktivoivat opiskelijoita itsenäiseen työskentelyyn. Opiskelijat kokivat tärkeäksi sen, että työskentelyssä edetään oman työn suunnittelusta aina uuden tiedon tuottamiseen. Opiskelijapalautteen perusteella projektimuotoisella työskentelyllä on mahdollista kehittää ryhmätöitä ja lisätä vastuunottoa omasta työskentelystä. Nämä seikat käyvät ilmi myös palautekaavakkeen avoimiin kysymyskenttiin kirjoitetuista kommentteista, joista muutamia esimerkkejä seuraavassa:

'Oli mielenkiintoista tehdä projektityö aloittamalla kirjallisuustutkimuksesta aina käytännön mittauksiin.'

'For me it was important that in project like this you need to figure out something new.'

'Isossa ryhmässä työskentely oli hyvin antoisaa. Tällainen projektimuotoinen työ pakottaa jokaisen opiskelijan tekemään paljon töitä yhteisen tavoitteen onnistumiseen.'

'Harjoitusta projektityöskentelyyn: vastuunjako, mitä kukin tekee yksin ja mitä tehdään yhdessä.'

Yksi kurssin tavoitteista oli tutustua luentojen ohella käytännössä opetettaviin laitetekniikoihin. Tutkimuksen aikana tehtyjen havaintojen ja opiskelijapalautteen perusteella käytetyn opetusmenetelmän avulla opiskelijat oppivat kurssin aikana jonkin verran käytännön työskentelyä laitteilla ja samalla opiskelijoille tarjoutui mahdollisuus tutustua laitetekniikoihin.

'Harjoitustöissä opin oikeasti vähän käyttämään laitetta ja tulkitsemaan saatuja tuloksia'



Harjoitustyön aikana opiskelijat esittivät tuloksiaan sekä suullisesti että kirjallisesti. Harjoitustyössä opiskelijoilla olikin mahdollisuus harjoitella ja kehittää esiintymis- ja raportointitaitojaan. Opiskelijoiden esitelmien, postereiden ja raporttien tarkastelu osoitti, että näiden työelämässä oleellisten taitojen harjoittelu on tärkeää.

Opetuskokeilun vaikutusta oppimistuloksiin arvioitiin myös vertaamalla tutkimusvuoden 2010 tenttituloksia vuosien 2006 ja 2008 tuloksiin (Taulukko 4). Verrattaessa aiempien vuosien tenttituloksia tutkimusvuoden tenttituloksiin ei ole havaittavissa eroa. Tuloksia vertailtaessa on huomioitava, että aikaisempina vuosina kurssin osallistujamäärät olivat huomattavasti alhaisempia kuin tutkimusvuonna.

**Taulukko 4.** Atomispektrometriset menetelmät kurssin tutkimusvuoden 2010 tenttitulosten vertailu vuosien 2006 ja 2008 tuloksiin.

Vuosi	<i>n</i>	Mediaani	Keskiarvo	Keskihajonta
2006	7	2	2,3	1,1
2008	6	3	3,0	0,9
2010	23	3	2,9	1,1

## 5. Pohdinta

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa ongelmakeskeinen oppimisen periaatteita noudattelevan projektimuotoisen harjoitustyön soveltuvuudesta Atomispektrometriset menetelmät kurssille. Erityishuomioita tutkimuksessa kiinnitettiin opiskelijoiden työskentelyn, oppimisen seurantaan ja kuormittavuuden tarkasteluun sekä siihen miten hyvin valitut projektiaiheet soveltuivat kurssille. Tutkimuksen aikana vahvistui käsitys siitä, että tämänkaltaisessa työskentelytavassa esimerkiksi työn kuormittavuuden arviointiin ja projektiaiheiden valintaan on kurssin suunnitteluvaiheessa kiinnitettävä erityistä huomiota. Projektiaiheiden tulee täydentää luentoja, jolloin käytäntö ja teoria yhdistyvät ja projektityö syventää sekä konkretisoi luennoilla opittua tietoa. Projektimuotoisen työskentelyn kuormittavuuden etukäteisarviointi osoittautui vaikeaksi ja työ koettiin liian laajana suhteessa kurssin opintopisteisiin. Tässä suhteessa tutkimuksen tulokset ovat linjassa aikaisemmissa tutkimuksissa saatujen tulosten kanssa (Mc Donnell et al., 2007; Yuzhi 2003).

Tämän tutkimuksen perusteella näyttää, että käytännön läheinen projektityö lisää opiskelijoiden työskentelymotivaatiota. Esimerkiksi Belt et al. (2002) ovat tutkimuksessaan havainneet motivaation lisääntymisen käytännön PBL-työskentelyn yhteydessä. Lisäksi tehty opetuskokeilu vahvisti aiemmin kirjallisuudessa esitetyt havainnot (Belt et al., 2002), joiden mukaan ongelmakeskeisen oppimisen periaatteita noudattelevan opetusmenetelmän

avulla on mahdollista luontevasti integroida aiemmin opittua tietoa, luennoilla opittua ja kirjallisuudesta löytynyttä tietoa toisiinsa. PBL muotoisten harjoitustöiden yhteydessä on aiemmin havaittu positiivista kehitystä opiskelijoiden ryhmätyötaitoissa (Belt et al., 2002; Williams et al., 2010). Toisaalta esimerkiksi Mc Donnell et al. (2007) havaitsivat tutkimuksessaan, että ryhmätyöskentely saattaa olla haastavaa erityisesti opiskelijoille, jotka eivät ole tottuneet siihen. Tämä opetuskokeilu osoittaa, että projektimuotoisella työskentelyllä on mahdollista kehittää opiskelijoiden ryhmätyötaitoja, ja samalla vastuunottoa omasta sekä ryhmän työskentelystä. Kaikki nämä ovat osa-alueita, joita opiskelijat tarvitsevat valmistumisen jälkeen työelämässä.

Opetuskokeilussa tehtyjen uudistusten johdosta harjoitustyössä tapahtui oppimisen kannalta positiivinen muutos passiivisesta opettajavetoisesta työskentelystä opiskelijalähtöiseen aktiiviseen itsenäiseen työskentelyyn. Tämän seurauksena opiskelijat harjoittelivat kurssin aikana kokeiden suunnittelua ja itsenäistä ongelmanhahmotusta. Tutkimuksen tulokset ovat tältä osin yhteneviä aikaisempien tutkimusten kanssa (Belt et al., 2002). Kurssin opiskelijat kokivat tärkeäksi sen, että työskentelyssä edetään oman työn suunnittelun ja toteutuksen kautta aina uuden tiedon tuottamiseen. Lisäksi opiskelijat saivat itsenäisen toteutuksen aikana käytännön kokemusta laboratoriotyöskentelystä ja käytetyistä laitetekniikoista. Yksi PBL perusteisen projektityöskentelyn etu keittokirjamaiseen laboratoriotyöskentelyyn verrattuna on, että sen avulla on mahdollista saavuttaa monipuolisempi kuva käytetyistä tekniikoista ja niiden erityispiirteistä (Mc Donnell et al., 2007).

Projektityön arviointi oli kurssin suunnitteluvaiheessa jaettu neljään osa-alueeseen (Taulukko 2), joista jokaisella oli oma painotuksensa loppuarvosanaan. Kurssin opettajien kokemusten perusteella arvioitavien osa-alueiden avulla oli mahdollista saada kokonaiskuva projektiryhmän työskentelystä ja työn tuloksista. Tulevaisuudessa projektityön jatkuvaa arviointia kehitetään edelleen ja arviointia varten laaditaan arviointimatriisi, jonka avulla projektityön kokonaisarviointia ja erityisesti käytännön työskentelyn arviointia on mahdollista tehdä entistä monipuolisemmin. Arviointimatriisin avulla tapahtuvasta jatkuvasta arvioinnista on aiemmin saatu laboratorioharjoitusten yhteydessä hyviä kokemuksia (Niemi et al. 2010).

## 6. Yhteenveto

Tutkimuksen tulosten perusteella käytetty projektimuotoinen lähestymistapa soveltuu tiiviin luentokurssin yhteyteen. Opiskelijat ottivat käytetyn opetusmenetelmän hyvin vastaan ja työskentelivät motivoituneesti kurssin aikana. Saatujen tulosten perusteella projektiaiheiden valintaan on kurssin suunnitteluvaiheessa kiinnitettävä erityistä huomiota. Tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että tasoltaan sopivasti valittujen aiheiden avulla projektiryhmät käyttävät ongelmanratkaisun yhteydessä monipuolisesti aikaisemmin oppimaansa ja kurssin luennoilla opetettua tietoa, mutta samalla myös etsivät uutta tietoa

esimerkiksi alan kirjallisuudesta. Kurssin kuormittavuuden arviointiin kiinnitetään tulevaisuudessa enemmän huomiota ja kurssia tullaan keventämään jonkin verran esimerkiksi raportointia helpottamalla. Lisäksi kurssia kehitetään siten, että yhä merkittävämpi osa kurssin luennoista olisi mahdollista käyttää projektityöskentelyyn. Tutkimuksen tulokset ja kokemukset projektimuotoisesta harjoitustyöstä ovat niin rohkaisevia, että tulevaisuudessa samanlaista projektimuotoista työskentelytapaa pyritään soveltamaan myös muille analyttisen kemian kursseille.

## Kiitokset

Tämä tutkimus on tehty Oulun yliopistossa osana yliopisto opettajan pedagogisten opintojen ainedidaktiikan opintokokonaisuutta. Kiitän kurssin osallistujia ja ohjaajia kommentista tutkimukseni aikana.

## Lähteet

- Amarasiriwardena, D. (2007). Teaching analytical atomic spectroscopy advances in an environmental chemistry class using a project-based laboratory approach: investigation of lead and arsenic distributions in a lead arsenate contaminated apple orchard. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 388, 307–314.
- Belt, S. T., Evans, T., McCree, T., Overton, T. L. & Summerfield, S. (2002). A problem based learning approach to analytical and applied chemistry. *University Chemistry Education*, 6, 65–72.
- Boud, D. & Feletti, G. (toim.) (1999). Ongelmalähtöinen oppiminen, uusi tapa oppia. Helsinki: Terra Cognita.
- Cunningham, J. B. (1997). Case study principles for different types of cases, *Quality & Quantity*, 31, 401–423.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2007). Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry education: Research and practice*, 5, 247–264, ja siinä mainitut viitteet.
- Huusko, R., Jokinen, S. & Sarajärvi, T. (2001). Ongelmaperustaisen oppimisen seitsemän vaihetta. (<http://www oulu.fi/opetkeh/kehtoimi/PBL/seitsemänaskelta.html>, luettu 5.3.2012)
- Johnstone, A. H. & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5, 42–51.
- Larive, C. K. (2004). Problem-based learning in the analytical chemistry laboratory course. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 380, 357–359.
- Mc Donnell, C., O'Connor, C. & Seery, M. K., (2007). Developing practical chemistry skills by means of student-driven problem based learning mini-projects. *Chemistry Education Research and Practice*, 8, 130–139.
- Niemelä, M., Kaila, L., Suni, S. & Perämäki, P. (2010). Laboratorioharjoitusten arviointia kehittämällä kohti parempia oppimistuloksia. Teoksessa M. Aksela, J. Pernaa & M. Rukajärvi-Saarela (toim.), Tutkiva lähestymistapa kemian opetukseen, V Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät –symposiumikirja. Helsinki: Kemian opetuksen keskus Kemma, Helsingin yliopisto.

- Pitkäaho, S., Ojala, S., Heponiemi, A., Turpeinen, E., Huuhtanen, M., Kolli, T., Saukkoriipi, J., Prokkola, H., Niemelä, M., Kangas, T., Lassi, U. & Keiski, R. (2009). Catalyst preparation project – Novel means to carry-out the Bachelor's Thesis works. Teoksessa Proceedings from 2009 Northeast American Society of Engineering Education Conference.
- Rautiainen, J. (2012). Kehittämistutkimus: Ongelmalähtöinen kokeellinen kemian korkeakouluopetus. Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutusyksikön väitöskirjat. Helsinki: Unigrafia.
- Soininen, M. (1995). Tieteellisen tutkimuksen perusteet. Turku: Turun yliopisto.
- Syrjälä, L. (1994). Tapaustutkimus opettajan ja tutkijan työvälineenä. Teoksessa L. Syrjälä, S. Ahonen, E. Syrjäläinen, & S. Saari, Laadullisen tutkimuksen työtapoja. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Williams, D. P., Woodward J. R., Symons S. L. & Davies D. L. (2010). A Tiny Adventure: the introduction of problem based learning in an undergraduate chemistry course. Chemistry Education Research and Practice, 11, 33–42.
- Yuzhi, W. (2003). Using problem-based learning in teaching Analytical Chemistry. The China Papers, July 2003, 28–33.

## Liite 1: Palautelomake

### 781637S Atomispektrometriset menetelmät 4 op PALAUTEKAAVAKE

Nimi \_\_\_\_\_  
(voit palauttaa myös nimettömänä)

Jatka vastauksia tarvittaessa kääntöpuolelle.

Täysin eri mieltä  
Jokseenkin eri mieltä  
En osaa sanoa  
Jokseenkin samaa mieltä  
Täysin samaa mieltä

Kurssin asiasisältö oli lähtötasooni nähden sopiva.					
Projektimuotoinen työskentely sopii kurssin harjoitustyöhön.					
Luennot ja harjoitustyö täydensivät toisiaan.					
Luentomateriaali oli selkeä ja hyvin jäsenetty.					
Kurssilla oli opintopisteiden määrään nähden sopivasti tekemistä.					
Kurssi vastasi odotuksiani.					

Mitä opin luentojen ja harjoitustyön yhteydessä? Mitä olisin vielä halunnut oppia?

---

---

---

Mitä hyviä ja huonoja puolia projektimuotoisessa harjoitustyössä oli?

---

---

---

Mikä sinun mielestäsi meni pieleen kurssilla ja mitä pitäisi kehittää edelleen?

---

---

---

Muita kommentteja luennoista harjoitustyöstä, ohjeista, opetuksesta jne.?

---

---

---

Minkä kokonaisarvosanan antaisit kurssista? (skaala, hyl, 1-5)

**KIITOKSET PALAUTTEESTASI!  
KEHITÄMME KURSSIA PALAUTTEESI AVULLA.**

