



Maija Aksela & Marja Montonen (Toim.)

Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin

Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät
29.–30.3.2007 Helsinki

Osa IV
Korkeakoulut

Uusia lähestymistapoja kemian
opetukseen perusopetuksessa



Sisällys

Kemian laitoksen uudet opetusohjelmat – toiko tutkinnonuudistus uutta sisältöä?	3
Tutkintorakenteen uudistaminen Teknillisessä korkeakoulussa Kemian tekniikan osastolla: mahdollisuuksia ja haasteita	9
Kemian perusosaaminen pohjana insinööritaidoille	14
Roolileikit korkeakouluopetuksessa	18
Kohti opiskelijälähtöistä verkkokurssia – TKK:n orgaanisen kemian laboratorio	20
PALAVA-projekti: Kemian opiskelijoiden mentaaliset mallit Boylen laista	30
Kemian opettajaopiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta	47
LIITTEET	
1 Kemian opetuksen päivien yhteistyökumppanit	60
2 Ohjelma	60
3 Abstraktit, joista ei ole kirjassa artikkelia	60
4 Valokuvia päiviltä	61
5 Luentokalvoja päiviltä	61



Kemian laitoksen uudet opetusohjelmat – toiko tutkinnonuudistus uutta sisältöä?

Mikko Oivanen
Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tutkinnonuudistus ja Bolognan prosessi toivat mukanaan joitakin muutoksia yliopiston opetukseen. Tutkintojärjestelmä muutettiin kaksiportaiseksi ja alempi korkea-koulututkinto (kandidaatti) palasi käyttöön pakollisena suorituksena – vajaan 30 vuoden tauon jälkeen. Yliopiston kemian koulutusohjelmassa muutos ei aiheuttanut pääaineopintoihin kovin suurta mullistusta, koska opetusohjelma on jo aiemmin jaksotunut paljolti uuden järjestelmän edellyttämällä tavalla. Joitakin uusia elementtejä tutkintoon kuitenkin on tullut. Näiden johdosta sekä opiskelijoiden että opettajien työ määrä hieman kasvaa. Uusia suorituksia ovat mm. kandidaattitutkielma ja siihen liittyvä tutkimusharjoittelu sekä henkilökohtainen opintosuunnitelma (hops). Maisteriopinnoissa uusi tutkintojärjestelmä ei sinänsä edellytä käytännössä suuria muutoksia, mutta opetusohjelmien sisällöt on uudistusvaiheessa kuitenkin tarkastettu ja järjestelty uudelleen. Opintojen kokonaislaajuus FM tasoon saakka kasvaa ja ohjeellinen suoritusaika venyy neljästä vuodesta viiteen (3 + 2). Suuri osa lisäyksestä aiheutuu pääainetta tukevista yleisopinnoista ja valinnaisista opintojaksoista. Uusi järjestelmä tuo myös uusia mahdollisuuksia. Euroopan laajuisesti tutkintojen harmonisoinnilla on tarkoitus helpottaa liikkuvuutta. Esimerkiksi maisteritutkinto voidaan entistä yksinkertaisemmin suorittaa eri korkeakoulussa kuin kandidaatintutkinto. Erillisiä maisteriohjelmia voidaan luoda erikoisalojen tarpeisiin. Helsingin yliopiston kemian laitoksella on perustettu toistaiseksi yksi kansainvälinen maisteriohjelma, ja uusia suunnitellaan aktiivisesti. Kansainvälistyminen on laitoksella ja yliopistossa muutenkin selvästi näkyvä suuntaus. Myös jatko-opiskelijoista entistä suurempi osa on kansainvälisiä.

Avainsanat:

Helsingin yliopisto, kemian laitos, opetusohjelma, tutkinnonuudistus

Johdanto

Suomen yliopistoissa toteutettiin 1980-luvun alussa laaja tutkinnonuudistus. Silloin muun muassa tutkinnoista poistettiin pakollinen alempi tutkinto (kandidaatti) ja suurelta osin purettiin arvosanakokonaisuudet. Alettiin suorittaa opintoviikkoja. Tutkintoon pyrittiin luomaan vaihtelun mahdollisuuksia ja mahdollistamaan joustavammat henkilökohtaiset tutkintokokonaisuudet. Lisäksi tutkintoon tuotiin pääaine- ja sivuaineopintojen rinnalle kaikille pakolliset kieliopinnot ja yleisopinnot. Näin kannettiin huolta myös opiskelijoiden yleissivistyksestä ja yhteiskunnan tiedostamisesta. Korkeakoulu pyrki siis ottamaan vastuuta opiskelijan valmiuksista laajemminkin kuin vain oman tieteenalan tuntemisen osalta.

Eurooppalaisen koulutusjärjestelmän yhtenäisyyden nimissä toteutettu Bolognan prosessi palauttaa jossain määrin ennen edellistä uudistusta vallinneita käytäntöjä. Helsingin yliopistossa vuoden 2005 jälkeen aloittaneet opiskelijat suorittavat jälleen kandidaatintutkinnon pakollisena välietappina. Opinnot jaksotetaan perinteiseen



tapaan, joskin approbatur-, cumlaude- ja laudatur-kokonaisuuksien sijaan puhutaan perus- ja aineopinnoista (kandidaattivaihe) ja syventävistä opinnoista (maisterintutkinto). Kemian koulutusohjelmassa on tosin jatkuvasti noudatettu vastaavaa jak-sotusta, joten sen suhteen uudistus eimerkitsemullistusta. Opintojaksojen laajuus ilmaistaan jatkossa opintopisteinä opintoviikkojen sijasta. Opintopiste vastaa laskennallisesti opiskelijan 26,6 tunnin työpanosta, kun opintoviikko vastasi ohjeellisesti yhtä työviikkoa (40 h).

Kandidaatintutkinnon rooli

Kemian koulutusohjelmassa, kuten yliopiston koulutusohjelmissa yleisestimuutenkin, kandidaatintutkinnon päätavoitteeksi on asetettu maisteriopintoihin valmentaminen. Työelämäorientaatio on jo tutkintosäännössä määrättyä tärkeänä elementtinä mukana heti opintojen alkuvaiheessa, mutta kandidaattiopintojen aikana ei pystytä käytännössä hankkimaan työelämässä tarvittavia tieteenalan hallinnan, itsenäisen työskentelyn tai projektin johtamisen edellyttämiä valmiuksia. Nämä kehittyvät vasta maisteriopintojen ja mahdollisen jatkokoulutuksen myötä.

Kandidaatintutkinnossa kuitenkin jo harjoitellaan tutkimustyötä ja tutkielman kirjoittamista. Tutkimusharjoittelu ja tutkielman laatiminen ovat ainakin allekirjoittaneen mielestä hyvin tervetullut lisä koulutusohjelmaan. Aiemmassa tutkinnossa näiden taitojen harjoittelu jäi usein liian vähäiseksi, ja opiskelija joutui usein vasta pro gradu -vaiheessa perehtymään tiedonhankintaan, tietokantojen ja kirjallisuuden käyttöön sekä laajojen aihekokonaisuuksien hallintaan. Taitojen harjoittelu suppeamman tutkielman puitteissa varmasti helpottaa gradun laadintaa ja madaltaa siinä vaiheessa suorituskynnystä.

Kandidaatintutkinto on ensimmäinen porras uudessa tutkintojärjestelmässä. Sen laajuus on 180 opintopistettä ja ohjeellinen suoritusaika 3 vuotta. Sitä seuraavat maisteriopinnot, joiden laajuus on 120 op (2 vuotta). Jatkotutkinto (FT, n. 4 vuotta) muodostaa tutkintorakenteen kolmannen portaan. Tohtorikoulutuksen sovittaminen uuteen järjestelmään on vielä valmistelussa. Opinto-oikeus myönnetään heti aluksimaisterintutkintoon saakka, mutta Bolognan prosessin yhtenä päämääränä on opiskelijoiden liikkuvuuden helpottaminen. Kandidaatintutkinnon jälkeen opiskelija voi jatkaa opintojaan suoraan saman laitoksen maisterikoulutusohjelmassa, mutta tutkintojen yhtenäistämisen myötä on mahdollista myös siirtyä joustavasti suorittamaan maisteriopintoja jossain muussa yliopistossa. Yhtenäinen kandidaatintutkinto antaa tähän edellytykset.

Lähiuosina on mielenkiintoista seurata, tuleeko liikkuvuus myös kansainvälisesti olemaan käytännössä aiempaa joustavampaa jamuovautuvatko eri yliopistojen koulutusohjelmat lopulta odotetun yhtenäisiksi. Kulttuuriperintö ja kansalliset erityispiirteet tunnetusti vaikuttavat eri maiden koulutusjärjestelmissä hyvin vahvasti. Harmonisointipyrkimys on kuitenkin Euroopan laajuisesti julkituotu. Kemian tutkinnoissa yhtenäistämistavoitetta on tehostettu Chemistry Eurobachelor -ohjelmalla, jonka luomista tukee tärkeänä taustaorganisaationa IUPAC. Helsingin yliopiston kemian koulutusohjelma sai Eurobachelor-lisenssin ensimmäisenä Euroopassa vuonna 2005. Ohjelman tavoite on taata kemian tutkintojen yhteensopivuus ja



tasovaatimukset, ja siten helpottaa kansainvälistä opiskelijavaihtoa. Myös kansainvälisten maisteriohjelmien rakentaminen edellyttää yhteistä koulutuspohjaa. Helsingin yliopiston kemian laitos on mukana yhdessä kansainvälisessä maisteriohjelmassa (Advanced Spectroscopy in Chemistry), joka on perustettu seitsemän eurooppalaisen yliopiston yhteistyönä.

Opintojen sisältö

Pääaineopinnot

Kemian opinnoissa noudatetaan edelleen klassista työnjakoa erikoistumisalojen kesken (yleinen kemia, epäorgaaninen, orgaaninen ja fysikaalinen kemia). Näille kaikille on määrätty oma osuutensa myös Eurobachelor-kokonaisuudessa. Peruskemian ohella kurssivalikoimaan kuuluu spektroskooppisiin menetelmiin tutustuminen ja matemaattisten taitojen vahvistaminen (Matematiikkaa kemisteille). Pakollisten jaksoiden ohella tarjotaan esimerkiksi biologista kemiaa sekä laitoksen erikoistumisalojen valinnaiskursseja. Kemian perus- ja aineopinnot kokonaisuus on kuitenkin pääaineopiskelijoille yhteinen ja valmiiksi harkittu peruspaketti, joka ei vielä tähtää erikoistumiseen eikä valinnaisuuksien osuus ole merkittävä. Tutkimusharjoittelu (9 op) ja kandidaatintutkielma (6 op) suoritetaan vasta, kun muut pääaineopinnot on suoritettu.

Kemian opintoja tukevat opinnot

Sivuaineopinnoissa uusi tutkintojärjestelmä antaa periaatteessa varsin suuren valinnanvapauden, joskin sivuaineiden on oltava kemian opintoja ja opiskelijan tutkintotavoitteita tukevia. Sivuaineeksi valitaan joko kahden aineen perusopinnot (25 op) tai yhden aineen perus- ja aineopintokokonaisuus (60 op). Tärkeimpien oheistaitojen – matematiikan, fysiikan, tietojenkäsittelyn ja kielitaidon – perusvaatimukset on kuitenkin huomioitu erikseen. Muihin pakollisiin opintoihin kuuluvat mm. Turvallinen työskentely laboratoriossa (3 op), Kemian tietolähteet (3 op), tieto- ja viestintätekniikan opinnot (5 op), äidinkielen opinnot (3 op) sekä toinen kotimainen kieli (3 op) ja yksi vieras kieli (4 op).

Pakollisiin kursseihin kuuluu myös opinnot ensimmäisenä syksynä aloittava kurssi Kemia tutuksi (2 op), joka johdattaa opiskelijat kemian opintojen alkuun tutustuttaen yliopiston ja laitoksen toimintatapoihin. Kurssin kuluessa valaistetaan myös hieman laitoksen tutkimustoiminnan sisältöjä ja tavoitteita. Tämä kurssi on tärkeä osa alkuvaiheen opintojen ohjausta. Sen tarkoituksena on antaa aloittaville opiskelijoille kuva kemian opintojen tarjoamista mahdollisuuksista ja siten motivoida ja sitouttaa opintoihin.

Opintojen ohjaukseen on kiinnitetty muutenkin entistä enemmän huomiota. Jokainen opiskelija laatii heti opintojen alussa kokeneen opettajan ohjauksessa henkilökohtaisen opintosuunnitelman (hops). Opiskelija asettaa tällöin itselleen sisällölliset ja aikataululliset tavoitteet koko tutkinnon suorittamisen varalle. Suunnitelman toteutumista ja sen korjaustarpeita seurataan ohjaajan kanssa säännöllisesti opintojen edistyessä.



TAULUKKO. Luonnontieteiden kandidaatin ja filosofian maisterin tutkintojen rakenne Helsingin yliopiston kemian koulutusohjelmassa

Luonnontieteiden kandidaatti (180 op) (Chemistry Eurobachelor -luokitus)
1. Pakolliset perus- ja aineopinnot (96 op)
<i>Epäorgaaninen kemia (28 op).</i> Yleinen kemia, Liuoskemian perusteet, Epäorgaaninen kemia, Epäorgaanisen kemian perustyöt (työt yht. 12 op).
<i>Orgaaninen kemia (26 op)</i> Orgaaninen kemia I, Orgaaninen kemia II, Orgaanisten yhdisteiden rakenteiden selvittäminen, Biologinen kemia, Orgaanisen kemian perustyöt I ja II (työt yht. 11 op).
<i>Fysikaalinen kemia (24 op)</i> Matematiikkaa kemisteille, Atomien ja molekyylien rakenne, Termodynamiikka ja dynamiikka, Fysikaalisen kemian perustyöt A, T ja D (työt yht. 7 op).
<i>Vaihtoehtoiset opinnot (3 op)</i> Johdatus polymeerikemiaan, Radiokemian perusteet I, Instrumenttianalytiikan perusteet, Johdatus ympäristökemiaan tai Johdatus laskennalliseen kemiaan.
<i>Tutkimusharjoittelu, 9 op</i> <i>Kandidaatintutkielma, 6 op</i>
2. Sivuaineet (väh. 50 op) Sivuaineopinnot koostuvat joko kahden eri aineen perusopinnoista (25 + 25 op) tai yhden aineen perus- ja aineopinnoista 60 op.
3. Muut opinnot (34 op)
<i>Pakolliset opinnot (24 op)</i> Kemia tutuksi, Turvallinen työskentely laboratoriossa, Kemian tietolähteet, Henkilökohtainen opintosuunnitelma, Tieto- ja viestintätekniikan opinnot, Äidinkieli, Toinen kotimainen kieli, Vieras kieli, Työelämäharjoittelu.
<i>Vapaasti valittavat opinnot (10 op)</i> Eurobachelor-luokituksen saamiseksi opiskelijan on sisällytettävä opintoihinsa fysiikan ja matematiikan opintoja yhteensä 15 op.
*Tutkinto voidaan suorittaa myös ilman Eurobachelor luokitusta, jolloin valinnaisuutta on hieman enemmän. *Kemian opettajan koulutusohjelmassa perus- ja aineopintojen kokonaisuus on suppeampi (74 op), eikä siihen sisälly esim. tutkimusharjoittelua. Opettajan sivuaineisiin sisältyy pakollisena pedagogisten opintojen kokonaisuus (25 op).
Filosofian maisterin tutkinto (120 op)
<i>Erikoistumislinjat</i> Analyttinen kemia, Epäorgaaninen kemia, Fysikaalinen kemia, Orgaaninen kemia, Polymeerikemia, Radiokemia, Kemian opettaja
<i>Kemian syventävät opinnot (80–84 op)</i> Tähän sisältyy Pro gradu -tutkielma ja kypsyyssnäyte 40 op (sisältää kokeellisen osan ja seminaariesitelmän)
Muut opinnot (36–40 OP) Henkilökohtainen opintosuunnitelma (1 op) -Muut opinnot ovat vapaasti valittavia. Niihin voi sisällyttää sivuaineiden opintokokonaisuuksia tai kemian syventäviä opintojaksoja. -Kemian opettajan koulutusohjelmassa suoritetaan pakollisena sivuaineena pedagogiset opinnot (35 op).

Maisterikoulutuksen muutokset

Maisterintutkinto voidaan suorittaa Helsingin yliopiston kemian koulutusohjelmassa kuudella erikoistumislinjalla, minkä lisäksi aineenopettajakoulutuksessa on oma



tutkintorakenteensa (aineenopettajalinjan ohjelma eroaa jo kandidaattivaiheessa jonkin verran kemian koulutusohjelmasta).

Erikoistumislinjat painottavat omissa opetusohjelmissaan oman alansa erityistarpeita, joten kurssiohjelmien rakenne ja valinnaisuuden asteet jonkin verran vaihtelevat. Vaatimuksiin kuuluu kuitenkin oman alan syventäviä opintoja 80–84 op, mihin sisältyy pro gradu -tutkielma (40 op). Muita opintoja suoritetaan tällöin vastaavasti 36–40 op. Näihin sisältyy henkilökohtainen opintosuunnitelma (hops, 1 op), mutta muut opinnot ovat vapaasti valittavia. Näin ollen maisterintutkintoonkin voi sisällyttää sivuaineita sekä pääainetta tukevia opintoja omien tavoitteidensamukaan. Kemian laitoksen laaja opetustarjonta antaa luonnollisesti runsaastimahdollisuuksia täydentää kemian tuntemustaan muiden erikoistumislinjojen opintojaksoilla.

Pro gradu -tutkielma (40 op) sisältää sekä käytännön tutkimusosuuden että kirjallisuustutkielman. Aiemmassa tutkintojärjestelmässä nämä olivat erillisinä opintojaksoina (erikoistyö 14 ov ja tutkielma 15 ov). Se, että molemmat kirjoitetaan samaan kokonaisuuteen toivottavasti korostaa tutkimustyön pitkäjänteisyyttä ja laajojen kokonaisuuksien hallintaa. Opiskelijalla on mahdollisuus sitoa omat tutkimustuloksensa tiiviimmin alansa yleiseen kehikseen ja kehityssuuntiin.

Kehityksen suuntia

Kuten edellä on todettu, tutkinnonuudistus ei sinänsä edellytä suuria muutoksia opetusohjelman sisältöön, mutta uudistus on luonnollisesti taitekohta, jossa voidaan tarkastella opetuksen toteutusta ja tavoitteita. Uusiakin kursseja on siis suunniteltu ja olemassa olevia uudistettu.

Opetusohjelmassa kiinnitetään jatkuvasti enemmän huomiota opintoja tukeviin oheistaitoihin. Tieto- ja viestintätekniikan jakso on sisällytetty ohjelmaan pakollisine soveltavine osineen, samoin kuin äidinkielen opintojakso jo aiemmin mukana olleiden kieliopintojen ohella. Koska tutkinnon kokonaislaajuus on kasvanut, lisääntyneet oheisvaatimukset eivät tällä kertaa ainakaan Helsingin yliopiston kemian koulutusohjelmassa ole vähentäneet oman alan opintoja. Uudet vaatimukset ovat sen sijaan pidentäneet tutkinnon ohjeellista suoritusaikaa. Näin ollen uudistus on jonkin verran vastaan yleistä opintoaikojen lyhentämisen tavoitetta. Ratkaiseva kysymys tietysti on, pitenevätkö myös todelliset valmistumisajat vastaavasti. Tutkinnon väliporaat saattavat motivoida ja auttaa opintojen jäsentämistä, mutta pakolliset portaavat ja toisaalta opetusohjelmien periodisointi saattavat joissain tapauksissa myös hankaloittaa nopeasti etenevien opiskelijoiden suoritumahdollisuuksia. Positiivista tietysti on, että tutkinnon vaativuustaso ei ole uudistuksenmyötä laskemassa, ainakaan opintojen laajuuden mukaan arvioiden.

Kansainvälistyminen on tavoite, jota yliopistossa pidetään nykyisin voimakkaasti esillä. Kaksiportaisen tutkintojärjestelmän on tarkoitus helpottaa opiskelijoiden liikkuvuutta ja se saattaa lisätä erityisesti maisterintutkintoa suorittavien kansainvälisten opiskelijoiden määrää. Kandidaattivaiheessa kemian laitoksella ei toistaiseksi ole englanninkielistä opetusta, eikä sen järjestämistä ole myöskään suunniteltu. Syventävistä kursseista sen sijaan yhä suurempimäärä luennoidaan englanniksi. Luontealta tuntuukin, että kansainvälinen vaihto ajoittuisi vasta syventävän vaiheen



opintoihin, jolloin oman tieteenalan perusteet on jo omaksuttu. Maisteriopintoihin voidaanmyös joustavammin sijoittaa vaihto-ohjelmissa suoritettuja erilaisia opintojaksoja.

Kemian laitoksessa toimii vuonna 2006 perustettumaisteriohjelma Advanced Spectroscopy in Chemistry, joka on toteutettu seitsemän eurooppalaisen yliopiston yhteistyönä. Useampiakin maisteriohjelmia on suunniteltu. Maisteriohjelmia perustettaessa on luonnollisesti tarkkaan harkittava kyseisen erityisalan koulutustarve ja tulevien maisterien sijoittumismahdollisuudet.

Käsittääkseni ei ole syytä epäillä, ettei koulutusohjelmamme tuottaisi uudistuksen jälkeen vähintään yhtä osaavia kemistejä kuin aiemminkin. Yliopisto joutuu koulutusohjelmia kehittäessään vastaamaan jatkuvasti uusiin haasteisiin. Kansainvälistyminen, pakolliset oheistaidot ja toimintojen teknillistyminen, sosiaaliset taidot ja työelämän tuntemus pitäisi pystyä sisällyttämään koulutustavoitteisiin tinkimättä opetuksen tieteellisestä tasosta ja oman alan asiantuntemuksen kehittämisestä. Näitä kaikkia on pyritty uusissa opetusohjelmissa ottamaan huomioon. Kaikkia alueita ei tietenkään voida sisällyttää tutkinto-opetukseen laajoina kokonaisuuksina, vaan tavoitteena on tuoda eri näkökohdat esille ja luoda valmiudet taitojen jatkuvaan kehittämiseen työuran aikana.

Lähde

Kemian laitos, Helsingin yliopisto: <http://www.helsinki.fi/kemia/> (25.09.2007)



Tutkintorakenteen uudistaminen Teknillisessä korkeakoulussa Kemian tekniikan osastolla: mahdollisuuksia ja haasteita

Reija Jokela

Kemian tekniikan osasto, Teknillinen korkeakoulu

Teknillisessä korkeakoulussa (TKK) voimassa olevassa uudessa kaksiportaisessa tutkinnossa opiskelijat suorittavat ensin tekniikan kandidaatin ja sen jälkeen diplomiinsinöörin, arkkitehdin tai maisema-arkkitehdin tutkinnon. Tutkinnon uudistamisen opetussellisinä tavoitteina ovat olleet perustutkinnon korkea laatu sekä tiedeyhteisön sitoutuminen laadukkaaseen opetukseen, oppimiseen ja näiden kehittämiseen. Opiskeluaikojen lyhentäminen ja opintojen keskeyttämisen vähentäminen olivat muita tärkeitä tavoitteita. Kokemuksia uuden tutkintorakenteen toimivuudesta on vasta kahden vuoden ajalta, joten analyysiä siitä ei voi vielä tehdä. Prosessi on kuitenkin ohjannut opetushenkilökunnan uudistamaan opetusta, sen sisältöä, mitoitusta ja toimivuutta.

Avainsanat:

Tutkintorakenne, tutkinnon uudistaminen, kemian opetus, Teknillinen korkeakoulu / Kemian tekniikan osasto

Uusi tutkintorakenne Teknillisessä korkeakoulussa

Tutkintorakenteen uudistaminen liittyy noin 40 Euroopan maan sitoutumiseen siirtymä kaksiporlaiseen tutkintorakenteeseen (Bolognan prosessi). Myös Teknillisessä korkeakoulussa (TKK) on käyty läpi suuri tutkinnonuudistusprosessi. TKK siirtyi uuteen tutkintorakenteeseen elokuussa 2005. Uudessa tutkintorakenteessa opiskelijat suorittavat ensin tekniikan kandidaatin tutkinnon, jonka laajuus on 180 opintopistettä (op), ja sen jälkeen laajuudeltaan 120 op:n diplomi-insinöörin, arkkitehdin tai maisema-arkkitehdin tutkinnon.

Tekniikan kandidaatin koulutuksen tulee antaa opiskelijalle muun muassa tutkinto-ohjelmaan kuuluvien opintojen perusteiden tietämys ja valmiudet tieteelliseen ajatteluun. Lisäksi opiskelijan tulee saada edellytykset ylempään korkeakoulututkintoon johtavaan koulutukseen, soveltaa hankkimaansa tietoa työelämässä ja saavuttaa työelämässä tarvittavat hyvät viestintätaidot.

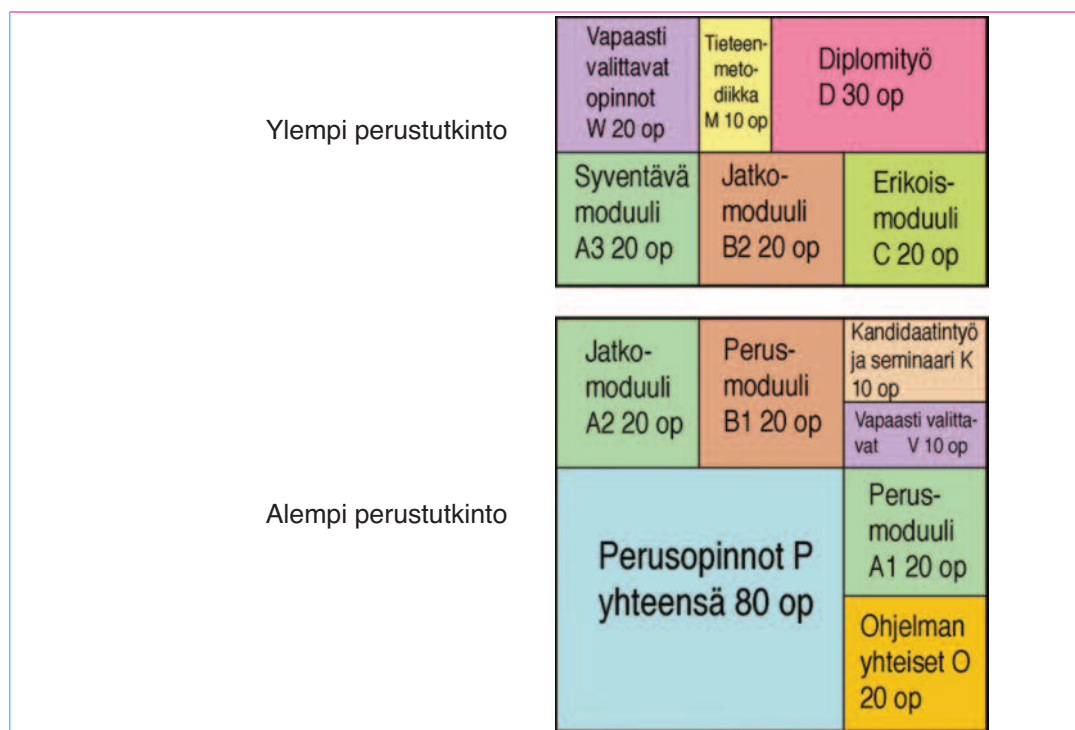
Diplomi-insinöörin koulutuksen tulee antaa opiskelijalle muun muassa tutkinto-ohjelmaan kuuluvan pääaineen hyvä tuntemus, valmiudet tieteellisen tiedon ja menetelmien soveltamiseen sekä ymmärryksen oman alansa ongelmista käyttäjien ja ympäristön näkökulmasta. Lisäksi opiskelijan tulee saavuttaa valmiudet tieteelliseen jatkokoulutukseen.



Alemman perustutkinnon opinnot TKK:n Kemian tekniikan osastolla

Kemian tekniikan osaston opetuksessa kemia ja biotieteet yhdistyvät perinteisesti tekniikkaan ja insinööritieteisiin, mikä luo valmistuville diplomi-insinööreille laajat mahdollisuudet erilaisiin työtehtäviin.

Alla olevasta kuvasta nähdään, että uudessa tutkintorakenteessa alemman perustutkinnon opinnot on jaettu seitsemään eri moduuliin. Opintopisteiltään suurin näistä on P- eli perusopintojen moduuli (80 op), jossa samaa tutkinto-ohjelmaa opiskeleville eli tässä tapauksessa kemian tekniikan opiskelijoille kaikki opinnot ovat yhteisiä. Ne koostuvat kemian ja kemian tekniikan, matematiikan, fysiikan, tietotekniikan ja kielten opinnoista. Ohjelman yhteisissä opinnoissa eli O-moduulissa on opiskelijoille lisää yhteisiä kaikille pakollisia kemian, biokemian ja kemian tekniikan opintoja.



Kemian tekniikan tutkinto-ohjelmassa on neljä erilaista pääainetta, joista opiskelija valitsee toisen opiskeluvuoden syksyllä yhden seuraavista:

- Kemia
- Biotekniikka ja elintarviketekniikka
- Prosessit ja tuotteet
- Process Systems Engineering (englanninkielinen)

Pääaineen perusmoduulin (A1) kurssit ovat samoja kullakin pääaineella. Myös pääaineen jatkomoduulin (A2) kurssisisällöt ovat pääosin samoja.

Alempaan perustutkintoon kuuluu lisäksi sivuainemoduuli B1 ja vapaasti valittavia opintoja. Kandidaattiopintojen lopuksi suoritetaan kandidaatintyö. Tekniikan kandidaatin tutkinnon tavoitteellinen suoritus aika päätömisesti opiskellen on kolme lukuvuotta.



Ylemmän perustutkinnon opinnot TKK:n Kemian tekniikan osastolla

Myös ylempi, DI-tutkintoon johtava, perustutkinto on moduulirakenteinen. Kussakin pääaineessa voi syventyä yhteen tai useampaan syventävään moduuliin (A3). Pää- ja sivuaineen tietoja voi laajentaa erikoismoduulilla C. Tieteen metodiikka-moduuliin (M) sisältyvillä kursseilla opiskellaan tutkinto-ohjelmaan soveltuvia tieteellisiä menetelmäopintoja. DI-tutkinnon opinnot päättää diplomityö. Ylemmän perustutkinnon tavoitesuoritus aika on kaksi vuotta. Kandidaatti- ja DI-tutkinnon tavoitteellinen kokonaissuoritus aika päätoimisesti opiskellen on siis yhteensä viisi lukuvuotta.

Opetuksen strategiset tavoitteet TKK:ssa: toimenpiteet Kemian tekniikan osastolla

TKK:ssa käyttöön otetun uuden moduuleihin perustuvan tutkintorakenteen suunnittelu toi haasteita opetuksen uudelleen järjestämiseksi. Vaikka kurssien uusiminen uuden tutkintorakenteen mukaiseksi teetti opetushenkilökunnalle paljon ylimääräistä työtä, se mahdollisti kurssien sisällön ja kurssitarjonnan uudistamisen.

Perustutkinnon korkea laatu

Perustutkinnon korkea laatu on TKK:ssa keskeinen tavoite. Tämä voidaan saavuttaa opintojen tehokkaalla suunnittelulla, tiedeyhteisön sitoutumisella laadukkaaseen opetukseen sekä opiskelijoiden ottamisella mukaan opetuksen ja oppimisen kehittämistoimenpiteiden ideointiin, valmisteluun ja toteuttamiseen. Kemian tekniikan osastolla opetukselle luodut uudet tavoitteet mahdollistavat opettajien välisen yhteistyön vahvistumisen ja ehkäisevät kurssien päällekkäisyyksiä. Omat tavoitteet ovat toimineet viestintäkanavana myös toisille opettajille.

Opintojen suunnittelu

Perustan opiskelijoiden henkilökohtaiselle opintojen suunnittelulle luo opintojen oikea mitoitus, jonka avulla henkilökohtainen opintopolku saadaan mahdollisimman suunnitelmallisesti eteneväksi. Tämä on Kemian tekniikan osastolla pyritty toteuttamaan henkilökohtaisten opintosuunnitelmien (hops), tehokkaiden opetusjärjestelyjen sekä riittävän ohjauksen kautta.

Henkilökohtaisia opintosuunnitelmia on kahdenlaisia. Ensimmäiseksi opiskelija tekee kurssitasoisen omahopsin, joka tutustuttaa opiskelijan tutkintorakenteeseen. Opintosuunnitelmaa tarkastellaan vuosittaisissa henkilökohtaisissa tutor-tapaamisissa. Tarkastettu ja hyväksytty ensisijainen hops on moduulitasoinen sopimus opiskelijan ja TKK:n välillä, jota päivitetään, jos opiskelija jatkaa DI-vaiheeseen.

Opiskelijat saavat ensimmäisenä ja toisena lukuvuotena mallilukujärjestykset, joiden avulla he pystyvät etenemään tehokkaasti opintopolkua pitkin. Lukujärjestykset on pyritty laatimaan niin, ettei kurssien päällekkäisyyksiä esiintyisi.

Riittävä opiskelijoiden ohjaus on toteutettu opettajien, toimivan opintokanslian, opintoneuvojen, kansainvälisten asioiden opintoneuvojen, harjoitteluneuvojan sekä tutoreiden avulla. Lisäksi osastolla on toimiva alumnijärjestelmä.



Tiedeyhteisön sitoutuminen laadukkaaseen opetukseen ja oppimiseen ja niiden kehittämiseen

Tehokkaat opetusjärjestelyt vaativat toimivat ulkoiset puitteet ja tarpeeksi opettajia. Kemian tekniikan osastolla on toteutettu mittava, koko osaston kattava remontti, joten ulkoiset puitteet ovat kunnossa. Sen sijaan osaston, kuten myös koko TKK:n, ongelmana on laajalti suomalaisia yliopistoja vaivaava riittämätön opiskelija / opettaja-suhde. TKK:ssa tavoitteelliseksi opiskelija / opettaja-suhteeksi on määritelty 17 opiskelijaa / opettajaa, josta ollaan tällä hetkellä selvästi jäljessä.

Opettajia tulisi kannustaa osallistumaan pedagogiseen koulutukseen. Tällaisia opintoja TKK:ssa ovat esimerkiksi Opetuksen ja opiskelun tuen järjestämät kurssit "Minä opettajana" (5 op) ja Yliopisto-opetuksen opintokokonaisuus eli "YOOP-kurssi" (20 op). YOOP-kurssin anti muodostuu oman henkilökohtaisen panostuksen ja kiinnostuksen kautta. Koulutus tarjoaa mahdollisuuden luoda verkostoja muiden opettajien kanssa ja tehdä omasta opetustyöstä yhteistyön kautta kiinnostavampaa ja tuottavampaa. Myös opiskelijat on otettu mukaan opetuksen ja oppimisen kehittämistoimenpiteiden ideointiin ja valmisteluun.

Opiskeluaikojen lyhentäminen ja keskeyttämisen vähentäminen

TKK:ssa on kunnianhimoiset tavoitteet opiskeluaikojen ja keskeyttämisen vähentämiseksi. Tavoitteena on, että vähintään 95 prosenttia opiskelijoista suorittaa alemman tutkinnon neljässä vuodessa ja 75 prosenttia opiskelijoista suorittaa DI-tutkinnon kuudessa vuodessa. Opintonsa keskeyttäneitä tahdotaan olevan alle 10 prosenttia.

Yleisiä huomioita tutkintouudistuksen tavoitteiden toteutumisesta

Kemian tekniikan osastolla positiivisia tuloksia uudistusprosessin kuluessa on saatu opetuksen uudistamisen sekä sen mitoituksen ja sisältöjen osalta. Korkeakoulutasolla on kuitenkin tietyistä alkuperäisistä tavoitteista jouduttu peräytymään. TKK:ssa muiden osastojen perusopinnot moduulit (P) eroavat huomattavasti kemian tekniikan osaston vastaavasta, koska useimmillamuilla osastoilla kemian opinnot eivät ole pakollisia, eikä kemiaa siksi juurikaan opiskella. Tässä suhteessa alkuperäinen tavoite koko TKK:lle yhtenäisistä perusopinnoista ei toteutunut. O-moduulin alkuperäinen ajatus "motivointimoduulista" ei myöskään näy moduulin sisällössä, vaan O-moduuliin on sijoitettu tyypillisesti osaston omia peruskursseja, jotka eivät mahtuneet P-moduuliin.

Kemian tekniikan osastolla on vielä liian vähän kokemuksia uuden tutkintorakenteen toimivuudesta, jotta laajamittaisia arviointeja siitä voitaisiin tehdä. Uuden tutkintosäännön mukaan opiskelevat opiskelijat ovat olleet kirjoilla vasta kaksi vuotta, joten tietoa on saatavissa rajallisesti vain perusmoduulien toimivuudesta. Kandidaatintyöstä ja siihen liittyvästä seminaarista saadaan ensimmäiset kokemukset vasta syyslukukauden 2007 lopussa, ja lopullinen analyysi uuden tutkintorakenteen toimivuudesta voidaan tehdä vasta sen jälkeen, kun ensimmäiset tämän tutkintosäännön mukaisesti opiskelleet diplomi-insinöörit ovat valmistuneet.

Lähde

Kemian tekniikan osasto, Teknillinen korkeakoulu:
<http://kemia.tkk.fi/fi/osasto/> (20.09.2007)



Kemian perusosaaminen pohjana insinööritaidoille

Ismo Halonen

Marja-Terttu Huttu

EVTEK-ammattikorkeakoulussa, EVTEK-ammattikorkeakoulu, Kemiantelekniiikan
koulutusohjelma, Environmental Engineering Programme

Kemiantelekniiikan koulutusohjelmasta valmistuu ympäristö-, laatu- ja turvallisuusasioita monipuolisesti hallitsevia kemiantelekniiikan insinöörejä (AMK), joiden osaaminen perustuu luonnontieteisiin, erityisesti kemiaan sekä prosessitelekniiikkaan. Opinnot koostuvat perusopinnoista, ammattiopinnoista sekä prosessien suunnittelun ja käytön tai ympäristötelekniiikan syventävistä opinnoista. Lisäksi opintokokonaisuuteen sisältyy harjoittelu ja insinöörityö. Opintojen laajuus on 240 op, ja opiskelu kestää neljä vuotta. Kemiantelekniiikan insinööritutkinto on laaja-alainen, ja valmistuneet insinöörit sijoittuvat muun muassa esimies-, asiantuntija- tai suunnittelutehtäviin. Ammattikorkeakoulujen tehtäviin kuuluu myös soveltavan tutkimuksen tekeminen. EVTEK:ssä on hyvin varustetut kemian, prosessitelekniiikan ja ympäristötelekniiikan laboratoriot, jotka mahdollistavat opetuksen lisäksi myös edellytykset tutkimustoiminnalle. Laboratorioissa tehdään monenlaisia yritysprojekteja, joissa on mukana harjoittelijoita sekä projekti- ja insinöörityöntekijöitä. Nykyaikaisia laitteita ja menetelmiä käyttämällä opiskelijat saavat hyvät valmiudet työelämään. Projekteissa pyritään yhdistämään teoria ja käytännön osaaminen. Pk-yritykset haluavat esimerkiksi testata, toimivatko jonkin prosessin kehitysideat käytännössä. Esimerkkinä tällaisesta kehitysideasta voisi olla selvittää, miten biodieselprosessissa syntyneiden rypsimetyyliesterin ja glyserolin erottumista voitaisiin tehostaa. Opiskelijalla on perustiedot nesteiden erottamisesta ja yhdistämällä yrityksen kehitysideat aiheesta löytyvään teoriaan hän voi lähteä testaamaan laboratoriossa, miten ideat toimivat käytännössä. EVTEK-ammattikorkeakoulusta valmistuu myös bio- ja elintarviketelekniiikan sekä materiaali ja pintakäsittelytelekniiikan insinöörejä, joiden opetusohjelmaan kuuluu kemian opetusjaksoja ja laboratoriotöitä. Uusi englanninkielinen ympäristötelekniiikan koulutusohjelma käynnistyy 2008.

Avainsanat:

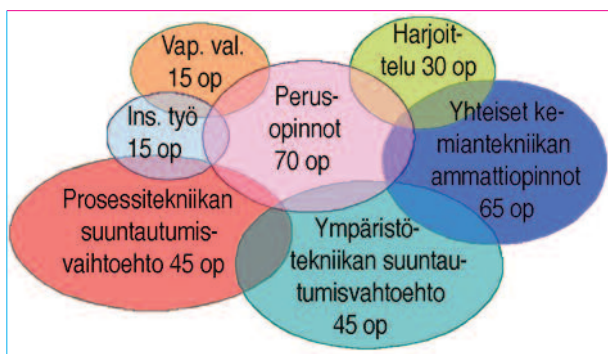
Kemian opetus, kemiantelekniiikka, ympäristötelekniiikka, insinööri (AMK), Bachelor of Engineering, Environmental Engineering

Kemiantelekniiikan insinöörit ovat prosessitelekniiikan ja ympäristötelekniiikan osaajia

Kemiantelekniiikan koulutusohjelmasta valmistuu ympäristö-, laatu- ja turvallisuusasioita monipuolisesti hallitsevia kemiantelekniiikan insinöörejä (AMK), joiden osaaminen perustuu luonnontieteisiin, erityisesti kemiaan sekä prosessitelekniiikkaan. Kemiantelekniiikan insinööriksi opiskelevat opiskelijat voivat valita prosessien suunnittelun ja käytön tai ympäristötelekniiikan suuntautumisvaihtoehdon. Opintosuunnan kantavana ajatuksena on hyvä kemian tuntemus, jonka päälle opiskelija saa ympäristötelekniiikan tai prosessitelekniiikan osaamisen. Opinnot koostuvat 70 opintopisteen perusopinnoista, 65 opintopisteen yhteisistä ammattiopinnoista ja 45 opintopisteen prosessien suunnittelun ja käytön tai ympäristötelekniiikan syventävistä opinnoista. Li-



säksi kemiantekniikan opintokokonaisuuteen sisältyy harjoittelu ja insinöörityö (ks. kuvio 1). Opintosuunnitelmassa on varsinaista kemian opetusta yhteensä 35 opintopisteen verran. Tästä kokonaisuudesta kymmenen opintopistettä koostuu pelkästään laboratorio-opintojaksoista. Insinööriopintojen kokonaisopintopistemäärä on 240, ja opinnot on mahdollista suorittaa neljässä vuodessa.



KUVIO 1.
Kemiantekniikan
koulutusohjelman
opintojen rakenne

Työelämässä tarvitaan vankan ammattiosaamisen lisäksi erilaisia sosiaalisia taitoja. Työelämän asiakokonaisuuksien monimutkaistuesssa tarvitaan projektiosaamista ja kykyä kommunikoida erilaisissa tilanteissa. Kansainvälistyvässä maailmassa tiedottamiseen ja asioiden hoitamiseen tarvitaan enenevässä määrin myös kielitaitoa. Esimerkiksi englannin kieli on käytössä jo monissa yrityksissä sisäisenä kommunikointikielenä. Kemiantekniikan koulutusohjelman opiskelijoilta odotettavia osaamistavoitteita on esitetty seuraavassa taulukossa.

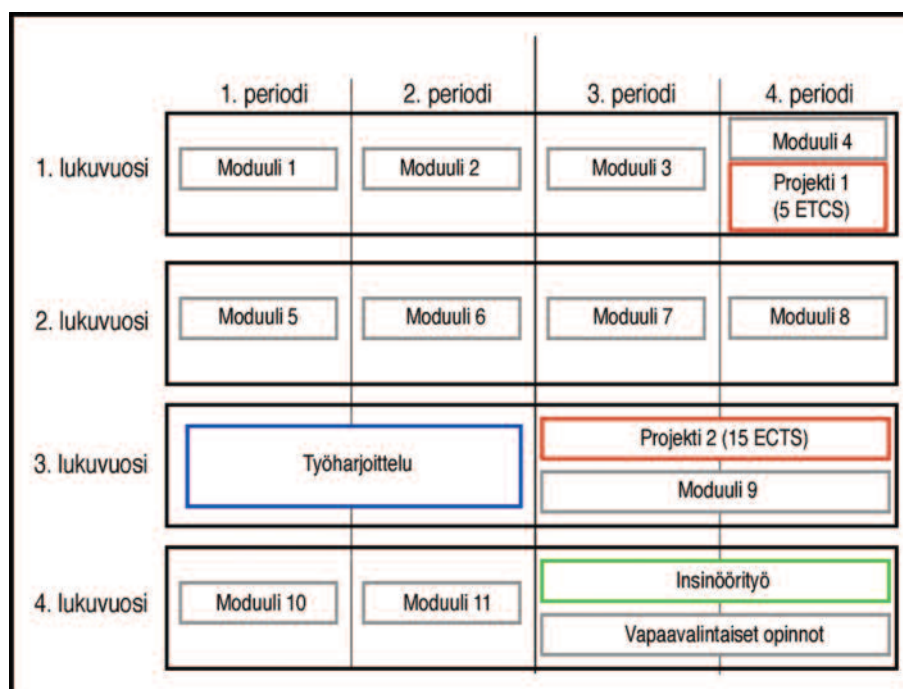
TAULUKKO. Kemiantekniikan koulutusohjelman osaamistavoitteet
EVTEK ammattikorkeakoulussa

Koulutusohjelmakohtainen erikoisosaaminen	Yleiset työelämävalmiudet
Kemian ymmärtäminen ja soveltamisen osaaminen	Teoreettinen perusta ja matemaattis-luonnontieteelliset valmiudet
Prosessitekniikan osaaminen	Tiedonhankinnan valmiudet ja uuden tiedon soveltaminen
Ympäristö-, laatu- ja turvallisuusosaaminen	Viestintä- ja vuorovaikutusosaaminen
Ympäristötekniikan osaaminen	Tuotekehitys- ja projektitoiminnan osaaminen
	Yrittäjyyden, liiketoiminnan ja johtamisen osaaminen
	Kansainväliset valmiudet

Käytännön projektioppimista lisätään

Opetusta uudistetaan jatkossa opiskelijaystävälliseksi siten, että myös työssä tehtävistä projekteista voi saada jatkossa opintosuorituksia. Tämä lisää opiskelun käytännölläisyyttä ja vuorovaikutusta teollisuuden ja ammattikorkeakoulun välillä. Vuoden 2008 aikana Metropolia Ammattikorkeakoulun tekniikan koulutusalueella siirrytään CDIO-opetussuunnitelman malliin (CDIO = Conceiving Designing Implemen-

ting Operating real-world systems and products). Lukuvuosi jaetaan neljään opetusjaksoon, jotka koostuvat kukin 15 opintopisteen suorituksista. Opetussuunnitelmaan sisällytetään kaksi erillistä projektioppisen opintojaksoa. Ensimmäisenä vuonna opiskelijat suorittavat pienen viiden opintopisteen projektin, jonka tarkoituksenaan lähinnä esitellä projektityöskentelyä ja opiskelualaa käytännön työn muodossa. Toinen projektioppimisen jakso suoritetaan ammattiopintojen yhteydessä oman erikoistumisalan aiheesta kolmantena tai neljäntenä vuonna. Projektioppimisjaksojen, harjoittelun ja insinöörityön myötä käytännön osuus oppimisessa nousee huomattavasti aikaisempaan perinteiseen opetussuunnitelmaan verrattuna. CDIO-mallin periaatetta on esitetty kuviossa 2. Lisätietoa CDIO:sta löytyy internetistä osoitteesta <http://www.cdio.org>



KUVIO 2. CDIO-mallin periaate Metropolia Ammattikorkeakoulun insinöörikoulutuksessa

Kemiantekniikan insinöörit työelämässä

Kemiantekniikan insinöörit sijoittuvat muun muassa tuotannon esimies-, asiantuntija- tai suunnittelutehtäviin. Kemiantekniikasta valmistuneiden insinöörien ammattinimikkeitä ovat esimerkiksi käyttöinsinööri, tuotantoinsinööri, suunnitteluinsinööri, projekti-insinööri, tutkimusinsinööri, laatupäällikkö, ympäristöinsinööri ja jopa myyntipäällikkö. Vuosittain sisään otetaan 40 opiskelijaa. Vastavalmistuneet ovat työllistyneet tähän saakka erinomaisesti, ja monella opiskelijalla on työpaikka odottamassa jo keväällä ennen valmistumista. Työelämän käytäntöjä opitaan jatkuvasti opiskelun aikana ensimmäisestä vuodesta alkaen (kuvio 3).



KUVIO 3.
Kemiantekniikan opiskelijoita opiskelemassa tislausprosessin käyttöä

Environmental Engineering koulutusohjelma aloittaa Metropoliassa 2008

Pääkaupunkiseutujen ammattikorkeakoulujen, EVTEK:n ja Stadian yhdistyminen etenee suunnitelmien mukaisesti. Opiskelijat pääsevät aloittamaan opintonsa uudessa yhdistyneessä ammattikorkeakoulussa, Metropoliassa, syksyllä 2008. Yhdistymisen myötä laajennetaan myös opetustarjontaa. Esimerkiksi syksyllä 2008 aloitetaan täysin englanninkielinen Environmental Engineering koulutusohjelma (BEng). Haku ohjelmaan on jo tammikuussa 2008. Environmental Engineering -koulutusohjelman opetuksen painopistealueita ovat ympäristötekniikka ja ympäristöalan laitosten suunnittelu, uusiutuvat energiatekniikat, mittaus- ja tiedonsiirtotekniikka sekä ympäristö- ja turvallisuusjohtaminen. Insinööritaitojen lisäksi koulutus antaa opiskelijoille perustiedot kansainvälisessä viestinnässä sekä kulttuuri- ja markkinointiosaamisessa.

Lisätietoa koulutuksesta koulutusohjelmien kotisivuilta

Kemiantekniikan koulutusohjelman internet kotisivut ovat uudistuneet. Lisätietoa koulutuksesta ja opiskelijaksi hakeutumisesta löytyy kotisivuilta:

<http://www.evtek.fi/koulutus/tekniikka/kemiantekniikka>

Kotisivuiltamme löytyy ajankohtaista tietoa myös meneillään olevista tutkimusprojekteistamme.

Englanninkielisestä Environmental Engineering koulutusohjelmasta lisätietoja löytyy kotisivuilta: http://www.evtek.fi/en/studies/institute_of_technology/environmental_engineering_tuition_in_english/

Roolileikit kemian korkeakouluopetuksessa

Petri M. Pihko

Teknillinen korkeakoulu, Organisen kemian laboratorio

Roolileikit! Mikä rooli leikillä voi olla yliopistossa? Itse asiassa perinteisimmillään, massaluennoilla, yliopisto-opetus on aina jossain määrin leikkiä ja teatteria. Sadan tai kahdensadan opiskelijan edessä usein ainoa tapa pitää luennon jännite ja mielenkiinto yllä on tehdä luennosta teatteriesitys. Pelkän monologin sijaan klassiseen kemian luento-ovien ovat aina kuuluneet luentoja elävöittävät kokeet ja demonstraatiot – Liebigin valtavan suosittu luennot Giessenissä alkoivat lähes aina assistentin avustamalla kokeella. Roolileikiksi ei kuitenkaan riitä se, että luennoitsija ja opiskelijat omaksuvat perinteiset roolinsa. Mitä keinoja yliopisto-opetuksessa olisi tällaiseen toimintaan?

Roolileikissä pyritään tietoisesti rikkomaan perinteisiä rooleja oppimisen vahvistamiseksi (Taylor & Walford 1972; Jackson & Walters 2000; vrt. myös Lavonen & Meisalo 2007). TKK:n organisen kemian laboratoriossa olen kokeillut eri kursseilla menetelmiä, joilla opiskelijoiden perinteistä ja usein passiivista roolia saadaan muutettua aktiivisemmaksi, enemmän oppimista tukevaksi. Esimerkkejä näistä roolileikeistä on koottu oheiseen taulukkoon. Ensimmäisen ja toisen vuoden peruskursseilla, joilla opiskelijoita on paljon, roolileikkejä voi silti helposti toteuttaa luentojen lomassa. Myöhemmin, syventävillä kursseilla, opiskelijoita voi leikittää aivan oikeilla roolileikeillä. Loppuvaiheen opiskelijoita innostavat erityisesti seminaarit, joissa opiskelijat leikkivät olevansa vierailulla yrityksessä, jonka johtoryhmälle he esittelevät projekti-ideoitaan. Roolileikin tehtävänä on valmentaa opiskelijoita työelämään ja sen haasteisiin. Kemistin toimenkuvaan työelämässä kuuluu useinkin tilanteita, joissa on tarpeen puolustaa omia ideoita niitä epäileville ei-kemisteille.

Uusia mahdollisuuksia roolileikkeihin isoillakin kursseilla tarjoavat erilaiset molekyyllileikit, joita voi leikkiä luentosalissa. Esimerkiksi stereokemian opetukseen saa aivan uusia ulottuvuuksia, kun otetaan kätet ja jalat mukaan ja leikitään molekyyliä, jotka vuorovaikuttavat toisten molekyylien kanssa kättelemällä! Samoin kromatografian perusteiden oppimisessa voi pyytää opiskelijoita asettumaan tiiviiksi ryhmäksi luentosalin eteen. Tämän jälkeen pyydetään kahta opiskelijaa kulkemaan tungoksen läpi (tallomatta ketään varpaille). Toista opiskelijaa pyydetään kuitenkin jokaisen vastaantulijan kohdalla tervehtimään kauniisti, kun taas toinen saa kulkea tungoksen läpi sen kummemmin tervehdyksiä jakelematta. Kummalla opiskelijalla mahtaa kulua matkaan kauemmin?



TAULUKKO. Esimerkkejä roolileikeistä eri opetuksen vaiheissa

	Tyypillinen opetustilanne	Esimerkki
Peruskurssit	Luento	Stereokemia: Miten kiraaliset molekyylit käyttäytyvät kiraalissa ympäristössä, kuten elimistössä? Roolileikki: Luennoitsija pyytää kurssilaisia nousemaan seisomaan ja kätelemään toisiaan siten, että pojat kätelevät vasemmalla kädellä, mutta tytöt oikealla.
Aineopintokurssit	Ryhmässä tehtävä harjoitus	Ongelmalähtöiset harjoitukset (PBL) pienryhmissä johdattavat opiskelijoita opettamaan toisiaan. Opiskelijat tasoittavat ryhmässä tehokkaasti toistensa eroja, kunhan heille annetaan siihen vapaus.
Syventävät kurssit, loppuvaiheen kurssit	Seminaari	Viimeisen vuoden aikana opiskelijoita valmennetaan työelämään esimerkiksi roolipelillä, jossa opiskelijoitten täytyy esittää julkisessa seminaarissa synteesisuunnitelma valitulle ääkkeellisesti potentiaaliselle molekyylille. Muut kurssilaiset muodostavat kuvitteellisen yrityksen johtoryhmän, joka arvioi hankkeen rahoitusnäkyviä sekä suunnitelman uskottavuutta.

Kirjallisuutta

Jackson, P. T. & Walters, J. P. 2000. Role-Playing in Analytical Chemistry: The Alumni Speak. J. Chem. Educ. 77. 1 019–1 025.

Lavonen, J. & Meisalo, V. 2007. Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapaopas. Helsingin yliopisto, soveltavan kasvatustieteen laitos. Verkko-opas,
URL: <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa/>, 2007 (viite tarkastettu 5.11.2007)

Taylor, J. L. & Walford, R. 1972. Simulation in the Classroom: An Introduction to Role-Play, Games and Simulation in Education. Penguin. New York.



Kohti opiskelijälähtöistä verkkokurssia – TKK:n orgaanisen kemian laboratorio

Tiina Putkonen
Teknillinen korkeakoulu, Kemian tekniikka
Hanne Wikberg

Teknillisen korkeakoulun orgaanisen kemian laboratorion verkko-opetus vaati uudelleen arviointia ja kehittämistä. Tarkastelun kohteeksi otettiin Asymmetrinen synteesi -verkkokurssi. Kurssia lähdettiin kehittämään saatujen palautteiden ja omien kokemusten kautta sekä tutustumalla verkko-opetuksen teoriaan ja opetusstrategioihin. Lähtökohtana kehittämistyölle oli olemassa oleva verkkokurssi, jonka toteutus ei täyttänyt toimivan verkkokurssin edellytyksiä. Kurssin materiaali ja rakenne vaativat parantamista ja kehittämistä nimenomaan verkko-opiskelulle paremmin sopivaksi. Tävoitteena oli lisätä kurssin opiskelijavuorovaikutusta ja yhdessäoppimista, sillä kurssi on toteutettu kolmen eri yliopiston muodostaman verkoston yhteistyönä. Kurssin yksi merkittävä ongelma olikin hyvin epätasaisen opiskelijaryhmän oppimisen tukeminen ja yksilöllisen oppimisen mahdollistaminen. Kehitys-projektissa tutustuttiin verkkokurssin toteutustapoihin ja haettiin teoreettisia perusedellytyksiä verkkokurssin hyvään toteutukseen. Teoriaa käsiteltiin materiaalin suunnittelun ja toteutuksen, kurssin kokonaisrakenteen ja teknisen toteutuksen, arvioinnin, opettajan roolin ja erilaisen oppijoiden oppimisen tukemisen perustaksi. Teoriaan tutustuttiin alan kirjallisuuden avulla ja lisämateriaalina olivat kokemukset ja opit Helian Ohjaustaidot verkko-opetuksessa -kurssista. Vielä ei ole päästy varsinaisiin käytännön toteutuksiin, mutta on saatu kerättyä laajalti tärkeää pedagogista tietämystä kurssin asteittaisen kehittämisen vuorovaikutteisempaan ja opiskelijälähtöisempään suuntaan.

Avainsanat:

Verkko-opetus, verkko-oppiminen, vuorovaikutus

Johdanto

Taustaa

Vuonna 2002 perustettu Orgaanisen kemian verkosto on Suomen virtuaaliyliopiston alainen hanke. Verkoston jäseninä ovat Teknillinen korkeakoulu, Jyväskylän yliopisto sekä Turun yliopisto, joista koordinaattorina toimii Teknillisen korkeakoulun Orgaanisen kemian laboratorio. Verkoston tehtävänä on edistää orgaanisen kemian verkostoitumista tieteenalana, hyödyntää verkostoon kuuluvien yksikköjen erityisosaamista opetuksessa, monipuolistaa ja monimuotoistaa opetustarjontaa sekä yhtenäistää orgaanisen kemian perusopetusta. Verkoston sisällä tuotetaan yhteistä opiskelumateriaalia ja luodaan tentti- ja harjoituspankkeja.

Verkosto järjestää verkkokursseja joihin voivat osallistua kaikki verkostoon kuuluvat opiskelijat. Kukin verkostoon kuuluvista yksiköistä on erikoistunut tiettyyn orgaanisen kemian osa-alueeseen ja hankkeen avulla laboratorioden erikoisosaamista voidaan hyödyntää laajemmin: Turun yliopisto järjestää bio-orgaanisen kemian kurssin *Nucleic Acid Chemistry – Solid Phase Synthesis*, Jyväskylän yliopisto aluee-



naan rakennetutkimus kurssin *Introduction to Supramolecular Chemistry* ja Teknillinen korkeakoulu synteettisen orgaanisen kemian kurssin *Asymmetrinen synteesi*. Kurssit järjestetään Optima- verkkoympäristössä.

TKK:n *Asymmetrinen synteesi* -verkkokurssi on järjestetty kolme kertaa. Kurssi on koostunut verkkoluennosta, harjoituksista, synteesisuunnitelmasta ja lopputentistä. Verkkoluennot muodostuvat luentokalvoista sekä ääninauhalla kuultavasta luennoitsijan puheesta. Luentomateriaaliin liittyy harjoituksia, jotka palautetaan oppimisalustalle omiin kansioihin. Kurssin tutor tarkistaa harjoitukset ja antaa kullekin opiskelijalle henkilökohtaista palautetta tai yleistä palautetta tarpeen mukaan. Harjoitusten lisäksi kurssilaiset ovat tehneet parityönä verkon välityksellä oman synteesisuunnitelman, jota kurssilaiset ja kurssin tutorkin on kommentoinut. Kommenttien perustella suunnitelmaa on muokattu ja lopullinen versio arvosteltu. Lopuksi kirjallinen lopputentti on suoritettu omassa yliopistossa.

Kurssista kerättyjen opiskelija-, opettaja- ja tutorpalautteiden perusteella todettiin, ettei kurssi kokonaisuutena ole ollut toimiva verkkokurssi; verkkoluennot eivät ole tarjonneet riittävää tietopohjaa kurssin tehtävien suorittamiseksi sekä koko kurssin tuottaminen verkkoon on tuntunut teennäiseltä. Hankalan, toimimattoman materiaalin lisäksi ongelmia kurssin toteutuksessa aiheutti opiskelijoiden suuri lähtötasojakauma. Kurssille järjestettiin lähtötasotentti, joka piti läpäistä ennen kuin kurssille saattoi ilmoittautua. Jo tästä tasokokeesta huomattiin eri yliopistojen opiskelijoilla oleva kovin erilaiset pohjatiedot, jolloin uuden tiedon rakentaminen on kovin erilaista. Kurssi olisi teoriassa voinut auttaa tasoerojen tasoittamisessa, mutta tällaisena toteutuksena se ei sitä tehnyt. Näin ollen ryhmien vertaisarviot ja palautteet olivat kovin eritasoisia eivätkä tuottaneet parasta mahdollista oppimistulosta.

Tavoitteet

Verkko-opetus ja verkkokurssien määrä kasvaa jatkuvasti. Verkkokurssi-nimikkeen sisään on ympätty laaja kirjo erilaisia ja eritasoisia kursseja. Kurssien saama todellinen lisäarvo verkkoympäristöstä on toisinaan kyseenalainen. Jotta tavallinen kontaktiopetettava kurssi kannattaa siirtää verkkoon, pitää uudesta opetusympäristöstä olla jotain todellista hyötyä ja uutta näkökulmaa opetuksen sisältöön.

Tavoitteena oli parantaa *Asymmetrinen synteesi* -verkkokurssin rakennetta. Aluksi kartoitettiin orgaanisen kemian kurssin perusedellytykset elimitä osa-alueita kurssi sisältää: materiaalit, tehtävät sekä arviointi. Tämän jälkeen tarkasteltiin opiskelijälähtöisen verkkokurssin pedagogiikkaa, jotta kurssi mahdollistaisi oppimisen erilaisille oppijoille ja auttaisi rakenteellaan tasaamaan osallistujien tasoeroa. Konstruktiiiviseen oppimisajatteluun ohjaaminen ja sen tukeminen kurssin rakenteellisin ja toteutuksellisin keinoin tarjoavat korkeakoulumaailmassa harvoin toteutuvaa näkökulmaa oppimiseen.

Tässä artikkelissa paneudutaan verkko-opettamiseen ja -oppimiseen *Asymmetrinen synteesi* -kurssin näkökulmasta. Teoriaa käsitellään niiltä osin, kun se kurssin kehittämisen kannalta on oleellista ja tuo ideoita kehitysprosessiin.



Teoria ja haasteet

Oppimisteoreettinen lähtökohta

Oppimisen tilanteet tavallisessa lähiopetuksessa ja verkko-opetuksessa eroavat toisistaan sisällön, kohderyhmän ja tavoitteiden suhteen. Oppimisteoreettista lähtökohtaamiettiessä tulee pohtia, millaista oppimista kyseisellä opetuksella halutaan tukea. Verkko-opiskelulla on yhä useammin itseopiskelun luonne, mutta se tarjoaa myös mahdollisuuksia yhteistoiminnalliseen opiskeluun. (Pantzar kirjassa Haasio & Piukkula 2001)

Verkossa toteutettavat opintokokonaisuudet heijastavat ohjaajan käsitystä oppimisesta. Omat kokemukset korkeakouluopiskelusta edustavat suurelta osin behavioristista opetusmallia. Siinä oppimisen tukena on valmismateriaali, johon oppijan oletetaan tutustuvan kurssin edetessä. Ohjaajan ja oppijan välinen vuorovaikutus perustuu lähinnä tiedon jakoon ja oppimisen arviointiin tehtävillä. Kuitenkin oppijan aktiivisen roolin ja opiskelijälähtöisen opetuksen on todettu auttavat erilaisia oppijoita behaviorististamallia paremmin sisäistämään ja soveltamaan uutta tietoa. Kursseja kehittäessämme oppimisteoreettiseksi lähtökohdaksi otettiin konstruktivismi, jossa oppija nähdään aktiivisena henkilönä, jonka oppimisprosessia opettaja pyrkii ohjaamaan ja tukemaan.

Konstruktiivisessa oppimiskäsityksessä oppija itsenäisesti tai ryhmänä havaitsee ongelman ja kerää, omaksuu ja soveltaa tietoa. Opintokokonaisuus suunnitellaan niin, että opiskelija voi valita sellaista tietoa, jota hän henkilökohtaisesti kokee tarvitsevänsä. Ohjaaja toimii tutorina, joka neuvoo ja tukee opiskelijaa. Hän voi esittää kysymyksiä, jotka johdattavat oppijaa pohtimaan jamuodostamaan omia käsityksiä opittavasta asiasta. Oppijoita kannustetaan jakamaan keskinäistä tietoa ja heillä on mahdollisuus sosiaaliseen kanssakäymiseen ja toistensa tukemiseen. Ohjaajan tehtävänä on tukea tätä prosessia ja rohkaista ryhmän jäseniä keskusteluun. Lisäksi oppijalla on mahdollisuus oman oppimisprosessin tarkasteluun ja arviointiin. (Kanerava & Riikonen 2000; Rauste-vonWright & vonWright 1997; Rauste-vonWright 1997)

Verkko-opetus

Kun perinteinen opetus yritetään siirtää tietoverkkoon, ajatellaan tietotekniikan tuovan nopeutta ja tehokkuutta tehtäviin, jotka sinänsä säilyvät entisinä. Tietotekniikan potentiaalia ei tällöin osata hyödyntää, vaikka parhaimmillaan se antaa opiskelijalle mahdollisuuden luoda uutta ja rakentaa omaa ajattelua (Meisalo ym. 2000).

Verkko-opetus tapahtuu verkkoympäristössä, joka voi olla yhtälailla avoimet verkkosivut kuin suljettu oppimisalusta. Verkko-oppimisympäristömuodostuu teknisen ratkaisun lisäksi opiskeltavasta sisällöstä, opiskelun ja oppimisen tukijärjestelmistä, ohjauksesta ja vuorovaikutuksesta. Verkko-opetus voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin (Kalliala 2002): Verkon tukema lähiopetus hyödyntää verkkoa lähinnä tiedon jakelukanavana. Kurssilla perinteisesti jaettava materiaali voidaan tallettaa verkkoon, jolloin materiaaliin voi tutustua etukäteen ja kaikki tieto löytyy samasta paikasta. Sähköisen materiaalin avulla vältetään monistuskuluilta jamateriaalin päi-



vitys helpottuu. *Monimuoto-opetus* voi sisältää lähiopetusta, etäopetusta ja itsenäistä opiskelua, mutta olennaista on, että verkolle on annettu oma itsenäinen opetustarkoitus, ei vain lähiopetuksen muisti- ja jakelukanavana toimiminen. Opettajan rooli kasvaa, kun hän toimii verkossa myös ohjaajana, tutorina, opastajana, vastaajana ja palautteenantajana.

Haastavin verkko-opetuksen muoto on *itseopiskelu*. Tällöin opettajan vastuu siirtyy entistä enemmän oppimistilanteesta materiaalin laatimiseen ennen varsinaista oppimisprosessia. Materiaalin tulee ohjata oppijaa, testata osaamista ja antaa palautetta. Itseopiskelukurssi voidaan toteuttaa ajasta ja paikasta riippumattomana, jatkuvasti verkossa olevan materiaali-paketina. Kuitenkin rajatussa kurssiaikataulussa voidaan helpommin hyödyntää verkkovuorovaikutusta, koska samaan aikaan on useita oppijoita suorittamassa kurssia. Verkkomateriaalin pitää itseopiskelukurssissa vastata kaikkiin kysymyksiin eritasoisille oppijoille ja olla hyvin testattu sekä antaa oppijalle palautetta etenemisestään.

Verkko-opetusta voidaan tarkastella myös erilaisten opetusstrategioiden kautta: Materiaalikeskeisessä verkko-opetuksessa ohjataan ja tuetaan materiaalien hake- misja käyttöprosessia. Asiantuntijakeskeisessä opetuksessa kurssin ulkopuolinen asiantuntija tuo osallistujille informaatiota oman kokemuksensa ja tietotaitonsa kaut- ta. *Tehtäväkeskeisessä* opetuksessa pääpaino on valmiilla oppimistehtävillä kun taas ongelmakeskeisessä opetuksessa ongelma-aiheet eivät ole valmiiksi olemassa, vaan opettaja pyrkii ohjaamaan ja tukemaan ongelmien muotoilemista ja niiden työstä- mistä. Vuorovaikutuskeskeisessä opetuksessa pyritään osallistujien kokemusten ja näkemysten jakamiseen ja verkko-opettaja toimiikin osallistujien, ei materiaalin kaut- ta. *Vertaistyöskentelykeskeisessä* opetuksessa opettaja pyrkii asettumaan yhdeksi osal- listujaksi asenteellisesti ja toiminnallisesti ja tarkoitus on edetä osallistujien oman toi- minnan kautta. (Ohjaustaidot verkko-opetuksessa)

Kehityskohteena olevan kurssin rakenne on ollut tähän asti verkossa itsenäises- ti opiskeltava tehtäväkeskeinen kurssi. Opiskelu ei ole tapahtunut täysin aikariip- pumattomasti, sillä kurssilla on ollut selkeä suoritusaikataulu. Itseopiskelumateri- aalin lisäksi kurssiin on kuulunut vuorovaikutteisia osioita. Kurssin tehtävät ovat ol- leet luonteeltaan ongelmakeskeisiä. Tehtävistä osa on ratkottu itsenäisesti ja osa ver- taistyöskentelyä hyväksikäyttämällä.

Materiaali

Verkko-oppimismateriaali voi koostua samoista elementeistä kuin kontaktiopetuk- sen materiaali. Materiaalisällöt eivät kuitenkaan voi olla identtisiä. Perinteisessä opetuksessa teoreettisen tietopainotteisen sisällön tyypillisin esittämismuoto on l neaarinen teksti, jonka viemisellä verkkoon ei saavuteta mitään suuria etuja. Verk- komateriaali voi olla kirjoitettua tekstiä, mutta se voi sisältää myös ääntä, kuvaa, kol- miulotteisia elementtejä tai muuta sellaista. Verkkoympäristön pedagoginen vahvuus tulee esille vasta silloin, kun hyödynnetään auditiivisia ja / tai visuaalisia esittämis- muotoja.

Verkko-opetuksessa taito ilmaista ajatuksensa tekstinä korostuu, kun kirjoitetus- ta tekstistä puuttuvat eleet, ilmeet ja äänenpainot. Materiaalin rakennetta tulee pei-



lata oppijoiden tiedolliseen tasoon ja oppimisvalmiuksiin. Kohderyhmän määrittely ja tavoitteiden asettelu ovat tärkeitä huomioitaviamateriaalin tuottamisessa verkkokurssille (Kanerva & Riikonen 2000). Opintojen alkuvaiheessa valmiiksi muokatun tekstin merkitys korostuu. Opintojen edetessä materiaalin luonne muuttuu resursityyppiseksi ja oppijoiden yhteistoiminnallisuuden merkitys korostuu.

Materiaalityypit

Verkkomateriaalin pitää aueta lukijalle ilman selittämistä ja yhteistä läpikäyntiä. Monimuoto-opetuksessa opettaja voi tarvittaessa täydentää ja korjata materiaalia kurssin aikana, mutta itseopiskelumateriaalin pitää olla valmis ja kurssin kaikkien opiskelijoiden oppimisen mahdollistava heti. Hyvä itseopiskelumateriaali panostaa oppijoiden mielenkiinnon ylläpitämiseen ja mahdollistaa oppijan oman oppimisen seuraamisen esimerkiksi testeillä. (Kalliala 2002)

Yksinkertaisimmillaan verkkomateriaalina voi toimia opettajan luentokalvot. Kalvot ovat kuitenkin yleensä vain opettajan puheen tuki, eivätkä aukea oppijoille ilman selitystä. Jos kalvoja halutaan käyttää itsenäisenä oppimateriaalina, tulee niiden sisällön olla niin perusteellinen, ettei lisäselityksiä tarvita. Apuna voi käyttää esimerkiksi äänitiedostoja.

Toisena ääripäänä voidaan ajatella olevan verkkokirja. Se on tavallinen kirja, jossa hyödynnetään hypermediaominaisuuksia: linkkejä asioita yhdistämään, esimerkkeihin, lisäaineistoon, kertausmateriaaliin. Verkkokirjan laadinta vaatii opettajalta toisenlaisia taitoja, kuin perinteinen opettaminen. Luentokalvojenmuuttaminen verkko-oppimismateriaaliksi voikin olla helpompaa, kuin kokonaan uuden tyyppisen materiaalin tuottaminen.

Tietomateriaalin lisäksi verkko-opetuksessa voidaan hyödyntää erilaisia tehtäviä. Tehtävät voivat olla kokonaan verkossa suoritettavia ja automaattisesti opiskelijalle palautetta antavia tai opettajalle tai keskusteluryhmälle palautettavia laajempia tuotoja, joita arvioidaan yhdessä. Automaattitestit soveltuvat huonosti laajojen syvällisten kokonaisuuksien opiskeluun, mutta toimivat hyvin kurssin lähtötasotestinä tai opiskelijalle itseoppimisen seurannan apuvälineenä. Asiakokonaisuudet, joissa ei ole yhtä oikeaa vastausta, on parempi testata jonkin vuorovaikutteisen kanavan kautta, jolloin voidaan pohtia vastausten oikeellisuutta ja muita vastausmahdollisuuksia helpommin ja kattavammin.

Kehitettävässä verkkokurssissa on aiemmin käytetty lähiopetuksena toteutetun kurssin luentokalvoja. Kalvojen lisäksi tarjolla on ollut luennoitsijan puhe ääninauhalla. Yksittäisen asian löytäminen materiaalista on ollut hankalaa, joten sisällysluettelon laatiminen on nyt tarpeen. Joiltakin luentokalvoilta voi poiketa lukemaan perusteita tai lisätietoa tekstissä esiintyvistä käsitteistä ja termeistä. Lisäksi sivuilta pääsee tutustumaan lisätieto-osioihin, joissa kerrotaan mielenkiintoisia, ei suoraan kurssiin kuuluvia asioita ja esimerkkejä.

Kurssin harjoitustehtäviin ei ole olemassa vain yhtä oikeaa ratkaisua. Opiskelijat ovat palauttaneet tehtävät tutorille, joka on ne läpikäynyt ja antanut henkilökohtaista ja yleistä palautetta. Tämän tyyppiset tehtävät tarvitsisivat kuitenkin tuekseen aktiivisempaa vuorovaikutteista keskustelua, jossa käydään läpi vastausten mahdolli-



suudet ja näkökulmat. Vuorovaikutuksen syntyyn ja laatuun tuleekin jatkossa kiinnittää paljon enemmän huomiota.

Opiskelijälähtöinen opetus

Verkko-oppija

Verkko-oppijalta vaaditaan monenlaisia taitoja, joista tärkein lienee itseohjautuvuus. Itseohjautuminen edellyttää omatahtoista työskentelyä sekä yhteisten ja ennalta sovittujen pelisääntöjen noudattamista: opiskelijan tulee suorittaa tehtävät aikataulu- ja noudattaen, osallistua aktiivisesti keskusteluihin ja yhteistyöskentelyihin. (Korhonen 2004 ja Ohjaustaidot verkko-opetuksessa). Itseohjautuvassa opiskelussa oman ajankäytön hallinta on yksi tärkeimmistä taidoista. Vaikka verkko-opiskelu tarjoaakin näennäisen ajan ja paikan riippumattomuuden, opiskelu vaatii silti aikaa. (Kalliala 2002)

Opiskelijoiden oppimistyylit vaihtelevat verkossa [Ohjaustaidot verkko-opetuksessa]. Visuaalis-verbaalinen verkko-opiskelija oppii parhaiten lukemalla, kun taas visuaalis-nonverbaali oppii kuvioita katselemalla. Auditoriivis-verbaalinen verkko-opiskelija oppii parhaiten kuuntelemalla, kehollis-kinestettilinen käsityön ja kehollisen toiminnan avulla, loogis-matemaattinen päättelemällä ja logiikan avulla sekä intersoonallinen–relaatiivinen reflektoiden omaa työskentelyään muiden kanssa toimimalla. Opettaja voi tukea verkko-oppimista ottamalla huomioon opiskelijoiden erilaiset oppimistyylit laatiessaan materiaalia verkkokurssille.

Asymmetrinen synteesi -kurssilla itseohjautuvuutta yritetään tukea antamalla selkeät yleisohjeet kurssin suorittamiseksi: tietoa kurssin aikatauluista opetus- ja ohjauskäytäntöihin ja opiskelukäyttäytymissääntöihin. Kurssilla pyritään ottamaan huomioon erilaiset oppimistyylit. Materiaalia on tarkoitus olla niin teksti- kuin äänimuodossa ja kolmiulotteista hahmottamiskykyä autetaan lisäämällä materiaaliin kolmiulotteisia rakennekuvia.

Opettajan rooli

Nykyajan opettajan rooli on erilainen verrattuna perinteiseen opettajankuvaan. Oppimisnäkemyksissä on siirrytty opettajakeskeisestä oppijakeskeiseen. Opettaja ei enää kaada tietoa oppijoiden päähän, vaan oppija on aktiivinen toimija, joka valikoi itse, mitä haluaa oppia ja konstruoi oppimansa oman tarpeensa, kiinnostuksensa ja näkemyksensä perusteella. (Soila & Tervola 2003; Kalliala 2002). Opettajan yleisiä tehtäviä ovat kurssin organisointi, oppijoiden oppimisprosessin ohjaus ja tukeminen, oppijoiden motivointi ja aktivointi, oppijoiden yhteistyön edistäminen sekä tarvittaessa välittäjänä toimiminen oppijoiden mahdollisten muiden tahojen välillä. Organisoinnin osalta opettajan tehtävänä on tavallisten suunnittelutoimien lisäksi keskustelujen aikataulutus, aihevalinnat, keskustelujen säännöt ja etiketti sekä ohjaus. (Alamäki & Luukkonen 2002)

Voidakseen olla oppimisen ohjaaja, opettajalla on oltava riittävästi opetettavan aiheen asiantuntemusta. Opettajan tulee kohdentaa oppijoiden huomio ja mielenkiinto opiskeltavan aiheen kannalta merkittäviin asioihin ja antaa oppijoille erilaisia näkökulmia eikä niinkään oikeita vastauksia. Oppimisprosessin ohjauksessa prosessi ja sen tavoitteet, toimintamallit, tehtävät ja arviointi on tärkeää kuvata ja perustella he-



ti alussa oppijoille, jotta teknisten taitojen kehittäminen ei nouse varsinaista asiiasältöä tärkeämmäksi. Teknisen osa-alueen merkitys painottuu varsinkin kurssin alussa. Jos teknisiä ongelmia on alussa liikaa, ne turhauttavat oppijoita ja voivat aiheuttaa opintojen keskeyttämisiä.

Verkko-opetuksessa oppijoiden motivointi ja aktivointi sekä verkkokeskusteluiden ylläpito ovat opettajan haasteellisimpia tehtäviä. Usein alkuinnostuksen jälkeen aktiivinen toiminta hiipuu ja opiskelu koetaan työläänä ja yksinäisenä. Verkkokurssilla onkin tärkeää, että oppijat saadaan sitoutettua työskentelyyn heti alusta. Aktiivista toimintaa auttaa kurssin jaksottaminen ja välietappien muodostaminen sekä keskustelutuokiot. Opiskelun sujumiseksi opettajan tehtävänä on luoda avoin, luotamuksellinen ja kannustava opiskeluilmapiiri, jossa oppijat tuntevat olevansa ryhmän jäseniä ja uskaltavat osallistua keskusteluihin omana itsenään. Oppijoiden yhteenkuuluvuuden tunteen saavuttamiseksi on tärkeää, että verkko-opiskelussa korostuu lähiryhmän sosiaalisen tuen merkitys. Yhdessä toimiminen vaikuttaa motivoivasti oppijoiden käyttäytymiseen.

Verkossa opettaja voi aktivoida oppijoita keskustelemaan ja nostaa vuorovaikutuksen laatua tukemalla, kyselemällä ja kyseenalaistamalla, neuvomalla, mallintamalla, prosessia ohjaamalla, tarjoamalla teoriaa ja auttamalla refleктоimaan. Oppijoiden tyyli osallistua vaihtelee, jolloin myös ohjaukselliset toimenpiteet vaihtelevat yksilöittäin. Osa oppijoista on aktiivisia, osallistuvia ja verbaaleja ja osa jäämiehellään taka-alalle. Parhaassa tapauksessa opettajakin on yksi keskustelijoista tai oppijoista, vaikkei saakaan olla liian aktiivinen keskustelija vieden tilaa oppijoilta.

Kehitettävässä kurssissa opettajan rooli on ollut vähäinen ja vastuu opettamisesta on ollut tutorin harteilla. Verkkokurssin tutor on vastannut keskustelupalstalla esitettyihin kysymyksiin kerran viikossa kahden tunnin ajan. Opettajan rooli on pitäytynyt materiaalin tuottamisessa. Kehitettäessä kurssia kummankin roolin uudistaminen on välttämätöntä. Tutorin roolin tulee olla aktiivisempi ja sille tulee varata enemmän aikaa. Vuorovaikutuksen synnyttäminen ja teknisten ongelmien ratkominen ovat tutorin tärkeimmät tehtävät heti kurssin alussa. Kun yhteisöllinen oppiminen pääsee käyntiin, tutor pitää keskustelun tason kaikille sopivana ja suuntaa sitä tarvittaessa oikeille raiteille. Kurssin opettajan harteille jää edelleen materiaalin laatiminen ja päivittäminen sekä kurssin harjoitustöiden teko ja kommentointi. Tämän lisäksi opettaja osallistuu asiantuntijana haastavimpien sisällöllisten kysymyksien ratkomiseen. Näin tutorkin saa tukea ohjaamiseen ja opettaja hahmottaa kurssin etenemisen konkreettisemmin.

Vuorovaikutus verkossa

Verkko-oppiminen tapahtuu pääasiassa erilaisissa vuorovaikutussuhteissa. Ilman vuorovaikutusta verkko toimii lähinnä materiaalin jakelukanavana, mutta vuorovaikutuksen myötä verkosta voi kehittyä todellinen työskentely- ja oppimisympäristö ja monenkeskeinen vuorovaikutteinen prosessi. Vuorovaikutuksessa lähtökohdana on yhteinen kiinnostus aiheeseen, halu jakaa omat kokemukset ja tiedotmuiden kanssa ja vastaavasti olla avoin muiden ajatuksille. Verkossa erilaiset puheenvuorot ja kannanotot ovat kanssakäymisessä keskenään ja muokkaavat osallistujien omia näkemyksiä ja oppimista tapahtuu sitä kautta.



Vuorovaikutusta voi tapahtua *opettajan ja oppijoiden välillä, oppijoiden kesken ja oppijoiden ja oppimismateriaalin välillä*. (Soila & Tervola 2003; Kalliala 2002; Lehtinen 1997). Oppija tarvitsee tukea ja ohjausta omalle oppimiselleen. Opettaja toimii ohjaajana, jolta saa tarvittaessa neuvoja ja palautetta kysymyksiin, joita oppimateriaali herättää. Opettajan ja oppijoiden välillä voidaan käyttää sähköpostia, keskustelu- ja chat-ryhmiä, videoneuvotteluja, tekstiviestejä yms.

Vertaisvuorovaikutus *oppijoiden kesken* voi parhaimmillaan olla oppimista edistävää, pahimmillaan oppimisen lamauttavaa. Jotta oppijat voivat hyödyntää verkkokeskusteluita oppimisresurssina ja saavat niistä lisäarvoa, keskustelut tulee suunnitella tiiviiksi osaksi opiskelukokonaisuutta. Etäopiskelussa muiden oppijoiden kanssa keskusteleminen avaa oppijan omia ajatuksia. Keskustelun tason on pysyttävä sopivalla vaikeusasteella ja alettava riittävän alhaalta, jotta liian korkea aloitusrima ei karkota oppijoita. Keskeinen haaste verkko-opiskelussa on vuorovaikutuksen laatu, ei määrä. Yhtenä haasteena verkossa tapahtuvalle vuorovaikutukselle on tekstiin perustuva kommunikointi eli oppija joutuu keskusteluun osallistuessaan muotoilemaan ja ilmaisemaan ajatuksensa kirjoitettuna tekstinä.

Oppijoiden ja materiaalin välillä voi myös olla vuorovaikutusta. Materiaali viestittää oppijalle, herättää hänessä uusia ajatuksia, jotka hän yhdistää jo oppimaansa omalla ainutkertaisella tavallaan. Materiaalin tulee olla riittävän yksityiskohtaista, mutta samalla riittävän avointa ja kysymyksiä herättävää, jotta oppija kyseenalaistaa lukemaansa ja pohtii oppimaansa. Pohtimista voi sitten jatkaa omien mietteitensä jakamisella vertaiskeskusteluissa tai tarkentaa tutorilta. Oppija voi puolestaan viestittää oppimismateriaalille tekemällä lisäyksiä verkkomateriaaliin.

Asymmetrinen synteesi -kurssilla vuorovaikutuksellisen oppimisilmapiirin luominen on tärkeä tavoite. Keskustelupalstan kysymystaso on alusta alkaen asetettava riittävän alhaalle, jotta kaikki oppijat uskaltavat esittää omia kysymyksiään. Tutorin aktiivisen osallistumisen aluksi keskusteluun toivotaan aktivoivan oppijat mukaan. Tutor ei saa silti olla liian hallitseva, vaan hänen täytyy antaa tilaa osallistujien omille ajatuksille. Kysymysten ja keskustelun avulla oppijoiden oma ajattelu maailma ja lähtökohdat tiedon jalostamiselle tulevat tutuiksi muillekin kurssilaisille. Kurssin suorittamiseksi vaaditaan jokaista osallistujaa esittämään kustakin teemasta sopiva määrä kysymyksiä ja vastaamaan ja kommentoimaan muiden kysymyksiä. Näin pyritään saamaan kaikki mukaan yhdessä oppimiseen.

Arviointi

Oppimisen arviointi on opettajan työkalu, jolla tukea kurssin aikana eritasoisia oppijoita sekä keino perustella kurssin arvosana. Nykyään tentteihin perustuva arviointi on väistymässä tekniikan mahdollistaman kokonaisvaltaisen oppimisen tukemisen tieltä, koska kontrollitavoitteisen arvioinnin on huomattu lisäävän oppijoiden ulkoaohjautuvuutta ja sisäisen motivaation kehittymättömyyttä. Arvioinnin tavoite tulisi nähdä opetuksen kehittämisen työkaluna. (Alamäki & Luukkonen 2002)

Opettajan vastuulla olevan ulkopuolisen arvioinnin lisäksi käytetään paljon itseja vertaisarviointia. Verkkokurssilla voidaan käyttämyös ryhmän toiminnan arviointia. Itsearviointissa oppijaa tuetaan arvioimaan omaa oppimistaan ja kehitystään tietoisesti ja laadukkaasti. Verkko antaa hyvät mahdollisuudet itsearviointiin oppimisen



jälkien tallentuessa näkyviin. Vertaisarviointi antaa yksittäiselle oppijalle mahdollisuuden suhteuttaa näkemyksiään omasta oppimisesta toisten oppijoiden tekemiin arvioihin. Parhaassa tapauksessa tämä lisää oppijoiden yhteistoiminnallista työskentelyä ja yhteisöllisiä työskentelytaitoja. Ryhmän toiminnan arviointi voi tapahtua opettajan ja ryhmän välisenä keskusteluna joko kasvokkain tai verkossa. Arvioinnin onnistumisesta vastuu kuuluu kuitenkin opettajalle. (Soila & Tervola 2003; Kanerva & Riikonen 2000; Korhonen 2004)

Verkkokurssilla oppimistehtävät, oppimispäiväkirja sekä portfolio tarjoavat opettajalle ja oppijalle mahdollisuuden arvioida oppimisen laadullisia prosesseja. (Soila & Tervola 2003). Oppimispäiväkirjaan oppija kirjoittaa oppimiaan asioita, reaktiotaan esitettyihin oppisisältöihin sekä havaintoja helpoista, vaikeista ja selvitetävistä asioista. Oppimispäiväkirja auttaa ajatusten jäsentämisessä ja asioiden suhteuttamisessa toisiinsa. Portfolio on oppijan itse kokoama omien opintojen suunnittelu-dokumentti, missä korostuvat oppimisen tavoitteet ja oppimisprosessi kokonaisuudessaan. Portfolioon voidaan liittää itsearviointia koskien esimerkiksi oman ajattelun kehittymistä, opiskeluprosessia sekä sen onnistumista. Portfoliossa voi ollamyös vertaisarviointia ja opettajan antamaan palautetta.

Asymmetrinen synteesi -kurssilla arviointi on aiemmin perustunut itsenäisesti tehtyihin, tutorin tarkistamiin harjoituksiin (50 %) ja kurssin lopuksi järjestettyyn kirjalliseen tenttiin (50 %). Arviointia pyritään nyt kehittämään siten, että se mittaa paremmin kokonaisoppimista kurssilla perustuen enemmän vuorovaikutteisiin oppimistilanteisiin ja vertais- sekä itsearviointiin, kuin yksittäisten suoritusten arviointiin. Loppukuulustelua ei järjestetä enää perinteisenä tenttinä, vaan arvioinnin pohjana on kurssilla tehtävä synteesisiprojekti. Arvio perustuu oppijan kyvyille parantaa harjoitustyötä muiden kommenttien ja palautteen perusteella sekä oppijan itse antamien kommenttien ja palautteiden arvioimiselle. Keskustelu- ja kehitystyön perusteella tutor saa hyvän käsityksen kommenttoijan tietotasosta ja kurssin asiasisällön hallinnasta.

Toteutus – haasteet nyt ja tulevaisuudessa

Analysoimalla *Asymmetrinen synteesi* -kurssia verkko-opetuksen eri näkökulmista saatiin luotua joukko kehitysideoita. Kurssimateriaalin päivittäminen ja itseohjautuvuutta tukeva materiaalin selkeyttäminen ovat ensimmäinen toimenpide *Asymmetrinen synteesi* -kurssin kehittämisessä. Tukimateriaalin laatiminen heikoimpien oppijoiden tueksi ja vuorovaikutteisen yhdessäoppimisen aikaansaaminen auttavat toivottavasti tasaamaan lähtötasoeroja.

Opettaja ja tutorin roolien selkeyttäminen ja riittävän ajan varaaminen ohjauskeskusteluihin auttavat opettajia jakamaan työn kuormittavuutta kohtuullisemmaksi. Alun aktiivinen osallistuminen vähentää työmäärää kurssin edetessä, kun vertaisoppiminen auttaa heikoimpia pysymään mukana. Toisaalta selkeä aikatauluutus ja tasaisin aikavälein palautettavat tehtävät auttavat oppijoita jatkuvaan oppimiseen kertatenttimisen sijaan. Arviointiperusteiden selkeä määrittely ja oppimisen jatkuva kontrollointi tasaavat työtaakkaa kaikkien osalta. Esitetyillä yksittäisillä parannuksilla kaikilla kurssin osa-alueilla saadaan huonosti toimineesta verkkoon siir-



retystä erikoiskurssista kehitettyä monipuolinen ja monenlaisen oppimisen mahdollistava intensiivinen oppimistapahtuma. Kehitystyö ei tapahdu hetkessä ja vaatii ennen kaikkea aikaresursseja, mutta on silti toteuttamisen arvoinen projekti.

Lähteet

Alamäki, A. & Luukkonen, J. 2002. eLearning. Osaamisen kehittämisen digitaaliset keinot: strategia, sisällöntuotanto, teknologia ja käyttöönotto. Edita Publishing Oy. Yritysjulkaisut. Helsinki.

Haasio, A. & Piukkala, J. (toim.) 2001. Oppiminen verkossa. BTJ Kirjastopalvelu Oy. Helsinki.

Kalliala, E. 2002. Verkko-opettamisen käsikirja. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Kanerva, M. & Riikonen, V. 2000. Järjestökouluttajan verkko-opas. Tummavuoren Kirjapaino Oy. Vantaa.

Korhonen, V. (toim.) 2004. Verkko-opetus ja yliopistopedagogiikka. Tampere University Press. Tampere.

Lehtinen, E. (toim.) 1997. Verkkopedagogiikka. Oy Edita Ab. Helsinki.

Lifländer V-P. 1999. Verkko-oppiminen – yhteistoiminnallinen projektioppiminen verkossa. Oy Edita Ab. Helsinki.

Meisalo, V., Sutinen, E. & Tarhio, J. 2000. Modernit oppimisympäristöt – tietotekniikan käyttö opetuksen ja oppimisen tukena. Tietosanoma Oy. Helsinki.

Ohjaustaidot verkko-opetuksessa kurssimateriaali Helian verkkokurssilta 2006

Rauste-von Wright, M. & von Wright J. 1997. Oppiminen ja koulutus. WSOY. Juva.

Rauste-von Wright, M. 1997. Opettaja tienhaarassa – konstruktivismia käytännössä. WSOY. Juva.

Sallila, P. & Kalli, P. (toim.) 2001. Verkot ja Teknologia-aikuisopiskelun tukena. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Soila, S. & Tervola, T. (toim.) 2003. Tieto- ja viestintäteknikan opetuskäytön väyliä ja karoja. Saarijärven Offset Oy. Saarijärvi.



PALAVA-projekti: Kemian opiskelijoiden mentaaliset mallit Boylen laista

Hanna Tanskanen

Maija Aksela

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Artikkelissa esitellään tutkimus, joka on osa kansainvälistä PALAVA-tutkimushanketta (Particles, Active learning and Visualization Assessment). Hankkeessa selvitettiin, miten eri tavoin voidaan kokeellisuuden, visuaalisuuden ja mallintamisen avulla tukea kemian ymmärtämistä. Tutkimuskohteena oli opiskelijoiden mallintamis- ja visualisointiprosessit kaasujen kokoonpuristuvuuteen liittyen. PALAVA-hankkeen Suomen osuuteen kuului kemian opettajiksi opiskelevien mentaalisten mallien tutkimus Boylen laista käyttäen apuna uusia kokeellisia työohjeita ja Story Board -menetelmää (suom. kuvakäsikirjoitus tai kuvitus suunnitelma). Lisäksi havainnoitiin opiskelijoiden kykyä yhdistää ilmiön makroskooppinen ja mikroskooppisen taso piirtäen ja sanallisesti selittäen. Tulokset osoittavat, että makroskooppisen tason (havaintojen tason) mallintaminen piirtäen ja sanallisesti selittäen on opiskelijoille helpompaa kuin mikroskooppisen tason. Kaksi kymmenestä opiskelijasta pystyi yhdistämään makroskooppisen ja mikroskooppisen tason tapahtumat toisiinsa Boylen lakiin liittyen. Opiskelijat piirsivät hyvin kaasupartikkeleita mikrotasolla, mutta sanallisesti he selittivät pääasiassa makroskooppisia havaintoja. Suurin osa opiskelijoista käytti kokeellisten tehtävien tekemisessä kognitiivisten ajatteluprosessien alimpia tasoja (muistaa, ymmärtää) ja vain harva opiskelija käytti syvällisessä ilmiön ymmärtämisessä tarvittavia korkeampia ajattelutaitoja, kuten soveltaa, analysoida, arvioida ja luoda. Saadut tutkimustulokset ovat yhteneväiset muiden PALAVA-hankkeen eri maisissa toimineiden tutkijoiden tulosten kanssa. Tutkimuksessa käytetty Story Board -menetelmä tuo uuden metakognitiivisen työvälineen kemian opetukseen, kun halutaan tukea ymmärtämistä sekä ymmärtää paremmin opiskelijoiden mallintamisprosessia kemian ilmiöistä piirtämisen ja kirjoittamisen kautta. Story Board -menetelmä antaa myös mahdollisuuden tarkkailla opiskelijoiden mentaalisia malleja.

Avainsanat:

Boylen laki, mallit, mallintaminen, Story Board -menetelmä, mikroskooppinen taso, makroskooppinen taso, kokeellisuus, ajattelutaidot, opettajankoulutus

Taustaa

Tutkimuksen päätavoitteena on ymmärtää kemian opettajiksi opiskelevien ajattelua Boylen laista sekä siinä tarvittavia ajattelutaitoja. Tavoitteena on ymmärtää, kuinka opiskelijat hahmottavat erilaiset havaintojen ja visualisoinnin tasot ilmiössä, ja kuinka he osaavat yhdistää piirtämänsä kuvat sanallisen selityksen avulla toisiinsa. Tavoitteena on myös tuottaa lisätietoa mallintamisesta ja visualisoinnista kemian tiedeessä yhden esimerkin avulla. Lisäksi tapaustutkimuksessa tarkastellaan tutkimuksessa käytetyn Story Board -menetelmän toimivuutta mallintamisprosessien ymmärtämisessä sekä sitä, millaista tietoa se opiskelijoiden mentaalien mallien muodostamisesta antaa. Yleisenä tavoitteena on saada kemian opetukseen uusia työta-



poja, joita sekä opettaja että opiskelija voivat käyttää kemian ymmärtämisen tukemiseksi.

Kemiallisen ajattelun tasot

Kemian syvällisen ymmärtämisen tukemiseksi tarvitaan opiskelijoiden kemiallisen ajattelun ja ajattelutaitojen ymmärtämistä sekä uusia työvälineitä niiden tutkimiseen. Bloomin taksonomia (Bloom ym. 1956) ja erityisesti sen uudempi versio Andersonin ja Krathwohlin taksonomia (Anderson & Krathwohl 2001) antavat uuden lähestymistavan tarkastella kemian ymmärtämisessä tarvittavia ajattelutaitoja (esim. Aksela 2005).

Bloomin taksonomianmukaan oppimisen tavoitteet voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan. Nämä ovat kognitiivinen eli tiedollinen tavoite (engl. cognitive), affektiivinen eli asenteisiin ja tunne-elämään liittyvä tavoite (engl. affective) ja psykomotorinen eli taidollinen tavoite (engl. psychomotor). Kognitiivinen pääluokka pitää sisällään tiedon kasvattamisen ja älyllisten taitojen kehittämisen. Nämä tiedolliset tavoitteet jaetaan Bloomin taksonomiassa kuuteen eri tasoon, joita ovat arviointi (ylin taso), synteesi, analyysi, sovellus, käsittäminen sekä tietämys (alin taso). Taksonomiassa korostetaan aktiivisten verbien käyttöä. Verbit kuvaavat opiskelijan ajattelun ja tiedollisen toiminnan tasoa (Bloom ym. 1956).

Andersonin ja Krathwohlin taksonomia on kaksiulotteinen: se jakaantuu tiedon ulottuvuuteen (engl. knowledge dimension) ja kognitiivisten prosessien ulottuvuuteen (engl. cognitive process dimension). Tiedollista ulottuvuutta kuvataan neljällä ulottuvuudella (todellinen, käsitteellinen, toiminnallinen sekä metakognitiivinen) ja kognitiivista prosessien ulottuvuutta kuvataan kuudella verbillä (muistaa, ymmärtää, soveltaa, analysoida, arvioida ja luoda). Alemman tason ajattelutaidoiksi kutsutaan yleensä edellä mainitussa listassa kahta ensimmäistä ajattelutaitoa ja korkeamman tason ajattelutaidoiksi neljää seuraavaa ajattelutaitoa. Kemian syvässä ymmärtämisessä tarvitaan kaikkia em. ajattelutaitoja ja tiedon tasoja (esim. Aksela 2005). Kemian opetuksessa tarvitaan työtapoja ja -menetelmiä, jotka tukevat metakognitiivisen tiedon (esim. kemian opiskelustrategiat) ja korkeamman tason ajattelutaitojen käyttöä.

Kemian tieteellisten käsitteiden luonne ja kolmitasoinen tieteen esitystapa (makro-, mikro- ja symbolitaso) usein vaikeuttavat kemian oppimista (esim. Johnstone, 1991). Erityisesti visualisointitavat eli rakenteelliset mallit, joissa nämä kolme tieteen tasoa yhdistetään esitykseen, ovat tärkeitä oppilaiden kemian oppimisen tukemisessa (Barke & Wirbs 2002).

Mallit kemiassa ja sen opetuksessa

Malleilla ja mallintamisella on keskeinen rooli sekä tieteessä että kemian opetuksessa. Tiede käyttää malleja muun muassa tutkimuksen edistämiseen ja tekemiseen sekä saavutettujen tulosten levittämiseen ja vahvistamiseen. Arkipuheessa malli-sanaa käytetään konkreettisena jonkin asian esityksenä. Tieteessä malli tarkoittaa määritelmänmukaan jonkin idean, objektin, tapahtuman, prosessin tai systeemin kuvausta (Gilbert ym. 2000). Kemistit mallintavat sekä ilmiöitä, joita he havaitsevat, että ide-



oita, joilla he yrittävät selittää ilmiöitä – sekä makroskooppisella että mikroskooppisella tasolla (Johnstone 1993) – käyttämällä tietämiään analogioita (Justi & Gilbert 2002).

Tieteenä kemia tutkii lähinnä aineiden ominaisuuksia ja muodostumista sekä kehittää uusia innovaatioita ja tutkimusmenetelmiä. Kemiassa käytetään konkreettisia, visuaalisia, matemaattisiamalleja tai erityisiä symboleja, jotka muodostavat kemiallisen kielen. Kemiallinen tieto muodostetaan ja tieteellistä keskustelua käydään useiden mallien avulla, joita uuden tiedon lisääntyessä muutetaan tarvittaessa vastaamaan paremmin uutta tieteellistä käsitystä.

Mallit voidaan luokitella niiden ontologisen asemansamukaan mentaalisiin ja ilmaistuihin malleihin (engl. mental and expressed models), konsensusmalleihin (engl. consensus models), tieteellisiin ja historiallisiin malleihin (engl. scientific and historical models) sekä opetussuunnitelma- ja opetusmalleihin (engl. curricular and teaching models) (Gilbert ym. 2000). Malleilla ja mallintamisella on tärkeä rooli kemiassa, ja tällöin on luontevaa, että kemian opetus käsittelee kemiallisia malleja ja mallintamista. Justin ja Gilbertin (2003) mukaan kemian opetuksessa opiskelijoiden tulisi tuntea

- 1) kemistien rakentamat tärkeimmät kemian mallit, sekä niiden edut ja puutteet
 - 2) mallien rooli kemiallisessa ajattelussa, ja oppia
 - 3) luomaan ja testaamaan kemiallisia malleja yksin tai ryhmässä
- (Justi & Gilbert 2003).

Koulumaailmassa mallien käyttöä on tutkittu useiden tutkijoiden toimesta ja tulokset osoittavat, että opiskelijat tulkitsevat malleja mieluummin naiivin realistisesti (todellisen ilmiön kohteina tai kopioina) kuin käsitteellisenä rakenteena, jota tutkijat käyttävät tulosten tulkintaan ja kysymysten esittämiseen maailmasta (Grosslight ym. 2001). Grosslight on arvioinut opiskelijoiden mallien ymmärtämistä kolmen tason avulla. Ensimmäisellä tasolla opiskelijan mielestä mallit ovat leluja tai todellisuuden kopioita. Toisella tasolla opiskelija ymmärtää, että mallit on luotu tarkoitusta varten. Kolmannella tasolla oleva opiskelija ymmärtää, että malli on luotu testausta varten. Kolmannella tasolla oleva opiskelija ymmärtää, että malli on luotu testausta varten. Kolmannella tasolla oleva opiskelija ymmärtää, että malli on luotu testausta varten. Kolmannella tasolla oleva opiskelija ymmärtää, että malli on luotu testausta varten.

Mentaaliset mallit

Mentaalisten mallien ymmärtäminen auttaa tukemaan kemian opiskelua ja oppimista. Mentaaliset mallit ovat kiinnostaneet tutkijoita useasta eri näkökulmasta tai tutkimussuunnasta aina kognitiivisesta psykologiasta tieteen filosofiaan ja luonnontieteiden koulutukseen. Tuloksena on ollut useita määritelmiä, jotka painottavat eri näkökantoja. Francon ja Colinvax'in (2000) mukaan mentaalisten mallien ymmärtäminen vaatii kaksi pakollista näkökulmaa: kuinka mentaaliset mallit ovat kehittyneet, ja mitkä ovat niiden avainpiirteet, kun ihmiset käyttävät niitä ajattellessaan. Johnson-Laird'in (1983) mukaan mentaaliset mallit ovat havaitun tai käsitetyn maailman rakenteellisia analogeja. Gentner ja Stevens (1983) esittävät, että mentaaliset mallit ovat yhteydessä ihmisten tietoutteen maailmasta ja kuinka se toimii, eli tapaan, jolla ihmiset ymmärtävät jonkin määrän tietoa. Gilbertin ym. (2000) mukaan



mentaalinen malli on yksityinen ja persoonallinen esitys tai kuvaus jostakin objektista tai asiasta, jonka yksilö yksin tai ryhmässä on muodostanut. Mentaalinen malli on vuorovaikutussuhteessa ilmaistuun malliin, sillä sitä käytetään sekä ilmaistujen mallien ymmärtämiseen että niiden luomiseen (Buckley & Boulter 2000).

Mentaalisten mallien suora tutkiminen on vaikeaa johtuen tästä niiden yksityisestä luonteesta (Gilbert & Boulter 1998). Tutkija ei pääse käsiksi mentaalisiiin malleihin, vaan joutuu tyytymään tutkittavan johonkin ilmaistuun versioon mentaalisesta mallista, joka antaa viitteitä siitä, millainen alkuperäinen mentaalinen malli on ollut. Mentaalisiamalleja on siis tutkittumuiittenmallien kautta, joita ilmaistu kirjoittamalla, piirtämällä tai muulla tavoin. Tutkimuksissa saadut tulokset osoittavat, että mentaalisilla malleilla on useita erilaisia piirteitä. Franco ja Colinvax (2000) luettelevat alustavasti ne piirteetmentaalisisistamalleista, jotka helpottavat tutkijaa tunnistamaan yksilöiden käyttämät mentaaliset mallit. Tällaisia keskeisiä piirteitä ovat muun muassa mentaalisten mallien generatiivisuus ja synteettisyys sekä mallien vaatima äännetön tieto.

Kokeellisuus

Kokeellisuuden avulla voidaan tukea kemian ymmärtämistä ja korkeamman tason ajattelutaitoja. Kokeellisuus voi olla omakohtaista toimintaa, laboratoriotyöskentelyä, demonstraatioita ja opintokäyntejä sekä audiovisuaalisten apuvälineiden tai kerro-
non avulla tapahtuvaa toimintaa (Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003). Kokeellisen työskentelyn lajit Gottin ja Dugganin (1994) mukaan voidaan jakaa tavoitteiden mukaan viiteen eri luokkaan:

- 1) taitoja harjaannuttavaan
- 2) havainnointia korostavaan
- 3) keksimistä korostavaan
- 4) todentamista korostavaan
- 5) tutkimusta korostavaan kokeelliseen työskentelyyn.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin näistä pääsääntöisesti havaintoja ja todentamista korostavaan kokeelliseen työskentelyyn.

Kokeellinen työskentely kehittää ja harjaannuttaa useita oppijan persoonallisuuden osa-alueita kuten luonnontieteellistä ajattelua, havaintojen ja tiedon jäsentämistä sekä päättelykykyä. Toisaalta laboratoriotyöskentely kehittää erilaisia työskentelyssä tarvittavia teknisiä, motorisia ja havaitsemisen taitoja. Unohtaa ei sovi myöskään luovuutta, aloitteisuutta, kärsivällisyyttä ja itseluottamusta, jotka kehittyvät oikein valitussa kokeellisessa työskentelyssä. Kokeellisuus tuo vaihtelua perinteiseen opetukseen, joten sillä on vaikutusta myös mielenkiinnon herättämiseen ja asenteisiin kemiaa kohtaan. (Hodson 1990; Lazarowitz & Tamir 1994; Meisalo & Lavonen 1994)

Kokeellinen työskentely yksinään ei kuitenkaan välttämättä johda oppilailla aktiivisen tiedon käsittelyyn ja rakentamiseen (Hodson 1990). Kehittyäkseen työskentelyssä oppilaat tarvitsevat opettajan ohjausta, harjoittelua ja monipuolisia kokeellisuuden työtapoja riittävän pitkällä ajanjaksolla (Kreiter & Kreiter 1974; Millar ym. 1994; Lavonen & Meisalo 1997).



Aikaisempi tieto, uskomukset, odotukset ja kokemukset vaikuttavat siihen, kuinka tieto havainnoidaan. Tieteellinen tieto, kokeellisuus ja havainnot tapahtuvat valikoidusti, ja ne vaativat havainnoitsijalta tarkkaa huomiota ja keskittymistä. Tieteen tekeminen riippuu siitä, keitä me olemme sekä siitä, mitä tiedämme ja mitä olemme kokeneet. Sama pätee oppilailla kokeellisen työn havainnointiin (Hodson 1998). Havaintojen laatu ja hyödyllisyys on merkittävästi riippuvainen havainnoitsijan kyvystä ja tietotasosta. Koska havaintojen kerääminen ja tulkinta voi tapahtua vain tietysissä teoreettisessa viitekehyksessä, tarkoittaa se, että aikaisempi tieto määrittää havainnot, joita oppilaat koulussa voivat tehdä ja tarkoitukset, joilla he voivat havaintonsa selittää (Hodson 1998). Kokeellisissa työskentelyssä olisi tärkeää, että oppilaat ymmärtäisivät, että kaikki havainnot, jotka ilmiöstä tehdään, eivät ole samanarvoisia ja yhtä oleellisia. Heidät tulisi ohjata löytämään ilmiön havainnoinnin kannalta olennaiset ja toivottavat havainnot ja jättämään huomioitta epäoleelliset ja väärä havainnot (Hodson 1986). Havainnot tulisi tarkistaa teoreettisen kehityksen pohjalta. Ilman riittävää teoreettista kehystä, ei ole varmuutta siitä, että oppilaat havainnoivat oikein tarkastelussa olevaa tapahtumaa tai ilmiötä. He voivat epäonnistua näkemään ilmiötä, jota he ovat tutkimassa tai he jopa voivat nähdä ilmiössä jotakin aivan muuta kuin mitä on tarkoitus (Hodson 1998).

Oppilaiden suhtautuminen kokeellisuuteen ja oppilastoita kohtaan on yleensä positiivista, erityisesti silloin, kun he ymmärtävät, mitä ovat tekemässä (Hodson 1990). Osalle oppilaista oppilastyöt ovat lähinnä huvia (Johnstone & Wham 1982) ja niistä ei pidetä, jos ne eivät onnistu (Dickson 1998). Oppilastyöt ohittavat suosiossa kuitenkin luennot ja demonstraatiot (Hofstein & Lunetta 1982). Tavoitteellinen toiminta on keskeistä kokeellisuuden toteutuksessa. Sekä opettajan että oppilaan tulee tiedostaa käytettävän kokeellisen työn tavoitteet. Sopivia työtapoja valitsemalla voidaan tukea oppilaiden kemianmerkityksellistä ymmärtämistä ja korkeamman tason ajattelutaitoja (esim. Aksela 2005).

Tutkimusongelmat ja tutkimuksen suorittaminen

Tutkimus keskittyy tarkastelemaan opiskelijoiden ajattelun kehittymistä kokeellisen työskentelyn aikana sekä sitä, kuinka opiskelija yhdistää havainnot ja mallintaa ilmiön. Tutkimuksen pääongelman voi kiteyttää yhteen kysymykseen: Miten kemian opettajiksi opiskelevat mallintavat Boylen lain?

Alaongelmina tarkennetaan mallintamista ja sitä menetelmää, jolla tietoa opiskelijoiden mallien muodostamisesta haetaan.

- Miten opiskelijat hahmottavat makro- ja mikrotason Boylen laissa?
- Millä ajattelutasoilla on opiskelijoiden ajattelu Boylen laista?
- Millaista tietoa Story Board -menetelmä antaa opiskelijoiden mallien rakentamisesta?

Tutkimuksen kohderyhmänä ovat olleet PALAVA-hankkeen sopimuksen mukaisesti kymmenen kemian opettajaksi opiskelevaa nuorta. Tutkittavia etsittiin sähköpostiviestillä ja halukkaat saivat ilmoittautua tutkijalle. Tällä tavalla löydettiin riittävää määrää opiskelijoita tutkimukseen. Vastaajien sukupuolta ei ole tutkimuksessa



eroteltu. Opiskelijat olivat pääsääntöisesti 2.–5. vuosikurssin opiskelijoita, jotka ovat suorittaneet vähintään kemian cum laude approbatur -arvosanan.

Tutkimuksessa opiskelija on tehnyt ensin kokeellisen ohjeistetun kokeellisen työn, jonka jälkeen hän on piirtänyt havaitsemansa tapahtumat paperille (makroskooppinen taso eli makrotaso) sekä mahdollisuuksien mukaan myös mikrotason (mikroskooppinen), joka hänen mielestään aiheuttaa havaitun ilmiön. Tämän lisäksi oli tarkoitus, että opiskelija yhdistää nämä kaksi tasoa (makro- ja mikrotaso) toisiinsa sanallisesti. Jokainen tutkittavista suoritti itsenäisesti kokeellisen työskentelyn ja sen jälkeen he täydensivät kyselylomakkeen. Mikäli he eivät ymmärtäneet tehtävää esimerkiksi *”Mitä tarkoittaa havainnon taso?”*, saivat he kysyä neuvoa, mutta ilmiön selittämiseen liittyviin kysymyksiin ei annettu vastauksia. Kokeellisessa työssä opiskelijoilla oli käytössä muoviruisku, ruiskun sulkija, vaahtokarkki ja ilmapallo.

Kyselylomakkeessa opiskelijoita pyydettiin piirtämään kokeellisen työn tapahtumat ensin havaintojen tasolla (makroskooppinen taso), sen jälkeen he visualisoivat ilmiön mikrotasolla ja lopuksi sanallisesti yhdistivät nämä kaksi piirtämäänsä tasoa toisiinsa (Story Board -menetelmä). Aineisto koottiin touko- ja kesäkuun 2004 aikana.

Analysointi on suoritettu kansainvälisessä tutkimusprojektissa toimineen tutkija Oversbyn kehittämällä analyysimatriisilla, joka perustuu makro-, mikro- ja symbolitasoihin. Taulukossa 1 on esitelty eri kokeiden analyysiin käytetyt matriisit.

TAULUKKO 1. Tutkimuksessa käytetyt analyysimatriisit

Makroskooppinen – ei mainintaa kappaleista	Mikroskooppinen – ei syytä ja seurausta	Mikroskooppinen – syy ja seuraus selitys	Sanallinen
Työt 1a ja 1b: Ilmaa ruiskussa (Boylen koe)			
1A Paine ainoastaan ruiskun sisällä – ei partikkeleja	2A Partikkelit ainoastaan ruiskun sisällä. Paine on mainittu	3A Partikkelit ainoastaan ruiskun sisällä. Partikkelien törmäyksiä, mutta ei havaita niissä eroja	
1B paine ruiskun sisällä ja ulkona – ei kappaleita	2B Partikkelit ruiskun sisällä ja ulkona. Paine on mainittu	3B Partikkelit ruiskun sisällä ja ulkona. Erilaiset partikkelien törmäykset	
Työ 2: Ilmapallokoe			
1A paine ainoastaan ilmapallon sisällä – ei partikkeleja	2A Partikkelit ainoastaan ilmapallon sisällä. Paine on mainittu	3A Partikkelit ainoastaan ilmapallon sisällä. Partikkelien törmäyksiä, mutta ei havaita niissä eroja	
1B paine ilmapallon sisällä ja ulkona – ei kappaleita	2B Partikkelit ilmapallon sisällä ja ulkona. Paine on mainittu	3B Partikkelit ilmapallon sisällä ja ulkona. Erilaiset partikkelien törmäykset	
Työ 3: Vaahtokarkkikoe			
1A paine ainoastaan vaahtokarkin sisällä – ei partikkeleja	2A Partikkelit ainoastaan vaahtokarkin sisällä. Paine on mainittu	3A Partikkelit ainoastaan vaahtokarkin sisällä. Partikkelien törmäyksiä, mutta ei havaita niissä eroja	
1B paine vaahtokarkin ja ulkona – ei kappaleita	2B Partikkelit vaahtokarkin sisällä ja ulkona. Paine on mainittu	3B Partikkelit vaahtokarkin sisällä ja ulkona. Erilaiset partikkelien törmäykset	

Tutkimustulokset ja pohdinta

Tulokset

Tulokset esitetään kyselylomakkeen järjestyksessä tehtävä kerrallaan. Osiossa käsitellään keskeiset tulokset jokaisesta tehtävästä sekä esitetään myös opiskelijoiden tutkimuslomakkeeseen piirtämiä kuvia. Tulosten yhteenveto on koottu taulukkoon 2.



TAULUKKO 2. Yhteenveto analyysistä

1	2a	2b
Makroskooppinen – ei mainintaa kappaleista* (N=10)	Mikroskooppinen taso ei seurausta ja vaikutusta** (N=10)	Mikroskooppinen taso seuraus ja vaikutus*** (N=10)
(A) Tutkimus 1A		
1A 3	2A 8 5 mainitsi paineen tekstissä	3A 8 3 ei maininnut törmäyksiä 1 molekyyli työntävät mättää
1B 7 Tekstissä 2 mainitsi paineen 1 paineen muutokset mainittu	2B 2 1 mainitsi paineen tekstissä	3B 3 1 ei maininnut törmäyksiä
(B) Tutkimus 1B		
1A 3	2A 8 1 mainitsi paineen muutokset	3A 6 2 ei maininnut törmäyksiä 1 ei havainnut muutoksia paineessa
1B 7 Tekstissä 1 mainitsi paineen	2B 3 1 ei maininnut paineen muutosta	3B 4 1 ei havainnut muutoksia paineessa
(C) Tutkimus 2		
1A 3	2A 6 1 ei maininnut painetta 1 tilanne ainoastaan kuvassa	3A 5 1 ei maininnut törmäyksiä 1 ei maininnut partikkelin liikettä
1B 7 Tekstissä 5 mainitsi paineen	2B 5 1 ei maininnut painetta 1 tilanne kuvattu tekstissä	3B 5 2 ei maininnut törmäyksiä
(D) Tutkimus 3		
1A 3	2A 3 1 ei maininnut painetta 1 tilanne ainoastaan kuvassa	3A 3 2 ei maininnut törmäyksiä 1 ei maininnut tilavuutta
1B 4 Tekstissä 2 mainitsi paineen	2B 5 1 ei maininnut painetta 1 ei ole piirtänyt partikkeleita	3B 5 2 ei maininnut törmäyksiä 1 ei maininnut kappaleita 1 ei siirtynyt mikrotasolle

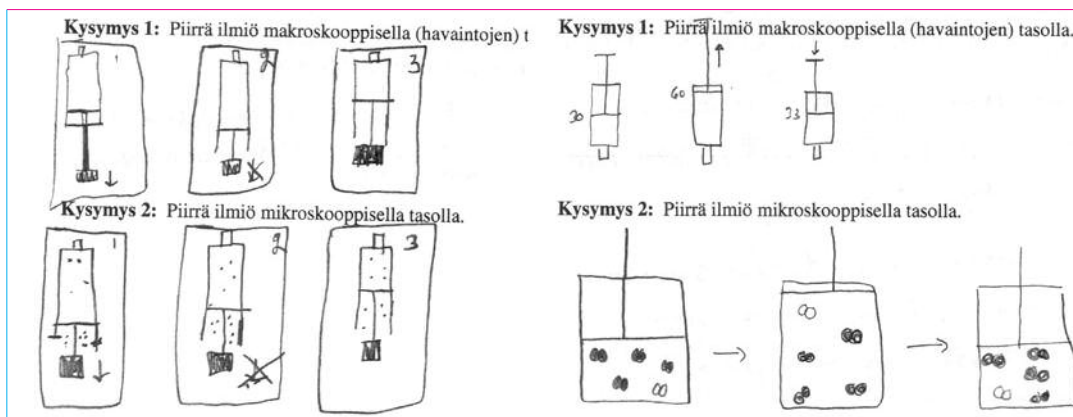
* 2/10 ei maininnut painetta ollenkaan ja 1/10 vastauksia ei voinut määritellä taulukolla

** 1/10 vastauksia ei voinut määritellä taulukolla

*** 1/10 vastauksia ei voinut määritellä taulukolla ja 1/10 ei ollut maininnut kappaleita tai törmäyksiä



- Ilmaa ruiskussa (Boylen koe) – Tutkimus 1A
Tehtävässä opiskelijat suorittivat kokeen oheisen ohjeen mukaan: *"Koe 1A: Vedä ruiskuun ilmaa puoleen väliin asti ja sulje sen jälkeen ruiskun pää. Työnnä mäntää ja päästä irti. Tarkkaile."*
- Esimerkkejä opiskelijoiden piirtämistä malleista
Kokeellisesta osuudesta on valittu kahden opiskelijan piirtämät kuvat makro- ja mikrotasolta, joissa toteutus on tehty eri tavalla. Kuviossa 1(a) on esitetty kokeellinen tapahtuma yhdellä kuvalla eri tasoilla ja nuoli kuvaa männän kulkusuuntaa. Kuviossa 1(b) nähdään toisen opiskelijan näkemys, jossa kokeellisen ilmiön kuvaamiseen on käytetty useampaa kuvaa sarjakuvatyypillisesti. Molemmissa kuvissa makrotasolla on selkeästi piirretty ruisku ja kokeessa havainnoidaan männän opiskelijaa osasi piirtää kaasun partikkelit sekä sisä- että ulkopuolelle ruiskua ja suurin osa opiskelijoista liikettä. Mikroskooppisella tasolla kuvista häviää tietynlainen todellisuuden esitys ja ne ovat muuttuneet astetta abstraktimmiksi – ruiskun ulkomuoto pelkistyy laatikoksi (kuvio 1(b)), ja kuva kohdentuu ja tarkentuu tiettyyn, opiskelijan valitsemaan kohtaan (kuvio 1(a)).



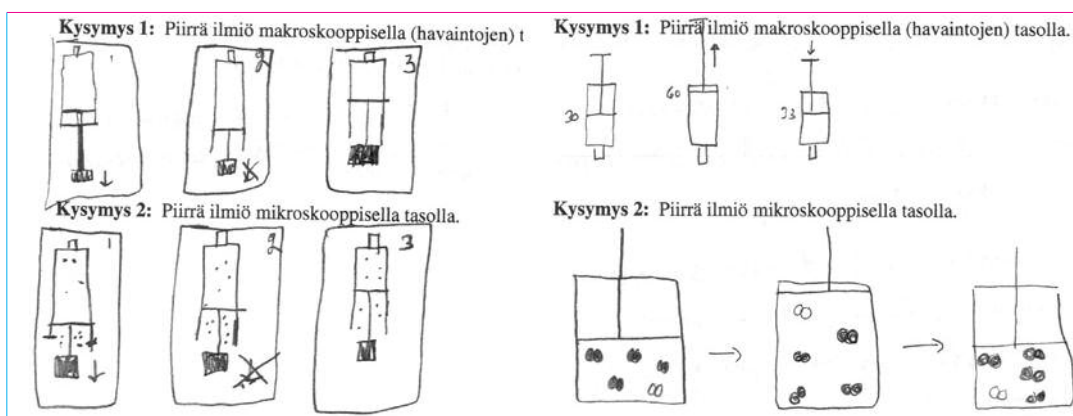
KUVIO 1. Opiskelijoiden (A ja B) piirtämä malli Ilmaa ruskussa (1A)-osuudessa

- Opiskelijoiden makro- ja mikrotason hahmottaminen
Opiskelijat osoittautuivat tehtävässä hyviksi tarkkailijoiksi, sillä jokainen heistä ($n=10$) esitti piirustuksissaan tärkeimmät makroskooppisen tason kokeelliset vaiheet. Boylen lakiin liittyvät paineen ja tilavuudenmuutokset osattiin yhdistää toisiinsa. Toisaalta mikrotason piirroksiin vain kaksi ($n=8$) tyytyi piirtämään partikkelit vain ruiskun sisään. Suurimmat vaikeudet opiskelijoilla ($n=5$) olivat mikroskooppisen tason sanallisessa selittämisessä. Opiskelijat keskittyivät kuvaamaan paineen ja tilavuuden muutosta unohtaen partikkeleiden liikkeen ja törmäykset toisiinsa, jotka aiheuttavat paineen ja tilavuudenmuutokset. Ainoastaan kaksi opiskelijaa pystyi yhdistämään toisiinsa paineen ja tilavuuden muutokset selittäen sen partikkelitasolla.
- Ilmaa ruiskussa (Boylen koe) – Tutkimus 1B
Opiskelijoiden tehtävä oli lähes samanlainen kuin edellä kohdassa Esimerkkejä opiskelijoiden piirtämistä malleista ainoastaan sillä erolla, että tässä kohdassa

mäntää piti vetää eikä työntää. Kokonaisuudessaan kokeellinen työ kuului näin: *"Koe 1B: Vedä ruiskuun ilmaa puoleen väliin asti ja sulje sen jälkeen ruiskun pää. Vedä mäntää ja päästä irti. Tarkkaile."*

- Esimerkkejä opiskelijoiden piirtämistä malleista

Esimerkin vuoksi on valittu kaksi samalla idealla piirrettyä mallia ja ne on esitelty kuviossa 2. Molemmat opiskelijat ovat piirtäneet kokeellisesti havaitun ilmiön kolmen sarjan kuvalla ja toiseen kuvista on lisätty ruiskun asteikon numerointia. Mikroskooppisessa tasossa molemmilla ruiskun muoto säilyy ja kaasun partikkelit on piirretty molempiin kuviin, sillä erolla, että toisessa kaasun partikkelit ovat ruiskun männän molemmilla puolilla.



KUVIO 2. Kahden opiskelijan piirtämät mallit makro- ja mikrotasolla Ilmaa ruiskussa (1B) -osuudessa

- Opiskelijoiden makro- ja mikrotason hahmottaminen

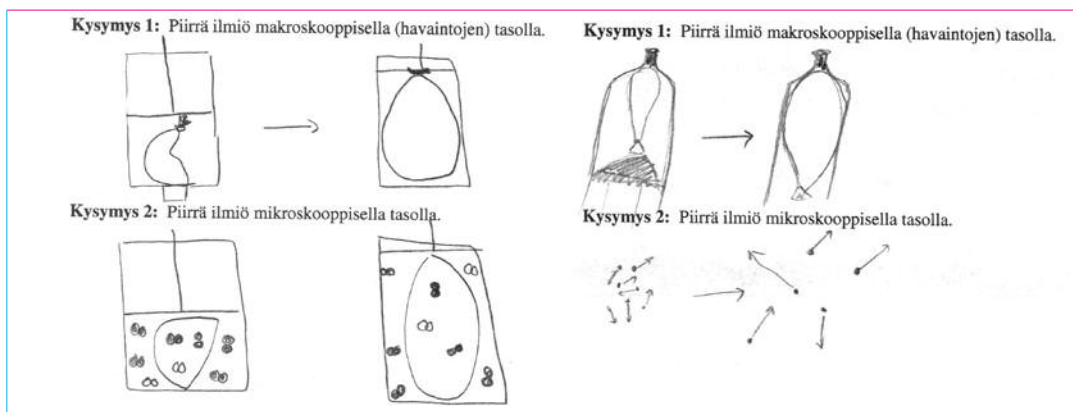
Opiskelijat olivat myös tällä kertaa hyviä tarkkailemaan kokeellisessa työssä tapahtuvia vaihteita. Heistä suurin osa ($n=8$) havaitsi paineen ja tilavuuden muutokset. Kaksi opiskelijaa ei havainnut työssä minkäänlaista muutosta ja heidän mielestään kaikki pysyi kokeessa vakiona. Edellisen kohdan 1A:n suorittamisessa heillä ei ollut ongelmia. Mikroskooppisella tasolla jokainen opiskelija oli osannut piirtää partikkelit ruiskun sisälle. Eniten vaikeuksia näytti tuottavan mikroskooppisen tason ymmärtäminen ja kuinka mikroskooppinen malli partikkeleista vaikuttaamakroskooppisen tason havaintoihin, sillä ainoastaan kaksi opiskelijaa oli onnistunut yhdistämään nämä kaksi tasoa ja niiden tapahtumat toisiinsa.

- Ilmapallokoe – Tutkimus 2

Seuraavassa kokeessa opiskelijat tarkkailevat ruiskussa olevassa ilmapallossa tapahtuvia muutoksia. He suorittivat kokeen oheisen ohjeen mukaan: *"Puhalla palloon vähän ilmaa ja solmi se kiinni. Laita ilmapallo ruiskuun ja anna sen pudota ruiskun päähän. Liikuta ruiskun mäntää niin, että se koskee juuri ja juuri ilmapalloon ja sulje ruiskun pää. Vedä mäntää ulos ja tarkkaile palloa."*

- Esimerkkejä opiskelijoiden piirtämistä malleista

Kuviossa 3 esitetään malleista havaintotasoiltaan kaksi hyvin samanlaista eri opiskelijoiden piirtämää mallia, mutta jotka eroavat mikrotason esitykseltään toisistaan. Opiskelijat ovat piirtäneet kokeellisesta osuuden tapahtumista kahden kuvanmallin. Mikroskooppisella tasollamallit poikkeavat toisistaan. Toisessa kuvassa ruiskun muoto säilyy ja kaasun partikkelit on piirretty sekä ruiskuun että ilmapallon sisälle. Toisen opiskelijan mallissa kuvassa esitetään kaasun partikkelit sinkoilemassa eri suuntiin ja kappaleen liikkeen suuntaa kuvaa nuoli. Kuvassa ei esitetä sitä, missä nämä kaasun partikkelit ovat – kuvaatko ne ilmapallossa olevia partikkeleita vai ruiskussa olevia.



KUVIO 3. Kahden opiskelijan piirtämät makro- ja mikrotason mallit Ilmapallo ruiskussa -osuudesta

- Opiskelijoiden makro- ja mikrotason hahmottaminen

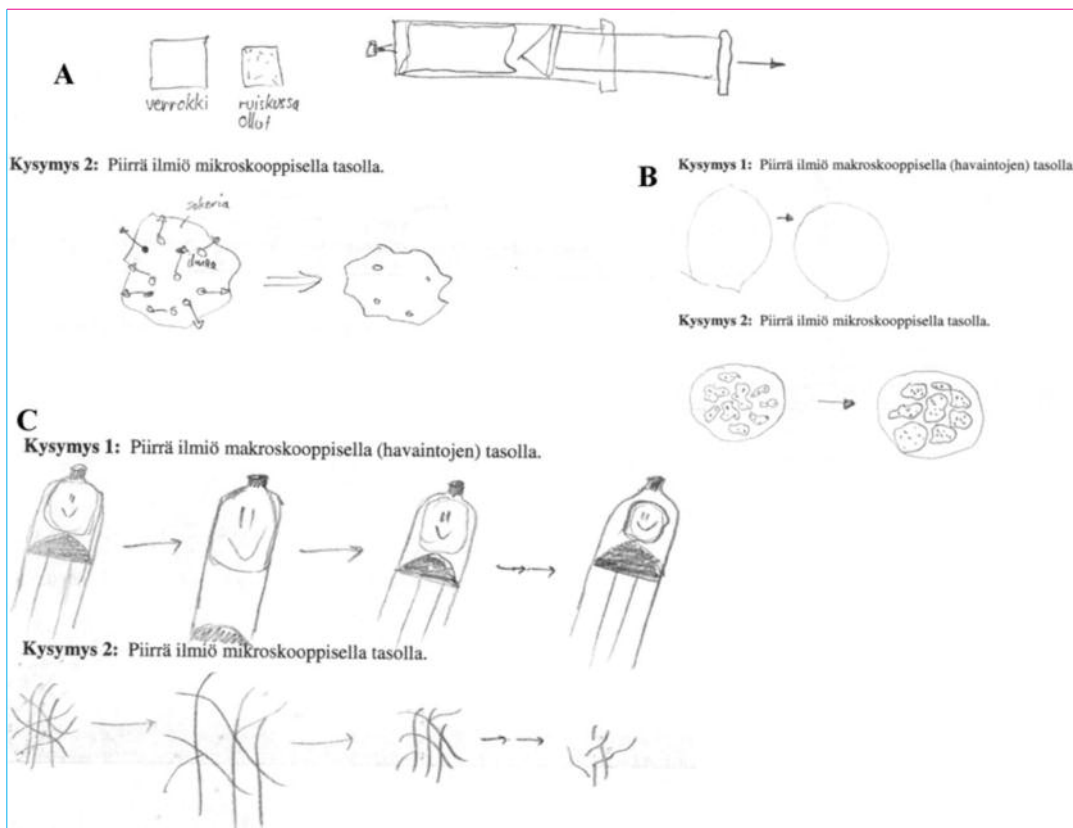
Opiskelijat ovat edellisten kohtien mukaan hyviä tarkkailijoita. Jokainen (n=10) oli piirtänyt kaasun partikkelit pallon sisälle ja he osasivat selittää makroskooppisen havainnon oikein. Opiskelijat olivat osanneet piirtää idean kuviinsa, mutta suurin osa keskittyi selittämään paineen ja tilavuuden muutoksia unohtaen pallon sisällä olevat partikkelit. Mikroskooppisen tason selittäminen oli suurimmalle osalle opiskelijoista vaikeaa, ja ainoastaan yksi opiskelijoista osasi yhdistää sekä makro- että mikrotason havainnot. Taulukkoon 2(c) kootuista opiskelijoiden vastauksista nähdään, että suurimmalla on ollut ongelmia osalla eri tasojen yhdistämisessä. Puolet opiskelijoiden vastauksista on jäänyt havaintojen tasolle. Kuitenkin neljä opiskelijaa on yrittänyt viedä vastaustaan mikrotasolle, mutta paineen ja tilavuuden muutosten selittäminen partikkelitasolla on ollut vaikeaa. Kuten taulukosta 3 nähdään, partikkelien törmäysten ja liikkeen kuvaaminen on ollut vaikeaa.

- Vaahtokarkkikoe – Tutkimus 3

Vaahtokarkkityö oli monivaiheisempi kuin edelliset kohdat ja opiskelija suoritti kokeellisen osan seuraavalla tavalla: *"Valitse kaksi samankokoista vaahtokarkkia. Näistä toista käytetään kokeessa. Toinen vaahtokarkeista on vertailukappale. Piirrä vaahtokarkkeihin naamat saadaksesi tilavuudenmuutokset näkymään selvemmin. Merkitse muistiin kokeessa käyttämäsi vaahtokarkin koko piirtämällä sen ääriveriivat paperille. Lai-*

ta tämä vaahtokarkki ruiskuun ja liikutamäntää niin, että se juuri koskettaa vaahtokarkkia ja sulje tämän jälkeen ruiskun pää. Vedä mäntää ulos ja tarkkaile vaahtokarkkia. Vapauta mäntä ja tarkkaile. Toista männän vetoa ja vapautusta 5–6 kertaa. Poista vaahtokarkki ja vertaa sitä paperilla oleviin äärioviivoihin ja vertailukappaleeseen.”

- Esimerkkejä opiskelijoiden piirtämistä malleista
Osuudessa esitellään kolme erilaista opiskelijoiden piirtämää mallia Vaahtokarkki ruiskussa -osuudesta kuviossa 4. Nämä mallit poikkeavat toisistaan merkittävästi. Poikkeuksellista muihin osioihin verrattaessa on se, että mallit poikkeavat toisistaan jo kokeellisen ilmiön havaintojen tasolla, vaikka tilanteen kuvallisen ilmaisun pitäisi ollamelko suoraviivaista, ja tiedollisten tasojen erojen havaintojen tasolla ei pitäisimerkittävästi vaikuttaa piirrostilanteeseen. Esimerkiksi kuvassa 4(B) havaintojen tasoon on piirretty kaksi ympyrää ja nuoli niiden väliin. A- ja C-kohdissa on tunnistettavissa ruisku ja siellä sisällä vaahtokarkki. Akohdassa kokeellinen ilmiö on kuvattu yhdellä kuvalla ja kohdassa C kuvia on piirretty neljä.



KUVIO 4. Opiskelijoiden piirtämät mallit makro- ja mikrotasoilla Vaahtokarkki ruiskussa -osuudessa

- Opiskelijoiden makro- ja mikrotason hahmottaminen
Mikroskooppiseen tasoon moni opiskelija oli osannut piirtää mukaan myös kaasupartikkelit ($n=8/10$). He olivat havainneet, että vaahtokarkin muodonmuutos kokeen lopussa johtuu siitä, että vaahtokarkin sisällä ollut ilma on tullut pump-

pauksessa ulos ja se rutisti vaahtokarkin kokoon. Vaahtokarkkitutkimus oli opiskelijoiden kirjallisista vastauksista päätellen kaikkein vaikein selitettävä ja moni tyytyi vain makroskooppisiin havaintoihin. Mikroskooppisen tason selittäminen osoittautui vaikeaksi, vaikka partikkelit onnistuttiin suurimmassa osassa vastauksia piirtämään kuvaan.

Taulukoihin 2(d) ja 3 kootut tulokset osoittavat selkeästi, että vaahtokarkkityön analysointi matriisilla on ollut vaikeaa. Monen opiskelijan vastaukset ovat olleet vaillinaisia, kuten esimerkiksi kohdassa 2b (taulukko 2(d) on nähtävissä). Vaikeuksia on ollut kaasupartikkelien huomioimisessa sekä niiden liikkeessä ja törmäyksissä. Yhdessä vastauksessa puhuttiin ainoastaan vaahtokarkin molekyyleistä. Asiaa ei sen tarkemmin selitetty. Yhden vastaajan vastaukset jäivät hyvin matalalle makroskooppiselle tasolle, sillä hän päätyi kuvaamaan mikroskooppista tasoa kysymysmerkein. Muidenkin vastauksissa on havaittavissa samanlainen suuntaus, sillä suurin osa vastauksista jäi makroskooppiselle tasolle (n=6) ja vain kaksi onnistui tasojen yhdistämisessä.

Malleista ja makro- ja mikrotason hahmottamisesta

Tutkimusmenetelmä antaa paljon tietoa siitä, millä tavalla opiskelijat näkevät Boylen lain. Kokeellinen työskentely, josta tehtävä tarkkailu ja ilmiön piirtäminen antavat tietoa siitä, kuinka opiskelijat mallintavat ja visualisoivat omat havaintonsa. Mikroskooppisten tapahtumien piirtäminen ja sanallinen selittäminen vaativat jo tietynlaisen tietopohjan asiasta (Hodson 1998), jotta sen voi yhdistää havaittuun, makroskooppiseen ilmiöön.

Analysoiduista tuloksista nähdään, että makroskooppisen ilmiön mallintaminen oli suoraviivaista. Kaikki piirsivät kuvan ruiskusta tai sen osasta ja havainnollistivat sen liikettä nuolilla sekä piirsivät eri tilanteista eri kuvan sarjakuvamaisesti rinnakkain. Idea jokaisella oli samantapainen – toteutuksessa tietenkin yksilöiden välillä oli nähtävissä eroja. Makroskooppisen mallin aikaansaamiseksi, opiskelijalle riitti kokeellisen työn suoritus ja ruiskun liikkeiden ja ruiskussa olevan kappaleen muodon muutosten tarkkailu. Mallien samankaltaisuus oli jossain määrin odotettavissa, sillä havaintojen ja piirtämisen yhdistämiseen ei tarvita niin laajaa tiedollista pohjaa havainnoitavasta ilmiöstä.

Eroja ilmiön visualisoinnin toteutuksessa on havaittavissa opiskelijoiden vastauksissa mikroskooppisella tasolla. Osa opiskelijoista jatkaa mallia edellisessä kohdassa piirtämästään havainnoista lisäten partikkelit ruiskuun ja muuttaen niiden välistä etäisyyttä (tutkimukset 1A ja 1B). Osa opiskelijoista piirtää kuvaan pelkät kaasun partikkelit ja liikettä kuvaavia nuolia. Osa heistä käyttää kemiallisia merkkejä kertomaan, mitä kaasun partikkeleja ilmassa on. Tulosten perusteella vaikeimmiksi koetuissa ilmapallo- ja vaahtokarkkitutkimuksissa ilmiön mikrotason visualisointi tuo esiin mentaalisten mallien piirtämisessä aikaisemmissakin tutkimuksissa (esim. Franco ja Colinvaux 2000) havaitun piirteen, että ilmaistuunmalliin valitaan vain osa kaikesta siitä, mitä on ajateltu. Esimerkiksi osassa mikrotason piirretyissä malleissa on valittu malliin vain osa, ikään kuin opiskelija olisi ”zoomannut” katsettaan vaahtokarkin sisään ja hän näkee vain vaahtokarkin kuidut. Tällainen malli ei välttämättä avaudu asiasta ulkopuoliselle tarkkailijalle.



Opiskelijoiden aikaisempi tietopohja siitä, mitä mikrotasolla ilmiössä tapahtuu, ei ole ollut suurimmalla osalla riittävä. Opiskelijoiden piirtämistä malleista ja sanallisesta selityksestä nähdään, että opiskelijoiden välillä on suuria eroja, millä tasolla heidän tietonsa Boylen lain toimivuudesta sekä paineen ja tilavuuden muutoksiin vaikuttavista tekijöistä on. Sanallisessa ilmiön kuvauksissa tulevat esille tilavuuden ja paineen käsitteet sekä niiden muuttuminen tilanteesta toiseen. Jokainen vastaaja oli onnistunut yhdistämään piirroksessa ja sanallisessa kirjoituksessa keskeisimmät makroskooppisen tason käsitteet, mutta makro- ja mikrotason yhdistämisessä oli suurimmalla osalla vaikeuksia. Bloomin taksonomian ja uudistetun taksonomian (Bloom 1956; Anderson & Krathwohl 2001) mukaan voidaan tuloksista nähdä, että suurin osa on ollut kognitiivisten prosessien alimmilla tasoilla (muistaa, ymmärtää) ja vain harva tavoitti korkeampia tasoja, kuten esim. soveltaa, analysoida ja arvioida.

Osaa tuloksista varmasti selittää heikko tietotaso siitä, mitä ilmiössä mikrotasolla tapahtuu. Osalla opiskelijoista on pitkä aika siitä, kun he ovat opiskelleet asian. Osa vastaajista ei välttämättä ole käyttänyt parasta tietämystään ja osa puolestaan on kokenut tehtävän niin vaikeaksi, että on käyttänyt vieläkin yksinkertaistettumpaa selitystä kuin mihin olisi todellisuudessa pystynyt. Osassa vastauksissa opiskelijat viittasivat aikaisempiin selityksiin edellisissä tehtävissä ja eivätkä he selittäneet tarkasteltavaa tilannetta niin tarkasti, jolloin vastausten tulkintaan tuli vaikeuksia. Huomionarvoista on myös, että vain muutama opiskelija osasi vastauksissa kiinnittää huomiota myös ulkoiseen paineeseen, ja suurin osa vastauksista keskittyi ruiskussa olevaan paineeseen jättäen ruiskun ulkopuolella vallinneen tilanteen huomioita.

Nyt saadut tulokset korreloivat Sloveniassa tehdyn PALAVA-tutkimuksen saman kohderyhmän (35 opettajaksi opiskelevaa opiskelijaa) tuloksiin. Makrotason selittäminen piirtämällä ja sanallisesti onnistuimolemmissa ryhmissä eri Boylen tutkimuskaavakkeessa olevien tutkimusten osalta, mutta makro- ja mikrotason yhdistämisessä myös Sloveniassa oli ongelmia. Esimerkiksi vaahtokarkkikokeessa suurin osa slovenialaisista vastaajista ($n=24/35$) selitti ilmiön kaasun ja tilavuuden avulla ja vain yhdessä vastauksessa osattiin yhdistää partikkelit tilavuuden ja paineen muutokseen. Vastaavat luvut Suomessa olivat makroskooppiselle tasolle ($n=8/10$) ja tasot yhdisti kaksi vastaajaa. Tulokset ovat hyvin samankaltaisia. Lisäksi PALAVA-projektissa on havaittu, että tasojen yhdistäminen ei ole välttämättä helppoa myöskään ammattitutkijalle. Esimerkkinä mainittakoon edelleen vaahtokarkkityö, jossa korkeimmalle tasolle selityksessä makro- ja mikrotason yhdistämisessä pääsi vain harvat tutkijat Englannissa (fyysikot $n=1/7$, kemistit $n=2/6$, biologit $n=2/22$).

Story Board -menetelmän antama tieto

Story Board -menetelmä muodostuu kolmesta kehyksestä:

- (i) ilmiöstä
- (ii) ilmiön visualisoinnista
- (iii) sanallisesta selityksestä ilmiön ja sen visualisoinnin yhdistämiseksi.

Tällaisia kuvauskehyksiä voidaan käyttää erityisesti dynaamisissa prosesseissa kuvaamaan ilmiön vaihteellaiseenmuuttumiseen. Tällä menetelmällä voidaan parhaassa tapauksessa edistää ilmiön ja sen visualisoinnin välisten yhteyksien löytymistä sekä tiedostamista.



Tutkimuksessa havaittiin, että Story Board -menetelmällä saadaan hyvää tietoa tutkittavan mallintamisprosessista piirtämisen ja kirjoittamisen kautta. Esimerkiksi tutkimuksessa nähtiin, että piirroksiin opiskelijat piirsivät kaasupartikkeleita, mutta sanallisessa selityksessä he tyytyivät kertomaan ilmiöstä makroskooppisia havaintoja.

Opetuksessa Story Board -menetelmää käyttämällä opettaja voi saada paremmin tietoa oppilaiden ymmärtämisestä ja opeteltavana olevan ilmiön hahmottamisesta. Menetelmän avulla opettaja voi suunnata opetustaan niille ilmiön alueille, jotka oppilaiden antamista vastauksista päätellen, ovat vaikeasti ymmärrettäviä. Toisaalta menetelmää voi käyttää myös opiskelijan oman metakognitiivisen tiedon lisäämiseen omasta oppimisestaan – opettaja voi ohjata opiskelijaa tulkitsemaan omia mallejaan ja niiden vahvuuksia ja heikkouksia sekä sitä kautta selittämään ja ymmärtämään tieteellisiä ilmiöitä ja havaintoja.

Yhteenveto ja pohdintaa

Tutkimuksessa havaittiin, että makroskooppisen tason mallintaminen piirtäen ja sanallisesti selittäen on opiskelijoille helpompaa kuin mikroskooppisen tason. Mikroskooppisten tapahtumien piirtäminen ja sanallinen selittäminen vaativat selvästi tietynlaisen tietopohjan asiasta (vrt. Hodson 1998). Useimpien opiskelijoiden tietopohja Boylen laista osoittautui riittämättömäksi mikroskooppiseen ilmiön tarkasteluun, esimerkiksi kuinka partikkelien liike ja törmäykset toisiinsa vaikuttavat paineen ja tilavuuden muutoksiin.

Tutkimuksessa havaittiin opiskelijoiden ajattelutaidot Boylen lain kontekstissa riittämättömiksi. Suurin osa opiskelijoista käytti kokeellisia tehtäviä suorittaessaan kongitiivisten prosessien alimpia tasoja (muistaa, ymmärtää). Tutkimuksessa vain harva opiskelija käytti korkeampia ajattelun tasoja (soveltaa, analysoida, arvioida).

Story Board -menetelmä antoi tietoa mallintamisprosessista ja opiskelijoiden käsitteen muodostamisesta. Menetelmää voidaan käyttää tukemaan ajattelutaitojen kehittämistä, ja sillä voidaan kannustaa opiskelijoita esittämään korkeamman tason ajattelutaitoja tukevia miksi ja miten-kysymyksiä. Ajattelutaitojen kehittämistä voidaan tukea myös kiinnittämällä huomiota tehtävien muodostamiseen (esim. tehtäviin on tärkeä lisätä ajattelua ohjaavia kysymyksiä ja sopivia verbejä) ja kannustavan keskustelukulttuurin luomiseen opetustilanteeseen, jolloin tavoitteena on asian laaja ja monipuolinen käsittely (vrt. Aksela 2005). Tutkimuksessa käytetyt kokeelliset työt sopivat erinomaisesti käytettäväksi yhdessä Story Board -menetelmän kanssa Boylen lain opetustyössä (ks. Laine & Tanskanen 2007).

Kemian opetuksen kannalta on tärkeää, että opiskelijat pääsisivät käsittelemään opintojensa aikanamalleja ja mallintamisprosesseja sekä havaintojen että teoreettisen tietotason pohjalta. Tällöin opiskelijat pystyisivät paremmin yhdistämään tasot toisiinsa ja selittämään, kuinka havainnot liittyvät mikrotason tapahtumiin.

Jatkossa olisi tärkeä tutkia aihetta siten, että opiskelijat ensin mallintaisivat kokeellisen ilmiön ja sen jälkeen itse arvioisivat piirtämänsä mallit kerrattuaan ilmiöön liittyvät teoreettisen viitekehyksen. Sen jälkeen malleista keskusteltaisiin, miten hy-



vin ne kuvaavat kyseistä ilmiötä, ja muuttaisivatko he mallissa nyt jotakin toisin ja miksi. Mukaan tulisi opiskelijoiden omaa arviointia ja useampi muuttuja (esim. havainnot, mallit, teoreettinen tietopohja, oppiminen), joiden linkittymistä prosessin eri vaiheissa voitaisiin tarkkailla.

Lähteet

Aksela, M. 200). Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach. Doctoral dissertation. The Department of Chemistry, University of Helsinki. See <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/> (13.09.2007)

Anderson, L. & Krathwohl, D. 2001. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Addison Wesley Longman, Inc. New York, NY.

Barke, H. D. & Wirbs, H. 2002. Structural units and chemical formulae. Chemistry Education. Research and Practice in Europe, 3(2). 185–200.

Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W. & Krathwohl, D. 1956. Taxonomy of educational objectives. The classification of educational goals. Handbook I. Cognitive domain. New York, Toronto: Longmans, Green.

Buckley, B. C. & Boulter, C. J. 2000. Investigating the Role of Representations and Expressed Models in Building Mental Models. Kirjassa J. K Gilbert & C. J. Boulter (Eds.) Developing Models in Science Education. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 119–135.

Dickson, N. J. 1998. Practical rethink ... Letters. Education in chemistry, 75 (1). 150.

Franco, C. & Colinviaux, D. 2000. Grasping Mental Models. Kirjassa J. K Gilbert & C. J. Boulter (Eds.) Developing Models in Science Education (pp.93-118). Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Gentner, D. & Stevens, A.L. (Eds.) 1983. Mental models. Lawrence Erlbaum. Hillsdale.

Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. 1998. Learning science through models and modelling. Kirjassa K. Tobin & B. Frazer (Eds.) The International Handbook of Science Education. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 53–66.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., Elmer R. 2000. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. Kirjassa J. K Gilbert & C. J. Boulter (Eds.) Developing Models in Science Education. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 3–17.

Gott, R. & Duggan, S. 1994. Investigate work in the science curriculum. Open University Press. Milton Keynes.

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. 1991. Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. Journal of Research in Science Teaching, 28. 799–822.

Hodson, D. 1986. Rethinking the role and status of observation in science education. Journal of Curriculum Studies, 18. 381–396.

Hodson, D. 1990. A Critical Look at Practical Work in School Science. School Science Review, 71 (256). 33–40.

Hodson, D. 1998. Teaching and Learning Science: Towards Personalized Approach. Buckingham. Open University Press. Philadelphia.

Hofstein, A. & Lunetta, V. N. 1982. The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. Review on Educational Research, 52 (3). 201–217.

Johnson-Laird, P.N. 1983. Mental models. Cambridge University Press. Cambridge.

Johnstone, A. H. & Wham, A. J. B. 1982. The demands of practical work. Education in Chemistry, May. 71–73.



Johnstone, A. H. 1991. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7. 75–83.

Johnstone, A. H. 1993. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9). 701–705.

Justi R. & Gilbert, J. 2003. Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25.1 369–1 386.

Justi R. & Gilbert, J 2002. Models and Modelling in Chemical Education. Kirjassa J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds.) *Chemical Education. Towards Research-based Practice*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 47–68

Kreiter, H. & Kreiter, S. 1974. The role of the experiment in science education. *Instructional Science*, 3. 75–88.

Laine, L. & Tanskanen, H. Puleat pallot ja valtavat vaahtokarkit – kokeellinen työ Boylen laista.

<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/palvelut/opetusaineistot/kokeellisuus.htm> 28.08.2007

Lazarowitz, R. & Tamir, P. 1994. Research Using Laboratory Instruction in Science. Kirjassa D. L. Gabel (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Macmillan, Inc. New York. 94–128.

Lavonen, J. & Meisalo, V. 1997. Luonnontieteiden opetuksen kokeellisuus ja mittausautomaatio. Opettajankoulutuslaitos. LUONTI-projekti. Helsingin yliopisto.

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Opetushallitus. Vammalan kirjapaino Oy. Vammala.

Meisalo, V. & Lavonen, J. 1994. Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa. Opetushallitus. Edita Oy. Helsinki.

Millar, R., Lubben, F, Gott, R. & Duggan, S. 1994. Investigating in the School Science Laboratory: Conceptual and Procedural Knowledge and their Influence on Performance. *Research Papers in Education*, 9(2). 207–248.



Kemian opettajaopiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta

Judit Csikós

Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kemian opetukseen kuuluu kokeellinen lähestymistapa valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti. Kemian opettajankoulutuksessa hyödynnetään uusinta tutkimustietoa kokeellisuudesta ja kemian oppimisesta perehdyttämällä opiskelijat kokeellisuuteen kemian käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämisen tukena sekä sen toteuttamiseen puutteellisissa oloissa, koululuokassa, moderneissa oppimisympäristöissä sekä luonnossa. Tavoitteena on kouluttaa tutkivia kemian opettajia, jotka osaavat seurata myös kokeellisuuden osalta kemian opetuksen tutkimuksen kehittymistä, soveltaa uusinta tutkimustietoa opettajan työhön sekä tehdä siihen liittyvää kemian opetuksen tutkimusta. Tässä artikkelissa esitellään tapaustudkimus, jossa on tutkittu kemian opettajaopiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta ja sen toteuttamisesta. Kokeellisuus kemian opetuksessa I (5 op) -kurssin aikana. Tulosten mukaan kokeellisuus merkitsee tuleville opettajille erityisesti omakohtaista toimintaa. Kokeellisuutta pidetään tärkeänä osana kemian opetusta, koska se tukee kemian oppimista ja motivoi oppilaita kiinnostumaan kemian maailmasta. Huono työturvallisuus on opiskelijoiden mielestä tärkein syy olla tekemättä kokeellisia töitä kouluopetuksessa.

Johdanto

Kokeellisuus kemian opetuksessa -kurssilla toteutetaan tutkimusperustaista opetusta (ks. esim. Jakku-Sihvonen & Niemi 2006). Helsingin yliopistossa opetuksen tulee perustua tieteelliseen tutkimukseen ja sen järjestämisessä hyödynnetään opetusta ja oppimista koskevaa uusinta tutkimustietoa (Lindblom-Ylänne 2006; Helsingin yliopiston strategia 2007–2009). Opintojen päämääränä on opiskelijälähtöinen, syvällinen oppiminen, joka luo pohjan elinikäiselle uuden oppimiselle. Opettajankoulutuksessa tulee kouluttaa oman alansa hyvin hallitsevia, pedagogisesti taitavia, kasvatusvastuunsa tuntevia ja omasta ammattitaidostaan huolehtivia opettajia (Strategia 2003–2006). Opettaja tulee osata kehittää ja tutkia omaa työtään. Hänen tulee opetuksessaan ottaa huomioon muuttuvan toimintaympäristön haasteet.

Kemian opettajankoulutuksen tavoitteena on kouluttaa aktiivisia, taitavia ja innostuneita tutkivia kemian opettajia (Aksela, 2007). Kemian opettajalinjan opiskelijat suorittavat kemian laitoksella kemian opetuksen opintoja yhteensä 77 opintopistettä (Tutkintovaatimukset 2007). Kandidaattivaiheessa opiskelijoilla on kaksi ja maisterivaiheessa kuusi kemian opetuksen kurssia (kts. taulukko). Kemian opetuksen kursseilla käsitellään kemiaa ja sen oppimista neljästä eri näkökulmasta tutkimustietoa hyödyntäen. Kokeellisen opetuksen työtavat ja arviointi käsitellään aine-didaktiikan opinnoissa Soveltavan kasvatustieteen laitoksella.



TAULUKKO. Kemian opettajankoulutusyksikön kurssit ja niiden suoritusajan-kohta

Kandidaattivaiheen kurssit

- ☐ Johdatus kemian opetukseen, 3 op (1. vuoden kevät)
- ☐ Kemia elinympäristössä, 4 op (2. vuoden kevät)

Maisterivaiheen kurssit, seminaari ja tutkielma

- ☐ Kemian opetuksen keskeiset alueet I 6 op (4. vuoden syksy)
- ☐ Kemian opetuksen keskeiset alueet II 4 op (4./5. vuoden kevät)
- ☐ Kokeellisuus kemian opetuksessa I 5 op (4. vuoden syksy)
- ☐ Kokeellisuus kemian opetuksessa II 5 op (4./5. vuoden kevät)
- ☐ Kemia tieteenä 5 op (4. vuoden syksy)
- ☐ Kemian mallit ja visualisointi 5 op (4./5. vuoden kevät)
- ☐ Kemian opetuksen ja tutkimuksen seminaari (2–5. vuosi)
- ☐ Pro gradu -tutkielma ja kypsyysnäyte 40 op
(opintopisteet sisältää kemian opetuksen ja tutkimuksen seminaarin, 5 op)

Jatko-opinnot (FL, FT) kemian opetuksesta

- ☐ Kemian opetuksen jatkokoulutusseminaari (5 op)
- ☐ Kurssiohjelma laaditaan jokaiselle opiskelijalle henkilökohtaisesti

Käsityksiä kemian kokeellisuudesta on tutkittu aikaisemmin Suomessa suomalaisilla kemian opettajilla (Aksela & Juvonen 1999). Kemian opettajien mielestä kemiaa oppii parhaiten tekemällä. Tärkeimmät syyt kokeellisuuden käyttöön opetuksessa olivat motivaatio (40 % vastaajista) sekä kemian oppiminen (29 % vastaajista). Muina syinä mainittiin mm. taitojen oppiminen ja kokeellisuuden tuoma vaihtelu kemian oppitunnille, sekä kokeellisuuden kuuluminen olennaisena osana kemian opetukseen.

Kokeellisuus kemian opetuksessa -kurssi

Kokeellisuus kemian opetus I (5 op) kurssilla perehdytään kokeellisuuteen kemian käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämisen tukena ja kokeellisuuden toteuttamiseen puutteellisissa oloissa sekä tavallisessa koululuokassa. Kurssilla opitaan suunnittelemaan ja toteuttamaan kemian oppilastöitä. Opiskelijat harjaantuvat kurssilla kemian kokeellisiin töihin liittyviin taitoihin ja perehtyvät työturvallisuuteen. Kurssilla tutustutaan kokeellisuuden toteuttamiseen oppilaiden kanssa kemian näkökulmasta sekä pyritään saamaan elämyksiä ja onnistumisen kokemuksia kokeellisuudesta kemian oppimisen tukena.

Kurssilla perehdytään kemian merkitykselliseen (mielekäs) oppimiseen kokeellisesti. Merkityksellinen oppiminen edellyttää korkeamman tason ajattelun taitoja sekä niiden tiedostamista (Aksela 2005). Kurssilla prosessoidaan monin eri tavoin kemian käsitteiden ja ilmiöiden opiskelua ja oppimista kokeellisuuden avulla. Tärkeässä osassa kurssilla on kokeellisten töiden suunnittelu, valmistelu, toteutus ja raportointi, erityisesti kurssilla perehdytään mikrokemian kokeellisiin töihin. Opiskelijat tekevät myös yhteisöllisesti materiaalipankin kokeellisista oppilastöistä keskeisiin kemian käsitteisiin ja ilmiöihin tai teemoihin liittyen. He perehtyvät työturvallisuuden kouluopetuksessa. LUMA-viikolla opiskelijat ohjaavat oppilaita kokeelli-



suuteen koulussa. Kurssi jatkuu Kokeellisuus kemian opetuksessa II -kurssilla, jonka aiheina on muun muassa uuden kokeellisen työn suunnittelu ja toteutus, demonstraatiot, mittausautomaation käyttö sekä luonnossa tutkiminen.

Kokeellisten töiden suoritukseen kuuluu jokaisesta työstä sekä etukäteistehtävä että työselostuksen tekeminen. Etukäteistehtävä koostui neljästä osasta:

- 1) käsitekartta käsiteltävästä aiheesta tai ilmiöstä
- 2) selvitys tarvittavista aineista ja tarvikkeista
- 3) selvitys työn etenemisestä
- 4) työturvallisuusnäkökulma.

Myös työselostuksessa on neljä osaa. Nämä ovat

- 1) selostus työn vaiheista
- 2) työn tulokset ja niiden arviointi
- 3) työn mahdollinen paikka opetussuunnitelmassa
- 4) pedagoginen näkökulma.

Selostuksen viimeisessä kohdassa opiskelijat voivat esittää pedagogisia ohjeita ja vinkkejä esimerkiksi siitä, miten työ tulisi alustaa, suorittaa ja koota parhaan oppimistuloksen saavuttamiseksi.

Kurssilla suoritettavat laboratoriotyöt jakautuvat vastuutöihin ja muihin töihin. Vastuutyöt jaetaan opiskelijaryhmien kesken. Kaikkien vastuutöiden ohjeet ovat englanninkielisiä ja liittyvät mikrokemiaan. Muut työohjeet ovat laajuudeltaan, tyyliltään, kieleltään ja vaativuudeltaan vaihtelevia. Kaikki työohjeet käsittelevät sellaisia kemian aiheita ja ilmiöitä, jotka liittyvät suomalaiseen kemian opetussuunnitelmaan perusopetuksessa tai lukiossa.

Kurssin oppimateriaalina käytetään muun muassa tutkimuskirjallisuutta korkeamman tason ajattelutaidoista ja kemian ymmärtämisestä, mikrokemian töistä ja mittausautomaatiosta (Aksela 2005), projektimaisten työohjeiden käytöstä kemian opetuksessa -artikkelia (Aksela 1994) sekä osittain Tutkimuksellinen opiskelu lukiassa -opasta (Näsäkkälä ym. 2001). Kurssilla käytetään Blackboard-oppimisalustaa.

Kurssi arvioidaan asteikolla 0–5. Arviointi rakentuu seuraavioista osioista: etukäteistehtävät ja työselostukset (40 %), materiaalipankki (10 %), muut tehtävät (10 %), ja tentti (40 %). Kurssin läpäisy edellyttää, että kaikki kurssin osuudet on suoritettu hyväksytysti. Kurssilla on läsnäoloilo. Kurssin suorittaminen on edellytys syventävään harjoitteluun pääsemiseksi sekä pääaineena tai toisena aineena kemiaa opiskeleville.

Tutkimus

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää opiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta sekä tutkia, miten Kokeellisuus kemian opetuksessa I -kurssi on vaikuttanut näihin käsityksiin.

Tutkimuksen toteutus

Kohderyhmä

Tutkimuksen kohderyhmänä olivat Kokeellisuus kemian opetuksessa -kurssia lu-



kuvuonna 2006–2007 suorittaneet opiskelijat. Kokeellisuus kemian opetuksessa -kurssia suoritti kyseisenä lukuvuonna yhteensä 22 opiskelijaa. Kurssilaiset vastasivat kysymyslomakkeisiin nimettömästi.

Vastaajista suurimmalla osalla (14) pääaineena oli kemia. Muut olivat joko fyysiikka (2) tai matematiikka (3) pääaineen opiskelijoita. Suurimmalla osalla (8 vastaajaa) kemian opintoja oli suoritettuna 36–50 opintoviikkoa. Vain 0–15 opintoviikkoa suorittaneita oli suhteellisen monta (4), vaikka kurssi suositellaan suoritettavaksi vasta maisterivaiheessa. Yhtä moni vastaajista ei ollut suorittanut yhtään laboratoriotyökurssia kemian laitoksella ennen alkua. Useimmat opiskelijat (6) olivat suorittaneet kolme laboratoriotyökurssia. Osa vastaajista oli jo suorittanut soveltavan kasvatustieteen pedagogiset opinnot, osa taas ei. Muutama vastaaja suoritti pedagogisia opintoja samaan aikaan kurssin kanssa.

Vastaajilla ei ollut kovin paljon kokemusta oppilastöiden ohjauksessa ennen Kokeellisuus kemian opetuksessa -kurssin alkamista. Ainoastaan kaksi vastaajaa kertoi ohjanneensa töitä jonkin verran (11–20 kertaa), muiden opiskelijoiden osalta vastaus oli ”vähän” (9) tai ”en koskaan” (8).

Oman kouluopintojen aikana tehtyjen oppilastöiden määrä erosi jonkin verran lukion ja peruskoulun osalta. Lukiossa tehtyjen oppilastöiden osalta vastaukset painottuivat selvästi ”en koskaan” (7) ja ”vähän” (9) vaihtoehtoihin, kun taas peruskoulun osalta eniten oli ”jonkin verran” vastauksia (10).

Merkittävä osa vastaajista piti koulun oppilastöitä itselleen tärkeinä (8) tai hyvin tärkeinä (3). Kuitenkin yllättävän monen mielestä (6) oppilastyöt olivat vain vähän tärkeitä, ja yksi piti niitä peräti ei-tärkeinä. Kysymyksen sanallisissa perusteluissa nousi tärkeimmäksi kokeellisten töiden mielenkiintoisuus, joka esiintyi neljässä vastauksessa. Tämän lisäksi niiden kerrottiin tuoneen kaivattua vaihtelua opetukseen (3 vastausta) sekä tehostavan ja helpottavan oppimista (3 vastausta). Kahden vastaajan mielestä työt olivat tärkeitä, sillä ne olivat hauskoja. Eräät vastaajat pitivät töitä vähemmän tärkeinä, sillä ne olivat vain ”temppeja” (2 vastausta) tai niistä ei ollut hyötyä (1 vastaus). Töiden merkitystä vähensi myös vastaajien mukaan töiden suorittamiseen tarvittavan ajan ja rauhan puute, töiden vähäinen määrä sekä töissä epäonnistuminen.

Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä käytettiin tapaustutkimusta (Hammarley & Gomm 2000). Tutkimusaineisto kerättiin tutkimuslomakkeella, jonka kysymykset perustuivat aikaisempaan tutkimustietoon (esim. Aksela & Juvonen 1999). Kysymyksissä oli sekä avoimia että suljettuja kysymyksiä. Opiskelijat vastasivat ensimmäiseen kyselyyn kurssin alussa (syyskuu 2006) ja toiseen saman lukukauden lopussa (joulukuu 2006). Kysymyslomakkeeseen vastaaminen oli vapaaehtoista. Opiskelijoiden vastaukset on käsitelty kysymyksittäin. Vastauksista on laskettu prosentit. Kunkin kysymyksen kohdalla opiskelijoiden tärkeimmäksi merkitsemien vaihtoehtojen prosentuaalises-ta jakautumasta on piirretty ympyrädiagrammi.



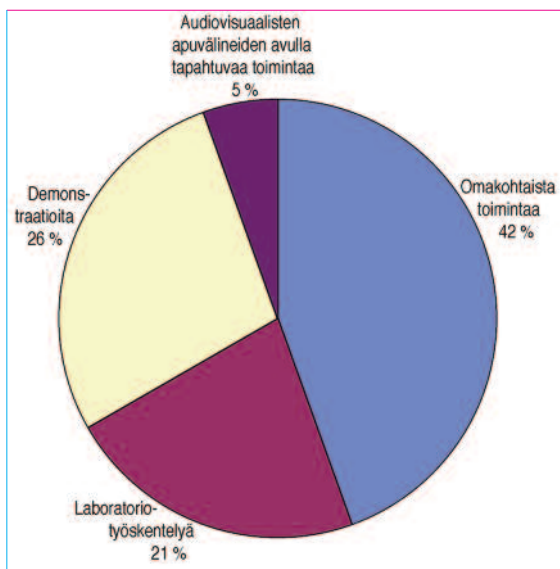
Tutkimustulokset

Kokeellisuus kemian opetuksessa -kurssin vaikutus opettajaopiskelijoiden käsityksiin kokeellisuudesta

Kokeellisuuden merkitys opiskelijoille

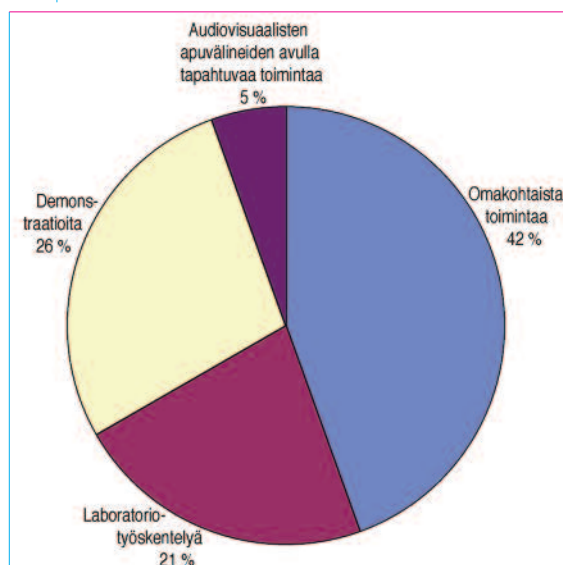
Kokeellisuus merkitsee opiskelijoille ensisijaisesti omakohtaista toimintaa (ks. kuviot 1 ja 2). Se käsitys vahvistui kurssin aikana: opiskelijoista senmerkitsi tärkeimmäksi ennen kurssiopetusta 42 prosenttia ja kurssin lopussa 53 prosenttia.

Huomattavin muutos tapahtui suhtautumisessa laboratori työskentelyyn. Tämän vaihtoehdon merkitsi tärkeimmäksi kurssin alussa vain 21 prosenttia, kun taas lopussa 35 prosenttia vastaajista. Myös demonstraatioita ja opintokäyntejä pidettiin jonkin verran tärkeämpinä kurssin jälkeen, vaikka ne eivät olleetkaan kurssin I sisältöä. Sen sijaan kerronnan avulla tapahtuvan toiminnan suosio väheni jonkin verran (sitä ei käsitelty kurssilla). Vastaajien suhtautuminen audiovisuaalisten apuvälineiden avulla tapahtuvaan toimintaan ei muuttunut kurssin aikana.



KUVIO 1.
Kokeellisuuden merkitys opiskelijoille ennen kurssia

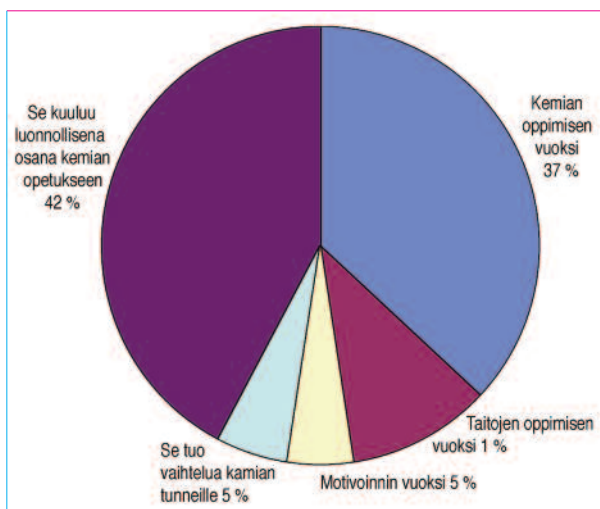
KUVIO 2.
Kokeellisuuden merkitys opiskelijoille kurssin jälkeen



Kokeellisuuden merkitys kemian opetuksessa

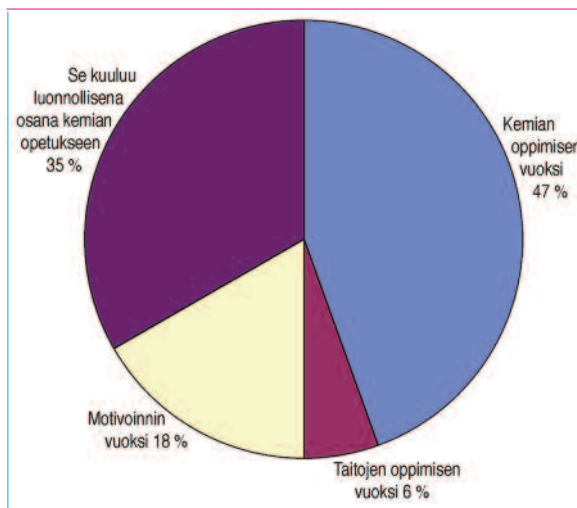
Merkittävimpinä syinä kokeellisten oppilastöiden tärkeyteen kemian opetuksessa pidettiin sen kuulumista luonnollisena osana kemian opetukseen sekä sen positiivista vaikutusta itse kemian oppimiseen (ks. kuviot 3 ja 4, vrt. Aksela & Juvonen 1999).

Motivaation merkitys kokeellisiin oppilastöihin liittyen vahvistui kurssin aikana yli 10 prosentilla, kun taas taitojen oppimisen sekä vaihtelun merkitys väheni 5 prosentilla kumpikin. Kokeellisten oppilastöiden vaikutusta oppilaan persoonalliseen kehitykseen ei pidetty tärkeänä näkökohtana.



KUVIO 3.
Kokeellisuuden
tärkeys opiskelijoille
kemian opetuksessa
ennen kurssia

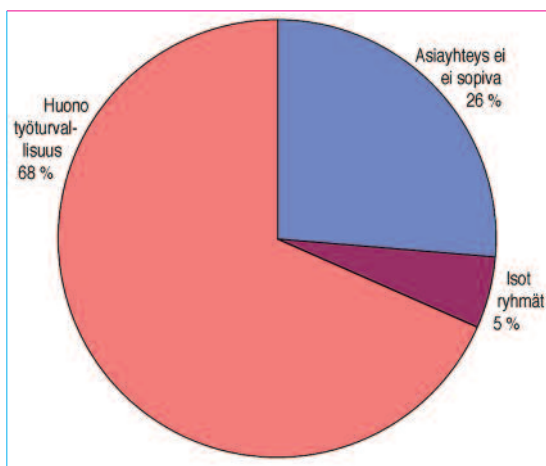
KUVIO 4.
Kokeellisuuden
tärkeys opiskelijoille
kemian opetuksessa
kurssin jälkeen



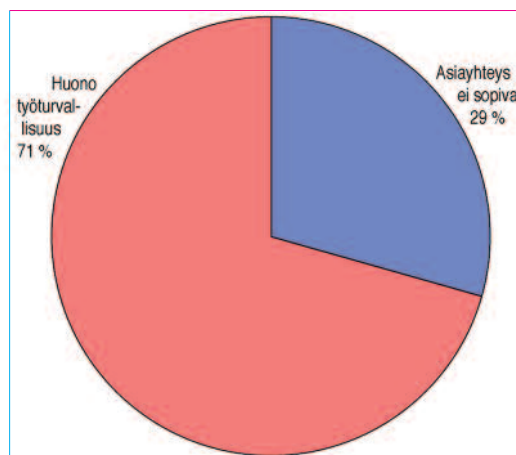
Kokeellisuuden soveltuvuus tai soveltumattomuus kouluopetukseen

Huono työturvallisuus on tärkein syy jättää kokeelliset työt pois kouluopetuksesta (ks. kuviot 5 ja 6). Lähes yhtä tärkeänä syynä pidettiin kokeellisuuden epäsopevuutta asiayhteyteen. Tämän merkitsivät kurssin lopussa kaikki kolmen tärkeimmän syyn joukkoon. Ajan vähyys huolestutti vastaajia enemmän kurssin lopussa. Ennen kurssia sen merkitsi yhteensä 37 prosenttia tärkeäksi syyksi, kurssin syysosuuksien loputtua 76 prosenttia. Ajanpuute esiintyi usein kolmanneksi tärkeimpänä syynä.

Kurssin loputtua opiskelijoiden mielestä puutteelliset välineet, tilat tai kemikaalit eivät olleet lainkaan tärkeitä syitä luopua kokeellisuudesta (vrt. kurssin tavoitteet). Myöskään suuret oppilasryhmät eivät enää lopussa pelottaneet opiskelijoita yhtä paljon kuin ennen kurssia. Sen sijaan oppilaiden huono käytös ("oppilaat käyttäytyvät holtittomasti") mainittiin syynä välttää kokeellisuutta kouluopetuksessa.



KUVIO 5.
Syyt kokeellisuuden
poisjättämiseen
kouluopetuksesta
ennen kurssia

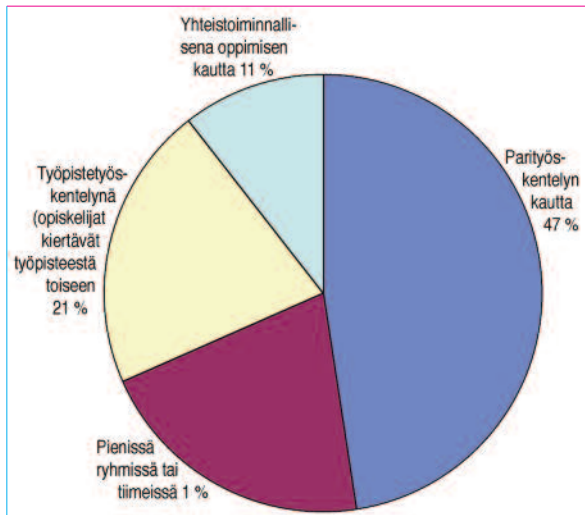


KUVIO 6.
Syyt kokeellisuuden
poisjättämiseen
kouluopetuksesta
kurssin jälkeen

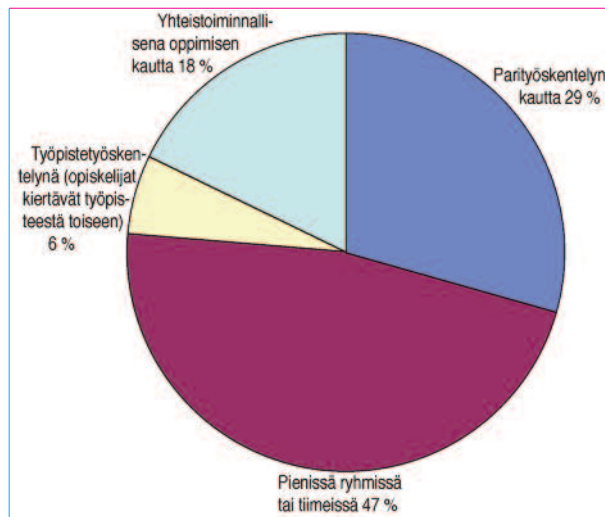
Kokeellisuuden toteuttaminen kouluopetuksessa

Opiskelijoiden käsitykset kokeellisten töiden toteutustavoista jakautuivat varsin tasaisesti eri vaihtoehtojen kesken ennen kurssia (ks. kuviot 7 ja 8. Pari- ja etenkin tiimityöskentelyn suosio kasvoi jonkin verran kurssin aikana. Tiimityöskentelyn suosio vahvistui eniten, kun kurssin lopulla yhteensä 88 prosenttia vastaajista merkitsi sen kolmen tärkeimmän työmuodon joukkoon, ja lähes puolet merkitsi sen tärkeimmäksi vaihtoehdoksi.

Työpistetyöskentely ja projektimainen työskentelymenettivät jonkin verran merkitystä kurssin aikana (vasta kurssin II tavoitteita). Myös yhteistoiminnallinen oppiminen työmuotona sai vähemmän kannatusta kurssin lopussa (aihetta ei tosin käsitelty kurssilla).

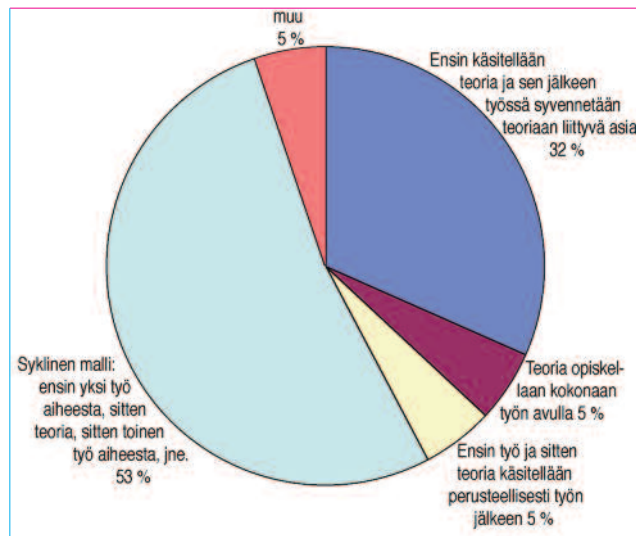


KUVIO 7.
Opiskelijoiden mielestä tärkeimmät kokeellisuuden toteutustavat ennen kurssia



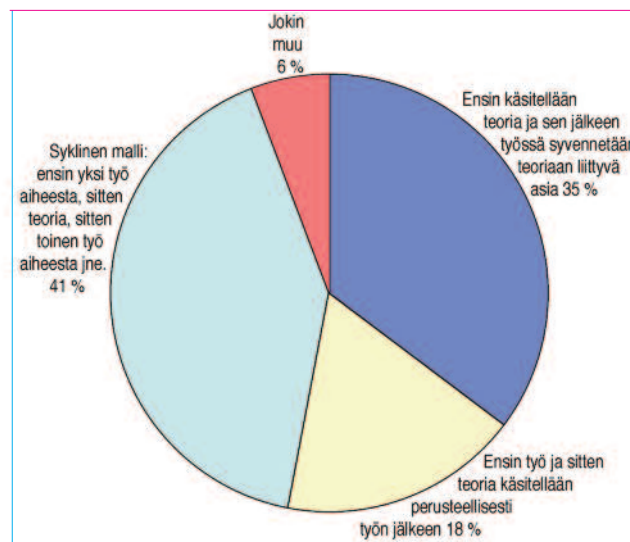
KUVIO 8.
Opiskelijoiden mielestä tärkeimmät kokeellisuuden toteutustavat kurssin jälkeen

Opiskelijoiden vastausten perusteella suosituimmat opetustavat olivat syklinen malli sekä eteneminen teoriasta työhön (ks. kuviot 9 ja 10, vrt. Aksela & Juvonen 1999). Ensimmäisen suosio tärkeimpänä vaihtoehtona väheni kurssin aikana 12 prosentilla, mutta kolmen tärkeimmän joukkoon se merkittiin useammin kurssin lopussa. Koko teorian oppiminen työn avulla menetti suosiotaan, samoin pelkästään teoriaan pohjautuva oppiminen. Sen sijaan eteneminen kokeellisesta työstä teoriaan vahvisti suosiotaan jonkin verran (vrt. Aksela & Juvonen 1999).



KUVIO 9.
Opiskelijoiden käsityksiä kokeellisuuden ja teorian oppimisesta ennen kurssia

KUVIO 10.
Opiskelijoiden käsityksiä kokeellisuuden ja teorian oppimisesta kurssin jälkeen



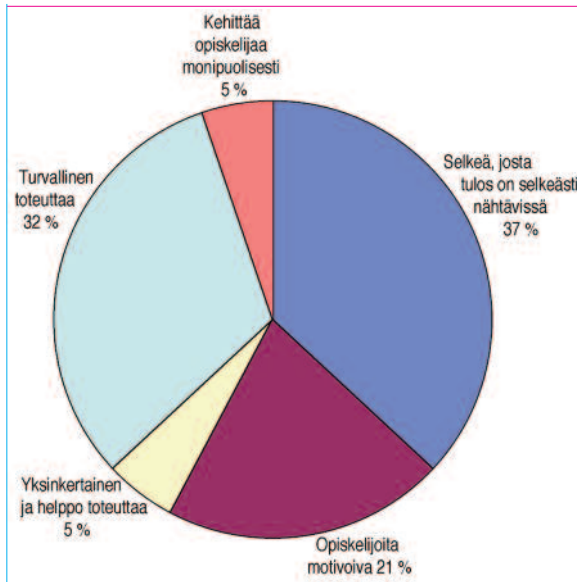
Hyvän kokeellisen työn ominaisuudet

Tärkeimmäksi näkökohdaksi kokeellisen työn laatua määriteltäessä nousivat työn turvallisuus, motivoiva vaikutus ja selkeys (ks. kuviot 11 ja 12, vrt. Aksela & Juvonen 1999). Työn turvallisuutta arvostettiin kurssin lopussa ylivoimaisesti eniten. Työn selkeyden merkitys tärkeimpänä vaihtoehtona väheni jonkun verran kurssin aikana. Työn motivoiva ominaisuus sen sijaan menetti hieman merkitystään (alussa yht. 79 %, lopussa 65 %). Myös työn helppouden merkitys väheni kurssin aikana yhteensä 26 prosentista 12 prosenttiin.

Kurssin jälkeen kukaan vastaajista ei pitänyt työn onnistumista tai sen liittymistä oppilaan omaan aiheeseen tärkeänä (vrt. Aksela & Juvonen 1999). Työn nopeutta ja avoimuutta ei merkitty missään vaiheessa kolmen tärkeimmän ominaisuuden joukkoon.

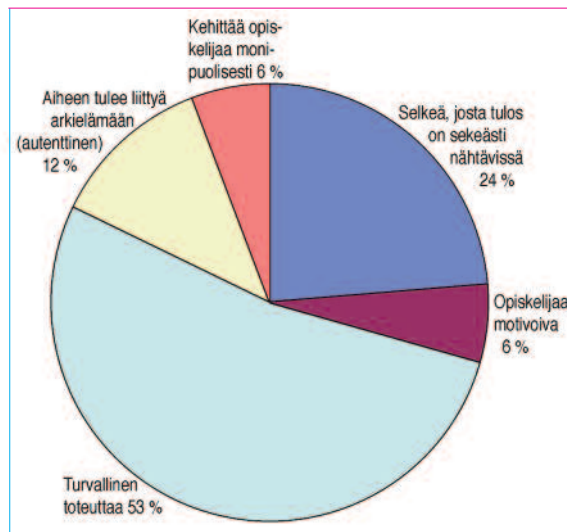
Suhteellisesti eniten nousi työn autenttisuuden arvostus. Autenttisuudenmerkitys kolmen tärkeimmän ominaisuuden joukkoon kurssin jälkeen yhteensä lähes kolmasosa vastaajista.

Oppilaan monipuolista kehitystä työn aikana piti tärkeänä reilu kolmasosa vastaajista sekä ennen kurssia että sen jälkeen. Sanallisessa vaihtoehdossa mainittiin työn "teoriaa selittävä" ominaisuus jonkin verran tärkeänä.



KUVIO 11.
Hyvän kokeellisen
työn ominaisuudet
opiskelijoiden mielestä
ennen kurssia

KUVIO 12.
Hyvän kokeellisen
työn ominaisuudet
opiskelijoiden mielestä
kurssin jälkeen



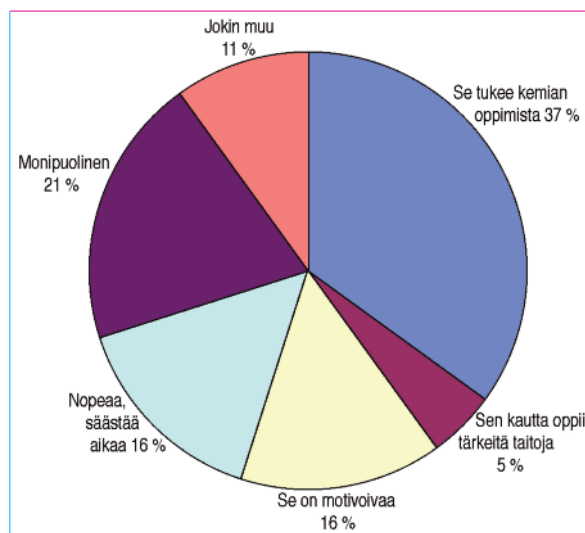
Tietotekniikan käyttö kokeellisessa työskentelyssä

Tietotekniikan tärkeimpänä ominaisuutena pidettiin sen oppimista tukevaa vaikutusta (ks. kuviot 13 ja 14, vrt. Aksela & Juvonen, 1999). Tämänmerkitsi tärkeimmäksi ominaisuudeksi alussa 37 ja lopussa 41 prosenttia vastaajista.

Tietotekniikan arvostus välineenä tärkeiden taitojen oppimiseen nousi huomattavasti kurssin aikana (alussa yht. 37 %, lopussa 65 %), vaikka se on kurssilla sisältönä vasta esillä osassa II. Sen sijaan tietotekniikkaa pidettiin paljon vähemmän monipuolisena kurssin lopussa: jälkimmäisessä kysymyslomakkeessa kukaan ei merkinnyt monipuolisuutta tärkeimmäksi ominaisuudeksi. Tietotekniikan motivoivaa vaikutusta pidettiin varsin tärkeänä ominaisuutena molemmissa kyselyissä, mutta kurssin jälkeen sen merkitsi tärkeimmäksi vain yksi vastaaja (6 %). Myös tietotek-

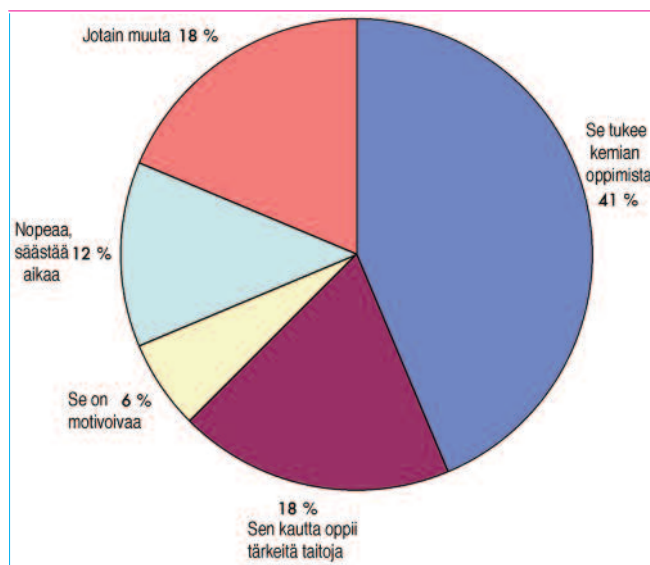
niikan nopeutta arvosti vain reilu neljäsosa vastaajista (alussa yht. 21 %, lopussa 29%).

Sanallisissa vastauksissa vastaajat olivat huomattavasti kriittisempiä tietotekniikan käyttöä kohtaan. Useassa vastauksessa esiintyi tietotekniikan käytön hankaluus, sen vaatimat tilat, aika ja välineet (Aksela & Juvonen 1999). Eräs vastaaja kertoi, ettei osaa käyttää tietotekniikkaa, kun taas toinen epäili laitteiden toimintaa. Erään vastaajan mukaan tietotekniikan käyttö on ”*lähes pakollista, jos ei haluta opettaa vain ‘historiallista’ kemiaa*”.



KUVIO 13.
Opiskelijoiden käsitykset tietotekniikan käytöstä kokeellisessa työskentelyssä ennen kurssia

KUVIO 14.
Opiskelijoiden käsitykset tietotekniikan käytöstä kokeellisessa työskentelyssä kurssin jälkeen



Johtopäätökset ja pohdinta

Kokeellisuus merkitsee opettajaopiskelijoille kurssin lopulla selkeästi omakohtaista toimintaa laboratoriossa (vrt. kemian opettajat, Aksela & Juvonen 1999). Kokeellisuutta pidetään tärkeänä osana kemian opetusta, koska se tukee kemian oppimista ja motivoi oppilaita kiinnostumaan kemian maailmasta. Tämä näkyy muutoksessa kokeellisuuden soveltumisen tai soveltumattomuuden saralla: kokeelli-

suutta ei pidetä soveltuvana opetukseen pelkkänä temppuna, vaan asiayhteyden on oltava sopiva, jotta se tukisi oppimista.

Opiskelijoille on muodostunut realistinen käsitys ja tuntemus töiden toteuttamistavoista ja toteuttamisen mahdollisuuksista. Opiskelijat pitävät tärkeänä kriteerinä tehtävän työn turvallisuutta, sen sijaan suuret ryhmäkoot eivät enää huolestuta heitä yhtä paljon kuin kurssin alussa. Mieluiten opiskelijat toteuttaisivat kokeellisuutta pienissä ryhmissä ja yhteistoiminnallisen työskentelyn avulla. Hyvä kokeellinen työ on kurssin lopussa kerättyjen vastausten valossa ensisijaisesti turvallinen toteuttaa ja helppo liittää arkielämään, kun taas työn helppous on menettänyt merkityksensä täysin.

Kokeellisuuden merkitys oppimisen tukena näkyy opiskelijoiden vastauksissa myösmuissa kysymyksissä. Kun kurssin alussa vain viisi prosenttia vastaajista olisi tehnyt ensin työn ja edennyt sen kautta teoriaan, näin ajattelevien opiskelijoiden määrä lähes nelinkertaistui kurssin aikana (18 %). Myös syklisen mallin, jossa teoria ja työt vuorottelevat ja nivoutuvat yhdeksi kokonaisuudeksi, kannatus pysyi korkealla. Myös mielipiteet tietotekniikan merkityksestä oppimiseen liittyen näyttävät parantuneen kurssin aikana. Kurssin lopulla lähes kaksi kolmasosaa vastaajista pitää tietotekniikan käyttöä opetuksessa tärkeänä sen kemian oppimiselle antaman tuen tai sen kautta opittavien tärkeiden taitojen vuoksi.

Tutkimus antoi tärkeää tietoa Kokeellisuus kemian opetuksessa kurssien kehittämisen pohjaksi. Lisätutkimusta jatkossa tarvitaanmuunmuassa opiskelijoiden kemian ymmärtämisen ja korkeamman tason ajattelutaitojen käytöstä kemian kokeellisuudessa.

Lähteet

Aksela, M. 1994. Projektimaisten työohjeiden käyttö kemian opetuksessa. *Kemia-Kemi*, 21(3). 100–101.

Aksela, M. 2005. Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach. Väitöskirja, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. Kts. <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/>

Aksela, M. 2007. Tutkimusperustainen kemian opettajankoulutus. Ainedidaktiikan symposiumkirja 2007, Turun yliopisto. Turku.

Aksela, M. & Juvonen, R. 1999. Kemian opetus tänään. Opetushallitus. Helsinki. Kts. <http://www.edu.fi/julkaisut/kemia1.pdf>

Hammersley, M. & Foster, P. 2000. Introduction. Teoksessa Roger Gomm, Martyn Hammersley & Peter Foster (toim.). Case study method. Key issues, key texts. Sage. London.

Jakku-Sihvonen, R. & Niemi, H. (Toim.) 2006. Research-based Teacher Education in Finland. Finnish Educational Research Association. Turku.

Lindblom-Ylänne, S. 2006. Enhancing the quality of teaching in higher education in Finland: The case of the University of Helsinki. International policy perspectives on improving learning with limited resources. 133. 63–72.

Näsäkkälä, E., Flinkman M. & Aksela, M. 2001. Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa. Opetushallitus. Helsinki. Kts. <http://www.edu.fi/julkaisut/luonnontietpalatino.pdf>



Strategia 2003–2006. Opettajankoulutus, Helsingin yliopisto. kts.
<http://www.helsinki.fi/opettajaksi/pdf/strategia-fin.pdf>

Helsingin yliopiston strategia 2007–2009. Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/lyhyesti/strategia/strategia2007–2009.pdf>

Tutkintovaatimukset 2007. Kemian laitos, Helsingin yliopisto. Kts.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/opiskelu/tutkintovaatimukset.htm>



Liite 1

Kemian opetuksen päivien yhteistyökumppanit

http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tapahtumat/kop2007_liitteet/kop_yt_2007.pdf

Liite 2

Ohjelma

http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tapahtumat/kop2007_liitteet/kop_ohjelm_2007.pdf

Liite 3

Abstraktit, joista ei ole kirjassa artikkelia

Aiheet:

- Kemian tutkimuksen uusia tuulia, Heikki Tenhu
- Ympäristökemian opetus lukiossa erilaisilla opetusmenetelmillä, Emma Bernoulli ym.
- Yhteistyö elinkeinoelämän kanssa, Anne Laajaniemi
- Suomen opetussuunnitelmien perusteiden ja kansainvälisen IB-ohjelman vertailua, Mari Aho & Maija Aksela
- Iloa ja onnistumisen elämyksiä lukiolaisten Minustako Kemisti -kurssilta, Maija Aksela
- Uutta kemian opetuksessa ARCADassa, Mikael Paronen
- Kemia filosofia – uutta opetukseen? Veli-Matti Vesterinen
- Malleja Hops-ohjaukseen, Jaana Saarni
- Kemia tutuksi kurssi 1. vuosikurssin opiskelijoille, Maija Aksela
- Uusia työtapoja yhteistyöhön elinkeinoelämän kanssa, Maria Vänskä

Aiheiden abstraktit löytyvät osoitteista:

http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tapahtumat/kop2007_liitteet/kop_esitykset_2007.pdf

http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tapahtumat/kop2007_liitteet/kop_posterit_2007.pdf



Liite 4

Valokuvia päiviltä

http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/valokuvat/kemian_opetuksen_paivat_2007/

Liite 5

Luentokalvoja päiviltä

<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tapahtumat/kop2007.htm#luennot>

