



Maija Aksela & Marja Montonen (Toim.)

Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin

Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät
29.–30.3.2007 Helsinki

Osa II
Toisen asteen koulutus
Uusia lähestymistapoja kemian
opetukseen toisen asteen koulutuksessa

Sisällys

Lukion kaikille yhteinen kemian kurssi: miksi, miten, mitä?	3
Kemiaa kaikkialla – lukion ensimmäisen kurssin toteutusmalli Neon-kirjasarjan avulla	7
Lukion kemian ensimmäisen kurssin toteuttaminen Kemistin avulla	13
Kemian ensimmäinen kurssi Kalajoen lukiossa Reaktio-sarjan mukaan	18
Metalli elinkaari -kurssi Kalajoen lukiossa	28
Kemian opetus ammatillisissa oppilaitoksissa: yhteiset opinnot	34
Yhteistyötä lukion ja ammatillisen koulutuksen välillä	36
Yhteistyötä lukion ja yliopiston välillä	41
Yhteistyötä lukion ja elinkeinoelämän välillä	45
Molekyyli mallinnus lukion kemian opetuksessa	48
Mittausautomaatio lukion kemian oppimisessa	54
Kemian ylioppilaskirjoitukset vuosina 1996–2006	60
Vaaralliset kemikaalit vartijakoulutuksessa	73
University-school partnerships for the design and implementation of research-based ICT-enhanced modules on Material Properties	84
Puu- ja paperikemian www-oppimateriaali lukion kemian opetukseen	95
Kemian luonne Pohjoismaiden valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa	100

© Kirjoittajat ja Opetushallitus

Taitto Pirjo Nylund

ISBN 978–952–13–3557–0

Helsinki 2008

Lukion kaikille yhteinen kemian kurssi: miksi, miten, mitä?

Leena Turpeenoja
Kuopion Lyseon lukio

Artikkelissa tarkastellaan lukion kaikille yhteisen kemian kurssin opetusta lähtemällä ajatuksesta, että kaikille yhteisen kurssin hyvin keskeinen tavoite on, että opiskelija löytää vastauksen seuraaviin kysymyksiin. Miksi kemiaa opiskellaan ja mihin sitä tarvitaan? Miten kemiaa opiskellaan? Mitä pitäisi opiskella? Saadessaan vastauksen näihin kysymyksiin, opiskelijalla voi herätä mielenkiinto kemiaa kohtaan ja hänelle tarjoutuu mahdollisuus suunnitella omaa opiskeluaan, asettaa henkilökohtaisia tavoitteita ja käyttää mahdollisimman hyvin ja monipuolisesti omia tietojaan ja taitojaan. Artikkelin antaa vinkkejä, kuinka näihin kysymyksiin voidaan etsiä ratkaisuja käytännössä.

Avainsanat:

Kemia, opiskelu, lukio

Lukion kemian ensimmäisen kurssin opiskelijat ovat hyvin erilaisia sen suhteen, millaiset kemian tiedot ja taidot ja erityisesti asenteet heillä on. Osa opiskelijoista tietää jo ensimmäiselle kurssille tullessaan, että he jatkavat kemian opintoja lukiossa. Heillä on usein selkeä jatko-opintosuunnitelma tai he ovat olleet erityisen kiinnostuneita kemiasta jo yläkoulussa. Suurimmalla osalla opiskelijoista kuitenkin suunnitelmat ovat avoinna, eikä heillä ole selkeää käsitystä miksi kemiaa opiskellaan ja mihin sitä tarvitaan. Monelle on vielä epäselvää sekin, mitä kemia pohjimmiltaan on.

Peruskoulun jälkeen opiskelijoilla on myös hyvin erilaiset opiskeluvalmiudet, joten kemian opettajan tulisi toimia opiskelutekniikoiden ohjaajana eli pystyä kertomaan, miten kemiaa opiskellaan. Vasta kun opiskelijalle on selvinnyt miksi opiskella kemiaa ja/tai miten opiskella kemiaa, hänellä on joku pohja ryhtyä työstämään opetussuunnitelman mukaisia kurssisisältöjä. Eli tulemme kysymykseen mitä opiskellaan? Annan ohessa joitakin vinkkejä, kuinka itse ohjaan opiskelijoita löytämään vastauksen edellä mainittuihin kysymyksiin.

Miksi kemiaa opiskellaan ja mihin sitä tarvitaan?

Kurssin aluksi tutustutaan esimerkiksi jatko-opintoaloihin ja ammatteihin, joissa tarvitaan kemiaa. Yksi mahdollisuus on antaa opiskelijan itse valita aihepiiri otsikolla "Mihin kemiaa tarvitaan?" Opiskelijat hakevat tietoa yksin tai pienissä ryhmissä. Ryhmätyöskentely on tässä yhteydessä hyvä vaihtoehto, koska näin opiskelijat tutustuvat toisiinsa ja voivat jatkaa samassa ryhmässä esimerkiksi laboratoriotöitä tehtäessä. Tuotokset esitetään joko suullisesti tai lyhyenä kirjallisena raporttina. Niistä voi myös koota yhteenvedon kemian luokkaan tai muuhun näkyvään paikkaan. Yksi kokeilemisen arvoinen idea voisi olla havainnollistaa erilaisia kemian ammattilai-

sia draaman keinoin. Onpa yksi opiskelija kerran haastatellutkin naapurissa asuvaa kemian ammattilaista!

Toinen vaihtoehto on, että opiskelijat tutustuvat kemiaan ja sen merkitykseen esimerkiksi seuraavien otsikoiden avulla. "Merkittäviä suomalaisia kemistejä", "Mitä kemian jatko-opiskelumahdollisuuksia on omalla paikkakunnallasi?", "Mitä kemian alan työpaikkoja on paikkakunnallasi?" "Ajankohtaista kemiasta" jne. Otsikoita voi keksiä loputtomiin, tai opiskelija voi muotoilla sen itse häntä kiinnostavasta aiheesta. Opiskelijoiden työpanos on syytä huomioida kurssiarvioinnissa siten, että tehtävän suorittaminen kuuluu kurssivaatimuksiin, mutta siitä ei välttämättä anneta erillistä arvosanaa.

Miten kemiaa opiskellaan?

Lukio-opintojen alkuvaiheessa opiskelijoiden eri oppiaineissa tarvitsemat opiskelutekniikat voivat olla hyvinkin puutteelliset tai yksipuoliset. Vaikka opinto-ohjauksessa paneudutaan tähän asiaan, on mielestäni tärkeää, että aineenopettaja pystyy opastamaan, kuinka juuri hänen opettamaansa ainetta opiskellaan. Opettajan on syytä korostaa, että kemian opiskelu on paitsi lukemista, myös laskemista ja tekemistä.

Eksaktin kemian kielen oppii vain lukemalla, käyttämällä ja muistamalla. Opiskelijaa on siis syytä muistuttaa, että kemia on oma kielensä, jota joutuu myös "pönttämään". Erilaisia termejä, määritelmiä ja symbolikieltä tulisi opiskella mahdollisimman monipuolisesti, jotta ne eivät jäisi irrallisiksi sanalistoiksi ja merkeiksi. Yksi oiva keino on liittää ne kokeelliseen työskentelyyn, jolloin abstraktilta tuntuva ilmaisu havainnolistuu. Toinen keino on antaa opiskelijalle kokoelma erilaisia merkkejä, termejä ja symboleja ja pyytää häntä selittämään, mitä ne tarkoittavat. Erinomaista olisi, jos opiskelija harjaantuisi heti alusta alkaen liittämään termit ja määritelmät kemian kontekstiin – eikä vain opettelisi niitä ulkolukuna.

Opiskelijoita tulisi myös kannustaa puhumaan kemian kieltä – ei pelkästään tuottamaan sitä paperilla. Tietojen esittämisessä tarvittavat valmiudethan ovat myös yksi opetussuunnitelman asettamista tavoitteista. Itse käytän teoriaopetuksessa seuraavia vaihtoehtoisia menetelmiä:

- 1) teoriaa opiskellaan kokeellisen työskentelyn kautta
- 2) asia on etukäteen luettu kirjasta, jolloin oppitunnilla käsitellään siihen liittyviä ongelmia ja tehtäviä
- 3) PowerPoint-esitysten avulla täydennetään lauseita, luetteloita, merkkien ja symbolien selityksiä
- 4) laaditaan käsittekarttoja, luokitellaan aineita, yhdistellään termejä ja rakennekaavoja (sopii hyvin orgaaniseen kemiaan)
- 5) termejä, sanoja ja symboleja testataan pienillä käsitetesteillä.

Kemia on myös laskemista. Kaikille yhteisellä kurssilla tarvittavat matemaattiset valmiudet on hankittu jo peruskoulussa. Nyt kehitetään ongelmanratkaisutaitoja, kiinnitetään huomiota numeeristen vastausten tarkkuuteen ja harjoitellaan symbolikieltä (erilaiset suureyhtälöt). Merkitsevien numeroiden tarkkuus ja yksikkömuunnokset tuntuvat kuitenkin olevan kompastuskivi monelle lukiota aloittavalle, joten niiden kertaaminen ja harjoittelu sopii mainiosti kemian 1. kurssille. Itse käytän laskennallisten tehtävien opetuksessa seuraavia keinoja:

- 1) ongelmanratkaisu kokeellisesta työstä saatujen tulosten kautta
- 2) PowerPoint-esitysten avulla puhutaan, etsitään ja täydennetään ratkaisumalleja
- 3) opiskelijan omaa, itsenäistä työtä – malliratkaisuja saatavilla
- 4) ryhmätyöskentely periaatteella: aina joku osaa jotain – lopulta opettaja voi tulla apuun.

Myös enemmän kemian kursseja suorittaneet opiskelijat toimivat koulumme kemian tukiopeettajina!

Kemia on myös tekemistä. Ensimmäisellä kurssilla tekemisessä korostuvat havainnointitaidot, yksinkertaisten työmenetelmien oikea hallinta (esimerkiksi punnitukset, mittavälineiden oikea valinta ja käyttö jne.). Kaikille yhteisen kurssin kokeellinen työskentely voi siis keskittyä

- 1) havaintojen ja mittausten tekoon ja niiden esittämiseen (taulukoiden ja kuvaajien laadinta)
- 2) tulosten käsittelytaitojen kehittämiseen (laskennalliset valmiudet)
- 3) johtopäätösten tekoon (opiskeltavan teoria-asian ja kokeellisen työskentelyn yhteen liittäminen)
- 4) erilaisten työmenetelmien ja -välineiden opiskelu (seosten erotusmenetelmiä, liuosten valmistus ja laimennus).

Kokeellinen työskentely on syytä ottaa mukaan kurssiarviointiin, koska tällöin opiskelija sitoutuu siihen paremmin.

Mitä opiskellaan?

Opiskelijalle on syytä tehdä selväksi heti kurssin alussa, mitkä ovat alkavan kurssin keskeiset sisällöt ja tavoitteet. Eli mitä opiskellaan. Käytettävään oppikirjaan on myös syytä tutustua tässä yhteydessä huolella ja korostaa, että oppikirja on opiskelijan työkalu, jota hänen tulisi osata käyttää mahdollisimman tehokkaasti.

Kurssisisältöihin ja tavoitteisiin voidaan tutustua opetussuunnitelman avulla. Itse kuitenkin käytän hyvin yksityiskohtaista kurssisuunnitelmaa, johon on kirjattu kunkin tunnin opiskeltavat asiat, viittaukset oppikirjan sivuihin, tehtävät työt, koti-tehtävät, mahdolliset testit jne. Lisäksi siihen on kirjattu kurssin arviointiperusteet eli miten kurssiarvosana määräytyy kurssikokeen, kokeellisten töiden, tuntitestien ym. kurssiin kuuluvien suoritteiden perusteella. Yksityiskohtaisen kurssisuunnitelman avulla opiskelija voi etukäteen valmistautua tulevan oppitunnin aiheeseen tai tarkistaa, mitä asioita on opiskeltu, mikäli hän on ollut poissa oppitunnilta. Tavoitteenani on saada opiskelijat tutustumaan etukäteen kotona seuraavan tunnin aihepiiriin, jotta oppitunnilla syntyisi kysymyksiä, vuoropuhelua jne. Tämä on kuitenkin vielä toistaiseksi suurelta osin jäänyt haaveeksi, sillä opiskelijat tuntuvat yhä vieläkin odottavan, että opettaja kertoo (luennoi) opiskeltavat asiat. Tässä on siis vielä runsaasti työsarkaa!

Kurssin loppupuolella kerron vielä, millainen on lukiomme kemian kurssitarjonta, jotta opiskelijat voivat tarkentaa omia kurssivalintojaan sekä selvittää lyhyesti, mitkä ovat ylioppilastutkimuksen kemian kokeen kannalta tärkeät kurssit. Enkä koskaan unohda muistuttaa, kuinka monella jatko-opintoalalla kemiaa tarvitaan! Sen lisäksi, että sitä on mukava opiskella!

Lähde

Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. 2007. Mooli 1– Ihmisen ja elinympäristön kemia.
Otava.

Kemiaa kaikkialla – lukion ensimmäisen kurssin toteutusmalli Neon-kirjasarjan avulla

Miria Hannola-Teitto
Ressun lukio
Merja Rassi
Espoon yhteislyseon lukio

Lukion kemian 1 kurssi on kaikille opiskelijoille ainoa pakollinen kemian kurssi. Kursilla pyritään herättämään kiinnostus kemian opiskeluun, syventämään aiemmin opittua ja ohjaamaan opiskelijoita kokeelliseen työskentelyyn. Kurssin toteuttamisessa Neon-kirjasarjan avulla on erityisesti haluttu korostaa opiskelijoiden omaa aktiivisuutta kannustamalla keskusteluihin, tiedonhankintaan lehdistöstä ja muista tietolähteistä sekä kokeellisen työskentelyn suunnitteluun, toteutukseen ja analysointiin. Kurssisisällöt käsitellään opiskelijan elämänpäiiriin kuuluvien esimerkkien avulla, jolloin arkielämän kemian merkitys tulee esille, kansalaisen kemiasivistys vahvistuu ja tuotetietous antaa tukea erilaisten valintapäätösten pohjaksi. Kurssin toteutus pohjautuu opetussuunnitelman sisältöihin ja aihekokonaisuuksien huomioimiseen monipuolisilla opetusmenetelmin. Opetusmenetelminä kurssilla käytetään, opetuskeskusteluja, kokeellista työskentelyä pienryhmissä, luokittelu- ja mallintamisharjoituksia, vierailuja ja erilaisia mediahakutehtäviä sekä niiden esittämistä. Erilaiset oppijat ja eri tiedon tasot huomioidaan erityyppisillä tehtävillä, jotka edellyttävät perustietoa, soveltavia tai analysointitaitoja. Kurssin arvioinnissa huomioidaan opiskelijan tiedot ja taidot monipuolisesti eri osa-alueita painottaen ja kurssin toteutus huomioonottaen. Kemian 1. kurssin tavoitteena on herättää opiskelijan kiinnostus kemiaan, sen tarjoamiin mahdollisuuksiin ja innostaa valitsemaan kemian syventäviä kursseja.

Avainsanat:

Oppikirja, kansalaisen kemiasivistys, kokeellisuus, artikkeliseuranta, portfolio, aihekokonaisuudet

Kemian 1. kurssin keskeisenä tavoitteena on antaa kuva kemiasta perusluonnontieteenä, joka auttaa ymmärtämään jokapäiväistä elämää, luontoa ja teknologiaa. Lukiossa on vain yksi pakollinen kemian kurssi, joten tämän kurssin nimi voisi olla kansalaisen kemiasivistys. Osa opiskelijoista ei tämän jälkeen koskaan enää opiskele kemiaa. Tämän kurssin tietojen avulla hänen on tulevaisuudessa tehtävä päätöksiä turvallisesta kosmetiikasta, edullisimmasta energiavaihtoehdosta, terveellisestä ravinnosta sekä luontoa ja ympäristöä säästävästä elintavasta.

Tavoitteena on, että oppiminen tuntuu mielekkäältä ja että opiskelija saa kiinnostusta herättäviä kokemuksia kemiasta koko opiskelun ajan. Kemian opinnot integroidaan muihin lukion opintoihin, kuten biologiaan, fysiikkaan ja terveystietoon. Kurssilla seurataan ajankohtaisia kemian trendejä. Mitä maailmalla tapahtuu?

Opiskelijoiden kiinnostuksen ja kykyjen mukaan kurssi voidaan toteuttaa opettajajohtoisesti ja päättää se tuttuun kurssin päättökokeeseen tai kurssin suorittamiseksi opiskelijaa voi sitouttaa pitkäjänteiseen portfoliotyöskentelyyn, jolloin koko kurssi dokumentoidaan kemian portfolioon. Tässä esitellään kemian 1. kurssin opettamisessa saatuja hyviä kokemuksia ja opetustapoja, joissa yhdistyvät perinteinen ja

uudemmat opetustavat. Kurssista pidetään loppukoe, mutta matkan varrella suoritetaan suullisia esityksiä ja pienehköjä kirjallisia tehtäviä, jotka huomioidaan arvioinnissa.

Opetussuunnitelman toteuttaminen

Lukion kemian opetussuunnitelmien perusteissa mainitaan kemian kaikille opiskelijoille pakollisen kurssin tavoitteena muun muassa, että opiskelija syventää aiemmin opittujen kemian perusteiden ymmärtämistä kurssilla käsiteltävien asioiden yhteydessä. Opetussuunnitelman mukaan kurssilla käsitellään:

- orgaanisia yhdisteryhmiä kuten hiilivetyjä, orgaanisia happiyhdisteitä, orgaanisia typpiyhdisteitä sekä niiden ominaisuuksia ja sovelluksia. Kurssilla opetellaan tunnistamaan ihmisen ja hänen elinympäristönsä kannalta tärkeimmät hiilivedyt sekä happi- ja typpiyhdisteryhmät ja niiden tyypilliset ominaisuudet. Yhdisteiden nimeämistä opiskellaan tunnistamiseen ja luokitteluun keskittyen. Molekyylimallisarjoja rakentelemalla tai piirto-ohjelmien avulla harjoitellaan yhdisteryhmiä. Kurssin lopussa kertausta voi tehdä esimerkiksi pelikorttien avulla, joissa on eri yhdisteiden rakennekaavoja ja nimiä. Opiskelijat keksivät itse erilaisia tapoja pelata korteilla.
- orgaanisissa yhdisteissä esiintyvät sidokset sekä poolisuus. Palautetaan mieliin vuosiluokkien 7–9 koulussa opittu kovalenttinen sidos. Polisuus-käsite liitetään liukoisuusominaisuuksiin muun muassa alkoholien ja hiilivetyjen kokeellisilla tutkimuksilla.
- erilaiset seokset, ainemäärä ja pitoisuus. Vaikka kemiassa käsitellään yleensä puhtaita aineita, on ympärillämme pääasiassa seoksia, joiden pitoisuudet ovat hyvin erilaisia. Käsitteitä voidaan harjoitella luokittelutehtävällä, jossa tuttuja aineita luokitellaan puhteisiin aineisiin ja seoksiin. Toteutus voidaan tehdä kalvon paloilla piirtoheittimellä tai muilla sähköisillä välineillä. Havaintojen tekoa ja luokittelua voi isoissakin ryhmissä ja tavallisessa luokkatilassa toteuttaa kierrättämällä erilaisia seosnäytteitä sisältäviä suljettuja koeputkia luokassa. Opettaja voi käyttää samoja näytteitä useita vuosia. Seoksen komponenttien erottamista opiskellaan laatimalla suunnitelma, joka voidaan käytännössä toteuttaa, tai mikäli olosuhteet ovat hankalat, tyydytään kirjalliseen suunnitelmaan. Pitoisuus konkretisoidaan valmistamalla pitoisuudeltaan erilaisia liuoksia, jotka käytetään myöhemmin tällä kurssilla tai muilla kemian kursseilla. Pohditaan esimerkkien avulla eri mittaluokan pitoisuuksia, mitä merkitystä pitoisuudella on erilaisissa käytännön tilanteissa sekä miten pitoisuus voidaan ilmoittaa.
- orgaanisten yhdisteiden hapettumis- ja pelkistymisreaktioita sekä protoninsiirtoreaktioita. Tasapainotetaan hiilivetyjen palamisreaktio ja käsitellään tuttujen alkoholien avulla hapettumis- ja pelkistymisreaktioita. Protoninsiirto-reaktiot käsitellään karboksyylihapojen ja amiinien ominaisuuksia tutkien.

Opetussuunnitelman sisältö toteutetaan jakamalla kurssi neljään otsikkoon:

- 1) Raaka-aineista tuotteita
- 2) Aineesta energiaa
- 3) Kemiasta terveyttä
- 4) Ravinnosta rakennusaineita.

Opetussuunnitelman aihekokonaisuudet

Opetussuunnitelman aihekokonaisuudet ovat koko ajan läsnä kurssin käsittelyssä. Aihekokonaisuudet ovat merkittäviä kasvatus- ja koulutushaasteita, ja ne linkittävät kemian opinnot ympäröivään yhteiskuntaan.

Teknologia ja yhteiskunta

Perehdytään kemian teollisuuteen Suomessa ja teknologiaan, joka on mahdollistanut Suomen nopean nousun kemian teollisuuden huippumaaksi. Tarkastellaan energiantuotannon suhdetta yhteiskuntaan. Kurssilla keskitytään opiskelijaa lähellä olevaan teknologiaan. Esimerkiksi vertaillaan bensiiniä dieselpolttoaineeseen ja hankitaan tietoa paikallisesta energiantuotannosta. Keskustellaan kaatopaikkojen maakaasunkeräyksestä, mikäli sellaista paikkakunnalla tapahtuu. Pääkaupunkiseudulla kaatopaikkakaasuja kerätään talteen ainakin Ämmäsuon kaatopaikalla, entisellä Mankkaa kaatopaikalla ja Viikin jätevedenpuhdistamossa.

Esitellään eri ammatteja, joissa tarvitaan kemian tietoja ja taitoja, mm. rikoskemisti, kokki, lääkäri.

Yritysvierailu

Yksi tapa sisällyttää opetussuunnitelman tavoitteita opetukseen on viedä opiskelijat tutustumaan johonkin lähiseudun yritykseen tai tutkimuslaitokseen. Kyseeseen voi tulla mikä tahansa kemiaa hyödyntävä toimipaikka, kuten vedenpuhdistamo, elintarvikevalvonnan yksikkö tai vaikkapa kemianteollisuuden tehdas. Vaihtoehtojen määrä vaihtelee paikkakunnittain, mutta jokin kemiaa hyödyntävä yksikkö löytynee jokaisesta kaupungista ja kunnasta.

Tutustumiskäynti on vain yksi tapa tehdä yhteistyötä ympäröivän yhteiskunnan kanssa. Asiantuntijoiden vierailut koulussa, kirjallisen tai ”kokeellisen” materiaalin saaminen opiskelijoiden käyttöön yms. voivat joskus olla luokan tekemää vierailua toimivampia vaihtoehtoja. Monista toimipaikoista annetaan esimerkiksi esitettä ja raaka-ainenäytteitä ja tullaan pyydettyä miehellään kouluille puhumaan.

Yhteistyö on osa keskeistä oppimista, ei ylimääräistä puuhastelua. Yhteistyön voi esimerkiksi kytkeä osaksi opetussuunnitelman mukaista teemaa, jota käsitellään luokassa muutenkin. Vierailusta tai yhteistyöstä voi luoda konseptin, jota käytetään toistuvasti eri opetusryhmillä. Yrityksen valitsemisen ja vierailun organisoinnin voi myös antaa opiskelijoiden hoidettavaksi.

Kouluyhteistyöasiat sisältyvät usein yrityksen viestintäosaston työnkuvaan. Viestinnän väki on siis se taho, johon yhteistyötä käynnistäessä kannattaa ottaa yhteyttä. He osaavat ainakin ohjata eteenpäin.

Käynnistysvaihetta helpottaa, jos opettaja etukäteen tutustuu yrityksen toimintaan ja osaa perustella, miksi haluaa yhteistyötä käynnistää ja mitä siltä toivoo. Luonnollisesti oman koulun entiset opiskelijat, opiskelijoiden vanhemmat ja muut vastaavat kontaktit ovat hyviä kanavia yhteistyön avaamiseen.

Hyvinvointi ja turvallisuus sekä kestävä kehitys

Keskustelua voi virittää globaaleilla probleemilla, kuten puhdas vesi, energiatuotanto, lääkkeiden kehittäminen ja terveellinen ravinto. Kurssilla esitellään myös vihreän kemian periaatteet ja pohditaan materiaalien uusiokäyttöä ja lajittelua, energian tuotantoa ja sen ympäristövaikutuksia, tarkastellaan terveyden ja samalla hyvinvoinnin yhteyttä kemiaan.

Ravitsemus ja ravinnon sisältämien kemiallisten yhdisteiden tunnistamista ja merkityä on hyvä korostaa opiskelijoille hyvinvoinnin sekä tuotetietouden ja oman valintojen edistämiseksi.

Viestintä ja mediaosaaminen

Monipuolisin tehtävin ohjataan opiskelijoita käyttämään tiedonhankinnassa sekä tuottamisessa tieto- ja viestintätekniikkaa. Lähteiden luotettavuuden arviointiin on paneuduttava lähdeaineistoa valittaessa. Työselostuksen tai -raportin sijaan opiskelijoita voi kehottaa laatimaan lehdistötiedotteen tai uutisdokumentin tutkimastaan aiheesta.

Kurssin aikana voidaan jokainen oppitunti aloittaa muutaman minuutin kestävällä opiskelijoiden esityksellä (2–3 opiskelijan yhteistyö) päivälehdistä otetusta kemian-aiheisesta artikkelista. Tai kehoitetaan opiskelijoita keräämään lehdistä kemian käsitteleviä uutisia, ja arvioimaan, miten kyseinen uutinen vaikuttaa opiskelijan elämään nyt tai tulevaisuudessa. Nämä "kemian uutiset" voi käsitellä viikoittain oppitunnin alussa parityönä, jolloin ennalta valittu opiskelijapari esittelee keräämänsä lehtileikkeet, joista keskustellaan, tai kukin opiskelija kerää ne omaan kurssiportfolioonsa, johon hän kerää myös tehdyt työraportit, kotitehtävät ja lehtileikkeet kommentteineen sekä muun materiaalin. Portfolion arviointiperiaatteet tulee selvittää opiskelijoille kurssin aluksi.

Kaksi vinkkiä videon katseluun:

- 1) Opiskelijoille annetaan tehtäväksi kirjata videon aikana muistiin kolme kysymystä, joihin vastaus selviää videon opetuksellisessa osuudessa. Katselun jälkeen kontrolloidaan opiskelijoiden osaamista näiden kysymysten avulla. Sekä opiskelijan kysymykset että vastaukset arvioidaan ja tulos sisällytetään jatkuvan näytön arviointiin.
- 2) Opiskelijoita pyydetään videon katselun jälkeen laatimaan videosta esseemuotoinen tiivistelmä, joka arvioidaan. Kummallakin tavalla 15 minuutin opetusvideon katseluun on varattava 45 minuuttia.

Aktiivinen kansalaisuus ja yrittäjyys

Kurssin aikana keskustellaan yhteiskunnallisen päätöksenteon perusteista, tuotetietoisuudesta, ympäristötilasta ja esitellään ympäristölainsäädäntöä ja kansalaisen keinoja estää ympäristön likaantumista sekä miten viranomaiseen otetaan yhteyttä vahingon ilmoittamiseksi. Esimerkit valitaan omasta elinympäristöstä, kunnasta tai kaupungista.

Opetusmenetelmät

Pakollisella kemian kurssilla keskitytään kemiallisen tiedon ymmärtämiseen ja soveltamiseen sekä otetaan huomioon kokeellisen tiedonhankinnan ja tiedonkäsittelytaitojen kehittyminen.

Luonnontieteiden, kuten kemian, tehtävä on palvella ihmistä, ja tieteen hyödyntämisessä ongelmanratkaisutaidot ovat avainasemassa. Tämä tarkoittaa sitä, että opiskelijan ajatuksen tason pitää kehittyä opiskelun edetessä ulkoa opettelusta ymmärtämisen kautta tiedon soveltamiseen ja analysointiin. Opettajalta vaaditaan erityistä taitoa siinä, että opetuksen taso pysyy sopivana. Opetuksen pitää olla haastavaa, mutta opiskelijoilta ei saa vaatia liian varhain korkeamman tason ajattelua, kuten soveltamista tai analysointia.

Avoin keskustelu opiskelijoiden kanssa myös ajattelun tasoon liittyvistä tavoitteista on tärkeää. Sen myötä opiskelijoiden innostus kasvaa ja opettajan ammattitaidon arvostus lisääntyy. Tällaiset keskustelut auttavat luomaan opiskelijan ja opettajan välille hyvän ja luottamuksellisen suhteen, mikä on hyvän opettamisen lähtökohta.

Kemian kurssilla tehdään havaintoja, suunnitellaan mittauksia ja kokeita sekä laboratorioluokassa että tulkitaan valmista aineistoa. Harjoitellaan työvälineiden ja reagenssien turvallista käyttöä ja tulosten esittämistä sekä suullisesti että kirjallisesti. Pakollisella kemian kurssilla ei vaadita opiskelijoita tekemään työselostusta, vaan havainnot ja johtopäätökset kirjataan opiskelijaryhmän yhteiseen työpaperiin. Työpaperi helpottaa tulosten tulkintaa ja johtopäätösten tekemistä sekä keventää opettajan työmäärää huomattavasti. Kolmenkymmenen työselostuksen sijaan opettaja saa arvioitavakseen kymmenen kolmehenkisen työryhmän työpaperia. Oppikirjasta löytyy kokeellisia tehtäviä, joilla voi harjoitella havainnointia, johtopäätösten tekoa ja tutkimuksen analysointia tilanteissa, jossa ei ole laboratorioluokkaa käytettävissä.

Laboratoriokokeita voi organisoida tekemällä jokaiselle työlle oman laatikon, josta löytyvät työhön kuuluvat reagenssit niin monesta pienestä pullosta kuin on ryhmiä. Kun liikkumista luokassa minimoidaan, työturvallisuus paranee ja varsinaiseen työskentelyyn jää enemmän aikaa. Suuressa ryhmässä ryhmän voi jakaa puoliksi; toinen puoli tekee kirjallista työtä ja toinen kokeellista, kunnes vaihdetaan osia. Kokeellisia töitä voi toteuttaa myös kiertopistetyöskentelynä, jossa opettaja on laittanut valmiiksi pöydille tai vetokaappeihin reagenssit ja perusvälineet ja opiskelijat siirtyvät paikasta seuraavaan suorittamaan eri tutkimusvaiheet.

Erilaiset oppijat ja erilaiset ryhmät huomioidaan käyttämällä erityyppisiä tehtäviä. Perustehtävät ovat kirjan tekstiin ja opetettuun ainekseen perustuvia. Soveltavat tehtävät edellyttävät aiempien tietojen yhdistelemistä ja liittyvät usein opiskelijan elämään ja ne kiinnittää opitun aiheen arkikokemuksiin. Tiedonhankintatehtävät ovat laajempia soveltavia, projektiluonteisia tehtäviä, jotka edellyttävät lisätiedon hankkimista muista lähdeteoksista ja tietokannoista. Tiedonhankintatehtävät soveltuvat hyvin myös kurssin itsenäisesti suorittaville opiskelijoille.

Arviointi

Kemiassa arvioinnin menetelminä käytetään kurssikokeita, osallistumisaktiivisuuden seuranta, kokeellista työskentelyä, työselostuksia, projektitöitä, esitelmää tai tutkielmia. Lisäksi opiskelija käsitteellisten ja menetelmällisten tietojen ja taitojen kehittymistä seurataan jatkuvasti.

Kurssiarvosanan muodostumiseen voi osasuorituksia painottaa esimerkiksi seuraavasti:

- 50 prosentilla päättökoe
- 20 prosentilla laboroinnit ja niiden raportointi
- 30 prosentilla muut näytöt: jatkuva näyttö, kirjalliset tehtävät, kemian uutiset sekä formatiiviset testit.

Lähteet

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Nuorille tarkoitetun lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteet. Helsinki, Opetushallitus.

Hannola-Teitto, Jokela, Leskelä, Näsäkkälä, Pohjakallio & Rassi 2004. Neon 1, Ihmisen ja elinympäristön kemia. Helsinki, Edita.

Hannola-Teitto, Jokela, Leskelä, Näsäkkälä, Pohjakallio & Rassi 2004. Opettajan Neon 1. Helsinki, Edita.

Lukion kemian ensimmäisen kurssin toteuttaminen Kemistin avulla

Tuula Sorjonen
Irma Aroluoma,
Kaarina Kanerva
Lea Karkela
Jarkko Lampiselkä
Reijo Mäkelä
Kirsi-Maria Vakkilainen

Lukion kemian ensimmäisen kurssin haasteet muodostuvat kurssin kaikille pakollisuudesta ja ryhmien heterogeenisuudesta. Kurssin aikana on luotava kaikille riittävä yleissivistävä kemian pohja ja motivoitava opiskelijoita jatkamaan kemian parissa syventävillä ja soveltavilla kursseilla. Näihin haasteisiin ovat Kemisti-kirjasarjan tekijät vastanneet monilla erilaisilla ratkaisuilla niin opiskelijan kirjan kuin opettajan materiaalin osalta.

Avainsanat:

Lukion kemia, ensimmäinen kurssi, Kemisti-kirjasarja, erilaiset oppijat

Opetussuunnitelma näyttää suunnan

Kemisti 1 sisältää syksyllä 2005 käyttöön otettujen opetussuunnitelmien perusteiden mukaisen lukion kemian ensimmäisen, kaikille pakollisen kurssin. Kurssin keskeisiä asioita ovat muun muassa orgaanisten yhdisteiden ominaisuudet, rakenteet ja niiden mallintaminen sekä orgaanisissa yhdisteissä esiintyvät sidokset. Kurssilla tutustutaan erilaisiin seoksiin, joihinkin keskeisiin reaktiotyyppeihin sekä opitaan suureet ainemäärä ja konsentraatio. Oppilastyöt auttavat ymmärtämään kemiaa kokeellisena luonnontieteenä ja harjoittamaan tärkeitä kemian perustaitoja. Kemisti 1 johdattelee opiskelijaa kemian tieteen pariin ilmiöiden, kokemuksen ja arkipäivän asioiden joustavalla yhdistämisellä. Oppikirjan kieli on tieteellisen täsmällistä, mutta samalla nuoren lukijan käsitelmäilmaan mahtuvaa. Kuvitus toimii visuaalisena tiedonlähteenä.

Kemistin kokeellisuus

Kemistin oppilastyöt on suunniteltu niin, että ne voidaan toteuttaa yksinkertaisilla ja kohtuullisin kustannuksin hankittavilla aineilla ja laitteilla. Niille on kirjassa osoitettu viitteelliset paikat joiden yhteydessä on myös työhön liittyviä kuvia. Kuvien avulla työ voidaan myöhemmin palauttaa mieliin tai pohtia vaikkapa työhön tarvittavaa välineistöä ennen työn tekemistä. Oppilastöiden täydelliset ohjeet ovat oppikirjan lopussa turvallisuusohjeiden ja välineistön kuvien kera.



KUVA 1. Työssä numero kolme tutkitaan aineiden palamista, harjoitellaan paloturvallisuutta sekä kokeillaan erilaisia raportointi- ja tulosten ilmaisutapoja

Ensimmäisen kurssin aikana käytetään runsaasti aikaa reaktioiden ja kemiallisten ilmiöiden havainnointiin sekä johtopäätösten tekoon. Mallintamista reaktioyhtälöihin saakka tehdään ensimmäisellä kurssilla vain vähän, mutta kurssin aikana opetellaan erityisesti valmiiksi annettujen reaktioyhtälöiden tulkitsemista. Orgaanisen kemian opettelu aloitetaan toiminnallisten ryhmien tunnistamisella ilman perinteistä orgaanisten aineiden nimeämistä, jota ei vielä harjoitella koko ensimmäisen kurssin aikana. Tämä järjestys auttaa ymmärtämään aineen rakenteen ja ominaisuuksien merkityksen kemiallisen reaktion aiheuttajana. Se myös helpottaa ja nopeuttaa myöhemmin opiskeltavaa nimeämistä.

Kemistin keinot erilaisille oppijoille

Kemisti-kirjan rakenne tukee oppimista muun muassa ennakkojäsentäjien avulla. Marginaaliin sijoitetut kysymykset toimivat ajattelun johdattajina ja väliotsikoina, joiden avulla tärkeän asian tai käsitteen voi löytää tekstistä helposti. Näin opiskelija voi harjaannuttaa tekstinlukutaitoaan. Kappaleiden jälkeen sijoitettujen Jäikö mieleen -kysymysten avulla lukija voi tarkistaa omaa osaamistaan. Ennakkojäsentäjät ja Jäikö mieleen -kysymykset mahdollistavat hyvin kirjan käyttämisen itsenäisen opiskelun materiaalina.

Millaiset orgaaniset yhdisteet hapettuvat helposti?



Primääriset alkoholit hapettuvat aldehydeiksi ja sekundääriset ketoneiksi. Tertiääriset alkoholit eivät hapetu vastaavalla tavalla, mutta nekin voivat hajota tai palaa. Aldehydit voivat hapettua edelleen karboksyylihapoiksi. Jos viinipullo jätetään avonaisena pöydälle, viinin sisältämä etanoli voi hapettua ilman hapen vaikutuksesta etanaaliksi. Muutaman päivän päästä viini alkaa haista etikalle, koska etanaali on hapettunut edelleen etaaniksi eli etikahapoksi.

Etanoli hapettuu asetaldehydiksi eli etanaaliksi.

$$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ | & | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} & + [\text{O}] \longrightarrow \text{H}-\text{C}-\text{C}=\text{O} + \text{H}_2\text{O} \\ | & | \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$$

Etanaali hapettuu edelleen etikka- eli etaanihapoksi.

$$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ | & | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}=\text{O} & + [\text{O}] \longrightarrow \text{H}-\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} \\ | & | \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$$

2-propanoli hapettuu asetoniksi eli propanoniksi.

$$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ | & | & | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} & + [\text{O}] \longrightarrow \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} + \text{H}_2\text{O} \\ | & | & | \\ \text{H} & \text{OH} & \text{H} \end{array}$$

2-metyyli-2-propanoli ei hapetu.

$$\begin{array}{c} & \text{H} \\ & | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | & | & | \\ \text{H} & \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | & | & | \\ \text{H} & \text{OH} & \text{H} \end{array} + [\text{O}]$$

1 Varsinkin orgaanisten yhdisteiden hapettumis-pelkistymisreaktioiden yhtäloita yksinkertaistetaan merkitsemällä hapetin ilman kertomia hakasulkeisiin [O].

JÄIKÖ MIELEEN?

- Millaisia reaktioita ovat hapettuminen ja pelkistyminen?
- Mitä muita tuotteita kuin oksideja voi syntyä orgaanisen yhdisteen hapettuessa?
- Mitä molekyylin hapen ja vedyn määrälle tapahtuu, kun orgaaninen yhdiste hapettuu?
- Millaisen alkoholin hapettuessa syntyy

a) aldehydi
b) ketoni?
- Mitkä yhdisteet hapettuvat karboksyylihapoiksi?

72
AINEIDEN MUUTOKSIA

KUVA 2. Ennakkojäsentäjät, tietolaatikko ja Jäikö mieleen -osiot helpottavat ja täydentävät tiedon omaksumista

Kirjan teksti on tarkoituksellisesti tietokirjamaisen tiivistä luettavaa. Tekstin lomaan ei ole sijoitettu varsinaisia esimerkkejä, vaan ne ovat tehtävinä. Tällaisella ratkaisulla ohjataan opiskelijaa ensin ajattelemaan ja pohtimaan tehtävää itse ja vasta sitten katsomaan ratkaisumalli.

Tehtävät ovat oleellinen osa kirjan avulla toteutettavaa oppimisprosessia. Ne tarjoavat monia erityyppisiä ongelmia, perustehtävistä kokeellisiin koetehtäviin ja muuhun tiedonhankintaan. Tehtävien paljous tarjoaa mahdollisuuden niiden käyttöön



esimerkiksi koetehtävinä tai vapaaehtoisina bonustehtävinä. Tehtävissä on mukana myös paljon kokeellisuutta esimerkiksi demokuvien muodossa. Niiden avulla harjaannutetaan havaintojen ja johtopäätösten tekemistä sekä havaintojen ja mallien yhteyden ymmärtämistä.

Tehtäväsarjoja on kaksi vaatimustasoltaan samanlaista. Esimerkkitehtävien täydelliset ratkaisut löytyvät kirjan lopusta, joten niitä voidaan käyttää tunnilla esimerkiksi ryhmissä työskennellen, opettajajohtoisesti tai itseopiskelumateriaalina. Esimerkkitehtävien avulla tekstin teoriaosuus täydentyy oppimiskokonaisuudeksi. Harjoittelutehtävät on tarkoitettu opiskelijan kotitehtäviksi tai itsenäisiksi tuntitehtäviksi. Harjoittelutehtävien täydelliset ratkaisut ja vastaukset löytyvät kirjaan liittyvästä opettajan materiaalista.

Tekstin Lisätietoa-osat ovat lukemistoa, jolla opiskelija voi syventää tietojaan. i-kirjaimella merkittyihin tietolaatikoihin on sijoitettu kurssin aiheisiin liittyvää lisätietoa. Kirjan lopussa on laaja käsittehakemisto, jossa termit ovat selitetty suomeksi ja lisäksi hakusana on englanniksi.

Opettajan työvälineet

Kemisti-kirjasarjaan kuuluu monipuolinen verkkomateriaalina toteutettu opettajan opas. Verkkomateriaalin suuri vahvuus on sen jatkuva päivittyminen. Opettajan materiaali sisältää esimerkiksi oppilastöiden ”mallivastaukset”, jotka on koottu todellisista tilanteista, ja kalvopohjia opetuksen avuksi. Materiaalissa on runsaasti demonstraatio-ohjeita ja lisävinkkejä oppilastöiden soveltamiseen. Oppaasta löytyvät myös harjoittelutehtävien täydelliset ratkaisut, lisätietotekstejä, mallikokeita ja lisätehtäviä. Opettajanmateriaalissa on läpi koko sarjan jonkin verran pedagogista aineistoa (YTO-oppimisympäristöstä, käsitestrategioita, kyselyyn harjaannuttamista, yms.). Ensimmäisen kurssin yksi vaikeimmin sisäistettävistä käsitteistä on ainemäärä. Siksi materiaaliin on koottu tekijöiden erilaisia ainemääräkäsitteen opettamistapoja, jotka toivottavasti antavat opettajille virikettä kokeilla myös omia ideoitaan.

Erilaiset molekyyli mallisarjat ovat kurssilla suurena apuna, auttaen opiskelijoita muistamaan hiilen neliarvoisuuden sekä hahmottamaan toiminnallisia ryhmiä ja isomeria-ilmiötä.

Kokemuksia ykköskurssin opettamisesta, esimerkkinä Vuosaaren lukio

Vuosaaren lukio on suurehko yleislukio, jossa suuren haasteen opetukselle muodostavat kemian ensimmäisen kurssin ryhmäkoot. Luokkatilat ovat yleensä täyteen ahdetut, ja kemian luokka ei ole laboratorioluokaksi suunniteltu: luokassa on kaksi vesipistettä ja kiinteät, auditoriotyypisästi sijoitetut pulpetit. Tästä huolimatta oppilastöiden tekeminen on onnistunut erinomaisesti Kemistin töillä, joissa aineet ja välineet ovat yksinkertaisia ja opiskelijoille tuttuja. Kurssin aikana ehditään tekemään opiskelijoiden kanssa kaksi tai kolme kirjan kokeellisista töistä, joten loput demonstroidaan tai ne tulevat esille muuten.

Demonstraatioissa luotetaan usein yksinkertaisuuteen. Kuparilevyn päälle laetaan pienet, yhtä suuret ammoniumkloridi-, vanilliinisokeri- ja ruokasuolakasat, ja lämmitetään levyä. Tämän demon purkaminen ennusteineen, havaintoineen, ilmiöiden ja mallien etsimisineen vie sujuvasti yli puolikin tuntia. Suuri merkitys on opiskelijoiden omilla, arkielämään liittyvillä kysymyksillä ja pohdinnoilla, jotka usein avaavat opettajankin silmät ja haastavat miettimään uusia puolia asioista.

Vapaaehtoiset viikkotehtävät ovat olleet suosittuja. Viikkotehtävät voidaan valita esimerkiksi harjoitustehtävistä. Nimensä mukaisesti opiskelijoilla on aikaa viikon verran kunkin tehtävän palauttamiseen. Viikkotehtävien aiheet ensimmäisellä kursilla voivat olla kokeellinen tehtävä, taulukkokirjaan tutustuminen, tiedonhaku ja ai-nemäärän kertaaminen.

Kaiken kaikkiaan kokeellisuutta, tehtävien tekemistä ja demonstraatioitakin tärkeämpää on opettajan oma vilpitön innostuneisuus kemiasta ja sen tarjoamista mahdollisuuksista. Työ vaatii paljon, mutta antaa myös parhaimmillaan elämyksiä ja yllätyksiä vieläpä kymmenenkin opetustyövuoden jälkeen!

Lähde

Lampiselkä, J., Sorjonen, T., Vakkilainen, K.-M., Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L. & Mäkelä, R. 2004. Kemisti 1. Ihmisen ja elinympäristön kemia. Helsinki, WSOY.

Kemian ensimmäinen kurssi Kalajoen lukiossa Reaktio-sarjan mukaan

Päivi Ojala
Kalajoen lukio
Satu Ojala

Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Oulun yliopisto

Lukion kemian ensimmäinen kurssin tavoitteina on antaa opiskelijoille mahdollisimman kattava käsitys kemian mahdollisuuksista. Kurssin aikana opiskelijat parhaimmassa tapauksessa innostuvat lisää kemian opiskelusta ja oppivat havainnoimaan ja tulkitsemaan arkipäivän ilmiöitä. Tässä artikkelissa on kuvattu, miten kemian ensimmäisen kurssin opetus voidaan toteuttaa Reaktio-kirjasarjan mukaisesti ja mitä uusia mahdollisuuksia kirja antaa kemian opetukselle.

Avainsanat:

Kemian opetus, Reaktio-kirjasarja, arkipäivän kemia, tutkimustyö, kokeellinen kotitehtävä, työkoe, lukio

Tavoite

Kemian ensimmäisen kurssin toteutus perustuu Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003 annettuun ohjeeseen:

”Kemian opetuksen tarkoituksena on tukea opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun ja nykyaikaisen maailmankuvan kehittymistä osana monipuolista yleissivistystä. Opetus välittää kuvaa kemiasta yhtenä keskeisenä perusluonnontieteenä, joka tutkii ja kehittää materiaaleja, tuotteita, menetelmiä ja prosesseja kestävästä kehityksen edistämiseksi. Opetus auttaa ymmärtämään jokapäiväistä elämää, luontoa ja teknologiaa sekä kemian merkitystä ihmisen ja luonnon hyvinvoinnille tutkimalla aineita, niiden rakenteita ja ominaisuuksia sekä aineiden välisiä reaktioita.

Kemian opetukselle on luonteenomaista kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havaitseminen ja tutkiminen kokeellisesti, ilmiöiden tulkitseminen ja selittäminen mallien ja rakenteiden avulla, ilmiöiden kuvaaminen kemian merkkikielellä sekä ilmiöiden mallintaminen ja matemaattinen käsittely. Monipuolisin työtavoin ja arviointimenetelmin opiskelijoita ohjataan aktiiviseen kemian tietojen ja taitojen sekä persoonallisuuden kaikkien osa-alueiden kehittämiseen. Kemian opetuksen toteutuksessa otetaan huomioon opiskelijoiden opiskeluvälmiudet ja luodaan myönteinen kuva kemiaa sekä sen opiskelua kohtaan.”

Kurssin aikana opiskelijat saavat käsityksen kemian mahdollisuuksista, innostuvat opiskelemaan kemiaa ja oppivat havainnoimaan sekä ymmärtämään arkipäivän ilmiöitä. Kurssin tavoitteena on myös antaa eväät opiskelijoiden jatko-opintoihin. Kurssin keskeisemmät asiat on esitetty taulukossa 1.

Opiskelijan kannalta	Opettajan kannalta
- Työturvallisuus - Kemikaalien ja työvälineiden sijainti - Ryhmään sopeutuminen - Mittauksen tarkkuus - Prosenttilaskun käytön soveltaminen - Mittaustuloksen tarkkuus	- Ryhmätyöskentelyn sujuvuus ja työturvallisuus - Opetusvälineiden ja kemikaalien sijainnin esittely - Vaa'an käyttö

TAULUKKO 1. Kurssin keskeiset tavoitteet opiskelijan ja opettajan kannalta

Toteutus

Kemian ensimmäisen kurssin aloitus

Opiskelijat tulevat lukioon erilaisesta oppimisympäristöstä. Yksilöiden oppimistotumukset voivat olla hyvinkin toisistaan poikkeavia. Opetuksen alkuvaiheessa onkin tärkeää opastaa, miten kemiaa oppii parhaiten. Tällöin mahdolliset ennakkواسenteet kemian opiskelua kohtaan selkenevät. Opiskelijan on paljon helpompi kohdata vaikeita asioita, kun hänelle on annettu välineitä ongelmien ratkaisuun.

Koulussa kemian opettajat ovat oman alansa asiantuntijoita ja tästä syystä opettajat ovat parhaita oman alansa esittelijöitä. Kemian eri alojen esittely onkin oppilaiden motivaation kannalta hyvä tehdä kurssin alussa, ja jotta opiskelijoille muodostuisi heti lähdössä mahdollisimman realistinen kuva alan laaja-alaisuudesta: "Kemiaa on kaikkialla".

Tutkimustyö

Kemia on kokeellinen luonnontiede ja tästä syystä kokeellisuus on keskeistä myös lukio-opetuksessa. Usein ensimmäisellä kurssilla ryhmät ovat suuret ja yksilötöiden tekeminen on lähes mahdotonta. Työt kannattaakin tehdä pienissä 4–7 henkilön ryhmissä. Opiskelijoiden valmiutta ja ryhmien toimivuutta oppilastöissä voidaan tarkkailla kokeellisen työn alkuvaiheessa esimerkiksi liuoksen pitoisuuden määrittämisellä punnitusmenetelmällä. Prosenttilaskut ovat tuttuja matematiikasta, joten tämän laskumenetelmän sovellutus voidaan toteuttaa tässä yhteydessä. Oppilaat huomaavat työssä myös mittaustarkkuuden merkityksen, kun eri ryhmissä saatuja mittaustuloksia verrataan yhteenvetotilaisuudessa.

Työympäristö on opiskelijalle uusi. Tästä syystä turvajärjestelyt ja muodostuvien jätteiden lajitteluvalmiudet luokkahuoneessa sekä kemikaalien ja työvälineiden sijainti on syytä selvittää. Oppilaan kannalta on tärkeä sopeutua ryhmän yhdeksi perusosaksi niin, että hän huomioi muut ryhmän jäsenet. Ryhmien toimivuus on opettajan kannalta tärkeää, jotta annetut työt saadaan valmiiksi oppitunnin aikana turvallisesti. Työn aikana opettaja voi myös esitellä luokkahuoneen järjestyksen, kuten kemikaalien, työvälineiden ja jätteenkeruuastioiden sijaintipaikat. Taulukossa 2 on

selvitetty, miksi tutkimustyö soveltuu kurssin alkuvaiheeseen. Opiskelijat tutustuvat työturvallisuuteen, ryhmässä työskentelyyn, kemikaalien ja välineiden sijaintiin, vaa'an käyttöön ja mittaustarkkuuteen. Opettaja voi tarkistaa ryhmien yhdessä työskentelyvalmiuden, selvittää luokan työturvallisuuteen liittyvät tekijät ja esitellä kemikaalit ja mittavälineet.

Arkipäivän kemia

Opiskelijalle annetaan hyvät eväät kohdata kemiaa arkipäivän elämässä. Kotitehtävissä korostuvat keskeisesti arkipäivän ilmiöt kuten taulukossa 3 esitetyt Reaktio 1:n tehtävät 47 tai 115.

TAULUKKO 2. Esimerkkejä arkipäivän ilmiöihin liittyvistä tehtävistä

47. Terveyskeskuksen laboratoriokokeesta saatiin seuraava tulos:

Tutkimus	Tulos	Viitearvo	Yksikkö	Näytenumero
fP-Gluk	4,8	3,7-6,2	mmol/l	301584
fS-Ca	2,29	2,20-2,60	mmol/l	301585
fS-Trigly	1,17	0,40-1,70	mmol/l	301385
fS-Kol	5,6	<5,0	mmol/l	301385
fS-Kol-HDL	2,06	>0,95	mmol/l	301385
fS-Kol-LDL	3,0	<3,8	mmol/l	301385
fB-Leuk	5,5	4,0-11,0	E9/l	301586
B-Eryt	4,6	3,9-5,6	E12/l	301586
B-Hb	137	125-160	g/l	301586
B-HKR	0,41	0,37-0,47		301586
E-MCV	90	76-96	fl	301586
E-MCH	30	27-32	pg	301586
E-MCHC	335	320-350	g/l	301586

a) Kuinka monta milligrammaa verilitrassa on glukoosia, kun laboratoriotulosten perusteella glukoosin, $C_6H_{12}O_6$, pitoisuus on

4,8 mmol/l

b) kalsiumia, kun laboratoriotulosten perusteella kalsiumin pitoisuus on 2,29 mmol/l

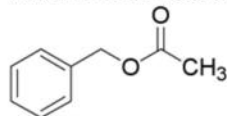
c) Mitä tarkoittavat merkinnät E9/l, E12/l, g/l, fl ja pg?

d) Kuinka monta verinäytettä mittauksiin on tarvittu?

115. a) Yksi jasmiinin tuoksun ainesosa on bentsyyliasetaatti. Miksi vesi ei voi olla liuottimena bentsyyliasetaattia sisältävissä hajuvesissä?

b) Miksi öljymaaleja ei saa ohentaa vedellä, vaan esimerkiksi tärpätillä tai mineraalitärpätillä? Tärpätti on poolitonta α -pineeniä ja mineraalitärpätti on hiilivetyjen seos.

c) Miksi auton polttoainetankkiin tiivistynyt vesi on talvella haitallista? Miten veden haitat voidaan estää?



Bentsyyliasetaatti

Lähde: Kaila, Meriläinen, Ojala, Pihko & Salo 2005

Kokeelliset kotitehtävät antavat opiskelijalle oikean kuvan kemian kokeellisuudesta. Ne tuovat kokeellisuuden lähelle opiskelijan arkea ja herättävät opiskelijaa havainnoimaan ympärillään olevaa luontoa. Kokeellinen kotitehtävä voi olla esimerkiksi Avogadron vakion käytön selvittämisessä. Esimerkkeinä kokeellisista tehtävistä ovat Reaktio 1:n tehtävät 31 ja 32.

TAULUKKO 3. Esimerkkejä kokeellisista kotitehtävistä

31. Kokeellinen kotitehtävä: Punnitse yksi a) irtokarkki b) kananmuna, c) omena, atomi.
Lukumäärä säilyy, mutta massa muuttuu. Onnistuvatko kaikki punnitukset?
32. Kokeellinen kotitehtävä:
Punnitsemalla voi määrittää lukumäärän.
a) Punnitse vaa'alla yksi suklaakeksi ja määritä sen massa, g/keksi. Punnitse sitten koko paketillinen samoja suklaakeksejä ja laske punnitustulosten avulla keksien lukumäärä.
b) Toista koe punnitsemalla 10 kappaletta 20 sentin kolikoita. Punnitse sitten kaikki perheenjäsesi 20 sentin kolikot ja määritä punnitustulosten avulla niiden lukumäärä.

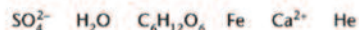
Lähde: Kaila, Meriläinen, Ojala, Pihko & Salo 2005

Kemian perusteet

Peruskoulun kemian tietojen kertaus huomioidaan niin koko kurssin, kuin jokaisen asiakokonaisuuden alussa opiskelijalle kohdistetuilla kysymyksillä. Tälle pohjalle rakennetaan kurssin aikana uutta tietoa. Esimerkiksi Reaktion ensimmäisen kurssin aloitustestin avulla voidaan testata opetusryhmän valmiutta (kuva alla).

Aloitustesti

1. Mikä seuraavista kuvaa a) atomia b) ionia c) molekyyliä?



2. Mistä osista atomi rakentuu?

3. Mitkä ovat aineen olomuodot?

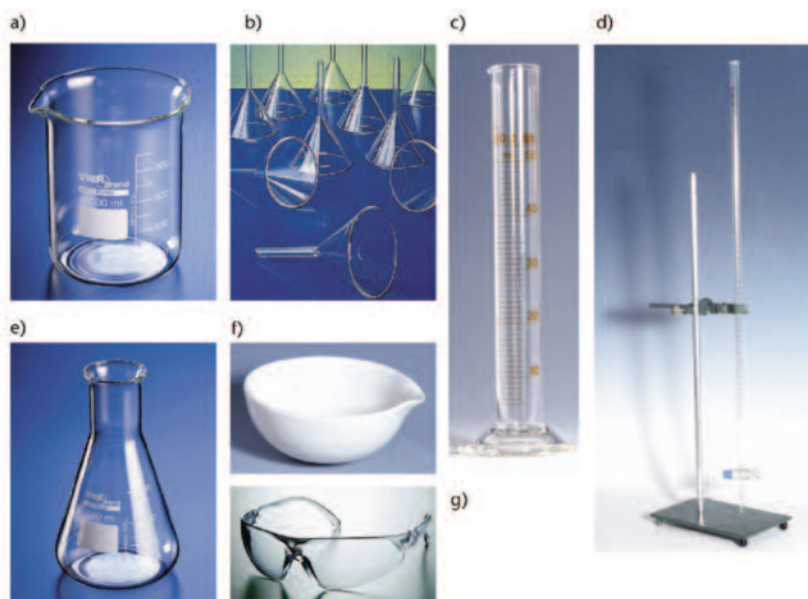
4. Luettele viisi hiilivetyä.

5. Mistä liuoksen emäksisyys johtuu?

6. Mitä tarkoittaa aineen palaminen?

7. Miten erotat hiekan ja suolan niiden seoksesta?

8. Nimeä seuraavat työvälineet.



Lähde: Kaila, Meriläinen, Ojala, Pihko & Salo 2005

KUVA. Aloitustesti

Yhdisteiden rakenteen piirtäminen ja nimeäminen

Lukion ensimmäisellä kemian kurssilla on myös keskeistä oppia mallintamaan yhdisteitä piirroksin ja tulkitsemaan niitä. Yhdisteen kaavan piirtäminen usealla tavalla auttaa opiskelijaa eri yhteyksissä selkeyttämään käsiteltävää asiaa sopivalla kaavalla. Funktionaalisten ryhmien löytämisessä selkeiden kaavojen piirtäminen on keskeistä, jotta aineen ominaisuuksia voidaan selvittää. Opiskelija voi käyttää mallinnukseen esimerkiksi Molymod-malleja helpottamaan yhdisteen avaruudellista hahmottamista. Tästä on esimerkkinä Reaktio 1:n tehtävä 72:

- 72 Piirrä jokin mahdollinen rakennekaava hiilivedylle, joka on
- tyydyttynyt ja jonka molekyylikaava on C_7H_{16}
 - rengasrakenteinen ja tyydyttymätön ja jonka molekyylikaava on C_5H_8
 - aromaattinen ja jonka molekyylikaava on C_7H_8
 - monitydyttymätön ja ketjurakenteinen ja jossa on viisi hiiliatomia.

Lähde: Kaila, Meriläinen, Ojala, Pihko & Salo 2005

Nimeämiseen voidaan keskittyä vain pienimpien molekyylien osalta. Suuremmista molekyyleistä on oleellista löytää vain funktionaaliset ryhmät ja tunnistaa ne.

Aineen ominaisuudet

Kun vahvat ja heikot sidokset on selvitetty, opiskelija voi lähestyä aineen ominaisuuksia vaikuttavia tekijöitä monipuolisten esimerkkien avulla. Tämä auttaa opiskelijaa tekemään järkeviä valintoja ja ratkaisuja erilaisissa arkipäivän elämässä tapahtuvissa tilanteissa. Esimerkiksi Reaktio 1:n tehtävä numero 110 hahmottaa bensiinin ominaisuuksia heptaanin avulla:

- 110 Heptaani on bensiinin komponentti. Sen tiheys on $0,68 \text{ kg/dm}^3$, sulamispiste -91°C ja kiehumispiste 98°C .
- Kirjoita heptaanin viivakaava.
 - Onko heptaani huoneenlämmössä kiinteä, neste vai kaasu?
 - Miksi heptaani ei liukene veteen?
 - Jos heptaania ja vettä sekoitetaan, kumpi on päällimmäisenä?
 - Miksi palamaan syttynyttä heptaania ei voi sammuttaa vedellä?

Lähde: Kaila, Meriläinen, Ojala, Pihko & Salo 2005

Funktionaalisten ryhmien tunnistaminen

Opiskelijalle on selvitetty tähän mennessä orgaanisten yhdisteiden funktionaalisten ryhmien merkitys teoriassa. Ryhmätöissä voidaan tunnistaa kokeellisesti funktionaalisten ryhmien olemassaolo. Näissä funktionaalsiin ryhmiin liittyvissä töissä opiskeluryhmiin jaolla ja toimivuudella on suuri merkitys, koska jokainen ryhmä tekee omaa työtään. Jokaisen ryhmän on esitettävä selkeästi oma tunnistamistyönsä muille, josta muut tekevät muistiinpanoja. Esimerkiksi Reaktio 1:n työssä numero 4 on neljälle ryhmälle tunnistamistyö (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Työ eräiden funktionaalisten ryhmien tunnistamiseksi

Työ 4. Funktioaalisten ryhmien tunnistusreaktioita

Funktionaalinen ryhmä on molekyylin avainkohta, jossa reaktiot tapahtuvat ja joka määrää yhdisteen ominaisuudet, kuten liukoisuuden, olomuodon ja happamuuden. Tunnistusreaktiot ovat työkaluja, joilla osoitetaan molekyylin sisältämät funktionaaliset ryhmät. Tee ensin vertailukoe ja tutki sitten näytteitä.

Välineet ja aineet

- koeputkia, korkkeja, vesihaude
- hiili-hiili-kaksoissidoksen tunnistaminen
 KMnO_4 :n emäksinen vesiliuos (10 mg KMnO_4 + 1,0 g Na_2CO_3 + 100 ml H_2O)
vertailuaineita, esimerkiksi α -pineeniä, syklohekseniä, kanelialdehydiä
- aldehydin tunnistaminen
5-prosenttinen hopeanitraattiliuos, $\text{AgNO}_3(\text{aq})$
10-prosenttinen natriumhydroksidiliuos, $\text{NaOH}(\text{aq})$
2-prosenttinen ammoniakiliuos, $\text{NH}_3(\text{aq})$
vertailuaineita, esimerkiksi formaldehydiä (formaliinia), kanelialdehydiä, 10-prosenttinen
glukoosiliuos (reaktio on hidas)
- fenolisen OH-ryhmän tunnistaminen
vettä ja etanolia tippapullossa
1-prosenttinen rautatrikloridiliuos, $\text{FeCl}_3(\text{aq})$
vertailuaineita, esimerkiksi vanilliinia, salisyylihappoa, tymolia, laimeaa teetä
- karboksyyli-ryhmän tunnistaminen
kylläinen natriumvetykarbonaattiliuos, $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$
vertailuaineita vesiliuksina tai kiinteinä, esimerkiksi muurahaishappo, oksaalihappo, sitruunamehu

A. Hiili-hiili-kaksoissidoksen tunnistaminen

Kaliumpermanganaattiliuoksen, $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ violetin värin muuttuminen ruskeaksi osoittaa, että tutkittavassa yhdisteessä on hiili-hiili-kaksoissidos.

1. Ota 10 pisaraa tutkittavaa ainetta koeputkeen ja lisää 10 pisaraa KMnO_4 -liuosta.
2. Kirjaa vihkoosi, sisälsikö tutkittava näyte hiili-hiili-kaksoissidoksen.

B. Aldehydin osoittaminen hopeapeilikokeella

Hopeapeilikokeessa aldehydyryhmä hapettuu karboksyyli-ryhmäksi ja hopea-ionit pelkistyvät hopea-atomeiksi. Mustan hopeasakan tai hopeapeilin muodostuminen osoittaa näytteen sisältävän aldehydyryhmän.

C. Fenolisen OH-ryhmän tunnistaminen

Fenolinen OH-ryhmä muodostaa Fe^{3+} -ionien kanssa värillisiä yhdisteitä. Yhdisteiden väri riippuu tutkittavasta fenolista. Tavanomaisia fenolin rautayhdisteiden värejä ovat violetti, sininen ja vihreä.

1. Ota koeputkeen 1 ml etanolia ja 1 ml vettä ja lisää lusikankärjellinen tai muutama pisara tutkittavaa ainetta.
2. Lisää pisara FeCl_3 -liuosta ja sekoita.
3. Kirjaa vihkoosi, sisälsikö näyte fenolisen OH-ryhmän.

D. Karboksyyli-ryhmän tunnistaminen

Karboksyyli-ryhmä on hapan, joten karboksyylihappojen vesiliuksissa on happamat ominaisuudet aiheuttavia oksonium-ioneja, H_3O^+ . Natriumvetykarbonaattiliuosta lisättäessä hiilidioksidin kupliminen reaktioseoksessa osoittaa näytteen sisältävän happaman karboksyyli-ryhmän.

- Ota koeputkeen 2-3 pisaraa tutkittavaa ainetta.
- Lisää pisaroittain kylläistä natriumvetykarbonaattiliuosta, $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$
- 3. Kirjaa vihkoosi, sisälsikö näyte karboksyyli-ryhmän.

Jätteiden hävittäminen

Kohdassa A muodostuneet orgaaniset jätteet kaadetaan niille varattuun jäteastiaan ja kohdassa B hopeajätteet metalleille varattuun jäteastiaan.



Kurssin arviointi

Opetussuunnitelmien perusteissa edellytetään monipuolisia työtapoja ja arviointimenetelmä. Opiskelijoita ohjataan aktiiviseen kemian tietojen ja taitojen sekä persoonallisuuden kaikkien osa-alueiden kehittämiseen. Tämä huomioidaan ensimmäisellä kurssilla toteuttamalla opiskelijoiden kokonaisvaltaista arviointimenetelmää havainnointikokeiden, teoriakokeen ja työkokeen avulla.

Havainnointikokeet teorian jälkeen

Teorian voi tarkistaa havainnointikokeen avulla seuraavasti: Opettaja ei puhu tehdessään havainnointikoejärjestelyä. Hän pyytää opiskelijoita tekemään muistiinpanoja työvälaineistä ja havainnoista. Opiskelijat saavat 10 minuuttia aikaa vastauksen kokoamiseen, jossa havaitulle ilmiölle annetaan teoreettinen selitys. Tämä kirjallinen vastaus liitetään kurssikokeeseen.

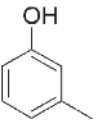
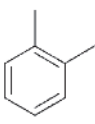
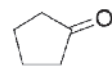
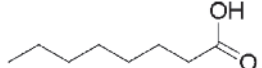
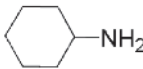
Reaktio 1-kirjassa havainnointikokeeksi soveltuu esimerkiksi heksaani- ja vesisuihkun vertaaminen toisiinsa.

Kaksituntinen teoriakoe

Teoriakoe on kaksituntinen, koska työkokeen osuus ensimmäisen kurssin arvioinnissa on painotukseltaan samanarvoinen teoriakokeen kanssa. Teoriakoe voi olla perinteinen koe, jossa on enemmän kysymyksiä kuin opiskelijoiden tarvitsee vastata. Jokainen tehtävä on kuuden pisteen arvoinen. Tähän perinteiseen kokeeseen voidaan liittää havainnointikokeen vastaus yhdeksi kuuden pisteen tehtäväksi. Koe voi olla esimerkiksi taulukossa 6 esitetyn kaltainen.

TAULUKKO 5. Esimerkki ensimmäisen kemian kurssin teoriakokeesta

Kemian koe KE1 Ratkaise 5 tehtävää!

- a) Kuinka monta elektronia, protonia ja neutronia on seuraavissa atomeissa ja ioneissa?
1) ^{23}Na ja ^{80}Se , 2) $^{63}\text{Cu}^{2+}$ ja $^{32}\text{S}^{2-}$.
b) Mitä eroa on käsitteillä massaluku ja atomimassa?
c) Selitä lyhyesti, mitä tarkoittavat käsitteet 1) alkuaine 2) isotooppi 3) ioni
- Kynsilakan poistoon kuluu 1,7 g asetonia (propanonia).
a) Laske asetonin moolimassa. Kuinka monta grammaa asetonia on punnittava, jotta sitä olisi yksi mooli?
b) Mikä on kynsilakan poistoon kuluvan asetonin ainemäärä?
c) Asetonin kiehumispiste on alhainen, joten se haihtuu nopeasti ja sekoittuu huoneilmaan.
Montako asetonimolekyyliä sekoittuu huoneilmaan?
- a) Piirrä heksaanin ja glyserolin (1,2,3-propaanitriolin) viivakaavat ja laske moolimassat.
b) Selitä, miksi glyseroli ja heksaani eivät liukene toisiinsa.
c) Selitä, miksi glyserolin kiehumispiste on paljon korkeampi kuin heksaanin.
- Piirrä seuraavien yhdisteiden rakenne tai viivakaavat:
a) jokin rengasrakenteinen tyydyttymätön hiilivety, jossa on viisi hiiliatomia
b) jokin aromaattinen hiilivety, jonka molekyylikaava on C_8H_{10}
c) avoketjuinen (ketjurakenteinen) eetteri, jossa on kolme hiiliatomia
d) aldehydi, jonka hiiliketju on haaraunut ja jossa on neljä hiiliatomia
e) jokin sekundäärinen amiini, jonka molekyylikaava on $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$
f) jokin esteri, jossa on kolme hiiliatomia.
- Mihin yhdisteryhmään kuuluvat seuraavat yhdisteet?
a)  c)  d)  e) 
f)  g) 
- Propanin, etanolin, etanaalin, dimetyylieetterin ja dimetyyliamiinin kiehumispisteet ovat mainitussa järjestyksessä $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$, $78\text{ }^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Yhdisteiden mooli-massat ovat lähes samat, joten dispersiovoimat kunkin yhdisteen molekyylien välillä ovat yhtä suuret.
a) Mitkä yhdisteistä ovat kaasuja $0\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa?
b) Piirrä yhdisteiden rakenne tai viivakaavat.
c) Mitä muita heikkoja sidoksia kuin dispersiovoimia esiintyy kunkin yhdisteen molekyylien välillä?
d) Selitä, mistä propanin, etanolin ja etanaalin kiehumispiste-erot johtuvat? (pisteytys: 1p+1p+2p+2p)

Lähde: Kaila, Meriläinen, Ojala, Pihko & Salo 2005

Työkoe (32–36 opiskelijaa)

Kemian ensimmäisen kurssin arvioinnissa voidaan käyttää työkoetta teoriakokeen lisänä. Työkoe voidaan toteuttaa koeviikolla tai opetuksen lomassa. Opiskelijat voivat tulla työkokeeseen esimerkiksi 6–7 hengen ryhmissä. Jokainen opiskelija työskentelee itsenäisesti työpisteessään työohjeen mukaan ja kirjaa ylös havainnot ja niiden selitykset vastauspaperiin. Opettaja tarkkailee kunkin opiskelijan työskentelyä ja tekee

tarvittaessa muistiinpanoja. Arvioinnissa käytettävät kriteerit selitetään opiskelijoille ennen koetta.

Työkoe kestää noin 25 minuuttia ryhmää kohden, minkä jälkeen tulee uusi ryhmä. Edellisen ryhmän jäsenet voivat olla lopettelemassa kirjallista osuuttaan, kun seuraava ryhmä saapuu. Työkoe voi olla esimerkiksi taulukon 7 mukainen:

Työkoe

1.a. Rakenna etyyliamiini molekyylimallilla. 2pb. Piirrä etyyliamiinin rakenne viivakaavalla. 2p

2. Ota koeputkeen 10 pisaraa syklohekseeniä ja lisää siihen 10 pisaraa KMnO_4 -liuosta.

Mitä havaitset? 2p

Mikä on johtopäätöksesi? 3p

3. Kuumenna koeputkessa lusikan kärjellinen ammoniumkloridia.

Mitä havaitset? 3p

Lähde: Kaila, Meriläinen, Ojala, Pihko & Salo 2005

TAULUKKO 6. Esimerkki ensimmäisen kemian kurssin työkoekkeeksi

Yhteenveto ja kokemuksia

Kalajoen lukion ensimmäisellä kurssilla kokeellisuus on korostunut voimakkaasti. Opiskelijat ovat innostuneet havainnoimaan arkipäivän ilmiöitä. Tähän on vaikuttanut osaltaan se, että he ovat pystyneet antamaan ilmiöille selityksen.

Kokonaisvaltaisen arvioinnin ansiosta, joka huomioi teoriakokeen ohella myös kokeellisuuden, myös käden taitoihin suuntautuvat opiskelijat ovat saaneet onnistumisen ilon ja menestymisen mahdollisuuden. Edellä esitetty lähestymistapa on lisännyt oppilaiden kiinnostusta kemiaa kohtaan ja vähentänyt ennakkoasenteita kemiasta vaikeana oppiaineena.

Lähteet

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Opetushallitus.

Kaila, Meriläinen, Ojala, Pihko & Salo. 2005. Reaktio 1, Tammi.

Metallin elinkaari -kurssi Kalajoen lukiossa

Päivi Ojala
Kalajoen lukio
Satu Ojala

Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Oulun yliopisto

Kalajoen lukiossa on järjestetty toisen asteen oppilaitosten yhteistyönä Metallin elinkaari -nimistä kurssia kymmenen vuoden ajan. Kurssi liittyy toisen asteen oppilaitosten yhteiseen projektiviikkoon, jolloin eri oppilaitokset järjestävät kaikille opiskelijoille avoimia viikon mittaisia erikoiskursseja. Metallin elinkaari -kurssin päätavoitteena on tuoda alueella sijaitseva teollisuus ja eri oppilaitoksissa annettava opetus lähelle toisiaan ja tätä kautta antaa opiskelijoille kuva siitä, miten teoriassa opittuja asioita voidaan soveltaa. Metallin elinkaari -kurssi järjestetään kemian opetuksen ja opinto-ohjauksen yhteistyönä, joten se sisältää sekä ammatin valintaan että kemian kannalta metallin elinkaareen liittyviä seikkoja. Opetuksessa toimii yhteistyötahona Teknoliateollisuus ry. Kurssi on saavuttanut opiskelijoiden keskuudessa suuren suosion ja kurssin anti koetaan kiinnostavana ja tarpeellisena. Tässä artikkelissa on kuvattu tarkemmin kurssin toteutusta.

Avainsanat:

Projektiviikko, toisen asteen koulutusyhteistyö, metallin elinkaari, ympäristön metalliteollisuus, lukio, kemian opetus

Taustaa

Kalajoen kunnassa on vuodesta 2000 lähtien järjestetty toisen asteen koulutuksen yhteistyönä projektiviikkoja. Näiden projektiviikkojen aikana kunnan eri oppilaitokset tarjoavat kursseja, joita kaikki toisen asteen opiskelijat voivat vapaasti valita.

Metallin elinkaari -kurssi, jonka pääjärjestäjänä toimii Kalajoen lukio, on opinto-ohjauksen ja kemian opetuksen yhteiskurssi. Kurssilla toimii avustajana Teknoliateollisuus ry, jonka edustaja on mukana myös kurssin opetuksessa ja ohjauksessa. Metallin elinkaari -kurssille osallistuu opiskelijoita Kalajoen lukion 1–2 vuosikurssilta, Kalajoki-instituutti Artemasta (toisen asteen ammatillinen oppilaitos) ja Kalajoen kristillisestä opistosta. Kurssille otetaan mukaan yleensä enintään 25 opiskelijaa, koska suuremman ryhmän kanssa kurssiin liittyvien teollisuusvierailujen ja keellisten osioiden toteuttaminen hankaloituu.

Metallin elinkaari -kurssin tavoite

Metallin elinkaari -kurssin tavoitteena on ensisijaisesti tuoda kouluopetus lähelle arkielämää. Oppitunnilla käydyt teoria-asiat voivat olla normaaleja arkielämän rutineja, mitä opiskelijat eivät usein huomaa tiiviin teoriapohjaisen opetuksen keskellä. Metallin elinkaari -kurssilla annetaan opiskelijoille kuva siitä, miten oppitunnilla käydyt asiat linkittyvät arkielämään. Lisäksi kurssilla korostetaan oman kunnan lä-

hialueiden työskentelymahdollisuuksia kemian alalla ja se antaa laajan kuvan metallialasta työnantajana.

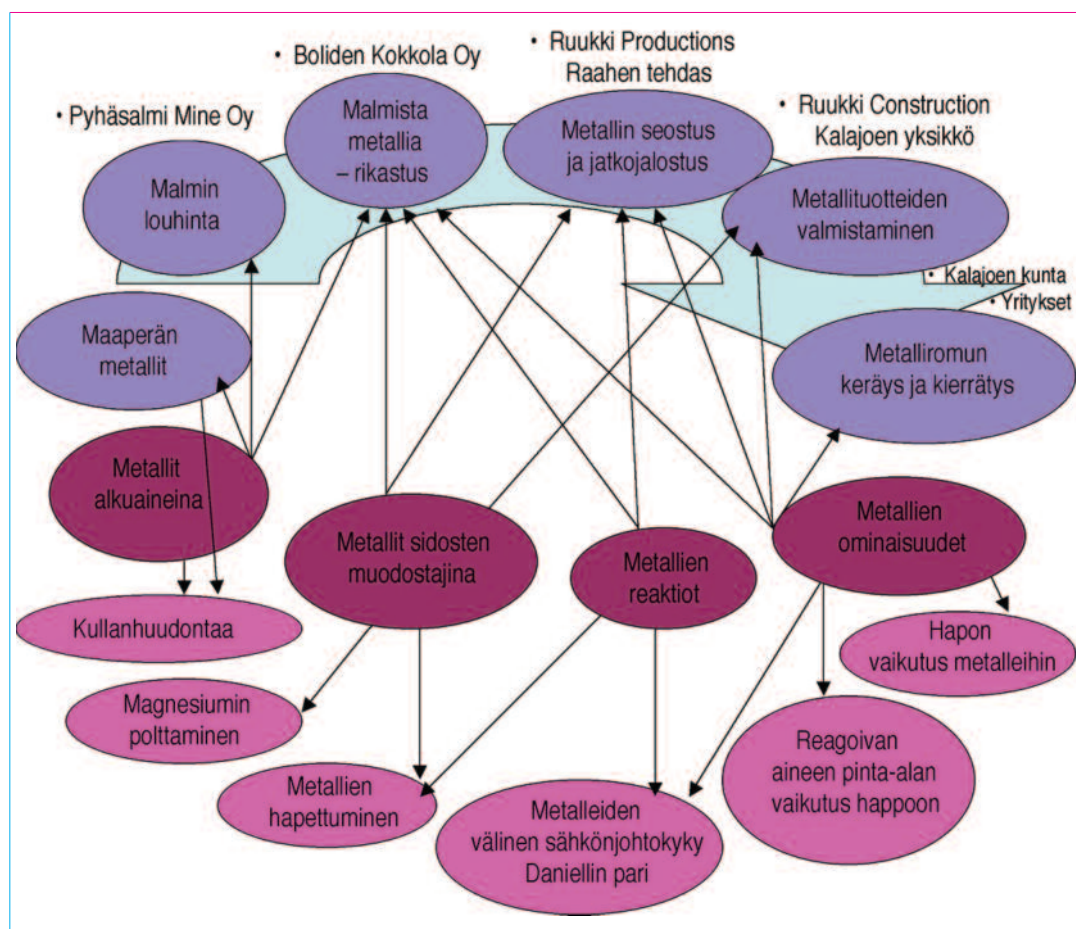
Metallin elinkaari -kurssin oppisisältö

Metallin elinkaari -kurssilla seurataan käytännön läheisesti metallin elinkaarta läh-tien malmin louhinnasta jatkuen teräksen työstöön lopputuotteeksi ja päätyen me-tallijätteen käsittelyyn.

Metallit teoriassa

Metallin elinkaaren teoria aloitetaan selvittämällä, mitä metallit ovat kemiallisesti ja mitkä ovat niiden ominaisuudet. Esittelyn yhteydessä metallit sijoitetaan alkuainei-den jaksolliseen järjestelmään ja todetaan, että suurin osa alkuaineista on metalleja. Samassa yhteydessä metallien eroihin tutustutaan niiden ominaisuuksien perus-teella. Kun on selvitetty metallien muodostamat sidokset, voidaan selvittää metalli-en reaktioista hapetus-pelkistysreaktiot.

Maaperän metalleista tutustutaan raudan- ja kuparin valmistamiseen. Kun te-rästeollisuuden pääraaka-aineet on esitelty, tutustutaan terästeollisuuden tuotteisiin ja metalliteollisuuden luomiin työpaikkoihin ja niihin kouluttautumisvaatimuksiin.



KUVIO. Metallin elinkaari

Metallit kokeellisesti

Projektiviikon kokeellinen osuus aloitetaan tekemällä laboratoriokokeita metalleilla ja tällä tavoin havainnollistetaan teoriassa käsiteltyjä metallien ominaisuuksia. Kokeet tehdään työtunnin aikana, jolloin opiskelijat on jaettu kuuteen pienempään ryhmään. Jokainen ryhmä tekee kuusi työtä siten, että ryhmät vaihtavat työpisteitä edellisen kokeen valmistuttua. Eri laborointityöt liittyvät metallin elinkaaren eri vaiheisiin. Laborointitöitä ovat: metallien hapettuminen, hapon vaikutus metalleihin, hapon vaikutus reagoivan aineen pinta-alaan, metallien välinen sähkönjohtokyky ja Daniellin pari, kullanhuuhtonta ja magnesiumin polttaminen.

Ensimmäisessä työssä metallien hapettumista tutkitaan vertaamalla metallien hapetuskykyä liuoksessa olevien metalli-ionien hapetuskykyyn upottamalla puhdas metalli liuokseen, jossa on toisen metallin ioneja.

Toisessa laborointityössä tutkitaan vetykloridihapon vaikutusta kupariin, sinkkiin, rautaan, magnesiumiin, tinaan ja marmorisiin (CaCO_2). Opiskelijat havainnoivat reaktioita koeputkissa olevien metallipalojen avulla ja tekevät havainnoistaan muistiinpanoja. Lisäksi he järjestävät metallit havaintojensa perusteella aktiivisuusjärjestykseen ja vertaavat niitä marmorin aktiivisuuteen. Tämän työn tavoitteena on havainnollistaa metallien eroja kestää happamia olosuhteita ja happosateita.

Kolmannessa työssä seurataan rautanaulan ja rautajauheen avulla, miten reagoivan aineen pinta-ala vaikuttaa vetykloridihapon hajoamiseen. Kokeen tuloksena opiskelijat kirjoittavat havaintoihin perustuen 'säännön' pinta-alan vaikutuksesta. Tämän kokeen tuloksella on merkitystä havainnollistettaessa esimerkiksi miksi malmikivilohkareet on murskattava ja jauhattava ennen rikastusvaihetta.

Neljännessä työssä rakennetaan Galvaaninen pari. Galvaanisessa parissa käytetään sinkkisulfaattiliuoksessa olevaa sinkkielektroodia ja kuparisulfaattiliuoksessa olevaa kuparielektroodia. Elektrodit yhdistetään jännitemittariin, jonka jälkeen liuokset yhdistetään toisiinsa suolaliuoksella kostutetulla suodatinpapeilla. Opiskelijoiden tehtävänä on Galvaanisen parin rakentamisen lisäksi havainnoida sen toimintaa jännitemittarin avulla. Tässä neljännessä työssä havainnollistetaan metallin sähkönjohtokykyä. Lisäksi työn yhteydessä voidaan havainnollistaa elektrolyysin toimintaa metallien rikastuksessa.

Viidennessä työssä testataan kullanhuuhtontaa. Opiskelijoiden tehtävänä on huuhtoa lyijyhauli hiekan seasta. Kullan huuhtontatyössä havainnollistetaan mahdollisuuksia vapaan metallin erottamiseen maankuoresta.

Kuudennessa työssä poltetaan magnesiumia, jonka jälkeen palamistuotteen vesiliuoksen pH:ta tutkitaan fenoliftaleiini-indikaattorin avulla. Jälleen opiskelijat kirjaavat havaintonsa ylös. Työn tarkoituksena on osoittaa metallioksidien emäksinen ominaisuus.

Metallit teollisesti

Metallialan esittely jatkuu teollisuusvierailuina noudattaen metallin elinkaariajattelua. Jokaisessa vierailukohteessa on järjestetty ohjelmaa koko päiväksi. Opiskelijat saavat tiiviin tietopaketin mm. teollisuuslaitoksen toiminnasta, tuotannosta, ympäristövaikutuksista, työntekijöiden työnkuvasta ja koulutusvaatimuksista. Vierailukoh-

teet sijaitsevat noin sadan kilometrin säteellä Kalajoesta pohjoiseen, itään ja etelään. Vierailukohteiden etäisyys luo mahdollisuuden esitellä metallin elinkaarta myös matkojen aikana videoiden avulla.

Metallien eristäminen

“Metallit ovat maankuoressa joko yhdisteinä tai vapaana ja maankuoren malmit sisältävät metalleja eri määriä.”

Kurssin aikana tutustutaan metallien eristämiseen maankuoresta. Tutustumisen aloitetaan laborointien yhteydessä kullan huuhdonnasta. Varsinaiseen malmin louhintaan ja rikastukseen tutustutaan INMET Mining Oy:n Pyhäsalmen kaivoksella, joka sijaitsee reilu sata kilometriä Kalajoelta itään päin. Kaivoksella louhitaan sinkki- ja kuparimalmia. Vierailupäivän ohjelmaan kuuluu kaivoksen esittelyä ja tutustumista sekä rikastamoon että varsinaiseen kaivokseen. Esittelyistä vastaavat IMET Mining Oy:n henkilökunta. Matkan aikana katsotaan myös ‘Sinkki suoja’ esittelyvideo.

Metallin jatkojalostus

Kun malmi on rikastettu se siirtyy jatkojalostukseen. Ryhmän seuraava vierailukohde onkin seitsemän kymmenen kilometrin päässä Kalajoelta sijaitseva Boliden Kokkola Oy, Kokkolan sinkkitehdas. Sinkkitehtaan vierailun aikana opiskelijat saavat kattavan kuvauksen sinkkitehtaan toiminnasta ja sinkkiin liittyvästä teollisuudesta. Opiskelijoille kerrotaan sinkin raaka-aineista, jatkojalostuksesta ja sivutuotteiden käytöstä. Esille tuodaan myös sinkkituotannon taloudellinen merkitys, ympäristövaikutukset, tehtaan muu toiminta ja tulevaisuuden näkymät. Muita opiskelijoita kiinnostavia aiheita ovat lisäksi työllisyystilanne, henkilöstön koulutusvaatimukset ja tulevaisuuden rekrytointitarve. Noin tunnin kestävän tehdaskierroksen aikana opiskelijat tutustuvat tehtaan elektrolyysiin ja valimoon. Lisäksi opiskelijat voivat kiinnostuksensa mukaan tutustua tehtaan laboratorioon, korjaamon metallipuolen työhön sekä konttorin toimintoihin (talous ja hallinto). Jokaisessa tutustumiskohhteessa vähintään yksi työntekijä kertoo omasta urastaan ja koulutuksestaan.

Metallit muodostavat tärkeän osan rakennus- ja työkalumateriaaleista. Kaikki metallit eivät kuitenkaan sovellu sellaisenaan teollisuuden tarpeisiin. Tähän tarvitaan erilaisia seosteita, lejeerinkejä.

Kolmas vierailukohde on Ruukki Production Raahen tehtaat noin seitsemänkymmentä kilometriä Kalajoelta pohjoiseen. Teräksen valmistus niinkin suuressa mittakaavassa toteutettuna kuin Raahen terästehtaalla antaa opiskelijoille aivan uuden kuvan teollisuudesta. Teollisuus ei tarvitse pelkästään insinöörejä vaan melkoisen joukon muuta osaamista kuten palomiehiä, sairaanhoitajia jne. Tutustumiskäynnin alustukseksi linja-automatalla katsotaan teräkseen liittyvä video. Tehtaalla opiskelijat saavat kuvauksen Ruukki Production Raahen tehtaan toiminnasta, teräksen valmistuksesta, koksamosta ja tehtaan muista toiminnoista, tulevaisuuden näkymistä ja yhteiskunnallisista vaikutuksista. Lisäksi opiskelijoille esitellään tehtaan laboratorion toimintaa, ympäristöasioita, raaka-ainevirtoja, teräksen uusiokäyttöä, sivutuotteita sekä energiavirtoja. Esitelmien jälkeen tehdään vierailu laboratorioon, jossa seurataan happo-emästitrausta sekä tehdään opastettu kiertoajelu tehdasalueelle

ja tutustutaan lähemmin valssaamon toimintaan. Paluumatkalla katsotaan video Kuusakosken auton kierrätyksestä.

Raahen terästehtaalta lähdetään teräksen mukana Ruukki construction Kalajoen yksikköön. Tässä viimeisessä neljännessä vierailukohteessa tutustutaan teräksen jatkojalostukseen. Totuttuun tapaan konepajan henkilökunta esittelee tehtaan organisaatiota ja toimintaympäristöä. Tarkemmin tutustutaan Kalajoen varustelutehtaan ja komponenttitehtaan toimintaan.

Metallijätteen käsittely

Kurssin lopuksi tutustutaan metallijätteen käsittelyyn. Kalajoen kaupungin ympäristösihteeri kertoo missä vaiheessa on jätteiden lajittelu ja metallin kierrätys paikakunnalla. Jokaisessa vierailukohteessa on jo aikaisemmin selvitetty miten ympäristöasiat on tehtailla hoidettu ja miten tuotannossa syntyneet jätteet käsitellään. Kalajoella on kierrätyspisteitä, joihin voi viedä kierrätysjätteitä. Lisäksi järjestetään erikseen metalliromujen keräyspäiviä, joiden aikana on tarkoitus koota ongelmalliset kotitalouksiin kerääntyneet metalliromut.

Metalliala työnantajana

Kurssin yhteydessä Teknologiateollisuus ry:n edustaja esittelee metallialaa työnantajana ja sen tarjoamia työmahdollisuuksia. Tämä esittely liittyy erityisesti kurssin opinto-ohjaus näkökulmaan ja palvelee opiskelijoita tulevien opintojen ja ammatin valinnassa.

Kurssin arviointi

Kurssin aikana opiskelijat laativat oppimispäiväkirjan, missä kuvataan kurssin eri vaiheita. Oppimispäiväkirjan tulisi sisältää tietoja jokaisesta kurssin osa-alueesta, eli teoriaosuudesta, laboratoriokokeista sekä tehdasvierailuista. Jokainen oppimispäiväkirjan palauttanut opiskelija saa kurssista suorituserkinnän.

Opiskelijoiden kurssiarviointeja ja pohdintoja

Kurssin kehittämiseksi sekä sen tarpeellisuuden selvittämiseksi opiskelijoita on pyydetty arvioimaan kurssia. Yleensäottaen opiskelijat ovat olleet tyytyväisiä kurssin antiin. Suurimman pettymyksen opiskelijoille on tuottanut se, että Pyhäsalmen kaisvoskuiluun ei suuren ryhmän kanssa voi joka vuosi päästä.

Projektiviikko on saanut hyvän vastaanoton Kalajoen kaikissa keskiasteen oppilaitoksissa. Lukion opiskelijat ovat valinneet käytännön kursseja Artemasta ja saaneet vaihtelua teoriavoittoiselle lukio-opiskelulle. Opiskelijat ovatkin innokkaasti valinneet kursseja muista kuin omasta oppilaitoksesta.

Metallin elinkaari -kurssi on ollut sekä rakennus- ja metallialan opiskelijoiden että lukiolaisten suosiossa. Yritykset ovat suhtautuneet hyvin myönteisesti tällaiseen koko viikon kestävään projektiin. Vuosien varrella kurssi on tullut tutuksi yrityksille, joissa vierailemme. Olemme yhdessä voineet kehittää tulevia vierailuja edellisten vierailukertojen pohjalta.

Yhteenveto

Metallin elinkaari-kurssi on toiminut Kalajoella jo 10 vuoden ajan ja nykyisessä muodossaan kuusi vuotta. Kurssi on saavuttanut hyvän suosion. Opiskelijat ovat olleet tyytyväisiä kurssin antiin, koska tavallisella oppitunnilla ei saa selvää kuvaa metallialasta. Vasta omakohtainen kokemus on avannut silmät näkemään todellisuuden. Metallin elinkaari -kurssi on ollut tärkeä linkki alueemme yritysten kouluelämän lähentämisessä.

Kemian opetus ammatillisissa oppilaitoksissa: yhteiset opinnot

Pirkko Laurila
Opetushallitus

Kemian opinnot muodostavat fysiikan kanssa itsenäisen opintokokonaisuuden ammatillisten perustutkintojen yhteisissä opinnoissa. Sen lisäksi kemiaa sisältyy monien tutkintojen ammatillisiin opintoihin ja laboratorioalan perustutkinnossa kaikki opinnot muodostuvat kemian eri alueista. Kemian opetus ammatillisessa peruskoulutuksessa on asian kiinnostavuuden kannalta mielekkäintä toteuttaa integroituneena ammatillisiin opintoihin. Integrointitapoja on useita, joista kukin koulutuksen järjestäjä valitsee toiminnalleen sopivimman.

Yhteiset opinnot ammatillisen perustutkinnon opetussuunnitelmien perusteissa

Yhteisten opintojen tavoitteena on tukea ammattitaidon saavuttamista ja täydentää ammattitaitoa (Valtioneuvoston päätös 213/1999 ja muutos 2001). Opintojen laajuus on 20 ov kaikissa tutkinnoissa. Pakollisia opintoja on yhteensä 16 ov ja valinnaisia yhteensä 4 ov alla olevan taulukon mukaisesti.

TAULUKKO. Pakolliset ja valinnaiset yhteiset opinnot

Yhteiset opinnot	Pakolliset	Valinnaiset
Äidinkieli	4 ov	0–4 ov
Toinen kotimainen kieli	1 ov	0–4 ov
Vieras kieli	2 ov	0–4 ov
Matematiikka	3 ov	0–4 ov
Fysiikka ja kemia	2 ov	0–4 ov
Yhteiskunta-, yritys ja työelämä tieto	1 ov	0–4 ov
Terveystieto	1 ov	0–4 ov
Liikunta	1 ov	0–4 ov
Taide ja kulttuuri	1 ov	0–4 ov
Ympäristötieto	0–4 ov	–
Tieto- ja viestintätekniikka	0–4 ov	–
Etiikka	0–4 ov	–
Kulttuurien tuntemus	0–4 ov	–
Psykologia	0–4 ov	–
Yritystoiminta	0–4 ov	–
Yhteensä	16 ov	

Yhteiset opinnot 10 ov koulutuksen järjestäjä on velvollinen järjestämään kaikille. Opiskelija voi valita yhteisiä opintoja tai lukio-opintoja myös tutkintoon sisältyviin vapaasti valittaviin opintoihin 10 ov ja muihin valinnaisiin opintoihin maksimissaan 10 ov. Jatko-opintovalmiuksien parantamiseksi yhteisiä opintoja voi edellä olevan perusteella opiskella yhteensä 40 opintoviikkoa, mikä vastaa yhtä opiskeluvuotta. Opiskelija voi myös paneutua johonkin yhteiseen opintoon syvällisesti va-

litsemalla pakollisten opintojen lisäksi vain jotain yhteistä opintoa kiinnostuksensa mukaisesti.

Meneillään olevassa opetussuunnitelman ja näyttötutkinnon perusteiden päivittämisessä on tehty yhteisten opintojen sisällön ja tavoitteiden tarkistukset sekä laadittu arviointikriteerit kolmiportaisesti T1 – H3 – K5. Vastaavuus lukio-opintoihin on määritelty erikseen jokaiselle yhteiselle opinnolle.

Kemia yhteisenä opintona

Voimassa olevien opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti kemiaa ja fysiikkaa opiskellaan pakollisena yhteensä kaksi opintoviikkoa. Aiemmissa opetussuunnitelman perusteissa kemia ja fysiikka olivat valinnaisia opintoja, mutta LUMA-hankkeen vaikutuksesta ne saatiin pakolliseksi kaikille.

Lähtökohtana opetussuunnitelman perusteissa on, että kemian opintojen ja myös muiden yhteisten opintojen tavoitteet ja arviointikriteerit ovat samat kaikissa perustutkinnoissa ja perustuvat perusopetuksen päättövaiheen osaamiselle. Tutkinnoittain tavoitteet alakohdistetaan jo perusteissa siten, että painotetaan tulevan ammatin hallinnan kannalta keskeisiä asioita sekä sidotaan kemian ilmiöt konkreettisesti alalla vaadittavan työn eri vaiheisiin. Kemian opintojen päivitettyissä tavoitteissa korostuu ammatissa eteen tulevat keskeiset kemian ilmiöt, alkuaineet ja yhdisteet, niin orgaaniset kuin epäorgaanisetkin sekä näiden asianmukainen, turvallinen ja ympäristöä säästävä käsittely.

Kemian opetuksen toteutus on haasteellista opettajille. Yhteistyö ammatillisten opintojen opettajien kanssa on ensiarvoisen tärkeää. Opettajan on hallittava kemian lisäksi opetuksen kohteena oleva ammattiala niin, että hän osaa liittää kemian ilmiöt aitoon työn tekemiseen. Niinpä orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä tulee kaikkien niiden tuntea, jotka käyttävät työssään, myyvät tai varastoivat esimerkiksi elävää materiaalia (kasvikunnan ja eläinkunnan tuotteita), orgaanisia liuottimia (asetoni, etanoli), pesuaineita, öljyjä, maaleja, kemikaalituotteita, muovi- ja kumituotteita ja polttoaineita. Epäorgaanisen kemian hallintaa edellytetään puolestaan aloilla, joissa käytetään, käsitellään, valmistetaan, myydään tai varastoidaan metallituotteita ja epämetallien yhdisteitä tai ollaan tekemisissä hivenaineiden ja halogeeniyhdisteiden kanssa. Tuotepakkausten merkinnät pitäisi kaikilla aloilla pystyä tulkitsemaan ja niissä mahdollisesti olevat pitoisuusmerkinnät ymmärtämään. Tavoitteissa esitettyjen havaintojen ja mittausten tekeminen on tarkoitus toteuttaa alan työn tekemisen yhteydessä, ei erikseen laboratorio-olosuhteissa. Mittaukset, mittausten tarkkuus ja oikeat yksiköt yksikkömuunnoksineen ovat työssä tarvittavaa ammattitaitoa.

Lukion kemian opintojen KE1 ja ammatillisen koulutuksen yksi opintoviikon kemian opinnot vastaavat tavoitteiltaan ja sisällöltään toisiaan siten, että osaamisen tunnustamisessa ne korvaavat toisensa.

Yhteistyötä lukion ja ammatillisen koulutuksen välillä

Tarja Leppänen

Koulutusvastaava, Länsi-Uudenmaan koulutuskeskus

Toisen asteen oppilaitosten välinen yhteistyö on laissa määrätty velvoite koulutuksen järjestäjille. Juuri valmistuneen selvityksen perusteella Suomessa on vielä matkaa täällä saralla asetettuihin tavoitteisiin. Kaksois- tai kolmoistutkintoja suorittaa 5 prosenttia ammatillisen perustutkinnon suorittaneista, tavoitteen ollessa 10 prosenttia. Eri-tyisen vähäistä yhteistyö on yksittäisten kurssien valinnassa ja tarjonnassakin. Vain 2,2 prosenttia lukiolaisista on suorittanut vähintään yhden kurssin ammatillisessa oppilaitoksessa. Lohjalla Lohjan Yhteislyseon lukion ja Länsi-Uudenmaan koulutuskeskuksen välillä on kemian opetuksessa tehty yhteistyötä menestyksellä jo vuodesta 2000 alkaen.

Asiasanat:

Toisen asteen yhteistyö, kaksois-/kolmoistutkinto, yksittäiset valinnaiskurssit

Taustaa toisen asteen yhteistyölle

Yhteistyö lukioiden ja ammatillisen koulutuksen välillä on laissa asetettu tavoitteilla. Sekä lukiolaki, että laki ammatillisesta koulutuksesta mainitsevat, että ”koulutuksen järjestäjän tulee olla yhteistyössä alueella toimivien lukiokoulutuksen, ammatillisen koulutuksen ja muun koulutuksen järjestäjien kanssa”. Lisäksi todetaan, että opetussuunnitelmat tulee laatia siten, että se ”antaa opiskelijalle mahdollisuuden yksilöllisiin opintoja koskeviin valintoihin tarvittaessa myös muiden ammatillisen koulutuksen ja muun koulutuksen järjestäjien antamaa opetusta hyväksi käyttäen”. Kyse on lyhyesti sanottuna koulutuksen järjestäjän velvollisuudesta yhteistyöhön. Mikä sitten on todellisuutta tässä asiassa? Koulutuksen arviointineuvoston järjestämässä tutkimuksessa arvioitiin yhteistyötä lukion ja ammatillisen koulutuksen välillä Suomessa lukuvuonna 2005–2006. Tästä tutkimuksesta ilmestyi syksyllä 2007 julkaisu, joka on kokonaisuudessaan mielenkiintoista, tosin tuloksiltaan ei kaikin kohdin kovin mairittelevaa luettavaa.

Tutkimustuloksia

Tutkimukseen osallistui 316 lukiokoulutusta ja 174 ammatillista koulutusta tarjoavaa koulutuksen järjestäjää. Selvityksen perusteella 83 prosenttia lukioista tekee yhteistyötä ammattioppilaitoksen kanssa ja 63 prosenttia ammatillisen koulutuksen järjestäjästä tekee vastaavasti yhteistyötä lukion kanssa. Yhteistyötä tehdään, koska nähdään tarpeellisenä parantaa alueen opiskelijoiden opintotarjontaa ja vahvistaa heidän jatko-opiskeluvalmiuksiaan, käyttää olemassa olevia resursseja tehokkaasti sekä parantaa yleissivistystä, seudullista imagoa ja työllistymistä. Yhteistyön kautta yleensäkin pyritään vastaamaan yhteiskunnan kehitykseen modernisoimalla opetusjärjestelyjä.

Sytä sille, miksi yhteistyötä ei tehdä, ovat esimerkiksi seuraavat: kyseessä on erityisoppilaitos, pääosa koulutuksesta on aikuiskoulutusta, kyseessä on pieni yksityi-

nen tiettyyn alaan erikoistunut oppilaitos, jonka opiskelijoilla pääosalla on jo ylioppilastodistus, riittävän lähellä ei ole yhteistyökumppania tai ettei ajatus yhteistyöstä ole edes tullut esille. Alueellisesti vähiten yhteistyötä tekevät Etelä-Suomen ja Itä-Suomen oppilaitokset. Opiskelijamäärältään pienet oppilaitokset tekevät yleisesti vähemmän yhteistyötä ja vastaavasti maaseudulla olevat oppilaitokset tekevät vähemmän yhteistyötä kuin kaupungeissa olevat. Tutkimustulokset ovat mielenkiintoisia, ja osin juuri päinvastaisia kuin etukäteen ajattelisi asian olevan. Eikö juuri pienten oppilaitosten etu olisi yhteistyön lisääminen, esim. verkko-opetuksen kautta?

Kaksois- ja kolmoistutkinnot

Useimmiten yhteistyö lukion ja ammatillisen koulutuksen välillä on kaksois- (tai kolmois-?) tutkintojen tarjoamista. Kaksoistutkinnolla tarkoitetaan yo-tutkinnon ja ammatillisen tutkinnon yhtäaikaista suorittamista. Kolmoistutkinto on terminä ongelmallinen – sillä tarkoitetaan sitä, että opiskelija suorittaa samanaikaisesti sekä lukion oppimäärän, ammatillisen perustutkinnon ja yo-tutkinnon. Mutta, kuten hyvin on tiedossa: lukion oppimäärä ei ole tutkinto. Termiongelma huolimatta, tutkimuksen mukaan 5 prosenttia ammatillisen perustutkinnon suorittaneista suoritti myös kaksois- tai kolmoistutkinnon. Valtioneuvoston asettama tavoite on 10 prosenttia. Kaksois- ja kolmoistutkintoja suoritettiin eniten Etelä- ja Länsi-Suomessa, vapaa-ajan ja liikunnan sekä kaupan ja hallinnon koulutusaloilla, aikuislukioissa, yksityisten koulutusten järjestäjien oppilaitoksissa, pienissä oppilaitoksissa, ruotsinkielisissä oppilaitoksissa ja kaupungeissa sijaitsevilla oppilaitoksissa.

Yhteistyö yksittäisissä kursseissa

Yksittäisiä, yhteistyössä toteutettavia kursseja oppilaitosten välillä tarjotaan esimerkiksi yhteistoiminta-aikojen, vaihtoviikkojen tai vaihtojaksojen myötä. Yleensä näihin opetusjärjestelyihin tarttuvat opiskelijat, jotka haluavat parantaa jatko-opiskelumahdollisuuksiaan. Liikennettä on molempiin suuntiin – sekä lukioista ammatillisiin oppilaitoksiin että päinvastoin – valitettavan vähän. Lukiolaisista keskimäärin 2,2 prosenttia suoritti lukuvuonna 2004–2005 vähintään yhden kurssin jossakin yhteistyöverkostoon kuuluvassa ammatillisessa oppilaitoksessa. Lukiolaiset ovat valinneet eniten ammatillisista opinnoista ensiapua, tietotekniikkaa, elektroniikkaa ja ruoanvalmistukseen liittyviä kursseja.

Vastaavasta 4,1 prosenttia ammatillisten oppilaitosten opiskelijoista suoritti vähintään yhden kurssin lukion tarjonnasta. Ammattiin opiskelijoita kiinnostivat luokiokursseista eniten kielet, matematiikka, psykologia, ilmaisutaito ja liikunnan erikoiskurssit.

Kemian alan opetuksellinen yhteistyö Lohjalla

Edellä kuvattuun tilastotietoon nähden, kuvaan seuraavassa esimerkin siitä kaikkein vähiten käytetyimmistä yhteistyömuodosta. Siitä, kuinka lukion opiskelijat valitsevat ammatillisen oppilaitoksen tarjonnasta yksittäisiä kursseja. Tarkoitukseni on osoittaa, kuinka periaatteessa yksinkertaisin ratkaisuin tämä on toteutettavissa – kuitenkin niin, että kyseessä on win-win-tilanne, jossa kaikki voittavat.

Kaksi suurta kaupunkikoulua

Lohja on asukasluvultaan keskikokoinen kaupunki Länsi-Uudellamaalla. Kaupungissa on yksi Suomen suurimmista lukioista, Lohjan Yhteislyseon lukio (opiskelijamäärä noin 700) ja suurehko ammatillisen koulutuksen järjestäjä – Länsi-Uudenmaan koulutuskeskus, jonka Lohjan toimipisteessä opiskelijoita on noin 800. Välimatkaa näillä opinahjoilla on noin 1,5 kilometriä. Ammatillisen koulutuksen opintotarjontaan kuuluu mm. laboratorioalan perustutkinto, jonka opintoja ja opetustiloja on tarjottu menestyksellä lukion opiskelijoille jo vuodesta 2000.

Kemian opintoja lukiolaisille

Ratkaisu moneen pulmaan -opetuksellinen yhteistyö

Vuonna 2000 Länsi-Uudenmaan koulutuskeskuksen laboratorioalan opiskelijatilanne näytti heikolta. Meillä oli paitsi tarve ylipäänsä saada lisää opiskelijoita, niin erityisesti työnantajilta tuli selkeä signaali saada ylioppilastutkinnon suorittaneita laborantteja töihin. Ryhdyimme pohtimaan eri keinoja rekrytoida lisää ylioppilastutkinnon suorittaneita opiskelemaan laboratorioalalle.

Yhtenä keinona tartuimme opetukselliseen yhteistyöhön kemian alalla lukion kanssa. Aloitimme palaverilla laboratorioalan opettajien ja lukion kemian ja biologian opettajan kanssa. Lukiolla oli tarve lähteä yhteistyöhön juuri valinnaisuuden lisäämiseksi luonnontieteiden alueella, ja erityisesti oli puute kokeellisista laboratoriokursseista. Lukion omat opetustilat ja analyysivälineet eivät myöskään olleet ihan teelliset valinnaiskurssien järjestämiseksi. Ammatillisen koulutuksen tilat ja laitteet olivat oiva ratkaisu tähän ongelmaan.

Palaverin tuloksena päätimme tarjota kahta valinnaiskurssia lukion opiskelijoille heti seuraavana lukuvuotena. Tarjosimme lukiolaisille Bioteknologian työkurssia ja Kemian laitetekniikan työkurssia ammattioppilaitoksen kemian laboratorioissa suoritettavaksi. Kurssit osoittautuivat heti suosituiksi. Molempia kursseja on järjestetty alusta lähtien 2–3 kertaa lukuvuoden aikana. Ryhmissä on ollut 10–15 opiskelijaa. Vuoteen 2007 mennessä lukiolaisia on ollut ammattioppilaitoksen puolella opissa näissä puitteissa jo satoja. Olemme tätä kautta saaneet myös vahvistusta laboratorioalan opiskelijamäärään. Tämä yhteistyö on tuonut paikallisen ammatillisen oppilaitoksen mahdollisuudet ehkä ensi kertaa tutuksi monelle lukion jo valinneelle. Olemme saaneet myös lisää opiskelijoita tätäkin kautta laboratorioalalle. Meillä on ollut mahdollisuus tiedottaa näille opiskelijoille, että lukion käynyt saa laborantin paperit käteensä noin 2 vuoden lisäopinnoilla. Kaikki ammatilliset perustutkinnot ovat nykyään kolmivuotisia. Ylioppilastutkinnon suorittaminen lyhentää hyväksilukujen kautta opiskeluaikaa noin vuodella. Työtilanne laboratorioalalla on hyvä – lähes jokainen saa valmistuttuaan koulutustaan vastaavaa työtä.

Opetusjärjestelyt

Millä keinoin sitten ratkoimme aluksi ilmenneet ongelmat? Ensimmäiseksi meillekin tuli mieleen, miten voidaan tarjota lukion opiskelijoille lisäopintoja ammattioppilaitokselta ilman, että samalla vähennetään lukion opettajien tunteja? Tai miten hoitaa opetusjärjestelyt ammattioppilaitoksen tiloissa? Alusta asti oli selvää, että tunnit ammattioppilaitoksen opetuslaboratoriossa hoitaisivat ammattiaineiden opettajat – ku-

ka heidän palkan maksaisi? Seuraavaksi askarrutti miten oppilaitosten välimatka ”saadaan katoamaan”. Oppilaitosten välimatkaa on kuitenkin 1,5 kilometriä, ja se on taitettava välitunnin aikana.

Halusimme luoda mallin, jossa sekä lukion opettajat että ammattioppilaitoksen opettajat saisivat lisää. Molemmat tarjoamistamme kursseista määriteltiin yhden opintoviikon mittaisiksi, ja ne olivat lukion opintotarjonnassa soveltavia tai syventäviä kursseja. Päätimme puolittaa kurssit ja jakaa työt. Lukion kemian ja biologian opettajat saisivat kursseista puolikkaat ja samoin ammattiaineiden opettajalle jäisi puolikkaat – molemmat tahot hoitaisivat opetuksen omissa tiloissaan. Lukion opettajat keskittyvät teoriapuoleen perjantaisin ja keskiviikkoisin kun heillä tunnit lukujärjestyksessään olivat ja ammattiaineiden opettajat valvovat tiistai-iltapäivisin laboratoriotöitä ammattioppilaitoksen opetuslaboratoriossa. Ammattiopettajan palkkakulut laskutetaan lukiolta kerran lukuvuodessa. Suunnittelimme yhdessä kurssisisällön ja järjestelyt ovat toiminut loistavasti. Olemme puolin ja toisin ilahtuneita uusista kollegoista ja sujuvasta yhteistyöstä. Koemme yhteistyön vahvistaneen molempia osapuolia.

Oppilaitosten välimatka ei oikeastaan koskaan ole osoittautunut ongelmaksi. Aika monella lukiolaisella on auto käytössään tai sitten ovat muuten vain reippaita ja kävelevät välitunnilla koulusta toiseen. Turhaan siis teimme tästä etukäteen numeroa, opiskelijoilla on valintatilanteessa jo olleet tiedossa opetusjärjestelyt ja he ovat katsoneet asiasisällön olevan riittävän hyvän syyn valinnalle.

Opintojen sisältö

Tarjoamamme kurssien sisältöä on vain vähän jouduttu vuosien varrella muuttamaan. Tehdyt muutoksetkin ovat oikeastaan vain johtuneet halusta kokeilla jotain uutta. Bioteknologian työkurssiin ovat kuuluneet seuraavat harjoitustyöt

- Huoneilman homepitoisuuden määrittäminen
- Maitohappobakteerin tehon määrittäminen
- Entsymaattisen reaktion tutkiminen
- DNA:n eristäminen ja AGE-ajo

Kemian työkurssin harjoitustöitä ovat olleet

- UV/VIS-analyttinen työ
- HPLC-määritys
- AAS-määritys
- IR-analyysi

Harjoitustyöt on suoritettu Länsi-Uudenmaan koulutuskeskuksen opetuslaboratorioissa ja aiheisiin liittyviä teoriaopintoja on opiskeltu lukiolla.

Palaute

Opiskelijoilta saatu palaute on ollut pääsääntöisesti positiivista. Näitä kursseja valinneet ovat usein hyvinkin tietoisia siitä, ”mitä heistä tulee isona”. Joukossa on ollut paljon nuoria lääkärin- ja insinöörinalkuja, sekä myös niitä jotka ovat saaneet tätä kautta ensimmäisen kosketuksen kokeellisen kemian opiskeluun. Opettajana koen olevani etuoikeutettu saadessani olla mukana tässä toiminnassa. Lukiolaisten vie-

railut ovat aina olleet mieluisia, he ovat innolla tarttuneet työhön, ja mikä parasta – laboratorioalan opiskelijoilta on tullut myös myönteistä palautetta tästä toiminnasta. Heille vierailijat toisesta koulusta on ollut mukava lisä tavalliseen koulurytmiin.

Kannustukseksi

Haluan kannustaa kaikkia kemian alan opettajia yhteistyöhön yli oppilaitosrajojen. Olitpa sitten opettajana lukiossa tai ammatillisessa oppilaitoksessa, sinulla varmasti on tarjota jotain ajatuksia yhteistyön kehittämiseksi. Kyse ei ole mistään ihmeellisestä ja monimutkaisesta toiminnasta, eikä siihen aina tarvita massiivista byrokrati-aa. Kokemuksesta voin sanoa, että yhteistyö lähtee helpoimmin liikkeelle juuri opettajista itsestään. Koulun rehtorikin on vain helpottunut kun opettajat itse tekevät aloitteen yhteistyölle. Toiminta ei myöskään aina ole rahasta kiinni. Materiaalikulut jäävät kuvaamassanikin toiminnassa yleensä aika pieniksi ja muut kustannukset ovat pääosin opettajien palkkakuluja, joita tulisi joka tapauksessa. Aloittaa voi vaikka tutustumiskäynnillä oppilaitoksiin ja siitä seuraavaksi teemapäiviin – aluksi kerta-kokeiluna, sitten vähitellen vakinaisempaan toimintaan. Sillä yhteistyössä on voimaa ja usko pois vaan – yhdessä te olette enemmän!

Lähteet

Mäensivu, K., Mäenpää, H., Määttä, M., Volanen, M.V., Knubb-Manninen, G., Mehtäläinen, J. & Räisänen, A. 2007. Lukiokoulutuksen ja ammatillisen koulutuksen yhteistyö opetuksen järjestämisessä. Koulutuksen arviointineuvoston julkaisuja 23. Gummerus. Jyväskylä.

Yhteistyötä lukion ja yliopiston välillä

Kirsi Holmsten
Krista Sormunen
Helsingin luonnontiedelukio

Helsingin luonnontiedelukion ja Helsingin yliopiston kemian laitoksen välillä on voimassa yhteistyösopimus, joka koskee seuraavia käytänteitä: Kemian mikromailma-kurssiin kuuluu tutustuminen molekyylimallinnukseen ja laskennalliseen kemiaan. Synteesi- ja analyysimenetelmät – työkurssilla osa töistä tehdään kemian laitoksen laboratorioissa, osa koululla. Hyväksytyt työsuoritukset ja -selostukset kirjataan yliopiston opintorekisteriin opintopistesuorituksiksi niille lukiolaisille, jotka myöhemmin aloittavat korkeakouluopinnot. Työkurssi lasketaan myös yhden lukiokurssin suoritukseksi. Lukiolaiset saavat osallistua yliopiston kemian luennoille kuuntelijoina niillä luentokursseilla, joista erikseen sovitaan. Opiskelijat voivat korvata osan koulukohtaisen kemian kurssin opetuseroista sovittavilla yliopistoluennolla. Näiden lisäksi on mahdollisuuksien mukaan tehty opintokäyntejä johonkin kemian laitoksen laboratorioon tai Kemian opetuksen keskuksen. Yhteistyösopimus mahdollistaa myös muun, erikseen sovittavan yhteistyön.

Asiasanat:

Yhteistyösopimus, työkurssi, työpaja, lukio, kemian opetus

Helsingin luonnontiedelukion yhteistyö Helsingin yliopiston kemian laitoksen kanssa

Helsingin luonnontiedelukio on Käpylässä, Mäkeläkadulla sijaitseva noin 700 opiskelijan lukio. Lukion opiskelijoista yksi kolmasosa opiskelee luonnontiedelinjalla. Nämä opiskelijat voivat jättää 8 muille pakollista lukiokurssia valitsematta, jos opiskelevat vähintään 12 syventävää tai koulukohtaista kurssia luonnontiedeaineita. Koulussamme halutaan tarjota kaikille, myös yleislinjalla opiskeleville, lukiolaisille mahdollisuus tutustua syvemmin luonnontieteisiin, luonnontieteiden opiskeluun ja mahdolliseen työhönsä luonnontieteiden parissa.

Lukion hyvä sijainti 20 minuutin kävelymatkan päässä Helsingin yliopiston Kumpulan kampuksesta mahdollistaa monipuolisen yhteistyön matemaattis-luonnontieteellisten laitosten kanssa. Kemiassa yhteistyö on toistaiseksi ollut monipuolisempaa kuin muissa luonnontiedeaineissa. Tähän yksi syy on ollut Kemian opetuksen keskuksen olemassaolo ja sen henkilökunnan lukio-yliopistoyhteistyöhön kannustava asenne.

Opintokäynnit ja työkerrat kemian laitoksella herättävät lukiolaisissa uteliaisuutta sekä lisäävät kiinnostusta ja motivaatiota kemian opiskeluun. Yliopistolla kemia näyttäytyy modernina kehittyvänä luonnontieteenä. Yhteistyö on varmasti edesauttanut sitä, että vuosittain useita koulumme ylioppilaita aloittaa opiskelun Helsingin yliopiston kemian laitoksella, teknillisen korkeakoulun kemian tekniikan osastolla tai jollakin kemiaa soveltavalla alalla.

Yhteistyösopimus lukion ja kemian laitoksen välillä kirjoitettiin ensimmäisen kerran vuonna 2002. Kolmevuotinen sopimus laadittiin pitkälti kemian opettajan toiveiden mukaiseksi ja lukion rehtori ja kemian laitoksen esimies allekirjoittivat sen yhdessä. Maija Aksela Kemian opetuksen keskukselta toimi tässä prosessissa vahvana välittäjänä. Vuoden 2006 alussa sopimusta muokattiin lisäämällä siihen uusien opetussuunnitelmien mukanaan tuomia sisältöjä. Tällä hetkellä sopimus on voimassa vuoden 2008 loppuun.

Työkurssi

Alussa lukion ja yliopiston välinen yhteistyö tarkoitti käytännössä lukion kemian työkurssin järjestämistä osin yliopiston kemian laitoksella. Tämä on edelleen yksi osa yhteistyötä. Koulumme kemian opetussuunnitelmaan kuuluu kaksi erilaista työkurssia: perustasoisempi Kokeellista kemiaa ja ”syventävämpi” Synteesi- ja analyysimenetelmät, joka on tässä esiteltävä yliopistoyhteistyökurssi. Kumpikin työkurssi on toistaiseksi toteutunut joka vuosi.

Osa Synteesi- ja analyysimenetelmät -kurssin laboratoriotöistä tehdään kemian laitoksen laboratorioissa, osa koululla. Yliopistolla töitä ohjaavat assistentit, jotka myös tarkastavat kyseessä olevista töistä kirjoitettavat työselostukset. Hyväksytyt työsuoritukset ja -selostukset kirjataan 2–3 opintopisteen arvoiseksi suoritukseksi niille lukiolaisille, jotka myöhemmin aloittavat korkeakouluopinnot.

Vuosien varrella töitä on käyty tekemässä useissa kemian laitoksen laboratorioissa. Epäorgaanisen kemian laboratoriossa tehtyjä töitä ovat kuparisulfaatin liukeneislämmön mittaaminen ja koulussa valmistetun rautayhdisteen rautapitoisuuden mittaaminen spektrofotometrisesti. Analyyttisen kemian laboratoriossa on vertailtu uuttomenetelmiä uuttamalla maanäytteestä PAH-yhdisteitä. Myös orgaanisen, polymeerikemian ja radiokemian laboratorioissa on käyty työskentelemässä. Yleensä yhden kurssin aikana työskennellään yliopistolla 2–3 iltapäivää, 1–2 laboratoriossa.

Yliopistolla tehtävät työt on pyritty valitsemaan niin, että tehdään sellaisia töitä, joihin koululla ei ole välineistöä. Opiskelijat pääsevät näin tutustumaan moderneihin analyysimenetelmiin, kuten kaasukromatografiaan ja massaspektrometriaan. Samalla tulee kemian laitos paikkana tutuksi ja joka kerta opiskelijat myös kuulevat jotakin kemian opiskelusta ja kemistin työstä. Onpa käynyt niinkin, että työkurssilla tehty työ on korvannut jonkin kemian perusopinnojen työn, kun opiskelija on aloittanut kemian opinnot yliopistolla.

Käytännössä kurssin järjestäminen alkaa niin, että kemian opettaja lähettää kemian opetuksen keskuksessa vierailuista vastaavalle yhteyshenkilölle toiveensa laboratorioista, joihin kurssin aikana haluttaisiin päästä työskentelemään. Yhteyshenkilö välittää toiveet laboratorioille. Töistä sovitaan tarkemmin suoraan laboratorioden kanssa. Lukion budjettiin on varattu vuosittain 500 euroa, jolla maksetaan palkkiot töitä ohjanneille assistenteille tai laboratorion laskuttama laiteaika ja kemikaalikustannukset.

Suurin ongelma kurssin järjestämisessä on ollut se, että kurssi on ollut koulun kurssitarjottimessa sijoitettuna kolmannen lukiovuoden syksyyn. Silloin esimerkik-

si epäorgaanisen kemian laboratorio on niin täynnä perustöiden tekijöitä, ettei sinne ole mahtunut työskentelemään. Abiturienttien syksyn lukujärjestys on myös niin täynnä, että työkurssille ei tahdo löytyä tilaa, vaikka kiinnostusta kemiaan olisi. Näyttää myös siltä, että yli puolet kemiaa opiskelleista kirjoittaa kemian jo syksyn ylioppilaskirjoituksissa. Nämä opiskelijat eivät joko valitse työkurssia lainkaan tai pysty hyödyntämään kurssilla oppimaansa ylioppilaskokeessa. Näihin ongelmiin yritetään vastata tarjoamalla työkurssia jatkossa keväisin.

Kemian mikromaailma

Lukion kemian toisella kurssilla (Kemian mikromaailma) tutustutaan kvanttimekaaniseen atomimalliin ja selitetään molekyyliden muotoja ja sidosten muodostumista hybridisaatiomallilla. Yhdisteiden ominaisuuksia: muun muassa sulamis- ja kiehumispiste, liukeneminen, sähkönjohtavuus ja kovuus tutkitaan kokeellisesti ja saatuja tuloksia selitetään mikrotason mallin – kemiallisten sidosten – avulla. Myös orgaanisten yhdisteiden isomeria kuuluu kurssin sisältöön.

Muoviset, käsin kosketeltavat, molekyylimallit havainnollistavat hyvin sidoskulmia, molekyyliden muotoja ja isomeriaa ja niitä käytetäänkin paljon jo asioita lähestyttäessä. Tietokoneen käyttö rakennekaavojen piirtämisessä ja molekyyliden kolmiulotteisen rakenteen tutkimisessa on mahdollista ilmaisohjelmien kuten ChemSketch ja IsisDraw avulla. Nämä ohjelmat esitellään kurssin alussa opiskelijoille.

Jokaiseen Kemian mikromaailma -kurssiin kuuluu Molekyylimallinnus tietokoneella -työpaja Helsingin yliopiston kemian laitoksella. Työpajassa opiskelijat pääsevät tutustumaan ja käyttämään molekyylimallinnusohjelmaa Spartaniasiantuntijan ohjauksessa. Tätä ohjelmaa käytettäessä lähestymistapa muuttuu ja huomio kiinnittyy elektroneihin ja molekyylin elektronijakaumaan, joita ei muovisilla malleilla näe. Opiskelija saa näin käyttöönsä uuden opiskelun ja ymmärtämisen välineen. Ohjelman käyttäminen on nopeaa ja helppoa ja suurten molekyyliden kuten DNA:n ja proteiinien visualisointi on mahdollista. Käytetyt mallit perustuvat kokeellisiin mitaustuloksiin. Työpajassa tuleekin selkeästi esille se, että kemiaa voi tutkia ja tehdä monella tavalla – koeputkessa tai tietokoneella ja monin tavoin sillä välillä. Ohjelmaan tutustumisen lisäksi lukiolaiset saavat työpajassa tietoa kemian opiskelusta ja tutkimuksesta. Kun työpajaa ohjaa laskennallisen kemian asiantuntija, hän osaa kertoa opiskelijoille laskennallisen kemian mahdollisuuksista ja käytöstä tutkimuksessa sekä vastata opiskelijoiden kysymyksiin paremmin kuin kemian opettaja.

Opiskelijat ovat tottuneita tietokoneen käyttäjiä joten sen mukaan ottaminen kemian opiskeluun tuo lisämotivaatiota ja vaihtelua tavanomaisiin ja perinteisiin menetelmiin. Suurin osa opiskelijoista suhtautuu työpajaan opintokäyntinä opintokäyntien joukossa, mutta jotkut ovat saaneet siitä suoranaista ahaa-elämyksen.

Luentojen kuunteleminen

Yhteistyösopimuksen mukaan lukiolaiset saavat osallistua yliopiston kemian luennoille kuuntelijoina niillä luentokursseilla, joista erikseen sovitaan. Näillä luento-kerroilla opiskelijat voivat korvata osan tai kaikki koulukohtaisen kemian kurssin

(Kemian syventävä teoriakurssi) opetuskerroista. Tätä mahdollisuutta ei oltu toistaiseksi vielä kokeiltu, koska kyseessä oleva kurssi toteutui ensimmäisen kerran syksyllä 2007.

Ongelmana tässä on se, että yliopiston luentokurssit alkavat eri aikaan kuin lukion kurssi, jolloin lukiolaisille sopivia luentokertoja voi olla vaikea löytää. Kemian opetuksen keskus tarjoaa myös kaikille lukiolaisille mahdollisuuden suorittaa Yleinen kemia-kurssin jo lukioaikana. Meidän koulustamme kukaan ei ole toistaiseksi osallistunut kurssille, sillä vaativan yliopistokurssin suorittaminen samaan aikaan runsaan lukion kurssimäärän kanssa on hyvin haasteellista.

Muu yhteistyö

Edellisten lisäksi kemian kursseilla on mahdollisuuksien mukaan tehty vaihtelevasti opintokäyntejä johonkin kemian laitoksen laboratorioon tai kemian opetuksen keskuksen. Tämä mahdollisuushan on tarjolla kaikille lukioille. Jonakin lukuvuonna kaikki yli 200 ensimmäisen vuosikurssin opiskelijaamme ovat käyneet tutustumassa kemian laitokseen.

Yhteistyösopimus mahdollistaa myös muun, erikseen sovittavan yhteistyön, joten uusia yhteistyömuotoja on mahdollista kehittää tarpeen mukaan.

Lähteet

Helsingin luonnontiedelukio:

http://www.hel.fi/wps/portal/Opetusvirasto/Koulut?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/fi/Opetusvirasto/Kouluhaku/Lukiot/Helsingin+luonnontiedelukio (10.10.2007)

Kemian laitos, Helsingin yliopisto:

<http://www.helsinki.fi/kemia> (10.10.2007)

Yhteistyö lukion ja elinkeinoelämän välillä

Eila Hämäläinen
Hollolan lukio

Vuonna 2005 käyttöön otetut opetussuunnitelman perusteet toivat lukion opetukseen aihekokonaisuudet, esimerkiksi teknologia ja yhteiskunta sekä kestävä kehitys. Hollolan lukiossa Teollisuus ja teknologia -kurssi toteutetaan koulun ja neljän yrityksen välisenä yhteistyönä, ja se luetaan kemian soveltavaksi kurssiksi.

Kurssin tavoitteet ja toteutus

Kurssin alussa opettaja esittelee lyhyesti yhteistyöyritykset, jonka jälkeen oppilaat valitsevat oman yrityksensä. Kurssin ohjeistus ja tehtävät annetaan verkko-oppimisympäristössä, jolloin opiskelija oppii itsenäistä tiedonhankintaa tutustessaan yrityksen toimenkuvaan.

Kun opiskelija on valinnut yrityksensä, hän etsii tietoa siitä ja sen valmistamista tuotteista yrityksen kotisivuilta ja muusta annetusta materiaalista. Esimerkiksi: Alfa-Kem (www.alfa-kem.fi/) on pesuaineita valmistava yritys.

- Millaisia tuotteita Alfa-Kem valmistaa?
- Millainen on hyvä yleispuhdistusaine?
- Mitä aineosia yleispesuaineessa pitää olla?
- Mitä muita aineita yleispesuaineisiin on lisätty? Miksi?
- Mitä asioita pitää huomioida pesuainetta valittaessa?
- Mikä on pesuaineen elinkaari?
- Miten veden kovuus ja pintajännitys vaikuttavat pesutulokseen?

Lääkeyhtiö Orion (www.orion.fi/) on lääkkeitä valmistava yritys, jonka tuotteita Hollolan apteekki (www.hollolanapteekki.fi) myy.

- Mitä vaaditaan tuotteelta, jotta sitä saadaan nimittää lääkkeeksi?
- Mikä on lääkkeen elinkaari, ja minkä välivaiheiden kautta tuote kehitetään lääkkeeksi?
- Millainen on asperiinin valmistuksen historia.

Rakennusbetoni- ja Elementti (www.rboy.net) on betonituotteita valmistava yritys.

- Millaisia tuotteita Rakennusbetoni- ja Elementti valmistaa?
- Mitä aineosia betonin valmistuksessa välttämättä tarvitaan.
- Mitä ainetta on sementti, filleri, nesteytin ja miksi niitä käytetään betonin valmistuksessa.
- Miksi betoniin laitetaan useita raekokoja olevia kiviaineksia?
- Mitä tarkoittaa it-betoni?

Perehtymisjakson jälkeen opiskelijat tutustuvat annettuihin laboratoriotöihin ja tekevät ensivierailut yrityksiin.

Alfa-Kemillä on aluksi yleinen tutustuminen yritykseen ja sen pesuaineiden valmistamiseen teollisuusmittakaavassa. Vierailun yhteydessä selvitetään myös, mil-

laisia ympäristöllisiä näkökohtia yrityksen toiminnassa on huomioitava ja millaisia ympäristösertifikaatteja yrityksellä on? Myös jäteasioihin kiinnitetään huomiota eli syntykö yrityksen toiminnassa ongelmajätettä, ja miten ne hävitetään?

Hollolan Apteekin vierailun yhteydessä opiskelija haastattelee apteekin henkilökuntaa ja selvittää, miten lääkkeen myynti tapahtuu käytännössä ja miten apteekin rooli on muuttunut viime vuosien aikana. Saman vierailun aikana hän tutustuu Hollolan Apteekin ongelmajätteiden vastaanottoon ja lääkkeen puhtauden testaukseen. Opiskelija on valmistanut ennen apteekkivierailuaan koulussa asetosalisyylihappoa, ja tutustumiskäynnin aikana hän määrittää proviisorin avustuksella sen sulamispisteen.

Rakennusbetoni- ja Elementtitehdasvierailun aikana opiskelija tutustuu tehtaan tuotantoon, vaadittaviin turvallisuusnäkökohtiin ja betonielementtien valmistukseen. Ensimmäisen vierailun aikana opiskelija valmistaa myös oikealla ja väärällä reseptiikalla betoninäytteet yrityksen ammattilaisen ohjauksessa.

Kahden seuraavan oppitunnin aikana opiskelijat kirjoittavat Moodle-oppimisympäristöön väliraportin vierailuistaan ja selvittävät yrityksessä tehtävien laboratoriotöiden kulun. Ennen seuraavia yritysvierailua he suorittavat työtentin opettajalle.

Yrityksessä tehtävien laboratoriotöiden kautta opiskelija oppii suunnittelemaan työnsä itsenäisesti ja ottamaan vastuuta omasta oppimisestaan. Hänen on arvioitava myös tulostensa luotettavuutta.

Toisen vierailun aikana opiskelija valmistaa Alfa-Kemillä yrityksen kemistin johdolla pesuainetta ja testaa sen ominaisuuksia. Loppuraporttiaan varten hän haastattelee myös koulun siistijöitä ja selvittää, millaisia pesuaineita koulussa käytetään eri kohteiden siivouksessa. Loppuraportin ympäristöosuudessa hän selvittää pesuaineen elinkaaren sekä erilaisten ympäristöjärjestelmien vaatimuksia yritykselle.

Rakennusbetoni- ja Elementtitehtaan toisen vierailun aikana opiskelija testaa edellisellä kerralla tekemänsä oikean ja virheellistä betonivalun puristuslujuuden. Kyseinen yritys sijaitsee Hollolan ja Lahden yhteisellä pohjavesialueella, joten opiskelijat selvittävät loppuraportissaan, millaisia asioita yrityksen toiminnassa on tällöin huomioitava.

Kurssin kaikki opiskelijat osallistuvat Lääketehtas Orionin vierailukäynnille. Vierailun tarkoituksena on selvittää lääkkeen kehitys molekyylistä asiakkaan nauttimaan tuotteeseen ja kemian merkitys tässä kokonaisprosessissa. Opiskelijat ovat otaneet mukaansa itse valmistamaansa asetosalisyylihappoa, josta kapseloidaan lääketehtaassa varsinainen asperiinitabletti. Lisäksi ryhmä tutustuu mallintamiseen, bioanalytiikkaan ja dissolutioon yrityksen kemistien johdolla. On myös tärkeää, että opiskelijat ymmärtävät lääketeollisuuden työturvallisuuden nollatoleranssin ja lääketeollisuuden GMP-laaturjestelmän. Loppuraportissaan he selvittävät ongelmajätteiden käsittelyä sekä yrityksen että yksityisen kansalaisen näkökulmasta.

Jokainen opiskelija tuottaa verkkoon yhteenvedon valitsemastaan yrityksestä ja esittelee sen koko luokalle viimeisillä oppitunneilla. Loppuraporttiin on sisällytetty myös ekologinen osuus. Vierailujen yhteydessä opiskelija huomaa, että ympäristö-

asioita painotetaan myös yritysmaailmassa. Tämä vahvistaa hänen käsitystään ympäristösertifioidun Hollolan lukion painopisteen tärkeydestä.

Kokemuksia ja vinkkejä

Koska vierailut yrityksissä tapahtuvat ilman opettajan läsnäoloa, vaatii se opiskelijalta itsenäistä toimintaa sekä kehittää näin hänen sosiaalisia taitojaan, joita tulevaisuudessa tarvitaan entistä enemmän. Samalla opiskelija tutustuu myös työelämään ja sen vaatimuksiin, mutta vierailu antaa myös opiskelijalle tervetullutta vaihtelua normaaliin työpäivään. Koulun ja yritysten välinen yhteistyö antaa lukiolaiselle mahdollisuuden tutustua teknologian hyväksikäyttöön työelämässä. Näin kurssi toimii mahdollisesti myös innoittajana, kun opiskelija suunnittelee jatko-opintojaan.

Tällaisen kurssin pitäminen edellyttää, että opettaja suunnittelee sen yhteistyössä yritysten kanssa. Ensimmäisen kurssin vetäminen edellyttää verkkomateriaalin tekemistä, töiden tarkkaa suunnittelua ja annettujen työohjeiden testausta yrityksessä. Verkkomateriaalin tarkastaminen kurssin aikana vaatii tarkkaa suunnittelua, jotta opettajan työmäärä ei nousisi kohtuuttomaksi. Siksi jo kurssia suunniteltaessa on ajankäyttö otettava huomioon. Toisaalta tällainen kurssi antaa opettajalle mahdollisuuden tutustuttaa oppilaansa paikkakunnan teollisuuteen ja monipuolistaa näin kemian opetustaan.

Yhteistyöhön lähtevältä yritykseltä edellytetään sitoutumista vierailuihin. Käytännön järjestelyt on helpointa hoitaa, jos yrityksen johto nimeää jonkun henkilö vastaamaan käytännön toteutuksesta. Tulevaisuudessa hyvin koulutetusta henkilökunnasta on entistä suurempi kilpailu, joten yritykset ovat nähneet koulujen kanssa tehtävän yhteistyön myös imagokysymyksenä.

Opetushallitus on antanut 30.8.2004 muistion *Koulujen ja oppilaitosten sekä yritysten välinen yhteistyö, markkinointi ja sponsorointi*. Yhteistyöstä on informoitava huoltajia ja vastuukysymykset on sovittava yrityksen ja koulun johdon kanssa etukäteen. Myös tästä syystä kurssin suunnittelu kannattaa tehdä yhteistyössä yritysten kanssa.

Lähde

Hollolan lukio:

<http://www.hollola.fi/sivistys/koulu/lukioes.htm> (10.10.2007)

Molekyylihallinnus lukion kemian opetuksessa

Eero Jalonen

Jan Lundell

Maija Aksela

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Molekyylihallinnus tarjoaa uusia mahdollisuuksia kemian ilmiöiden havainnollistamiseen. Tässä artikkelissa käsitellään kemian malleja, visualisointia, molekyylihallinnusta ja siihen liittyvää tutkimusta lähinnä aikaisemman tutkimuskirjallisuuden perusteella. Lisäksi kuvaillaan meneillään oleva tutkimushanke, jossa tutkitaan, miten eri tavoin tietokoneavusteista molekyylihallinnusta voi hyödyntää lukion kemian opetuksessa kemian oppimisen tukena.

Asiasanat:

Malli, visualisointi, virtuaalimalli, molekyylihallinnus, kemian opetus, lukio, oppiminen

Johdanto

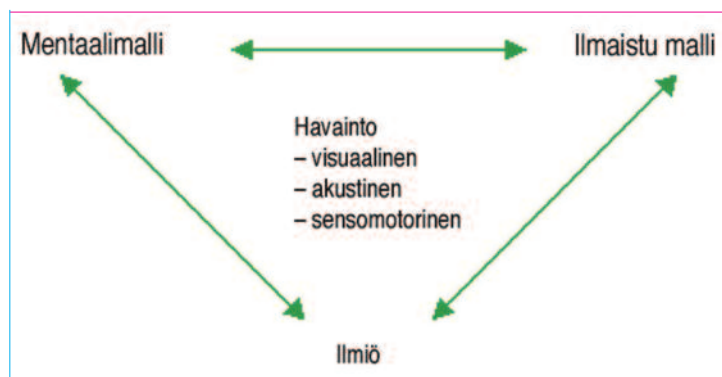
Monet pitävät kemiaa vaikeasti opittavana oppiaineena. Tieteellisten käsitteiden luonne ja kolminkertainen esitystapa makro-, mikro- ja symbolisella tasolla tekevät kemian oppimisesta haastavaa (Johnstone 1993). Kemian opiskelijoilla on vaikeuksia liikkua sujuvasti näiden eri tasojen välillä. Erityisesti ongelmia tuottaa näkymätön mikroskooppinen taso (Hinton & Nakhleh 1999), jonka ilmiöt ja käsitteet ovat vaikeasti yhdistettävissä opiskelijoiden havaintopiiriin ja elinympäristöön. Opiskelijat tarvitsevat sen takia käyttöönsä erilaisia kemian malleja, analogiamalleja ja tietokonegrafiikkaa, joiden avulla näkymätön voidaan tehdä näkyväksi (Barnea 2000).

Erilaisten mallien ja mallintamisen merkitys tieteellisen tiedon kehityksessä yleisesti antaa suunnan sille, että opiskelijoiden pitäisi oppia mallien luonteesta ja käytöstä ajattelun välineenä (Justi & Gilbert 2002) sekä oppia tuottamaan, testaamaan ja arvioimaan malleja (Gilbert 2005). Mielikuvat ilmiöstä – mentaalimallit – ja näkyvät ilmaistut mallit ovat keskeisiä ilmiön ymmärtämiselle (Franco & Colinvaux 2000). Visualisoinnin avulla voidaan muodostaa oikeita mentaalimalleja opeteltaessa vaikeita käsitteitä ja mikrotason ilmiöitä. Sen takia oppilaan visualisointitaitoja, erityisesti avaruudellista hahmottamiskykyä, tulisi kehittää. Tietokonepohjainen molekyylihallinnus on auttanut erilaisia oppijoita parantamaan omia visualisointitaitojaan ja auttanut heitä ymmärtämään mallin käsitettä, kolmiulotteisia molekyyliarakenteita ja kemiallisia sidoksia (Barnea 2000). Mallinnusohjelmien mielekkyys perustuu muun muassa siihen, että niiden avulla voidaan rakentaa eri kokoisia ja tyyppisiä molekyylejä, joissa kullakin atomilla on oma värinsä ja suhteellinen kokonsa muihin atomeihin verrattuna (Barnea & Dori 1996). Molekyylihallinnus tarjoaa tutkimuksellisen oppimisympäristön, jossa opiskelija voi edetä omassa tahdissa ja jota hän voi muokata haluamallaan tavalla. Molekyylihallinnus mahdollistaa opiskelijan aktiivisen osallistumisen, joka edesauttaa mallien ymmärtämistä ja niihin liittyvien kemiallisten käsitteiden hahmottamista.

Mallien merkitys kemian oppimisessa

Kansainvälinen CMISTRE-tutkimusryhmä käyttää mallin määritelmänä idean, esi-
neen, tapahtuman, prosessin tai systeemin kuvausta (Buckley & Boulter 2000). Men-
taaalimalli on yksilön henkilökohtainen mielikuva tietystä asiasta. Edellisestä tulee il-
maistu malli, kun se esitetään julkisesti esim. suullisesti tai kirjallisesti. Konsensus-
malli on jonkin sosiaalisen ryhmän hyväksymä ilmaistu malli. Tieteellisen yhteisön
hyväksymä julkaistu malli on tieteellinen malli esim. Schrödingerin atomimalli tai
Watson-Crickin DNA-malli. Aikansa eläneestä tieteellisestä mallista tulee historialli-
nen malli, esimerkiksi Bohrin atomimalli. Yksinkertaistettua historiallista tai tieteel-
listä mallia kutsutaan opetussuunnitelmamalliksi. Opetusmalleja käytetään selven-
tämään vaikeasti ymmärrettäviä opetussuunnitelmamalleja. Opetuskäytössä oleva
hybridimalli on sekoitus useista tieteellisistä, historiallisista ja opetussuunnitelma-
malleista. Pedagoginen malli on malli opettamisesta. (Gilbert 2005).

Mentaalimalleja käytetään sekä ymmärtämään että luomaan ilmaistuja malleja.
Ne vaikuttavat ilmiön havaitsemiseen, ja ilmiöt vaikuttavat mentaalimallien muo-
dostamiseen. Ilmaistut mallit edustavat valikoituja puolia ilmiöistä ja mentaalimal-
leista (kuvio 1).



KUVIO 1.
Mentaalimallin, ilmaistun
mallin ja ilmiön välinen
suhde (Buckley &
Boulter 2000)

Mallin esitysmuoto voi olla konkreettinen (esim. muovinen molekyylimalli) tai
verbaalinen sisältäen suullista tai kirjallista kuvausta. Matemaattinen malli käyttää
kaavoihin ja yhtälöihin keskittyvää esitystapaa kun taas visuaalinen malli soveltaa
kuvia, animaatioita, diagrammeja. Mallien esitystapoina voidaan pitää myös ilmei-
tää ja eleitä, sillä esimerkiksi käden liikkeillä voi hahmotella ajatuksiaan ja käsityksi-
ään (Gilbert ym. 2000).

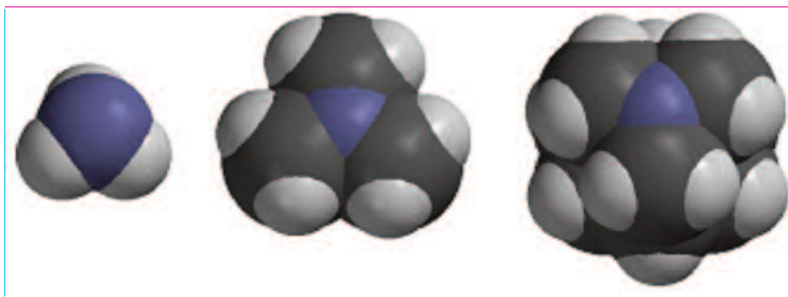
Kemistit mallintavat havaitsemiaan ilmiöitä ja ideoita soveltaen kaikkia edellä
mainittuja esitysmuotoja tilanteesta riippuen. Lisäksi kemistit pystyvät muunta-
maan mallit yhdestä esitysmuodosta toiseen vastaavaan esitysmuotoon. (Kozma &
Russel 1997). Kemiaallinen tieto ilmiöistä tuotetaan useilla malleilla, jotka kehittyvät
ja muuttuvat tutkimuksen edetessä. Mallien avulla ajattelu auttaa kemistejä visuali-
soimaan tutkittavia ilmiöitä ja suunnittelemaan koejärjestelyjä (Tomasi 1988) sekä
auttaa tukemaan päättelyprosesseja ja tiedonrakentamista (Nersessian 1999).

Koska mallit ja mallintaminen ovat keskeisiä kemiallisessa ajattelussa ja tieteel-
lisen tiedon kehityksessä, niiden pitäisi näkyä myös kemian opettamisessa. Kemian

oppimisen pitäisi sisältää

- a) olemassa olevien mallien tuntemisen ja niiden pätevyysalueet ja rajoitukset
- b) mallien roolin ymmärtämisen kemian tutkimuksen tulosten pätevöittäjänä ja levittäjänä
- c) yksilön tai ryhmän tekemien kemiallisten mallien testaamisen

(Justi & Gilbert 2002). Usein opiskelijoiden mielikuvat mallien luonteesta vaihtelevat. Grosslight tutkijakollegoineen on jakanut opiskelijat eri tasoille mallien ymmärtämisessä sen mukaan, mitä opiskelijat ajattelevat erilaisista malleista. Ensimmäisellä tasolla (Taso 1) opiskelijat pitivät malleja leluina tai todellisuuden kopioina. Toisella tasolla opiskelijat ajattelivat, että mallit on tehty tiettyä tarkoitusta varten. Tutkimuksen mukaan opiskelijat eivät itsenäisesti saavuta asiantuntijatasoa 3, jossa ajatellaan, että malli on tehty ideoiden testaamiseen ja mallintajalla on aktiivinen rooli mallin rakentamisessa. Myös mallin vaihtaminen ideoiden ja osaamisen kehittyessä on opiskelijoille usein hyvin vaikeaa (Grosslight ym. 1991).



KUVIO 2.
Aminien
kalottimalleja

Visualisointi kemian opetuksessa

Visualisoinnilla tarkoitetaan psykologiassa ja koulutustutkimuksessa ulkoista visualisointia, sisäistä visualisointia tai visualisointia avaruudellisena hahmottamisena (Gobert 2005). Ulkoiset visualisoinnit tarkoittavat grafiikkaa, diagrammeja, malleja, simulaatioita, jne. Ne ovat tyypillisiä oppimiseen liittyviä esityksiä (Frederiksen & Breuleux 1988). Sisäiset visualisoinnit tarkoittavat mentaalimalleja, näkemistä mielikuvina (Johnson-Laird 1985). Avaruudellinen hahmottaminen on kyky käsitellä tai muuttaa kuva tai avaruuskuvio erilaisiin kolmiulotteisiin järjestyksiin (Ekstrom ym. 1976). Nämä kolme visualisoinnin käyttöä eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan voivat täydentää toisiaan.

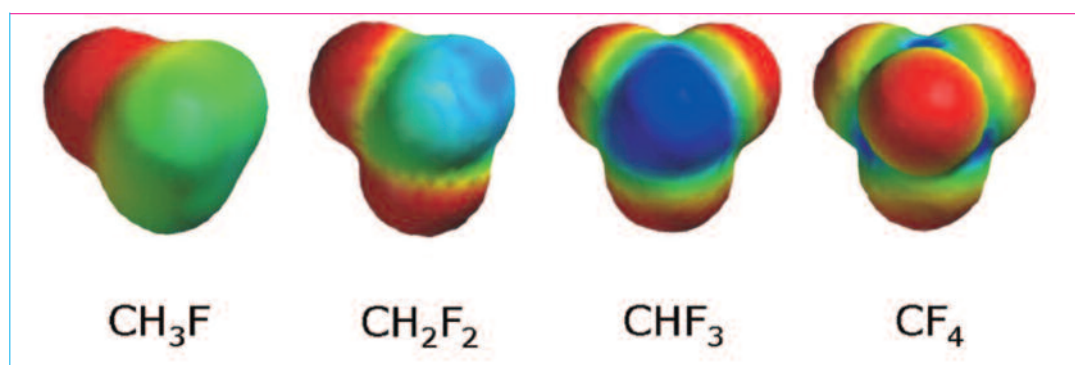
Kemian opetuksessa visualisointi rakennemalleilla (esim. molekyylimallit) tukee oppilaiden oppimista liikuttaessa kolmen tason (makro, mikro, symbolinen) välillä (Barke & Wirbs 2002). Kolmiulotteiset molekyylimallit ovat tehokkaita molekyyliarakenteen opettamisessa (Yamana 1989).

Tietokonepohjaiset molekyylimallit eli virtuaalimallit, joita opiskelija voi käyttää vuorovaikutteisesti, auttavat ymmärtämään avaruudellista kemiaa (Hyde ym. 1995). Barnean mukaan opiskelijat oppivat mallikäsitteen eli mallien roolin ja rajoitukset paremmin virtuaalimallien avulla. Samalla heidän visualisointitaitonsa myös kehittyvät (Barnea 2000). Ealyn tutkimuksessa keskityttiin molekyylimallinnusohjelman soveltamiseen osana kemian opetusta. Tutkimuksessa 87 prosenttia opiskelijoista

koki ymmärtäneensä molekyylien kolmiulotteisen luonteen ja rakenteen mallinnusohjelman avulla. Heistä 38 prosenttia sanoi, että abstraktit asiat tulivat konkreettisemmiksi ja 37 prosenttia mukaan työskentely tietokoneella on hauskaa (Ealy 1999).

Israelissa tehdyn tutkimuksen mukaan lukiolaiset oppivat paremmin orgaanisia yhdisteitä, kun tutkimuksellisissa oppimistehtävissä käytettiin sekä muovisia molekyylimalleja että virtuaalimalleja verrattuna kontrolliryhmään, joka ei käyttänyt virtuaalimalleja. Koeryhmä selitti paremmin käsitteet isomeria ja funktionaaliset ryhmät sekä ymmärsi paremmin mallikäsitteen. Lisäksi koeryhmä pystyi muuttamaan paremmin 2d-molekyylimallit 3d-muotoon ja päinvastoin (Dori & Barak 2001). Samankaltaisia rohkaisevia, oppimista ja opiskelua edesauttavia tuloksia on saatu myös tietokoneanimaatioiden ja tietokonepohjaisten opetusmateriaalien käytöstä kemian käsitteiden opettamisen tukena. (Williamson & Abraham 1995, Russell ym. 1997)

Molekyylimallinnusohjelmat ja tietokoneavusteiset oppimateriaalit luovat uudenlaisen oppimisympäristön, jossa kemian käsitteitä ja ilmiöitä voidaan tarkastella ja hahmottaa uudella tavalla. Samalla tietokoneavusteiset menetelmät luovat uusia toimintatapoja ja kulttuureja, joiden avulla hankalaksikin koettuja kemian asioita voidaan selventää ja yksinkertaistaa. Virtuaalimalleja ja visualisointeja voidaan muokata tarpeen mukaan opetuksen ja oppimisen tarpeiden mukaan.



KUVIO 3. Elektronijakauman havainnollistaminen samankaltaisissa molekyyleissä

Molekyylimallinnuksen käyttö tutkimuskohteena

Molekyylimallinnusta sovelletaan yhä enenevässä määrin perinteisten kokeellisten ja puhtaasti teoreettisten menetelmien ohella tutkimuksessa, opetuksessa ja teollisuudessa. Molekyylimallinnus on kasvanut viime vuosina todelliseksi kokeellisen ja teoreettisen kemian yhdistäjäksi – vaikeat asiat voidaan esittää selkeästi ja erityisesti kokeelliset ilmiöt voidaan havainnollistaa molekyyalitasolta lähtien.

Molekyylimallinnus yhdistää kemiallisen maailman teoreettisen tarkastelun ja tulosten visualisoinnin. Mallinnuksella elektronitiheys, elektrostaattiset potentiaalipinnat, atomi- ja molekyyliorbitaalit, molekyylien värähdykset saavat näkyvän muodon. Molekyylien rakentaminen ja rakenteiden visualisointi eri tavoin, erilaisten molekyyliarakenteiden erojen ja samankaltaisuuksien etsiminen, energian ja raken-

teen yhteys, sidospituudet ja -kulmat saavat uuden ulottuvuuden tietokoneen ruudulla. Molekyyliä voi pyörittää haluamallaan tavalla, valita itselleen mieluisa tarkastelukulma ja mallin voi valita korostamaan haluamaansa asiaa tai ilmiötä. Molekyyylimallinnus tukee kemian kokeellista laboratoriotyöskentelyä, sillä molekyylin reaktiivisten rakenteiden ja muun muassa elektronisten ominaisuuksien havainnollistaminen johtaa reaktiomekanismeihin ja kemiallisten ilmiöiden molekyylitason taustaan (Kozma & Russell 2005).

Nykyiset oppimiskäsitykset korostavat oppimista aktiivisena kokemukseen perustuvana vuorovaikutusprosessina. Molekyyylimallinnuksen käytöllä opetuksessa on mahdollista tukea kemian käsitteiden ymmärtämistä, harjoittaa erilaisia opiskelutaitoja sekä motivoida oppilaita opiskelemalla autenttisessa modernissa tutkimusympäristössä (Lundell & Aksela 2003).

Meneillään olevassa tutkimushankkeessa selvitetään, miten tietokoneavusteista molekyyylimallinnusta voi hyödyntää lukion kemian opetuksessa. Lisäksi hankkeessa tutkitaan, miten opiskelijan ajattelu, taidot ja asenteet muuttuvat sovellettaessa tietokonepohjaista oppimisympäristöä. Tutkimuskohde – molekyyylimallinnus lukio-opetuksen tukena – on uusi ja mielenkiintoinen, sillä molekyyylimallinnus ja siihen tarvittavat ohjelmistot ovat kehittyneet helppokäyttöisiksi ja huokeiksi opetusvälineiksi. Tässä tutkimuksessa sovelletaan Spartan-molekyyylimallinnusohjelmaa (<http://www.wavefun.com>) opetuksen työvälineenä. Tutkimuskohteena ovat lukion kemian kolme ensimmäistä kemian kurssia opiskelevat oppilaat eri kouluissa vuosien 2008 ja 2009 aikana. Tutkimusmenetelminä käytetään kyselylomaketta sekä oppimista ja käytettävyyttä testaavia testejä ennen opetusta ja opetuksen jälkeen. Tutkimusmateriaalia kerätään myös havainnoimalla oppilaiden työskentelyä ja vuorovaikutusta oppilaiden työskennellessä mallinnusohjelman kanssa. Tutkimustuloksia tullaan käyttämään kemian opetuksen kehittämiseen sekä koti- että ulkomailla

Lähteet

Barke, H. D. & Wirbs, H. 2002. Structural Units and Chemical Formulae. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(2), 185–200.

Barnea, N. 2000. Teaching and Learning about Chemistry and Modelling with a Computer managed Modelling System. Kirjassa J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Toim.) *Developing Models in Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 307–323.

Barnea, N. & Dori Y. J. 1996. Computerized Molecular Modeling as a Tool To Improve Chemistry Teaching. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 36(4). 629–636.

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 (Toim.) *Developing Models in Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 119–135.

Dori, Y. J. & Barak, M. 2001. Virtual and Physical Molecular Modeling: Fostering Model Perception and Spatial Understanding. *Educational Technology and Society*, 4(1). 61–74.

Ealy, J. B. 1999. A Student Evaluation of Molecular Modeling in First Year College Chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 8(4). 309–321.

Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H. & Dermen, D. 1976. Manual for factor referenced cognitive tests. Princeton, NJ. Educational testing service.

Franco, C. & Colinviaux, D. 2000. Grasping Mental Models. Kirjassa J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Toim.) *Developing Models in Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 93–118.

Frederiksen, C & Breuleux, A. 1988. Monitoring cognitive processing in semantically complex domains. Kirjassa N. Frederiksen ym. (Toim.) Diagnostic monitoring of skill and knowledge acquisition. Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum.

Gilbert, J. K. 2005. Visualization: A metacognitive skill in science and science education. Kirjassa J. K. Gilbert (Toim.) Visualization in Science Education. Dordrecht, Springer. 9–27.

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 (Toim.) Developing Models in Science Education. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 3–17.

Gobert J. D. 2005. Leveraging Tehnology and Cognitive Theory on visualization to Promote Students' Science. Kirjassa J. K. Gilbert (Toim.) Visualization in Science Education. Dordrecht, Springer. 73–90.

Grosslight, L., Unger, C. Jay, E., & Smith, C.L. 1991. Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. Journal of Research in Science teaching, 28(9). 799–822.

Hinton, M. E. & Nakhleh, M. B. 1999. Student's microscopic, macroscopic and symbolic representations of chemical reactions. The Chemical Educator, 4(4). 1–29.

Hyde, R. T., Shaw, P. N., Jackson, D. E. & Woods, K. 1995. Integration of molecular modelling algorithms with tutorial instruction. Journal of Chemical Education, 72(8). 699–702.

Johnson-Laird, P. N. 1985. Mental Models. Kirjassa A. Aitken & J. Slack. (Toim.) Issue in cognitive modelling. London. LEA Publishers.

Johnstone, A. H. 1993. The Development of Chemistry Teaching: A changing response to a changing demand. Journal of Chemical Education, 70(9). 701–705.

Justi, R. & Gilbert, J. K. 2002. Models and Modelling in Chemical Education. Kirjassa J. K. Gilbert ym. (Toim.) Chemical Education: Towards Research-based Practice. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 47–68.

Kozma R. B. & Russell J. 1997. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. Journal of Research in Science Teaching, 34(9). 949–968.

Kozma, R. B. & Russell, J. 2005. Students becoming Chemists: Developing Representational Competence. Kirjassa J. K. Gilbert (Toim.) Visualization in Science Education. Dordrecht, Springer. 121–146.

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

Nersessian, N. J. 1999. Model-based reasoning in conceptual change. Kirjassa L. Magnani ym. (Toim.) Model-based reasoning in scientific discovery. New York, Kluwer and Plenum Publishers. 5–22.

Russell, J. W., Kozma, R. B., Jones, T. & Wykoff J. 1997. Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. Journal of Chemical Education, 74(3). 330–334.

Tomasi, J. 1988. Models and modelling in theoretical chemistry. Journal of Molecular Structure, 179. 273–292.

Williamson, V. M. & Abraham, M. R. 1995. The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. Journal of Research in Science Teaching, 32(5). 521–534.

Yamana, S. 1989. An Easy Constructed bicabbed trigonal prism model. Journal of Chemical Education, 66(12). 1 021–1 022.

Mittausautomaatio lukion kemian oppimisessa

Henriikka Leskinen

Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Mittausautomaatio on moderni kemian työväline kokeelliseen kemian opetukseen. Sitä käytetään opetuksessa eri asteilla perusopetuksesta korkeakouluihin. Mittausautomaation käytöstä kemian oppimisen tukena on saatavilla vähän tutkimustietoa Suomessa. Tässä artikkelissa esitellään tapaustutkimus, jossa selvitettiin, miten mittausautomaatio tukee lukion opiskelijoiden lämpöenergian oppimista ja opiskelua. Aihetta tutkittiin Minustako kemisti? -tutkimuskurssin opiskelijoilla. Tutkimukseen osallistuneiden lukiolaisten mielestä mittausautomaatio havainnollisti lämpöenergian ilmiötä ja helpotti tulosten käsittelyä. Se myös innosti opiskelijoita mittausautomaation käyttöön lukion kemian opetuksessa.

Avainsanat:

Mittausautomaatio, lukio, lämpöenergia, kemia, opetus.

Johdanto

Valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden mukaan opiskelijoille tulee antaa oman tiedonalan luonteenomaisia välineitä tiedon hankkimiseen ja käsittelyyn (Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003). Mittausautomaatio, jota Suomessa kutsutaan myös nimellä mittausjärjestelmä, tarkoittaa tietokoneavusteista mittaamista kemian kokeellisissa töissä. Mittausautomaatio on järjestelmä, joka kerää fysikaalista tietoa ilmiöstä anturin avulla ja muuntaa näin saadun tiedon graafiseen muotoon lähes reaaliajassa (Nakhleh 1994). Sen avulla voidaan mitata esimerkiksi lämpötilaa, painetta, pH:ta tai konsentraatiota. Koulukäyttöön on saatavilla useita kaupallisia järjestelmiä.

Mittausautomaatiota käytetään kemian opetuksessa maailmanlaajuisesti eri asteilla perusopetuksesta korkeakouluihin. Mittausautomaation käyttö antaa opiskelijoille kuvan nykyaikaisesta kemian tutkimuksesta. Se on tärkeä kemian työväline sekä kokeellisessa tutkimuksessa että teollisuusprosesseissa. Mittausautomaation käyttömahdollisuudet ovat laajat. Sitä voidaan käyttää oppilastoissa tai demonstraatioissa kemian opetuksessa. Sen avulla voidaan opiskella ja tutkia kemian ilmiöitä, joita ei olisi muuten mahdollista tehdä koulussa (Aksela 2005). Mittausautomaatiota voidaan käyttää oppilastoissa esimerkiksi pienryhmissä työpistetyöskentelynä. Opettaja voi suorittaa luokan edessä demonstraatioita esimerkiksi videotykin välityksellä. Mittausautomaation avulla voidaan suorittaa kokeita luokahuoneen ulkopuolella luonnossa ja käsitellä tuloksia yhteisesti kemian oppitunneilla. Mittausautomaatiota kutsutaan vihreän kemian tutkimusmenetelmäksi. Sen tutkimuksissa käytetään pieniä ainemääriä ja jätteitä syntyy vähän (Aksela ym. 2004).

Mittausautomaation avulla mittauksen suorittaminen on nopeaa ja mittauksia voidaan helposti toistaa. Mittausautomaatiota käytettäessä kokeellisen työn tekniiseen suoritukseen, esimerkiksi käyrän piirtämiseen, menee vähemmän aikaa kuin kä-

sin. Tämä antaa ilmiön tulkinnalle enemmän aikaa (Barton 2005). Mittausautomaatiosta on apua sekä erittäin nopeissa kokeissa että hitaasti etenevässä kokeessa (Gipps 2004). Mittausautomaation suurin hyöty ei ole automaattisessa tiedon keräämisessä, vaan tiedon analysoinnissa sekä tulkinnassa (Rogers 1997). Mittausautomaation avulla tulosten tulkitseminen tieteellisesti monipuolistuu verrattuna käsin tehtyyn analyysiin (Gipps 2004). Mittausautomaatio tukee opiskelijan aktiivista opiskelua ja oma-aloitteisuutta.

Mittausautomaation käyttö edistää keskustelua kemian ilmiöstä. Kuvaajan piirtäminen tietokoneen näytölle kokeen edetessä helpottaa oppilaiden kuvaajan kvalitatiivista kuvailua toisilleen (Newton 1997). Kuvaajasta puhuminen edistää erityisesti sen tulkitsemisen oppimista. Opettajilla on tärkeä rooli keskustelun ohjaajana oppimisympäristöissä. Opettajan avustuksella oppilaiden käyttämää kieltä voidaan ohjata tieteellisempään suuntaan. Mittausautomaation avulla opettajalle ja oppilaalle syntyy enemmän mahdollisuuksia kemian oppimista tukevien keskustelujen käymiseen (Aksela 2005; Barton 2005). Mittausautomaation käyttö kemian opetuksessa myös herättää oppilaissa kiinnostusta (Newton 1997). Sopivilla pedagogisilla työtaidoilla voidaan vaikuttaa oppimistulosten laatuun (Aksela 2005).

Mittausautomaation käyttöä lukuisista eduista huolimatta on käytetty kemian opetuksessa vähän. Vuonna 1999 tehdyn tutkimuksen (Aksela & Juvonen 1999) mukaan vain 7 prosenttia opettajista käytti sitä kemian opetuksessa Suomessa. Opettajat käyttivät mittausautomaatiota opetuksessa monista eri syistä. Sen avulla on helppo käsitellä tuloksia, havainnollistaa kemian ilmiöitä ja sen avulla mittaaminen on nopeaa. Syitä mittausautomaation vähäiseen käyttöön oli lukuisia: yksi suurimmista syistä oli se, että sitä ei osata käyttää tai sen käyttö koetaan hankalaksi. Useissa kouluissa ei ollut saatavilla laitteistoa, tai se oli vaikeasti saatavilla (vrt. yleensä Perusopetuksen tieto- ja viestintätekniikan käyttö opetuksessa ... 2005). Mittausautomaatiotöitä on jonkin verran saatavilla suomen kielellä (Heikinaho & Aksela 2001).

Mittausautomaation käyttö on lisääntynyt viime vuosina kemian opetuksessa (Leskinen 2007). Kemian opettajista 16 prosenttia käytti jotain mittausautomaatio-systeemiä työssään vähintään kerran kuussa. Opettajista 14 prosenttia teetti oppilailla mittausautomaatiotyön vähintään kerran kuussa. Yksi vastanneista opettajista teetti oppilailla mittausautomaatiotyön kerran tai kaksi kertaa viikossa (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Mittausautomaation käyttö opetuksessa (N=98)

	Oppijat	Opettajat
En koskaan	83,7	83,7
1–3 kertaa kuussa	14,3	16,3
1–2 kertaa viikossa	1	0
3–6 kertaa viikossa	0	0
Useita kertoja päivässä	0	0

Lämpöenergia on haasteellinen ilmiö oppia. Opiskelijoilla on monia erilaisia käsityksiä aiheesta. Tutkimuksessaan Jasien ja Oberem (2002) havaitsivat, että luonnontieteitä yliopistossa lukeneilla opiskelijoilla esiintyi sekaannusta useassa lämpöä

ja lämpötilaa kuvaavassa käsitteessä. Sekaannusta ilmeni termisen tasapainon käsitteessä, lämmön siirtymisessä sekä lämpötilan muutoksissa. Niaz (2006) tutkimuksessaan havaitsi, että myös yliopisto-opetuksen jälkeen opiskelijoilla oli hankaluuksia erottaa lämpöenergia ja lämpötila toisistaan.

Tutkimuksen toteutus

Tässä kehittämistutkimuksessa kehitettiin uutta tutkimuspohjaista opetusmateriaalia mittaussautomaation käyttöön lämpöenergian opetuksen ja oppimisen tueksi (ks. Leskinen 2007). Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa kehitettiin kolme kokeellista tehtävää lämpöenergian ilmiön havainnollistamiseen aikaisemman tutkimustiedon ja kemian materiaalien pohjalta. Tutkimuksen toisessa vaiheessa 17 lukiolaista teki mittaussautomaatiotutkimuksen ja osallistui kyselytutkimukseen sekä keskusteluun ilmiöstä. Tutkimuksessa valittiin työksi ruoan energian tutkiminen. Jokainen opiskelija teki kokeellisen työn yksin. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten kokeellinen työ tuki lämpöenergiailmiön oppimista ja opiskelua. Materiaalia kehitettiin edelleen saatujen tutkimustulosten pohjalta. Tässä artikkelissa esitellään tulokset tutkimuksen toisesta vaiheesta opiskelijatutkimuksesta.

Lukiolaiset vastasivat kyselytutkimukseen kesällä pidetyn Minustako kemisti -kurssin yhteydessä. Kurssin opiskelijat olivat lukiolaisia ympäri Suomea. Kaikki kurssin opiskelijat olivat hyvin kiinnostuneita kemiasta. Kaikilla opiskelijoilla oli kiitettävä arvosana kemian kurseista lukiossa. Opiskelijoista 35 prosenttia oli käyttänyt vastaavanlaista ohjelmaa koulussaan aiemmin joko fysiikassa tai kemiassa. Mittaussautomaatiota koskevat kysymykset olivat avoimia ja pyrkivät selvittämään syvemmin oppilaiden omia käsityksiä mittaussautomaation avulla oppimisesta.

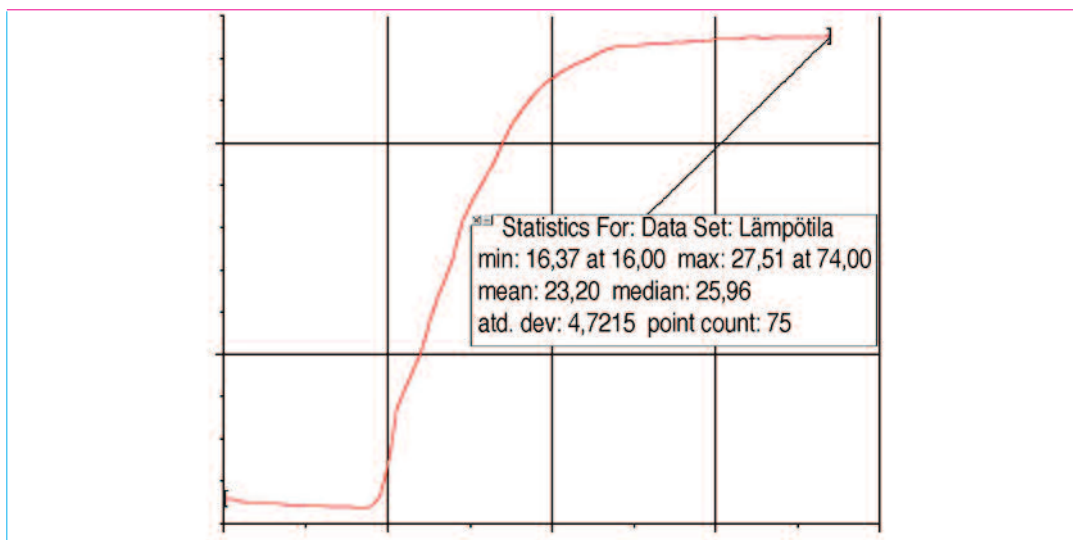
Kysymykset käsiteltiin aineistolähtöisenä sisällönanalyysinä (Tuomi & Sarajärvi 2006). Vastauksista muodostettiin yläluokat ja laskettiin frekvenssit.

Mittaussautomaatiotyö *Ruoan energia*

Ruoan energia -työssä (ks. ohje Leskinen 2007) vertaillaan eri ruoka-aineiden energia-arvoja keskenään. Työn tavoitteena on auttaa oppilasta ymmärtämään, kuinka energia siirtyy sekä hahmottaa energian häviämättömyys. Työssä tulee esille energian varastoituminen erilaisiin ravintoaineisiin sekä palamisreaktion merkitys energian vapautumisen kannalta. Työssä selvitetään, kuinka paljon energiaa saadaan eri ruoka-aineista polttamalla. Tällä tavalla saatuja energia-arvoja vertaillaan lopuksi keskenään ja mietitään, mitkä seikat vaikuttavat erilaisiin tuloksiin. Työssä lasketaan kullekin näytteelle energiasisältö kJ/g ja mittaustuloksia voidaan vertailla keskenään. Tutkitavina aineina voidaan käyttää esimerkiksi juustonaksuja, suolapähkinöitä tai vaahdokarkkeja. Arkielämän yhteydellä motivoidaan opiskelijoita aiheen tutkimiseen.

Popcorn tutkimuskohteena antaa esimerkiksi hyviä tutkimustuloksia. Sen palaminen onnistuu myös hyvin. Popcornin palamisen kuvaaja on kuvassa 1. Siitä näkyy hyvin, milloin popcorn on sytytetty sekä sen sammuminen. Sammuminen on tapahtunut, kun aikaa on kulunut noin 50 sekuntia. Kuvaajasta nähdään lisäksi tämän

kokeen minimi (16,37 °C) ja maksimi (27,5 °C) lämpötila. Taulukkoon 2 on koottu kaikki viisi mittaustulosta. Koe 5 esittää kuvan 1 tuloksia.



KUVIO. Popcornin palaminen

TAULUKKO 2. Popcornin palamiseen liittyvät mittaustulokset

Popcorn										
	c	4,19								
	m(tölkki)	0,013								
Koe	m(t+v)	m(vesi) (kg)	T1 (°C)	T2 (°C)	T(2-1) (°C)	Q (kJ)	m1 (g)	m2 (g)	m(2-1) (g)	Q/m(2-1) (kJ/g)
1	0,069	0,056	12	20,1	8,1	1,90	7,01	6,77	0,24	8,05
2	0,060	0,046	15,9	30,44	14,54	2,82	7,17	6,84	0,32	8,78
3	0,050	0,037	17	28,34	11,34	1,75	7,04	6,81	0,23	7,57
4	0,055	0,041	16,1	24,49	8,39	1,44	6,97	6,81	0,16	9,19
5	0,057	0,043	16,4	27,44	11,04	1,99	7,07	6,82	0,25	8,01
Keskiarvo						1,98				8,32

Lukion opiskelijat lämpöenergiaa opiskelemassa

Lukion opiskelijat tekivät kokeellisena työnä ruoan energian määrittämisen. Työn aikana tietokone piirsi lämpötilaa ajan funktiona näytölle. Käyrästä näkee, kuinka lämpötila nousee työn aikana.

Jokainen opiskelija pystyi suorittamaan työn tutkimuksen aikana. Opiskelijoiden mielestä tietokone helpotti tai helpotti jonkin verran tulosten käsittelyä. Heidän mielestään tietokoneen piirtämä kuvaaja havainnollisti lämpöenergian ilmiötä joko jonkin verran tai paljon. Osalla opiskelijoilla oli vaikeuksia soveltaa työhön energian säilymlakia. Opiskelijoista 24 prosenttia oli vastannut, että energia kului tai energia palaa. Vastaava määrä opiskelijoista oli vastannut energian vapautuvan poltettaessa.

Mittausten aikana käytyjen keskusteluista selvisi, että opiskelijat pitivät tietokoneen piirtämää kuvaajaa selkeänä. Heidän mielestään oli kiva nähdä kuvaajasta lämpötilan muutos aineen palaessa ja kuinka lämpötila tasaantui palavan aineen lopuessa. Opiskelijat osasivat hyvin päätellä kokeen luotettavuuteen vaikuttavia seikkoja. Keskusteluissa pohdittiin tulosten luotettavuustekijöitä: esimerkiksi, miksi tämä järjestelmällä ei saa samoja tuloksia, jotka vastaisivat pussin kyljessä olevaa arvoa.

Lukiolaiset suhtautuivat erittäin positiivisesti mittausautomaation käyttöön. Yksi opiskelija kyseli muun muassa, mistä voisi ostaa järjestelmän kouluun.

Loppusanat

Tapaustutkimus osoittaa, että mittausautomaatiolla voitiin lukion opiskelijoiden mielestä havainnollistaa lämpöenergian ilmiötä ja siten tukea lukion oppilaiden kemian oppimista ja opiskelua. Mittausautomaatiotyö tuki myös lukion oppilaiden mielestä kiinnostusta kemiaan (vrt. Newton 1997). Keskustelu opiskelijan kanssa mittaus tapahtuman yhteydessä toi esille syvällisempää tietoa opiskelijoiden ajattelusta ja prosessista (vrt. Aksela 2005).

Mittausautomaation käyttö on lisääntynyt kouluissa vuodesta 1999 lähtien. Sen käyttö voisi olla huomattavasti nykyistä yleisempää ottaen huomioon mittausautomaation erinomaisen keinon havainnollistaa kemian ilmiöitä sekä motivoida opiskelijoita kemian opiskeluun. Jotta mittausautomaation käyttöä voitaisiin merkittävästi lisätä nykyisestä, tulisi sen käyttöä tukea lisää täydennyskoulutuksen ja materiaalien avulla. Mittausautomaatiota tulisi käyttää enemmän perusopetuksen luokista 7–9 lähtien. Harjoittelu tukee ilmiöiden syvempää ymmärtämistä. Laajempaa tutkimusta tarvitaan myös jatkossa mittausautomaation käytön vakiinnuttamiseksi kemian opiskeluun ja opetukseen.

Lähteet

Aksela, M. 2005. Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A design Research Approach. Yliopistopaino. Helsinki.

Aksela, M. & Juvonen, R. 1999. Kemian opetus tänään. Opetushallitus.

Aksela, M., Lavonen, J., Juuti, K. & Meisalo, V. 2004. FyKe-virtuaalikoulu 3: TVT tukena mallintamisessa fysiikan ja kemian opetuksessa. Dimensio 68: 4. 18–21.

Barton, R. 2005. Supporting Teachers in making innovative changes in the use of computer aided practical work to support concept development in physics education. International Journal of science Education, 27(3). 345–365.

Gipps, J. 2004. So Many Data Loggers!. Teaching Science. 50 (3). 32–35.

Heikinaho, S. & Aksela, M. 2001. Kemian tutkimuksia.
<http://www.helsinki.fi/project/mbl/tutkimustori>

Jasien, P. & Oberem, G. 2002. Understanding of Elementary Concepts in Heat and Temperature among College Students and K–12 Teachers. Journal of Chemical Education, 79 (7). 889–895.

Leskinen, H. 2007. Mittausautomaatio lukion kemian opetuksessa. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos. Helsingin yliopisto. Ks.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/pg-hleskinen.htm>

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Opetushallitus.

Meisalo, V., Sutinen, E. & Tarho, J. 2000. Modernit oppimisympäristöt Tietotekniikan käyttö opetuksen ja oppimisen tukena. Tietosanoma. WS Bookwell Oy. Juva.

Nakhleh, M. B. 1994. A Review of Microcomputer-Based Labs: How Have They Affected Science Learning? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. 13(4). 368–681.

Newton, L. 1997. Graph talk: some observation and reflections on students' data-logging. *School Science Review*. 79(287). 49–54.

Niaz, M. 2006. Can the Study of Thermochemistry Faciliate Students' Differentiation between Heat Energy and Temperature? *Journal of Science Education and Technology*. 15 (3). 269–276.

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

Rogers, L. 1997. New data-logging tools- new investigations. *School science review*. 79(287). 61–68.

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

Kemian ylioppilaskirjoitukset vuosina 1996–2006

Greta Tikkanen

Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos, Helsingin yliopisto

Ylioppilaskoe on lukion päättöarvioinnin väline. Päättöarviointi on summatiivista arviointia, joka on ennustavaa ja kokoavaa. Summatiivinen arviointi antaa yleiskatsauksen jonkin tietyn opiskelujakson aikana tapahtuneesta oppimisesta sekä oppilaiden oppimis- ja opiskelusaavutuksista verrattuna muiden oppilaiden saavutuksiin ja ennalta määriteltuihin standardeihin. Ylioppilastutkinnon reaalikoe muuttui olennaisesti vuoden 2006 reaalikoeuudistuksessa. Tämä artikkeli käsittelee tutkimusta, jossa tutkittiin seuraavaa kysymystä: Millaisia ovat kemian reaalikokeen tehtävätyypit vuosina 1996–2006? Tutkimus on osa kemian reaalikoea käsittelevää väitöskirjatutkimusta. Tutkimuksen toteutustapa on teoriaohjaava sisällönanalyysi. Tutkimuksessa luokiteltiin vuosien 1996–2006 reaalikokeiden kemian tehtävät seuraaviin päätehtävätyyppeihin: esseetehtävät, selitystehtävät, kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvät tehtävät, kokeelliset tehtävät, laskutehtävät ja yhdistelmätehtävät. Tutkimustulosten perusteella vuosien 1996–2006 kemian reaalikoe tehtävät jakautuvat melko tasaisesti tutkimuksen päätehtävätyyppeihin, mutta tehtävätyyppien painotuksissa on melko paljon vuosittaista vaihtelua. Kokeellisia tehtäviä on tutkimuksen mukaan selvästi vähiten. Tutkimustulosten perusteella voidaan päätellä, että vuosien 1996–2006 kemian reaalikoe tehtävät mittaavat kemian tietojen ja taitojen lisäksi myös matemaattisten prosessien hallintaa sekä kykyä tuottaa jäsenneltyjä kirjallisia vastauksia. Kemian symbolisen kielen hallitseminen ja taito tulkita erilaisia graafisia esityksiä ovat tutkimustulosten perusteella kemian lukio-opetuksen keskeisiä tavoitteita. Tutkimustulosten pohjalta voidaan myös päätellä, että kokeellisten menetelmien tuntemus ja käytännön laboratoriotaitojen hallinta ovat kemian lukio-opetuksen tavoitteita.

Avainsanat:

Summatiivinen arviointi, kemian reaalikoe, teoriaohjaava sisällönanalyysi, kemian opetussuunnitelman perusteet, tehtävätyyppi, esseetehtävä, kirjoitelmätehtävä, selitystehtävä, kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvä tehtävä, graafinen tehtävä, kaavatehtävä, reaktioyhtälötehtävä, kokeellinen tehtävä, laskutehtävä, yhdistelmätehtävä

Johdanto

Yleistä arvioinnista

Arviointi on käsite, jolla on useita merkityksiä käyttäytymistieteissä ja koulumaailmassa (Koppinen ym. 1994; Salmio 2004). Arvioinnilla voidaan tarkoittaa jonkin aseteikon tai kriteeristön avulla pääteltävää laadun tai määrän erittelyä. Arviointi voi myös olla jonkin kohteen systemaattista tai epäsystemaattista havainnointia. (Koppinen ym. 1994) Luonnontieteiden opetuksen arviointia voidaan kuvata monivaiheisena prosessina, joka sisältää opetukseen ja kasvatukseen liittyvän arviointitiedon keräämistä ja tulkintaa (National Science Education Standards). Arvostelulla tarkoi-

tetaan arvosanan antamista suoritusten perusteella. Arvostelu voi olla absoluuttista tai suhteellista. (Koppinen ym. 1994)

Luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen arvioinnilla on useita eri tehtäviä, joista keskeisiä ovat oppilaiden vertaaminen, oppimistulosten raportointi, oppimisen tehostaminen sekä opetuskäytäntöjen kehittäminen (Fraser & Tobin 2003; Gabel 1994; Gilbert 2004; Millar ym. 2000). Arvioinnilla on tärkeä asema yhteiskunnassa, sillä sen avulla päättäjät, elinkeinoelämänehdustajat ja muut opetuksen ja oppimisen tilasta kiinnostuneet tahot saavat tietoa koulutuspolitiikan onnistumisesta (Gabel 1994; Koppinen ym. 1999; National Science Education Standards) Arvioinnilla on merkittävä vaikutus opetus- ja opiskelukäytäntöihin, sillä se kuvastaa, mikä on olennaista ja tärkeää opetuksessa ja opiskelussa (Gabel 1994; National Science Education Standards).

Summatiivinen arviointi on ennustavaa ja kokoavaa arviointia, joka antaa yleiskatsauksen jonkin tietyn opiskelujakson aikana tapahtuneesta oppimisesta (Gilbert 2004; Koppinen ym. 1999). Summatiivinen arviointi antaa tietoa oppilaiden oppimis- ja opiskelusaavutuksista verrattuna muiden oppilaiden saavutuksiin ja ennalta määriteltuihin standardeihin. (Gabel 1994) Summatiivinen arviointi liittyy keskeisesti tilanteisiin, joissa oppilaat siirtyvät kouluasteelta seuraavalle, kuten peruskoulusta lukioon tai johonkin muuhun keskiasteen oppilaitokseen tai lukiosta jatko-opintoihin. (Gilbert 2004) Tällöin kyseessä on päättöarviointi. Lukion päättöarvioinnin väline on ylioppilaskoe.

Kemian opetussuunnitelmat

Lukion opetussuunnitelman perusteissa 1994 mainitaan kemian opetuksen lähtökohtana kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havainnoiminen ja tutkiminen, josta tulisi edetä täsmällisen kemian merkkikielen käyttämiseen, systemaattisten rakenteiden ymmärtämiseen, aineiden ominaisuuksien ennustamiseen sekä määrällisten riippuvuuksien havaitsemiseen. Kemian pakollisen kurssin tavoitteita ovat kemian keskeisten peruskäsitteiden ymmärtäminen, erilaisten elämälle välttämättömien aineiden ja kemiallisten reaktioiden tunteminen sekä kokeellisesti hankitun tiedon tulkitseminen ja arvioiminen. Kemian syventävien kurssien tavoitteita ovat kemiallisen tiedon kvantitatiivisen käsittelyn osaaminen, kemian ja jokapäiväisen elämän välisten yhteyksien ymmärtäminen sekä yksinkertaisten luonnollilmiöitä koskevien kokeiden suunnittelun ja toteuttamisen hallitseminen. (Opetushallitus 1994)

Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 mukaan kemian pakollisen kurssin tavoitteita ovat aiemmin opittujen kemian perusteiden ymmärtämisen syventäminen, orgaanisten yhdisteiden rakenteiden, ominaisuuksien ja reaktioiden osaaminen sekä kokeellisen työskentelyn, kriittisen tiedonhankinnan ja -käsittelyn taitojen oppiminen. Kemian syventävien kurssien tavoitteita ovat esimerkiksi aineen rakenteen ja ominaisuuksien välisten yhteyksien tunteminen, orgaanisten yhdisteiden rakenteiden ymmärtäminen sekä aineiden rakenteeseen, ominaisuuksiin ja reaktioihin liittyvien ilmiöiden kokeellisen ja mallien avulla tapahtuvan tutkimuksen osaaminen. Tärkeitä tavoitteita ovat myös kemiallisen reaktion tapahtumiseen vaikuttavien tekijöiden ymmärtäminen, energian sitoutumisen ja vapautumisen ymmärtäminen

kemiallisissa reaktioissa sekä reaktioyhtälöiden kirjoittamisen ja matemaattisen käsittelyn osaaminen. Myös teollisesti merkittävien raaka-aineiden sekä niiden jalostusprosessien tunteminen, reaktion tasapainotilan muodostumisen ja siihen liittyvien tasapainosovellusten ymmärtäminen sekä kemialliseen tasapainoon liittyvien ilmiöiden kokeellisen ja mallien avulla tapahtuvan tutkimuksen osaaminen ovat kemian syventävien kurssien keskeisiä tavoitteita. (Opetushallitus 2003)

Summatiivisen kokeen tehtävätyypeistä

Koe on mittaväline, jonka avulla pyritään saamaan mahdollisimman luotettavaa tietoa oppilaan tiedoista, taidoista ja asenteista (Koppinen ym. 1999). Kokeen on oltava objektiivinen, validi ja erottelukykyinen, eikä se saa sisältää satunnaisvirheitä (Meisalo ym. 1985). Koe muodostuu koetehtävistä, jotka edustavat erilaisia tehtävätyyppejä (Koppinen ym. 1999). Summatiivisen kokeen tehtävätyyppejä ovat esimerkiksi monivalintatehtävät, probleematehtävät, esseetehtävät, selitystehtävät, laskutehtävät ja graafiset tehtävät.

Monivalintatehtävät ovat muistamistehtäviä, joissa oppilas valitsee annetuista vaihtoehdoista yhden tai useamman oikean vaihtoehdon (Koppinen ym. 1999). Tehtävissä on tyypillisesti 3–5 vaihtoehtoa (Uusikylä & Atjonen 2005). Probleematehtävät ovat ongelmanratkaisutehtäviä, jotka mittaavat oppilaiden loogisen päättelyn taitoja. Niiden ratkaiseminen vaatii usein oppilailta matemaattisten prosessien hallintaa sekä suunnittelu- ja tiedonhankintataitoja. (Erätuuli ym. 1994)

Essee on jäsentynyt, tiedoiltaan tarkka ja kriittinen kirjoitelma, joka valottaa todellisuutta joko useista eri näkökulmista tai yhdestä perustellusta näkökulmasta (Koppinen ym. 1999). Esseetehtäviä käytetään erityisesti reaaliaineissa, kuten esimerkiksi kemiassa ja muissa luonnontieteissä. (Erätuuli ym. 1994; Koppinen ym. 1999). Esseetehtävien käyttö tukee oppilaiden kykyä ilmaista ajatteluaan kirjallisessa muodossa sekä harjaannuttaa oppilaita rakentamaan vastauksistaan loogisia ja selkeästi jäsenneityjä kokonaisuuksia (Erätuuli ym. 1994; Meisalo ym. 1985). Esseetehtävillä voidaan mitata oppilaiden muistitietoa tai testata heidän kykyään tuottaa tekstiä oppikirjan tai muun lähdemateriaalin avulla. Onnistuneen esseekokeen tehtävät ovat yksikäsitteisiä ja sisältävät pelkän otsikon sijasta mielellään jonkinlaisen ongelman tai tehtävän, johon oppilaiden on esitettävä ratkaisu. (Meisalo ym. 1985)

Selitystehtävät ovat kirjoitustehtäviä, joissa vastauksen pituus vaihtelee yhdestä tai kahdesta virkkeestä lyhyisiin kappaleisiin. Selitystehtävät eivät välttämättä mitata oppilaiden syvällisen ymmärtämisen tasoa yhtä hyvin kuin esseetehtävät. (Committee on Undergraduate Science Education, National Research Council 1997)

Laskutehtävät ovat objektiivisia tehtäviä, jotka mittaavat oppilaiden kykyä hallita luonnontieteiden täsmälliseen esittämiseen liittyviä matemaattisia prosesseja (Erätuuli ym. 1994). Laskutehtävien ja probleematehtävien välinen ero on häilyvä. Voidaan ajatella, että probleematehtävissä painotetaan erityisesti loogista päättelyä ja ongelmanratkaisuprosessia laskennallisuuden sijasta. Parhaimmillaan laskutehtävä edellyttää oppilailta sekä ongelmanratkaisutaitoja että matemaattisten operaatioiden hallintaa. (Erätuuli ym. 1994). Graafiset esitykset voivat myös olla lähtökohdana laskutehtäville. Tällöin tehtävien ratkaiseminen edellyttää kykyä tulkita eri-

laisten muuttujien välisiä riippuvuuksia. Graafiset tehtävät voivat olla joko kvalitaatiivisia tai kvantitatiivisia. (Lavonen ym. 1998)

Kemian reaalikoe

Reaalikoe tuli osaksi ylioppilastutkintoa vuoden 1919 asetuksella, joka astui voimaan vuonna 1921 (Kaarninen & Kaarninen 2002; Vuorio-Lehti 2006). Reaalikoe sisälsi tehtäviä kaikkiaan viidestä aineryhmästä, joista yksi oli fysiikan ja kemian aineryhmä. Kemian tehtävien osuus fysiikan ja kemian aineryhmän tehtävistä oli pieni. Reaalikoe oli pakollinen osa ylioppilastutkintoa, kunnes vuoden 1947 asetuksella säädettiin pysyväksi sotavuosien käytäntö reaalikokeen ja matematiikan kokeen vaihtoehtoisuudesta. (Kaarninen & Kaarninen 2002; Virtanen 1935; Virtanen 1951)

1950-luvulla luonnontieteiden asema vahvistui yhteiskunnassa, mikä heijastui myös reaalikokeeseen (Kaarninen & Kaarninen 2002). Fysiikan ja kemian tehtävien lukumäärää lisättiin, mutta tehtävien painopiste säilyi kuitenkin edelleen vahvasti fysiikassa. Vuonna 1965 kaikkiin aineryhmiin tuli mukaan lisäkysymys eli jokeri, joka oli tavallista kysymystä vaativampi ja arvosteltiin asteikolla 0–9 normaalin 0–6 sijaan. Reaalikoe oli alun perin mitannut lähinnä muistitietoa, mutta vähitellen soveltavien tehtävien osuutta lisättiin, jolloin kokeella voitiin paremmin testata kokelaiden ajattelu- ja päättelykykyä. (Haavisto 1974; Kaarninen & Kaarninen 2002)

Reaalikoe säilyi pieniä muutoksia lukuun ottamatta 1970-luvulla lähes ennallaan (Kaarninen & Kaarninen 2002). Kemian tehtävien määrää lisättiin, jolloin koe sisälsi melko tasapuolisesti sekä fysiikan että kemian tehtäviä. Vuonna 1981 fysiikan ja kemian aineryhmä jaettiin kahdeksi erilliseksi ryhmäksi. (Haavisto 1985). Vuodesta 1996 lähtien tehtävien lukumäärä määräytyi valtioneuvoston antamassa tuntijakopäätöksessä määrättyjen pakollisten ja syventävien kurssien yhteismäärän suhteessa. Kemian tehtävien lukumääräksi tuli kahdeksan. Vuonna 1993 reaalikokeen tehtäviä kehitettiin aikaisempaa vaativammiksi, minkä vuoksi vastausten enimmäismäärä pudotettiin kahdeksaan. (Kaarninen & Kaarninen 2002). Seuraava merkittävä reaalikoeuudistus tapahtui vuonna 2006, kun ainereaalikoe otettiin käyttöön. Tällöin kemian tehtävien lukumäärä nousi kahdeksatoista, joista kokelaiden on vastattava kahdeksaan.

Tutkimusongelmat

Tutkimusta ohjaa seuraava tutkimusongelma:

- Millaisia ovat kemian reaalikokeen tehtävätyypit vuosina 1996–2006?

Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen toteutustapa on teoriaohjaava sisällönanalyysi (Tuomi ym. 2002). Tutkimuksessa tutkitaan vuosien 1996–2006 reaalikokeiden kemian tehtäviä. Tutkimusaineistona käytetään teosta Kemian ylioppilastehtävät ratkaisuihin 1994–2004 (Saarinen 2004) sekä Mirja ja Ahti Karjalaisen Kemian sivut, Ylioppilaskokeen kemian 1995–2006 sivustoa (Karjalainen, M. ja A.). Vuosien 1996–2005 tutkintokertojen kokeet sisältävät kukin kahdeksan kemian tehtävää. Vuoden 2006 tutkintokertojen ainere-

aalikokeet sisältävät kumpikin 12 tehtävää. Yhteensä tutkittavia tehtäviä on 184. Tehtäviä merkitään tutkintokerran ja tehtävän numeron mukaan. Esimerkiksi merkinnöillä S98/3 ja K02/8 tarkoitetaan tehtävää 3 syksyiltä 1998 ja tehtävää 8 kevyältä 2002. Saman tutkintokerran tehtävät erotetaan toisistaan pilkulla tai väliviivalla seuraavasti: K97/1, 2, 5 ja S01/2–5.

Tutkimus aloitetaan luokittelemalla vuosien 1996–2006 kemian reaalkoetehtävät kuuteen päätehtävätyyppiin:

- 1) esseetehtävät
- 2) selitystehtävät
- 3) kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvät tehtävät
- 4) kokeelliset tehtävät
- 5) laskutehtävät
- 6) yhdistelmätehtävät

Kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvät tehtävät jaetaan kolmeen alatehtävätyyppiin (ks. taulukko 1). Osa tutkittavista tehtävistä luokitellaan useampaan kuin yhteen tehtävätyyppiin (ks. yhdistelmätehtävät). Taulukossa 1 on esitetty tutkimuksen päätehtävätyypit alatehtävätyypeineen ja niiden määritelmät.

TAULUKKO 1. Tutkimuksen tehtävätyypit ja niiden määritelmät

Tehtävätyyppi		Määritelmä
Esseetehtävät		laajat kirjoitelmatehtävät, joissa on käsiteltävä syvällisesti ja jäsennellysti jotakin kemian aihetta
Selitystehtävät		- lyhyet kirjoitustehtävät - kemian käsitteiden ja ilmiöiden lyhyet selitystehtävät - oikein/väärinväittämien perustelutehtävät
Kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvät tehtävät	<i>Graafiset tehtävät</i>	graafisia esityksiä, kuten kuvaajia, kaavioita, taulukoita tai kuvia, sisältävät tehtävät, joissa tehtävien ratkaiseminen edellyttää graafisen esityksen tulkitsemista
	<i>Kaava-tehtävät</i>	- yhdisteiden kaavojen määrittämistä ja piirtämistä sisältävät tehtävät - yhdisteiden rakennekaavojen tulkitsemista sisältävät tehtävät
	<i>Reaktioyhtälötehtävät</i>	reaktioyhtälöiden kirjoittamista ja tasapainottamista sisältävät tehtävät
Kokeelliset tehtävät		laboratoriotyöskentelytaitoja ja kokeellisten menetelmien tuntemusta mittaavat tehtävät
Laskutehtävät Yhdistelmätehtävät		- matemaattisia laskutoimituksia sisältävät tehtävät - kahta tai useampaa tehtävätyyppiä sisältävät tehtävät

Esseetehtäviksi luokitellaan kirjoitelmatehtävät, joissa on laadittava laaja ja jäsennellyt vastaus jostakin kemian aiheesta. Selitystehtäviksi luokitellaan suppeat kirjoitustehtävät, joissa edellytetään yleensä korkeintaan muutaman virkkeen laajuista vastausta jostakin kemian aiheesta. Tyypillisiä selitystehtäviä ovat kemian käsitte-

den ja ilmiöiden kemiallisen perustan selitystehtävät sekä tehtävät, joissa on vastattava (oikein/väärin) väittämiin ja perusteltava vastaukset lyhyesti. Yhdistelmätehtävien sisältämät kirjoitustehtävät luokitellaan selitystehtäviksi, ellei kirjoitelman osuus tehtävästä ole merkittävä (esim. S00/1, S06/11).

Kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvät tehtävät jaetaan kolmeen alatehtävätyyppiin:

- 1) graafiset tehtävät
- 2) kaavatehtävät
- 3) reaktioyhtälötehtävät

Graafisiksi tehtäviksi luokitellaan graafisia esityksiä, kuten kuvia, kuvaajia, taulukoita tai kaavioita, sisältävät tehtävät, joissa tehtävän ratkaiseminen edellyttää graafisen esityksen tulkintaa. Myös taulukkokirjan jaksollisen järjestelmän tulkitsemista sisältävät tehtävät luokitellaan graafisiksi tehtäviksi (esim. K06/1). Graafisiksi tehtäviksi ei luokitella tehtäviä, jotka sisältävät tehtävän ratkaisemisen kannalta epäolennaisia kuvia tai muita graafisia esityksiä (esim. K02/1).

Kaavatehtäviksi luokitellaan kemiallisten yhdisteiden kaavojen määrittämistä ja kirjoittamista sisältävät tehtävät. Myös yhdisteiden kaavojen tulkitsemista sisältävät tehtävät luokitellaan kaavatehtäviksi. Tehtäviä, joiden ratkaiseminen sisältää automaattisesti kemiallisten yhdisteiden kaavojen kirjoittamista (esim. lasku- ja reaktioyhtälötehtävät), ei luokitella kaavatehtäviksi, ellei tehtävissä vaadita rakennekaavojen kirjoittamista. Kaavatehtäviksi ei myöskään luokitella esseetehtäviä, vaikka niihin vastaaminen saattaa sisältää kaavojen kirjoittamista. Reaktioyhtälötehtäviksi luokitellaan tehtävät, joiden tehtävänannoissa vaaditaan reaktioyhtälöiden kirjoittamista tai tasapainottamista. Tehtävät, joihin on mahdollista vastata joko sanallisesti tai reaktioyhtälön avulla, määritellään sekä selitys- että reaktioyhtälötehtäviksi (esim. K03/6).

Kokeellisiksi tehtäviksi luokitellaan tehtävät, jotka mittaavat kokeellisten menetelmien ja käytännön laboratoriotyöskentelyn tuntemusta. Kokeellisia tehtäviä ei luokitella muihin tehtävätyyppeihin kuuluviksi tehtäviksi, vaikka ne sisältävät usein graafisten esitysten tulkitsemista, laskutoimitusten esittämistä, käsitteiden selittämistä tai kaavojen ja reaktioyhtälöiden kirjoittamista. Laskutehtäviksi luokitellaan tehtävät, joiden ratkaiseminen edellyttää laskutoimitusten tekemistä tai laskukaavojen käsittelyä. Empiirisen ja molekyylikaavan määrittämiseen liittyviä tehtäviä ei kuitenkaan luokitella laskutehtäviksi. Yhdistelmätehtäviksi luokitellaan tehtävät, joihin sisältyy kaksi tai useampia eri tehtävätyyppejä.

Tutkimustulokset

Kemian reaalikokeen tehtävätyypit vuosina 1996–2006

Vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeen tehtävät voidaan jakaa tutkimuksen teorian pohjalta kuuteen päätehtävätyyppiin (ks. taulukko 1). Tehtävät jakautuvat melko tasaisesti päätehtävätyyppeihin. Eri tehtävätyyppien painotuksissa on tosin melko paljon vuosittaista vaihtelua. Kokeellisia tehtäviä on tutkimuksen mukaan selvästi vähiten. Taulukossa 2 on esitetty, miten eri tutkintokertojen tehtävät jakautuvat tehtävätyyppeihin.

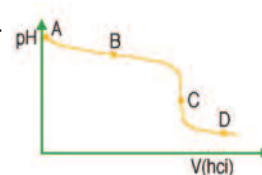
TAULUKKO 2. Vuosien 1996–2006 kemian tehtävät luokiteltuina
tehtävätyypin mukaan

Tut- kinto- kerta	Essee- tehtä- vät	Selitys- tehtävät	Kemian symboliikkaan ja visu- alisointiin liittyvät tehtävät			Kokeelli- set teh- tävät	Lasku- tehtä- vät	Yhdistel- mäteh- tävät
			Graafi- set teh- tävät	Kaava- tehtä- vät	Reaktio- yhtälö- tehtävät			
K96	1, 8	4	4	5	2	7	2, 3, 4, 6	2, 4
S96	2, 5, 8	1, 6	–	4, 6	3	7	3	3, 6
K97	6	1, 3, 5	–	4, 5, 6	–	7, 8	2, 3	3, 5, 6
S97	8	1, 4	–	3, 6	2, 6	7	2, 4, 5	2, 4, 6
K98	1, 8	2	–	4, 5	3	7	3, 6	3
S98	5, 8	1, 3, 4	–	4	–	7	2, 3, 6	3, 4
K99	8	1, 3	5	2, 4	2, 3	7	3, 6	2, 3
S99	8	1, 3	4	5	2, 4	7	2, 6	2, 4
K00	8	1	5, 7	3, 5	2, 4	–	2, 6	2, 5
S00	1, 4, 8	5	1	3	2	7	2, 5, 6	1, 2, 5
K01	5, 8	1	3	4	2, 6	7	2, 6	2, 6
S01	6, 8	1	3, 6, 8	4	2	7	2, 5	2, 6, 8
K02	6, 8	1		4	2, 3	7	2, 3, 5	2, 3
S02	8	1, 3, 6		4	2	7	2, 5	2
K03	4, 8	1, 6	5	2	3, 6	7	3	3, 6
S03	8	1, 4		3, 5	–	7	2, 6	
K04	8	1	6	4	2, 3	7	2, 3, 5	2, 3
S04	8	1	3	4, 6	2, 6	7	2, 3, 5	2, 3, 6
K05	8	1, 4, 5	5	3, 6	2	7	2, 5	2, 5
S05	8	1		4, 5	2, 3	7	2, 6	2
K06	12	6	1, 5, 7, 11, 12	10, 11	3, 7, 11, 12	9	2, 4, 8, 11	7, 11, 12
S06	9, 11	7, 8	9	1, 3, 4, 6	2, 4, 6, 11	10, 12	2, 5	2, 4, 6, 9, 11

Taulukkoon 3 on koottu tyypillisiä esimerkkejä kuuden päätehtävätyypin ja niiden alatehtävätyyppien tehtävistä. Esimerkkitehtävät on valittu siten, että ne edustavat tutkittuja kemian reaalikoetehtäviä mahdollisimman laajalta aikaväliltä. Tehtävät on myös valittu mahdollisimman tasapuolisesti sekä kevään että syksyn tutkintokertojen kokeista.

TAULUKKO 3. Esimerkkejä kemian reaalikokeen tehtävätyypeistä

Esseetehtävät		S96/5 Le Châtelier'n periaate ja sen soveltaminen erilaisissa kemiallisissa systeemeissä.
Selitystehtävät		S03/4 Selvitä lyhyesti seuraavat, atomin elektronirakenteeseen liittyvät käsitteet: a) Paulin periaate (kieltosääntö) b) Hundin sääntö c) elektronikuori d) s-orbitaali e) siirtymäalkuaine f) kvanttiluku
Kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvät tehtävät	Graafiset tehtävät	K00/7 Kun ammoniakkin vesiliuosta titrattiin suolahapolla, saatiin oheisen kuvan titrauskäyrä. Valitse pisteistä A–D se, jossa a) ammoniakkin konsentraatio on suurin b) ammoniumionin konsentraatio on suurin c) liuos on puskuriliuos d) Onko liuos pisteessä C hapan, neutraali vai emäksinen? Perustele kussakin tapauksessa vastauksesi.
	Kaavatehtävät	K04/4 a) Laadi rakennekaavat kaikille yhdisteen $C_4H_{10}O$ isomeereille. b) Millä näistä isomeereistä esiintyy optista isomeriaa? c) Mitkä isomeereistä reagoivat, kun yhdistettä käsitellään miedolla hapettimella? Laadi hapetustuotteiden rakennekaavat.
	Reaktioyhtälötehtävät	K00/4 Osoita reaktioyhtälöä hyväksi käyttäen, että a) kaliumnitraatin vesiliuos johtaa sähköä, b) kloori on voimakkaampi hapetin kuin bromi, c) amiini on emäs, d) muurilaasti kovettuu ilmassa.
Kokeelliset tehtävät		K04/7 Tehtävänäsi on valmistaa 500 ml typpihappoliuosta, jonka konsentraatio on noin 0,100 mol/l. Käytettävissäsi on 36 massa-% typpihappoa, jonka tiheys on 1,214 kg/l, tislattua vettä, byretti, pipetteja ja mittapulloja. Miten menetät? Kuva myös jotain tapaa, jolla voit määrittää valmistamasi liuoksen tarkan konsentraation.
Laskutehtävät		S05/2 Rikkihappoa valmistetaan teollisesti polttamalla rikkiä rikkidioksidiksi, hapettamalla rikkidioksidi katalyytin läsnä ollessa rikkitrioksidiksi ja liuottamalla rikkitrioksidi veteen. Kirjoita näitä reaktiovaiheita kuvaavat yhtälöt ja laske, kuinka paljon rikkihappoa voidaan enintään saada, kun koko prosessiin on käytettävissä 155 kg rikkiä ja 155 kg happikaasua. Vettä on riittävästi saatavilla.
Yhdistelmätehtävät		S98/3 Rikkihappo on kemianteollisuuden tärkein kemikaali. Suomessa sitä tuotetaan 1,3 miljoonaa tonnia vuodessa. Mihin rikkihappoa käytetään? Rautatievaunu, joka sisältää väkevää rikkihappoa, suistuu kiskoilta, ja 1,5 m ³ rikkihappoliuosta valuu maahan. Kuinka paljon natriumkarbonaattia tarvitaan tämän hapon täydelliseen neutralointiin? Väkevää rikkihappo sisältää 93 massa-% H_2SO_4 ja liuoksen tiheys on 1,84 kg/l.



Vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeissa on melko paljon *essee*tehtäviä (ks. taulukko 2). Yleensä niitä on 1–3 jokaisessa kokeessa. Jokeritehtävät ovat lähes poikkeuksetta essee

tehtäviä. Essee

tehtävien tehtävänannot sisältävät harvoin pelkän otsikon. Yleensä tehtävät sisältävät ainakin jonkin ve-

ran apukysymyksiä tai muuta ohjeistusta vastauksen laatimista varten (esim. S97/8). Tehtävänannot saattavat myös sisältää kuvia, joiden pohjalta vastaus on kirjoitettava (esim. S00/1). Essee

tehtävien aiheet vaihtelevat paljon eri tutkintokertoina, mutta pitkällä aikavälillä on havaittavissa muutamien aihepiirien toistuminen tehtävissä. Erityisesti orgaaniseen kemiaan, kemialliseen tasapainoon ja kemiallisiin sidoksiin sekä teollisuuteen ja ympäristöön liittyviä essee

tehtäviä on esiintynyt paljon vuosina 1996–2006.

Vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeissa on melko paljon *selitystehtäviä* (ks. taulukko 2). Tyypillisesti niitä on 1–3 tutkituissa kokeissa. Selitystehtävissä on tavallisesti selitettävä lyhyesti erilaisia kemian käsitteitä tai esitettävä kemiallinen perusta ilmiöille, jotka ovat usein tuttuja arkielämästä (esim. S96/1, K01/1). Selitystehtäviä sisältyy paljon yhdistelmätehtäviin (esim. K99/3). Tutkimus-aineisto sisältää myös yhden väittämätehtävän, jossa on vastattava (oikein/väärin) väitteisiin ja perusteltava lyhyesti väärät väittämät (ks. K05/4).

Vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeet sisältävät paljon *kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyviä tehtäviä* (ks. taulukko 2). Tyypillisesti niitä on 2–5 jokaisessa kokeessa, mutta vuoden 2006 molempien tutkintokertojen kokeissa tehtävien lukumäärä on ollut seitsemän (ks. taulukko 2). Alla on käsitelty erikseen kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvien tehtävien kolme alatehtävätyyppiä.

Graafisia tehtäviä esiintyy melko vähän vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeissa (ks. taulukko 2). Usein koe sisältää ainakin yhden graafisen tehtävän, mutta toisaalta monien tutkintokertojen kokeista ne puuttuvat kokonaan. Kevään 2006 koe sisältää poikkeuksellisesti viisi graafista tehtävää (ks. taulukko 2). Graafiset tehtävät mittaavat kokelaiden taitoa tulkita erilaisia graafisia esityksiä, kuten kuvaajia, kaavioita tai taulukoita (esim. K04/6). Tyypillisessä graafisessa tehtävässä on vastattava lyhyesti erilaisiin kysymyksiin jonkin kuvaajan tai kaavion avulla. Graafisten tehtävien tavallisia aihepiirejä ovat titraus ja kemiallisen reaktion energia (esim. K00/7, K99/5).

Vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeet sisältävät jonkin verran *kaavatehtäviä* (ks. taulukko 2). Yleensä niitä on 1–2 kaikissa kokeissa. Suurin osa kaavatehtävistä sisältää orgaanisten yhdisteiden rakennekaavojen tulkitsemista tai kirjoittamista (esim. S96/4, S03/5). Suhde- ja molekyylikaavan määrittämiseen liittyviä tehtäviä esiintyy myös toistuvasti kemian reaalikokeissa (esim. K96/5, K03/2). Kaavatehtävissä on usein vastattava rakennekaavan avulla jonkin orgaanisen yhdisteen funktionaalisia ryhmiä, optista aktiivisuutta, isomeriaa tai reaktioita koskeviin kysymyksiin (esim. S97/3, S04/6)). Osassa tehtävistä on kirjoitettava erilaisten yhdisteiden rakennekaavoja tai laadittava molekyylikaavan perusteella jonkin tietyn yhdisteen kaikkien isomeerien rakennekaavat (esim. S00/3, S05/4). Kaavatehtävissä vaaditaan myös usein jonkin orgaanisen yhdisteen reaktiotuotteiden rakennekaavojen kirjoittamista (esim. K00/3). Epäorgaanisten yhdisteiden kaavoihin liittyviä tehtäviä esiintyy harvemmin kemian reaalikokeissa (esim. K98/4).

Vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeet sisältävät jonkin verran *reaktioyhtälötehtäviä* (ks. taulukko 2). Yleensä niitä on 1–2 jokaisessa kokeessa, mutta joidenkin tutkintokertojen kokeissa niitä ei ole ollenkaan. Vuoden 2006 molempien tutkintokertojen kokeissa niitä on poikkeuksellisesti neljä (ks. taulukko 2). Suurin osa reaktioyhtälötehtävistä on stoikiometrisia tehtäviä, joissa vaaditaan tasapainotetun reaktioyhtälön kirjoittamista tai tehtävänannon sisältämän reaktioyhtälön kertoimien määrittämistä (esim. K96/2, S00/2). Kokeet sisältävät myös jonkin verran puhtaita reaktioyhtälötehtäviä, joissa on kirjoitettava erilaisia kemiallisia reaktioita kuvaavia tasapainotettuja reaktioyhtälöitä tai osoitettava esimerkiksi jonkin ilmiön kemiallinen perusta reaktioyhtälön avulla (esim. S05/3, K00/4). Osa reaktioyhtälötehtävistä sisältää orgaanisten yhdisteiden reaktioita kuvaavien reaktioyhtälöiden kirjoittamista rakennekaavoin (esim. S97/6, K06/11).

Vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeet sisältävät tyypillisesti yhden *kokeellisen tehtävän* (ks. taulukko 2). Vuotta 1996 edeltävien tutkintokertojen kokeissa ei ollut vastaavia tehtäviä, joten kyseessä on uusi tehtävätyyppi. Kokeelliset tehtävät mittaavat pääasiassa laboratoriotyöskentelyn ja kokeellisten menetelmien hallintaa, mutta niissä vaaditaan usein myös reaktioyhtälöiden kirjoittamista sekä laskennallisia taitoja (esim. K96/7, S03/7). Kokeelliset tehtävät eivät luonnollisesti pysty mittaamaan konkreettisesti kokelaiden käytännön taitoja, mutta tehtävänannot ovat sellaisia, että tehtäviin vastaaminen on vaikeaa ilman käytännön laboratoriokokemusta.

Tehtävissä on yleensä suunniteltava itse jokin kokeellinen menetelmä sekä esitettävä sen kemiallinen perusta (esim. S98/7). Koejärjestely ja käytännön toteutus laboratoriossa on kuvattava yksityiskohtaisesti sekä esitettävä tarvittavat laskutoimitukset. Tehtävät sisältävät usein myös kysymyksiä, jotka liittyvät käytännön laboratoriotyöskentelyyn (esim. K06/9). Kokeellisten tehtävien tyypillisiä aiheita ovat orgaaniset synteesit, liuosten valmistaminen ja niiden pitoisuuksien määrittäminen sekä kemialliset erotusmenetelmät (esim. K97/7, S03/7, K04/7).

Vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeet sisältävät melko paljon *laskutehtäviä* (ks. taulukko 2). Yleensä niitä on 2–4 jokaisessa kokeessa. Suuri osa laskutehtävistä on stoikiometrisia tehtäviä, joissa on laskettava reaktiotuotteiden tai lähtöaineiden määriä tasapainotetun reaktioyhtälön avulla (esim. S96/3, K00/2, S05/2). Tehtävissä edellytetään ainemäärään, konsentraatioon ja kaasujen tilavuuteen liittyvien laskukaavojen soveltamista. Happoihin, emäksiin ja neutraloitumiseen liittyviä laskutehtäviä on kemian reaalikokeissa melko paljon (esim. K98/6, S03/2). Tehtävissä on sovellettava erityisesti happo-emästasapainoon sekä pH:n käsitteeseen liittyviä laskukaavoja. Kemialliseen tasapainoon ja liukoisuuteen liittyvien laskutehtävien osuus on kemian reaalikokeissa varsin suuri. Tehtävissä on tyypillisesti laskettava jonkin kemiallisen reaktion tasapainovakion arvo tai jonkin reaktioon osallistuvan aineen konsentraatio tasapainon siirtymisen jälkeen (esim. K00/6, K04/5). Liukoisuuteen liittyviä laskutehtäviä esiintyy myös jonkin verran (esim. K96/4, S02/5). Tehtävissä on usein laskettava jonkin suolan liukoisuustulo tai tutkittava liukoisuustulon avulla tapahtuuko eri tilanteissa saostumista. Kemiallisen reaktion energiaan liittyy joitakin laskutehtäviä (esim. S97/4). Sähkökemian laskutehtäviä on sen sijaan hyvin vähän (esim. K99/3).

Vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeet sisältävät melko paljon *yhdistelmätehtäviä*, joissa yhdistyy kaksi tai useampia tehtävätyyppejä (ks. taulukko 2). Yleensä niitä on 1–3 jokaisessa kokeessa. Syksyn 2006 koe sisältää poikkeuksellisesti viisi yhdistelmätehtävää. Tyypillisiä yhdistelmiä ovat esimerkiksi lasku- ja reaktioyhtälötehtävä, lasku- ja selitystehtävä sekä kaava- ja reaktioyhtälötehtävä.

Tulosten pohdintaa ja johtopäätöksiä

Yhteenveto tutkimuksen päätuloksista

Vuosien 1996–2006 reaalikokeen kemian tehtävät voidaan luokitella teorian pohjalta kuuteen päätehtävätyyppiin:

- 1) esseetehtävät
- 2) selitystehtävät
- 3) kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvät tehtävät
- 4) kokeelliset tehtävät
- 5) laskutehtävät
- 6) yhdistelmätehtävät.

Kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyvät tehtävät voidaan jakaa graafisiin tehtäviin, kaavatehtäviin ja reaktio-yhtälötehtäviin. Tutkimuksen mukaan vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeet sisältävät melko tasapuolisesti essee-, selitys-, lasku- sekä kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyviä tehtäviä. Yhdistelmätehtäviä, joihin sisältyy vähintään kaksi tehtävätyyppeä, esiintyy myös varsin paljon kemian reaalikokeissa. Kokeellisia tehtäviä on sen sijaan selvästi vähemmän kuin muiden päätehtävätyyppien tehtäviä. Eri tutkintokertojen kokeissa on luonnollisesti jonkin verran vaihtelua eri tehtävätyyppien painotuksissa. Vuoden 2006 tutkintokertojen kokeissa on esiintynyt erityisen paljon kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyviä tehtäviä. Syksyn 2006 koe sisältää myös tavallista enemmän yhdistelmätehtäviä.

Tutkimustulosten merkitys

Tutkimuksen mukaan vuosien 1996–2006 kemian reaalikokeet sisältävät monipuolisesti erilaisia tehtävätyyppejä. Lasku-, essee- ja selitystehtävien osuus koetehtävistä on merkittävä, joten voidaan päätellä, että kemian reaalikoetehtävät mittaavat kemian tietojen ja taitojen lisäksi myös matemaattisten prosessien hallintaa sekä kykyä tuottaa jäsenneltyjä kirjallisia vastauksia. Kemian symboliikkaan ja visualisointiin liittyviä tehtäviä esiintyy paljon kemian reaalikokeissa. Tämä viittaa siihen, että kemian symbolisen kielen hallitseminen ja taito tulkita erilaisia graafisia esityksiä ovat kemian lukio-opetuksen tärkeitä tavoitteita.

Symboliikkaan ja visualisointiin liittyviä tehtäviä on ollut poikkeuksellisen paljon vuoden 2006 tutkintokertojen kokeissa, mikä saattaa ennakoida tämän tehtävätyypin painottumista entisestään tulevaisuuden kemian opetuksessa. Tutkimuksen mukaan kemian reaalikokeissa on melko paljon yhdistelmätehtäviä, jotka sisältävät vähintään kahta eri tehtävätyyppeä. Yhdistelmätehtävät mittaavat kattavasti lukio-laisten osaamista, mikä selittää ainakin osittain niiden melko suuren määrän kemian reaalikokeissa. Toisaalta voidaan päätellä, että yhdistelmätehtävien avulla on pyritty lisäämään kemian tehtäviin vastaamista sekä vastausten tasoa, koska niissä on

todennäköisesti pienempi riski jäädä kokonaan pisteittä kuin esimerkiksi puhtaissa laskutehtävissä.

Kemian kokeellisen luonteen ymmärtäminen sekä kokeellisten menetelmien tunteminen ovat tutkimuksen mukaan tärkeitä kemian opetuksen päämääriä, sillä kaikki tutkitut kokeet yhtä lukuun ottamatta sisältävät kokeellisen tehtävän. Voidaan päätellä, että tavoitteena on sekä korostaa kokeellisuuden merkitystä kemiassa ja sen ymmärtämisessä että erityisesti ohjata kemian lukio-opetusta entistä kokeellisempaan suuntaan.

Lähteet

Erätuuli, M. & Meisalo, V. 1994. Evaluaation peruskysymyksiä luonnontieteissä, Yliopistopaino. Helsinki. 15–16.

Fraser, B.J. & Tobin, K.G. (ed.) 2003. International Handbook of Science Education: Part Two. Kluwer Academic Publishers, Alankomaat. 761–811.

Gabel, D.L. (ed.) 1994. Handbook of Research on Science Teaching and Learning. Macmillan Publishing Company, New York. 388–420.

Gilbert, J. (ed.) 2004. The RoutledgeFalmer Reader in Science Education. RoutledgeFalmer, Lontoo. 189–196.

Haavisto, J. (toim.) 1974. Reaalikoeohjeita. Reaalikoekysymykset vv. 1950–1973 ja yleisohjeita sekä vastauksia. 6. lisätty painos, WSOY, Porvoo. 94–127.

Haavisto, J. (toim.) 1985. Reaalikoeohjeita. Reaalikoekysymykset 1972–1985 ja yleisohjeita sekä vastauksia. 11. painos, WSOY, Juva. 112–178.

Kaarninen, M. & Kaarninen, P. 2002. Sivistyksen portti: Ylioppilastutkinnon historia. Otava, Keuruu. 11–19, 62–63, 84–101, 164–182 ja 226–337.

Karjalainen, M. ja A. Kemian sivut, Ylioppilaskokeen kemia 1995–2006, <http://www.kemi.fi/lukio/yo/index.html>. Luettu 8.4.2007.

Karjalainen, M. ja A. Ylioppilaskokeen kemian kysymykset kevät 2005, <http://www.kemi.fi/lukio/yo/index.html>. Luettu 8.4.2007.

Karjalainen, M. ja A. Ylioppilaskokeen kemian kysymykset syksy 2005, <http://www.kemi.fi/lukio/yo/index.html>. Luettu 8.4.2007.

Karjalainen, M. ja A. Ylioppilaskokeen kemian kysymykset kevät 2006, <http://www.kemi.fi/lukio/yo/index.html>. Luettu 8.4.2007.

Karjalainen, M. ja A. Ylioppilaskokeen kemian kysymykset syksy 2006, <http://www.kemi.fi/lukio/yo/index.html>. Luettu 8.4.2007.

Koppinen, M., Koppinen, E. & Pollari, J. 1999. Arviointi oppimisen tukena. 2.painos, WSOY, Juva. 8–10, 32–33 ja 52–63.

Lavonen, J. & Meisalo, V. 1998. Arvioinnin monipuolistaminen fysiikassa ja kemiassa. Osa 2, Dimensio 62(1). 19.

Lukion opetussuunnitelman perusteet 1994. Opetushallitus. 2.painos, Painatuskeskus Helsinki. 80–82.

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Opetushallitus. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala. 152–155.

Meisalo, V. & Erätuuli, M. 1985. Fysiikan ja kemian didaktiikka. 1.painos, Otava, Keuruu. 115–127.

Millar, R., Leach, J. & Osborne, J. (ed.) 2000. Improving Science Education: The Contribution of Research. Open University Press, Buckingham Philadelphia. 48–52 ja 62.

National Science Education Standards,
<http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/>. Luettu 24.9.2007.

Saarinen, H. 2004. Kemian ylioppilastehtävät ratkaisuihin 1994–2004. 11.painos, MFKA-Kustannus Oy, Saarijärvi. 13–37.

Salmio, K. 2004. Esimerkkejä peruskoulun valtakunnallisista arviointihankkeista kestävän kehityksen didaktiikan näkökulmasta. Joensuun yliopistopaino, Joensuu. 99.

Science Teaching Reconsidered: A Handbook. 1997. Committee on Undergraduate Science Education, National Research Council. National Academy Press, Washington D.C. 41–42.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. 105–121.

Uusikylä, K. & Atjonen, P. 2005. Didaktiikan perusteet. 3. uudistettu painos, WSOY, Helsinki. 191–204.

Virtanen, A. (toim.) 1935. Ylioppilastutkinnon reaalikoe vv. 1926–1934. 3.painos, Kirjapaino Tarmo, Helsinki. 14–17.

Virtanen A. (toim.) 1951. Ylioppilastutkinnon reaalikoe. Reaalikoekysymykset vv. 1930 – 1950 ja kokoelma vastauksia. 4.tarkistettu painos, WSOY, Porvoo. 43–55.

Vuorio-Lehti, M. 2006. Valkolakin viesti: Ylioppilastutkintokeskustelu Suomessa toisen maailmansodan jälkeen. Painosalama Oy, Turku. 11–15 ja 49–67.

Vaaralliset kemikaalit vartijakoulutuksessa

Leo Virtanen

Maija Aksela.

Kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos, Helsingin yliopisto

Suomessa on kymmeniä vartiointialan yrityksiä ja alalla työskentelee yli kymmenentuhatta henkilöä. Usein vartija joutuu työssään tekemisiin erilaisten kemikaalien kanssa. Tutkimuksessa etsittiin vastauksia kysymyksiin, minkälaisiin kemikaalionnettomuuksiin tai kemikaalialtistustilanteisiin vartijat saattavat joutua, onko vartijoilla tarvittava kemikaalitietämys vaarallisten kemikaalien parissa työskentelyä varten sekä miten vaarallisia aineita opetetaan. Tutkimus toteutettiin käymällä läpi vartijakurssien lakisääteiset sisällöt ja viime vuosina sattuneet kemikaalionnettomuudet sekä ne kemikaalit, jotka aiheuttavat eniten työperäistä kemikaalialtistusta. Lisäksi vartijoille suoritettiin syvähaastattelu. Saatujen tulosten pohjalta luotiin vartijakursseille opetusmateriaali vaarallisista kemikaaleista.

Asiasanat:

Vartija, vartijakoulutus, kemikaalit, TVATM-varoitusmerkistö, VAK-luokka, kemikaalionnettomuus

Suomessa toimii kymmeniä vartiointialan yrityksiä sekä iso joukko yrityksiä, joiden toimenkuvaan vartiointitoiminta kuuluu jollain tavalla. Ala työllistääkin pitkälti yli kymmenentuhatta henkilöä. Yritysten vartiointi toimii Suomessa pääsääntöisesti ostopalveluna, minkä seurauksena vartiohenkilöstö ei kuulu vartioimiensa kohteiden työterveydenhuollon piiriin.

Tuotantolaitoksissa, jalostamoilla, varastoilla ja varikoilla on tarvetta vartiointiin ja useassa tapauksessa se on lisäksi lain velvoittamaa. Tästä syystä vartijoita käy ja oleskelee alueilla, joissa valmistetaan, käsitellään tai varastoidaan vaarallisia aineita. Vartiointitarve on yleensä suurin silloin, kun varsinainen toiminta on keskeytynyttä, kuten yöaikaan. Tällöin vartija saattaa olla ainut henkilö, joka käy alueella. Riski siihen, että vartija törmää ensimmäisenä kemikaalivuotoon, on suuri. Käytännössä kaikista vartiointikohteista löytyy haitallisia tai vaarallisia kemikaaleja, jos ei muualta, niin ainakin siivouskaapeista. Vartijana toimimiseen edellytetään koulutuksena ainoastaan vartijakurssin suorittamista.

Kohdeyritysten velvollisuudet

Vartiointi on hyvin yleisesti suoritettu alihankintana vartiointiliikkeistä. Tällöin yrityksessä työskentelevät vartijat eivät ole yrityksen omia työntekijöitä eivätkä näin ollen kuulu esimerkiksi vartioitavan yrityksen henkilökuntatoiminnan tai työterveydenhuollon piiriin. Vaikka kyse on alihankintayrityksen työntekijästä, on vartioitavalla yrityksellä velvoitteita kaikkia yrityksen tiloissa työskenteleviä kohtaan. Lisäksi kemikaalien varastointiin liittyy tiettyjä velvollisuuksia.

Laki velvoittaa kaikilta toiminnanharjoittajilta, että kohteiden vastuuhenkilöiden tulee tietää käytössä olevien kemikaalien vaarallisista ominaisuuksista ja niiden

luokituksesta, sekä näiden kemikaalien käsittelyyn liittyvistä vaaroista. Lisäksi heidän pitää valita käyttöön eri vaihtoehtoista vähiten vaaraa aiheuttava kemikaali, räjähdde tai menetelmä. Toiminnanharjoittajien tulee noudattaa riittävää huolellisuutta ja varovaisuutta henkilö-, ympäristö- ja omaisuusvahinkojen estämiseksi. Heillä on myös velvollisuus puhdistaa mahdolliset kemikaaleista aiheutuneet saastuneet rakenteet ja ympäristö siten, ettei niistä aiheudu vaaraa ihmisen terveydelle tai ympäristölle.

Suurten teollisuuslaitosten on lisäksi otettava käyttöön turvallisuusjohtamisjärjestelmiä, joihin kuuluu yksityiskohtaisen riskin arvioinnin laatiminen mahdollisista onnettomuuksista. Lisäksi tuotantolaitosten pitää laatia toimintaperiaateasiakirja, jos tuotantolaitoksen kemikaalimäärien perusteella lasketut suhdeluvut ylittävät annetut rajat (asetus 59/1999 liite I). Toimintaperiaateasiakirjalla luodaan perusteet onnettomuuksien ehkäisemiseksi yrityksessä. Myös kaikissa laajamittaisista teollista käsittelyä ja varastointia harjoittavissa tuotantolaitoksissa on oltava käytön valvoja, joka tuntee kemikaaleja koskevat säännökset ja määräykset. Heidän velvollisuutenaan on huolehtia siitä, että tuotantolaitoksessa toimitaan kemikaaleja koskevien säännösten mukaisesti.

Seveso II -direktiivi (96/82/EY) on astunut voimaan ja tiukentanut vaarallisten kemikaalien käsittelyä ja varastointia koskevia säädöksiä. Direktiivin tarkoituksena on ehkäistä vaarallisten aineiden aiheuttamia suuronnettomuuksia ja rajoittaa niiden ihmisiin ja ympäristöön aiheuttamia vaikutuksia (Seveso, 1999). Direktiiviin liittyvä asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (n:o 59/1999) vaatii yrityksiä huolehtimaan toiminnan laajuuteen nähden riittävän tehokkaasti kemikaalien käsittelystä ja varastoinnista niin, ettei toiminnasta aiheudu henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahinkoja.

Yrityksen velvoitteet kemikaalien osalta riippuvat myös yrityksen koosta ja erityisesti yrityksen kemikaalipuolen laajuudesta. Vähäistä toimintaa valvoo alueellinen pelastusviranomainen, isompaa turvatekniikan keskus. Toiminnan laajuus määrittää kemikaalien määrän ja vaarallisuuden suhdelukujen perusteella. Suhdelukujen summa lasketaan erikseen kullekin kolmelle vaararyhmälle.

Lait määrittelevät kemikaalien kanssa tekemisissä oleville yrityksille erilaisia velvoitteita kemikaaliturvallisuuden parantamiseksi. Tämän piiriin kuuluvat myös yrityksissä toimivat ulkopuolisen työnantajan työntekijät..

Tapahtuneet onnettomuudet

Viime vuosien aikana Suomessa tapahtuneet onnettomuudet antavat suuntaa siitä, minkälaisia onnettomuuksia voi sattua ja kuinka paljon tietynlaisia onnettomuuksia sattuu. Tukes (Turvatekniikan keskus) on velvoitettu seuraamaan tiettyjen alojen turvallisuutta ja rekisteröimään kaikki näillä aloilla sattuneet onnettomuudet. Nämä tietyt alat ovat

- sähkö ja hissit
- vaaralliset aineet
- painelaitteet

- mittaaminen
- jalometallituotteet
- tarkastuslaitokset.

Tukes:in raportit näyttävät suuntaa siitä, mitä on tapahtunut ja mitä voi tapahtua. Täytyy tosin huomioda, että vain murto-osa niistä onnettomuuksista, jotka pitäisi ilmoittaa Tukes:ille, tosiaan ilmoitetaan sille. Pitää myös erottaa työssä altistuminen onnettomuudesta. Onnettomuudeksi ei rekisteröidä edes niitä tilanteita, joissa tahallisen välinpitämättömyyden takia työntekijä altistuu raja-arvojen ylittäviin ainepitoisuuksiin. (Rusanen ym. 2006)

Tutkimuksessa seurattiin varsinaisesti kolmen viimeisen vuoden aikana ilmoitettuja onnettomuuksia eli vuosien 2003, 2004 ja vuoden 2005 onnettomuuksia. Lisäksi tutkimuksessa luotiin yleissilmäys tämän vuosituhannen aiempiin toimialojen onnettomuuksiin.

Sattuneiden onnettomuuksien raportoinnin tarkkuus riippuu hyvin paljon siitä, ketkä ovat raportin tehneet. Siksi on hyvä ottaa esille teoreettinen malli siitä, kenen pitäisi olla vastuussa sattuneen onnettomuuden tutkinnasta ja raportoinnista.

- Taso 1.* Työnjohtaja ja työsuojeluvaltuutettu tutkivat kaikki raportoidut tapaukset (onnettomuudet ja vaaratilanteet) ensimmäisellä tasolla.
- Taso 2.* Ongelmanratkaisuryhmä tutkii vakavaksi arvioitua tapahtumaa, jotka voivat johtaa tai ovat johtaneet vakaviin seurauksiin.
- Taso 3.* Onnettomuustutkintalautakunta tutkii ne harvat tapaukset, joissa toteutunut tai mahdollinen vahinko on suuri

Onnettomuudet vuosina 2003–2005

Rekisteröityjä onnettomuuksia oli kaikkiaan 331 kappaletta ja rekisteröityjä vaaratilanteita 41 kappaletta. Huomattavasti suurin onnettomuusryhmä oli kemikaalionnettomuudet, joita oli rekisteröity jopa 160 kappaletta. Ilotuliteonnettomuuksia oli 38 kappaletta, painelaitteonnettomuuksia oli 24 kappaletta, vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyviä onnettomuuksia oli 9 kappaletta ja 3 räjähdä onnettomuutta. Loput onnettomuudet sattuiivat hissi-, sähkö- ja kaivostapaturmina. Kaikissa edellä mainituissa onnettomuuksissa kuoli 11 henkilöä ja 142 loukkaantui. Näissä onnettomuuksissa eri kemikaaleille altistuneiden kokonaismäärää ei ole arvioitu. Kaikista onnettomuuksista selvästi yleisin onnettomuustyyppi oli vuodot.

Vaikka suurimmassa osassa onnettomuuksia ei ole saatavilla onnettomuustutkintalautakunnan raporttia, eikä niistä siis voida nähdä mahdollista vartijan osuutta. Ei myöskään kaikista raportoiduissa selvityksistä käy selville onko vartijoita ollut mukana asian hoidossa. Vartija on kuitenkin kuvattu mm. sellutehtaan onnettomuuden yhteydessä ensimmäisenä paikalle tulleen ja hälytyksen tehneenä. Osa näistä tapauksista missä vartijaa ei ole erikseen kuvattu on kuitenkin sellaisia, että mitä todennäköisimmin vartija on ollut ensimmäinen henkilö paikalla.

Vuonna 2004 rekisteröityjä onnettomuuksia oli 293 kappaletta ja rekisteröityjä vaaratilanteita 75 kappaletta. Ehdottomasti suurin onnettomuusryhmä oli kemikaalionnettomuudet, joita oli rekisteröity peräti 115 kappaletta. Ilotuliteonnettomuuksia oli 48 kappaletta, painelaitteonnettomuuksia oli 19 kappaletta, vaarallisten aineiden

kuljetuksiin liittyviä onnettomuuksia oli 12 kappaletta ja yksi räjähdeonnettomuus. Loput onnettomuudet sattuivat hissi-, sähkö- ja kaivostapaturmina. Kaikissa edellä mainituissa onnettomuuksissa kuoli 33 henkilöä ja 134 loukkaantui. Näissä onnettomuuksissa eri kemikaaleille altistuneiden määrää ei ole arvioitu kokonaisuudessaan. Selvästi yleisin onnettomuustyyppi oli vuodot.

Kuten vuoden 2003 raporteista niin vain pieni osa raporteista on sellaisia joista käy selville oliko vartija mukana toiminnassa vai ei. Suurin onnettomuus missä vartija oli ensimmäisenä paikalla sekä hälytti lisä avun oli tulipalo pintakäsittelylaitoksessa. Tässä esimerkkitapauksessa oli huomion arvoista se että vartija oli tarkistamassa liiketunnistimen aiheuttanutta hälytystä eikä ollut varautunut mahdolliseen paloon. Tilanteen vaarallisuudesta kertoo se että lähialueen kiinteistöt jouduttiin evakuoimaan mahdollisen syaanivetyvaaran vuoksi.

Vuonna 2005 rekisteröityjä onnettomuuksia oli 283 kappaletta ja rekisteröityjä vaaratilanteita 65 kappaletta. Myös vuonna 2005 suurin onnettomuusryhmä oli kemikaalionnettomuudet, joita oli rekisteröity 99 kappaletta. Ilotuliteonnettomuuksia oli 49 kappaletta, painelaitteonnettomuuksia 26 kappaletta, vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyviä onnettomuuksia oli 5 kappaletta ja yksi räjähdeonnettomuus. Loput onnettomuudet sattuivat hissi-, sähkö- ja kaivostapaturmina. Kaikissa edellä mainituissa onnettomuuksissa kuoli 20 henkilöä ja 156 loukkaantui. Näissä onnettomuuksissa eri kemikaaleille altistuneiden määrää ei ole arvioitu kokonaisuudessaan. Kemikaalionnettomuustyypeistä selvästi yleisin oli vuodot (77 %). Myös kaikista onnettomuuksista selvästi yleisin onnettomuustyyppi kaikissa kohteissa oli vuodot.

Tutkimuksen teko hetkellä osalla vuoden 2005 onnettomuuksista oli onnettomuustutkinta vielä kesken, eikä niistä ollut saatavilla raporttia. Näissä silloin valmiina olleista raporteissa ei ole erillistä mainintaa vartijoista, mutta osa onnettomuuksista on sellaisia, että vaikka mainintaa ei erikseen ole, on vartija todennäköisesti ollut ensimmäisenä paikalla. Esimerkkinä voisi mainita varkaiden aiheuttamat vahingot. Suuressa osassa onnettomuusraportteja tapahtumien kulku oli kuvattu pääpiirteittäin eikä raportin perusteella voinut nähdä, oliko vartijahenkilökuntaa ollut mukana toiminnassa. Tärkeimpänä huomioitavana on edelleen se seikka, että vain osasta rekisteröidyistä tapauksista löytyi yleisesti saatavilla oleva raportti. Kuten vuoden 2004 raporteista myös nyt voidaan arvioida, että valtaosassa kemikaalionnettomuuksista vartija olisi voinut olla ensimmäinen henkilö paikalla.

Onnettomuusraporttien perusteella näyttää siltä, että onnettomuuksien määrä vähenisi vuosi vuodelta, mikä olisi loogista, kun valvonta tehostuu ja kehitellään koko ajan uusia suojamuotoja. Näin suppealla otannalla ei kuitenkaan voi vetää luotettavia johtopäätöksiä. Jopa Tukes'in tutkijat itse myöntävät, että vain osa onnettomuuksista ilmoitetaan heille. Rekisteröityjen onnettomuuksien ja rekisteröityjen vaaratilanteiden outo suhde antaa hyvin vahvoja viitteitä siitä, ettei varsinkaan vaaratilanteita ilmoiteta eteenpäin.

Suurin onnettomuusryhmä on selvästi kemikaalionnettomuudet. Kemikaalionnettomuuksien suurin aiheuttaja oli erilaiset vuodot. Jos jaetaan kemikaalionnettomuuksiin joutuvat henkilöt sen mukaan, aiheutuiko altistus tässä ja nyt tehdystä

työstä, kuten hitsaajan kuumentaman pullon räjähdyksestä, vai riittikö se, että oli paikalla oikeaan aikaan oikeassa paikassa tai paremminkin väärässä paikassa väärään aikaan. Ilmoitettujen tapausten perusteella huomataan että suurin osa kemikaalionnettomuuksista oli sellaisia, että niille olisi voinut altistua kuka tahansa paikalla ollut. Jos tätä taustaa vasten katsomme, että ainoa henkilö yöaikaan eli ehkä kolmasosan vuorokaudesta on kierroksia tekevä vartija, niin voimme tulla vain siihen johtopäätökseen, että vartijan riski joutua tekemisiin kemikaalionnettomuuksien kanssa on verrattain korkea.

Onnettomuustutkintalautakunta oli tutkinut ja raportoinut vain pienen osan onnettomuuksista. Suurimmassa osassa onnettomuuksista on annettu vain ilmoitus TUKES:ille, kuten: kaasupullo vuoti varastoalueella, vuoto suljettu ja korjattu. Vaikkei edes onnettomuustutkintalautakunnan raporteista käy selville, kuinka usein vartija on ollut tekemisissä näiden onnettomuuksien kanssa, voidaan raporteista varmuudella todeta, että vartijoita on osallisena kemikaalionnettomuuksien löydöissä ja hoidossa. Voidaan myös todeta, että on olemassa selvä riski, että vartijat saattavat työssä puolesta joutua altistuneeksi erilaisille vahingollisille kemikaaleille. Raporteista kävi myös ilmi se, että vartijoilla on avaimet ja pääsy alueille, joissa säilytetään kemikaaleja. Ja heillä on myös velvollisuus käydä näillä alueilla. Raportit toivat myös esille sen, että mitä omituisimmissa paikoissa on mitä omituisimpia kemikaaleja, joten pelkällä loogisuudella ei voi päätellä, mitä aineita mistäkin vartiointikohteesta löytyy.

Pidemmällä aikavälillä ei ole havaittavissa niin selkeästi onnettomuuksien vähenemistä kuin arvioitaessa vain vuosia 2003–2005. Vartijoiden osalta aikaisemmat raportit ja muu materiaali vaikuttavat olevan samansuuntaisia kuin vuosien 2003–2005 raportit.

Vartijan vaatimukset sekä koulutus

Vartijan pätevyysvaatimukset

Vartijana voi toimia henkilö, joka on täyttänyt 18 vuotta ja jolle poliisiviranomainen on myöntänyt vartijakortin. Vartijakortin myöntämisen perusteena on nuhteeton rikosrekisteri sekä suoritettu vartijan työn perusteet -osan (40 h) kurssi, yksityisistä turvallisuuspalveluista annetun lain (282/2002) mukaisesti. Pelkän vartijan työn perusteet suorittanut henkilö voi toimia vain väliaikaisena vartijana, joka kuitenkin pystyy tekemään kokopäiväistä vartijan tointa neljä kuukautta joka kalenterivuonna. Väliaikainen vartijakortti on voimassa korkeintaan neljä kuukautta kerrallaan ja se pitää hakea aina uudestaan. Vakituisealta vartijalta vaaditaan vartijan työn perusteet -kurssin lisäksi hyväksyttävästi suoritettu vartijan peruskurssi (60 h), joka on edellytyksenä yksityisistä turvallisuuspalveluista annetun lain (282/2002) mukaisesti vartijaksi hyväksymiselle. Vakituisen vartijan vartijakortti on voimassa viisi vuotta kerrallaan. Vartijakortin saamisen edellytyksenä olevan nuhteettoman taustan määrittämisestä on erilaisia tulkintoja, jonka seurauksena vartijaksi on hyväksytty henkilöitä, joilla on lieviä rikoksia rikosrekisterissä.

Vartijoina toimii myös henkilöitä, jotka ovat suorittaneet vanhanmallisen vartijakurssin (40 h). Näiden henkilöiden vartijakortti kuitenkin meni vanhaksi viimeis-

tään vuoden 2007 loppupuolella, sillä uusi kurssimuoto tuli voimaan vuonna 2002 ja vartijakortin voimassaoloaika on maksimissaan viisi vuotta. Ainakin osalle näistä korteista on annettu jatkoaikaa. Pätevyyden hyväksyminen on jätetty nimismiespiireille, minkä seurauksena korttien myöntämisessä on sekava käytäntö. Osalle vanhan mallisen korttien hakijoista korttia ei uusittu, vaan heidän täytyi käydä uuden opetussuunnitelman mukainen kurssi (40 h + 60 h). Osa sai jatkoajan ja joillekin vanhan pätevyyden katsotaan olevan riittävä ja heille myönnetään viiden vuoden kortti. Lisähuomion arvoinen on myös kahden päivän vartijan lisäkurssi, jota järjestettiin vartioyritysten omana koulutuksena vanhan mallisen vartijakurssin suorittaneille vartijoille. Tätä lisäkoulutusta annettiin heti uusien tutkintovaatimusten tultua voimaan ja sen antaminen on jo lopetettu. Lisäkoulutuksen tavoite oli täydentää vanha oppimäärä uuden tasoiseksi. Suuri painoarvo laskettiin työkokemukselle, jonka piti korvata puuttumaan jäävät tunnit. Se, miten eri nimismiespiirit suhtautuvat sitten tällaisen koulutuksen pätevyteen, riippuu nimismiespiiristä. Edellä mainittujen vartijakortillisten vartijoiden lisäksi vartiointialalla on töissä vartijakortittomia henkilöitä. Kaikki vartiointialan toimet eivät edellytä vartijakortin omistamista, ja tällöin henkilöltä ei vaadita minkäänlaista vartiointialan koulutusta. Vartijakortittomat henkilöt eivät kuitenkaan voi toimia tehtävissä, joiden virallisena nimikkeenä on vartija. Kyseiset henkilöt ovat yleensä jonkin kohteen omia työntekijöitä, sillä pääsääntöisesti vartioliikkeet pitävät listoillaan vain vartijakortillisia työntekijöitä.

Vartijan koulutus

Vartijoiden koulutukseen liittyvä lainsäädäntö on hyvin yksityiskohtaista, ja se toimii vartijakurssien opetussuunnitelmana. Lainsäädännöllä on pyritty korjaamaan vanhaa käytäntöä, jossa asiat ja asiasisällöt riippuivat kurssin pitäjistä.

Väliaikaisen vartijan koulutuksen sisällössä ei ollut suoraan mainintaa kemikaaleista, mutta sieltä löytyivät ennaltaehkäisy ja vartijan toiminta vahinkotilanteissa (2 h) sekä toiminta paloa ennaltaehkäisevässä työssä ja palotilanteissa. Periaatteessa näiden yhteydessä kouluttaja olisi voinut käsitellä vaarallisia kemikaaleja. Käytännössä osioon ennaltaehkäisy ja vartijan toiminta vahinkotilanteissa kuuluu niin paljon erilaista asiaa eikä vähiten lakitekstiä, että on epätodennäköistä, että näihin kahteen tuntiin olisi liitetty mukaan kemikaalivaarojen tunnistusta. Toiminta paloa ennaltaehkäisevässä työssä ja palotilanteissa -osiolle ei ole määrätty minimiaikaa niin kuin edelliselle osiolle, joten se saattaa kestää vain tunnin, koska neljäänkymmenen tuntiin on sisällytetty paljon teemoja. Toiminta paloa ennaltaehkäisevässä työssä ja palotilanteissa osiossa käydään läpi sammuttimien löytö kohteista sekä niiden käyttö ja lisäksi vielä aiheeseen liittyvää lakitekstiä, joten on hyvin epätodennäköistä, että tässäkään osiossa olisi aikaa käsitellä vaarallisia kemikaaleja.

Vartijakoulutuksen sisällöstä ei myöskään löytynyt suoraa mainintaa vaarallisista kemikaaleista. Mahdollisia aiheita, joiden yhteydessä asiaa olisi voitu teoriassa käsitellä, olivat turvallisuustekniikka (4h) sekä palo- ja pelastustoiminta (6 h). Lakiin merkittyihin opetussisältöihin kumpaankaan aiheeseen ei oltu laitettu minkäänlaista merkintää kemikaaliturvallisuudesta. Turvallisuustekniikkaan oli laitettu mukaan prosessihäiriölaitteiden valvontaan liittyvä tekniikka. Turvallisuustekniikka (4 h) pitää ilmeisesti sisällään vain valvontalaitteiden läpikäyntiä. Palo- ja pelastustoiminta

(6 h) tarkoittaa taas käytännössä tulityökortin suorittamista. Väliaikaisen vartijan koulutuksessa käydyt palo- ja pelastustoimintatunnit lasketaan mukaan tulityökorttiin vaadittavaan oppimäärään.

Tulityökortin saaminen edellyttää kahdeksan tunnin kurssin suorittamista. Kahdeksan tunnin kurssin keskeisenä tavoitteena on, että tulityöntekijä tietää ja tuntee tulitöiden vaarat sekä tulitöihin liittyvän ohjeistuksen ja lupakäytännön. Tämän lisäksi tulityöntekijän pitäisi osata tehdä tarvittavat tulitöiden turvatoimenpiteet sekä hallita alkusammutus. Kurssin merkittävimmäksi tavoitteeksi on laitettu, että viimeistään kurssin jälkeen oppilas osaisi asennoitua oikein tulitöiden vaaroihin. Kurssin päätteeksi oppilas joutuu suorittamaan tulitöiden turvallisuustutkimuksen, joka oikeuttaa tulityökorttiin. Kurssien sisällön erityinen paino on käytännön harjoittelulla, minkä vuoksi jokainen kurssilainen harjoittelee muun muassa turvatoimenpiteiden tekemistä sekä alkusammutusta. Vartijat suorittavat tämän kurssin tavallaan kaksiosaisena, ja koska alkuosan suorittamisesta on oppilaalla voinut kulua periaatteessa jo vuosia, täytyy vartijoiden kurssilla mitä ilmeisimmin käydä alkupään asiat uudelleen läpi. Alkupään asioiden uudelleen käyminen tarkoittaisi käytännössä sitä, että vartijakurssin tulityökortti saadaan oikeastaan kuuden tunnin kurssilla. Koska edellä mainitun lisäksi kurssin pääpaino on käytännön harjoittelulla, on epätodennäköistä, että kurseilla käsiteltäisiin vaarallisia kemikaaleja. On myös epätodennäköistä, että kaasujen käyttäytymistä ehdittäisiin käydä tarkasti läpi.

Vartijakoulutus muissa maissa

Vartijakoulutuksen kehittämisen kannalta on tärkeää myös tarkastella, miten koulutus on järjestetty muissa Pohjoismaissa sekä EU-maissa. Tämän lisäksi on hyvä tarkastella myös Yhdysvaltoja, joka lienee ainoa valtio, johon EU:ta kokonaisuudessaan voisi jollain tavalla verrata.

Verrattaessa Suomessa järjestettävää vartijakoulutusta muissa Pohjoismaissa järjestettävään koulutukseen havaitaan vartijakoulutuksen olevan samansuuntainen kaikissa maissa, vaikka Norjassa ollaan vasta menossa pitempään koulutukseen ja Suomesta puuttuu työharjoittelu. Tutkimuksessa ei tullut esille, että missään läpikäydyistä Pohjoismaista annettaisiin lakisääteistä koulutusta kemikaalien vaaroista. Muiden EU-maiden vertailu osoitti, että vartijakoulutus on hyvin erilaista eri maissa, ja että se puuttuu kokonaan osasta valtioita. Merkille pantavaa oli myös se, että pohjoismainen malli näyttäisi olevan laajuudeltaan kattavampi kuin valtaosalla muista EU-maista. Yhdysvaltojen vertailusta kävi ilmi, että siellä koetaan tarvetta yhdenmukaistaa turvallisuuskoulutus koko maan alueella. Ilmeisesti EU:n joissain foorumeissa väläytellään samanlaisia ajatuksia ja on hyvin mahdollista, että EU:n alueelle tulee joskus yhdenmukainen vartijakoulutus. Koska Pohjoismaat ovat jo nyt kärkisijoilla koulutuksen keston suhteen, on epätodennäköistä, että yhtenäinen koulutusmalli olisi pidempi kuin nykyiset Pohjoismaiden kurssit. Yhdysvalloissa esillä ollut ajatus vuosittaisesta vartijoiden täydennyskoulutuksesta oli mielenkiintoinen ja saattaa olla tulevaisuutta myös meillä.

Vartijoiden haastattelu

Haastatteluissa kävi ilmi, että myös varttuneempaa väkeä työskentelee vartiointialalla. Kävi selväksi myös että jotkut näistä varttuneimmista ovat tulleet vartiointialalle vasta hiljakkoin. Vartijakoulutus on aikuiskoulutusta ja haastatteluista saadun informaation perusteella näkyy, että vartijakursseilla on henkilöitä, joiden peruskoulutuksesta on jopa vuosikymmeniä. Tämä on tärkeää, kun huomioidaan vartijakurssilaisen peruskoulussa saavuttamaa kemian tietämyksen pohjaa.

Ainoa yhteinen koulutus haastateltavilla oli vartijakurssien lisäksi peruskoulu. Alalla on myös kohtuullisen hyvän koulutuksen saaneita sivutoimisia vartijoita, jotka ovat päätoimisia opiskelijoita. Vartiointialalla työskentelee kuitenkin myös iso joukko ihmisiä, jotka eivät käytännössä ole suorittaneet vartijakurssin lisäksi muuta kuin peruskoulun.

Kukaan haastatelluista ei muistanut, että vartijakurssilla olisi varsinaisesti käsitelty vaarallisia aineita tai kemikaaleja. Haastattelun tulos ei täysin sulje pois, ettei jollain vartijakurssilla olisi käsitelty kyseisiä aiheita, mutta ainakaan haastatelluille annetussa koulutuksessa ne eivät ole olleet mukana tai ne on käsitelty niin, ettei niistä ole jäänyt mielikuvia. Koska haastateltavat olivat suorittaneet eri aikaan ja eri paikoissa vartijakoulutuksensa, niin näyttäisi, etteivät kyseiset aiheet ole mukana vartijakoulutuksessa.

Vartijoiden kemikaalitietämys

Haastatteluista saadun informaation perusteella näyttäisi, että suuri osa vartijoista ei ymmärrä aineen kolmea olomuotoa, eikä näin ollen myös sitä, että nesteenä oleva aine voi muuttua kaasuksi.

Tulosten perusteella näyttäisi siltä, että suurehko osa vartijoista ei kykene ymmärtämään hapen syrjäytymisen vaaraa ja vielä harvempi ymmärtäisi sen todellisessa vaaratilanteessa. Osalla on myös sellainen kuva, että kaasun kuin kaasun pystyy havaitsemaan aisteilla.

Näyttää myös siltä, että keskivertovartijan ymmärrys happojen ja emästen vaarallisuudesta sekä toiminnasta on heikko. Lisäksi keskivertovartija ei tunnu ymmärtävän oikeasti mahdollisen kontaminaation sattuessa kontaminaatiota aiheuttaneen aineen selvittämisen tärkeyttä.

Tulosten perusteella voidaan myös todeta, että keskivertovartija ei tunnista VAK-merkistöä, vaararuutua tai YK-kilpiä. TVATM-merkistöstä helposti ymmärrettävät kuvat, kuten syövyttävän merkki, ovat ilmeisesti keskivertovartijan ymmärrettävissä, kun taas vaikeammin luettavat, kuten hapettavan merkki, eivät. Erityisen huolestuttavaksi asian tekee se, että haastattelujen perusteella keskivertovartija mieltää hapettavan merkin tarkoittavan myös palavaa ainetta ja pitäisi loogisena, että palavat aineet varastoidaan yhteen.

Kemikaalit työpaikalla

Haastatteluista kävi selvästi ilmi se, että vartijoita joutuu työskentelemään paikoissa, joissa on kemikaaleja, ja että osa vartijoista joutuu työssään tekemisiin kemikaalien kanssa.

Yhteenveto vartijoiden kemikaalitietämyksestä

Haastatteluista kävi selville, ettei vartijakoulutuksessa voida luottaa siihen, että opiskelijalla olisi muuta kemianalan tietämystä kuin se, mikä perusopetuksessa annetaan. Jos koulutuksessa lähdetään rakentamaan kemian alan koulutusta täydentämään perusopetuksen kemian oppimäärää, niin pitää huomioida, että vartijakoulutukseen tulee vielä pitkään aikaisemman perusopetuksen opetussuunnitelman suorittaneita oppilaita.

Haastatteluista saatujen vastausten perusteella vartijakursseilla ei käsitellä vaarallisia aineita tai kemikaaleja. Tulosten perusteella näyttäisi myös, ettei keskiverto-vartijalla ole sellaista kemian tietämystä, että hän voisi turvallisesti työskennellä vaarallisten tai haittaa aiheuttavien kemikaalien parissa.

Loppusanat

Ainoa yhteinen koulutus vartijakurssien lisäksi vartijoilla on peruskoulu. Perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteiden tarkastelu osoitti, ettei peruskoulun päättäneellä voida olettaa olevan tarvittavia taitoja vaarallisista kemikaaleista niiden kanssa työskentelyä varten. Huomioitavaa oli myös se, että joillekin vartijoille peruskoulu on ainoa koulutus vartijakurssien lisäksi. Vartijakurssien opetusvaatimukset eivät edellyttäneet opetusta kemikaaleista tai niiden vaaroista. Myöskään haastattelut eivät tukeneet käsitystä, että niitä käsiteltäisiin kursseilla.

Haastattelututkimus osoitti, että kemikaalien varoitusmerkit eivät olleet selviä vartijoille. Haastatteluista kävi myös selville, että vartijoilla on huomattavia puutteita kemian tietämyksessä. Joidenkin haastateltavien parempi kemiantietämys perustui toisen alan opintoihin. Haastattelututkimuksen perusteella voi todeta, että vartiointialalla työskentelee henkilöitä, joilla ei ole edellytyksiä toimia vaarallisten kemikaalien kanssa. Huomionarvoista oli myös, kuinka huonosti hapetettavan aineen varoitusmerkki ymmärretään ja kuinka sitä pidetään palavan aineen merkinä.

Onnettomuusraportit sekä haastattelututkimus toivat esille sen, että vartijat joutuvat käymään ja oleilemaan alueilla, joissa valmistetaan, käsitellään tai varastoidaan kemikaaleja. Kävi myös selville, että vartijahenkilökuntaa toimii alueilla silloin, kun muita ei ole paikalla. Erilaiset vuodot olivat suurin kemikaalionnettomuuksien ryhmä. Jos vartijat ovat ainoita henkilöitä, jotka käyvät alueella, jossa on kemikaaleja silloin, kun toiminta on keskeytynyt, on hyvin suuri todennäköisyys, että vartija tulee ensimmäisenä vuotopaikalle, niin kuin onnettomuusraporttien mukaan on käynytkin.

Onnettomuusraporteista sekä kansallista kemikaaliohjelmaa varten suoritettuja tutkimuksista kävi selville, että useimmilla työpaikoilla on puutteita kemikaaliturvallisuuksissa. Joissain paikoissa kemikaalit on jopa varastoitua väärin. Jos alueella kulkevalla vartijalla olisi edellytykset tunnistaa vaaraa aiheuttavat elementit, kuten vaarallisella tavalla väärin varastoidut kemikaalit, olisi sillä huomattava merkitys vartijan oman turvallisuuden lisäksi yleiselle turvallisuudelle sekä yrityksen toimintaedellytyksille. Haastattelututkimuksesta selvisi myös, että vartijat saattavat joutua yöaikaan tekemään kohdeyrityksen omien työntekijöiden tehtäviä ja näin myös altistua kemikaaleille.

Tutkimus osoitti, että vartijat joutuvat työskentelemään vaarallisiksi luokiteltavien kemikaalien parissa ilman tarvittavaa tietoa vaarallisten aineiden parissa työskentelyä varten. On hyvin olennaista, että yksin kohteessa liikkuva vartija pystyisi ymmärtämään vastaantulevat vaaralliset tilanteet. Kemikaalien osalta on olennaista, että vartija pystyy analysoimaan kemikaalivahinkotilanteen. Tärkein työkalu tähän on kemikaalien varoitusmerkkien lukutaito. Tämä on aivan ehdoton asia ja sen pitäisi olla sisällytettyinä vartijakoulutukseen. Tapahtuman vaarallisuuden ymmärtämiseen vaaditaan aineen tunnistamisen lisäksi se, että vartija pystyy ymmärtämään aineen kyvyn muuttaa muotoaan.

On lukemattomia eri syitä, miksi vartijat saavat kemikaalialtistusta työstään. Kaikkeen tähän ei pystytä puuttumaan koulutuksen avulla, mutta paljon sillä pystytään tekemään. Vartiointialalla on paljon erilaisia ongelmia. Ongelmia lue osaltaan se, että ala toimii pääsääntöisesti ostopalveluna, jonka seurauksena vartiointikohteiden vartijat vaihtuvat usein ja tiedonsiirto kohteesta kohteen vartijalle menee useamman välikäden kautta. Vartijat tarvitsevat lisää kemian koulutusta ja siihen sopivaa materiaalia.

Lähteet

- Friberg, L. 1986. Handbook on the toxicology of metals I. Elsevier. Amsterdam.
- Friberg, L. 1986. Handbook on the toxicology of metals II. Elsevier. Amsterdam.
- Halmemies S. 2003. Vaaralliset kemikaalit. Pelastusopiston julkaisuja 10/2003. Kuopio.
- Heikkilä, P. & Saalo, A. 2005. Työpaikkojen ilman epäpuhtausmittaukset v. 1994–2003. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 12. Työterveyslaitos. Edita Prima Oy. Helsinki.
- Hentonen, T. & Muje, I. 2000. Turvatekniikan Keskuksen tietoon tulleet onnettomuus- ja vaaratilanteet vuonna 1999. Tukes julkaisu 2/2000. Turvatekniikan keskus. Edita Prima Oy. Helsinki.
- HTP arvot. 2005. Sosiaali- ja terveysministeriön ohjeita 2005:10. Yliopistopaino. Helsinki.
- Jaakkola, J. & Anttila, A. 1992. Lyijy. Altisteet työssä 26. Työterveyslaitos. Työsuojelurahasto. Helsinki.
- Kangas, J. 1991. Haihtuvat rikkiyhdisteet. Altisteet työssä 11. Työterveyslaitos. Työsuojelurahasto. Helsinki.
- Karjalainen, A., Aalto, L. & Jolanki, R. 2001. Occupational diseases in Finland in 1999. Työterveyslaitos. Helsinki.
- Kauppinen, T., Hanhela, R. & Heikkilä, P. 2004. Työ ja terveys Suomessa 2003. Työterveyslaitos. Helsinki.
- Kemikaaleja käsitteleviltä ja varastoivilta toiminnanharjoittajilta edellytettäviä vaarojen arviointeja. 2004. Kemikaalineuvottelulautakunta. Tampere.
- Kemikaalit Suomessa – kemikaalirekisterin tuoterekisterin mukaan, päivitys vuonna 2006. STTV.
- Lautkaski, R. & Teräsmä, I. 1990. Vaarallisten aineiden torjunta. Valtion painatuskeskus. Helsinki.
- Mäkeläinen, I. 2003. Säteilyn ja kemiallisten aineiden riskifilosofiat ja suojeluperusteet. Dark Oy. Vantaa.
- OVA-ohjeet. 2006. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet. Työterveyslaitos. Helsinki.
- Riihimäki, H., Kurppa, K. & Karjalainen, A. 2003. Ammattitaudit 2002. Työterveyslaitos. Helsinki.

Riipinen, H., Rantala, K. & Anttila, A. 1991. Orgaaniset liuotinaineet. Altisteet työssä 10. Työterveyslaitos. Työsuojelurahasto. Helsinki.

Rusanen, M. 2001. Turvatekniikan Keskuksen tietoon tulleet onnettomuus- ja vaaratilanteet vuonna 2000. Tukes julkaisu 2/2001. Turvatekniikan keskus. Edita Prima Oy. Helsinki.

Rusanen, M. 2004. Toimialan onnettomuudet 2003. Tukes julkaisu 4/2004. Turvatekniikan keskus. Edita Prima Oy. Helsinki.

Rusanen, M. 2005. Toimialan onnettomuudet 2004. Tukes julkaisu 4/2005. Turvatekniikan keskus. Edita Prima Oy. Helsinki.

Rusanen, M. & Laanti, T. 2002. Turvatekniikan Keskuksen tietoon tulleet onnettomuus- ja vaaratilanteet vuonna 2001. Tukes julkaisu 6/2002. Turvatekniikan keskus. Edita Prima Oy. Helsinki.

Rusanen, M. & Laanti, T. 2003. Turvatekniikan Keskuksen tietoon tulleet onnettomuus- ja vaaratilanteet vuonna 2002. Tukes julkaisu 6/2003. Turvatekniikan keskus. Edita Prima Oy. Helsinki.

Rusanen, M. & Mattila, M. 2006. Toimialan onnettomuudet 2005. Tukes julkaisu 3/2006. Turvatekniikan keskus. Edita Prima Oy. Helsinki.

Saalo, A., Soosaar, A., Vuorela, R. & Kauppinen, T. 2006. ASA 2004 Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. Työterveyslaitos. Edita Prima Oy.

Vaaralliset kemikaalit. 2003. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 20. Sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto. Öhrling Ky. Tampere.

Vainio, H., Liesivuori, J. & Lehtola, M. 2005. Kemikaalit ja työ selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Työterveyslaitos. Helsinki.

Vainio H, Liesivuori J & Lehtola M. 2005. Kemikaalit ja työ selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä.. Työterveyslaitos. Helsinki.

University-school partnerships for the design and implementation of research-based ICT-enhanced modules on Material Properties

Jarkko Lampiselkä

Kalle Juuti

Jari Lavonen

Veijo Meisalo

University of Helsinki, Department of Applied Sciences of Education

Timo Kärkkäinen

Teacher Training School No:1, University of Helsinki

Antti Laherto

Department of Physical Sciences, University of Helsinki

Abstract

The project aims to create a mechanism for integrating the results of science education research in school teaching practice for 10–15 year olds in the domain of Properties of Materials. We have set up a local working group (LWG) in Helsinki consisting of researchers and experienced science teachers with the purpose to design, implement and evaluate teaching modules. Our LWG has concretized the Finnish contribution to the MaterialsScience project as producing a module of about 30 study hours and consisting of several submodules targeted to different levels of our comprehensive school. We'll utilize the Research-Based Design approach (RBD) when organizing the process of producing the module (consisting of a number of submodules). Our design interest covers modern materials like ceramics, plastics and composite materials, and nanotechnology. We have overall an interdisciplinary perspective. Our module will utilize existing modeling and simulation tools and Internet technology in order to achieve teaching approaches that adhere to the principles of inquiry based science, active student engagement and collaborative learning. The modules will include activity sequences as well as specific instruments and procedures for the evaluation of learning outcomes. Student assessment will place emphasis on the acquisition of knowledge and skills in contexts that were previously unfamiliar to the students. An international steering committee of experts will monitor the process and we'll follow the guidelines for the design and evaluation of the modules created by them. These generic guidelines will also serve as a useful template for exchanging examples of successful practice and transferring expertise from one educational system to another. Our project outcomes will be tested in the first place in collaboration with the Macedonian partner (School of Education, University of Western Macedonia, Florina, Greece) as how to implement and modify the module for use in another European country. We'll also test their module on using the density of materials to explain/predict floating/sinking in Finnish schools.

Keywords:

Material Science, learning modules, science education

The educational and policy context

There is increasingly more pronounced evidence of a decline in the interest of young people to study science and retain the option of pursuing science related careers. This trend is not newly identified. Already more than 30 years ago Ormerod and Duckworth (1975) began a review of pupils' attitudes to science in the UK as follows:

In 1965 a thorough inquiry began into the flow of students of science and technology in higher education. The final report laid particular emphasis on the phenomenon which had become known as the 'swing from science'. Several explanations were suggested for the swing, among them a lessening interest in science and disaffection with science and technology amongst students.

In the past decade, there has been mounting evidence that the problem has become more acute perhaps through a liberalization of the system of subject choice in schools in many countries and possibly through the increasing variety of courses offered at university.

Additionally, gender studies reveal that the ratio of boys to girls remains steadily high at around 3,5:1 in physics, while it is approximately 1:1 in chemistry. By contrast, the ratio in biology is 1:1.6 in favor of girls.

Since only those students who choose to study science are usually able to follow further courses in science education and choose science and technology related careers, the decline in the number of students choosing to study science raises concerns not only about the ability of the European Union to meet the Lisbon target but also about the Union's economic future. Such concerns rely heavily on the understanding that "*competitiveness is based on a highly educated, well trained and adaptable workforce*".

These trends have been sustained by school systems that, despite ongoing efforts to innovate, still promote science teaching and learning in ways that differ substantially from the way science is done in authentic contexts. In particular, the failure of school to cultivate lasting understanding, an appreciation of the nature of science and facility with scientific reasoning and the continuing emphasis on rote memorization, show up repeatedly in the disappointing results of international comparative studies such as TIMSS (1995) and TIMSS-R (1999) and more recently the PISA studies 2000 and 2003 (OECD 2001; 2004). The success of Finnish students especially in the PISA comparative studies has been good. On the one hand, there are still many problems in science education in Finland, similar to those in other European countries, on the other, it may be advisable to publicize some of our nationally tested best practices and find ways to implement them in other school systems.

There are many concepts that can be used to describe motivational aspects of science education. It is not easy to decide which theories and concepts should be used in a certain design research project. At least, it is not appropriate to combine in a single project action-theoretical approaches (e.g., "expectancy-value-model") and approaches in the tradition of "dynamic" theories of personality (e.g., self-determination theory).

We have based our previous projects on two main theories describing motivational aspects. These two theories are Self Determination Theory (SDT) by Deci and

Ryan (2004) and educational-psychological theory of interest, mainly based on articles of Krapp, Hidi, Lewalter, Prenzel, Renninger, and Schiefele. Furthermore, we refer to an article about educational-psychological theory of interest and its relation to SDT (Lewalter & Krapp, 2004). Therefore, we have prepared a working paper (Lavonen, Meisalo & Byman, 2007) for the MaterialsScience Project where we first present a short overview about SDT and interest, and make some comments about connections of them. Secondly, we analyse some results of empirical interest research in the field of physics and chemistry education. Furthermore, we present some guidelines for designing modules on Material Properties as well as practical hints for teachers on how to promote motivation when using them.

In summary, there are five arguments that justify more rigorous action to make science learning a more appealing option:

- the decreasing number of students who choose to study science over the last decade
- the degenerating attitudes with age of students towards science learning especially in the age range of 14–17 years
- the persistent gender gap that exists in the choice to study some science subjects and in the relative advancement of the two sexes up the career ladder in science related professions
- the rapidly increasing requirements of the European economy for more skilled personnel in science and technology related occupations
- the need of any knowledge based democracies to rely on the participation of a broadly scientifically literate populace

Current State of the Art

For many years different institutions (research or industrial laboratories, science teacher education groups) have undertaken initiatives in collaboration with schools at local level with sometimes impressive results that tend to be short lasting depending on funding availability and the extent of commitment by individuals involved. For instance, the French Confederation of Chemical Industries, British Telecom and many other commercial enterprises offer curriculum resource materials with special emphasis on their domain of expertise. In addition many science and natural history museums have extended their activities to offer informal learning environments for children and adults. Many science centers and science parks have been established throughout Europe.

Over the last few years, there have been an increasing number of initiatives at national level as well. At the European level the science education initiative has established the nucleus cluster of projects supported by the European Science Education internet portal. In the Nordic countries the NOT and LUMA projects have been designed to respond to children's negative attitudes towards science in school. Similar projects in the Netherlands (AXIS), in Germany (BLK), in the UK (Planet Science) and in France (La Main a la Pate) have tried to work with teachers and students to reverse some of these trends. Many such projects are increasingly making use of the Internet as an innovative medium. Some countries that have performed better in internatio-

nal comparative studies also have noteworthy initiatives for many years (such as the Three Steps to Science Program in Slovakia). Two national initiatives stand out as having emerged from an effort to make science education policy a part of the national Science and Technology Policy rather than a part of the Education Policy. *Ciencia Viva* in Portugal has drawn on 5 percent of the science budget for educational outreach and science popularization activities; typical activities mobilize students, parents, educators and scientists into engaging with interactive science exhibits in 10 different science museums, devoting time to go on science holidays and spending part of their summers in science internships hosted by University and national research laboratories. In 2001, the Flanders region in Belgium devoted 0.54% of the science and technology budget (about 6.2 million Euro) in activities including a communication campaign to highlight the importance of science and technology to pupils in the last year of secondary school. One of the more innovative aspects of the Flanders initiative is the establishment of networks of expertise involving teachers as important intermediaries in shaping children's attitudes through implementing curricular and extra curricular activities.

At European level, science communication has also received much attention and support through activities such as the European Science Week and Physics on Stage. Both of these activities have sought to convey the (somewhat naive) message that science is fun. The premise that science is fun, as a core feature of such initiatives, draws on the rationale that the remedy to the perception that school science is boring (which it demonstrably is to many pupils!) is to make it exciting, glamorous, spectacular and intriguing. Even though no scientist, including ourselves, and no science educator would argue with this premise, we would like to point out at this stage that science is not only fun. It is our experience through a long time of working with schools, teachers and pupils that such initiatives tend to present a very distorted view of science that may temporarily make some children enthusiastic. However, it soon drives those same children to disappointment and desperation at the very first instance that they discover that science also requires persistence and perseverance; science is not just fun and it certainly is not always fun. In contrast, we believe that science communication is more effective when it takes the necessary care to generate meaning; we believe that science is exciting because it is meaningful and not that science is meaningful because it is exciting... Put simply, we believe also that children will not be fooled into science related careers. Initiatives that inspire children to do science and thereby gain positive experiences out of personal engagement with science have more potential to win children into science learning and science related careers.

At both European and international levels there is also a longstanding tradition of science related competitions such as the various Olympiads and the Young Investigator Awards. Such initiatives, although valuable in their own right, tend to cater to the interests of the students who have usually long chosen to follow science-related careers.

In the Finnish National Core Curriculum in the beginning of 21st century (NBE 2004, 24) there is a cross-curricular theme "Technology and the Individual" to help

the pupil both to understand the individual's relationship to technology and to see the importance of technology in our daily lives. Here the core contents include technology in everyday life, society, and local industrial life as well as technology and society of the future. Already on grades 1–4 the core contents include substances and materials that are part of everyday life and a criterion of good performance is that the pupil will know about the properties and utilizations of various substances and materials. By the end of grade 6 pupils are expected among others to know basic things about the safe use and life cycles of substances and products from the pupil's environment, and know how to investigate the properties, such as acidity, of substances and products. Final assessment criteria for grade 8 include that the pupils will know about different industrial sectors, such as the metal and wood-processing industries, and about their products and importance to everyday life. Thus we may interpret that the idea of the importance of industrial relations is well integrated in the Finnish core curriculum.

Based on existing evidence, there is a very clear case that the role of schools in nurturing children's and future citizens' interest as well as people's awareness of the role of science in society, needs to be enhanced. In many educational systems, science teaching begins at the end of primary school, well after attitudes towards science have been formed and are sometimes deeply ingrained. Despite longstanding efforts, teaching methods remain very resistant to change and are too often prone to be seen as attempts to indoctrinate rather than inspire students into science. Innovation in science curricula has also been slow in many countries. As a result, science in schools still remains distant from issues of contemporary interest, from social expectations, including the needs of industry and other employers, and from the way science is done, in authentic contexts, as a process of inquiry aimed at the development of problem solving and predictive capabilities.

The Problem

The complexities and variability in the way education is organized and implemented in Europe are enormous. Despite local differences, the problems in science education are largely common among old and new European states:

- there is a gap between the way science is taught in schools and science is done in the research system
- by the age of 14, the majority of children lose interest in further pursuit of science or technology
- many teachers implement science as fragmented activities that enable children to join into the fun of experimentation without the necessary sense making, evidence based argumentation and investigative thinking that are necessary for developing lasting understanding and sustained interest in science learning and doing. There is longstanding evidence that hands on science activities (including interactive exhibits that may be technology rich) are not a sufficient condition for engaging children with science.

Knowledge development does not result from the traditional point of view of teaching as a means to present the content of science in an understandable manner and

does not result from the romantic point of view that doing fun activities kindles the interest that leads to sustained real learning.

There are many constraints in educational systems that are diverse at the local level: curricula, assessment emphases and procedures, pedagogies, support measures for teachers and teaching, textbooks and curricular resources, accessibility to materials and online resources, use of resources. Because of the local differences, it is impossible to develop a unique educational solution that can solve the problem through implementation everywhere. Likewise, it is also close to impossible to transplant existing initiatives from one educational context to another and anticipate a similar degree of success.

Most teachers are professionals who make a genuine effort to respond to systemic objectives and priorities within sometimes severe constraints. Initiatives that are imposed on schools from outside are often unsustainable commonly because they fail to take into account the systemic constraints. It is largely for this reason that many research based attempts to develop innovative programs soon deteriorate into non-existence after the publication is achieved. The only way to improve the quality of science teaching and learning in school is through participative processes that involve multiple sets of complementary expertise and at the same time take into account the policy setting that determines many of the processes that take place in schools.

The Opportunity

Throughout Europe there exist many isolated pockets of successful practice in science and technology education, sometimes with impressive results. In some cases, such examples are the result of the effort of individual teachers who are highly dedicated and have managed to develop expertise that flourishes in individual classrooms. More commonly however, success comes as a result of close partnerships between

- a) people at University who have taken it upon themselves to dwell scientifically into student learning and to respond to a sense of responsibility to the community and the educational system
- b) teachers who have welcomed outsiders in their classroom as an opportunity to complement their expertise and engage in a process of collecting evidence of student learning as a means to improving their practice
- c) science education policy makers who have tolerated and sometimes encouraged such partnerships of complementary expertise, of bridging research and practice because they have identified them as a means to bring about a long lasting improvement in the quality of science teaching and learning as well as a process of promoting science for all.

This project attempts to seize the opportunity to build a network of such existing partnerships at national level and use this network to develop a mechanism for spreading such initiatives. We propose to develop a mechanism for using the results of science education research to develop and validate ICT-enhanced teaching modules. We will reflect and monitor this process in order to create a Handbook with

guidelines on how to do this and also how to transfer examples of successful teaching practice from one educational setting to another. We have chosen to place emphasis on research based science module development in order to promote science as a process of inquiry in a domain that is currently lacking in educational innovations: Materials Science. We believe that such initiatives have greater potential to engage young people in the meaningful learning that is necessary for long term engagement with science.

Objectives of the Project

The main objective of the project will be to develop a mechanism for focusing the combined collaborative efforts of experienced science education researchers and science teachers in using established principles and knowledge in order to solve teaching-learning problems in specific domains of science (using Materials Science as an example). At the same time an international expert group will aim to identify the crucial attributes that distinguish successful efforts to develop innovative modules of teaching materials in a way that these can be implemented independently of the systemic, cultural, organizational and language barriers that generally impede transfer of educational programs from one educational system to another.

The specific objectives of the proposed project are the following:

- To create a European network of national partnerships between University researchers and school teachers focused on promoting inquiry based teaching and learning in Introductory Materials Science
- To develop a series of ICT-enhanced teaching modules covering the needs of 10–15 year old students in inquiry based learning and teaching of the following topics: everyday applications of metals, ceramics, plastics and composite materials; mechanical properties of composite materials; thermal insulators and their properties; electroluminescent materials; electromagnetic properties of materials; optical properties of materials and their application in telecommunications; chemical properties of materials
- To facilitate the exchange of good practice through the development and implementation of Recommendations for inquiry oriented science teaching and learning by an expert panel monitoring the process of development of the teaching modules
- To contribute towards improving the existing evidence for the quality of learning that emerges out of inquiry based teaching practice
- To bridge the gap between science education research and science teaching practices
- To contribute towards transforming schools into organizations that have the capacity to improve their practice based on collection and analysis of evidence on student learning
- To contribute towards closing the gap that commonly exists between elementary and secondary education in relation to both science teaching policy and teaching approaches

The overall purpose of the peer review study visits will be to better understand the learning process as well as to identify approaches to overcoming the instructional problems and the learning difficulties that commonly occur in science and technology education, and elicit information for the improvement of the Guidelines and the formulation of Recommendations for transfer. The patterns extracted will form a set of design guidelines for a range of science and technology education programmes that will capture the outcomes from the effort to develop and validate modules in one educational setting and transfer the modules to another setting.

The Ideas for Modules and Submodules

Our LWG attempts to seize the opportunity to build a network of such existing partnerships at local and even national level and use this network to develop a mechanism for spreading such initiatives especially those processed in our MaterialsScience Project. We have been active in disseminating the Project with Finnish science teachers. We participated in March 2007 in the National Science Teachers' Annual Symposium at Department of Chemistry, University of Helsinki with a poster presentation describing our Project. Our presentation (Lampiselkä, Lavonen, Meisalo, Laherto & Juuti 2007) was included in the Abstracts publication of the Symposium and this paper presents a more extended version in the Proceedings.

We strive to develop and validate an ICT-enhanced teaching module with several submodules. We will transfer examples of successful teaching practice concretized in our module from the Finnish educational setting to other European settings with the help of our Partners. We have chosen to place emphasis on research-based designing of a materials science module in order to promote science education as a process of inquiry in a domain that is currently lacking in educational innovations: Materials Science emphasizing modern materials and their novel uses in our environment. The LWG has so far identified the following ideas for submodule topics:

A model as well as students' and teachers' information bank for an activity-based site visit including video footage on a visit to a modern semiconductor materials producer.

An exhibition on nanotechnology and related modern materials emphasising their applications and needed literacy.

- Web-based digital library on new materials including new biomaterials, their applications etc. in the context of the existing Website *Solujen salat*.
- Teachers' and pupils' website for first studies of materials in the context of the existing ASTEL Website.
- Designing a submodule to introduce versatile methods of using multimedia reading and writing activities in school science.

The above and some other ideas have been discussed as possible submodule topics. However, the resources for implementing the ideas seem to be very limited in comparison with what is expected according to the original project plan. In the following we give somewhat more detailed information on two of the submodules, the designing process of all of them has not advanced much so far:

The submodule Site Visit

There is a long tradition in Finland, as in many other industrialised countries, of school visits to industry and science centres (e.g., Heureka, Tietomaa, Lusto, Kammi, and Arktikum) or museums (e.g., Museum of Technology). Such visits have also been also highly recommended in the Framework Curriculum and there has been even an established entrepreneurship education intercurricular issue (NBE, 1994). Industrial visits has been the most common method of enterprise (entrepreneurship) education, for example, in 1990, more than 40 percent of Finnish companies acted as hosts for students and teachers (Erkkilä, 1996). Moreover, education for the world of work and technology has been a theme of physics and chemistry promoted by the curriculum of the upper secondary school since 1979. Schools and industry have already for a long time worked together with a model of an industrial visit which is based on the active involvement of students (Kuitunen & Meisalo, 1988). In the National Core Curriculum in the beginning of 21st century (NBE 2004, 24) there is a cross-curricular theme "Technology and the Individual" to help the pupil both to understand the individual's relationship to technology and to see the importance of technology in our daily lives. Here the core contents include technology in everyday life, society, and local industrial life as well as technology and society of the future. It is well known that the idea of site visits as one pedagogical approach in science teaching is not new, neither in Finland nor in other developed countries. This submodule is described in more detail in the working paper Meisalo, Lavonen, and Kuitunen, (2007) Materials Science Related Site Visits. Finnish Submodule 1.

The submodule Nanoscience

This subproject is presented in more detail in the working paper by Antti Laherto (2007). In this research and development process, the guidelines for development of a public exhibition on topics of nanoscience and nanotechnology are based on four considerations:

- the objectives of promoting scientific and technological literacy
- the characteristics of nanoscience and nanotechnology
- visitors' preconceptions of and attitudes to the discussed topics
- the characteristics of an exhibition as a learning environment

In addition, a variety of practical and economic aspects has to be considered in the development of the exhibition.

The study will be carried out in co-operation with a science centre. In the course of this process, a prototype of the exhibition and school group visit to it will be arranged. The focus will be on co-operating with secondary school science (physics and chemistry) teachers and their students.

References

- Aikenhead, G.S. 1996. Science education: border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, 27. 1–52.
- Aikenhead, G.S. 2003. Chemistry and physics instruction: integration, ideologies, and choices. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(2). 115–130.

Data provided by Human Resources for Sciences and Technology, National Science Foundation. 1996. As quoted in Job Creation and Competitiveness through Innovation, Report of the Competitiveness Working Group, European Round Table, November 1998.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. 2000. The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11. 227–268.

Dearing, R. 1996. Review of Qualifications for 16–19 year olds. London: Schools Curriculum and Assessment Authority.

Erkkilä, K. 1996. Enterprise Education in the Case of Finland. Paper presented at the World Congress of Comparative Education Societies (9th, Sydney, Australia, July 1996).

Eurobarometer. 2001. Europeans, Science and Technology, Brussels: European Commission, Directorate General Press and Communication, Public Opinion Analysis Sector.

European Commission. 1999. Women and Science: Mobilising Women to Enrich European Research, Brussels: European Commission, Directorate General Press and Communication.

European Commission. 2000. Science policies in the European Union: Promoting excellence through mainstreaming gender equality. Brussels: ETAN Expert Working Group on Women and Science.

European Commission. 2002. Science and Society Action Plan. Brussels: Office for Official Publications of the European Communities.

European Commission. 2003. Third European Report on Science & Technology Indicators. EUR 20025. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Havard, N. 1996. Student attitudes to studying A-level sciences. *Public Understanding Science*, 5(4). 321–330.

International Education Authority. 1995. Third International Mathematics and Science Study (TIMSS).

International Education Authority. 1999. Third International Mathematics and Science Study (TIMSS).

Kuitunen, H. & Meisalo, V. 1988. Science and technology education and industry. In: Layton, D. (Ed.) *Innovations in science and technology education*. Vol. II. Paris: Unesco. 14–154.

Lampiselkä, J., Lavonen, J., Meisalo, V., Laherto, A. & Juuti, K. 2007. Materiaalitutkimusta modernissa oppimisympäristössä. EU-projekti Materials Science kehittää moduuleja koulupetukseen. Kemian opetuksen päivien 29.-30.3.2007 abstraktit.

Laherto, A. 2007. The submodule nanoscience. Finnish Submodule 2. Working paper for the Project SAS6-CT-2006-042942-Material Science (042942).

Lavonen, J., Meisalo, V. & Byman, R. 2007. Student motivation on and interest in school science: A summary of relevant research from the point of view of designing modules on material properties. Working paper for the Project SAS6-CT-2006-042942-Material Science (042942).

Lewalter, D. & Krapp, A. 2004. The role of contextual conditions of vocational education for motivational orientations and emotional experiences. *European Psychologist*, 9(4). 210–221.

Meisalo, V., Lavonen, J. & Kuitunen, H. 2007. Materials Science Related Site Visits. Finnish Submodule 1. Working paper for the Project SAS6-CT-2006-042942-Material Science (042942).

NBE (National Board of Education). 2004. National core curriculum for basic education (in-Finland), Helsinki: National Board of Education.

OECD. 2001. Knowledge and Skills for Life: First Results from the OECD Programme for International Student Assessment (PISA) 2000.

OECD. 2004. Learning for Tomorrow's World. First results from the OECD Programme for International Student Assessment (PISA) 2003. Paris. OECD.

Opportunity 2000, 1996. Tapping the Talent. Loughborough University, London,
<http://www.lboro.ac.uk/orgs/opp2000/tapping.htm>.

Ormerod, M. B. & Duckworth, D. 1975. Pupils Attitudes to Science. Slough: NFER.

Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. 2003. 'Attitudes towards science: a review of the literature and its implications'. *International Journal of Science Education*, 25(9). 1 049–1 079.

Osborne, J. F. & Collins, S. 2000. Pupils' and Parents' views of the school science curriculum. London: Kings' College.

Personal Communication, DG Education and Culture Math, Science and Technology Education Working Group, 2002–2003.

Roberts, G. 2002. The report of Sir Gareth Roberts' Review. The supply of people with science, technology, engineering and mathematics skills.

Smyth, E. & Hannan, C. 2003. 'Individual and school level influences on the uptake of Biology, Chemistry and Physics in Ireland'. Paper presented at the EARLI conference, Padova, August 2003.

Sjøberg, S. 2000. The disenchantment with science. *Apollon – Research Magazine from the University of Oslo*, English Edition August 2000.

Sjøberg, S. 2002. Science and technology education: current challenges and possible solutions. In: E. Jenkins (Editor), *Innovations in Science and Technology Education*. Paris: UNESCO.

STRATA-ETAN Expert Working Group (2002), Human Resources in RTD (including attractiveness of S&T professions), European Commission Report.

Westbroek, P. 1992. *Life as a Geological Force*. London: W.W. Norton & Company Ltd.

Whitfield, R. C. 1980. Educational Research and Science Teaching. *School Science Review*, 60. 413–430.

Wiese, I. 2001. How do you get turned on by science? *Apollon – Research Magazine from the University of Oslo*, 2:
http://www.apollon.uio.no/2001_2/english/science.shtml.

Puu- ja paperikemian verkko-oppimateriaali lukion kemian opetukseen

Kaisa Haapoja
Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos, Helsingin yliopisto

Puu- ja paperikemian osaamista pidetään tärkeänä sekä yleissivistyksen että Suomen kilpailukyvyn kannalta. Aiheen opettamista on tutkittu vähän sekä Suomessa että kansainvälisesti. Tieto- ja viestintäteknikka tarjoaa uusia mahdollisuuksia aiheen opettamiseen ja opiskeluun. Tässä artikkelissa esitellään kolmivaiheinen kehittämistutkimuksen päätuloksena syntyneitä lähinnä lukion kemian opetukseen soveltuvaa puu- ja paperikemian verkko-oppimateriaalia. Materiaali on saatavilla Kemian opetuksen keskuksen [www-sivuilla](#).

Avainsanat:

Puu- ja paperikemia, kemian opetus, verkko-oppimateriaali, kestävä kehitys, lukio

Johdanto

Puu- ja paperikemialla tarkoitetaan kemialliseen metsäteollisuuteen ja selluloosan kemialliseen jalostukseen liittyvää kemiaa. Puu koostuu selluloosasta, hemiselloosta, ligniistä sekä pienistä määristä muita aineita. Niihin kuuluu uuteaineita, proteiineja sekä epäorgaanisia aineita (esim. piidioksidia). Havu- ja lehtipuissa selluloosaa on esimerkiksi suurin osa puiden kuiva-aineesta.

Puu- ja paperikemiaa voidaan opettaa lukiossa eri kurssien yhteydessä, Metallit ja materiaalit -kurssilla tai koulukohtaisella soveltavalla kurssilla. Puu- ja paperikemiaan liittyviä tavoitteita valtakunnallisissa opetussuunnitelman (Opetushallitus 2003) perusteissa ovat muun muassa ”tuntee teollisesti merkittäviä raaka-aineita ja niiden jalostusprosesseja”, ”tuntee erilaisia materiaaleja, niiden koostumusta, ominaisuuksia ja valmistusmenetelmiä sekä kulutustavaroiden ympäristövaikutusten arviointiin liittyviä menetelmiä”. Puu- ja paperikemia kuuluu hyvin teknologia ja yhteiskunta-aihekokonaisuuteen. Sen käsittelyyn soveltuu hyvin kontekstuaalinen lähestymistapa, jossa opetuksen lähtökohtana ovat tieteen sovellukset ja arkipäivän ilmiöt (Bennett & Holman 2002). Siinä voidaan käsitellä esimerkiksi tieteen, teknologian ja yhteiskunnan välisiä kytköksiä.

Puu- ja paperikemian verkko-oppimateriaalin kehittämisessä oli kolme vaihetta: tarveanalyysi ja tavoitteiden asettaminen, verkko-oppimateriaalin tekeminen sekä arviointi. Tarkemmin tutkimuksen vaiheet sekä teoreettinen viitekehys on esitelty pro gradu -tutkielmassa (Haapoja 2007). Verkkomateriaalia voi käyttää koulussa tai kotona itsenäisesti ja/ tai opettajan ohjauksessa. Sivuston voi heijastaa kemian tunnilla esimerkiksi videotykin avulla valkokankaalle.

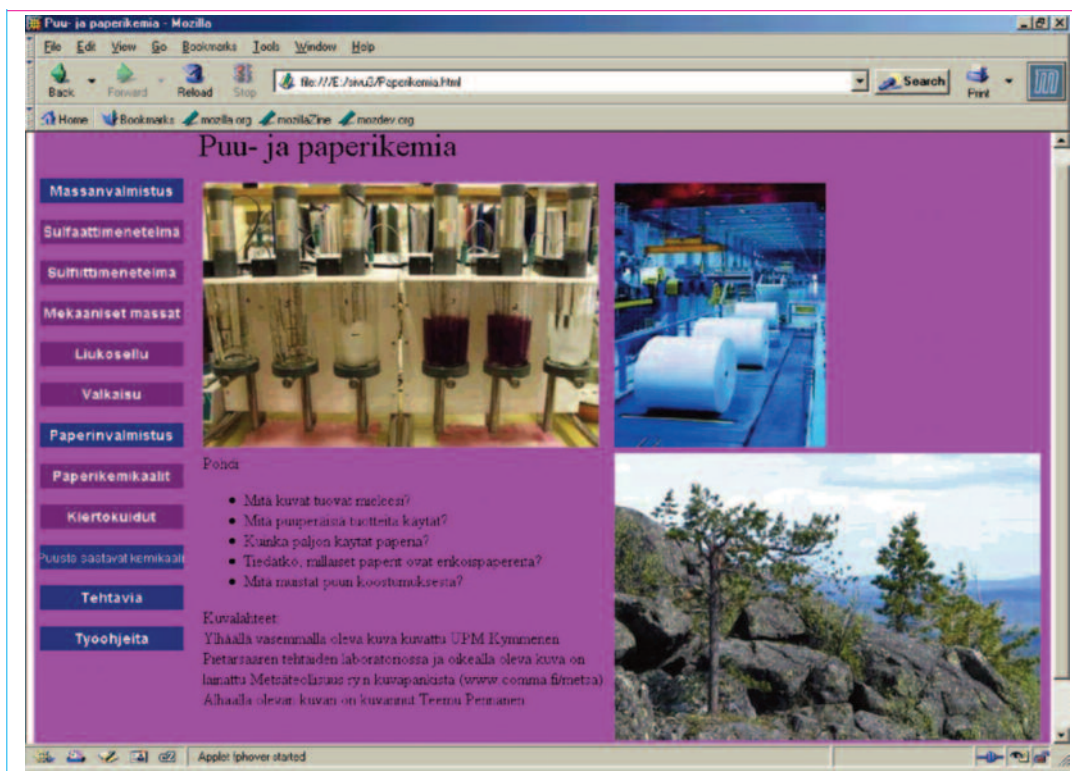
Verkko-oppimateriaalin esittely

Verkko-oppimateriaalin tekemisen tavoitteissa on huomioitu neljä näkökohtaa, jotka ovat oppimateriaalin

- 1) tietoaaines
- 2) tehtävät
- 3) valokuvat
- 4) opetuksellisuus.

Tietoaineksessa pyrittiin esittämään erityisesti sulfaattimenetelmä laajasti ja syventävästi sekä tuomaan esille kemiallisen metsäteollisuuden ja ympäristön välisiä yhteyksiä. Tehtävissä tuli näkyä ympäristönäkökulma. Valokuvissa pyrittiin hyviin valokuviin, eli niiden tuli liittyä aiheeseen, sekä olla hyvälaatuisia ja kiinnostavia. Oppimateriaali pyrittiin laatimaan opiskelijoille mielekkääksi. Materiaalin teossa hyödynnettiin puu- ja paperikemian osaamista sekä yliopistolta että teollisuudesta.

Verkko-oppimateriaalissa puu- ja paperikemia on jaettu kolmeen isompaan aihealueeseen: massanvalmistukseen, paperinvalmistukseen ja puusta saataviin kemikaaleihin. Kuviossa 1 on verkko-oppimateriaalin etusivu, jonka avulla aihe voidaan johdatella. Lisäksi sivulla esitetään muutama johdantokysymys.

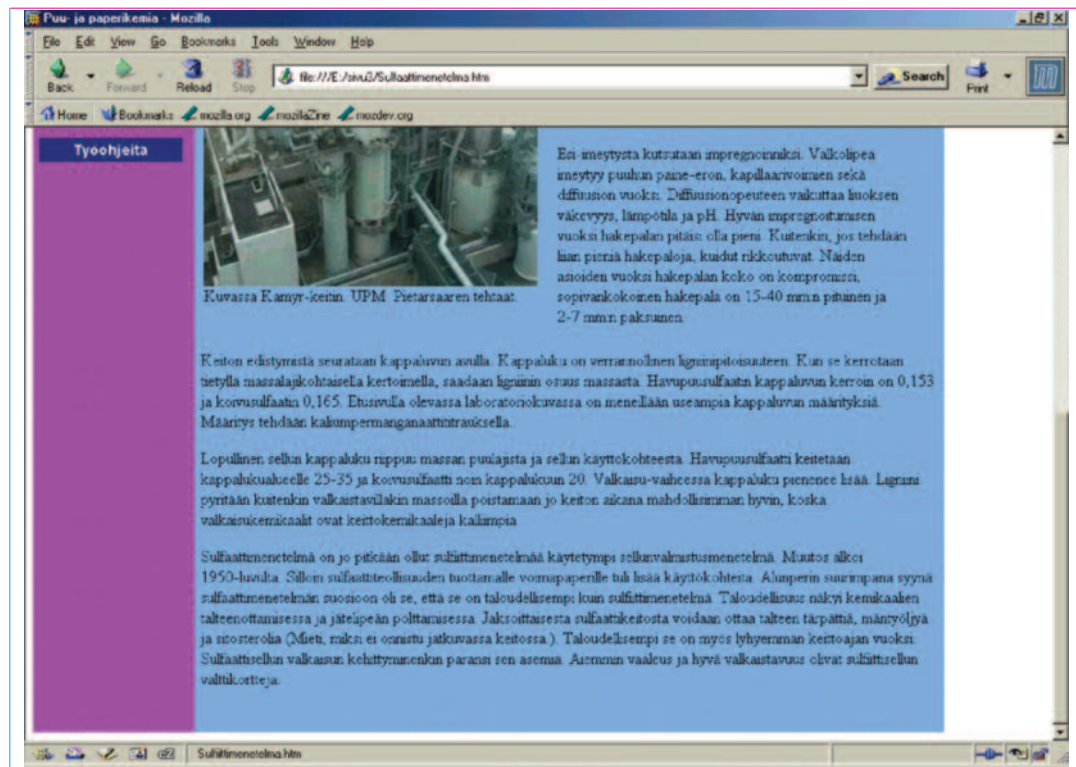


KUVIO 1. Verkko-oppimateriaalin etusivu

Sulfaattimenetelmää esitellään sivuilla laajasti (kuviot 2a ja 2b). Keitto-olosuhteiden lisäksi siinä kerrotaan tarkemmin, millainen keittoprosessi on, miten siihen voidaan vaikuttaa ja miten sen edistymistä seurataan.



KUVIO 2a. Sulfaattimenetelmää käsittelevä oppimateriaali, sivun yläosa



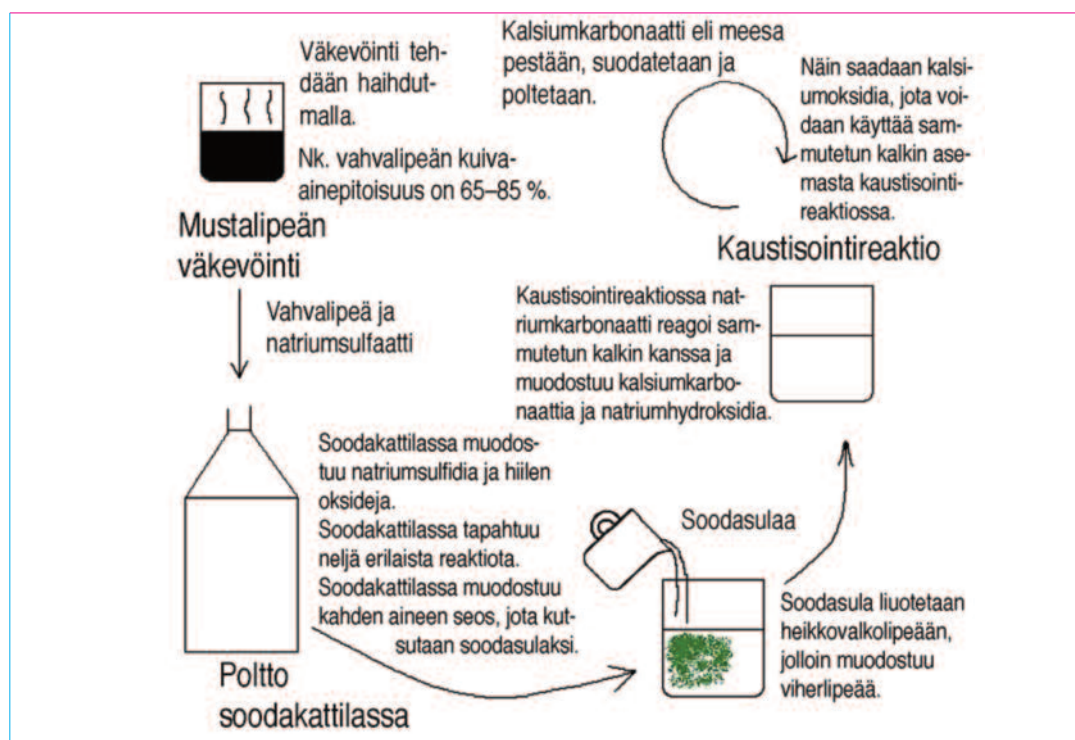
KUVIO 2b. Sulfaattimenetelmää käsittelevä oppimateriaali, sivun alaosa

Verkko-oppimateriaaliin kehitettiin yhteensä viisi tehtävää. Tehtävässä 1 on tarkoitus vertailla erilaisten papereiden (eli erilaisista massoista tehtyjen papereiden) ominaisuuksia. Tehtävän voi tehdä kokeellisesti tai lähdeaineiston avulla.

Tehtävät 2 ja 3 ovat tiedonprosessointitehtäviä ja molemmissa on kytkös ympäristöasioihin. Tehtävissä tutustutaan puu- ja paperikemiaan liittyviin teksteihin, joista tehdään muistiinpanoja. Näissä tehtävissä opettajan tulee seurata, etteivät opiskelijat kopioi tekstiä suoraan. Asiasta kannattaa myös muistuttaa ennen tehtävien tekoa. Tehtävä 2 liittyy vasta kehitettyihin tärkkelyspigmentteihin, joiden avulla paperista saadaan täysin kierrätettävää. Tehtävän 3 otsikko on *Pakkauksia kompostiin?*, ja tekstissä esitellään biohajoavuus- ja kompostointitestejä.

Tehtävässä 4 keskustellaan bioenergiasta ja muista energiamuodoista. Tehtävän teksti on tarkoitettu keskustelun alustukseksi (uusi linkki tekstile: Metsäteollisuus ry 2007). Bioenergia tarkoittaa biomassan, kuten puun, polttamista. Tehtävässä on selkeä yhteyttä ympäristöasioihin.

Tehtävässä 5 laaditaan kirjoitelma sulfaattikeittokemikaalien regeneroinnista kaavion (kuvio 3) avulla. Regenerointi tarkoittaa sitä, että käytetyt kemikaalit muokataan kemiallisten reaktioiden avulla takaisin käyttökuntoon. Kirjoitelmaan tulisi sisällyttää useita reaktioyhtälöitä, joten tehtävässä kerrataan niitä ja lisäksi harjoitellaan selkeää kemiallisen tiedon esittämistä



KUVIO 3. Kaavio kirjoitelmatehtävään

Loppusanat

Tavoitteellinen toiminta, monipuoliset työtavat ja arviointi ovat olennaista mielekkäässä verkko-opiskelussa. Keskustelu pienessä ryhmässä, roolileikit, posteriesitelmät, ongelmanratkaisu ja luova kirjoittaminen sopivat esimerkiksi puu- ja paperikemian kontekstissa opiskeluun (esim. Bennett & Holman 2002). Kehitettyä puu- ja paperikemian verkko-oppimateriaalia voi lukion opetuksen lisäksi käyttää soveltuvin osin myös perusopetukseen ja ammatilliseen koulutukseen.

Lähteet

Bennett, J. & Holman, J. 2002. Context-based approaches to the teaching of chemistry: what are they and what are their effects? Kirjassa Gilbert, J.K (toim.): Chemical Education: Towards Research-based Practise. Kluwer, Hollanti.

Haapoja, K. 2007. Puu- ja paperikemian verkko-oppimateriaali lukio-opetukseen. Kemian opettajankoulutusyksikkö. Kemian laitos. Helsingin yliopisto.

<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/pg-khaapoja.htm>. 10.10.2007.

Haapoja, K. 2007. Puu- ja paperikemian verkko-oppimateriaali:
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/puupaperi/>. 10.10.2007.

Metsäteollisuus ry. 2007. Bionergiatuotanto.
www.metsateollisuus.fi/JuuriNyt/Tiedotteet/Sivut/bioenergiantuotantoavoidaanlisata.aspx. 15.9.2007.

Kemian luonne Pohjoismaiden valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa

Veli-Matti Vesterinen

Maija Aksela

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Markku Sundberg

Epäorgaanisen kemian laboratorio, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Pelkän sisällön viestiminen ei anna totuudenmukaista kuvaa kemiasta tai mistään muustakaan tieteestä. Sisällön lisäksi esimerkiksi tapa, jolla tieto saavutetaan, on oleellinen osa tiedettä, joka tulisi näkyä myös opetuksen tavoitteissa. Kemian luonne kuvaa tietoa kemian tavoista tuottaa tietoa sekä tietoa kemiasta ja sen tutkimuksesta yhteiskunnallisena instituutiona. Kemian filosofia on kemian tutkimusta, tietoa ja yhteiskunnallista merkitystä tutkiva tieteentutkimuksen alue, jolla on keskeinen asema kemian luonteen ymmärtämisessä. Kemian filosofia tarjoaakin uuden, kiinnostavan ja vähän tutkitun lähestymistavan kemian opetuksen tavoitteita kehittämään pyrkivälle tutkimukselle. Tutkimuksessa verrattiin sisällönanalyysin menetelmällä Suomen perus- ja lukio-opetuksen opetussuunnitelmien perusteiden kemian opetuksen tavoitteita kemian luonteen osalta Ruotsin ja Norjan vastaavien valtakunnallisten opetussuunnitelmien tavoitteisiin sekä kemian filosofian tutkimuksissa esitettyihin näkemyksiin. Tutkimuksen mukaan Suomen opetussuunnitelmien perusteet eivät Ruotsin ja Norjan valtakunnallisten opetussuunnitelmien tavoin nosta eksplisiittisesti esille kemian luonteen keskeisiä piirteitä, kuten kemiallisen tiedon alustavuutta sekä teorioiden ja mallien vaikutusta kokeelliseen tutkimukseen. Opetussuunnitelmien perusteiden kemian tavoitteissa voisi nykyistä selvemmin huomioida kemian tutkimuksen sosiaalinen ja eettinen luonne sekä luonnontieteelliseen tutkimukseen liittyvää luovuus.

Avainsanat:

Kemian luonne, kemian filosofia, opetuksen tavoitteet, opetussuunnitelmaa

Johdanto

Tieteenfilosofia on tieteitä filosofisin metodein tutkiva tieteentutkimuksen alue. Kaikille tieteille yhteisten tieteenfilosofisten kysymysten lisäksi on filosofisia kysymyksiä, jotka ovat tyypillisiä vain tietyille tieteenaloille. Kemian filosofia on tieteenfilosofian osa-alue, joka tutkii kemian luonnetta määrittelemällä ja kuvaamalla sille ominaisia käsitteitä, malleja ja selityksiä. Kemian filosofiassa pohditaan myös kemiaan ja kemian tutkimukseen liittyviä metodologisia, eettisiä ja esteettisiä kysymyksiä.

Yhtenä eurooppalaisen tiedeopetuksen keskeisenä tavoitteena pidetään luonnontieteellistä yleissivistystä (Reinikainen 2002). Svein Sjøbergin (1996) mukaan hyvä luonnontieteellinen yleissivistys edellyttää kolmenlaista tietoa luonnontieteistä:

- 1) *Tietoa luonnontieteiden tuotteista eli malleista ja teorioista, joita luonnontiede tuottaa.*

- 2) *Tietoa luonnontieteiden prosesseista* eli luonnontieteiden tavasta tuottaa tietoa.
- 3) *Tietoa luonnontieteistä yhteiskunnallisena instituutiona* eli tietoa siitä, miten luonnontieteet vaikuttavat yhteiskuntaamme ja miten yhteiskunta puolestaan vaikuttaa luonnontieteisiin.

Kemian luonne kuvaa tietoa kemian tavoista tuottaa tietoa sekä tietoa kemiasta ja sen tutkimuksesta yhteiskunnallisena instituutiona. Koska kemian filosofisilla kysymyksillä on keskeinen asema kemian luonteen ymmärtämisessä, on tarpeen arvioida kemian opetuksen tavoitteita kemian filosofisen näkemyksen ja tiedon valossa. Kemian filosofia tarjoaakin uuden, kiinnostavan ja vähän tutkitun lähestymistavan kemian opetuksen kehittämiseen pyrkivälle tutkimukselle (Gilbert ym. 2002).

Luonnontieteiden luonteen opetuksessa on nähtävissä kaksi lähestymistapaa: epäsuora eli implisiittinen ja suora eli eksplisiittinen. Epäsuorassa lähestymistavassa ymmärrys luonnontieteiden luonteesta kasvaa prosessitaitoja kehittämällä ja tutkimuksellisten tehtävien kautta ilman suoria viittauksia luonnontieteiden luonteeseen. Suorassa lähestymistavassa puolestaan luonnontieteiden luonne otetaan opetuksessa tietoisesti esille. Epäsuoraan lähestymistapaan liittyy usein näkemys luonnontieteiden luonteesta affektiivisena tavoitteena kognitiivisen tavoitteen sijaan. Ymmärryksen luonnontieteellisen tiedon luonteesta oletetaan muodostuvan ikään kuin itsestään kokeellista luonnontieteellistä tutkimusta tehtäessä. Opetuksessa eksplisiittinen lähestymistapa onkin epäsuoraa lähestymistapaa tehokkaampi. (Abd-El-Khalick & Lederman 2000)

Tutkimuskohde ja menetelmä

Suomessa opetussuunnitelman perusteet (Opetushallitus 2003, 2004) ovat tärkeimmät perus- ja lukio-opetusta ohjaavat asiakirjat. Tutkimuksessa verrattiin sisällönanalyysin menetelmällä perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien perusteiden kemian luonnetta kuvaavia tavoitteita Ruotsin ja Norjan vastaaviin valtakunnallisiin opetussuunnitelmiin (Skolverket 2000, 2006; Utdanningsdirektoraten 2006) sekä kemian filosofian tutkimuksessa esitettyihin näkemyksiin. Sisällönanalyysin tulosten pohjalta esitettiin, miten opetuksen tavoitteissa voitaisiin paremmin huomioida kemian luonne.

Sisällönanalyysi tehtiin Hubermanin ja Milesin (1994) kuvaamalla kolmivaiheisella menetelmällä. Ensimmäisessä vaiheessa aineisto redusoiitiin poimimalla opetussuunnitelman tavoitteista kemian luonteeseen liittyvät lausumat. Toisessa vaiheessa aineisto ryhmiteltiin aihepiireihin ja sisältöluokkiin aineistolähtöisesti mutta teoreettinen viitekehys huomioiden. Kolmannessa vaiheessa tehtiin johtopäätöksiä ryhmitelystä aineistosta. Päättökäytökset esitetään kootusti oheisessa taulukossa.

TAULUKKO. Kemian luonteeseen liittyvien tavoitteiden esiintyminen tutkituissa valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa

Aihepiirit ja sisältöluokat	Perusope-	Perusope-	Lukio	Lukiotaso	Lukiotaso
Ruotsi Norja		tus Suomi	tus Ruotsi		Suomi
I Kemian tutkimuskohde ja mallit					
• Kemia aineen ominaisuuksien sekä rakenteen ja sen muutosten tutkimuksena	+	+	+	+	+
• Kemiaallisten ilmiöiden selittäminen mallien avulla	+	+	+	–	+
• Käsitteiden merkitys kemiassa	+	+	+	+	+
• Kemian mallien ja teorioiden rajat	–	–	–	+	–
• Kemiaallisen tiedon alustavuus	–	+	–	+	+
II Kokeellisuus ja kemian tutkimus					
Tutkimuksen vaiheet:					
– kysymyksenasettelun muodostaminen	–	–	+	–	–
– hypoteesien asettaminen	–	+	–	+	+
– eksperimanttien tekeminen	+	+	+	+	+
– havainnointi ja mittaus	+	+	+	+	+
– tulosten tulkinta	+	+	+	+	+
– johtopäätösten tekeminen	–	–	+	+	+
– luotettavuuden arviointi	+	–	+	+	+
• Teorioiden ja mallien vaikutus kokeelliseen tutkimukseen	–	+	–	+	+
III Kemian yhteiskunnallinen merkitys ja eettiset ulottuvuudet					
• Kemian sovellutusten merkitys yhteiskunnalle ja elinympäristölle	+	+	+	+	+
• Kemiaallisen tiedon ja tutkimuksen vaikutus kulttuuriimme ja maailmankuvaamme	–	+	–	+	+
• Kemiaallisen tiedon käyttäminen valintojen yhteiskunnallisissa ja eettisissä perusteluissa	+	+	+	+	+
• Kemian tutkimuksen eettisyys	–	+	–	–	+

+ -merkki tarkoittaa, että sisältöluokka on tuotu eksplisiittisesti esille kyseessä olevassa opetussuunnitelmassa

Tulokset

Kemian tutkimuskohde ja mallit

Kaikissa tutkituissa valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa kemia kuvattiin aineen ominaisuuksia, rakennetta ja niiden muutoksia tutkivana tieteenä. Valtakunnallisten opetussuunnitelmien mukaan opetuksen keskeinen tavoite on oppia käyttämään ja ymmärtämään kemialle ominaisia käsitteitä (ks. taulukko kohta I).

Fysiikan käsitteisiin ja malleihin verrattuna kemian käsitteet, esimerkiksi happo, suola tai funktionaalinen ryhmä, ovat biologisten käsitteiden tapaan useammin luo-

kittelleviä ja kuvailevia. Fysiikka onkin tieteenä keskittynyt luokittelun sijaan ilmiöiden matemaattiseen mallintamiseen. (Erduran & Scerri 2002.) Kemian käsitteiden ja mallien eroavuus fysiikassa käytetyistä käsitteistä ja malleista näkyi opetussuunnitelmien perusteissa ainoastaan implisiittisesti kemian ja fysiikan tutkimuskohteiden kuvauksissa. On muistettava, että vaikka kvanttifysiikka tarjoaa teoreettisen kehyksen monille kemian malleille, ne eivät ole suoraan kvanttifysiikasta johdettuja ja edellyttävät kemian tasolle ominaisia kuvauksia (Scerri & McIntyre 1997). Kemian ja fysiikan erojen ja yhtäläisyyksien käsittely opetuksessa tukisi kemian mallien ja selitysten sekä kemian makro- ja mikromaailmojen välisten suhteiden ymmärtämistä (Erduran & Scerri 2002).

Suomen opetussuunnitelmien perusteet huomioivat mallien liittyvän ilmiöiden selittämiseen, mutta eivät tuo esille kemiallisen mallien rajallisuutta tai niiden avoimuutta muutoksille ja tarkistuksille. Kemiallisen tiedon alustavuus mainittiin kaikissa muissa tutkituissa valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa (ks. taulukko kohta I, s. 207). Tieteellisten mallien luonteen ymmärtäminen on erityisen ongelmallista kemiassa, koska kemian selitykset sijoittuvat elektronien, atomien ja molekyylien submikroskooppiseen maailmaan, josta ei voida tehdä suoria havaintoja. Kemiallisten muutosten ja rakenteiden kuvailuun käytetään hyvin monenlaisia ja taseisia malleja, jotka ovat joskus keskenään ristiriitaisia. Malleja kuvataan monin eri symbolisin ja ikonisin tavoin, joka on myös omiaan sekoittamaan oppilaiden ajatuksia (Grosholz & Hoffman 2000). On tärkeää ymmärtää, että kemian mallit liittyvät selityksen antamiseen jollekin ilmiölle ja ne sisältävät omat rajoitteensa (Erduran 2001).

Kokeellisuus ja kemian tutkimus

Kuvatessaan kokeellisen tutkimuksen vaiheita Suomen opetussuunnitelmien perusteet eivät ota muiden tutkittujen valtakunnallisten opetussuunnitelmien tavoin esille kysymyksenasettelun muodostamista tai hypoteesien asettamista (ks. taulukko kohta II, s. 207). Nämä tutkimuksen vaiheet voidaan Yehuda Elkanan (2000) esittämän jaon mukaan nähdä tieteen strategioina (strategies of science), jotka määrittelevät tutkimuksen perimmäiset kysymykset ja ontologiset oletukset. Suomen opetussuunnitelmien perusteissa jätetään mainitsematta myös olemassa olevien mallien vaikutus kokeelliseen tutkimukseen, joka liittyy läheisesti tutkimuksen strategiaan valintoihin (ks. taulukko kohta II, s. 207).

Jotta oppilas ymmärtää, miksi kysymyksenasettelu ja sille puitteet antavat käsitteet on muodostettu, opetussuunnitelmien perusteissa tulisi ottaa esille tieteen strategiset vaiheet sekä mallien ja teorioiden vaikutus tutkimukselle. Perusopetuksessa hypoteesien tekemisen tulisi olla osana kokeellisen tutkimuksen harjoittelua ja viimeistään lukion opetussuunnitelman perusteiden tutkimusvaiheiden kuvaukseen tulisi sisällyttää myös tutkimuskysymysten muodostamisen vaihe. Opetussuunnitelmien perusteiden induktiivinen lähestymistapa, jossa kokeellisuus nähdään tapana osoittaa käsiteltävän mallin paikkansapitävyys ja mallin muodostamista ei käsitellä lainkaan, voi olla yksi syy siihen, että oppilas ei usein ymmärrä tekemänsä kokeen yhteyttä teoriaan ja kokeiden tekeminen muuttuu reseptien seuraamiseksi (Monk & Dillon 2000).

Ruotsin ja Norjan valtakunnalliset opetussuunnitelmat huomioivat paremmin sen, että tieteellinen tieto rakentuu käsitteiden, mallien ja teorioiden kehittymisen kautta. Toisin kuin Suomen opetussuunnitelmien perusteet, ne asettavat tavoitteeksi ymmärtää teorian ja mallit myös kokeellisuuden lähtökohtana eikä pelkästään tuloksena.

Tieteen strategiat liittyvät myös tutkituissa valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa unohdettuun tieteelliseen luovuuteen. Ottamalla tieteellinen luovuus huomioon oppilaat saavat realistisemman kuvan kemian tutkimuksesta ja siinä tarvittavista vahvuuksista. Tieteellistä luovuutta pidetään yhtenä luonnontieteellisen tutkimuksen keskeisimpänä piirteenä sekä englanninkielisissä opetussuunnitelmissa (McComas & Olson 1998) että asiantuntijaryhmien mielipiteissä (Collins ym. 2001). Suomen opetussuunnitelmien perusteiden kemian tavoitteissa luovuutta ei mainita lainkaan.

Kemian yhteiskunnallinen merkitys ja eettiset ulottuvuudet

Kaikki tutkitut opetussuunnitelmat ottavat esille kemian sovellutusten yhteiskunnallisen merkityksen (ks. taulukko kohta III, s. 207). Kemian tutkimukset ovat yleensä kiinnostuneet perimmäisen ymmärryksen kasvattamisen lisäksi myös tutkimustulosten käyttökelpoisuudesta (Kovac 2006). Tieteen ja tutkimuksen poikkeuksellinen yhteiskunnallinen asema sekä kemian sovellutusten merkitys yhteiskunnalle ja ympäristölle korostavat tutkijoiden vastuuta tutkimuskohteen valinnassa. Tutkimuskohteen valinta onkin aina eettinen päätös (Kovac 2006; Schummer 2001). Kemian tutkimuksen eettisyys tuodaan kuitenkin esille vain Ruotsin perusopetuksen ja Norjan lukiotasoisien opetuksen valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa (ks. taulukko kohta III, s. 207).

Suomen opetussuunnitelmien perusteissa kemiallisen tiedon yhteiskunnallinen ulottuvuus tulee esiin vain instrumentaalisella tasolla. Kemiallinen tieto nähdään niissä apuna eettisten ja yhteiskunnallisten valintojen tekemisessä sekä teknologisten sovellutusten tuottamisessa (ks. taulukko kohta III, s. 207). Opetussuunnitelman perusteissa ei tuoda esille, että kemian ja teknologian sekä kemian ja yhteiskunnan välillä on vuorovaikutussuhde. Esimerkiksi instrumentaation tekninen kehitys on radikaalisti muuttanut kemiallisen tutkimuksen luonnetta (Baird 2000). Opetussuunnitelmien perusteiden instrumentaalinen lähestymistapa näkyy myös siinä, että niissä ei muiden tutkittujen opetussuunnitelmien tapaan huomioida kemiallisen tiedon ja tutkimuksen vaikutusta kulttuuriimme ja maailmankuvaamme (ks. taulukko kohta III, s. 207).

Kemiallinen tieto tuotetaan tutkimusryhmissä ja tutkimusten tulokset jaetaan kansainväliselle tiedeyhteisölle, jossa ne arvioinnin myötä mahdollisesti hyväksytään. Yksikään tutkittu opetussuunnitelma ei kuitenkaan ota huomioon kemian tutkimuksen sosiaalista luonnetta, vaikka se yleensä nähdään keskeisenä osana luonnontieteiden luonnetta (McComas & Olson 1998; Collins ym. 2001). Tieteenteon sosiaalinen konteksti tuli esille ainoastaan implisiittisesti ryhmätyöskentelytaidot huomioivina tavoitteina.

Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Pelkän sisällön viestiminen ei anna totuudenmukaista kuvaa kemiasta tai mistään muustakaan tieteestä. Sisällön lisäksi tapa, jolla tieto saavutetaan, on oleellinen osa tiedettä (Monk & Osborne 1997), joka tulisi huomioida myös opetuksessa. Ruotsin ja Norjan valtakunnallisiin opetussuunnitelmiin verrattuna Suomen opetussuunnitelmien perusteissa korostuu käsitteellisen tiedon merkitys kemian luonteeseen liittyvän tiedon sijaan. Tieteellisen tiedon tuottamisen prosessin sekä siihen liittyvän sosiaalisen kontekstin ymmärtäminen ovat keskeinen osa luonnontieteellistä yleisivistystä. Kemian luonteeseen liittyvällä tiedon tulisikin selvemmin näkyä kemian opetuksen tavoitteissa.

Jos oppilaat eivät tunne tiedon arviointiperusteita ja heidän valmiuksiaan arvioida tiedon pätevyyttä ei kehitetä, oppilaat eivät opi itsenäisesti arvioimaan erilaisia teorioita ja uskomuksia. Tällöin oppilaat jäävät väärän tiedon ja indoktrinaation armoille. Luonnontieteiden opettajan olisi indoktrinaation välttämiseksi huomioitava opettamansa aineen maailmankatsomukselliset, moraaliset ja poliittiset kytkennät sekä selkeyttää opetettavan järjestelmän sisäinen rakenne ja arviointiperusteet, jotta oppilaat osaisivat arvioida uskomusten ja väitteiden pätevyyttä. (Puolimatka 1995)

Tieteenteon sosiaalinen luonne voisi valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa olla eksplisiittisemmin esille sekä historiallisessa kontekstissa että ajankohtaisiin ja kiistanalaisiin kysymyksiin keskittyen. Erilaiset lähestymistavat mahdollistaisivat sen oppimisen, että kaikki tieteellinen tieto ei ole yhtä varmaa. Tieto voi myöhemmin osoittautua epätarkaksi tai jopa vääräksi. Tietyt perustavanlaatuiset tiedot ovat kuitenkin hyvin varmoja ja tiedeyhteisön nykyinen konsensustieto on yleensä perustelluinta mahdollista.

Suomen opetussuunnitelmien perusteita kehitettäessä voisi pohtia seuraavia teemoja:

- *Kemian ja fysiikan suhde*
Kemia on itsenäinen tieteenala, jolla on sille ominaiset käsitteet, kysymyksenasettelut, tutkimusmenetelmät ja selitysmallit.
- *Kemiallisten mallien ja teorioiden rajat*
Kemian mallit ja teorit ovat tasospesifisiä sekä sisältävät oletuksia ja likimääräisyyksiä, jotka rajoittavat niiden soveltamisalaa. Mallit eivät ole todellisuuden kopioita, vaan ideoiden kehittelemiseksi rakennettuja kuvauksia (Erduran 2001).
- *Kemiallisen tiedon alustavuus*
Kemiallinen tieto on alustavaa eli sen käyttävät mallit sekä teorit ovat muuttuneet ajan saatossa. Historiallisten mallien ja niiden kehityksen huomioiminen edistää myös mallien luonteen ymmärrystä (Erduran 2001).
- *Kysymyksenasettelu ja mallien vaikutus kokeelliseen tutkimukseen*
Teorit ja mallit muodostavat pohjan, jonka varassa kokeelliset asetelmat luodaan ja tuloksia tulkitaan. Kysymyksenasettelulla ja hypoteesien tekemisellä on keskeinen asema kemiallisessa tutkimuksessa.

- *Luovuuden merkitys kemian tutkimuksessa*
Muodostaessaan kysymyksenasetteluja ja hypoteeseja sekä luodessaan malleja ja teorioita tutkijalta vaaditaan luovuutta ja mielikuvitusta.
- *Kemian tutkimuksen sosiaalinen luonne*
Tieteellinen tutkimus on yhteisöllistä toimintaa. Tiedeyhteisön on merkittävä rooli mallien ja teorioiden hyväksynnässä. Tiedeyhteisön kriittisen arvioinnin tuloksena opetuksessa esitetyt kemian mallit ovat hyvin perusteltuja.
- *Kemiallisen tiedon ja tutkimuksen vaikutus kulttuuriimme ja maailmankuvaamme*
Kemialla on ollut suuri vaikutus näkemykseemme ympäröivästä maailmasta ja paikastamme siinä.
- *Kemian tutkimuksen eettisyys*
Tutkimuksen tekeminen on aina eettistä toimintaa. Kemian tutkimus tuottaa käytännön sovellutuksia, joilla saattaa olla suuria vaikutuksia esimerkiksi ympäristölle.

Seuraavia opetussuunnitelman perusteita suunniteltaessa voisi pohtia tieteen- ja kemian filosofian merkitystä luonnontieteellisen yleissivistyksen osana. Kemian luonne ja siihen liittyvät tieteenfilosofiset kysymykset olisi tärkeä ottaa esille myös oppikirjoissa. Koska monilta kemian opettajilta usein puuttuu luonnontieteiden opettamiseen vaadittavat tiedot luonnontieteen filosofiasta ja historiasta (Collins ym. 2001), tulisi myös kemian opettajakoulutuksessa keskittyä kemian luonteen ymmärtämiseen käsittelemällä kemian filosofisia kysymyksiä.

Koska lopulliset opetussuunnitelmalliset päätökset tekee opetussuunnitelman toteuttajana opettaja, kiinnostavan jatkotutkimuskohteen tarjoavat opettajien käsitteet kemian luonteesta ja kemian opetuksen tavoitteista.

Lähteet

Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. 2000. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education* 22 (7). 665–701.

Baird, D. 2000. Analytical instrumentation and instrumental objectivity. Teoksessa Bhusan, N. & Rosenfeld, S. (toim.) *Of minds and molecules: new philosophical perspectives on chemistry*. New York, NY: Oxford University Press. 90–113.

Collins, S., Osborne, J., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. 2001. What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. Paper presented at the Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), St. Louis, 26–28 March, (http://www.tlrp.org/dspace/retrieve/790/NARST2001_P3.pdf), 26.3.2007.

Elkana, Y. 2000. Science, philosophy of science and science teaching. *Science and Education* 9. (Alunperin julkaistu lehdessä *Educational Philosophy and Theory*, 1970, Vol. 2.) 463–485.

Erduran, S. 2001. Philosophy of chemistry: an emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education* 10. 581–593.

Erduran, S. & Scerri, E. 2002. The nature of chemical knowledge and chemical education. Teoksessa Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. f. & Van Driel, J. (toim.) *Chemical education: towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer. 7–28.

Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. f. & Van Driel, J. 2002. Chemical education: towards research-based practice. Dordrecht: Kluwer.

Grosholz, E. R. & Hoffmann, R. 2000. How symbolic and iconic languages bridge the two worlds of chemist: a case study from contemporary bioorganic chemistry. Teoksessa Bhushan, N. & Rosenfeld, S. (eds.) Of minds and molecules: new philosophical perspectives on chemistry. New York, NY: Oxford University Press. 230–247.

Huberman, A. M. & Miles, M. B. 1994. Data Management and Analysis Methods. Teoksessa Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (eds.) Handbook of Qualitative Research. Thousand Oaks: Sage.

Kovac, J. 2006. Professional ethics in science. Teoksessa Baird, D., Scerri, E., & McIntyre, L. (toim.) Philosophy of chemistry: synthesis of a new discipline. Dordrecht: Springer. 157–169.

McComas, W. F. & Olson, J. K. 1998. The nature of science in international science education documents. Teoksessa McComas, W. F. (toim.) The nature of science in science education: rationales and strategies. Dordrecht: Kluwer. 41–52.

Monk, M. & Osborne, J. 1997. Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. Science Education, Vol. 81 (4). 405–424.

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Opetushallitus. Helsinki.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus. Helsinki.

Puolimatka, T. 1995. Kasvatus ja filosofia. Rauma: Kirjayhtymä.

Reinikainen, P. 2002. Millaista on luonnontieteellinen osaaminen suomessa. Teoksessa Välijärvi, J. & Linnakylä, P. (toim.) Tulevaisuuden osaajat: PISA 2000 Suomessa. Jyväskylä: Koulutuksen tutkimuslaitos. 57–72.

Scerri, E.R. & McIntyre, L. 1997. The case for philosophy of chemistry. Synthese 111. 213–232.

Schummer, J. 2001. Ethics of chemical synthesis. HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry 7. 103–124.

Sjøberg, S. 1996. Scientific literacy and school science: arguments and second thoughts. Paper presented at the Seminar on Science, Technology and Citizenship Leangkollen, Oslo Nov 1996, (<http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html>), 13.10.2006.

Skolverket 2000. Grundskolans kursplaner och betygskriterier. Stockholm: Skolverket.

Skolverket 2006. GY-07: Kursplaner för Kemi. Stockholm: Skolverket.

Utdanningsdirektoratet 2006. Fastsatte læreplaner for Kunnskapsløftet: Læreplan i kjemi – programfag i studiespesialiserende utdanningsprogram. Hamar: Utdanningsdirektoratet.