

## 8. KEMIAN OPETUKSEN KEHITTÄMINEN MONIPUOLISILLA TYÖTAVOILLA

---

*Aija Ahtineva, matemaattisten aineiden yliopistonlehtori, Turun yliopiston opettajankoulutuslaitos, Turku*

### JOHDANTO

Työtapoja on kirjallisuudessa luokiteltu monin eri tavoin. Jakoperusteina on käytetty opettajan tai oppilaan aktiivista roolia, opettajan ohjauksen ja vuorovaikutuksen määrää, oppimistavoitetta tai esimerkiksi oppilaan oppimistyyliä (Lahdes 1982; Meisalo 1990; Joyce & Weil 1992; Sahlberg & Leppilampi 1994; Kuitunen 1996; Uusikylä & Atjonen 2000; Torn 2004). Luonnontieteiden opetuksen työtavoista on kehitetty myös kolmiulotteinen malli (Erätuuli & Meisalo 1991), jossa ulottuvuuksina ovat inhimillinen vuorovaikutus, yhteys todelliseen maailmaan ja kognitiivisen prosessin taso. Opetushallituksen teettämässä viimeisimmässä perusopetuksen luonnontieteiden osaamisen arvioinnissa 2011 työtavat jaettiin yksinkertaisesti kahteen ryhmään, yksilöllisiin ja vuorovaikutteisiin (Kärnä, Hakonen & Kuusela 2012; jatkossa Raportti 2012).

Luonnontieteiden opetuksen työtavoissa on edellisten näkökulmien lisäksi ja myös niistä riippumatta korostettu (ks. valtakunnalliset opetussuunnitelmat; Ahtee & Pehkonen 2000) opetuksen ennakkojäsentelyä, havainnollistamista, kokeellisuutta, konkreettista työskentelyä ja opetuksen yhteyttä arkielämään. Työtavan lisäksi opettaja valitseekin omalle opetukselleen aina myös oppimisympäristön ja opetuksen lähestymistavan.

Tässä artikkelissa tarkastellaan erilaisia kemian opetuksen työ- ja toimintatapoihin liittyviä tutkimuksia ja pohditaan kemian opetuksen kehittämistä esiteltyjen tutkimusten ja Raportin 2012 tulosten näkökulmasta.

## TUTKIMUSTULOKSIA KEMIAN OPETUKSEN TYÖTAVOISTA

### Kemia tänään – opettajan näkökulma

Osana LUMA-talkoita on Suomessa toteutettu Kemia tänään tapahtumia. Tapahtumat suunniteltiin ja toteutettiin Kemianteollisuus ry:n aloitteesta yhteistyössä Opetushallituksen, opetusministeriön, Matemaattisten aineiden opettajien liiton ja eri paikkakunnilla toimivien yliopistojen ja korkeakoulujen kemian opetuksen vastuutahojen kanssa. Kemia tänään -hankkeen tavoitteeksi määriteltiin mm. kemian opettajien ammattitaidon kehittäminen ja työskentelymotivaation parantaminen ja uusien opetusmenetelmien ja näkökulmien soveltamisen edistäminen kemian opetuksessa.

Ensimmäisten tapahtumien yhteydessä 1998–1999 toteutettiin kyselyyn perustuva tutkimus, jossa kartoitettiin mm. kemian opetuksen työtapoja, opetuksen ongelmia ja parannusehdotuksia opettajan näkökulmasta (Aksela & Juvonen 1999). Kyselyyn vastasi lähes 400 kentällä toimivaa opettajaa eri puolilta Suomea. Lähes yksimielisesti (95 %) vastaajat olivat sitä mieltä, että kemiaa oppii parhaiten tekemällä. Opettajat toivat vastauksissaan esille erityisesti oppilastyöt tehokkaana työtapana. Opettajat valitsivat kyselylomakkeessa luetelluista seitsemästätoista työtavasta selvästi yleisimmän käytetyksi ryhmätyön, johon myös oppilastyö voidaan laskea kuuluvaksi. Yli puolet vastaajista ei ollut koskaan käyttänyt työtapana suggestopediaa, roolileikkiä, rentoutusta tai prosessikirjoittamista. Opettajat toivoivat koulutusta kaikista kyselyyn sisältyneistä työtavoista, kokeellisuuteen ja kaikenlaiseen tietokoneilla tehtävään informaationkäsittelyyn liittyvän koulutuksen ohella.

Myös Kemia tänään – tapahtumiin 2007–2008 liittyi laaja kemian opettajien kyselytutkimus (Aksela & Karjalainen 2008). Tutkimuksessa kartoitettiin kemian opetussuunnitelman perusteiden tavoitteiden ja kokeellisuuden toteutumista, opetuksessa käytettyjä työtapoja sekä opettajien tekemää yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa. Opettajille suunnattuun kyselyyn vastasi 162 kemian opettajaa. Kuten kymmenen vuotta aiemmin tehdyssä tutkimuksessakin, opettajat valitsivat yleisimmän käyttämäkseen työtavaksi ryhmätyöt. Satunnaisesti käytettiin opintokäyntejä, luovaa ongelmanratkaisua, yhteistoiminnallista oppimista ja käsitekarttaa. Yli puolet opettajista ei ollut koskaan käyttänyt prosessikirjoittamista, roolileikkejä ja väittelyä opetuksessaan. Opintokäyntien määrä oli edellisestä kemia tänään -tutkimuksesta lisääntynyt ja suggestopedia, rentoutus, roolileikki sekä väittely entisestään vähentyneet.

## Työtavan yhteys kemian opiskeluun – oppilaan näkökulma

Millainen on taitava kemian opettaja? Oppilaan kannalta mietittynä varmasti sellainen, joka oppitunneilla osaa välittää ja osoittaa oman asiantuntemuksensa ja innostuneisuutensa oppilaille. Taitava opettaja saa oppilaat osallistumaan ja itse oivaltaamaan uusia asioita. Vaikka oppiminen on oppijakohtaista, opettajan ja oppilasryhmän yhteinen toiminta on oppimisprosessissa keskeistä. Kemian opettajien tapaa- misissa ja myös useissa tutkimuksissa on esitetty esimerkkejä siitä, miten vahvasti vuorovaikutteisilla oppilaita aktivoivilla demonstraatioilla (Kyyrönen 1999; Lampi- selkä 2003) ja oppimisleikillä (Ahtineva 1993; 1994; 1995) voi saada oppilaat innos- tumaan kemiasta.

Tornin tutkimuksessa (2004) selvitettiin luonnontieteellisesti lahjakkaiden perus- koulun 9.- luokkalaisten käsityksiä kemian opetuksen tehokkaista työtapoista. Tut- kimuksen kursseilla opiskeltiin orgaanisen kemian perusteita ja sovelluksia, työta- poina käytettiin mm. ennakkojäsentäjää, laborointeja ja laborointiin perustuvia tut- kimusprojektiä, oppimispäiväkirjaa, yhteistoiminnallista oppimista, vierailukäyn- tiä, opettajajohtoista opetusta, roolileikkiä, malleja ja analogioita, lajittelua ja ope- tusvideota. Palautekeskusteluiden analyysin mukaan oppilaiden (N=47) kiinnostus kemian opiskeluun voitiin jakaa neljään lähes samankokoiseen suuntautumisryh- mään: asiasta innostuvat, tekemisestä innostuvat, oleilijat ja numerontavoittelijat. Opettajan esitystä, oppilaan omaa tiedon etsintää ja järjestämistä sisältäviä työtapoja pitivät erittäin tehokkaina kaikki oppilaat, suuntautumisvaihtoehdoista riippumatta.

Tutkimuksen mukaan suuntautumisryhmien käsitykset muista tehokkaista työta- voista kuitenkin vaihtelivat. Asiasta innostuvat kuuntelivat opettajaa mielellään ja pitivät päättelyä ja ymmärtämistä vaativista työtapoista. Tekemisestä innostuvat piti- vät aktiivisuutta ja omaa havainnointia edellyttävistä työtapoista, heille oli tärkeää voida jäsentää tietoa kirjoittamalla esimerkiksi oppimispäiväkirjaan. Sekä asiasta että tekemisestä innostuvat oppilaat innostuivat ja oppivat myös yhteistoiminnal- lisessa työtapossa. Numerontavoittelijoille oli tärkeää työtavan tuoma oivaltamisen helppous esimerkiksi luokitteluna. Myös oppimispäiväkirjaa numerontavoittelijat pitivät tehokkaana työtapana, sillä asioiden kertaaminen päiväkirjan avulla oli help- poa. Oleilijat taas eivät innostuneet esimerkiksi oppimispäiväkirjasta vaan kaipasi- vat vaihtelevia ja jännittäviä työtapoja.

## Arkipäivään liittyvät asiat kiinnostavat – kodin ja koulun yhteistyö

Kuten Suomessa, myös monessa muussakin maassa on huomattu, että asian liittäminen arkipäivään on erinomainen opetuksen lähtökohta. Koreassa tiedejärjestön (Korea Science Foundation) aloitteesta suunniteltu tiedeluokkaohjelma (Everyday Science Class) kehitettiin yhdessä Soulin yliopiston kanssa ja hyväksyttiin paikallisessa hallinnossa vuonna 2003. Ohjelmaa on toteutettu vuosina 2003–2011 jo yli 500 luokassa. Tiedeluokkaohjelman ideana on ollut kehittää oppiaineita ja -materiaaleja oppilaiden jokapäiväisen elämään liittyen yhteistyössä kodin kanssa ympärillä olevat, paikalliset olosuhteet huomioon ottaen.

Arkipäivän tiedeluokkaohjelman yhteydessä on toteutettu ja julkaistu tapaustutkimus (Kim, Yoon, Rae Ji & Song 2012), jossa selvitettiin videoiden ja haastattelujen avulla myös kodin osuutta oppimisprosessissa. Tutkimuksessa vanhemmat kutsuttiin mukaan oppitunneille ja myös heitä haastateltiin. Julkaistussa tutkimuksessa haastatteluun osallistuivat oppilaiden äidit. Tiedetunneista annettiin useita esimerkkejä: eräällä tunnilla katsottiin aluksi video, jossa näytettiin, miten sähkövalojen puuttuessa pimeään navettaan saatiin valoa appelsiinien ja metallilevyjen avulla. Videon jälkeen opettaja toi vastaavia välineitä luokkaan ja oppilaat vanhempien kanssa miettivät, oliko video totuuden mukainen. Oliko todella mahdollista saada aikaan valoa tuollaisilla välineillä? Mihin toiminta perustuu? Eräällä tunnilla kokeiltiin, miten rautajauhe asettui erilaisten magneettijuovakorttien päälle. Mistä tietynlainen asettautuminen johtui? Eräällä oppitunnilla tehtiin punaisen ja sinisen kalvopaperin avulla 3D-silmälasit ja ihmeteltiin, miten ne vaikuttivat näkemiseen jne. Oppilaat ja vanhemmat innostuivat aiheista niin, että tekivät vastaavia kokeiluja kotona olevilla välineillä.

Tiedeluokkakokeilulla oli huomattava vaikutus oppimiseen: positiivinen asenne ja motivaatio tiedon hankintaan lisääntyivät. Myös vanhemmista tuli tutkimusprojektissa aktiivisia oppijoita. Vanhempien aktiivinen rooli lisäsi kodin ja koulun yhteistyötä ja varmasti osaltaan vaikutti myös oppilaiden lisääntyneeseen oppimismotivaatioon ja asenteisiin. Toisaalta tutkimuksen mukaan vanhempien mukanaolo oppitunneilla kuitenkin joissakin tapauksissa myös rajoitti oppilaiden omien ratkaisuideoiden kehittymistä.

## Tiedetapahtumat innostavat oppimaan – yhteiskunnallinen merkitys

Oppilaiden ja opettajien vierailuista tiedekeskuksissa ja erilaisissa tiedetapahtumissa on viime aikoina tehty esimerkiksi Suomessa ja Pohjois-Amerikassa oppimiseen liittyviä tutkimuksia. Tutkimuksella on osoitettu esimerkiksi, että esi- ja jälkimateriaalit yhdistettynä toiminnallisiin kokeisiin tiedekeskuksissa parantavat sekä opiskelumotivaatiota että -tuloksia (Salmi, Kaasinen & Kallunki 2012). Heurekaan liittyvässä Science Center to Go -projektissa todellisuus pystyttiin yhdistämään virtuaalimaailmaan niin, että myös näkymätön, esimerkiksi molekyylien liikkeisiin vaikuttavat voimat, saatiin näkyväksi todellisessa koetilanteessa. Tällaista rikastettua tietokoneavusteista oppimisympäristöä nimitetään lisäketodellisuudeksi (Augmented Reality). Science Center to Go -hankkeessa kehitettiin lisäketodellisuutta soveltava opetussalkku, jonka avulla koulussa voidaan demonstroida tiedekeskuksessa esillä olleita ilmiöitä.

Ainedidaktiikan päivillä Helsingissä 2012 pidetyssä tiedekeskuspedagogiikkateemaryhmässä esiteltiin useita (<http://www.helsinki.fi/okl/AD-symposiumi/teemaryhmat.html>) tiedetapahtumiin liittyviä oppimistutkimuksia. Lisäketodellisuussovelluksen kokeilua ja arviointia oli tehty fysiikan ainedidaktiikan ryhmäopetuksessa (Kallunki). Oppimismotivaatiota oli tutkittu informaalia oppimista ja formaalia opetusta yhdistävässä tiedesirkuksessa (Thuneberg) ja luokanopettajien koulutuksessa Helsingissä olevaa integroidun tiedeopetuksen kurssia ja kurssin kehittymistä tutkimuksen avulla (Salmi). Aineenopettajien koulutuksessa Turussa oli tutkittu Tuli on irti! -näyttelyn vaikutusta peruskoulun 6. ja 8. luokkien oppilaiden luonnontieteiden oppimiseen ja kiinnostukseen luonnontieteitä kohtaan (Ahtineva & Kankare) ja myös Kemian yö -tapahtumaan 2011 oli liitetty tutkimusta (Havaste). Kaikissa esitetyissä tutkimuksissa oli päädytty siihen lopputulokseen, että tiedetapahtumat kiinnostavat, ne lisäävät oppimismotivaatiota ja niiden avulla on mahdollista oppia. Kuten odotettua, havaittiin myös, että jo aluksi fysiikasta ja kemiasta enemmän kiinnostuneet oppivat tiedetapahtumissa paremmin kuin vähemmän kiinnostuneet.

Kanadassa puolestaan on tutkittu tiedekeskusvierailulla tapahtuvan lukioikäisten oppimisen motivaation lähteitä (Dionne, Reis, Trudel, Guillet, Kleine & Hancianu 2012). Parhaaksi motivaation lähteeksi tutkimuksessa osoittautui oma valta esitetyn asian valintaan, käsittelyyn ja ymmärtämiseen. Tutkimuksen mukaan myös aiheet sinänsä ja sosiaalinen vuorovaikutus vierailukäyntien aikana lisäsivät oppimismotivaatiota.

## TYÖTAVAT LUONNONTIETEIDEN OSAAMISEN ARVIOINNISSA 2011

Luonnontieteiden oppimistulosten arviointiin osallistui 9. luokan oppilaita 133 koulusta (Kärnä, Hakonen & Kuusela 2012). Yhdeksi tutkimuksen tulokseksi Raportissa 2012 saatiin, että sekä oppimistulosten että oppiaineesta pitämisen ja koulussa käytetyn työ- ja toimintatavan välillä oli yhteys.

Kaikilta kemiaa opettavilta opettajilta kysyttiin opetusjärjestelyistä, kuinka paljon on (asteikolla 1–5) 7.-9. luokkien opetuksessa käyttänyt oppikirjaa, kustantajan tai itse tehtyä sähköistä tms. materiaalia, sanoma- ja aikakauslehtiä, tietokirjoja ja haku-teoksia, internetiä, nauhoitteita tms. materiaaleja, oppiaineen työkirjaa tai oppilaiden itse laatimaa materiaalia. Lisäksi opettajia pyydettiin arvioimaan, kuinka paljon koulussa on käytettävissä laboratoriotutkimusvälineitä. Opettajille esitettiin myös 23 työtapaan liittyvää kysymystä, joissa ensin pyydettiin vastaamaan, miten hän toimii luokassa nyt, ja sitten arvioimaan, miten tulevaisuudessa haluaisi toimia. Vastaavat kysymykset olivat oppilaiden vastattavina tehtävävihoissa. Yksilöllisinä oppimistapoina voidaan pitää vihkomuistiinpanoista opiskelua, itsenäistä ongelmien ja tehtävien ratkaisua, opiskelua esseitä ja referaatteja kirjoittamalla, opettajan esitys, omien oppimistavoitteiden asettaminen ja oppimisen arviointi. Selvästi vuorovaikutteisia työtapoja kyselyssä olivat: opetuksen suunnittelu ja toteutus yhdessä oppilaiden kanssa, keskustelu ja pohdinta opettajan johdolla, projekti- ja ryhmätyöt, demonstraatiot ja väittelyt. Sen sijaan sekä yksilöllisiä että vuorovaikutteisia piirteitä on seuraavissa: havaintojen tekeminen, yritys- ja näyttelyvierailut, työvälineohjelmien käyttö, ilmiöiden syiden ja seurausten pohdinta, kokeelliset tutkimukset ja tulosten järkevyyden pohdinta.

Vastausten perusteella 78 % tutkimukseen osallistuneista kemian opettajista käyttää opetuksessaan oppikirjaa, 27 % oppiaineen työkirjaa ja 28 % opettajista itse tehtyä materiaalia lähes joka oppitunnilla (asteikon arvot 4–5). Oppikirjan käytön lisäksi yleistä on, että opettajat (peräti 90 %) teettävät oppitunnilla vihkomuistiinpanoja oppilaiden itsenäistä opiskelua varten. Suurin osa fysiikan ja kemian opettajista teettää oppitunneilla myös kokeellisia tutkimuksia, havainnollistaa opetusta demonstraatioilla, keskustelee käsitteistä ja ongelmista sekä pohtii vastausten ja tulosten järkevyyttä oppilaiden kanssa. Internetiä, nauhoitteita, sanoma- ja aikakauslehtiä, tietokirjoja ja kustantajien sähköisiä oppimateriaaleja fysiikan ja kemian opettajat käyttävät vain harvoin ja jopa niin, että kolmasosa opettajista ei ollut koskaan käyttänyt sanoma- ja aikakauslehtiä tai tietokirjoja opetuksessaan. Oppilailla teetettiin harvoin esseitä ja referaatteja. Myös yrityksissä ja näyttelyissä koulun ulkopuolella vierailtiin harvoin. Vierailuja fysiikan ja kemian opettajat kuitenkin haluaisivat tehdä useammin, ja opettajat haluaisivat lisätä myös oppilaan itsearviointia ja tavoitteiden asettamista. Arkielämään opittua sovellettiin joskus, mutta ehkä yllättäen vain alle puolet fysiikan ja kemian opettajista toivoi enemmän opitun soveltamista arkielämään.

Myös oppilaat arvioivat, että opettaja opetti usein uutta asiaa tekemällä taululle muistiinpanoja, jotka kirjoitettiin vihkoihin itsenäistä opiskelua varten. Samaten oppikirjaa käytettiin oppilaiden mielestä usein. 60 % oppilaista oli sitä mieltä, että fysiikan ja kemian oppitunneilla tehtiin usein tai lähes aina kokeellisia tutkimuksia. Harvoin käytettyjä työtapoja oppilaidenkin mielestä olivat esseiden ja referaattien kirjoittaminen, väittely, vierailut yrityksiin ja näyttelyihin, tietokirjojen lukeminen tai tiedon hakeminen internetistä. 67 % oppilaista arvioi, että oppitunneilla opittuja asioita sovellettiin arkielämään vain joskus tai harvoin. Oppilaat halusivat vastaus-ten perusteella opiskella enemmän videoiden (1. sija) ja internetin (2. sija) avulla ja enemmän vierailu näyttelyissä (3. sija). Mielenkiintoista oli, että opettajien mielestä oppitunneilla keskustellaan käsitteistä tai ongelmista yhdessä usein, mutta oppilaiden mielestä vain joskus. Opettajien mielestä tunneilla pohditaan usein ilmiöiden syitä ja seurauksia tai sitä, onko tehtävän vastaus tai tutkimuksen tulos järkevä mutta oppilaiden mielestä vain joskus.

Loppupäätelmäksi työtapojen ja osaamisen vertailuarvioinnissa saatiin, että fysiikan ja kemian oppitunneilla yhteys osaamiseen oli kokeellisilla tutkimuksilla, havaintojen tekemisellä, tulosten järjestyksen ja ilmiöiden syiden ja seurausten pohdintoilla sekä keskustelulla opettajan johdolla käsitteistä ja ongelmista. On siis syytä korostaa oppilaille yhteistä keskustelua, pohdintaa ja sovellettavuutta arkipäivään ja käytäntöön myös kokeellisten ryhmätöiden aikana ja niiden jälkeen.

## INTERNET JA TIETOKONEAVUSTEINEN OPETUS

Tietokoneet ja internet ovat väistämättä tulleet jokapäiväiseen elämäämme ja myös kouluihin. Jo 1990-luvulla kirjoitettiin internetin ja uudenlaisen multimedialla rikastetun oppimateriaalin käytöstä myös kemian opetuksessa. Kemia-Kemi -lehden artikkelissa kehoitettiin pohtimaan: ”Mitä verkkoteknologia pystyy antamaan kemian opetukselle, miten se muuttaa opetuksen sisältöä ja työtapoja?” (Karjalainen & Karjalainen 1997). Tänäpä, 15 vuotta artikkelin julkaisemisesta, voi olla kirjoittajien kanssa samaa mieltä: tietoa on tarjolla valtavasti, osa tieteellistä, hyvin perusteltua ja punnittua ja osa täysin perustelematonta, jopa virheellistä. Jo silloin ymmärrettiin monipuolisen tarjonnan hyvä puoli, eli opetuskäytössäkin tiedon runsaus pakottaa valitsemaan ja arvioimaan, myös erilaisten lähteiden luotettavuutta. Mutta miten internetiä voidaan opetuksessa hyödyntää, siihen artikkelissa jäätin odottamaan toimintamalleja.

Tietokoneavusteista kemian opetusta on myös tutkittu. Akselan väitöstutkimuksessa (2005) saatiin tietoa siitä, miten tietokoneavusteinen ja tutkimuksellinen lähestymistapa pienryhmissä tukee kemian oppimista ja oppilaiden korkeamman tason ajattelua. Tutkimuksella saatiin apua myös siihen, miten tietokoneavusteista oppimisympäristöä voi kemian opetuksessa käyttää.



Tuore väitöskirja (Kiili 2012) internetin käytöstä koulussa selvitti mm. sitä, kuinka lukion oppilaat rakentavat tietoa ja merkityksiä yhteisöllisessä lukemisessa. Tutkimuksessa järjestettiin yksilöllinen ja yhteisöllinen opetuskokeilu osana äidinkielen opetusta. Yhteisöllisen lukemisen tavoitteena oli tarkastella kiistanalaista asiaa eri näkökulmista. Tutkimus osoitti, että oppilaat arvioivat useammin informaation relevanssia kuin sen luotettavuutta sekä yksilöllisessä että yhteisöllisessä lukemistilanteessa. Tuloksena saatiin, että tutkituilla oppilailla kaikista sisällön prosessoinnin strategioista 80 % oli informaation poimintaa, heikoimmilla oppilailla informaation kopiointia yhdeltä sivulta kerrallaan. Väitöstutkimuksessa päädyttiin siihen toteamukseen, että oppilaat tarvitsevat ohjausta hakukyselyjen muotoilemiseen, hakutulosten analysointiin ja informaation kriittiseen arviointiin. Lisäksi saatiin selville, että argumentointikaavion laatiminen tuki yhteisöllistä internetlukemista ja lähteisiin perustuva kirjoittamista. Kaavion laatineet oppilaat löysivät tietoa nopeammin, pohtivat enemmän käsitteiden välisiä suhteita ja myös heidän kirjoittelmissaan oli sisältöä enemmän kuin pelkästään muistiinpanoja käyttäneiden oppilaiden kirjoitelmissa. Kiilin (2012) mukaan koulussa olisi hyvä tarjota runsaasti kokemuksia yhdessä opiskelemisesta ja erilaisista tavoista tulkita tekstiä. Pitäisi kehittää sellaisia digitaalisia työkaluja ja tehtävänantoja, joiden käyttö vaatii lukemisen aikaisia merkitysneuvotteluita. Lisäksi tulisi opettaa työtapoja, jotka edistävät erilaisten näkökulmien huomioimista ja yhteistä ajatusten kehittelyä.

## KEMIAN OPETUKSEN KEHITTÄMINEN

### Internet ja innovaatiot

Miten tulevaisuuden koulussa rakennetaan oppimisen kannalta paras mahdollinen oppimisympäristö? Onko Innolukio idea (Ervasti 2012), joka vie koulujen käytänteet uudelle tasolle? Innolukio-oppimisympäristö kannustaa lukiolaisia luovuuteen, toisinajatteluun ja kehittää oppilaiden ongelmanratkaisutaitoja. Innolukiosta on saatu jo nyt rohkaisevaa palautetta sekä oppilailta että opettajilta. Innolukio on lukioille ja lukiolaisille maksuton oppimisympäristö (ks. [www.innolukio.fi](http://www.innolukio.fi)).

Opetushallitus toteutti vuoden 2009 aikana oppimisympäristöihin liittyvän selvitystyön. Selvitykseen osallistuneissa hankkeissa (Oppimisen Sillat) suunniteltiin ja toteutettiin erilaisten formaalien, non-formaalien ja informaalien oppimisympäristöjen välille moniammatillisia opetustiimejä. Selvitysraportin (Rajala, Hilppö, Kumpulainen, Tissari, Krokfors & Lipponen 2010) mukaan toimintamallit, jossa koulu hyödyntää asemaansa ympärillä olevan yhteiskunnan moninaisten opintopolkujen risteysasemassa, tuovat mukanaan myös haasteita. Kyseisessä raportissa mainitaan haasteina esimerkiksi eri tietolähteiden tarjoamat, mahdollisesti ristiriitaiset tiedot, tasa-arvo ja vastuukysymykset.



Luonnontieteiden osaamisen arviointiraportin mukaan oppilaat halusivat opiskella enemmän videoiden ja internetin avulla (Raportti 2012). Yhtenä ratkaisuna kemian opetuksessa voisi toimia edellä esitellyn kaltainen etukäteen suunniteltu, argumentoitava raportointikaavio esimerkiksi kokeellisen oppilastyön tulosten pohdintaa ja esittämistä varten. Tiedonhakua yhteisöllisesti, esimerkiksi pareittain tai pienryhmissä, yhteistä merkitystä ja tietoa rakentaen tuottaa varmasti myös kemian opiskelussa syvällisempää oppimista. Kokeellisiin ryhmittöihin, tulosten ja esimerkiksi ilmiön sovellettavuuden arviointiin on ehkä helpostikin liitettävissä oppikirjan lisäksi, erilaisten tietolähteiden kriittistä tarkastelua. Lähteiden käyttöön on hyvä sovivassa vaiheessa liittää myös tekijänoikeustarkastelu (ks. Mansala 2009; Toikkonen & Oksanen 2011; <http://www.kopiraitti.fi/>). Tulosten raportointi kirjoittamalla esseitä tai referaatteja on myös hyvää harjoitusta oppilaiden tulevaisuutta ajatellen. Esimerkiksi äidinkielen ja kirjallisuuden opettajan kanssa kannattaa tehdä yhteistyötä.

Erilaisia, myös sähköisiä, tietolähteitä voi hyvin hyödyntää, kun oppilaat ryhmissä valmistautuvat esimerkiksi roolileikkeihin (esim. Ahtineva 2006) tai väittelyyn. Kemiassa on paljon oppisisältöjä, joihin roolin ottaminen ja toisen asemaan asettuminen hyvin sopii. Myös näitä ”vanhoja työtapoja”, tutkimusten mukaan (Aksela ym. 1999 ja 2008) jo unohtuneita, kannattaa kemian opetuksessa edelleen käyttää. Kannattaa opettaa työtavoilla, joissa saa tuotua esille useita erilaisia näkökulmia samaan asiaan. Väittelyn ja roolileikin avulla saa harjoiteltua samalla kuuntelemisen ja esittämisen taitoja.

## Formaali opetus ja informaali oppiminen

Kuuskorpi (2012) kirjoittaa väitöskirjassaan, että oppimisympäristöjen avautumisen ja laajentumisen seurauksena formaalin koulutuksen ja informaalin oppimisen elementit pyrkivät sulautumaan yhteen. Hänen tutkimuksensa mukaan fyysisen oppimisympäristön tulee olla muunneltava ja joustava, jotta yksi opetustila tarjoaisi mahdollisuuden erilaisten yksilö- ja ryhmätyömuotojen sekä erilaisten työtapojen käyttöön. Myös Pohjolan toimittaman Uusi koulu -kirjan (2011) ja tulevaisuuden tutkijoiden (Linturi & Rubin 2004; 2011) artikkelit pyrkivät osoittamaan, että tulevaisuuden koulu on haasteen edessä. Oppikirjalähtöinen, pulpettiin sidottu oppiminen ei ole mielekästä, vaan opettajan pitää toimia erilaisissa oppimisympäristöissä siltojen rakentajana ja eri tavoilla tapahtuvan oppimisen ohjaajana.

Ovatko tiedekeskuspedagogiikka ja lisäketodellisuutta soveltavat opetussalkut siis tulevaisuuden koulujen arkipäivää? Toivottavasti nämä jossain vaiheessa saadaan rikastuttamaan kaikkien koulujen työtapoja. Onko mahdollista ottaa kaikkien opettajien aktiiviseen käyttöön erilaiset toiminnalliset opinto- ja vierailukäynnit esivalmisteluineen ja erilaisine oppimistehtävineen? Tutkimusten mukaan vierailukäynnit

motivoivat, ne liittyvät arkipäivään ja niiden avulla voi oppia sekä yksin että ryhmässä. Opintokäyntien yhteyteen on myös luonnollista liittää arvioiva palautekeskustelu esimerkiksi yhdessä vierailukohteen järjestäjien kanssa. Oppilaat saavat vastauksia, mihin kemiaa oikeasti tarvitaan ja mitä vierailukohteissa työskentelevät ihmiset työkseen tekevät. Kemia tänään -tutkimuksen (Aksela & Karjalainen 2008) mukaan opintokäynnit ovat jo nyt kemian opettajien satunnaisessa käytössä. Raportin 2012 mukaan myös peruskoulun oppilaat itse toivoivat luonnontieteiden opetukseen lisää vierailukäyntejä. Oppilaat onkin hyvä ottaa mukaan toiminnallisten opintokäyntien suunnitteluun, sillä opintokohde saattaa löytyä oppilaan avulla. Toisaalta nykyään on mahdollista tehdä virtuaalisia tiedekeskusvierailuja myös kotitietokoneelta (esim. [www.heureka.fi/tempputehdas](http://www.heureka.fi/tempputehdas)), jolloin kodin ja koulun yhteistyö on uudella tavalla mahdollista. Suomalainen koulu tuskin saa tai edes haluaa oppilaiden vanhempia mukaan koulunpenkille.

## Opetussuunnitelma

Luonnontieteiden opetuksessa on jo pitkään ymmärretty pitää tärkeänä, että oppilaat osaavat tehdä kysymyksiä arkipäivään liittyvistä luonnontieteitä sivuavista aiheista. Oppitunneilla opettaja toimii oppimisen ohjaajana auttaessaan oppilaita löytämään kysymyksiin vastauksia (Ahtee & Sahlberg 1989). Kemian tiedon hankinnassa ja kriittisessä arvioinnissa internet, tietokirjat ym. lähteet on tärkeää saada oppilaille tutuiksi koulussa.

Perusopetuksen opetussuunnitelmassa (2004) korostetaan sitä, että opettaja valitsee työtavat. Opettajan tehtävänä on opettaa ja ohjata sekä yksittäisen oppilaan että koko ryhmän oppimista ja työskentelyä. Opetussuunnitelman yleisessä osassa opettajia ohjeistetaan monipuolisten työtapojen puolesta: ”Opetuksessa tulee käyttää oppiaineelle ominaisia menetelmiä ja monipuolisia työtapoja, joiden avulla tuetaan ja ohjataan oppilaan oppimista. Työtapojen tehtävänä on kehittää oppimisen, ajattelun ja ongelmanratkaisun taitoja, työskentelytaitoja ja sosiaalisia taitoja sekä aktiivista osallistumista.” Työtapojen tulee myös edistää tieto- ja viestintäteknikan taitojen kehittymistä. Perusopetuksen kemian opetussuunnitelmassa työtavoista korostetaan kokeellista lähestymistapaa, jossa lähtökohtana on elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havaitseminen ja tutkiminen. Opetussuunnitelman mukaan kemian opetuksen tehtävänä on tiedonhankintaan ohjaamalla laajentaa tietämystä kemiasta ja auttaa ymmärtämään kemian merkityksen jokapäiväisessä elämässä, elinympäristössä ja yhteiskunnassa.

Opetussuunnitelmassa korostetaan kemian tiedon soveltamista arkipäivään. Raportin 2012 mukaan soveltamista arkipäivään ei kuitenkaan tehty oppitunneilla usein, joskin kemian opettajat toivat yhtenä opetuksen painotusalueena esiin oppiaineiston soveltamisen käytäntöön. Edellä esitettyjen tutkimusten perusteella arkipäivään liitetyt asiat lisäävät oppimismotivaatiota, joten opetuskäytänteissä tiedon soveltamista kannattaa korostaa vielä entistä enemmän.

## LOPUKSI

On selvää, että yhteenkään opetustilanteeseen ei ole olemassa vain yhtä oikeaa työtapaa. Opettaja on avainasemassa, opettaja valitsee työtavan, opetuksen lähestymistavan ja oppimisympäristön, hän innostaa ja avaa merkityksiä kemian opiskelulle oman asiantuntemuksensa ja innostuneisuutensa avulla. Toivon mukaan entistä useammalla tulevalla kemian opettajalla on kemian syventävät opinnot tukenaan, sillä varmasti aineenhallinta on yksi tärkeimmistä tekijöistä opettamisen innoittajana. Täydennyskoulutuksen, sekä kemian että erilaisten työtapojen, tarjoaminen kentällä toimiville opettajille on edelleen tärkeää. Kouluttautuminen on perusteltua, ja se oli esitellyissä tutkimuksissa myös opettajien oma toive. Aineenhallintaan vahvoilla ja moninaiset työtavat hallitsevilla kemian opettajilla on sekä sisältöjen että oppimisympäristöjen toteutuksessa enemmän valinnan mahdollisuuksia. Oppimistutkimukset kautta maailman ovat kiistatta osoittaneet, että oppilaat oppivat eri tavalla, eri vauhdilla, sekä opettajan ohjauksessa että sosiaalisessa vuorovaikutuksessa toisten oppilaiden kanssa koulussa, mutta myös monin eri menetelmin koulun ulkopuolella ja koulusta riippumatta. Kaikki työtavat ja oppimisympäristöt siis aktiiviseen käyttöön ja oppilaat mukaan opetuksen suunnitteluun ja oppimistavoitteiden asettamiseen!

## LÄHTEET

- Ahtee M. & Pehkonen E. 2000. Johdatus matemaattisten aineiden didaktiikkaan. Helsinki: Edita.
- Ahtee M. & Sahlberg P. 1989. Ajattelun kehittäminen. Teoksessa: Sahlberg P. (toim.) Luonnontieteiden opetuksen työtapoja 2. Helsinki: Valtion painatuskeskus, 23–30.
- Ahtineva, A. 1993. ChemEd 93: Kemian opetuksen kuulumisia maailmalta. *Kemia-kemi* 8, 756–757.
- Ahtineva, A. 1994. Pelit aktivoimassa kemian opetusta. Teoksessa Tella S. (toim.): Näytön paikka, *Tutkimuksia* 130, 137–143. Helsinki: Yliopistopaino.
- Ahtineva, A. 1995. Oppimispelit kemiassa. *Kemia-kemi* 22 (2), 127–130.
- Ahtineva A. 2006. Roolileikkejä matemaattisissa aineissa. Teoksessa: Kaartinen V. & Sura S. (toim.) *Draama ja kasvatus. Opas koulun draamatyöskentelyyn.* Turun opettajankoulutuslaitos, Gummerus Kirjapaino Oy, 116–126.
- Ainedidaktiikan symposiumi 2012. <http://www.helsinki.fi/okl/AD-symposiumi/teemaryhmat.html> Abstraktit:  
Thuneberg: Tiedesirkuksen oppimis- ja motivaatiotuloksia  
Salmi: Tutkimuspohjainen ainedidaktiikka: formaalin opetuksen ja informaalin oppimisen yhdistäminen opettajankoulutuksessa  
Ahtineva & Kankare: Tuli on irti! – kulttuuriyhteistyötä Turussa  
Havaste: Tieteen ymmärrettävyys: yleisötilaisuudet koulun ulkopuolisen opetuksen lähteinä  
Kallunki: Tiedekeskuspedagogiikkaa lisäketodellisuuden avulla aineenopettajakoulutuksessa  
Luettu 22.8.2012.
- Aksela M. & Juvonen R. 1999. Kemian opetus tänään. *Moniste* 27/99. Opetushallitus ja Kemianteollisuus ry, Helsinki: Edita Oy.
- Aksela M. 2005. Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach. Helsingin yliopiston kemian laitos. Helsinki: Yliopistopaino.
- Aksela M. & Karjalainen V. 2008. Kemian opetus tänään. *Nykytila ja haasteet Suomessa.* Helsingin yliopisto: Kemian opetuksen keskus - Kemian opettajankoulutusyksikkö.
- Dionne L., Reis G., Trudel L., Guillet G., Kleine L. & Hancianu C. 2012. Student's sources of motivation for participating in science fairs: an exploratory study within the Canada-wide science fair 2008. *International Journal of Science and Mathematics education* 10 (3), 669–693.
- Ervasti A. 2012. Innolukio rohkaisee lukiolaiset ajattelemaan uudella tavalla. *Dimensio* 76 (4), 29–31.
- Erätuuli M. & Meisalo V. 1991. Luonnontutkimustehtävien analyysi fysiikan ja kemian opetuksen tavoitteiden näkökulmasta. Teorian jatkokehittelyä ja oppilaiden saamien tulosten analyysi. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. *Tutkimuksia* 93.

- Joyce B. & Weil M. 1992. *Models of teaching*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Karjalainen A. & Karjalainen M. 1997. Internet avuksi kemian kouluopetukseen. *Kemia-Kemi* 24 (8), 679–682.
- Kiili C. 2012. Online reading as an individual and social practice. *Jyväskylä studies in Education, Psychology and social research* 441.
- Kim M., Yoon H., Raeji Y. & Song J. 2012. The dynamics of learning science in everyday contexts: a case study of everyday science class in Korea. *International Journal of Science and Mathematics education* 10 (1), 71–97.
- Kuitunen H. 1996. Finiste-tietoverkko innovaation välineenä luonnontieteiden opetuksen työtapoja monipuolistamassa. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. *Tutkimuksia* 159.
- Kuuskorpi M. 2012. Tulevaisuuden fyysinen oppimisympäristö. Käyttäjälähtöinen muunneltava ja joustava opetustila. Turun yliopisto, Turku: Painosalama OY.
- Kyyrönen L. 1999. Demonstraation ja sokraattisen dialogin yhdistäminen lukion kemian opetuksessa. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos, *Tutkimuksia* 199. Helsinki: Hakapaino.
- Kärnä P., Hakonen R. & Kuusela J. 2012. Luonnontieteiden osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011. *Koulutuksen seurantaraportit* 1012:2. Helsinki: Opetushallitus.
- Lahdes E. 1982. *Peruskoulun uusi opetusoppi*. Keuruu: Otava.
- Lampiselkä L. 2003. Demonstraatio lukion kemian opetuksessa. Jyväskylän yliopiston kemian laitos, *Tutkimusraportti* 102. Jyväskylän yliopistopaino.
- Linturi H. & Rubin A. 2011. *Toinen koulu, toinen maailma*. Turun yliopisto, Tulevaisuuden tutkimuskeskus.
- Mansala M.-L. 2009. *Tekijänoikeus©opetuksessa*. Opas opettajille, kouluttajille ja opetushallintoon. Helsinki: Edita.
- Meisalo V. 1990. Koulun tavoitteet ja työtavat. Teoksessa: Sahlberg P (toim.) *Luonnontieteiden opetuksen työtapoja*. Kouluhallitus, Finiste. Helsinki: Valtion painatuskeskus, 13–20.
- Meisalo V. 1991. Toiminta- ja työmuotojen sekä niihin liittyvän käsitteistön analyysi luonnontieteiden työtapaprojektin näkökulmasta. Teoksessa: Sava I. & Linnansaari H. (toim.) *Peruskoulun toiminta- ja työmuotoja kehittämässä*. Helsingin yliopiston Vantaan täydennyskoulutuslaitoksen julkaisuja 2:1991. Helsinki: Kirjapaino Ecapaino, 73–92.
- Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2004. Helsinki: Opetushallitus.
- Pohjola K. (toim.) 2011. *Uusi koulu*. Oppiminen mediakulttuurin aikakaudella. Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Rajala A., Hilppö J., Kumpulainen K., Tissari V., Krokfors L. & Lipponen L. 2010. Merkkejä tulevaisuuden oppimisympäristöistä. Opetushallitus, *Raportit ja selvitykset* 2010:3, Vammalan kirjapaino Oy.

- Rubin A. & Linturi H. 2004. Muutoksen tuulissa. Pienten lukioiden tulevaisuudenkuvat. Tutujulkaisuja 3/2004. Turun yliopisto, Tulevaisuuden tutkimuskeskus.
- Sahlberg P. & Leppilampi A. 1994. Yksinään vai yhteisvoimin? Yhdessäoppimisen mahdollisuuksia etsimässä. Helsingin yliopisto, Vantaan täydennyskoulutuslaitos. Helsinki: Yliopistopaino.
- Salmi H., Kaasinen A. & Kallunki V. 2012. Towards an open Learning Environment via Augmented Reality (AR): visualising the invisible in science centers and schools for teacher education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 45, 284–295. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812023014> Luettu 22.8.2012.
- Toikkanen T. & Oksanen V. 2011. Opettajan tekijänoikeusopas. Oy Finn Lectura Ab. Porvoo: Bookwell Oy.
- Torn E. 2004. Kemia on kivaa. Tutkimus luonnontieteellisesti lahjakkaiden peruskoulun 9. luokkalaisten käsityksistä kemian opetusjärjestelyistä. *Tutkimuksia* 254; Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos.