

Tieto- ja viestintäteknikka kemian opetuksessa

Johannes Perna

Tässä artikkelissa tarkastellaan kestävä kehityksen edistämisenkin kannalta keskeisen tieto- ja viestintäteknikan (TVT) mahdollisuuksia kemian opetuksen ja oppimisen tukena. TVT on yläkäsite, jonka alle sijoitetaan kaikki erilaiset mediat ja teknologiat, joita voidaan käyttää tietojenkäsittelyn tukena. Aihe on laaja ja vaatii rajaamista. Siihen käytetään sulautuvan oppimisen teoriaa (engl. blended learning), joka on yksi TVT:n opetuskäytön mahdollisuuksia mallintava teoriakehitys (ks. Perna & Aksela, 2013). Artikkelissa peilataan TVT:n käytön mahdollisuuksia myös suomalaisiin kemian opetussuunnitelman perusteisiin, mikä antaa tarkastelulle konkreettisen opettajanäkökulman. Pohdinnan tueksi esitetään esimerkkejä ja ohjelmistosuosituksia, joita opettajat voivat hyödyntää opetuksessa. Artikkelin pohjautuu osittain Johannes Pernaan vuonna 2011 valmistuneeseen väitöskirjatutkimukseen (Perna, 2011), jossa tutkittiin, miten TVT-pohjaisia kemian oppimisympäristöjä kehitetään tutkimuspohjaisesti. Oppimisympäristöjen kehittäminen on tärkeä näkökulma aiheeseen, minkä vuoksi siihen syvennyttään myös tämän artikkelin lopussa.

Tieto- ja viestintäteknikan yleiset mahdollisuudet

Sulautuvan oppimisen kirjallisuuden avulla TVT:n mahdollisuudet voidaan esimerkiksi ryhmitellä neljään kategoriaan:

1. TVT mahdollistaa ilmiöiden ja prosessien dynaamisen tai interaktiivisen visualisoinnin esim. animaatioiden ja simulaatioiden avulla.
2. TVT luo uusia mahdollisuuksia sosiaalisen vuorovaikutuksen toteuttamiselle.
3. TVT vapauttaa tarvittaessa opetuksen ja oppimisen ajasta ja paikasta.
4. TVT mahdollistaa entistä tehokkaamman tiedonhankinnan, -käsittelyn ja jakamisen. Tietoon päästään käsiksi nopeasti ja kattavasti kaikkialta. Tämä muuttaa ihmisten käsitystä osaamisesta. (Osguthorpe & Graham, 2003)

Esimerkiksi internet-selaimessa toimivien sähköisten oppimisympäristöjen kautta opiskelijat pääsevät käsiksi oppimateriaaliin mistä tahansa, milloin tahansa. Internet on väylä rajattomaan tietovarastoon ja mahdollistaa monitahoisen yhteisöllisen tiedonrakentamiseen. Tietoa voidaan rakentaa, jakaa ja kritisoida esimerkiksi oman luokan kesken sähköisen oppimisympäristön keskustelupalstoilla ja samaan aikaan globaalilla tasolla sosiaalisten medioiden kautta. Globaalit verkkopohjaiset tietovarannot ja kommunikaatiokanavat edistävät myös kestävä kehitystä, sillä tietoresurssien ja keskusteluyhteyksien vuoksi ei tarvitse matkustaa.

Sulautuvan oppimisen teorian pohjalta nostetut TVT:n mahdollisuudet ovat yleisluontoisia kaikkea oppimista koskevia havaintoja, mutta 1. kategoria on erityisen mielenkiintoinen kemiallisen tiedon visualisoinnin näkökulmasta. Siksi lopputartikkelissa keskitytään tarkastelemaan esimerkkien avulla, millaisia mahdollisuuksia TVT tarjoaa kemiallisen tiedon visualisoinnille.

Kemian havainnollistaminen tieto- ja viestintäteknikan avulla

Suomalaisissa kemian opetussuunnitelmien perusteissa korostetaan kemiallisen tiedon käsitteellisen rakentamisen tärkeyttä siten, että makroskooppinen, mikroskooppinen ja symbolinen taso muodostavat loogisen kokonaisuuden (Opetushallitus, 2014;

2015). Näistä tasoista käytetään yleisesti nimitystä kemian kolme tasoa. Nämä kemiallisen tiedon tasot ovat tyypillinen esimerkki TVT:n mahdollisuuksien havainnollistamiseksi. Yksi kemian opetuksen tutkimuksen suurista johtajatuksista on, että kemia on haastava oppiaine osittain sen vuoksi, että samaa informaatiota voidaan tarkastella monella eri tasolla. Asiantuntijalle (kemisti, opettaja) näkyvän maailman ajattelu rakennekaavoina ja dynaamisina mikrotason prosesseina on helppoa, mutta noviisille (opiskelija, oppilas) mallintaminen on vaikeaa. Tarvitaan siis keinoja visualisoida tietoa eri tasoilla ja konkretisoida niiden välisiä yhteyksiä. TVT tarjoaa tähän haasteeseen vaadittavat visualisointityökalut (Johnstone, 1993; Kozma & Russell, 2005; Perna & Aksela, 2013). Käytetyimpiä työkaluja eri tasojen visualisoimiseen ovat kemian animaatiot, simulaatiot, videot ja molekyyli mallinnus.

Animaatio on kuvasarja, jonka avulla saadaan aikaan liikkuvaa kuvaa. Animaatiot soveltuvat hyvin kemian ilmiöiden ja prosessien kuvaamiseen. Ne ovat pedagogisesti monipuolinen mediatyyppi. Opettaja voi käyttää animaatioita tiedon esittämiseen, mutta myös opiskelijat voi laittaa itse rakentamaan animaatioita. Animaation luominen on erittäin aktiivinen prosessi, jonka laatimisessa täytyy hyödyntää korkeamman tason ajattelutaitoja, kuten esimerkiksi analysointia, arviointia ja uuden luomista, monipuolisesti (ks. Michalchik et al., 2008). Esimerkiksi ChemSense on hyvä tähän soveltuva animaatio-ohjelmisto. ChemSensen voi ladata osoitteesta: chemsense.sri.com.

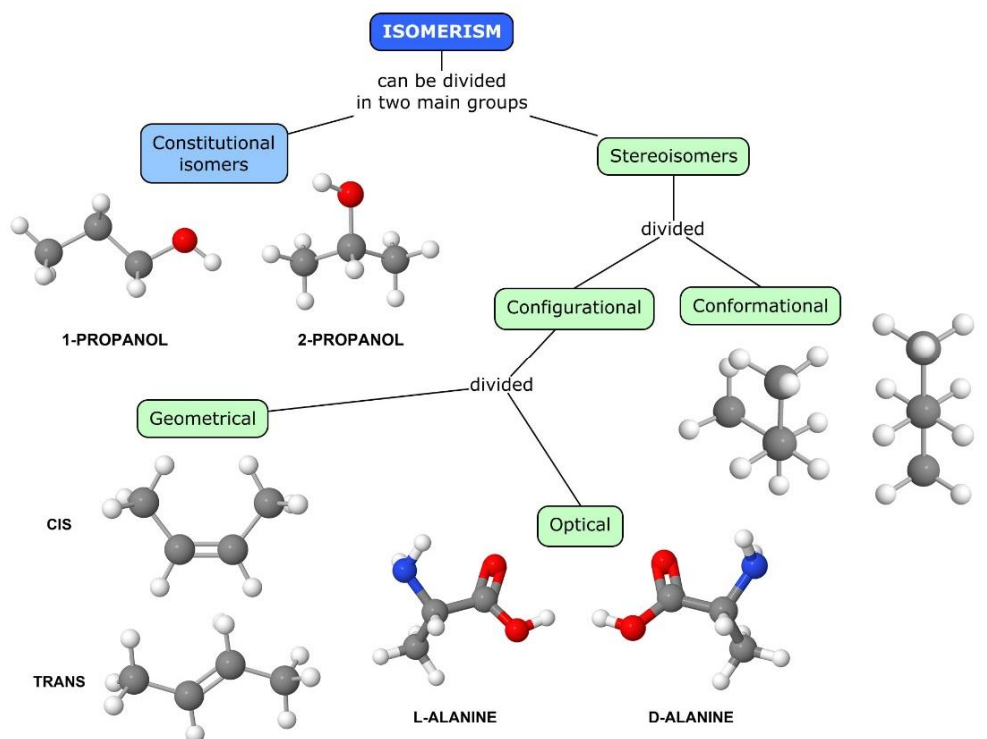
Videot ovat animaatioiden tavoin digitaalisia videoita, mutta ne eroavat toisistaan kemiallisen tiedon näkökulmasta. Kemian animaatiossa tarkastellaan mikroskooppista tasoa ja videolla voidaan esittää makrotason ilmiöitä. Videonkäsittelyllä voidaan myös editoida videotallenne, joka yhdistää makrotason videon ja mikrotason animaation. Videotiedostoja voidaan yhdistellä tasomaisesti siten, että yhdessä videoesityksessä tarkastellaan samanaikaisesti useaa videota ja animaatiota. Videoita hyödynnetään paljon kokeellisen työskentelyn tukena. Ne tukevat esim. turvallista laboratoriotyöskentelyä ja säästävät tarvittaessa aikaa. Videoiden avulla voidaan tutustua etukäteen kokeellisiin prosesseihin, mahdollisiin virhelähteisiin, tarkkuutta vaativiin osioihin ja esittää turvallisesti vaarallisiakin töitä (Laroche, Wulfsberg, & Young, 2003). Nykyteknologialla videoiden tekeminen on helppoa, koska jokaisella älypuhelimella voi kuvata videoita.

Molekyyli mallinnuksella tarkoitetaan yksittäisten molekyylien tai pienten staattisten systeemien mallintamista, kun taas simulaatioilla on mahdollisuus käsitellä isompia systeemejä. Simulaatiot eroavat molekyyli mallinnuksesta myös siten, että niissä tarkastellaan dynaamisia prosesseja. Molekyyli mallinnuksessa käyttäjällä on aktiivinen rooli ja ohjelmisto antaa käyttäjälle vapauden rakentaa, laskea ja visualisoida systeemiä haluamallaan tavalla. Simulaatioissa käyttäjän oikeuksia on rajoitettu enemmän. Usein käyttäjä ei suorita laskentaa, vaan simulaatio perustuu valmiiksi laskettuun dataan (Kozma & Russell, 2005). Näiden kahden TVT-työkalun mahdollisuuksia voi kokeilla helposti itse ilmaisilla verkkosovelluksilla. Esimerkiksi Edumol (www.edumol.fi) (Perna, 2015) on avoin selaimessa toimiva molekyylien mallinnus- ja visualisointiympäristö. Korkeatasoisia kemian simulaatioita on saatavilla esimerkiksi osoitteesta: phet.colorado.edu.

Molekyylimallinnus ja simulaatiot mahdollistavat esimerkiksi reaktioiden pysäyttämisen, energioiden laskemisen ja molekyyliden värähtelyjen visualisointi. Animaatioiden avulla voidaan esittää miten kemialliset reaktiot etenevät. Ilmiöiden mallintaminen ja visualisointi auttavat opiskelijoita arvioimaan ja testaamaan sisäisiä mallejaan. TVT:n avulla ilmiöihin voidaan tuoda mukaan dynaamisuutta. Painetun kirjan kuvan avulla molekyyliden liikkuvan ja värähtelevän luonteen mallintaminen on opiskelijoille haastavaa (ks. esim. Tasker & Dalton, 2006; Russell & Kozma, 2005; Rapp, 2005).

Loogisten käsitteiden rakentaminen

Seuraavaksi pohditaan, millaisia mahdollisuuksia TVT antaa loogisten käsitteiden mallintamiselle. Tähän tehtävään soveltuvat hyvin esimerkiksi käsittekartat (Novak & Cañas, 2008). Käsittekartta on tiedonjäsenästyökalu, jossa käsitteet yhdistetään toisiinsa niiden relaation ilmaisevalla linkkisanalla. Käsittekarttoja voidaan laatia käsin, mutta sähköisiin käsittekarttoihin voi liittää monipuolisesti erilaista informaatiota, kuten kuvia, ääntä, videoita, animaatioita, linkkejä tai muita dokumentteja. Oheisessa kuvassa (kuva 1) on yksinkertainen käsittekartta isomeriasta, jossa jokaisesta isomeriakategoriasta esitetään mikroskooppisen tason esimerkki.



Kuva 1. Yksinkertainen käsittekartta isomeriasta. Kartta on laadittu CmapTools-ohjelmistolla.

Käsittekartat on kehitetty ajattelutyökaluiksi. Niiden rakentaminen visualisoi opiskelijan tietorakenteen aiheesta, jolloin sen esittäminen, kritisointi ja jatkokehittäminen helpottuvat. Myös käsittekarttojen laatiminen aktivoi korkeamman tason ajattelutaitoja monipuolisesti (Pernaa & Aksela, 2010).

TVT-pohjaisten oppimisympäristöjen tutkimuspohjainen kehittäminen

TVT-pohjaisten ja kaikkien muidenkin oppimisympäristöjen kehittäminen kannattaa toteuttaa systemaattisesti hyödyntäen oppimisympäristöjen kehittämiseen soveltuvaa

tutkimusmenetelmää – kehittämistutkimusta. Tutkimuspohjainen kehittäminen on tärkeää siksi, että siten kehittämistä voidaan hallita ja kehittämiseen sitoutuvat organisaatiot ja yksilöt oppivat prosessista mahdollisimman paljon. (Pernaa, 2013)

Kehittämistutkimus on tutkimusmenetelmä, jossa kehittäminen ja tutkiminen yhdistyvät teoreettisia ja kokeellisia vaiheita sisältävässä syklisessä prosessissa. Kehittämistutkimuksella voidaan tavoitella vastauksia kolmeen kysymykseen: i) miten kehittämisessä edetään, ii) millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on ja iii) millaiseen tuotokseen kehittäminen johtaa? Näihin kolmeen kysymykseen vastaaminen jakaa kehittämistutkimuksessa tehtävät kehittämispäätökset kolmeen kategoriaan: 1) kehittämisprosessi, 2) ongelma-analyysi ja 3) kehittämistuotos. (Edelson, 2002)

1. Kehittämisprosessikategorian kehittämispäätöksissä päätetään henkilöt ja työprosessit, joita tarvitaan projektin suunnittelussa, valmistelussa, toteuttamisessa, tutkimusprosessin ja tuotoksen arvioinnissa ja jatkokehittämisessä.
2. Ongelma-analyysikategoriassa selvitetään kehittämistutkimuksen haasteet ja tarpeet ja määritellään tavoitteet. Ongelma-analyysi voi olla teoreettinen tai empiirinen. Se voi koostua esimerkiksi jo olemassa olevien oppimisympäristöjen ja oppikirjojen analyysistä tai opettajien tarvekyselystä.
3. Kehittämistuotuskategoria on kehittäjien ratkaisu ongelma-analyysissä esiin nousseisiin haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Kehittämistuotoksella tarkoitetaan projektissa kehitettyä oppimisympäristöä. Se kehittyy iteratiivisesti tutkimusprosessin syklien edetessä ja kehittäjien tietojen syventyessä. (Edelson, 2002)

Yleensä kehittämistutkimussykli pitää sisällään neljä vaihetta: 1) tarveanalyysi, 2) kehittämisvaihe, 3) käytännön testaus ja arviointi ja 4) jatkokehittäminen. Syklejä on tavoitteista, ajasta ja resursseista riippuen yksi tai useampi. Kehittäminen alkaa aina teoriaan tai käytäntöön pohjautuvasta ongelmasta. Tarveanalyysissä tämä ongelma selvitetään, analysoidaan kehittämisen mahdollisuudet ja haasteet ja luodaan kehittämissuunnitelma. Kehittämisvaiheessa rakennetaan käytännön ratkaisu tarveanalyysissä määriteltujen kehittämistarpeiden mukaisesti. Kehittämisvaiheen jälkeen kehitetty oppimisympäristö testataan käytännön opetustilanteessa. Kehittämiskohteena voi olla esimerkiksi koko kurssi tai jokin pieni aktiviteetti suuremman kurssikokonaisuuden sisällä. Käytännön testauksen päätteeksi kehittämistuotos ja itse kehittämisprosessin onnistuminen arvioidaan ja tarvittaessa tehdään jatkokehittämissuunnitelma. Arvioinnin on tärkeää kohdistua sekä tuotokseen että prosessiin, jotta kehittämisestä opittaisiin mahdollisimman monipuolisesti. Näin voidaan jatkossa kehittää entistä paremmin ja tarkemmin. (Pernaa, 2011; Pernaa, 2013)

Tutkimuspohjaiseen kehittämiseen ei kannata suhtautua siten, että siitä on liikaa vaiavaa. Ei kannata tehdä työtä, jonka vaiheet, tulokset ja anti unohtuvat vähitellen. Oma työtä pitää arvostaa dokumentoimalla sitä. Prosessin voi aina toteuttaa hyvin kevyesti. Ongelma-analyysinä voi toimia esimerkiksi opettajanhuoneen kahvipöytäkeskustelut ja oman koulun kirjaston oppikirja-analyysit. Arvioinnin voi toteuttaa yksinkertaisella oppilaskyselyllä. Tärkeää on vain kirjata havainnot talteen ja tehdä prosessista muistiinpanoja ja perusteltuja johtopäätöksiä. Tehdyn työn ja johtopäätökset voi tiivistää blogitekstiksi ja julkaista omaksi ja kollegoiden iloksi vapaaseen keskusteluun. Näin ala menee eteenpäin ja oma osaaminen karttuu. Itsensä kehittäminen on tärkeää nopeasti

kehittyvässä TVT-ympäristössä. Kehittämistutkimus antaa siihen erinomaisen työvälineen.

Johannes Perna

FT, insinööri
Kustannusjohtaja, e-Oppi
yrittäjä, Edumendo

johannes.perna@alumni.helsinki.fi

Erityisosaaminen: TVT kemian opetuksessa, kemian visualisoiminen, molekyyli mallinnus, verkko-oppimateriaalien kehittäminen ja open access julkaiseminen sekä elinikäinen oppiminen. Väitellyt Kemian opettajankoulutusyksiköstä vuonna 2011. Väitöskirjan aiheena oli TVT-pohjaisten kemian oppimisympäristön kehittäminen.

Lähteet

- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105-121.
- Johnstone, A. H. (1993). The Development of chemistry teaching: A Changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705. <http://dx.doi.org/10.1021/ed070p701>.
- Kozma, R. & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. Kirjassa J. K. Gilbert (toim.), *Visualization in Science Education*, (s. 121-146). Dordrecht: Springer.
- Laroche, L. H., Wulfsberg, G. & Young, B. (2003). Discovery videos: A Safe, tested, time-efficient way to incorporate discovery-laboratory experiments into the classroom. *Journal of Chemical Education*, 80(8), 962-966. <http://dx.doi.org/10.1021/ed080p962>.
- Michalchik, V., Rosenquist, A., Kozma, R., Coppola, B., Kreikemeier, P. & Schank, P. (2008). Representational resources for constructing shared understandings in the high school chemistry classroom. teoksessa J. Gilbert, M. Nakhleh, & M. Reiner (toim.). *Visualization: Theory and practice in science education*, (s. 233-282). New York: Springer.
- Novak, J. & Cañas, A. (2008) The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. Technical Report IHMC CmapTools. Florida Institute for Human and Machine Cognition. Luettu osoitteesta: <http://cmap.ihmc.us/PublicationsResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>.
- Opetushallitus. (2015). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015*. Helsinki: Opetushallitus.
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Helsinki: Opetushallitus.
- Osguthorpe, R. T. & Graham, C. R. (2003). Blended learning systems: Definitions and directions. *Quarterly Review of Distance Education*, 4(3), 227-234. <http://dx.doi.org/10.1080/01587919.2012.723166>
- Perna, J. (2015). Edumol: Avoin ja ilmainen molekyyli mallinnussovellus kemian opetuksen tueksi. *LUMAT*, 3(7), 960-975.
- Perna, J. (2013). Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Perna (toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla* (s. 9-26). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Perna, J. (2011). *Kehittämistutkimus: Tieto- ja viestintäteknikkaa kemian opetukseen*. Kemian opettajankoulutusyksikön väitöskirjat, Helsingin yliopisto. Helsinki: Unigrafia Oy. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-7291-8>
- Perna, J. & Aksela, M. (2013). Sähköisten kemian oppimisympäristöjen historia, nykytila ja tulevaisuus. *LUMAT*, 1(4), 435-456.
- Perna, J. & Aksela, M. K. (2010). Future chemistry teachers use of knowledge dimensions and high-order cognitive skills in pre-laboratory concept maps. Teoksessa J. Sánchez, A. J. Cañas, & J. Novak (toim.), *Concept maps: Making learning meaningful: Proceedings of the fourth international conference on concept mapping, Volume II*, (s. 132-135). Chile: IHMC.
- Rapp, D. N. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualization. Kirjassa J. K. Gilbert (toim.), *Visualization in science education*, (s. 43-60). Dordrecht: Springer.
- Russell, J. & Kozma, R. (2005). Assessing learning from the use of multimedia chemical visualization software. Kirjassa J. K. Gilbert (toim.), *Visualization in science education*, (s. 299-332). Dordrecht: Springer.
- Tasker, R. & Dalton, R. (2006). Research into practice: Visualization of the molecular world using animations. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 141-159. <http://dx.doi.org/10.1039/B5RP90020D>