

# MITEN SUUNNITTELEN FYSIIKAN JA KEMIAN OPPITUNNIN? KAHDEN ESIMERKILLISEN OPETTAJAN PUHEEN TARKASTELUA

## HOW TO TEACH PHYSICS AND CHEMISTRY? LESSONS FROM TEACHER TALK OF TWO EXEMPLARY TEACHERS

*Pirkko Kärnä, Veli-Matti Vesterinen<sup>1</sup>, Sari Harmoinen<sup>2</sup> & Maija Aksela<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Turun yliopisto

<sup>2</sup>Oulun yliopisto

<sup>3</sup>Helsingin yliopisto

**Abstract** *This ethnographical study focused on the practices of two highly effective Finnish comprehensive school science teachers, and especially on the role of teachers' explanations during classroom interactions. The way teachers explained science and inquiry offered the students a model for explanations. Both teachers focused on explaining ideas and concepts as well guided students on making observations and inferences during inquiry tasks. Through this guidance, teachers supported the development of conceptual understanding about scientific models and theories, as well as understanding about the process of scientific inquiry and the interplay of science, technology and society. Both observed teachers had found an approach, which suited their strengths very well. The other used a method, in which students were more involved in providing the explanations, while the paid a closer attention to the way she explained and clarified ideas and concepts. The approaches of both teachers were based on the mutual respect and trust between the teacher and her students. It enabled the teachers to recognize the educational needs of the students and provide the right guidance at the right time. According to the observations of classroom practice as well as the teachers' interviews, this mutual respect and trust was perhaps the most crucial factor supporting student engagement and learning.*

**Keywords:** ethnography, explaining, teacher-student interaction, lesson planning

**Tiivistelmä** *Etnografisessa tutkimuksessa tarkastelimme kahden esimerkillisen fysiikan ja kemian opettajan käytänteitä ja erityisesti selittävän puheen roolia heidän opetuksessaan. Molempien opettajien opetuksen korkea taso oli näkynyt sekä oppimistuloksissa että oppilaiden myönteisissä asenteissa fysiikan ja kemian opiskelua kohtaan. Molemmat opettajat olivat löytäneet vahvuksiensa mukaisen lähestymistavan opetukseen. Toisen opettajan tunnit olivat strukturoidumpia. Tällä opettajalla oli taito selittää asiat selvästi ja mielenkiintoisesti. Toinen opettaja puolestaan antoi oppilaille enemmän valinnanvapautta sekä tuki aktiivisesti itsenäistä työskentelyä.*

*Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan oppilaan tulisi osata kuvata ja selittää ilmiöitä fysiikan ja kemian keskeisten käsitteiden avulla. Seurattujen opettajien antamat*

*selittämisen mallit tukivat oppilaiden kykyä keskustella käsitteistä sekä kertoa missä ilmiöt havaitaan, mitä käsitteitä niihin liittyy ja mitä sovelluksia niillä on. Tutkimuksen opettajat vaikuttivatkin oppilaan oppimiseen ja motivaatioon hyvällä selittämistaidollaan. Selittämällä opettajat nostivat esille esimerkiksi kokeellisen tutkimuksen vaiheita sekä laittoivat oppilaat huomaamaan käsitteen muodostuksen kannalta oleelliset asiat. Selittäminen sisälsi käsitteiden sitomisen koululaisten omaan maailmaan ja myös yhteiskuntaan. Oppilaat saivat myös käsityksen tiedon rakenteesta ja riippuvuussuhteista. Tämä edellytti toimivaa vuorovaikutusta, hyvää opettaja–oppilas-suhdetta.*

*Yksi oleellisimmista huomioista oli se, että molemmat opettajat rakensivat opetustyyliinsä persoonallisten ominaisuuksiensa mukaan. Selittämisen merkitys näkyi pitemmällä aikavälillä myös oppilaskeskeisessä opetuksessa, jossa opettaja pääasiassa ohjaa oppilaita itsenäiseen toimintaan. Oppituntien kokonaisvaltainen havainnointi vahvistaa tutkimuksia opettajan oikea-aikaisen ohjaavan roolin merkityksestä oppimiselle kokeellisessa työskentelyssä. Kun opettajat ohjaavat oppimista sensitiivisessä vuorovaikutuksessa oppilaisiin, he luovat hyviä suhteita oppilaisiin ja edesauttavat oppimista sekä antavat myös esimerkkejä selittämisestä. Tämä edellyttää tuntiaktiiviteettien lisäksi oppitunnin vuorovaikutuksen suunnittelua tavoitteiden pohjalta.*

**Avainsanat:** etnografinen tutkimus, selittäminen, opettaja-oppilas suhde, oppitunnin suunnittelu

## **1. JOHDANTO – OPETTAJAN PUHEEN TARKASTELUA**

### **1.1. Uuden opetussuunnitelman haasteita**

Oppiminen on sosiokonstruktivismiin ja Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) mukaan opiskelijan aktiivista toimintaa vuorovaikutuksessa muiden kanssa. Oppilaan oma tiedonmuodostus tapahtuu sosiaalisessa kanssakäymisessä puheen avulla, mikä oli jo Vygotskin ajatus. Uuden opetussuunnitelman käyttöönotossa on keskusteltu erilaisista oppimisympäristöistä ja opettajan roolista opiskelun ohjaajana. Opettaja ohjaa oppilaan ajattelua opetuskeskustelussa muun muassa selittämällä. Oppilaan tulee muodostaa oma merkitys opiskeltavalle asialle. Tutkimukset osoittavat, että suomalaisissa kouluissa opiskellaan varsin opettajajohtoisesti, opettajan esityksen kautta. Ehkäpä uusi opetussuunnitelma tuo opetukseen enemmän vuorovaikutusta. Mikä on opettajan selittävän puheen rooli fysiikan ja kemian tunneilla? Tarkoittaako ilmiöpohjainen opetus sitä, että oppilaat opiskelevat itsenäisesti asettaen omia tavoitteitaan, mistä on hyviä kokemuksia Ilolan alakoulusta ja lukion matematiikan opiskelusta. Ilmiöpohjainen, omatoiminen opetus herättää huolta koulukeskusteluissa. Fysiikan ja kemian opettajat ilmaisivat MAOL:n koulutuksessa saadussa materiaalissa uuden opetussuunnitelman haasteita: Miten tehdä opetuksesta oppilaslähtöistä ja miten ohjata tietojen soveltamista, he kysyvät. Opettajat myös tiedostavat ryhmäopetuksen haasteet siitä, miten aika riittää yksittäisen oppilaan ohjaamiseen vahvuuksistaan tietoisiksi. Pyrimme vastaamaan näihin kysymyksiin, jotka opettajan tulee huomioida opetuksensa suunnittelussa.

## **1.2. Tutkimus esimerkillisistä opettajista**

Mielenkiintoa on tarkastella etnografisen tutkimuksemme aineistoa opettajan ohjaavan roolin ja selittävän puheen näkökulmasta. Etnografisessa tutkimuksessamme (Kärnä, Vesterinen & Aksela, 2016) seurasimme kahden esimerkillisen fysiikan ja kemian opettajan käytänteitä. Molemmat, esimerkilliset opettajat ”saivat oppilaat” oppimaan ja motivoitumaan. Nimesimme toisen opettajan ”mestariselittäjäksi”. Hän selitti myös kokeellisen tutkimuksen vaiheet ja kiinnitti oppilaiden huomion oleellisiin havaintoihin. Hän piti tärkeimpänä opetuksessaan oppilaiden innostunutta otetta ja osaamista. Toisen opettajan nimesimme ”opetuksen ohjaajaksi”, hän kannusti oppilaita itsenäiseen työskentelyyn ja ohjasi vapaavalinnaisia ryhmiä. Hänen tavoitteena oli, että jokainen oppilas saisi sopivasti haasteita, mikä luo onnistumisen elämyksiä ja turvallisuuden tunnetta. Esimerkillisten opettajien opetus oli tutkimuspohjaista, ongelmakeskeistä ja keskustelevaa. Tällainen opetus tukee sekä oppimista, käsitteellistä ymmärrystä että oppilaan sitoutumista ja positiivisia asenteita. Opettajat eivät ole aina tietoisia, että selittämisen taito on yksi motivoivan opetuksen pääelementti. Opettajien käyttämät erilaiset menetelmät toimivat hyvin sekä oppituntihavaintojen että oppimistulosten mukaan. Opettajat pitivät hyvää oppilas-opettaja suhdetta ensisijaisena oppimisessa.

## **1.3. Opettajan puhe**

On syytä eritellä opettajan puhetta, jossa selittäminen ja ohjaaminen nivoutuvat kokonaisuudeksi. Opetussuunnitelmassa puhutaan opettajan ohjaavasta roolista. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014, s. 18) mukaan koulun tehtävä on toteuttaa opetus-, kasvatusta, yhteiskunnallista -, kulttuuri- ja tulevaisuustehtävää. Parhaimmillaan nämä tavoitteet kietoutuvat yhteen, ne toteutuvat vuorovaikutuksessa. Opettajan puhe, jonka tarkoitus on oppilaan oman ymmärryksen herättäminen, on oppimisen kannalta tärkeämpää kuin pelkkä aktiviteetti. Scottin (1998) mukaan opettajan puheen tehtävät ovat tieteellisen tiedon kehittäminen ja sen tekeminen merkitykselliseksi kaikille oppilaille sekä vuorovaikutuksen ylläpitäminen. Opettaja pyrkii luomaan tilanteen, joka tarvitsee selitystä, koska oppilaiden arkikäsitys poikkeaa tieteellisestä selityksestä. Oppilaiden tulee voida muodostaa oma merkitys asiasta, sisäistää. Opettaja auttaa oppilasta merkityksen muodostamisessa ja tieteellisten ideoiden soveltamisessa. Käsitteen omaksumista edistävät oppilaiden mielipiteet, joista opettaja valitsee tarkoitusta, tunnin tavoitetta, vastaavat. Hän kiinnittää oppilaan huomion oleelliseen, toistaa ja tekee yhteenvedon. Opettaja myös asettaa uuden tiedon entisen kontekstiin sekä oppilaan maailmaan sopivaksi. Oppilaan omaa prosessia auttavat keskustelut omasta ymmärryksestä, mikä on tärkeää tietoa oppilaalle itselleen. Keskustelu antaa suuntaviitan sille, miten opettaja jatkaa opetusta. Kun oppilas selittää itse, hän on oppinut.

## **1.4. Ohjaaminen kriittisessä vaiheessa**

Ohjaaminen opettajan toiminnassa liittyy siihen, että hän pyrkii tukemaan oppilaan työskentelyä tehtävän parissa kriittisessä vaiheessa, oppilaalle oikeaan aikaan. Opetuksen kriittinen vaihe perustuu Vygotskyn termiin lähikehityksen vyöhyke, mikä tarkoittaa aluetta, johon lapsi pääsee

aikuisen avulla yritettyään ensin itse. Scottin (1998) mukaan ohjaamiseen sisältyy, että opettaja 1) havainnoi oppilaan nykyistä osaamista, 2) analysoi eroja tavoitteeseen sekä 3) auttaa oppilaita edistymään tavoitteen saavuttamisessa. Kun opettaja kuulee oppilaan ajattelua ja sallii hänen puhua ajatuksistaan, ohjaa hänet oikeaan suuntaan, hän työskentelee oppilaan lähikehityksen vyöhykkeellä. Ohjaaminen on jatkuvaa reflektointia, sen taso asetetaan lapsen ymmärryksen mukaan. Ohjaaminen on enemmän kuin opettajan hyvä didaktinen esitys, se on hyvää vuorovaikutusta. Tutkimukset osoittavat, että kun ohjaamisen taso on keskinkertaista tai matalaa, niin kognitiiviset kyvyt kehittyvät parhaiten. (Berk & Winsler, 2002).

### **1.5. Selittäminen**

Koska ohjaaminen liittyy tehtävän parissa työskentelyyn, se sisältää ongelmanasettelun ennen aktiviteettejä, jolloin opettaja asettaa tehtävän lapsen maailmaan ja aikaisempiin käsitteisiin. Tällöin on kyse myös oppilaan oman merkityksen rakentamisesta, selittämisestä. Opettajan puhe on selittävää ennen kaikkea uuden käsitteen muodostamisprosessissa. Ogborn ym. (1996) ovat videoineet opettajien tunteja opettajan selittävän puheen tarkastelua varten. Vaikka selittäminen on enemmän kuin puhetta, koska siihen liittyy myös nonverbaalinen ilmaisu ja selitystä tukevat graafit, kuvat ja muut selvennykset, he löysivät selittämisen elementtejä. Ogborn ym. (1996 ss.8–18) määrittelevät opettajan selittämisen seuraavasti: 1) tarinan kertominen ilmiöstä ja siinä vaikuttavista käsitteistä, 2) merkityksen luominen oppilaille, mikä tarkoittaa tiedollisten erojen esiintuomista, uusien käsitteiden rakentamista sekä muuttamista oppilaille sopivaan muotoon. Lisäksi opettaja käyttää 3) erilaisia, itselle sopivia selityksiä tilanteen mukaan. Tiedeopetuksessa opettajan tulee soveltaa tieteen ideat luokkahuoneen arkeen, avata ongelma ja kertoa tarina, joka sopii oppilaalle. Opettajan selitys sisältää tavallaan kertomuksen, jossa käsitteet ovat pääroolissa. Opettaja tukee oppilaan prosessia tehdä tieto merkitykselliseksi itselle motivoimalla oppilasta esiintuomalla eroja oppilaan nykyisessä ja tavoiteltavissa olevassa tiedossa, esittelemällä ja kuvailemalla uusia käsitteitä ilmiön selittämistä varten ja muuttamalla ne sopiviksi oppilaalle kerrottavaan tarinaan. Selittäessään opettaja käyttää usein analogioita ja metaforia.

### **1.6. Opettajan ohjaava toiminta kokeellisessa työskentelyssä**

Fysiikan ja kemian opetuksen lähtökohdaksi on muodostunut kokeellisuus. Monesti se tarkoittaa sitä, että oppilaat työskentelevät itsenäisesti yksin tai ryhmissä, jolloin opettaja kadottaa ohjaamisen mahdollisuuden oppilaan kriittisessä pisteessä. Kokeellisessa työskentelyssä oppilaat kyllä keskustelevalt, mutta he tarvitsevat käsitteitä, jotta voisivat kertoa havainnoistaan, koska havainnot liittyvät aina johonkin teoriaan. Havainnot ovat tärkeitä, sillä käsitteen muodostus onnistuu, kun sillä on konkreettinen kohde. Opettajan ohjaavan toiminnan kokeellisessa työskentelyssä on todettu auttavan oppimisessa (esimerkiksi Harmoinen, 2013; Mortimer & Scott, 2003). Opettaja tekee tutkimuksesta merkityksellisen oppilaalle, kun hän selittää ensin koejärjestelyn ja sitten kiinnittää huomion oleelliseen, toistaa ja tekee yhteenvedon. Kun opettaja esittää kokeellisessa työskentelyssä tieteellinen mallin opeteltavasta asiasta, hän sitoo oppilaiden havainnot ja ajattelun yhteen. Tämä

tarkoittaa sitä, että oppilastöissä tehdyistä havainnoista keskustellaan ja tehdyille havainnoille ja johtopäätöksille annetaan sekä merkitys että tulkinta.

## **1.7. Yksilöt ja ryhmät**

Opettajan selittävä puhe ilmenee, kun hän vastaa oppilaan esittämään kysymykseen, antaa palautetta ja varmistaa oppimista. Oppilaiden ideoiden kuuleminen luo myös hyvää emotionaalista ilmapiiriä. Opettajan puhe yksityisen tehtävän yhteydessä pyrkii motivoimaan koko luokkaa. Oppilaan on mahdollista muodostaa omakohtainen merkitys, kun hän puhuu, kirjoittaa, piirtää, lukee, rakentaa, muotoilee tai liikkuu (Lemke, 1990). Opettajan ja oppilaan vuorovaikutus sisältää myös oppilaan selittämisen opettelua. Oppilaat tekevät kysymyksiä, johtopäätöksiä ja selittävät ilmiöitä yhteistyössä opettajan kanssa. Opettajat toimivat yksilöllisesti. He voivat kysyä lyhyitä kysymyksiä saadakseen tietoa oppilaan ymmärryksestä, laittavat heidät selittämään, toistavat ja muotoilevat uudestaan oppilaan vastauksen kiinnittämällä huomiota oleellisiin seikkoihin.

## **2. MITEN TUTKIMME**

Luokkahuonetapahtumat ovat hyvin monitahoisia ja niistä on vaikea saada syvällistä tietoa. Pidempiaikainen kenttätöskentely etnografisen tutkimuksen tavoin mahdollistaa kokonaisvaltaisemman näkökulman. Etnografisen tutkimuksen tulokset ovat kuvauksia ja voivat antaa esimerkkejä opetuksen käytänteistä. Tulosten vahvistettavuus ilmenee siitä, miten tutkimuksessa esitetty tutkimusalue vertautuu aikaisempaan tietoon ilmiöstä (esimerkiksi Hammersley & Atkinson, 2007).

### **2.1. Havainnoitavat opettajat**

Opettajat olivat valikoituneet etnografiseen tutkimukseemme koulusta, jossa 9.-luokan oppilaat menestyivät hyvin kansallisessa luonnontieteiden arvioinnissa (2012) ja heidän asenteensa fysiikan ja kemian opintoihin olivat poikkeuksellisen myönteisiä. Oppilailta oli myös hyvät kouluarvosanat. Toinen tutkittava opettaja kertoi, että yli puolet kansalliseen arviointiin osallistuneista oppilaista, oli ollut hänen opetuksessaan. Koulun oppilasaines oli heterogeenista ja siellä opiskeli noin 400 yläluokan oppilasta. Oppilasmäärä, noin 14–17 oppilasta fysiikan ja kemian oppitunneilla, mahdollisti kokeellisen lähestymistavan ja vuorovaikutteisen opetuksen. Opettajat antoivat luvan ainoastaan tuntiensa havainnointiin. Siinä auttoivat etukäteishaastatteluista saadut tärkeimmät piirteet opettajien käytänteistä: oppimisympäristö, luokan ilmapiiri, työmenetelmät, keskustelu, aiheen käsittely/lähestymistapa, tieto ja sen esittämistapa ja arviointi.

## 2.2. Tutkimusmenetelmät

Oppituntien havainnoiteja tehtiin sekä fysiikan että kemian tunneilta ja kaikilla luokka-asteilla kahden lukukauden ajan. Opettajia havainnoitiin yhteensä yhdeksän 90 minuutin kaksoistunnin ajan, jolloin tutkijoille syntyi tarpeeksi selkeä kuva opettajien käytänteistä eikä uutta enää ilmennyt. Tämä on etnografisen tutkimuksen luotettavuuden piirre. Havainnoija oli opettaja-tutkija, jolla on pitkä näiden aineiden opettajakokemus. Tämä mahdollisti luottamukselliset suhteet, jolloin tutkijalla on mahdollisuus tehdä luotettavampia tulkintoja. Toisaalta koulumaailman tuttuus voi olla myös ongelma. Tutkijan tulisi kyetä liittymään tutkimukseen osallistuvien maailmaan, mutta jossain määrin pysymään siitä myös erillään. Tulkintojen luotettavuutta lisättiin yhdistämällä useampia aineistoja ja tekemällä yhteistyötä useamman tutkijan kanssa. Koulun arjesta ulkopuoliset tutkijat edistivät tutkimusta erityisesti siinä, että laajasta aineistosta löydettiin yhteisiä ja oleellisia piirteitä. (Cohen ym., 2008; Hammersley & Atkinson, 2007.)

Opettajat vastasivat etukäteen sähköpostihaastatteluun, joissa etsittiin menestymiseen liittyviä tekijöitä. Kysyimme opettajien mielipiteitä heidän tavoitteistaan opettajana: ”*Mitä tavoitteita pidät tärkeimpinä opetuksessasi? Miten kuvailisit itseäsi opettajana?*” Opettajilta kysyttiin myös selvitystä oppilaiden hyviin oppimistuloksiin ja myönteisiin asenteisiin: ”*Mitä teet tukeaksesi oppilaiden myönteistä suhtautumista fysiikan tai/ja kemian opiskelua kohtaan?*” Nämä kysymykset antavat myös vastauksia opettajan ohjaavaan ja selittävään puheeseen sekä persoonallisuuden vaikutukseen siihen.

Opettajien puheen selvityksissä käytettiin oppitunneista tehtyä muistiinpanoja (16591 sanaa) sekä niiden, sähköpostihaastattelun ja opettajien jakaman oman materiaalin perusteella tehtyjä kuvauksia, mitkä opettajat olivat hyväksyneet. Kvalitatiivisessa analyysissä etsittiin opettajien puheesta selittämisen malleja ja verrattiin niitä aikaisempiin tutkimuksiin. Etsimme tulkintaa, jossa tutkijat yhdistävät teoreettisen tietämyksensä sekä omat ja tutkittavien näkökulmat (esim. Hammersley & Atkinson, 2007).

## 3. TULOKSET

### 3.1. Opettajien kuvaukset

Molemmat opettajat olivat löytäneet vahvuuksiensa mukaisen opetustavan: Toisen opettajan (”Tuula-mestari selittäjä”) tunnit olivat strukturoituja ja opettaja ohjasi oppilaiden ajattelua selittämällä monipuolisesti. Toinen opettaja (”Anna-oppisen ohjaaja”) ohjasi oppilaita enemmän itsenäiseen työskentelyyn. Seuraavassa esitämme yksityiskohtia opettajien käytänteistä.

#### 3.1.1. ”Tuula – mestari selittäjä”

Tuulan motto oli ”*Teetän mahdollisimman paljon kokeellisia töitä ja näytän demoja. Pidämme hauskaa kaikilla mahdollisilla tavoilla. Oppilaat saavat onnistumisen kokemuksia.*” Opettajan ja oppilaiden välillä vallitsi keskinäinen luottamus. Opettaja oli sensitiivinen oppilaiden reaktioille, hän piti oppilaiden kiinnostusta yllä ja tarkkaili heidän ymmärtämistään. Luokassa vallitsi

aktiivinen ja rauhallinen ilmapiiri ja opettajan ei tarvinnut korottaa ääntään. Hän kannusti positiivisesti: ”*Koita olla mukana, kokeile vaikka!*” Opettaja johdatteli oppilaiden ajattelua kyselemällä. Jutteleva ilmapiiri herätti oppilaissa kysymyksiä ja luovia ajatuksia. Oppilaat olivat keskittyneitä ja virkeitä ja he nauroivat välillä. Oppilaat eivät viitanneet vastatessaan, opetuskeskustelu muistutti tavallista keskustelua, joka perustui vapaaehtoisuuteen ja oli spontaania. Tuulan mielestä: ”*Silloin kun tulee pakko, niin oppilaan ajattelu katoaa*”. Tunnit aloitettiin yhteisymmärryksessä ja lopetettiin täsmällisesti ja niillä ehdittiin käsitellä asioita enemmän kuin opetussuunnitelma vaati. Tuulan kaikilla tunneilla esiintyi samoja monipuolisia käytänteitä.

Tuula edesauttoi oppimista monin tavoin. Kaikki materiaali oli valmiina luokassa, jo oppimisympäristö herätti oppilaissa kiinnostusta. Tuulan oppitunnit olivat strukturoidut ja hyvin suunniteltu tavoitteiden pohjalta, jotka hän selitti myös oppilaille. Opettaja jakoi monipuolinen materiaalin oppilaiden muistinpanojen pohjaksi, mikä ohjasi heidän ajatteluaan. Opettajan esitys sisälsi kuvia, tilastoja, animaatioita sekä malleja, hän käytti analogioita ja metaforia, esimerkiksi ”*Virtalähde noukkii*” ja ”*Hiili tempasee hapen kuparioksidista*” sekä keksi tutkimukselle raamit: ”*Olette sairaanhoitajia.*” Hän, kertoi ajankohtaisia uutisia ja tarinoita, myös omakohtaisia, sekä yhdisti opiskeltavat käsitteet oppilaan arkeen, aikaisemmin opittuun tai muuhun tietoon yli ainerajojen. Hän valmisti omia tutkimus- ja oppimisvälineitä, muun muassa pelejä. Opettaja käytti paljon malleja, joista oppilaat oppivat periaatteet. Tuula selitti käsitteet ja asiat sekä myös kokeelliset havainnot selkeästi ja kiinnostavasti. Hän näytti oppilaille sen, mikä on oleellista tutkimuksessa ja linkitti havainnot teoriaan, käsitteisiin, joita oltiin oppimassa.

Opettaja motivoi oppilaita käyttäen ongelmanratkaisu- ja tutkimustehtäviä ja vaati perusteluja oppilailta sekä kyseli ymmärtämistä. ”*Käsi ylös, joka ymmärtää! Kuka on sitä mieltä, että oikea vastaus on.. ? Perustele! Miten laskit?*” Oppilaat tekivät sekä ryhmä- että yksilöllisiä tehtäviä. Opettaja teki paljon demonstraatioita ja teetti kokeellisia tutkimuksia oppilailla. Opettaja piti oppilaiden kiinnostus yllä vaihtelemalla tyylejä ja järjestämällä yllätyksiä. Tämä opetuksen elävöittäminen herätti kiinnostusta oppilaissa: ”*Mitä hitto, oikeasti, oletko joku noita?*”.

Tuula arvioi monipuolisesti, hän käytti formatiivista arviointia ja itsearviointia. Hän pyrki siihen, että oppiminen tapahtuu jo oppitunnilla. Oppilaat eivät saaneet kotitehtäviä ja lukivat oppikirjaa vain kotona. Oppitunti alkoi suullisella tehtävällä, joka testasi oppilaiden edellisen tunnin asioiden ymmärtämistä. Suullinen kuulustelutehtävä ja konkreettiset esimerkit myös tunnin lopussa varmistivat oppilaiden opittavan aineiston pääkohtien osaamisen. Tarvittaessa opettaja selitti asian uudestaan ja palasi jo opittuun. Hän antoi oppilaille positiivista palautetta. ”*Olette ihme.*” Oppilaat suoriutuivat hyvin kirjallisista kokeista, joissa opettaja arvioi sitä, mitä hän opetti. Kokeen tehtävät olivat hyvin monipuolisia ja mittasivat erilaisia taitoja ja oppilaan ajattelua.

### **3.1.2. ”Anna – oppimisen ohjaaja”**

Annan mielestä oppilasta kunnioittava ja rento ilmapiiri olivat tärkeintä oppimisessa. Opettaja oli rento, mutta asetti myös rajoja. Oppilaat työskentelivätkin rauhallisesti Annan tunneilla. Kommunikaatio opettajan ja oppilaiden välillä muistutti tavallista keskustelua. Oppilaat kysyivät paljon ja juttelivat myös keskenään. Anna suhtautui tietoisesti ja kärsivällisesti oppilaisiin antaen heille vapautta, mutta myös vastuuta. Oppilaat toimivat itsenäisesti, he tulivat tunnille hiljaisesti ja asettuivat paikalleen. Varsinaista tunnin alkua ei ollut. Tunti oli kuin

koulupäivän jatkumoa. Oppilaat seurasivat kelloa ja menivät välitunnille silloin kun oli aika. Anna ei enää merkinnyt kokeeseen väärin-merkkejä vaan ainoastaan oikein-merkkejä. Opetus innosti oppilaita myös aiheeseen liittyviin tarinoihin.” *Eihän tuo edes ole paljon, siinä on alle 5 voltia ja mopon akussa on 12 voltia!*”

Opettaja oli innostunut ja kehitti ammattitaitoaan. Hän oli kouluttanut itseään muun muassa tietotekniikan käytössä. Annan oppilaat käyttivätkin usein tabletteja tiedon hakuun ja käsittelyyn projekteissa. Hän ei pelännyt kysyä apua tietoteknisiin ongelmiin oppilailta. Anna oli hyvin tietoinen opetus suunnitelman tavoitteista ja sosio- konstruktivistisesta oppimisen teoriasta. Hän kertoi oppilaille opetuksen tavoitteet ja myös arvioinnista Hän antoi oppilaille aikaa prosessiin, joten asiat etenivät oppilaiden tarpeiden mukaan.. Hän antoi oppilaille paljon valinnanvapautta tukien heidän autonomian tarpeitaan. Anna ohjasi oppilaista itsenäisyyteen ja vastuullisuuteen. Oppilaat saivat vaikuttaa tunnin kulkuun päättämällä siitä, miten he tekevät tehtävän tai mikä asia selitetään ja miten tarkasti tehtävät tarkistetaan. He lukivat oppitunnilla käsitellyn asian kotona oppikirjasta ja tekivät tehtävät, joita eivät ehtineet tunnilla.

Oppilaat työskentelevät 2–3 hengen ryhmissä, jotka he itse valitsivat. Ryhmät työskentelivät omaan tahtiinsa ja saivat lisämateriaalia. Anna antoi heille ongelmakeskeisiä tutkimustehtäviä, joita he ratkaisivat ryhmissä. Tehtävien aiheet liittyivät nuorten maailmaan. Monesti niissä oli myös yhteiskunnallinen, taloudellinen ja ekologinen näkökulma. Esimerkiksi oppilaiden tuli kirjoittaa paikalliseen sanomalehteen ympäristöaiheinen kirjoitus. Oppilaat joutuivat myös muodostamaan oman perustelun mielipiteen. Joskus he osallistuivat kilpailuihin. Opettajan esityksessä, dioissa oli oppilaiden kokeellisen työskentelyn vaiheet sekä teoria. Oppilaat eivät kopioineet opettajan tekstiä, mutta oppilaiden tuotoksia näytettiin muille digitaalisesti. Opetus eteni oppilaiden kysymysten mukaan. Opettaja kertoi, ettei hänen kannata ”höpötellä” luokan edessä. Mutta opettaja toisti kuitenkin tehtäväannon useaan kertaan hieman eri sanoin täsmällisesti ja lyhyesti. Opettaja antoi oppilaille yksilöllisiä ohjeita ja teki ajattelua ohjaavia kysymyksiä, kun hän kiersi katsomassa heidän työskentelyään ja arvioi. Tämä oli myös haastavaa, kun hän joutui palaamaan asioihin uudestaan oppilaiden edistymisen mukaan.

Anna antoi oppilaille paljon positiivista palautetta onnistumisesta ja arvioi oppilaita monipuolisesti. Kirjalliseen kokeeseen sisältyi toiminnallinen tehtävä. Oppilaita rohkaistiin selittämään ideansa ja havaintonsa toisilleen ja he saivat ajan tasalla olevaa yksilöllistä palautetta toisiltaan ja opettajalta. Opettaja tarkisti tunnin aikana ja lopussa oppilaiden osaamista ja kiinnostusta: ”*Mitä piditte? ” ” Oliko materiaalista apua?*”

### **3.2. Miten esimerkillinen opettaja selittää**

”Mestariselittäjä Tuula” keskusteli koko luokan kanssa, mutta hänen kommunikaationsa oppilaiden kanssa muistutti tavallista keskustelua. Tuula selitti opetuksen tavoitteet, käsitteet ja myös kokeelliset havainnot ja niiden merkitykset selkeästi ja kiinnostavasti. Hän käytti metaforia, analogioita, kertoi ajankohtaisia uutisia ja tarinoita sekä yhdisti opiskeltavat käsitteet oppilaan arkeen, aikaisemmin opittuun tai muuhun tietoon yli ainerajojen. Hän esitti historiallisen, yhteiskunnallisen ja ekologisen näkökulman ja kertoi tarinoita omasta elämästään. Opettaja näytti



itse elävästi monet tutkimukset ja myös selitti mitä tekee kulloinkin ohjaten puheellaan oppilaiden havaintoja ja linkitti ne malleihin ja teoriaan. Opettaja jakoi monipuolinen materiaalin oppilaiden muistinpanojen pohjaksi. Opettajan esitys sisälsi kuvia, tilastoja, animaatioita sekä malleja. Tuula valmisti itse paljon materiaalia omaan käyttöönsä. Tuula oli sensitiivinen oppilaiden reaktioille, hän vastasi oppilaiden kysymyksiin ja muutti opetustaan heidän tarpeittensa mukaan ja kyseli heidän ymmärtämistään sekä vaati perusteluja ja antoi positiivista palautetta ja kannusti itsearviointiin.

”Annan - oppimisen ohjaajan” opetus eteni oppilaiden kysymysten mukaan ja vuorovaikutus luokassa oli luontevaa henkilöiden välistä puhetta. Oppilaat saivat vaikuttaa tunnin kulkuun päättämällä siitä, miten he tekevät tehtävän tai mikä asia selitetään ja miten tarkasti tehtävät tarkistetaan. Oppilaat työskentelivät ryhmissä ja Anna keskusteli ryhmien ja yksilöiden kanssa. Anna rohkaisi oppilaita selittämään ideansa ja havaintonsa toisilleen. Hän teetti paljon ryhmitöitä, joissa käytettiin vertaisarviointia. Oppilaat saivat yksilöllistä palautetta toisiltaan ja opettajalta tunnin aikana. Anna koki, ettei hänen hyödyttänyt ”höpötellä” koko luokan edessä. Hän kyllä selitti yhteistä teoriaa sopivan tilaisuuden tullen koko luokalle. Projektin lopussa tuotos esitettiin koko luokalle. Kokeellisen työskentelyn aluksi opettaja selitti työskentelyn vaiheet sekä esitti siihen liittyvän teorian. Kokeellisen työskentelyn aikana Anna kiersi havainnoimassa eri ryhmissä. Oppilaat saivat tehtäviä, joiden aiheet liittyivät nuorten maailmaan. Monesti niissä oli myös ekologinen näkökulma. Oppilaskeskeisessä menetelmässä opetuksen tavoitteet, sisällöt ja eri näkökulmat ilmenevät pitkällä aikavälillä.

### **3.3. Vertailua muihin tutkimuksiin**

Monet opetuksen tutkimukset vahvistavat tutkimuksemme tuloksia. Kokonaisvaltainen etnografinen tutkimuksemme mahdollisti useiden esimerkillisten opetuksen piirteiden esiintulon. Tällaisia tuloksia saadaan yleensä vain meta-tutkimuksissa, joissa yhdistetään monia tutkimuksia. Esimerkillisten opettajien opetus vastaa asiantuntija-opettajien käytänteitä: He luovat luokkaan hyvän ilmapiirin, suunnittelivat opetuksensa tavoitteiden mukaan sekä ohjaavat ja selittävät tarkoituksenmukaisesti (Hattie & Yates, 2014). Selittäminen on osa opettajan puhetta ja se liittyy opettajan ohjaavaan toimintaan tehtävän parissa työskennellessä, tiedon tekemistä merkitykselliseksi oppijalle monin eri tavoin. Molempien esimerkillisten opettajan käytänteissä oli selittämistä, jonka tarkoitus oli auttaa oppilasta tekemään asia merkitykselliseksi itselle. (Ogborn, 1996; Scott, 1998.) Molempien opettajien opetus eteni opetuskeskustelun avulla, jossa oppilaille annettiin puheenvuoroja ja palautetta. Avustettu tiedeopetus, jossa opettaja antaa palautetta, ohjaa ja selittää ja jossa oppilaat selittävät omia ideoitaan, tukee oppimista (Alfieri, ym., 2011).

Esimerkillisten opettajien opetus oli tutkimuspohjaista, ongelmakeskeistä ja keskustelevaa. Tällaisen opetuksen on todettu tukevan oppimista (esim. Aksela, 2005), käsitteellistä ymmärrystä että oppilaan sitoutumista ja positiivisia asenteita (esim. Uitto & Kärnä, 2014). Opetuskokeilut, joissa opettajat ohjaavat oppilaita oikeaan aikaan, kriittisessä vaiheessa, muodostamaan oman merkityksen opiskeltavasta asiasta, ovat tuloksellisia, suurin osa oppilaista oppii (Mortimer & Scott, 2003, s. 110). Kun opettajat sovittavat opetustaan oppilaiden tarpeeseen ja selittävä puhe tapahtuu oikeaan aikaan, silloin kun oppilas on valmis vastaanottamaan sen.

Esimerkilliset opettajat pyrkivät ongelma-keskeisen ja tutkimuspohjaisen opetuksen avulla herättämään oppilaan ajattelua. Tähän päästiin keskusteluissa oppilaiden kanssa, vuorovaikutteisen puheen kautta. Molemmat opettajat kommunikoivat luontevasti ja sensitiivisesti oppilaiden kanssa, mikä kuvaa hyvää opettaja-oppilas suhdetta. Oppiminen edistyy, kun vuorovaikutus on lämpimän auktoritatiivista. Esimerkilliset opettajat pitivät hyvää oppilas-opettaja suhdetta ensisijaisena oppimisessa. Myös opetuksen ohjaaminen edellyttää hyviä suhteita oppilaisiin (Berk & Winsler, 2002) ja yleensä tunnesiteitä pidetään tärkeitä koko oppimisprosessissa (Mortimer & Scott, 2003, s.16).

## **4. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ**

### **4.1. Mitä opetuksen suunnittelussa pitää ottaa huomioon - esimerkillisen fysiikan ja kemian opetuksen piirteitä**

Esimerkillisten opettajien käytänteet antavat vinkkejä opetuksen ja siinä tapahtuvan kommunikoinnin suunnitteluun. Seuraavassa luetellaan näitä käytänteitä, jotka ovat myös Perusopetuksen opetussuunnitelman (2014) mukaisia opettamiseen ja oppimiseen liittyviä ominaisuuksia. Opettajat ovat velvollisia noudattamaan opetussuunnitelman tavoitteita, he ovat voineet vaikuttaa niihin ja niistä on koulutusta ja yhteistyötä, mutta lopulta opettaja itse tulkitsee niitä luokassa. Simolan (2015) mukaan opetussuunnitelman noudattaminen voi olla myös este kehittää omia käytänteitä.

#### ***4.1.1. Hyvä opettaja-oppilas suhde***

Hyvä opettaja oppilas suhde, sensitiivinen vuorovaikutus, on ensisijaista oppilaan omalle oppimiselle, se myös on motivoinnin lähde. Hyvä suhde syntyy opetuskeskustelussa, kun oppilas saa ilmaista omia mielipiteitä ja ajatuksia sekä tehdä kysymyksiä, jolloin oppilas kokee tulevaisuutta kuulluksi. Oppilas rakentaa omaa merkitystä oppiaineelle, kun opettaja sitoo sen oppilaan maailmaan, aikaisempaan tietoon ja yhteiskuntaan. Oppilas ymmärtää tiedon tärkeyden, kun tietää miten sitä voidaan soveltaa. Uusi tieto on oppilaalle myös tärkeää, jotta hän ymmärtäisi ilmiötä paremmin tai että tieto järjestyisi paremmin. Nämä vastaavat opetussuunnitelman tavoitteita oppilaan tietoisuudesta omasta oppimisestaan.

#### ***4.1.2. Vuorovaikutteinen opetus***

Sosiokulttuurinen oppimisen teoria tarkoittaa luokkahuoneessa käytävää erilaista keskustelua, mikä mahdollistaa hyvät suhteet oppilaaseen ja myös oppimisen. Tunneilla tarvitaan kuitenkin sekä opettajan esitystä että dialogista keskustelua. Jotta oppilaat oppisivat tieteen kielen, he tarvitsevat opettajan auktoritatiivisen esityksen malliksi. Jotta oppilaat voisivat muodostaa oman merkityksen opiskeltavasta asiasta ja heistä kasvaisi kriittisiä yhteiskunnan jäseniä, niin heidän tulee saada oppitunneilla erilaisia näkökulmia, mikä saavutetaan dialogin kautta.

### **4.1.3. Opetuksen oikea-aikainen ohjaaminen**

Opetuskeskustelussa opettaja havainnoi oppilaan ymmärrystä ja auttoi saavuttamaan asetetut tavoitteet; tehdään kysymyksiä, opettaja selittää, laittaa oppilaat selittämään, toistaa, valitsee oleellisen ja antaa palautetta. Tällöin hän työskenteli oppilaan kriittisessä vaiheessa, oikea-aikaisesti, mikä mahdollistaa ymmärtämisen. Fysiikan ja kemian kokeellisessa työskentelyssä on tärkeää havaintojen ja koejärjestelyjen selittäminen, koska oppilaalla ei ole vielä käsitteitä hallussaan. Näin opettaja yhdistää havainnot, konkreettiset asiat, teoriaan. Jatkuva arviointi mahdollistaa opettajan ymmärryksen oppilaan ymmärtämisen tasosta. Oppilaiden osaamista voidaan testata myös testeillä tunnin alussa ja lopussa.

### **4.1.4. Oppilas rakentaa oman merkityksen**

Oman merkityksen rakentaminen on välttämätöntä oppimiselle. Opettaja auttaa oppilaasta muodostamaan oman merkityksen kertomalla sopivan tarinan ilmiössä esiintyvistä käsitteistä. Hän sovittaa tarinan oppilaan maailmaan, harrastuksiin ja aikaisempaan tietoon, esittää tarvittaessa monia näkökulmia, jotka voivat olla historiallisia ja yhteiskunnallisia, ekologisia. Opettaja on muuttanut tieteellisen tiedon oppilaalle ymmärrettävään muotoon erilaisten mallien avulla, osoittamalla yhtäläisyyksiä ja eroja, käyttämällä analogioita ja metaforia, myös pelien, animaatioiden, rakennelmien ja näytelmien avulla. Opettaja on myös osoittanut uuden tiedon tarpeellisuuden, koska tieteellinen tieto poikkeaa oppilaan arkiajattelusta. Opettaja voi vaihdella tyylejä ja järjestää yllätyksiä oppilaiden jaksamisen mukaan. Opettajien selittää myös tavoitteet ja arvioinnin oppilaille.

### **4.1.5. Ryhmät ja yksilöt**

Oppiminen on yksilöllistä, mutta opettaja opettaa ryhmää. Erityisesti iso ryhmä on haaste, miten opettaja erottaa sieltä yksityisen oppilaan tarpeet. Isossa ryhmässä on mahdollista olla enemmän hiljaa, pieni ryhmä vaatii kaikilta aktiivisuutta. Yksittäisen oppilaan ajattelua voidaan tukea luokkahuoneessa käydyllä keskustelulla, kun oppilas ymmärtää sitä ja konstruoi sen sisältämän tiedon omaan ajatteluunsa sopivaksi. Oppilas voi osallistua tähän, vaikka hän on hiljaa luokassa. Kun opettaja on sensitiivisessä vuorovaikutuksessa oppilaisiin, suuremman määrän oppilaiden havainnointi on mahdollista. Toiselle opettajalle sopii paremmin pienryhmien ohjaus oppilaiden tarpeiden mukaan. Opettajat voivat toimia persoonallisesti vahvuuksiensa mukaan opetusryhmänsä kanssa.

## **4.2. Millaisen mallin selittämisestä opettaja antaa oppilaille**

Kun opettaja selittää oppilaille opetuksen tavoitteet ja antaa palautetta, niin hän auttaa oppilasta tulemaan tietoiseksi siitä, mitä hän on oppinut ja mitä vielä tulee oppia. Myös ajatusrakenteiden esiintuominen vaikka kirjoittamalla on toinen tapa oppia selittämään ja perustelemaan. Opettajan antama selittämisen malli, havaintojen ja teorian liittäminen yhteen ja ympäristön ilmiöihin, tukee oppilaiden kykyä keskustella ilmiöistä ja esittää niitä kaavioiden ja kuvien avulla. Oppilas oppii kertomaan missä ilmiöt havaitaan, miten niitä voidaan tutkia, mihin ilmiöt liittyvät ja mitä sovelluksia niillä on. Selittämistä voidaan harjoitella monin tavoin, opettajan järjestämällä testeillä,

luokka- ja ryhmä- ja parikeskustelussa. Selittäminen toiselle on hyödyllistä, kun oppilaat ovat saaneet ohjeet, miten toimia.

### **4.3. Riittävän hyvä erilainen opettaja**

#### **4.3.1. Erilaiset asiantuntija-opettajat**

Tutkimuksemme esimerkillisten opettajien käyttämät erilaiset menetelmät toimivat hyvin sekä oppituntihavaintojen että oppimistulosten mukaan. Opettaja voikin valita opetusmenetelmät hänen persoonallisuutensa mukaan (esim. Vesterinen & Aksela, 2013). Oppilaskeskeisemmässä opetuksessa asiantuntevan opetuksen piirteet näkyvät pitemmällä aikavälillä. Monet toimintatavat luovat ja ylläpitävät hyviä suhteita oppilaisiin: keskustelu, selittäminen, kysyminen, kertominen ja neuvottelu. Se, mitä opettaja selittää, vaihtelee tilanteesta ja ryhmästä toiseen.

Mutta mikä on riittävän hyvää opetusta? Tärkeintä on, että opettajat luovat hyvät suhteet oppilaaseen ja opetus on vuorovaikutteista. Opettajien tulee selittää siten, että asiasta tulee merkityksellinen oppilaalle ja ohjata oppimisprosessia tarkistamalla oppilaan ymmärrystä. Merkitys luodaan linkittämällä tieto oppilaan maailmaan, positiivisella palautteella ja monipuolisella arvioinnilla. Kokeellisessa työskentelyssä havainnot ja tutkimukset liitetään teoriaan, demonstraatiot ja koejärjestelyt selitetään ja perustellaan. Selitys tulee kuitenkin sitoa oppilaiden ymmärrykseen ja kiinnostuksen kohteeseen.

Opetuksen suunnittelun pitäisi sisältää sekä tuntiaktiviteetit että kommunikointitavat tavoitteiden pohjalta (Mortimer & Scott, 2003, 106–107.) Tunneilla tarvitaan sekä opettajan esitystä että dialogista keskustelua. Kun opetus on vuorovaikutteista ja opettaja on sensitiivinen oppilaiden tarpeille, niin opettajan ohjaava toiminta, selittäminen osuu oikeaan aikaan, jolloin oppilas on vastaanottavainen, halukas ymmärtämään (esimerkiksi Harmoinen, 2013).

#### **4.3.2. Oppilaiden odotukset**

Tutkimuksemme mukaan tiedämme, että ensisijaista esimerkillisessä opetuksessa ovat hyvät opettaja-oppilas suhteet. Oppilaat arvostavat myös opettajan selittämisen taitoja (Joyce, Weil & Calhoun, 2011, 51), mikä sisältää asian tekemistä monin tavoin merkitykselliseksi oppilaalle. Näin tuetaan oppilaan kiinnostusta sekä käsitystä omasta osaamisestaan, mikä on vahvimmin yhteydessä oppilaan motivaatioon (Metsämuuronen & Tuohilampi, 2014). Hyvässä vuorovaikutuksessa opettajat voivat tarttua oppilailta tuleviin, ennalta arvaamattomiin kysymyksiin, mikä motivoi ja kannustaa oppimiseen. Kun opettajalla on hyvät suhteet oppilaisiin, niin luokassa ei synny Hoikkalan ja Pajun (2013, s. 139, s. 145) havaitsemaa ristiriitaa ryhmähengen ja opettajan välillä.

Opettajan tavoitteellinen toiminta luokassa tapahtuu opetuskeskustelun kautta. Ilman vuorovaikutusta oppilaat voivatkin kokea, ettei opettaja opeta heitä (Harmoinen, 2013, s. 154). Oppilaiden mielestä hyvä opettaja ”osaa opettaa”. Hoikkalan ja Pajun raportin (2013, 189–192, 196) mukaan oppilaat arvostavat hyvän opettajan pitämää kuria, opettaja on rento kurinpitäjä, joka pitää monipuolisia tunteja ja tuo aiheet oppilaiden maailmaan dialogisesti. Hyvät kurinpitäjät voivat puhutella yhtä oppilasta ilman, että koko ryhmä reagoi siihen. Oppilaita ei häiritse, jos heille ”kaadetaan tietoa”, jos sen tekee uskottavasti ja miellyttävästi. Ryhmä haastaa useimmiten opettajan

auktoriteetin, harvemmin pätevyyden. Opettajan tulee olla oma itsensä, joka aidosti välittää ja pitää oppilaistaan ja luottaa luokkaan. Nämä ominaisuudet vastaavat myös opetuksen tutkimuksen, myös tämän tutkimuksen, tuloksia: Oppimisprosessissa on tärkeää opettajan aitous, persoonallinen tapa opettaa, hyvät suhteet oppilaisiin sekä selittämisen taito.

Luonnontiedeluokkalaiset (Nieminen, 2016) ilmaisevat opettajan merkitystä kiinnostuksen herättäjänä ja siinä, että hän rohkaisee oppilasta oppimaan. Oppilaiden mielipiteet jakaantuvat tuen tarpeen mukaan, mikä vastaa esimerkillisten opettajien eroja ja tutkimusta. Toisten mielestä opettajan tulee selittää niin, että kaikki ymmärtävät. Siinä auttaa, jos opettaja linkittää asian oppilaan arkeen. Toisten mielestä riittää, kun opettaja organisoii oppimisen, antaa tehtäviä ja tekee testejä. Selittäminen tapahtuu oppilaiden tarpeiden mukaan (Berk & Winsler, 2002). Edellä mainitut ominaisuudet ovat asiantuntijaopettajan ominaisuuksia, jolloin hän on riittävän hyvä opettaja.

## LÄHTEET

- Aksela, M. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: a design research approach*. Dissertations of the Unit of Chemistry Teacher Education. Helsinki: University of Helsinki. <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/>
- Alfieri, L., Brooks, P.J., Aldrich, N.J. & Tenenbaum, H.K. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103 (1), 1-18.
- Berk, L. E. & Winsler, A. (2002). Scaffolding Children's Learning: Vygotsky and Early Childhood Education. *Volume 7 of NAEYC Research into Practice Series*. 3. p. United States of America: National Association for the Education of Young Children.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2008). *Research Methods in Education*. New York: Routledge.
- Hammersley, M. & Atkinson, P. (2007). *Ethnography. Principles in practice* (third edition). London: Routledge.
- Harmoinen, S. (2013). *Opettajan ohjauksen ja vuorovaikutuksen antaman tuen merkitys oppilaiden rakentaessa mallia magnetismista*. Akateeminen väitöskirja. Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 476. Department of Education, University of Jyväskylä. Jyväskylän yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-5296-9>
- Hattie, J. & Yates, G. (2014). *Visible Learning and the Science of How We learn*. London: Routledge.
- Hoikkala, T. & Paju, P. (2013). *Apina pulpetissa - Ysiluokan yhteisöllisyys*. Helsinki: Gaudeamus.
- Joyce, B., Weil, M. & Calhoun, E. (2011). *Models of Teaching* (Eighth edition). Boston, MA: Pearson Education. "

- Kärnä, P., Vesterinen, V.-M. & Aksela, M. (2016). Kuinka esimerkilliset suomalaiset opettajat edistävät osaamista ja oppilaiden myönteisiä asenteita fysiikan ja kemian tunneilla. Teoksessa H-M. Pakula, E. Kouki, H. Silfverberg & E. Yli-Panula ( Toim.) *Uudistuva ja uusiutuva ainedidaktiikka*, ss. 28–41. Suomen ainedidaktisen tutkimusseuran julkaisuja Ainedidaktisia julkaisuja 11. Turun yliopisto, opettajankoulutuslaitos. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/174336/AD11-v2.pdf?sequence=3>)
- Lemke, J.L. (1990) *Talking Science: Language, learning and values*. New Jersey, Norwood: Ablex Publishing Corporation.
- MAOL POPS koulutusmateriaali, (2015–2016) <http://www.maol.fi/koulutus/ops-koulutusta-2015-2016-copy-2/koulutusmateriaalit-pops-2016/?L=gdesjgsatmav>
- Mercer, N. (1995). *The Guided Construction of Knowledge: Talk amongst Teachers and Learners*. Clevedon: Multilingual Matters Ltd.
- Metsämuuronen, J., & Tuohilampi, L. (2014). Changes in Achievement in and Attitude toward Mathematics of the Finnish Children from Grade 0 to 9: A Longitudinal Study. *Journal of Educational and Developmental Psychology*, 4(2), 145–169.
- Mortimer, E. F. & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Nieminen, E.-L. (2016). *Ninth Grade Students Generating Interest in Physics and Chemistry: An Interpretive Study of Students' Discourse in a Science Class in Finland*. University of Helsinki. Faculty of Behavioral Sciences. Research Reports of the Department of Teacher Education. Research Reports 396.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. and McGillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.
- Scott, P. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: a Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, 32(1998), 45 – 80.
- Simola, H. (2015). Pisa. *Koulutusihmeen paradoksit. Esseitä suomalaisesta koulutuspolitiikasta*. Tampere: Vastapaino.
- Uitto, A. & Kärnä, P. (2014). Teaching methods enhancing grade nine students performance and attitudes towards biology. Teoksessa (E-Book) C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (toim.), *Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. Part 2 (ss. 67–73). Nicosia: European Science Education Research Association.  
[http://www.esera.org/media/eBook\\_2013/strand%202/ESERA\\_eBook\\_Part\\_2.pdf](http://www.esera.org/media/eBook_2013/strand%202/ESERA_eBook_Part_2.pdf)
- Vesterinen, V.-M. & Aksela, M. (2013). Design of chemistry teacher education course on nature of science. *Science & Education*, 22(9), 2193–2225.