



Christina Nokkala & Mari Murtonen
chrinok@utu.fi, marimur@utu.fi

Opetusmenetelmän vaikutus meioosin käsitteen oppimiseen

Tässä tutkimuksessa selvitettiin totutusta poikkeavan opetusmenetelmän vaikutusta ensimmäisen vuoden biologian opiskelijoiden meioosiin liittyvien käsitteiden oppimiseen. Tutkimus toteutettiin harjoitustyökurssilla. Kurssille osallistuneet jaettiin koe- ja kontrolliryhmään. Ennen meioosiin liittyvän harjoitustyön tekemistä koeryhmän opiskelijoille annettiin pohdittavaksi aktivoiva tehtävä, jossa piti piirtää meioosin vaiheita ja merkitä piirroksiin meioosiin liittyviä käsitteitä. Viikon kuluttua harjoitustyöstä sekä koe- että kontrolliryhmän opiskelijat saivat kertaustehtävänä pohdittavakseen saman tehtävän, jota oli käytetty aktivoivana tehtävänä koeryhmässä. Koeryhmään kuuluneet suoriutuivat tehtävästä merkitsevästi paremmin kuin kontrolliryhmään kuuluneet. Biologian koulutusohjelman opiskelijat suoriutuivat kertaustehtävästä paremmin kuin muiden koulutusohjelmien opiskelijat. Koeryhmään kuuluneet pitivät aktivoivaa tehtävää oppimista tukevana, ja myös kontrolliryhmään kuuluneet arvelivat, että aktivoivasta tehtävästä olisi ollut apua meioosin ja siihen liittyvien käsitteiden opiskelussa. Aktivoiva tehtävä näytti muokkaavan opiskelijoiden asennetta opiskelumyönteisemmäksi sekä auttavan heitä tunnistamaan ne seikat, joiden opiskeluun piti erityisesti kiinnittää huomiota. Opettajan näkökulmasta tehtävän teettäminen ennen harjoitustyötä antoi realistisen kuvan ryhmän lähtötasosta ja auttoi painottamaan opetusta tarkoituksenmukaisesti.

Asiasanat: meioosi, kynnyskäsite, käsitteiden oppiminen, aktivoiva tehtävä

A novel way to teach the concept of meiosis

Meiosis is a central biological concept which is often difficult for university students to understand. In this study, a novel way to teach the concept of meiosis was tested. An activating task fostering learning of this threshold concept was used. Students were divided to experimental and control groups. The control group attended traditional teaching, i.e. lectures with practicals. The experimental group had an additional activating task before practicals. In the activating task they had to draw the phases of meiosis and write the concepts of meiosis in the drawing. After drawing, the teacher collected the drawings and copied them and gave the copies back to the students. Then, the task with the right solutions was discussed thoroughly. After that the traditional practicals took place for both groups. After a week, both groups were given the same activating task. Students in the experimental group performed significantly better than the control group. Thus, paying attention to the central elements in meiosis by drawing them helped the students in the experimental group to understand the phenomenon of meiosis better. In the course evaluation, the students reported that the task helped them to learn better. The novel teaching arrangement also helped the teacher to focus on teaching and enhanced self-reflection.

Keywords: meiosis, threshold concept, concept learning, activating task

Johdanto

Meioosi on yksi biologian vaikeimmiksi koetuista mutta samalla keskeisimmistä käsitteistä, ja sen oppiminen on edellytyksenä useiden biologisten ilmiöiden ja muiden biologian käsitteiden syvälliselle ymmärtämiselle, tieteenalalle tyypillisen ajattelutavan omaksumiselle sekä alan asiantuntijuuteen kypsymiselle. Biologian opiskelijat kokevat genetiikan usein varsin vaikeaksi biologian osa-alueeksi (esim. Kindfield, 1991; Quinn, Pegg & Panizzon, 2009). Biologialle tunnusomaista on käsitteiden runsaus ja moni-

mutkaisuus (Taylor, 2006). Kaikkiin biologian osa-alueisiin liittyy paljon käsitteitä, ja genetiikassa niitä on erityisen runsaasti. Koska opiskelussa tulee jatkuvasti eteen uusia käsitteitä ja uudet käsitteet edellyttävät yleensä aiemmin opettujen käsitteiden hallitsemista, opiskelijan edellytykset omaksua uusia käsitteitä ovat varsin huonot, ellei aikaisempiakaan käsitteitä ole opittu riittävän syvällisesti.

Ongelma biologian käsitteiden omaksumisessa on tuttu jo kouluopetuksesta. Graf ja Berck (1998) ovat tutkineet biologian käsitteiden oppimiseen ja opettamiseen liittyviä ongelmia saksalaisissa kouluissa. Heidän mukaansa ope-

tettävien käsitteiden määrä on täysin kohtuuton käytettävissä olevaan oppituntien määrään suhteutettuna. Biologian oppitunnilla tulee eteen uusia käsitteitä enemmän kuin vieraan kielen oppitunnilla uusia sanoja. Graf ja Berck myöntävät asiakokonaisuuteen liittyvien käsitteiden opiskelun olevan välttämätöntä asian ymmärtämiseksi, mutta ehdottavat opiskeltavien käsitteiden määrän rajaamista ja yhdenmukaistamista – eri oppikirjoissa opiskeltavien käsitteiden määrä vaihtelee jopa moninkertaisesti ja samasta käsitteestä voidaan käyttää useita eri nimityksiä. Esimerkkinä he esittävät opettajan 11. luokka-asteella (16-vuotiaille) jakaman yksisivuisen meioosia koskevan monisteen, jossa esiintyy peräti 41 biologian käsitettä. Heidän mukaansa suurin osa näistä käsitteistä voitaisiin jättää mainitsematta, jolloin tärkeimpien käsitteiden omaksuminen helpottuisi.

Suomen lukioissa noudatettavan opetussuunnitelman biologiala koskevien yleisten tavoitteiden perusteella opiskelijan pitäisi biologian kurssit suoritettuaan hallita biologian keskeiset käsitteet (Opetushallitus, 2003). Arvioinnin perusteena puolestaan on muun muassa opiskelijan kyky hallita ja käyttää biologian keskeisiä käsitteitä. Meioosin käsite tulee suomalaisen opiskelijan eteen ensimmäistä kertaa lukion toisen pakollisen biologian kurssin ”Solu ja perinnöllisyys” yhteydessä. Voimassa olevassa opetussuunnitelmassa *periytymisen perusteet* määritetään yhdeksi keskeisistä sisällöistä ja *sukusolujen synty meioosissa* mainitaan tässä kokonaisuudessa erityisesti oppimisen kohteena (Opetushallitus, 2003).

Vaikka lukion opetussuunnitelman tavoitteet ovat kunnianhimoisia ja yliopiston biologian koulutusohjelmiin on vaikea päästä opiskelemaan, käytännön kokemus on osoittanut, että biologian perusopinnot suorittavat opiskelijat hallitsevat biologian keskeisiä käsitteitä huonosti (Kindfield, 1991). Meioosi on yksi näistä käsitteistä (Quinn ym., 2009). Opiskelijoilla ei ole aina itsellään kovin realistista kuvaa siitä, miten he hallitsevat opinnoissa esiintulleita käsitteitä. Teorian ja käytännön yhdistäminen on opiskelijoille usein hyvin vaikeaa. Opiskelijat saattavat osata toistaa lähes sanasta sanaan oppikirjan kappaleen ja uskoa hallitsevansa asian, mutta kun samaa asiaa pitäisi soveltaa laboratoriossa harjoituksissa, puutteet ymmärryksessä paljastuvat. Vaikeudet teoreettisen tiedon soveltamisessa käytäntöön liittyvät usein siihen, että asiayhteyteen liittyviä käsitteitä ei ole sisäistetty riittävän hyvin. Myös kansainvälisissä tutkimuksissa on havaittu, että biologian ensimmäisen vuoden yliopisto-opiskelijoilla on huomattavia puutteita biologian keskeisten käsitteiden, kuten meioosin, hallitsemisessa (esim. Kindfield, 1991; Quinn ym., 2009; Taylor, 2006).

Valkiaja (2008) selvitti vertailevassa oppikirjatutkimuksessaan meioosin ja siihen liittyvien käsitteiden oppimista lukion toisella pakollisella biologian kurssilla. Tutkielmassa ilmeni, että oppikirjalla on suuri merkitys käsitteiden oppimisessa. Vaikka käsitteiden oppimisessa ei kokonaisuutena tarkastellen ollut eroa eri oppikirjasarjoja käytettäessä, eri oppikirjat tukivat yksittäisten meioosin alakäsitteiden oppimista eri tavoin.

Quinn kollegoineen (2009) tutki ensimmäisen vuoden biologian opiskelijoiden ymmärrystä meioosista käyttä-

en ”structure of the observed learning outcome” (SOLO)-mallia (esim. Biggs, 1996; Biggs & Tang, 2007), jossa oppimistulokset luokitellaan viiteen hierarkkiseen, struktuuriltaan yhä kompleksisempaan tasoon. Jokainen taso toimii perustana, jolle oppimisen eteneminen ja siirtyminen seuraavalle tasolle perustuvat. Tasot sopivat myös hyvin kuvaamaan tieteenalakohtaisen ajattelun kompleksisuuden kehittymistä ja noviisin (opiskelijan) ajattelutavan kehittymistä asiantuntijan ajattelutavaksi. Quinn kollegoineen (2009) totesi ensimmäisen vuoden opiskelijoiden ymmärryksen meioosista olevan usein varsin strukturoimatonta (ensimmäinen, ”prestructural” taso) tai yltävän korkeintaan toiselle tasolle (”unistructural”), jolla opiskelija kykenee tunnistamaan asioita oikeissa yhteyksissään, nimeämään, tunnistamaan ja niin edelleen. Suomalaisen biologian opiskelijoiden varsin strukturoimaton tietämys meioosista muistuttaa hyvin paljon Quinlin kollegoineen (2009) kuvaamaa yhdysvaltalaisen yliopisto-opiskelijoiden tiedon tasoa.

Meyer ja Land (esim. 2006) ovat hiljattain esitelleet teorian kynnyskäsitteistä kuvaamaan käsitteitä, jotka toimivat kuin portaaleina uudelle ajattelutavalle ja ymmärrykselle ja joiden hallitseminen on välttämätöntä, jotta oppija voi edetä oppimisessaan. Kynnyskäsitteen ymmärtäminen edustaa transformoitunutta ymmärtämisen tai tulkinnan tasoa ja astumista maailmaan, josta ei ole enää paluuta takaisin. Kyseessä on kynnys, ikään kuin portti, josta on astuttava läpi. Kynnyskäsitteiden omaksuminen voi jopa valmentaa siihen, miten tietyllä tieteenalalla ajatellaan, ja yhä useamman kynnyskäsitteen hallitsemisen voidaan ajatella liittyvän opiskelijan kasvuun noviisista asiantuntijaksi.

Meioosi on yksi genetiikan ja koko biologian keskeisimmistä käsitteistä. Quinn kollegoineen (2009) toteaa meioosin yhdistävän biologian tärkeitä osa-alueita, kuten soluteoriaa, evoluutiota ja genetiikkaa. Meioosi mahdollistaa eliöiden suvullisen lisääntymisen, on pohjana ominaisuuksien periytymisen geneettisille lainalaisuuksille ja edellytyksenä geneettiselle monimuotoisuudelle, joka puolestaan toimii luonnonvalinnan ja evoluution raakamateriaalina. Meioosi on kuitenkin myös yksi kaikkein vaikeimmiksi koetuista käsitteistä biologiassa (esim. Kindfield, 1991; Quinn ym., 2009). Sitä voinee näin pitää yhtenä biologian kynnyskäsitteistä (Taylor, 2006).

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään, auttaako totutusta opetustavasta poikkeava opetusmenetelmä tavoiteltujen oppimistulosten saavuttamista. Yhtenä ongelmana opetuksessa on rajoitettu aika – yksi neljän tunnin työkerta – joka on vaikuttanut opetuksen toteutukseen. Opetukseen käytettävään aikaan ei kuitenkaan ole näkyvissä lisäresursseja, joten tutkimusasetelman avulla pyrittiin löytämään tapa, jolla parantaa oppimistuloksia käytettävissä olevassa ajassa. Tutkimuksessa selvitettiin myös opiskelijoiden näkemyksiä totutusta poikkeavan opetuksen mahdollisista eduista.

Tutkimuksen keskeisimpänä elementtinä oli tehtävä, jonka tarkoituksena oli sekä aktivoida opiskelijoiden aikaisempaa tietoa (konstruktivistinen strategia, ks. esim. Tynjälä, 1999) että kiinnittää opiskelijoiden huomio välittömän palautteen antamisen kautta niihin seikkoihin,

jotka vaativat eniten panostusta opiskelussa, toisin sanoen motivoida opiskeluun ja kehittää metakognitiivisia taitoja. Tehtävä suunniteltiin niin, että siinä pyrittiin ”törmäyttämään” opiskelijoiden käsitykset (esim. Mikkilä-Erdmann, 2001; Mikkilä-Erdmann, Iiskala & Murtonen, 2005) eli saattamaan opiskelijat huomaamaan tiedossaan olevia aukkoja tai virheitä. Näin opiskelijoiden metakognitiivinen tietoisuus (esim. Vermunt, 1996) omasta osaamisesta lisääntyy ja mahdollisuudet oppimiseen paranevat. Lisäksi alussa tehty aktivoiva tehtävä antoi opettajalle tietoa opiskelijoiden osaamisesta.

Biggsin (1996; Biggs & Tang, 2007) SOLO-taksonomian mukaisesti opiskelijoiden meioosia koskevan tiedon tason pitäisi kurssin jälkeen yltää suhteelliselle eli toiseksi ylimmälle tasolle, jossa opiskelija ymmärtää asioiden välisiä yhteyksiä ja suhteita ja kykenee näkemään, miten osat muodostavat kokonaisuuksia. Kun opiskeltavana aiheena on meioosi, opiskelijan pitäisi ymmärtää, miten meioosin vaiheet ja kromosomien käyttäytyminen liittyvät toisiinsa jatkuvana tapahtumasarjana ja miten meioosin seurauksena ilmenevät geneettiset ilmiöt saavat selityksensä meioosin tapahtumien kautta.

Tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset ovat:

1. Oppivatko koeryhmän opiskelijat meioosin käsitteen paremmin kuin kontrolliryhmän opiskelijat?
2. Oppivatko opiskelijat meioosin käsitteen kurssilla? Vertaillaan koeryhmän opiskelijan vastauksia tehtävään meioosia käsittelevän harjoitustyökerran alussa ja viimeisellä harjoitustyökerralla.
3. Vaikuttaako opiskelijan tausta oppimistulokseen? Vertaillaan biologian koulutusohjelman opiskelijoiden osaamista muiden koulutusohjelmien eli sivuaineiden opiskelijoiden osaamiseen.
4. Millä tavoin opiskelijat kokivat aktivoivan tehtävän auttavan oppimista?

Tutkimuksen toteutus

Aineisto ja menetelmät

Turun yliopistossa meioosi on yksi opiskeltavista aihealueista biologian koulutusohjelman perusopintojen kurssilla nimeltä ”Eliöiden toiminnan ja perinnöllisyyden harjoitukset”. Meioosi käydään teoreettisesti läpi myös genetiikan perusteiden luennoilla, joille opiskelijat osallistuvat samanaikaisesti harjoituskurssin kanssa. Harjoituskurssilla opetus on perinteisesti toteutettu siten, että demonstraation aikana opettaja kertaa meioosin tapahtumat ja meioosiin liittyvät käsitteet kertomalla ja piirtämällä meioosin vaiheista kaavakuvat taululle, ja opiskelijat yrittävät näin evästettyinä tunnistaa meioosin vaiheita valmiista preparaateista. Löydettyään vaiheen he piirtävät siitä luonnoksen työmonisteeseensa. Opettaja tarkistaa monisteen piirrookset työkerran lopussa ja palauttaa opiskelijan mikroskoopille, jos tulos ei ole tyydyttävä. Oppimistulos tarkastetaan tällä tavoin välittömästi, ja opiskelija saa siitä suoraa palautetta heti työskennellessään. Oppimista on

arvioitu myös tentissä aiheeseen liittyvällä kysymyksellä. Opettajan kokemusten mukaan oppimistulos ei yleensä yllä lähellekään asetettuja tavoitteita.

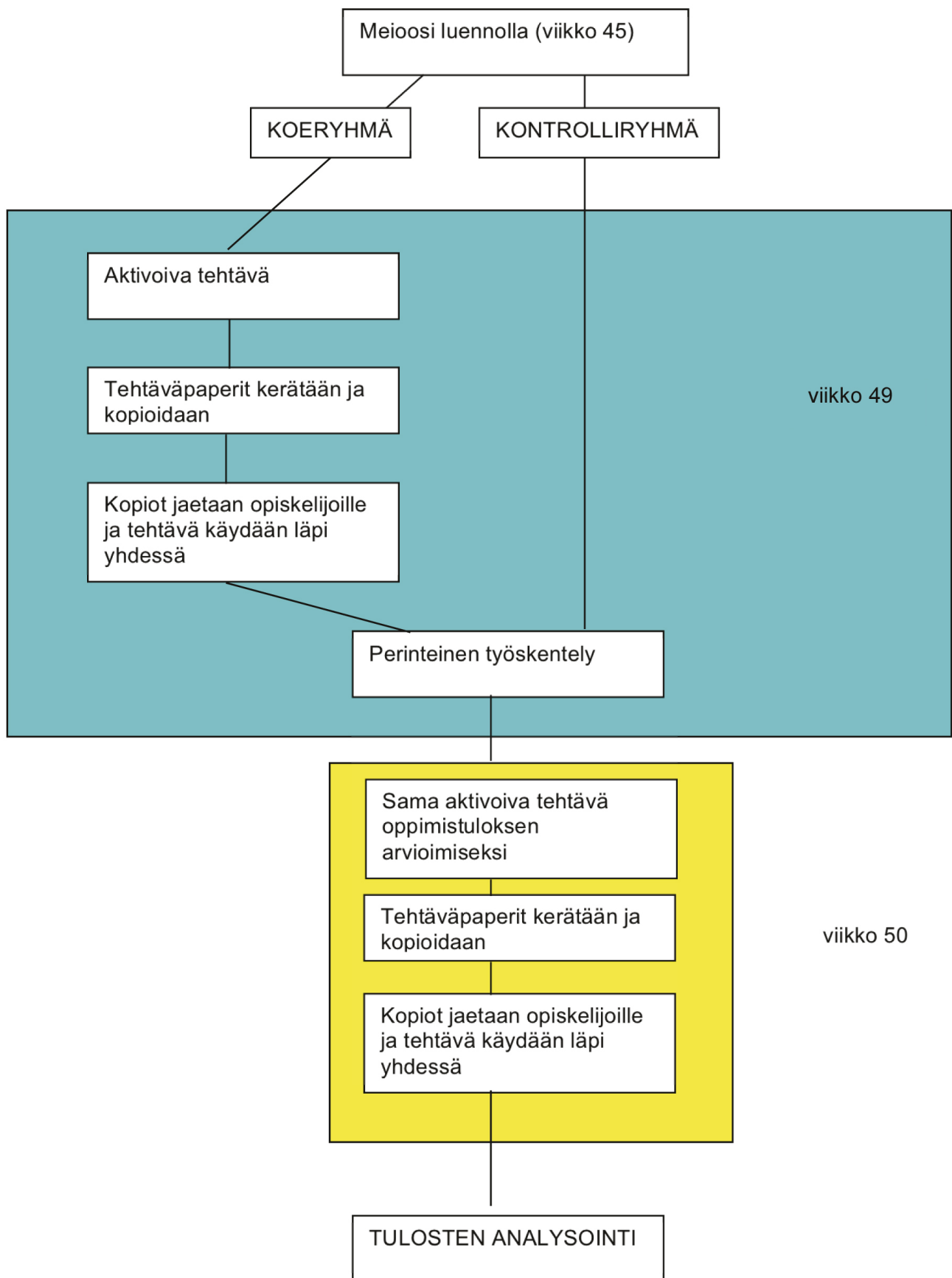
Tutkimus toteutettiin kahtena perättäisenä lukuvuonna eliöiden toimintaan ja perinnöllisyyteen liittyvällä opintojaksolla. Tämä opintojakso on pakollinen kaikille Turun yliopiston biologian koulutusohjelman ensimmäisen vuoden opiskelijoille ja niille muiden koulutusohjelmien opettajalinjan opiskelijoille, joille biologia on toinen opetettava aine. Kurseille voidaan ottaa myös muita sivuaineopiskelijoita, mikäli tilaa on. Kutsumme tässä tutkimuksessa kaikkia muita opiskelijoita paitsi biologian pääaineopiskelijoita sivuaineiden opiskelijoiksi. Tutkimukseen osallistui ensimmäisenä tutkimusvuonna yhteensä 39 opiskelijaa ja toisena 43 opiskelijaa. Vuosiryhmiä vertailtiin keskenään eikä tilastollisia eroavaisuuksia löytynyt, joten aineistot yhdistettiin varsinaista tutkimusanalyysiä varten. Kahta vuosiryhmää siis tarkastellaan yhtenä aineistona tässä tutkimuksessa.

Biologit jaettiin kahteen ryhmään kumpanakin vuonna aakkosjärjestyksen perusteella, ja sivuaineopiskelijat ilmoittautuivat näihin kahteen ryhmään sen mukaan, miten ryhmän työskentelyajat sopivat heidän muiden opintojensa aikatauluun. Ryhmät valittiin koe- ja kontrolliryhmäksi arpomalla. Tutkimusasetelma on esitetty kuviossa 1. Koekäsittely tapahtui jakamalla koeryhmän opiskelijoille työkerran alussa aktivoiva tehtävä:

Piirrä kaavamaisesti (a) mitoosin metafaasi, (b) meioosin I jaon metafaasi ja (c) meioosin II jaon metafaasi eliöltä, jonka $2n = 6$ ja kaikki kromosomit metasentrisiä. Merkitse kuviin seuraavat käsitteet: haploidi kromosomiluku, diploidi kromosomiluku, bivalentti, vähennysjako (reduktiojako), tasausjako (ekvaatiojako).

Suullisen tehtävänannon yhteydessä korostettiin, että tehtävään liittyvät käsitteet ovat keskeisiä meioosiin liittyviä käsitteitä. Aikaa tehtävän tekemiseen annettiin 7 minuuttia. Tämän jälkeen tehtäväpapereista otettiin välittömästi kopiot, jotka jaettiin takaisin opiskelijoille. Tehtävä käytiin läpi yhdessä kiinnittämällä opiskelijoiden huomio mahdollisiin virhekesityksiin ja selittämällä tieteellisen käsityksen keskeisiä kohtia. Tämän jälkeen opettaja demonstroi tehtävän molemmille ryhmille perinteisen opetustavan mukaisesti, ja työkerta eteni samalla tavalla molemmissa ryhmissä.

Viimeisellä työkerralla kumpikin ryhmä sai pohdittavakseen aktivoivan tehtävän, joka oli sama kuin koeryhmälle ensimmäisellä kerralla jaettu tehtävä. Tehtävän suorittamiseksi annettiin aikaa 7 minuuttia. Tällä kerralla mukana oli myös taustoittavia kysymyksiä sekä muutama meioosin oppimiseen liittyvä avoin kysymys. Tehtäväpaperit kerättiin pois, niistä otettiin kopiot, jotka jaettiin opiskelijoille, ja tehtävä käytiin yhdessä läpi. Taustakysymyksiin ja avoimiin kysymyksiin vastaamiseen sai käyttää niin paljon aikaa kuin tarvitsi. Taustakysymysten vastaukset kerättiin pois ennen tehtävän läpikäymistä. Opiskelijoille kerrottiin jo ennen tehtävän tekemistä, että suoriutuminen tehtävästä ei vaikuttanut opiskelijoiden kurssista saamaan arvostaan ja että osallistuminen tutkimukseen oli vapaaehtoista.



Kuvio 1. Meioosin opetusmenetelmien arvioinnissa käytetty tutkimusasetelma

Piirrosten analysointi

Tehtävässä piti piirtää kolme kuvaa ja merkitä viisi käsitettä kuviin oikeille paikoille. Täydellisessä vastauksessa yksi käsitteistä tulee merkityksi kahteen kohtaan, joten käsittemerkintöjä oli yhteensä kuusi. Pisteytyksessä kustakin piirroksista annettiin 0–3 pistettä kokonaisina pisteinä ja kustakin oikeasta käsittemerkinnästä 1 piste. Jos käsitettä ei ollut merkitty lainkaan, pisteitä sai 0, ja väärään kohtaan merkitystä käsitteestä sai –1 pistettä. Pisteiden vähentämiseen väärästä käsittemerkinnästä päädyttiin, jotta paljastuisi ero niiden välillä, jotka eivät tienneet tai muistaneet käsitettä, ja niiden välillä, jotka olivat muodostaneet käsitteen väärin. Mikäli käsitteiden ”haploidi kromosomiluku” ja ”diploidi kromosomiluku” sijasta piirroksiin oli merkitty näiden lukuarvo oikein, merkinnästä sai 0,5 pistettä. Kromosomilukujen merkitseminen käsitteiden sijaan kertoo siitä, että käsitettä ”käsite” ei ollut sisäistetty kunnolla. Piirrosten korkein yhteispistemäärä oli siis 9 pistettä ja käsittemerkintöjen 6 pistettä, jolloin korkein yhteispistemäärä oli 15 pistettä. Piirrosten painoarvo pisteytyksessä oli 60 %.

Ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin tilastollisesti keskiarvotesteillä ja tarvittaessa tulos varmistettiin epäparametrisillä testeillä.

Tutkimuksen tulokset

Harjoituskerran alussa tehdyn aktivoivan tehtävän vaikutus oppimiseen

Tutkimuksen päätavoitteena oli tarkastella, oppivatko aktivoivan tehtävän tehneet opiskelijat meioosin käsitteen paremmin kuin ne opiskelijat, jotka osallistuivat ainoastaan perinteiseen opetukseen. Taulukossa 1 on esitetty saavutettujen pistemäärien keskiarvoista yhteenveto, jossa näkyy sekä ryhmien kokonaistulos että tulokset eriteltyinä sen mukaan, ovatko kyseessä biologian koulutusohjelman opiskelijat vai sivuaineiden opiskelijat. Koeryhmän opiskelijat saivat ryhmäkokonaisuutena tarkasteltaessa erittäin merkitsevästi kontrolliryhmää korkeammat pisteet kertaustehtävästä ($t(df = 80) = 3.882, p < 0.001$). Aktivoivan tehtävän tehneet opiskelijat oppivat siis meioosin käsitteen paremmin kuin ainoastaan perinteiseen opetukseen osallistuneet opiskelijat.

Kun verrataan biologian pääaineopiskelijoita koe- ja kontrolliryhmän välillä, huomataan, että koeryhmän biologien saavuttama pistemäärä on korkeampi kuin kontrolliryhmän biologien ($t(df = 56) = 3.718, p < 0.001$). Sen sijaan sivuaineopiskelijoiden ero koe- ja kontrolliryhmän välillä ei ole tilastollisesti merkitsevä, vaikka koeryhmässä pisteet ovat korkeammat. Tämä voi johtua siitä, että sivuaineopiskelijoiden muodostamien ryhmien koot ovat melko pienet.

Meioosin käsitteen oppiminen kurssilla

Kysymykseen, miten hyvin meioosin käsite opittiin kurssin aikana, voi etsiä vastausta tarkastelemalla koeryhmän osaamista alkumittauksessa eli aktivoivassa tehtävässä ja loppumittauksessa eli kertaustehtävässä. Koeryhmä kokonaisuutena suoriutui kertaustehtävästä tilastollisesti erittäin merkitsevästi paremmin kuin aktivoivasta tehtävästä ($t(df = 40) = 6.980, p < 0.001$). Sama ilmiö on löydettävissä myös tarkasteltaessa opiskelijaryhmiä erikseen: biologian koulutusohjelman opiskelijat suoriutuivat loppumittauksessa tilastollisesti erittäin merkitsevästi alkumittauksista paremmin ($t(df = 32) = 6.854, p < 0.001$) ja sivuaineopiskelijat merkitsevästi paremmin ($t(df = 7) = 2.44, p < 0.05$). Lisäksi pisteiden hajonta oli biologeilla pienempi kertaustehtävässä kuin aktivoivassa tehtävässä.

Yksittäisten opiskelijoiden oppiminen painottui koeryhmässä eri opiskelijoilla eri tavoin. Aktivoivasta tehtävästä saatujen pisteiden määrä vaihteli –1 ja 15 pisteen välillä. Lähes kaikki koeryhmän opiskelijat saivat kertaustehtävästä yhtä paljon (6/41) tai enemmän (31/41) pisteitä kuin alussa tehdystä aktivoivasta tehtävästä. Kaksi niistä, joiden pistemäärä oli kertaustehtävässä alhaisempi kuin aktivoivassa tehtävässä, olivat saaneet jo aktivoivasta tehtävästä korkeat pisteet, ja pisteet laskivat vain 0.5 (14 à 13.5) ja 1 pisteen (13 à 12) verran. Kolmas puolestaan oli saanut aktivoivasta tehtävästä 0 pistettä ja kertaustehtävästä –1 pistettä.

Keskiarvoista voidaan todeta, että koeryhmässä kertaustehtävän keskiarvo oli 11.50, joka on melko korkea, kun korkein mahdollinen pistemäärä oli 15. Kontrolliryhmän keskiarvo oli 7.43, joka on vain puolet kokonaispistemäärästä eikä oppimistuloksena ole hyvä. Tässä tutkimuksessa ei pystytty testaamaan kontrolliryhmän meioosin käsit-

Taulukko 1. Meioosin käsitteen oppimista arvioivasta aktivoivasta tehtävästä (koeryhmä) ja kertaustehtävästä (koe- ja kontrolliryhmä) saatujen pisteiden (maks. = 15 p) keskiarvot ja keskihajonnat

Ryhmä		Alkumittaus / aktivoiva tehtävä	Loppumittaus/kertaustehtävä
	<i>n</i>	<i>ka/kh</i>	<i>ka/kh</i>
Koeryhmä			
biologian opiskelijat	33	7.99 / 4.31	12.62 / 3.22
sivuaineiden opiskelijat	8	5.00 / 5.78	6.88 / 6.22
kaikki opiskelijat	41	7.40 / 4.71	11.50 / 4.52
Kontrolliryhmä			
biologian opiskelijat	25		8.94 / 4.32
sivuaineiden opiskelijat	16		5.06 / 5.06
kaikki opiskelijat	41		7.43 / 4.97

teen osaamista alkumittauksella, koska alkumittaus toimi aktivoivana tehtävänä ja se tehtiin siksi vain koeryhmälle. Jos kuitenkin oletetaan, että kontrolliryhmän osaaminen kurssin alussa on samaa tasoa kuin koeryhmän, näyttäisi siltä, että kontrolliryhmäläiset eivät ole kurssin kuluessa juurikaan oppineet meioosin käsitettä. Näin ollen pelkään perinteiseen opetukseen osallistuminen ei näytä edistävän oppimista siinä määrin kuin toivotaan.

Pääaine- ja sivuaineopiskelijoiden erot oppimisessa

Opettajan tuntuma pää- ja sivuaineopiskelijoiden oppimisesta on se, että pääaineopiskelijat suoriutuvat tehtävistä pääsääntöisesti paremmin kuin sivuaineopiskelijat. Koeryhmässä biologian koulutusohjelman opiskelijoiden ja sivuaineopiskelijoiden saavuttamien pistemäärien välinen ero ei ollut merkitsevä aktivoivassa tehtävässä, mutta kertaustehtävässä biologian koulutusohjelman opiskelijoiden saavuttama pistemäärä poikkesi tilastollisesti merkitsevästi sivuaineopiskelijoiden pistemäärästä ($t(df = 39) = 2.532, p < 0.05$). Myös kontrolliryhmässä biologian koulutusohjelman opiskelijoiden saavuttama pistemäärä poikkesi merkitsevästi sivuaineopiskelijoiden pistemäärästä ($t(df = 39) = 2.605, p < 0.05$).

Kertaustehtävän pisteiden vaihteluväli oli sekä koeryhmässä että kontrolliryhmässä -1-15 pistettä, mutta pistemäärät painottuivat ryhmissä selkeästi eri tavoin. Koeryhmässä kertaustehtävästä kolme alhaisimmat pisteet (-1, 0 ja 3 pistettä) saanutta olivat muun kuin biologian koulutusohjelman opiskelijoita, ja täydet 15 pistettä sai peräti 14 opiskelijaa, joista yksi oli muun kuin biologian koulutusohjelman opiskelija. Koeryhmässä 15 pistettä oli kertaustehtävästä saatujen pisteiden moodipistemäärä. Kontrolliryhmässä kertaustehtävästä neljä alhaisimmat pisteet (-1, 0, 0 ja 0 pistettä) saanutta olivat muun kuin biologian koulutusohjelman opiskelijoita, ja korkeimmat eli 15 pistettä sai yksi biologian koulutusohjelman opiskelija. Moodipistemäärä oli kontrolliryhmässä 13 pistettä ($n = 5$). Nämä tulokset tukevat opettajan havaintoa, että pääaineopiskelijat oppivat paremmin meioosin käsitteen.

Opiskelijoiden oma arvio aktivoivan tehtävän hyödyistä

Koeryhmän opiskelijat arvioivat aktivoivasta tehtävästä olleen huomattavasti ($n = 11$) tai jonkin verran ($n = 25$) hyötyä meioosin ilmiön ja käsitteiden oppimisessa (taulukko 2). Kontrolliryhmässä 19 opiskelijaa olisi uskonut aktivoivan tehtävän auttaneen oppimista huomattavasti

ja 17 jonkin verran, jos sellainen olisi tehty ennen harjoitustyön tekemistä. Preparaateista löydettyjen vaiheiden etsimistä ja piirtämistä pitivät huomattavan tai jonkin verran hyödyllisenä kaikki koeryhmän ($n = 41$) ja valtaosa kontrolliryhmän ($n = 39$) opiskelijoista. Kertaustehtävän arvioi huomattavan hyödylliseksi 11 ja jonkin verran hyödylliseksi 26 koeryhmän opiskelijaa. Vastaavat luvut kontrolliryhmässä olivat 14 ja 25.

Avoimessa kysymyksessä ”Mikä tuki oppimista?” koeryhmässä piirtäminen sai 13 mainintaa, tehtävien läpikäyminen 11 mainintaa, aktivointi 7 mainintaa ja kertaus 6 mainintaa. Kontrolliryhmässä puolestaan mainittiin piirtäminen 11 kertaa, kertaaminen 6 kertaa ja tehtävien läpikäyminen 2 kertaa. Koeryhmän vastaukset olivat monisanaisempia kuin kontrolliryhmän vastaukset.

Pohdinta

Tutkimuksen lähtökohtana oli käytännön opetustyössä esiin noussut tarve parantaa ensimmäisen vuoden biologian opiskelijoiden oppimistulosta meioosin ja siihen liittyvien käsitteiden oppimisessa. Quinn kollegoineen (2009) toteaa meioosin olevan yksi genetiikan ja koko biologian keskeisimmistä käsitteistä, jota hyvällä syyllä voidaan pitää oppimisen etenemisen kannalta välttämättömästi omaksuttavana kynnyskäsitteenä (Meyer & Land, 2006). Kurssilla opiskelijoiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella opiskelijoiden on vaikea ymmärtää meioosin dynaamista luonnetta. Meioosin vaiheet käsitetään erillisiksi ja tarkkarajaisiksi, mikä ei ole riittävän syvälinen käsitys meioosista. Meioosin seuraukset nähdään konkreettisesti esimerkiksi risteytyskokeen jälkeläistön jakaumassa tai perinnöllisen sairauden ilmenemisenä sukupuussa. SOLO-taksonomian suhteellisen ymmärryksen tason saavuttanut osaisi yhdistää meioosin näihin ilmiöihin.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella opetusmenetelmä, johon liittyy aktivoiva tehtävä ja sen analysointi ennen harjoitustyön aloittamista, parantaa meioosin käsitteen oppimista. Koeryhmän opiskelijat saivat koko ryhmää tarkasteltaessa korkeammat pisteet kuin kontrolliryhmän opiskelijat. Kurssin aikana aktivoivan tehtävän tehnyt koeryhmä oppi selvästi. Koeryhmän pistemäärä oli erittäin merkitsevästi korkeampi loppumittauksessa kuin alkumittauksessa. Täydet pisteet saaneiden osuus oli 34 %, ja erot ryhmäläisten osaamisessa tasoittuivat, eli keskihajonta pieneni.

Useimmat harjoitustyökurssille osallistuneet opiskelijat olivat käyneet meioosin läpi luentokurssilla aivan hiljattain, joten heidän olisi pitänyt hallita meioosi. Kuitenkin

Taulukko 2. Koe- ja kontrolliryhmän opiskelijoiden avointen kysymysten vastausten jakautuminen

	Auttoiko aktivointi? Olisiko auttanut?				Auttoiko piirtäminen?				Auttoiko kertaus?			
	H	J	E	EOS	H	J	E	EOS	H	J	E	EOS
Koeryhmä	11	25	2	3	21	20			11	26	1	3
Kontrolliryhmä*	19	17	1	4	23	16	1	1	14	25		1

* Yksi opiskelija jätti vastaamatta kysymyksen 4.

H = huomattavasti, J = jonkin verran, E = ei lainkaan, EOS = en osaa sanoa

koeryhmäläiset saivat alkumittauksessa ja kontrolliryhmäläiset loppumittauksessa vain noin puolet maksimipistemäärästä. Koeryhmän hyvä oppimistulos aktivoivan tehtävän avulla osoittaa, että harjoitustyö yhdistettynä käsitteen oppimista tukevaan tehtävään on hyvä malli oppimisen edistämiseksi. Harjoituksissa ei opita ainoastaan käytännön taitoja, kuten esimerkiksi tutkimuksen kohteena olleessa työssä mikroskopointia, vaan omakohtaisten havaintojen tekeminen ja niiden yhdistäminen luennoilla ja oppikirjoista saatavaan teoreettiseen tietoon syventää ja auttaa strukturoimaan tietoa sekä tukee tieteenalaan liittyvien käsitteiden oppimista ja tieteenalalle tyypillisen ajattelutavan kehittymistä, toisin sanoen kasvua noviisista asiantuntijaksi. Vastaavaan johtopäätökseen päätyivät Yli-Panula, Länsikallio, Vanne, Vähäkangas, Nokkala ja Vainio (2008) selvittäessään kokeellisen oppimisen työtavan merkitystä lukion biologian opetuksessa. He havaitsivat pienimuotoisenkin kokeellisen työskentelytavan vaikuttavan nimenomaan asenteisiin, kriittisen ajattelun kehittymiseen ja käsitykseen tieteellisestä tutkimuksesta.

Ryhmät näyttävät jakautuvan meioositehtävässä niihin, jotka saavat vähän pisteitä, sekä niihin, jotka saavat paljon pisteitä. Tämä kertoo siitä, että meioosi joko hallitaan tai sitten ei. Tulos ei ole yllättävä, sillä meioosi on käsitteenä ja tapahtumasarjana sellainen, että sitä ei oikeastaan voi hallita osittain. Tämä piirre tekee meioosin käsitteestä kynnyskäsitteen, joka opiskelijoiden tulisi oppia ymmärtämään syvällisesti. Monen muun biologian ilmiön ymmärtäminen jää hataraksi, ellei keskeistä meioosi-käsitettä hallita. Opiskelijoiden meioosia koskevan tiedon pitäisi kurssin jälkeen ylittää Biggsin (1996; Biggs & Tang, 2007) SOLO-taksonomian mukaisen viisiportaisen asteikon toiseksi ylimmälle eli suhteelliselle tasolle, jossa opiskelija ymmärtää asioiden välisiä yhteyksiä ja suhteita ja kykenee näkemään, miten osat muodostavat kokonaisuuksia. Opiskelijan pitäisi ymmärtää, miten meioosin vaiheet ja kromosomien käyttäytyminen liittyvät toisiinsa jatkuvana tapahtumasarjana ja miten meioosin tapahtumat aiheuttavat havaittavissa olevat geneettiset ilmiöt. Täysien pisteiden saavuttaminen meioosiin liittyvässä tehtävässä antaisi aiheutta olettaa, että tämä tavoite on saavutettu. Ymmärtääkseen meioosin käsitteen syvällisesti opiskelijan on ymmärrettävä meioosi syvällisemmin kuin vain sarjana erillisiä vaiheita. Tässä tutkimuksessa käytetty tehtävä osoittautui toimivaksi ymmärtämisen mittariksi, sillä kuviota ei ole mahdollista piirtää oikein ymmärtämättä meioosia syvällisesti.

Sivuaineopiskelijoiden oppiminen oli tutkimuksen mukaan heikompaa. Heillä lukiokurssien suorittamisesta on yleensä kulunut pidempi aika kuin biologian koulutusohjelman opiskelijoilla, he eivät välttämättä ole suorittaneet lukiossa kuin pakolliset biologian kurssit, eivät ehkä ole sisällyttäneet biologiaa ylioppilastutkintoonsa eivätkä ole läpäisseet biologian valintakoetta. He eivät mahdollisesti ole koskaan aikaisemmin edes yrittäneet ymmärtää meioosia. Kuitenkin juuri näistä opiskelijoista valmistuu aikanaan aineenopettajia, joiden vastuulle kuuluu muun muassa meioosin ja siihen liittyvien käsitteiden opettaminen koulussa.

Aktivoiva tehtävä näyttää suuntaavan opiskelijoiden asennoitumista opiskeluun positiivisemmaksi ja vastaan-

ottavammaksi. Tämä heijastuu vastauksissa avoimeen kysymykseen, johon koeryhmän opiskelijat vastasivat innokkaammin ja monisanaisemmin kuin kontrolliryhmän opiskelijat. Tämän perusteella aktivoivan tehtävän käyttäminen opiskelijan metakognitiivisten taitojen kehittäjänä (esim. Vermunt, 1996) voidaan pitää onnistuneena ratkaisuna. Lisäksi kontrolliryhmässä, joka ei saanut tehdä aktivoivaa tehtävää, vielä suurempi osa opiskelijoista kuin koeryhmässä uskoi, että aktivoivasta tehtävästä olisi ollut huomattavasti apua asian omaksumisessa. Opiskelijat siis osoittivat kiinnostusta ja valmiutta kyseisenkaltaisten tehtävien tekemiseen.

Aktivoivan ja kertaustehtävän teettäminen palveli myös opettajaa monin tavoin. Tehtävän teettäminen ennen työn suoritusta antoi realistisen kuvan ryhmän lähtötasosta ja auttoi painottamaan opetusta tarkoituksenmukaisesti juuri niihin seikkoihin, joiden ennakko-osaamisessa näytti olevan eniten puutteita. Vertaamalla opiskelijoiden suoriutumista aktivoivasta ja kertaustehtävästä sekä tarkastelemalla taustakysymysten avulla kerättyä palautetta opettaja sai tilaisuuden arvioida paitsi opiskelijoiden oppimistulosta, myös omaa onnistumistaan opetuksessa. Opiskelijat saivat välittömän arvion osaamisestaan, kun tehtävät käytiin läpi yhdessä. He saivat pitää kopion täyttämästään tehtävämonisteesta, jolloin heillä oli mahdollisuus myöhemminkin tarkastella tehtävää ja omaa osaamistaan sekä suunnata opiskeluaan. Arviointi toimi näin aidosti osana opetusta.

Tutkimuksen mahdollisena virhelähteenä voidaan pitää sitä, että ryhmiä ei satunnaistettu tai samanlaistettu täsmäyttämällä (matching). Kontrolliryhmään valikoitui huomattavasti suurempi osuus sivuaineopiskelijoista kuin koeryhmään, mikä saattaa vaikuttaa tuloksiin. Johtopäätöksiä tehtäessä on myös muistettava, että tutkimusaineisto on varsin suppea, jolloin yksittäisen opiskelijan suorituksen merkitys tuloksissa korostuu. Tämän vuoksi käsillä olevan tutkimuksen tutkimusaineistoa olisi laajennettava, jotta tulosten yleistettävyyden ja johtopäätösten painoarvo olisi suurempi. Viiden viikon aikana toteutettu kokeilu on ajallisesti lyhyt, mutta kyseisellä kurssilla tämä käsite oletetaan opittavan tässä ajassa. Pohjana ovat tietysti aiemmat opinnot.

Uudentyyppisellä opetusmenetelmällä onnistuttiin kuitenkin saavuttamaan sille asetettuja tavoitteita. Koeryhmän opiskelijoiden pistemäärissä havaittu ero aktivoivan tehtävän ja kertaustehtävän välillä ja koeryhmän kontrolliryhmää parempi suoriutuminen kertaustehtävästä antavat objektiivista näyttöä aktivoivan tehtävän käytön perusteeksi. Aktiivointi motivoi ja auttoi opiskelijoita kohdistamaan opiskeluaan. Uuden opetusmenetelmän käyttö tuki käsitteen oppimisen prosessia ja tämän myötä paransi oppimistulosta. Käytännön työskentelyn merkitys käsitteiden oppimisen tukena korostui. Menettely auttoi opettajaa opetuksen suuntaamisessa ja itsearvioinnissa, ja oppimistuloksen arviointi toimi osana opetusta.

Christina Nokkala työskentelee assistenttina Turun yliopiston biologian laitoksella. Mari Murtonen toimii yliopistopedagogiikan yliopistotutkijana Turun yliopiston opettajakoulutuslaitoksella.

LÄHTEET

- Biggs, J. & Tang, C. (2007). *Teaching for quality learning at university. What the student does*. 3. painos. Buckingham, GBR: Open University Press.
- Biggs, J.B. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32, 1–18.
- Graf, D. & Berck, K.H. (1998). Concept learning in biology – Is it satisfactory? Plethora of concepts makes excessive demands on pupils. Luettu 4.8.2010, [http://www.biologie.uni-dortmund.de/de/content/personal/homepages/graf/veroeffentlichungen/GRAF,%20D.,%20BERCK,%20K.-H.%20\(1998\)%20Concept%20learning%20in%20Biology%20-%20Is%20it%20satisfactory.pdf](http://www.biologie.uni-dortmund.de/de/content/personal/homepages/graf/veroeffentlichungen/GRAF,%20D.,%20BERCK,%20K.-H.%20(1998)%20Concept%20learning%20in%20Biology%20-%20Is%20it%20satisfactory.pdf)
- Kindfield, A.C.H. (1991). Confusing chromosome number and structure: A common student error. *Journal of Biological Education*, 25, 193–200.
- Meyer, J.H.F. & Land, R. (2006). Threshold concepts and troublesome knowledge. Teoksessa J.H.F. Meyer & R. Land (toim.), *Overcoming barriers to student understanding. Threshold concepts and troublesome knowledge* (s. 3–18). Routledge: London, New York.
- Mikkilä-Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*, 11 (3), 241–257.
- Mikkilä-Erdmann, M., Liskala, T. & Murtonen, M. (2005). Tutkimustyöpaja menetelmäopin-tojen oppimisympäristönä. Teoksessa A. Virta, K. Merenluoto & P. Pöyhönen (toim.), *Ainedidaktiikan ja oppimistutkimuksen haasteet opettajankoulutukselle* (s. 407–416). Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisuja B:75.
- Opetushallitus (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet: Nuorille tarkoitetun lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki: Opetushallitus.
- Taylor, C. (2006). Threshold concepts in biology. Do they fit the definition? Teoksessa J.H.F. Meyer & R. Land (toim.), *Overcoming barriers to student understanding. Threshold concepts and troublesome knowledge* (s. 87–99). Routledge: London, New York.
- Tynjälä, P. (1999). *Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Kirjayhtymä: Helsinki.
- Quinn, F., Pegg, J. & Panizzon, D. (2009). First-year biology students' understandings of meiosis: An investigation using a structural theoretical framework. *International Journal of Science Education*, 31, 1279–1305.
- Valkiajoja, E. (2008). *Lukion biologian oppikirjat oppimisen välineenä. Vertaileva oppikirja-tutkimus sukusolujen synnyn oppimisesta*. Turun yliopisto. Biologian laitos. Pro gradu -tutkielma.
- Vermunt, J. D. (1996). Metacognitive, cognitive and affective aspects of learning styles and strategies: A phenomenographic analysis. *Higher Education*, 31 (1), 25–50.
- Yli-Panula, E., Lämsikallio, S., Vanne, E., Vähäkangas, J., Nokkala, C. & Vainio, M. (2008). *Lukion biologiaa – tutkivan kokeellisen oppimisen työtavalla*. Teoksessa A. Kallioniemi (toim.), *Uudistuva ja kehittyvä ainedidaktiikka. Ainedidaktinen symposiumi 8.2.2008 Helsingissä. Osa I* (s. 76–89). Helsingin yliopisto.