

Pro gradu -tutkielma

Tutkiva oppiminen evoluution opetuksessa lukiossa

Juuso Lehtonen



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologian opettajakoulutus

24.08.2017

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologian opettajankoulutus

Lehtonen, J.: Tutkiva oppiminen evoluution opetuksessa lukiossa

Pro gradu -tutkielma: 31 s. + liitteet 21 s.

Työn ohjaajat: Dos. Jari Haimi

Tarkastajat: FT Matti Hiltunen ja Dos. Jari Haimi

Elokuu 2017

Hakusanat: biologia, evoluutio, luonnonvalinta, tutkiva oppiminen, lukion opetussuunnitelma.

TIIVISTELMÄ

Uusi opetussuunnitelma velvoittaa opettajia kokeellisuuden ja tutkimuksellisuuden hyödyntämiseen opetuksessa, ja eräs keino tähän on tutkiva oppiminen. Tutkivassa oppimisessa tietoa ei omaksuta suoraan oppikirjasta tai opettajalta, vaan sitä hankitaan tieteelle tuttujen toimintamallien, kuten kysymysten, hypoteesien, selitysten ja kokeiden avulla. Tutkivan oppimisen vaiheet muodostavat yhdessä tutkivan oppimisen polun, jossa tieto tarkentuu vaihe vaiheelta. Opiskelijoita voidaan haastaa tutkivassa oppimisessa eri tavalla riippuen ovatko tutkimuskysymykset, menetelmät tai ratkaisut annettu heille etukäteen. Tutkivaa oppimista voidaan hyödyntää erilaisten aihepiirien opetuksessa kaikenikäisten opiskelijoiden kanssa, mutta lukion biologian ensimmäisellä kurssilla käsiteltävä evoluutio on aiheena kuitenkin sellainen, jota ei usein opiskella kokeellisuuden avulla. Tässä tutkimuksessa kehitettiin lukion biologian evoluution opetukseen liittyvä yksinkertainen tutkiva oppimisprojekti. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää projektin vaikutuksia opiskelijoiden ymmärrykseen ja tarkastella miten oppimistulokset eroavat kun ratkaisuja tarkastellaan opettajajohtoisesti tai oppilaslähtöisesti. Lisäksi opiskelijoilta pyydettiin mielipiteitä projektin motivoivuudesta. Oppimisprojektissa opiskelijat tutkivat vihreistä ja ruskeista karkkiyksilöistä koostuvien populaatioiden evoluutiota vihreässä ja ruskeassa ympäristössä. Opiskelijat saalistivat populaatioista karkkiyksilöitä, jonka jälkeen jäljelle jääneet yksilöt lisääntyivät takaisin alkuperäiseen tiheyteen. Saalistusten ja lisääntymisten edetessä karkkipopulaatioiden värimuotojen lukusuhteet muuttuivat eri ympäristöissä ja populaatioissa havaittiin evoluutiota. Projektin lopuksi opiskelijat tarkastelivat tuloksiaan ja pohtivat miksi populaatiot olivat muuttuneet. Projektilla havaittiin olevan positiivinen vaikutus yksinkertaisten evoluutiomekanismien ymmärtämiseen, mutta monimutkaisempiin tapahtumiin, kuten lajiutumisen ymmärtämiseen projektilla ei ollut vaikutusta. Opettajajohtoisen ja oppilaslähtöisen tulosten tarkastelun mallien välillä ei havaittu eroja oppimistuloksissa. Opiskelijat suhtautuivat projektiin myönteisesti ja toivoivat vastaavia projekteja myös jatkossa.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science

Department of Biological and Environmental Science

Biology Teacher Education

Lehtonen, J.: Teaching evolution in high school with inquiry-based learning

Master of Science Thesis: 31 p. + appendices 21 p.

Supervisors: Doc. Jari Haimi

Inspectors: PhD Matti Hiltunen and Doc. Jari Haimi

August 2017

Key Words: biology, evolution, inquiry-based learning, natural selection, Finnish core curricula.

ABSTRACT

The new Finnish core curriculum requires teachers to use empirical teaching methods and experiments in their teaching. One way to achieve this is by means of inquiry-based learning. In inquiry-based learning knowledge is not absorbed straight from a handbook or teacher but instead is acquired by various scientific methods such as questions, hypotheses, explanations and experiments. Together the methods create a pathway where knowledge gets more accurate in each step. In inquiry-based learning students can be challenged with different levels of difficulty whether the questions, methods or results are offered in advance by the teacher. Even though inquiry-based learning can be used in various kinds of topics and with students of all ages, it is rarely used in the teaching of evolution in high school. In this study a simple inquiry-based learning project was developed for the purpose of teaching evolution. The aim of this study was to find out whether the project had an impact on students understanding of evolutionary mechanisms and also whether teacher directed or student-centered learning affected understanding. Students were also asked to give feedback about the motivational factor of the project. The project developed in this research consisted of brown and green environments occupied by brown and green candy individuals. Together the individuals in an environment formed a population. Students took out individuals from the environment which represented predation and the remaining individuals reproduced offspring until the initial density was reached. As the predation and reproduction proceeded the ratios of different coloured individuals in the environment changed and the population evolved. At the end of the project students interpreted their results and discussed why the population changed. It was found out that the project had a positive effect on the understanding of simple evolutionary mechanisms but not on that of more complex mechanisms. Students' understanding didn't differ in teacher directed and student-centered learning. The students felt that the project motivated them to learn more and they wished for similar projects in the future.

Sisältö

1. JOHDANTO	5
2. TUTKIVA OPPIMINEN	5
2.1 Tutkivan oppimisen mallit	5
2.2 Tutkiva oppiminen hyödyntäminen opetuksessa	8
2.3 Opettajan ja oppilaan roolit tutkivassa oppimisessa	9
2.4 Motivaation merkitys tutkivassa oppimisessä	10
3. EVOLUUTIO JA SEN OPETTAMINEN LUKIOSSA	11
4. TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	12
5. AINEISTO JA MENETELMÄT	13
5.1 Tutkimusympäristö	13
5.2 Alkukysely	14
5.3 Opetuskokeilu	14
5.4 Loppukysely.....	16
5.5 Eettisyys.....	17
5.6 Aineiston analysointi	17
5.7 Tutkimuksen luotettavuus	18
6 TULOKSET	18
6.1 Tutkivan oppimisprojektin vaikutus ymmärrykseen	18
6.2 Erot ryhmien välillä	20
6.3 Projektin mielekkyys.	25
7. TULOSTEN TARKASTELU	26
7.1 Evoluutiomekanismien opiskelu tutkimuksellisuuden kautta.....	26
7.2 Tutkivan oppimisen tason ja motivaation vaikutukset oppimiseen	28
7.3 Oppimisprojektin kriittinen tarkastelu ja jatkotutkimusaiheet.....	28
KIITOKSET	29
KIRJALLISUUS	30
LIITTEET	32

1. JOHDANTO

Perinteinen käsitys oppimisesta passiivisena tiedon vastaanottamisena on muuttumassa. Vuoden 2016 syksyllä käyttöön otettu lukion opetussuunnitelma haastaa opettajat toiminnallisuuden ja tutkimuksellisuuden hyödyntämiseen opetuksessa, jolloin oppilaiden rooli muuttuu passiivisesta kuulijasta aktiiviseksi oppijaksi (Opetushallitus 2015). Tutkimuksellisuutta voidaan tuoda opetukseen esimerkiksi tutkivan oppimisen avulla. Tutkiva oppiminen on opetusmenetelmä, jossa opitaan sekä oppiainesisältöjä että ajattelutaitoa tieteelle tuttujen toimintamallien, kuten hypoteesin muodostamisen, tiedon etsimisen ja koeasetelmien luomisen avulla (Eloranta ym. 2005).

Tutkivalla oppimisella on havaittu olevan positiivinen vaikutus oppimiseen (esim. Anderson 2002, Ratinen 2016), sillä oppilaat oppivat parhaiten niitä asioita, joihin heidän aktiivinen toimintansa kohdistuu (Hakkarainen ym. 2004). Oppiainesisältöjen lisäksi tutkivan oppimisen avulla opitaan tieteellisen tutkimuksen toimintatapoja ja kehitetään oppilaan omaa ajattelutaitoa (esim. Hakkarainen ym. 2004, Eloranta ym. 2005). Kouluissa opetettavat ilmiöt pohjautuvat tieteelliseen tietoon ja tutkimuksiin, mutta oppilaiden on mahdotonta ymmärtää tieteellisen tiedon luonnetta tai tieteellisiä toimintatapoja, jos niitä ei käytetä koulumaailmassa (National Research Council 2011).

Lukion biologian ensimmäinen kurssi, Elämä ja evoluutio (BI1), sisältää uudessa opetussuunnitelmassa neljä keskeistä biologian osa-aluetta: biologia tieteenä, solu, eliön elinkaari ja evoluutio. Kurssin tavoitteena on antaa oppilaille kokemuksia, jotka syventävät kiinnostusta biologiaa ja sen opiskelua kohtaan. Lisäksi kurssin tavoitteena on, että oppilaat työskentelevät kokeellisesti ja toteuttavat pienimuotoinen tutkimuksen tai projektin muiden oppilaiden kanssa (Opetushallitus 2015).

BI1-kurssin evoluution opetuksessa lukion opetussuunnitelman perusteet (Opetushallitus 2015) asettavat yhdeksi keskeiseksi sisällöksi luonnonvalinnan. Evoluutio ja luonnonvalinta ovat aiheita, joita ei usein ryhdytä opettamaan kokeellisuutta hyödyntäen (Soderberg & Price 2003). Uuden opetussuunnitelman myötä kokeellisuutta ja tutkimuksellisuutta tulisi hyödyntää enemmän myös niissä aihepiireissä, joissa sitä ei ole ennen juuri käytetty. Tässä tutkimuksessa perehdytään tutkivan oppimisen hyödyntämiseen biologian opetuksessa, sekä kehitetään ja toteutetaan evoluutioon ja luonnonvalintaan liittyvä tutkiva oppimisprojekti.

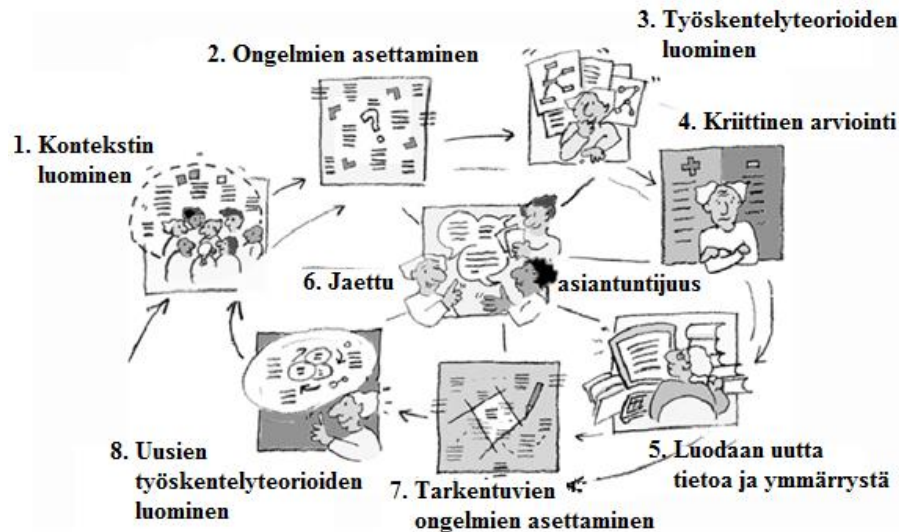
2. TUTKIVA OPPIMINEN

2.1 Tutkivan oppimisen mallit

Tutkivalle oppimiselle ei ole yksiselitteistä määritelmää (Anderson 2002). Tutkiva oppiminen edustaa luovaa oppimisprosessia, jossa tietoa ei omaksuta valmiina opettajalta tai oppikirjasta, vaan sitä hankitaan erilaisten ongelmien ja tutkimuskysymysten pohjalta (Anderson 2002, Banchi & Bell 2008 ja Hakkarainen ym. 2004). Ongelmat ovat sellaisia, joita ei voida ratkaista aiemman tiedon avulla, vaan niitä varten täytyy etsiä uutta tietoa erilaisista lähteistä tai hankkia oma aineisto kokeiden ja havainnoinnin avulla. Tutkiva oppiminen on parhaimmillaan tutkimusprosessi, joka tuottaa täysin uutta tietoa ja ymmärrystä (Hakkarainen ym. 2004). Anderson (2002) ja Ratinen (2016) toteavat aiempiin tutkimuksiin pohjaten tutkivalla oppimisella olevan positiivinen vaikutus oppimistuloksiin. Tutkivan oppimisen käyttäminen valmentaa oppilaita tulevaisuuden haasteisiin ja parantaa tieteellisiä ajattelutaitoja (Ratinen 2016). Tutkivan oppimisen on myös havaittu parantavan niin sanottuja 2000-luvun taitoja, kuten tiedonhakua internetistä (Kuisma 2017).

Hakkaraisen ym. (2004) mukaan tutkivan oppimisen oppimisprosessia tarkastellaan oppimisen ja tiedonrakentamisen välisenä vuorovaikutuksena. Se on jatkuvasti tarkentuva prosessi, jossa kokonaisuus rakentuu pienemmistä osatekijöistä muodostaen tutkivan oppimisen polun (Kuva 1). Aluksi 1) luodaan konteksti ja opetus ankkuroidaan opiskelijoiden aikaisempiin kokemuksiin ja tietoihin. Kontekstin luominen auttaa opiskelijoita sitoutumaan ja motivoitumaan tutkimusprojektiin sekä ymmärtämään opiskeltavien asioiden merkityksen. Kontekstin luomisessa tuetaan oppimisyhteisön muodostumista, sekä suunnitellaan ja asetetaan tavoitteet oppimisprojektille (Hakkaraisen ym. 2004, Bybee ym. 2006). Toisessa vaiheessa luodaan tutkimusta ohjaavat kysymykset ja 2) asetetaan ongelma. Tutkivassa oppimisessa ongelmille tulee kehittää selitys ja saavuttaa tietoa ilmiöstä. Uusi tieto ei sulaudu aikaisempiin tietoihin, vaan sitä rakennetaan ongelmien ja kysymysten avulla. Kysymykset voivat olla joko opettajan määrittämiä tai oppilaiden keksimiä. Ongelmanratkaisuun liittyy tiedollisen prosessin lisäksi erilaisten kokeiden tekemistä ja ideoiden testaamista. Kysymykset, joiden avulla pyritään selitykseen ja ymmärrykseen ovat erityisen arvokkaita (Hakkarainen ym. 2004, Bybee ym. 2006, Lakkala 2008). Kolmannessa vaiheessa oppilaat 3) luovat omat työskentelyteoriat tutkittavasta ilmiöstä. Työskentelyteoria tarkoittaa olettamuksien, hypoteesien, selitysten, tulkintojen tai mallien kehittelyä, jotka ovat alustavia ja joita on tarkoitus testata myöhemmin tutkivan oppimisen polulla. Työskentelyteorioiden luomisessa oppilaat eivät tukeudu opettajan tiedolliseen auktoriteettiin, vaan kehittävät omaa ääntään tutkijana. Tavoitteena on luoda kulttuuri, jossa kannustetaan omien johtopäätösten ja ajatusten tuomiseen keskustelussa ja kirjoituksissa (Hakkarainen ym. 2004, Lakkala 2008). 4) Kriittisessä arvioinnissa arvioidaan tutkimusprosessin edistymistä, heikkouksia ja vahvuuksia, sekä asetetaan tarvittaessa uusia tavoitteita. Arvioinnin kohteena eivät ole yksittäiset opiskelijat tai ajatukset, vaan yhteisön tuottamat työskentelyteoriat. Tavoitteena on teorioiden kehittäminen tuomalla niiden puutteellisuudet esille (Hakkaraisen ym. 2004). Tutkivan oppimisprojektin tarkoituksena on lopulta 5) luoda oppilaille uutta tietoa ja ymmärrystä. Oppilaat testaavat työskentelyteorioitaan etsimällä tietoa erilaisista tiedonlähteistä tai tekemällä tutkimuksia ja kokeita. Tiedonhakua ohjaavat kysymykset ja työskentelyteoriat, eikä tiedonhaussa pysähdytä ensimmäiseen tiedonlähteeseen (Hakkaraisen ym. 2004, Bybee ym. 2006).

Tutkivassa oppimisessa tiedon kehittyminen on koko oppimisyhteisön vastuulla, jolloin 6) oma asiantuntijuus jaetaan muun ryhmän kanssa. Kun osanottajat jakavat tietämystään muulle yhteisölle, myös heidän oma ymmärryksensä, tietämyksensä ja ajattelunsa kehittyvät. Tutkivan oppimisen polkua voidaan tarvittaessa jatkaa vielä syvemmälle, jolloin 7) asetetaan tarkentuvia ongelmia ja 8) luodaan uusia työskentelyteorioita. Tarkentuneisiin ongelmiin syventyminen käynnistää tutkivan oppimisen prosessin uudestaan (Hakkarainen ym. 2004, Lakkala 2008).



Kuva 1. Malli tutkivan oppimisen polusta, jossa tieto tarkentuu vaihe vaiheelta havainnoinnin, kokeiden, tiedonhaun, keskustelun ja arvioinnin avulla (Hakkarainen ym. 2004).

Mallin vaihteita ei tule kuitenkaan seurata liian mekaanisesti, vaikka ne ovat olennaisia osia tutkivassa oppimisprosessissa. Vaiheiden roolit voivat vaihdella tutkittavien ilmiöiden tai käytettävissä olevan ajan mukaan (Hakkarainen ym. 1999, Hakkarainen ym. 2004). Tutkivan oppimisen elementtejä voidaan hyödyntää hyvin sekä lyhyissä että pidemmissä opintojaksoissa (Lakkala 2008). Osa vaihteista voi jäädä vähemmälle huomiolle tai jopa kokonaan pois. Opettaja voi esimerkiksi esitellä valmiin ongelman tai käytettävän koeasetelman, jolloin oppilaat voivat keskittyä hypoteesien luomiseen tai tiedon etsintään (Hakkarainen ym. 1999, Hakkarainen ym. 2004). Olennaista on oppilaan aktiivinen rooli opetustapahtumassa (Anderson 2002, Hakkarainen ym. 2004 ja Opetushallitus 2015). Tutkivaa oppimista voidaan jakaa eri tasoihin riippuen siitä, kuinka avoin tutkivaan oppimiseen liittyvä tehtävä on ja kuinka suuri rooli oppilaalla on sen toteuttamisessa ja ideoimisessa.

Tutkivan oppimisen jakautumisen tasoihin esitti ensimmäisenä Joseph Schwab vuonna 1962 (Bell ym. 2005). Oppilaita voidaan haastaa eri tavoin riippuen mitä ennakkotietoja heille annetaan. Banchi & Bell (2008) ovat kehittäneet tätä tutkivan oppimisen mallia ja määrittelevät tutkivan oppimisen neljä tasoa seuraavasti: 1. Varmistava tutkimus, 2. strukturoitu tutkimus, 3. ohjattu tutkimus ja 4. avoin tutkimus. Tasot kuvaavat sitä, kuinka paljon oppilaat saavat itse ohjata toimintaansa ja kuinka paljon siitä on ennalta annettua (Taulukko 1) (Banchi & Bell 2008). Tutkivan oppimisen työvaiheet kulkevat samaa polkua eri tasoista riippumatta (Hakkarainen ym. 2004).

Eri tasoja tulisi soveltaa siten, että opintojen alussa tutkivan oppimisen avoimuusaste suhteutetaan oppilaiden tieto- ja taitotasoon, ja opintojen edetessä avoimuutta ja oppilaan vastuuta omasta oppimisesta lisätään vähitellen kohti avointa tutkimusta (Bell ym. 2005, Banchi & Bell 2008). Siirtyminen liian korkealle tasolle voi olla oppimisen kannalta haitallista, sillä oppilas ei kykene itsenäisen tutkimuksen suunnitteluun, jos hän ei ole saanut siinä harjoitusta. Liian vaikea tehtävä voi lisäksi aiheuttaa turhautumista (Salo 2016).

Taulukko 1. Tutkimuksen neljä tasoa ja annetut tiedot eri tasoilla (Banchi & Bell 2008).

Tutkimuksen taso	Oppilaille annetut tiedot		
	Kysymys	Menetelmä	Ratkaisu
1. Varmistava tutkimus:			
Oppilaat vahvistavat tutkimuksen avulla periaatteen, jonka tulokset ovat tiedossa	X	X	X
2. Strukturoitu tutkimus:			
Oppilaat tutkivat opettajan esittämää kysymystä annetun menetelmän avulla	X	X	
3. Ohjattu tutkimus:			
Oppilaat tutkivat opettajan esittämää kysymystä valitsemallaan menetelmällä	X		
4. Avoin tutkimus:			
Oppilaat tutkivat itse keksimäänsä kysymystä valitsemallaan menetelmällä			

2.2 Tutkivan oppimisen hyödyntäminen opetuksessa

Kokeellisuus ja tutkiminen ovat luonnollisia työkaluja erityisesti biologian opettamisessa, sillä onhan tieto biologisista ilmiöistä alunperin syntynyt uteliaisuuden, tiedonhalun ja kokeellisuuden kautta (Eloranta ym. 2005). Biologiseen tietoon ja tieteeseen liittyvä vahva kokeellinen perusta tulisi näkyä myös koulussa liittämällä opetus ympärillä oleviin todellisiin kohteisiin ja ilmiöihin (Eloranta ym. 2005, Opetushallitus 2011). Oppiminen on tehokkainta, kun se saadaan linkitettyä oppilaan omaan kokemusmaailmaan (Hakkarainen ym. 2004, Opetushallitus 2011). Joskus biologiassa opiskeltavat aiheet ovat kuitenkin luonteeltaan sellaisia, että niiden havainnointi on hyvin vaikeaa tai jopa mahdotonta. Yhteyttä koulumaailmassa opeteltavien asioiden ja oppilaan arjen välillä voidaan rakentaa erilaisten laitteiden, välineiden tai koejärjestelmien avulla (Opetushallitus 2011).

Luonnontieteiden opetuksessa hypoteesien ja ennusteiden esittäminen on tärkeää. Tutkivassa oppimisessa opiskelijoita kannustetaan luomaan omia oletuksia, hypoteeseja, tulkintoja ja malleja, jolloin he pääsevät osallistumaan tieteellisen selittämisen prosessiin. Selityksiä tarvitaan kun havaitaan tosiasioita, jotka ovat ristiriidassa hypoteesien kanssa. (Hakkarainen ym. 1999, Hakkarainen ym. 2004). Selityksiin päästään erilaisten päättelytyylien avulla, mutta tutkivan oppimisen kannalta olennainen tapa päätellä on abduktio, jossa hyödynnetään sekä havaintoihin pohjautuvaa tietoa että aiempaa ymmärrystä (Hakkarainen ym. 2004, Romdhane & Ayeb 2011). Abduktio on uusien käsitteiden ja selittävien teorioiden luomisen prosessi, jonka avulla pystytään tuottamaan aidosti uusia ajatuksia ja tietoa (Hakkarainen ym. 2004). Abduktio on tärkeä osa niin tutkivaa oppimista kuin ihmisen arki ajattelua, sillä sitä hyödynnetään käsitteiden ja teorioiden muodostamisessa, sekä esimerkiksi kielten tulkinnassa. (Hakkarainen ym. 2004, Romdhane & Ayeb 2011).

Tutkivaan oppimiseen liittyvän tutkimusprojektin lopputuloksena tuotetaan usein jotakin konkreettista, kuten juliste, tutkimusraportti tai multimediaesitys. Tämä ei kuitenkaan ole projektityön tärkein tavoite. Työskentely projektin aikana kohdistuu opeteltavien sisältöalueiden ohella myös oppilaan oman ajattelun kehittämiseen, kun opiskelijat tuottavat ajatuksia ja arvioivat niitä pitkäjänteisesti (Anderson 2002,

Hakkarainen ym. 2004). Tutkiva oppiminen mielletään usein koejärjestelyiksi tai laboroinneiksi, mutta sen ei kuitenkaan aina tarvitse olla toiminnallista ollakseen tutkimuksellista (Bell ym. 2005). Tutkimukset voivat yksinkertaisimmillaan olla tutkimuskysymyksiin vastausten etsimistä kirjallisuuden ja aineiston avulla. Olennaista on, että tutkivan oppimisen avulla voidaan parantaa opiskelijoiden tietoisuutta omasta ajattelusta ja oppimisesta, eli metakognitiotaidoista (White & Fredriksen 1998). Osallistumalla tutkimusprojektiin opiskelijat omaksuvat asteittain tutkijan tai asiantuntijan roolin (Hakkarainen ym. 2004).

Tutkivaa oppimista voidaan hyödyntää kaiken ikäisten oppilaiden kanssa, mutta Kremer ym. (2014) havaitsivat, että korkeampien luokka-asteiden oppilailla on paremmat tutkivan oppimisen taidot ja lähtökohdat tieteellisen tiedon luonteen (nature of scientific knowledge) ymmärtämiseen. Oppilaiden lähtökohdat tutkivan oppimisen hyödyntämiseen ovat sitä paremmat, mitä enemmän oppimiskokemuksia tieteen tekemisestä heillä on (Hakkarainen ym. 2004, Bell ym. 2005 ja Kremer ym. 2014). Achiam ym. (2012) esittelivät lukio-opiskelijoille ilmiön komodonvaraani neitseellisestä lisääntymisestä ja kehottivat opiskelijoita tutkimaan aihetta tutkivan oppimisen avulla. Opiskelijat pystyivät muodostamaan kattavasti erilaisia hypoteeseja ja päättämään keskustelun ja kriittisen arvioinnin avulla todellisuutta kuvaavaan selitykseen (Achiam ym. 2012).

Tutkivan oppimisen käyttöä kouluissa on myös kritisoitu, sillä tutkiva oppiminen keskittyy metakognitiivisten taitojen, kuten ajattelun ja ymmärryksen kehittämiseen oppiainesisältöjen sijaan (Hodson 2014). Kaikki opettajat, vanhemmat ja päättäjät eivät ole samaa mieltä siitä, että nämä metakognitiiviset taidot olisivat oppiainesisältöjä tärkeämpiä (Anderson 2002). Hodson (2014) esittää, että toiminnallisten tutkimusten avulla tulisi syventää ymmärrystä tietyistä, tarkasti valikoiduista ilmiöistä teoreettisen viitekehyksen oppimisen jälkeen, jolloin voidaan testata ja soveltaa aiemmin opittuja tietoja. Tutkivan oppimisen ongelmana nähdään liian avoimet tehtävänannot ja liian useat samanaikaiset tuntitavoitteet (Hodson 2014).

Kaikkeä kokeellista toimintaa kouluissa ei voida pitää tutkivana oppimisena, eivätkä ne johda välttämättä parempiin oppimistuloksiin (Hodson 2014). Vaikka tutkiva oppiminen tarjoaa tiedon jakamiseen ja keskusteluun kannustavan ympäristön, voivat oppilaiden omat näkemykset jäädä vähälle huomiolle. Opettajat keskittyvät liian usein omaan näkemykseensä oikeasta vastauksesta, jolloin oppilaiden vaihtoehtoiset näkemykset ilmiöstä jäävät liian vähälle huomiolle oppimistilanteessa (Hodson 2014, Ratinen 2016). Ratinen (2016) mukaan opettajan tulee kiinnittää suurta huomiota myös omaan ilmaisutapaansa. Oppilaiden näkökulmia kokoavassa keskustelussa opettajan tulisi pystyä kommentoimaan oppilaiden ajatuksia kannustavasti ilman arvioivaa äänensävyä, jotta keskusteluun kannustava avoin ilmapiiri säilyisi (Ratinen 2016).

2.3 Opettajan ja oppilaan roolit tutkivassa oppimisessa

Opettajan rooli vaihtuu tutkivassa oppimisessa opettajasta ohjaajaksi ja oppilaiden rooli vaihtuu passiivisesta kuuntelijasta aktiiviseksi toimijaksi (Andersen 2002, Hakkarainen ym. 2004 ja Opetushallitus 2015). Samalla myös vastuu korkeamman tason kognitiivisesta prosesseista siirtyy oppilaille (Lakkala 2008). Tutkivan oppimisen yleispuitteet ja aihepiirit voivat olla opettajan esittämiä, mutta itse oppimisprojektin toteutuksesta vastaavat oppilaat (Anderson 2002, Banchi & Bell 2008 ja Hakkarainen ym. 2004). Opettajan tulee organisoida opetuskokonaisuus aikatauluttamalla projekti, hankkimalla opetusmateriaali ja ohjaamalla oppilaiden työskentelyä. (Lakkala 2008). Ohjaaja ei välitä opittavaa tietoa suoraan opiskelijoille, vaan rohkaisee heitä syventymään laajemmin tutkittaviin ilmiöihin asettamalla ongelmia, esittämällä kysymyksiä, luomalla selityksiä ja etsimällä uutta tietoa. Opettajan tehtävänä on tukea oppilaita, pitää työskentelyä aktiivisena ja luoda katsauksia

projektin etenemisestä (Hakkarainen ym. 2004, Lakkala 2008). Hänen tulee käyttää omaa asiantuntijuuttaan suuntaamalla tutkimusprosessi olennaisiin asioihin ja tarvittaessa selittämällä vaikeita asioita (Hakkarainen ym. 2004).

Parhaita tuloksia saavutetaan, kun oppilaat saadaan motivoitua kehittämään omat tutkimuskysymykset sekä arvioimaan omia selityksiään (Hakkarainen ym. 2004, Bybee ym. 2006, Lakkala 2008). Oppilaiden on havaittu hyötyvän heterogeenisistä ryhmistä, jolloin keskustelut lisäävät kaikkien osaamista (Rozenszayn & Assaraf 2009). Edistyneemmät oppilaat joutuvat perustelemaan ajatuksensa niin, että muut ymmärtävät heidän ideansa ja vähemmän edistyneet pääsevät osallistumaan heitä kehittäviin keskusteluihin. Oppilaiden asiaosaamisen ja opiskelutaitojen tulisi olla kuitenkin riittävän lähellä toisiaan, jolloin oppiminen tapahtuu lähikehityksen vyöhykkeellä (Vygotski 1982, Rozenszayn & Assaraf 2009). Toimivien ryhmien muodostamisesta vastaa opettaja (Lakkala 2008).

Tutkivan oppimisen onnistumisen kannalta ratkaisevana tekijänä on opettajalta saatu ohjaus ja tuki. Kirschner ym. (2006) havaitsivat, että vähäinen ohjaus tutkivan oppimisen aikana voi tukahduttaa oppimisen kokonaan. Oppilaat eivät tavallisesti pysty saavuttamaan merkittävää edistystä projektissa ilman opettajan ohjausta (Hakkarainen ym. 2004). Tutkiva oppiminen voi kuluttaa ylimääräistä aikaa tunneilta ja johtaa väärinymmärryksiin sekä turhautumiseen, jos oppilaat haastetaan perehtymään valtavaan oppimateriaalimäärään ilman asianmukaista ohjausta ja palautetta (Kirschner ym. 2006, Achiam ym. 2012). Opettajien on havaittu välttelevän tutkivan oppimisen käyttämistä opetusmenetelmänä, sillä he eivät aina usko oppilaidensa tietotason olevan riittävä tutkimusten tekemiseen ja pelkäävät oppilaille jäävän tutkivassa oppimisessa väärinkäsityksiä (Cheung 2011). Oppilaat kuitenkin kokevat tutkivassa oppimisessä olevansa enemmän mukana oppimisprosessissa kuin tavallisesti. Oppilaiden kokemus omasta osallistumisestaan ja oman tekemisen merkityksellisyydestä lisäävät viihtyvyyttä ja motivaatiota (Hofstein ym. 2001). Tutkivan oppimisen soveltamisen on havaittu myös parantavan oppilaiden asenteita oppiainetta kohtaan (Sesen & Tarhan 2013).

2.4 Motivaation merkitys tutkivassa oppimisessä

Tutkivasta oppimisesta puhuttaessa on tärkeää puhua myös motivaatiosta ja sen merkityksestä (Linnenbrink-Garcia ym. 2012). Motivaatio käsitteenä tarkoittaa liikkeelle laittavaa halua ryhtyä tiettyyn toimeen (*”to be moved to do something”*) (Schiefele 1999 ja Ryan & Deci 2000). Oppimiseen liittyvää motivaatiota on tutkittu paljon. Se on moniselitteinen käsite, joka perinteisesti jaetaan kahteen osa-alueeseen: ulkoiseen ja sisäiseen motivaatioon (Ryan & Deci 2000 ja Kuisma 2017). Tähän jakoon voidaan liittää vielä oppilaan tunne omasta vapaudesta, autonomiasta (Kuisma 2017). Sisäisen motivaation omaavia oppijoita ohjaa uteliaisuus, ilo ja oppimisesta aiheutuva itsetunnon kohoaminen. Ulkoisen motivaation omaavia oppijoita ohjaa puolestaan hyvät arvosanat ja muut palkkiot (Ryan & Deci 2000 ja Kuisma 2017). Tunne pakonomaisesta puurtamisesta voi laskea motivaatiota, vaikka se olisi vapaaehtoisesti toteutettuna hyvinkin motivoivaa (Kuisma 2017). Linnenbrink-Garcia ym. (2012) käyttivät kahta sisäisen motivaation avaintyyppiä, minäpystyvyyttä ja kiinnostuneisuutta, tutkiessaan lukiolaisten käsityksiä luonnonvalinnasta ja evoluutiosta. He havaitsivat korkean minäpystyvyyden ja kiinnostuneisuuden vaikuttavan yhdessä positiivisesti käsitteiden oppimiseen.

Minäpystyvyydellä tarkoitetaan luottamusta omaan kykyihinkin saavuttaa toivottu lopputulos (Schiefele 1999, Ryan & Deci 2000). Oppilaat joilla on positiiviset ja realistiset odotukset omista kyvyistään suoriutuvat haasteista muita paremmin (Ryan & Deci 2000, Linnenbrink-Garcia ym. 2012, Kuisma 2017). He myös hyötyvät tutkivasta oppimisesta opetusmenetelmänä muita enemmän (Kuisma 2017). Epärealistisen korkean

minäpystyvyyden on kuitenkin havaittu haittaavan oppimista, sillä yli-itsevarmat oppilaat vastustavat aiemmin opittujen käsitteiden ja ajatusten muuttamista, vaikka ne olisivatkin virheellisiä (Linnenbrink-Garcia ym. 2012).

Kiinnostuneisuudella tarkoitetaan yksilön alttiutta arvostaa tekemistään ja saada siitä nautintoa (Schiefele 1999). Kiinnostuneisuus pitää sisällään kaksi tärkeää osa-aluetta: tunne, jossa kiinnostuksen kohde koetaan mukavaksi ja nautinnolliseksi, sekä arvostus, jossa kiinnostuksen kohde koetaan merkitykselliseksi (Linnenbrink-Garcia ym. 2012). Korkealla kiinnostuksella oppiainetta kohtaan on havaittu olevan positiivinen vaikutus erityisesti syväoppimiseen (Schiefele 1999).

Linnenbrink-Garcia ym. (2012) tarkastelivat minäpystyvyyden ja kiinnostuneisuuden lisäksi myös ennakkotietojen ja sukupuolen vaikutusta oppimiseen. Ennakkotiedoilla tarkoitetaan oppijan olemassa olevia käsityksiä ilmiöstä (Dole & Sinatra 1998). Hyvien ennakkotietojen on havaittu vaikuttavan positiivisesti ymmärryksen syventämiseen ja uuden oppimiseen, erityisesti jos henkilö on kiinnostunut aiheesta (Linnenbrink-Garcia ym. 2012). Dole & Sinatra (1998) havaitsivat kuitenkin, että oppilaat, joilla on kattavat ennakkotiedot, ovat vahvasti aiheeseen sitoutuneita ja voivat vastustaa aiemmin opittujen käsitteiden muuttamista.

Poikien on havaittu olevan tyttöjä kiinnostuneempia luonnontieteistä (*sciences*) ja heillä on korkeammat oletukset tiedoistaan ja taidoistaan. Lisäksi he päätyvät luonnontieteisiin liittyviin uravalintoihin tyttöjä useammin. Biologia kuitenkin poikkeaa muista luonnontieteistä, sillä tyttöjen on havaittu olevan siitä poikia kiinnostuneempia (Halpern ym. 2007, Hagay ym. 2012).

3. EVOLUUTIO JA SEN OPETTAMINEN LUKIOSSA

Lukiolaisilla tulisi olla jo käsitys evoluutiosta ja sen perusmekanismeista ennen lukio-opintoja, sillä evoluutio kuuluu peruskoulun opetussuunnitelmaan (Opetushallitus 2004, Opetushallitus 2014). Lukion biologian kurssi 1. Elämä ja evoluutio (BI1) sisältää evoluution yhtenä neljästä keskeisestä sisällöstä (biologia tieteenä, solu elämän perusyksikkönä, eliön elinkaari ja evoluutio). Evoluution opetuksen keskeiset sisällöt ovat luonnonvalinta ja sopeutuminen, lajien syntyminen ja häviäminen, sekä eliökunnan sukupuoli. Kurssin tavoitteeksi on asetettu evoluution jatkuvuuden, prosessien ja merkityksen ymmärtäminen (Opetushallitus 2015). Evoluutio ei ole esillä lukion opetussuunnitelmassa muilla kursseilla, vaikka monet niiden aihepiirit liittyvät läheisesti evoluutioon. Evoluution ja luonnonvalinnan käsitteiden ja syy-seuraussuhteiden syvällisen ymmärtämisen on todettu olevan opiskelijoille haastavaa (Cooper 2016). Nehm ja Reilly (2007) havaitsivat, että 70 %:lla yliopistotason biologian pääaineopiskelijoista oli vähintään yksi luonnonvalintaan liittyvä väärinymmärrys. Opiskelijoiden evoluutioon liittyvien väärinymmärryksien on myös havaittu olevan vaikeasti korjattavissa (Gregory 2009).

Luonnonvalinta on vuonna 1858 Charles Darwinin ja Alfred Russel Wallacen esittämä biologian periaate, jonka mukaan lajien kehitystä ja syntyä, evoluutiota, ohjaa luonnonvalinnaksi kutsuttu materialistinen voima. Luonnonvalinnan periaate on, että olemassaolon taistelussa kelpoisimmat yksilöt jäävät henkiin ja saavat jälkeläisiä, jolloin populaation keskimääräinen kelpoisuus kasvaa. Populaation muutoksia seuraa vähittäinen uusien lajien synty. Vuonna 1930 R. A Fisherin esittämä luonnonvalinnan perusteoreema esittää, että populaation keskimääräinen kelpoisuus kasvaa jatkuvasti niin kauan kun populaatiossa on olemassa kelpoisuuden muuntelua (Tirri ym. 2006, Campbell ym. 2011). Kelpoisuus ei ole kuitenkaan staattinen ominaisuus, vaan vaihtelee yksilöiden ilmiösuun kohdustuvan, ympäristön määrittämän valintapaineen mukaan. Kun yksilöiden ilmiösuissa

on eroja, myös yksilöiden suhteellisissa kelpoisuuksissa on eroja. Suhteellisella kelpoisuudella tarkoitetaan eroja yksilöiden kelpoisuuksissa tietyssä ympäristössä, jolloin suuremman suhteellisen kelpoisuuden omaava yksilö on sopeutunut paremmin vallitseviin olosuhteisiin ja tuottaa enemmän lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Ympäristön vaatimukset ja yksilön ilmiasu määräävät yksilöiden väliset suhteelliset kelpoisuudet, jolloin valintapaine rajoittaa tai edistää tietyn ilmiasun esiintymistä. Yksilöiden ilmiasun eri muotoja voidaan kuvata janana, jossa kaikki mahdolliset ilmiasut järjestetään yhdestä ääripäästä toiseen. Esimerksi hiirten turkin erilaiset väritykset voidaan asettaa janalle, jossa ensimmäinen ääripää on valkoinen turkki, keskimääräinen ilmiasu on ruskea turkki ja toinen ääripää musta turkki. Muut ilmiasut asettuvat janalle edellä mainittujen värien väliin liukuvasti (Campbell ym. 2011).

Määrälliset ominaisuudet, kuten hiiren turkin väri, ovat useiden eri geenien ilmentävä ominaisuus ja noudattavat polygeenisen periytymisen mallia. Tässä mallissa kahden heterotsygootin (esim. AaBbCc x AaBbCc) lisääntyminen tuottaa geneettisesti laajan kirjon jälkeläisiä erilaisilla yhdistelmillä, joista jokaisella on yhtäläinen todennäköisyys toteutua. Geenien ilmentämät fenotyypit eivät kuitenkaan ole kaikki yhtä todennäköisiä, sillä ilmiasujen esiintyminen noudattaa normaalijakaumaa, jossa keskimääräisiä ominaisuuksia on eniten ääripäiden ollessa harvinaisia. Mikäli ilmiasuun ei kohdistu valintapainetta, suurin osa populaatiosta ilmentää keskimääräisiä ominaisuuksia ja vain muutamat yksilöt ilmentävät ominaisuuden ääripäitä. Luonnossa yksilön ilmiasu on kuitenkin jatkuvan valintapaineen alla, joka johtaa joko suuntaavaan, hajottavaan, tai tasapainoittavaan valintaan (Campbell ym. 2011).

Suuntaavalla valinnalla tarkoitetaan tilannetta, jossa olot suosivat yksilöitä joiden ilmiasu on edustaa tiettyä ääripäätä, kuten mustaa turkkia. Näin voi tapahtua, jos populaation elinympäristö muuttuu äkillisesti tai yksilöt muuttavat uuteen erilliseen ympäristöön. Hajoittavalla valinnalla tarkoitetaan tilannetta, jossa olosuhteet suosivat molempien ääripäiden ominaisuuksia ilmentäviä yksilöitä. Näin tapahtuu, jos olosuhteet muuttuvat äärimmäisiä ilmiasuja ilmentäville yksilöille suotuisiksi rajoittaen keskimääräisten ominaisuuksien ilmentymistä. Tasapainottavalla valinnalla puolestaan tarkoitetaan tilannetta, jossa keskimääräisen ilmiasun omaavat yksilöt pärjäävät ääripäitä paremmin. Tällöin erilaiset ominaisuudet vähenevät entisestään ja keskimääräiset ominaisuudet yleistyvät. Eräs esimerkki valintapaineesta luonnossa on havainto siitä, että ranta-alueiden vaaleassa ympäristössä elävät hiiret olivat väritykseltään myös vaaleita ja sisämaan tummassa maastossa elävät hiiret olivat väritykseltään myös tummia (Campbell ym. 2011). Vignieri ym. (2010) tutkivat suojavärityksen merkitystä asettamalla molempiin ympäristöihin sekä tummia että vaaleita hiiriä jäljitteleviä malleja ja havaitsivat, että vaalealla hiekalla petolintujen hyökkäykset kohdistuivat pääosin tummiin malleihin ja tummassa maastossa hyökkäykset kohdistuivat pääosin vaaleisiin malleihin (Vignieri ym. 2010).

4. TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Evoluutio ja luonnonvalinta ovat yksinkertaisia käsitteitä niille jotka ymmärtävät ne, mutta evoluutioon liittyvien käsitteiden oppiminen on vaikeampaa kuin aiemmin on luultu (Cooper 2016). Haasteet oppimisessa eivät kuitenkaan johdu oppilaiden älykkyyden puutteesta tai nuoresta iästä, vaan siitä, että oppilaat eivät osaa muodostaa ilmiöstä käsitteellisiä malleja, eivätkä he osaa tarkkailla tai reflektoida oman ajattelun kehitystä (White & Fredriksen 1998). Eräs työkalu oppilaiden ajattelun kehittämiseen ja ohjaamiseen on tutkiva oppiminen.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli perehtyä tutkivaan oppimiseen opetusmenetelmänä sekä toteuttaa evoluutioon ja luonnonvalintaan liittyvää tutkiva oppimisprojekti lukion biologian opetuksessa. Tutkimuskysymykset olivat:

1. Saavutetaanko projektin avulla ymmärrystä evoluution mekanismeista ja luonnonvalinnasta?
2. Miten oppimistulokset eroavat varmistavassa ja strukturoidussa tutkivassa oppimisessä?
3. Kuinka mielekkäänä oppilaat kokevat tutkivan oppimisen ja erityisesti tämän oppimisprojektin?

Tutkimuskysymyksille muodostettiin aiempaan tietoon pohjautuen seuraavat hypoteesit: 1. projektin avulla saavutetaan ymmärrystä evoluutiomekanismeista, sillä tutkivan oppimisen hyödyntämisellä on havaittu positiivinen vaikutus oppimistuloksiin (Anderson 2002, Hakkarainen 2004, Ratinen 2016). 2. Oppimistulokset voivat olla varmistavassa tutkivassa oppisessa parempia, sillä opettajalta saadun tuen määrän on havaittu vaikuttavan oppimistuloksiin ja varmistavassa tutkimuksessa opettajan rooli on iso (Kirschner ym. 2006, Banchi & Bell 2008). Toisaalta strukturoidussa tutkimuksessa oppilaiden rooli on suurempi, jolloin he voivat olla motivoituneempia ja saavat kokea oivalluksen tunteita (Andersen 2002, Hakkarainen ym. 2004, Lakkala 2008). 3. Oppilaat kokevat projektin mielekkäänä, sillä opetukseen osallistuminen ja itse tekeminen parantavat sisäistä motivaatiota. Lisäksi projektissa käytettävät suklaakarkit toimivat ulkoisena motivaationa (Ryan & Deci 2000 ja Kuisma 2017).

5. AINEISTO JA MENETELMÄT

5.1 Tutkimusympäristö

Aineisto kerättiin kevätlukukaudella 2017 helsinkiläisen lukion ensimmäisen biologian kurssin (BI1) opiskelijoilta. Tutkimukseen osallistui kaksi rinnakkain opetettavaa ryhmää (ryhmä A ja ryhmä B). Molemmat ryhmät vastasivat alku- ja loppukyselyihin (Liite 1 ja 2), joiden välissä he toteuttivat tutkivan oppimisprojektin. Projekti toteutettiin 8. – 11. toukokuuta 2017. Ryhmien oppitunnit olivat peräkkäisinä päivinä ja tietyn ryhmän alku- ja loppukyselyiden välissä oli yksi päivä. Molempia ryhmiä opetti sama opettaja. Tutkivassa oppimisprojektissa käsiteltiin aiheina evoluutiota ja luonnonvalintaa, ja oppimisprojekti sijoittui kurssin puoliväliin yhdelle 75 minuutin oppitunnille.

Tutkimukseen osallistuneet opiskelijat valikoituivat satunnaisesti, sillä he olivat itse ilmoittautuneet biologian kurssille. Alkumittaukseen osallistui yhteensä 44 opiskelijaa (23 poikaa ja 21 tyttöä), joista kummassakin ryhmässä oli yhteensä 22 opiskelijaa (A-ryhmä: 16 poikaa ja 6 tyttöä, B-ryhmä: 7 poikaa ja 15 tyttöä.). Loppukyselyyn osallistui 35 opiskelijaa (A-ryhmä: 11 poikaa ja 4 tyttöä, B-ryhmä: 7 poikaa ja 13 tyttöä). Alkukyselystä myöhästyneet opiskelijat eivät täyttäneet kyselylomaketta, mutta osallistuivat projektin toteutukseen.

Tutkimus oli tapaustutkimus, jossa tutkittiin tutkivan oppimisprojektin vaikutuksia opiskelijoiden ymmärrykseen lukion biologian opetuksessa. Tapaustutkimuksella tarkoitetaan tutkimusstrategiaa, jossa ilmiöstä kerätään empiirinen aineisto sen todellisessa tapahtumaympäristössä (Laine ym. 2007). Tutkimus toteutettiin kvantitatiivisella tutkimusotteella ja aineisto analysoitiin määrällisin menetelmin.

5.2 Alkukysely

Aineisto kerättiin paperisilla kyselylomakkeilla. Alkukyselylomake täytettiin oppitunnin alussa ennen projektia (A-ryhmä 8.5., B-ryhmä 9.5.). Alkulomakkeessa opiskelijat ilmoittivat nimensä, sukupuolensa ja mahdolliset luontoon liittyvät harrastuksensa. He arvioivat omaa motivaatiotaan biologian oppiainetta kohtaan, vastasivat evoluutioon ja perinnöllisyyteen liittyviin ennakkotietokysymyksiin sekä evoluution ymmärtämistä mittaavaan avoimeen tehtävään (Liite 1). Vastausaikaa alkukyselyyn oli 20 minuuttia.

Aiempien tutkimusten pohjalta motivaation mittareina käytettiin kysymyksiä kiinnostuneisuudesta ja minäpystyvyydestä, ja ne asetettiin koskemaan koko biologian oppiainetta (Linnenbrink-Garcia ym. 2012). Kiinnostuneisuus biologiaa kohtaan selvitettiin käyttämällä kahdeksaa tunteisiin (esim. ”Biologia kiehtoo minua”) tai arvoihin (esim. ”Mielestäni kurssilla opetettavat aiheet ovat tärkeitä”) pohjautuvaa väittämää. Kiinnostuneisuutta mittaavien kysymysten pohjana käytettiin *individual interest* -mittaria (Linnenbrink-Garcia ym. 2010). Minäpystyvyys biologian oppiaineessa selvitettiin käyttämällä kuutta väittämää, joilla mitattiin opiskelijoiden itsevarmuutta oppia biologian oppitunneilla. Kysymykset minäpystyvyydestä pohjautuivat *Patterns of Adaptive Learning Survey* -tutkimukseen (PALS; Midgley ym. 2000). Muihin tutkimuksiin pohjautuvat kysymykset käännettiin englannista suomeksi ja niiden aiheet liitettiin koskemaan biologian oppiainetta. Suomennettujen kysymysten lisäksi kysymyspatteristoon lisättiin validiteettia parantavia käänteisesti ilmaistuja väittämiä (”Biologia on minulle helppo oppiaine” – ”Biologia on minulle haastava oppiaine”). Kaikkiin motivaatiiväittämiin vastattiin 5-portaisella Likert -asteikolla (1 = täysin eri mieltä, 2 = jokseenkin eri mieltä, 3 = ei eri eikä samaa mieltä, 4 = jokseenkin samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä).

Opiskelijoiden ennakkotietoja mitattiin alkukyselylomakkeessa kymmenellä monivalintatehtävällä, joihin vastattiin ympyröimällä neljästä vaihtoehdosta vastaajan mielestä sopivin. Ennakkotietokysymysten vaikeustaso vaihteli helposta (”Perimätiedon sisältävä molekyyli on...”) haastavaan (”Mikä seuraavista tilanteista voi johtaa lajiutumiseen”). Ennakkotietokysymysten tarkoitus oli kartoittaa opiskelijoiden perustietoja evoluutioon liittyvistä käsitteistä ja mekanismeista.

Alkukyselylomakkeen viimeinen tehtävä oli avoin ymmärrystä mittaava tehtävä, jossa opiskelijoiden tuli selittää evoluutioon ja luonnonvalintaan liittyviä ilmiöitä. Tehtävässä pohdittiin vihreiden ja ruskeiden liskojen sopeutumista erilaisiin ympäristöihin ja samalla opiskelijoille luotiin kontekstin tutkivan oppimisprojektin toteuttamiseen (Linnenbrink-Garcia ym. 2012). Kontekstin luominen on ensimmäinen vaihe tutkivan oppimisen mallissa (Kuva 1) (Hakkarainen ym. 2004).

5.3 Opetuskokeilu

Alkukyselyyn vastaamisen jälkeen siirryttiin tutkivaan oppimisprojektiin. Projektissa käytettiin yhtä 40 cm x 60 cm kokoista pahvilaatikkoa, jonka pohja oli puoliksi vihreä ja puoliksi ruskea, sekä vihreään ja ruskeaan paperiin käärittyjä 2 cm x 3 cm kokoisia soikeita suklaakarkkeja. Kaikki opiskelijat osallistuivat yhteisen tutkimuksen toteuttamiseen. Projektin avulla pyrittiin havainnollistamaan luonnossa tapahtuvaa luonnonvalintaa, jossa ympäristöstään erottuvat yksilöt jäävät muita helpommin saaliiksi (Vignierin ym. 2010). Pahvilaatikko oli valmistettu aaltopahvista ja sen pohjalle oli liimattu paperiliimalla sekä ruskeaa että vihreää kreppipaperia. Laatikon puoliväliin värien rajalle oli tehty pahvista pieni koroke, etteivät karkit siirry vahingossa puolelta toiselle. Suklaakarkit oli kääritty samaan kreppipaperiin kuin millä pohja oli päällystetty. Oppimisprojektin käytännön toimivuutta testattiin etukäteen pilottikokeella.

Aluksi opiskelijat jaettiin neljään pienryhmään, joissa he myöhemmin työstivät projektia keskustelemalla keskenään ja suorittamalla laskut yhdessä. Opettaja oli kurssin alussa arponut opiskelijoille paikat luokassa ja pienryhmät muodostettiin toisiaan lähellä istuvista opiskelijoista. Opiskelijoille kerrottiin lyhyesti, että tunnilla toteutetaan oppimisprojekti, jossa käytettävän pahvilaatikon eriväriset alueet kuvastavat erilaisia elinympäristöjä ja laatikon pohjalle sekaisin asetellut vihreät tai ruskeat karkit kuvastavat populaation yksilöitä. Yhdessä karkit ja alueet muodostavat mallin populaatiosta elinympäristössään. Alkuasetelmassa kummankin värisiä yksilöitä oli laatikon molemmilla puolilla 15 kappaletta, eli yhteensä koko systeemissä oli 60 karkkiyksilöä (Kuva 2).



Kuva 2: Koeasetelma, jossa tutkittiin värimuotojen luku- eli yksilömäärien muutoksia eri värisissä ympäristöissä toistamalla yksilöihin kohdistuvaa saalistusta ja niiden lisääntymistä. Kuvan alkutilanteessa yksilöitä on saman verran molemmilla puolilla.

Lyhyen esittelyn jälkeen opiskelijoita kehoitettiin ottamaan asetelmasta yksi karkki, minkä jälkeen heille esiteltiin projektin kulku lukemalla tarkemmat ohjeet (Liite 3). Projektissa tutkittiin, miten yksilöiden lukumäärät ja lukusuhteet muuttuivat saalistuksen ja lisääntymisen seurauksena. Karkkien ottaminen systeemistä kuvasti saalistusta. Saalistuksen jälkeen jäljelle jääneet yksilöt laskettiin kummastakin ympäristöstä ja yksilöt lisääntyivät alkuperäiseen kokonaisyksilömäärään. Lisääntymisessä vihreät yksilöt tuottivat vihreitä jälkeläisiä ja ruskeat yksilöt ruskeita jälkeläisiä.

Tarkemman ohjeistuksen jälkeen opiskelijat pohtivat pienryhmissä hypoteeseja siitä, miten populaatioiden rakenne ja värimuotojen suhteellinen määrä muuttuu saalistusten ja lisääntymisten edetessä. Lisääntymisessä uusi sukupolvi laskettiin niin, että jokaisella yksilöllä on keskenään yhtäläinen kyky tuottaa jälkeläisiä, ja että jälkeläisiä syntyy kunnes saavutetaan alkuperäinen populaatiotiheys (Kaava 1). Kaavassa alueen alkupopulaation koolla tarkoitetaan populaation alkuperäistä tilaa, joka on 30 yksilöä. Alueen yksilömäärällä tarkoitetaan tietyn alueen jäljelle jääneiden yksilöiden lukumäärää, eli molempien värien yksilöiden yhteistä lukumäärää. Värin yksilömäärällä tarkoitetaan tietyn alueen tietyn värin jäljelle jääneiden yksilöiden lukumäärää. Jokaiselle pienryhmälle annettiin vastuualueeksi yhden värialueen värimuodon laskeminen. Kaavan avulla saalistuksen jälkeiset värien lukusuhteet pysyvät samoina myös lisääntymisen jälkeen, eli jos saalistuksen jälkeen tietyllä alueella on enemmän vihreitä kuin ruskeita yksilöitä, myös lisääntymisen jälkeen alueella on enemmän vihreitä kuin ruskeita samassa suhteessa.

Laskujen jälkeen molemmille puolille lisättiin yksilöitä, kunnes uuden sukupolven yksilömäärät saavutettiin.

$$\begin{aligned} \text{Uusi sukupolvi (n)} &= \text{Alueen alkupopulaation koko (x)} \\ \text{Kaava 1:} \quad &\times \frac{\text{Värin yksilömäärä saalistuksen jälkeen (y)}}{\text{Alueen yksilömäärä saalistuksen jälkeen (z)}} \\ &\text{Eli } n = x \frac{y}{z} \end{aligned}$$

Saalistus ja lisääntyminen toistettiin yhteensä kolme kertaa ja eri vaiheissa kukin neljästä pienryhmästä vastuutettiin kyseisen vaiheen toteutuksesta. Ensimmäisessä saalistuksessa A-ryhmä otti 23 ja B-ryhmä 22 karkkia. Projektin esittelyn jälkeen aloitettiin ensimmäinen lisääntymisvaihe, jossa yhtä pienryhmää pyydettiin laskemaan saalistuksesta laatikkoon jäljelle jääneiden yksilöiden lukumäärät ja ilmoittamaan ne muulle luokalle. Tämän jälkeen opiskelijat laskivat kaavan 1 avulla tulevan sukupolven yksilömäärät. Toista pienryhmää pyydettiin täyttämään koeasetelman uusi sukupolvi laskettujen yksilömäärien mukaisesti. Aikaa ensimmäiseen toistoon kului noin 15 minuuttia. Toinen saalistus ja lisääntyminen tapahtuivat myös omassa luokassa. Projektin vetäjä kiersi tällä kertaa laatikon kanssa luokassa ja opiskelijat saalistivat taas yhden karkin laatikosta. Tämän jälkeen kolmas pienryhmä laski jäljelle jääneet yksilöt ja ilmoitti ne muulle luokalle. Uusi sukupolvi laskettiin jälleen kaavaa 1 käyttäen, jonka jälkeen neljättä pienryhmää pyydettiin täyttämään koeasetelma laskettujen yksilömäärien mukaiseksi. Kolmas saalistus tapahtui viereisessä luokassa. Projektin vetäjä, opettaja ja yksi vapaaehtoinen jokaisesta pienryhmästä siirtyi läheiseen luokkaan, jossa olevia opiskelijoita pyydettiin hakemaan laatikosta karkki. Järjestelystä oli sovittu etukäteen kyseessä olevan luokan opettajan kanssa. Tämän jälkeen siirryttiin takaisin omaan luokkaan ja laskettiin jäljelle jääneet yksilöt. Lopuksi laskettiin kaavaa 1 käyttäen viimeisen sukupolven yksilömäärät. Opiskelijat kirjasivat yksilömäärät ylös ryhmän projektilomakkeeseen (Liite 4) jokaisessa vaiheessa. Opiskelijoille annettiin tarvittaessa laskujen tueksi malli projektilomakkeen täytöstä, jossa esimerkkilaskut oli ratkaistu mielivaltaisilla luvuilla (Liite 5). Viimeisen lisääntymisen jälkeen tulokset kirjattiin dokumenttikameran yhteydessä olevalle tietokoneelle esivalmisteltuun taulukkoon, jolloin tuloksista piirryi valkokankaalle kuvaaja ja tulokset saatiin näytettyä koko luokalle (Liite 6, 7 ja 8).

Ryhmien oppitunnit erosivat toisistaan tulosten tarkastelun ja teorian muodostamisen osalta Banchi & Bell:n (2008) tutkivan oppimisen avoimuusastetta soveltaen (Taulukko 1). A-ryhmä tulkitsi tuloksia oppilaskeskeisesti ilman opettajan tai tutkijan johdattelua (strukturoidu tutkimus). Tutkija kiersi pienryhmien luona tarjoten ohjausta ja tukea keskustelun jatkamiseksi. Apukysymyksiä olivat muun muassa ”Toteutuivatko hypoteesit?”, ”Jos koetta jatketaan, mitä populaatioille voi tapahtua?” ja ”Kuinka hyvin koe mallintaa luontoa?”. Tunnin lopuksi opiskelijat saivat keskustella koko luokan kesken ja esittää ajatuksiaan tai mahdollisia teorioita koko luokalle. B-ryhmässä tulosten tulkinta tapahtui opettajajohtoisesti (varmistava tutkimus). Tutkija nosti esille saatuja tuloksia ja niitä tulkittiin keskustelunomaisesti koko ryhmän kanssa. Tulosten tulkinnassa apukysymykset käytiin läpi tutkijan johdolla. Myös B-ryhmän annettiin lopuksi esittää ajatuksia ja teorioita sekä keskustella koko ryhmän kanssa.

5.4 Loppukysely

Loppukyselylomake (Liite 2) täytettiin seuraavalla biologian oppitunnilla kaksi päivää alkumittauksen ja opetuskokeilun jälkeen (A-ryhmä 10.5. ja B-ryhmä 11.5.2017). Loppukyselylomakkeessa vastattiin kuuteen 5-portaiseen Likert-asteikolliseen

mielipidekysymykseen projektin mielekkyydestä (esim. ”Tutkimuksen tekeminen oli kiinnostavaa”), sekä kolmeen avoimeen kysymykseen projektin mielekkyydestä. Loppukyselylomakkeessa oli lisäksi alkukyselylomakkeen tavoin avoin ymmärrystä mittaava tehtävä evoluutiosta ja luonnonvalinnasta. Tehtävässä pohdittiin vaaleiden ja tummien hiirten sopeutumista erilaisiin ympäristöihin (Vignieri ym. 2010). Aikaa loppukyselyyn vastaamiseen annettiin 10 minuuttia. Kyselylomakkeiden evoluution ymmärrystä mittaava tehtävä oli alku- ja loppukyselylomakkeissa sisällöltään toisiaan vastaava, mutta kysymyksen asettelultaan hieman poikkeava. Tällöin tehtävä ei ollut liian tuttu eikä aiemmin annettua vastausta voinut toistaa.

5.5 Eettisyys

Ennen tutkimuksen aloitusta lukion rehtorilta pyydettiin suostumus tutkimuksen toteuttamiseen koulussa. Opetusviraston mukaan 15 vuotta täyttäneiden nuorten huoltajilta ei tarvitse pyytää lupaa tutkimukseen osallistumisesta. Huoltajille ilmoitettiin tutkimuksen toteuttamisesta saatekirjeellä. Henkilötietojen säilyttämisestä laadittiin henkilötietolain 10§ mukaisesti rekisteriseloste. Tutkimuslupahakemus lähetettiin Helsingin opetusvirastoon ja siihen liitettiin tutkimussuunnitelma, huoltajien saatekirje ja rekisteriseloste. Aineistonkeruu aloitettiin tutkimusluvan myöntämisen jälkeen.

Opiskelijat palauttivat nimellä varustetun lomakkeen suljettavaan kirjekuoreen kenenkään niitä katsomatta. Kirjekuoret toimitettiin suljettuina tutkimuksen ohjaajalle, joka postoi lomakkeista nimet ja korvasi ne opiskelijakohtaisilla numeroilla. Nimi-numeroyhteydet säilytettiin henkilötietosäännösten mukaisesti lukitussa kaapissa lukitussa huoneessa rekisteriselosteen kanssa ja ne tuhottiin välittömästi tutkimuksen valmistumisen jälkeen. Saman opiskelijan alku- ja loppukyselyt yhdistettiin numeron avulla. Aineisto analysoitiin siten nimettömänä.

5.6 Aineiston analysointi

Kyselylomakkeiden vastauksista muodostettiin taulukko, johon kirjattiin opiskelijan numero, sukupuoli, mahdolliset harrastukset sekä muut vastaukset lomakkeiden kysymyksiin. Biologian ennakkotieto-osuudesta opiskelijoiden tuli ympyröidä monivalintatehtävän oikea väittämä neljästä vaihtoehdosta. Väittämiä oli kymmenen ja opiskelija sai pisteen jokaisesta oikeasta vastauksesta. Väärästä vastauksesta kirjattiin nolla pistettä ja lopuksi pisteet laskettiin yhteen.

Motivaatiokysymyksiin vastattiin 5-portaisella Likert-asteikolla. Väittämiä oli yhteensä 14, joista 6 liittyi minäpystyvyyteen ja 8 kiinnostuneisuuteen oppiainetta kohtaan. Vastauksista muodostettiin kaksi summamuuttujaa, minäpystyvyys ja kiinnostuneisuus, joissa kumpaakin muuttujaa mittaavien yksittäisten väittämien Likert-asteikon pisteet summattiin yhteen. Minäpystyvyyden maksimipistemäärä oli 30 ja kiinnostuneisuuden 40. Käänteisesti ilmaistujen väittämien arvot muutettiin ennen niiden lisäämistä summamuuttujaan. Muutos tehtiin vaihtamalla arvot 1 ja 5, sekä 2 ja 4 toisikseen. Arvoa 3 ei muutettu.

Evoluution ymmärrystä mittaavan avoimen tehtävän vastaukset arvioitiin viidelle tasolle (1 – 5) ja näistä tulivat konkreettiset pisteet. Ensimmäisen (1.) tason vastauksista löytyi selviä virhekäsityksiä sekä virheitä ilmiön ymmärtämisessä, termien käyttämisessä ja tieteen kielessä. Ensimmäinen taso oli ymmärryksen pohjataso. Toisen (2.) tason vastauksista löytyi virhekäsityksiä ja virheitä ilmiön ymmärtämisessä, mutta niissä oli käytetty oikeita termejä ja tieteen kieltä. Kolmannen (3.) tason vastauksissa löytyi sekä ymmärrystä että virhekäsitystä. Neljännen (4.) tason vastauksiin sisältyi ymmärrystä, mutta selitys jäi vajaaksi. Viidennen (5.) tason vastauksissa käytettiin tieteen kieltä ja niissä oli täysin oikea käsitys luonnonvalinnasta. Tyhjät vastaukset merkittiin tasoksi 1.

Loppukyselyn palautteessa opiskelijat arvioivat projektin mielekkyyttä. Likert-asteikollisista väittämistä muodostettiin summamuuttujat ja yksittäisistä väitteistä laskettiin vastausten lukumäärät ja piirrettiin kuvaajat. Avoimista vastauksista laskettiin toistuvien väitteiden frekvenssit ja useiten esiintyvistä vastauksista nostettiin esille vähintään yksi opiskelijan kirjoittama esimerkki.

Muutosta opiskelijoiden ymmärryksessä alkua- ja loppukyselyiden välillä tutkittiin ei-parametrisellä Wilcoxonin merkittävien sijalukujen testillä. Ymmärrystehtävän pisteistä laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat sekä kaikkille opiskelijoille että eri ryhmille, ja niistä piirrettiin kuvaajat. Lisäksi niistä laskettiin summamuuttujat. Ymmärrystehtävän pistetaulukosta poistettiin opiskelijat, jotka eivät vastanneet molempiin kyselyihin. Ryhmien ja sukupuolten välisiä eroja testattiin ei-parametrisellä Mann-Whitneyn U-testillä ja minäpystyvyyteen, kiinnostuneisuuteen ja projektin mielekkyyteen liittyvistä yksittäisistä väittämistä laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Lisäksi ryhmien välisiä eroja sisältävistä väittämistä piirrettiin kuvaajat. Summamuuttujien sekä alkua- ja loppukyselyiden yksittäisten ymmärryskysymysten välisiä korrelaatioita tarkasteltiin Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimella. Tilastolliset testit tehtiin IBM SPSS Statistics 24 -ohjelmalla.

5.7 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuutta kuvataan reliabiliteetilla, eli kuinka hyvin tutkimus on toistettavissa, ja validiteetilla, eli kuinka hyvin menetelmät mittaavat juuri tutkittavaa ilmiötä (Creswell 2005). Tutkimuksen kyselylomakkeissa motivaatiota mittaavien kysymysten toistettavuutta eli reliabiliteettiä tutkittiin Cronbach'n alfa -kertoimen avulla, joka kertoo kuinka johdonmukaisia ja yhteneväisiä kysymykset ovat. Mitä suurempi mitattu arvo on, sitä parempana mittarin reliabiliteettiä voidaan pitää. Yli 0,6 Cronbach alfan arvoja pidetään hyväksyttävänä (Metsämuuronen 2005).

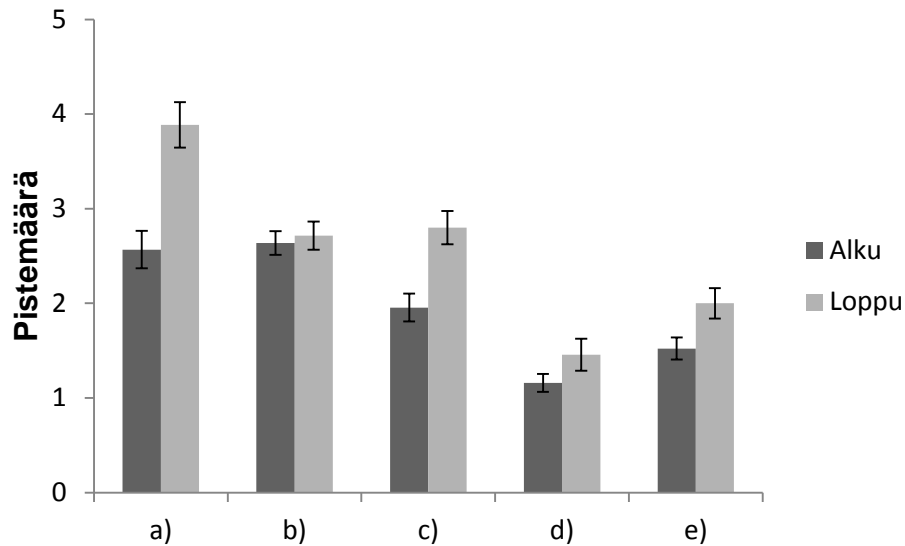
Tässä tutkimuksessa motivaatio jaettiin minäpystyvyyttä ja kiinnostuneisuutta mittaaviin summamuuttujiin, joissa samaa asiaa kysyttiin usealla väittämällä. Sekä minäpystyvyyden ($\alpha = 0,836$) että kiinnostuneisuuden ($\alpha = 0,873$) luotettavuus oli hyvä. Minäpystyvyyttä mittaavia kysymyksiä oli kuusi ja kiinnostuneisuutta mittaavia kysymyksiä oli kahdeksan.

Tutkimuksen validiteettiä pohdittiin kyselylomakkeita muodostettaessa. Lomakkeiden motivaatioon liittyvät kysymykset pohjautuivat aiempiin tutkimuksiin ja oppiaineeseen liittyvät tehtävät pohjautuivat oppikirjoihin. Lomakkeeseen lisättiin käänteisiä toistokysymyksiä. Tutkimuskysymykset aseteltiin koskemaan vain tutkittavia ryhmiä. Tutkimuksen otoskoko oli pieni, mutta tutkimuskysymyksiin nähden sopiva, sillä tarkoituksena on tutkia tapaustutkimuksena satunnaista joukkoa lukio-opiskelijoita.

6 TULOKSET

6.1 Tutkivan oppimisprojektin vaikutus ymmärrykseen

Ymmärrystehtävän kaikkien opiskelijoiden vastauksien summamuuttujia tarkasteltaessa loppukyselyn pisteiden havaittiin olevan korkeammat kuin alkukyselyn (Wilcoxonin merkittävien sijalukujen testi, $Z = -4,300$, $p < 0,001$, $n = 35$). Yksittäisten kysymysten kohdalla ero havaittiin a- ($Z = -4,300$, $p < 0,001$), c- ($Z = -3,271$, $p = 0,001$) ja e-kohtien ($Z = -2,040$, $p = 0,041$) alkua- ja loppukyselyiden välillä (Kuva 3) (Liitteet 1 ja 4). Alku- ja loppukyselyiden ymmärrystä mittaavan tehtävän summamuuttujien välillä havaittiin positiivinen korrelaatio (Spearmanin järjestyskorrelaatio, $r = 0,578$, $p < 0,001$, $n = 35$). Ennakkotiedoilla ei havaittu korrelaatiota muihin summamuuttujiin.



KUVA 3. Opiskelijoiden keskimääräiset pisteet ja keskiarvon keskiarvot ymmärystehtävän yksittäisissä kysymyksissä (a-e) alku- ja loppukyselyissä.

Taulukko 2. Yksittäisten opiskelijoiden ymmärrykseen liittyvän tehtävän pisteet alku- ja loppukyselyissä sekä näiden muutokset (n = 35).

Ryhmä A				Ryhmä B			
Opiskelija	Alku	Loppu	Muutos	Opiskelija	Alku	Loppu	Muutos
Poika 3	14	10	-4	Tyttö 30	9	15	6
Poika 4	11	16	5	Tyttö 31	9	15	6
Poika 6	11	17	6	Tyttö 32	11	13	2
Poika 7	11	15	4	Tyttö 33	9	9	0
Poika 8	14	13	-1	Tyttö 34	16	18	2
Poika 10	6	16	10	Poika 35	7	10	3
Poika 11	9	13	4	Poika 37	8	13	5
Poika 13	13	17	4	Poika 38	14	17	3
Tyttö 14	7	15	8	Poika 39	8	11	3
Poika 15	13	12	-1	Poika 40	7	11	4
Poika 16	11	9	-2	Tyttö 41	6	9	3
Tyttö 17	16	15	-1	Tyttö 42	9	11	2
Tyttö 18	7	9	2	Tyttö 43	13	16	3
Tyttö 21	15	17	2	Tyttö 44	11	16	5
Poika 22	11	14	3	Tyttö 45	9	14	5
				Tyttö 46	7	6	-1
				Tyttö 47	8	14	6
				Tyttö 49	6	12	6
				Poika 50	6	7	1
				Poika 51	5	5	0

Yksittäisten opiskelijoiden ymmärrykseen liittyvän tehtävän pistemääriä tarkasteltaessa 27 opiskelijan pisteet paranivat, kahden opiskelijan pisteet pysyivät samana ja kuuden opiskelijan pisteet laskivat loppumittauksessa verrattuna alkumittaukseen (Taulukko 2). Alku- ja loppukyselyiden saman kysymyksen välillä korrelaatio havaittiin vain b-kohdassa ($p = 0,016$). Tämän lisäksi positiivinen korrelaatio havaittiin kahden muun kysymysparin välillä (Taulukko 3).

Taulukko 3. Alku- ja loppukyselyiden ymmärrystehtävän eri kohtien vastausten väliset korrelaatiot (Spearmanin korrelaatiokerroin r ja tilastollinen todennäköisyys p) havaintojen määrä $n = 35$.

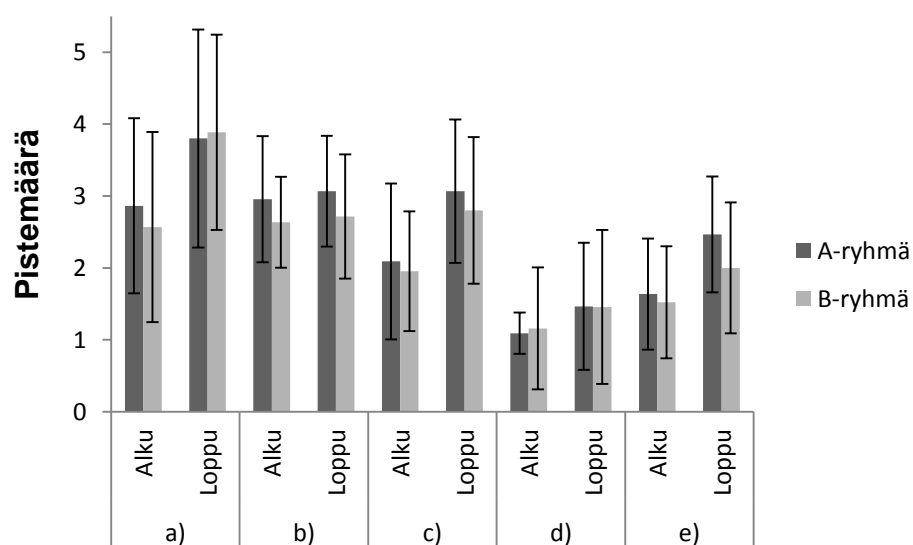
		a) loppu	b) loppu	c) loppu	d) loppu	e) loppu
a) alku	r	0,180	0,406	0,343	0,265	0,219
	p	0,300	0,150	0,430	0,127	0,205
b) alku	r	0,191	0,405	0,469	0,107	0,292
	p	0,272	0,016	0,004	0,542	0,089
c) alku	r	0,164	0,219	0,321	0,670	0,231
	p	0,345	0,206	0,060	0,701	0,182
d) alku	r	0,131	-0,158	0,169	0,140	0,216
	p	0,453	0,363	0,331	0,422	0,212
e) alku	r	-0,106	0,055	0,275	0,377	0,224
	p	0,546	0,753	0,110	0,025	0,196

6.2 Erot ryhmien välillä

Ymmärryksessä ei havaittu ryhmien välisiä eroja (Taulukko 4) ja molempien ryhmien ymmärrys kasvoi loppukyselyssä verrattaessa alkukyselyyn (Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testi, A-ryhmä $Z = -2,252$, $p = 0,024$ ja B-ryhmä $Z = -3,675$, $p < 0,001$). Yksittäissä ymmärryskysymyksissä A-ryhmällä havaittiin korkeampi ymmärrys alkukyselyn b-kohdassa (Mann-Whitney U-testi, $Z = -2,510$, $p = 0,012$) ja loppukyselyn e-kohdassa ($Z = -2,465$, $p = 0,014$) (Liitteet 9 ja 10). B-ryhmällä puolestaan havaittiin korkeammat ennakkotiedot yksittäisissä kysymyksissä ”Populaatiossa yksilöt ovat geneettisesti...” ($Z = -2,287$, $p = 0,022$) ja ”Mikä väite on evoluutioteorian mukainen?” ($Z = -2,845$, $p = 0,004$) (Liite 11). Ryhmien sisällä yksittäisissä ymmärrykseen liittyvissä kysymyksissä havaittiin eroja vain B-ryhmällä kohdissa a ja c, joissa loppukyselyn pisteet olivat alkukyselyn pisteitä korkeammat (Kuva 4) (Taulukko 5).

Taulukko 4. Ryhmien summamuuttujat minäpystyvyydestä, kiinnostuneisuudesta, ennakkotiedoista, ymmärryksestä ja projektin miellekkyydestä (keskiarvot (\bar{x}), -hajonnat (Std), testisuureet (Z) ja tilastolliset todennäköisyydet (p)). Mann-Whitney U-testi. Muuttujat minäpystyvyys, kiinnostuneisuus, ennakkotiedot ja ymmärrys alku ovat peräisin alkukyselystä ja muuttujat ymmärrys loppu ja projektin miellekkyys ovat peräisin loppukyselystä.

Muuttuja	N	\bar{x}	Std	Z	p
Minäpystyvyys					
A-ryhmä	22	21,23	2,86	-0,661	0,509
B-ryhmä	22	20,84	3,80		
Kiinnostuneisuus					
A-ryhmä	22	26,27	5,29	-1,989	0,047
B-ryhmä	22	29,64	5,19		
Ennakkotiedot					
A-ryhmä	22	5,32	1,26	-1,565	0,118
B-ryhmä	22	5,91	1,56		
Ymmärrys alku					
A-ryhmä	22	10,64	2,76	1,909	0,056
B-ryhmä	22	9,05	2,74		
Ymmärrys loppu					
A-ryhmä	15	13,87	2,71	-1,424	0,155
B-ryhmä	20	12,10	3,58		
Projektin miellekkyys					
A-ryhmä	15	23,07	2,82	-0,017	0,987
B-ryhmä	20	23,00	2,78		

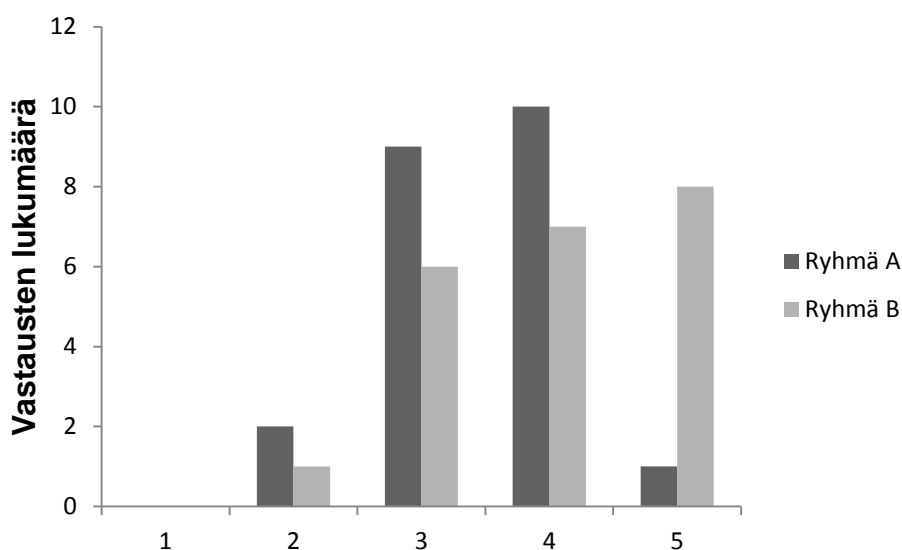


Kuva 4. Ymmärrystehtävän vastausten keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet alku- ja loppukyselyissä eri ryhmillä.

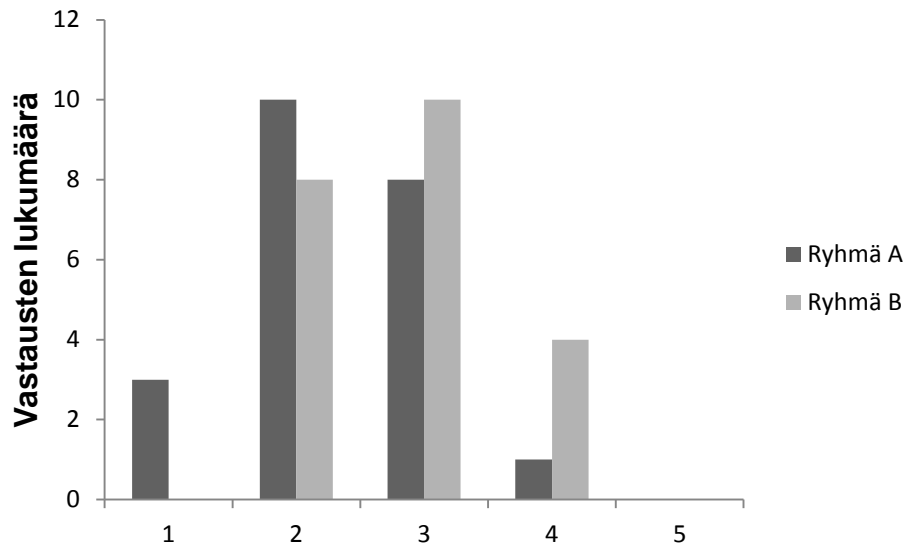
Taulukko 5. Alku- ja loppukyselyiden yksittäisten kysymysten erot ryhmien sisällä (Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testi, testisuure Z ja todennäköisyys p).

		Kysymys				
		a)	b)	c)	d)	e)
A-ryhmä	Z	-1,497	-0,302	-1,912	-1,511	-1,698
	p	0,134	0,763	0,056	0,131	0,090
B-ryhmä	Z	-3,661	-0,796	-2,873	-1,134	-1,100
	p	<0,001	0,426	0,004	0,257	0,271

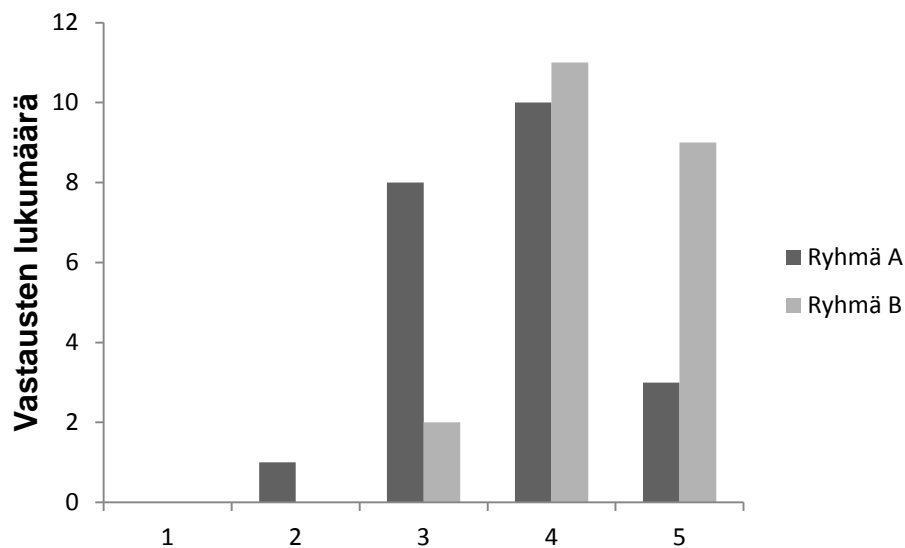
Minäpystyvyyden ja kiinnostuneisuuden summamuuttujia tarkastellessa ryhmien välisiä eroja havaittiin vain kiinnostuneisuudessa (Taulukko 4). B-ryhmä koki biologian oppiaineen kiinnostavammaksi kuin A-ryhmä, ja eroja havaittiin yksittäisissä kiinnostuneisuuden väittämissä ”Mielestäni tällä kurssilla opetettavat aiheet ovat tärkeitä” ($Z = -2,035$, $p = 0,042$) (Kuva 5), ”Kurssin aiheet ovat minulle henkilökohtaisesti tärkeitä” ($Z = -1,972$, $p = 0,049$) (Kuva 6) ja ”Uskon, että biologian kursseilla opetettavat aiheet ovat hyödyllisiä tietää” ($p = 0,007$, $Z = -2,696$) (Kuva 7) (Liite 12). Ryhmien välillä ei havaittu eroja yksittäisissä minäpystyvyyden väittämissä (Liite 13).



Kuva 5. Opiskelijoiden vastausten lukumäärät ryhmittäin väitteeseen ”mielestäni tällä kurssilla opetettavat aiheet ovat tärkeitä”. 1 = täysin eri mieltä, 2 = jokseenkin eri mieltä, 3 = ei eri eikä samaa mieltä, 4 = jokseenkin samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä.

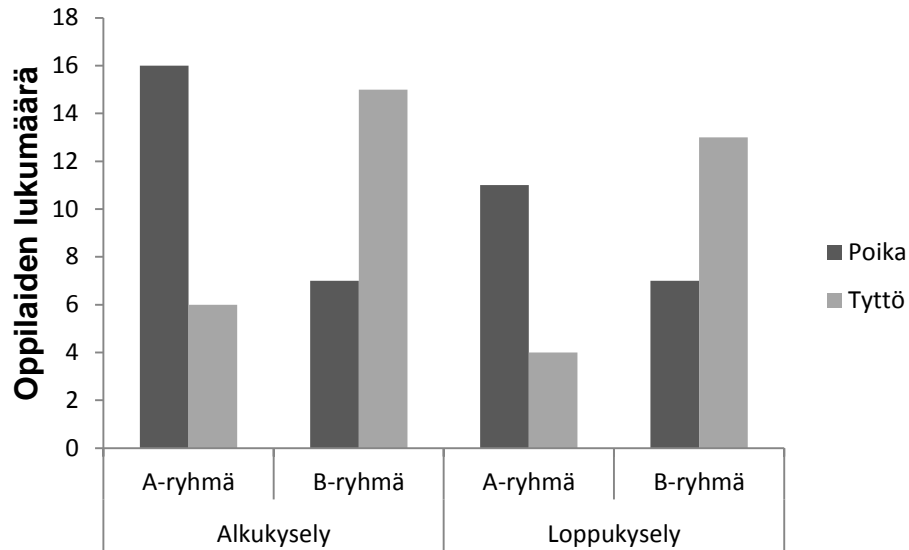


Kuva 6. Opiskelijoiden vastausten lukumäärät ryhmittäin väitteeseen ”kurssin aiheet ovat minulle henkilökohtaisesti tärkeitä”. 1 = täysin eri mieltä, 2 = jokseenkin eri mieltä, 3 = ei eri eikä samaa mieltä, 4 = jokseenkin samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä.



Kuva 7. Opiskelijoiden vastausten lukumäärät ryhmittäin väitteeseen ”uskon, että biologian kursseilla opetetttavat aiheet ovat hyödyllisiä tietää”. 1 = täysin eri mieltä, 2 = jokseenkin eri mieltä, 3 = ei eri eikä samaa mieltä, 4 = jokseenkin samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä.

Ryhmien sukupuolijakaumat olivat erilaiset (Kuva 8). Tyttöjen havaittiin olevan poikia kiinnostuneempia biologiasta (Mann-Whitneyn U-testi, $Z = -2,556$, $p = 0,011$, $n = 44$) ja heidän havaittiin omaavan poikia paremmat ennakkotiedot ($Z = -2,230$, $p = 0,026$, $n = 44$). Sukupuolella ei kuitenkaan havaittu vaikutusta ymmärrykseen, minäpystyvyyteen tai projektin mielekkyyteen (Liite 14).



Kuva 8. Opiskelijoiden sukupuolijakaumat ryhmittäin alku- ja loppukyselyissä.

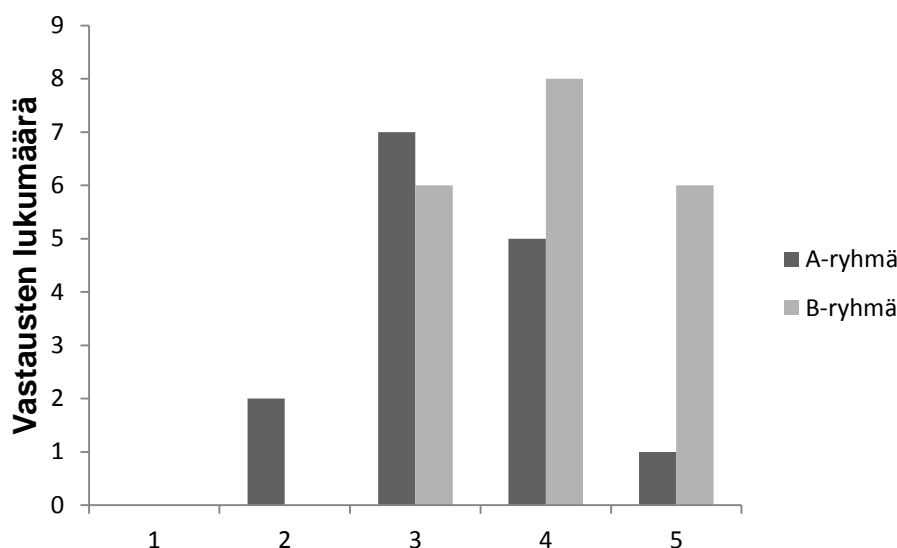
Taulukko 6. Muuttujien väliset korrelaatiot eri ryhmissä. Tilastollinen todennäköisyys p ja korrelaatiokerroin r . Merkitsevät todennäköisyydet (p) lihavoitu. Spearmanin järjestyskorrelaatio

Summamuuttuja		1.	2.	3.	4.	5.	6.	
1. Kiinnostuneisuus	r		0,544	0,046	0,458	0,397	-0,024	A-ryhmä
	p		0,009	0,838	0,032	0,143	0,931	
2. Minäpystyvyys	r	0,582		-0,312	0,305	0,628	0,276	
	p	0,005		0,158	0,167	0,012	0,320	
3. Ennakkotiedot	r	0,225	0,282		0,224	-0,194	-0,205	
	p	0,314	0,203		0,316	0,490	0,463	
4. Ymmärrys (alku)	r	0,319	0,434	0,503		0,099	0,065	
	p	0,147	0,044	0,017		0,724	0,819	
5. Ymmärrys (loppu)	r	0,191	0,494	0,501	0,821		0,209	
	p	0,421	0,027	0,024	<0,001		0,455	
6. Projektin miellekkyys	r	0,097	0,393	0,165	0,141	-0,068		
	p	0,684	0,087	0,488	0,554	0,777		
					B-ryhmä			

Molemmissa ryhmissä havaittiin positiivinen korrelaatio minäpystyvyyden ja kiinnostuneisuuden sekä minäpystyvyyden ja loppukyselyn ymmärryksen välillä. Lisäksi B-ryhmällä minäpystyvyyden havaittiin korreloivan positiivisesti alkukyselyn ymmärryksen kanssa, kun taas A-ryhmällä kiinnostuneisuuden havaittiin korreloivan positiivisesti alkukyselyn ymmärryksen kanssa. B-ryhmällä havaittiin myös ennakkotietojen korreloivan positiivisesti sekä alku- että loppukyselyn ymmärryksen kanssa. A-ryhmässä alkukyselyn ymmärrys ei korreloinut loppukyselyn ymmärryksen kanssa, mutta B-ryhmällä korrelaatio havaittiin (Taulukko 6).

6.3 Projektin mielekkyys

Projektin mielekkyydessä ei havaittu eroja ryhmien välillä (Taulukko 4). Ryhmien välisiä eroja havaittiin yhdessä yksittäisessä väitteessä ”*opin tutkimuksen avulla uusia asioita*” (Mann-Whitneyn U-testi, $Z = -2,191$, $p = 0,028$) (Kuva 9). B-ryhmä koki oppivansa projektin avulla paremmin kuin A-ryhmä (Liite 15).



Kuva 9. Opiskelijoiden vastausten lukumäärät ryhmittäin väitteeseen ”*Opin tutkimuksen avulla uusia asioita*”. 1 = täysin eri mieltä, 2 = jokseenkin eri mieltä, 3 = ei eri eikä samaa mieltä, 4 = jokseenkin samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä.

Kaikki loppukyselyyn vastanneet opiskelijat ($N = 35$) vastasivat avoimien kysymyksiensä ensimmäiseen kohtaan ”*mikä projektissa oli hyvää?*” opiskelijat kertoivat projektin auttavan ymmärtämään evoluutiota ja sen mekanismeja ($N = 14$) (*Opiskelija 4: ”Projektin avulla oli helppo ymmärtää miten evoluutio toimii. Se oli myös kiinnostava ja suhteellisen helppo*”). Opiskelijat myös kertoivat tutkimuksen tekemisen olevan kiinnostavaa ($N = 11$) (*Opiskelija 49: ”Että saimme tehdä omat hypoteesit ja tulosten jälkeen pystyi kuvittelemaan muita samanlaisia tilanteita. Saimme myös suklaata*”). Opiskelijat kokivat karkkien motivoivan heitä työskentelemään ($N = 8$) (*Opiskelija 31: ”Siitä sai hyvin irti olennaisen ja selvän käsityksen asiasta. Suklaa oli hyvä motivaatio*”). Positiivisena koettiin myös se, että projektissa sai osallistua tunnin kulkuun, ja siinä oli mahdollisuus työskennellä muiden kanssa ($N = 7$) (*Opiskelija 32: ”Siinä oppi paremmin kun asiaa ei opetettu vain kertomalla ja siihen sai myös itse osallistua*”; *Opiskelija 41: ”Oli hyvä, että jokainen pääsi osallistumaan*”). Lisäksi projekti koettiin mieluisana vaihteluna tavalliseen tuntiin verrattuna ($N = 6$) (*Opiskelija 16: ”Se oli kiinnostava koska se oli toteutettu eri tavalla kuin muut projektit yleensä*”; *Opiskelija 40: ”Projektissa sai*

liikkua, mikä on plussaa, sillä normaalit 75 minuutin oppitunnit ovat todella puuduttavia jatkuvan istumisen vuoksi”).

Suurin osa opiskelijoista (N = 30) vastasi toiseen avoimeen kysymykseen ”mikä projektissa oli huonoa?” Projektissa ei koettu olevan mitään vikaa (N = 11) (*Opiskelija 13: ”Mielestäni projektissa ei ollut mitään moitittavaa”*; *Opiskelija 40: ”En keksi projektista mitään erityisen huonoa, mutta mielestäni opiskelijoita olisi pitänyt saada osallistumaan enemmän*), tai se koettiin tylsänä tai liian helppona (N = 5) (*Opiskelija 22: ”Se oli ehkä hieman liian yksinkertainen ja sitä kautta erittäin helppo”*). Kaikkia opiskelijoita ei saatu osallistumaan projektiin tarpeeksi ja tämä koettiin huonona asiana (N = 5). (*Opiskelija 40: ”En keksi projektista mitään erityisen huonoa, mutta mielestäni opiskelijoita olisi pitänyt saada osallistumaan enemmän”*). Tutkimusta ei myöskään pidetty luonnonmukaisena tai todellisuutta mallintavana (N = 4) (*Opiskelija 7: ”Kokeen tulokset eivät vastaa luontoa, sillä kokeessa oli liikaa muuttujia”*). Projekti koettiin myös sekavana ja sen toteuttamiseen olisi tarvittu enemmän pohjustusta (N = 3) (*Opiskelija 15: ”Projekti tuli aika yllätyksenä. Olisi ollut parempi, jos olisi saanut valmistautua”*).

Opiskelijat antoivat myös vapaata palautetta projektista (N = 24). Projekti koettiin ”ihan kivana” (N = 12) (*Opiskelija 16: ” Oli hyvä kiinnostava projekti. Ei hirveästi muuta. Ei ollut liian vaikea millään tavalla”*). Se koettiin myös mukavana vaihteluna ja vastaavaa toivottiin lisää myös tulevaisuudessa (N = 7) (*Opiskelija 39: ”Kivaa olisi jos usein voi koulussa tehdä tällaisia tutkimuksia. Projekti oli helppo toteuttaa ja mukava”*). Osan mielestä projekti auttoi heitä oppimaan hyvin (N = 7) (*Opiskelija 37: ”Projekti oli hyvä tapa oppia koska se näytti mitä tapahtuu eikä vain kertonut, ja uskon että tästä syystä se jäi paremmin muistiin”*), ja osa piti sitä erittäin kiinnostava (N = 5) (*Opiskelija 4: ”Erittäin kiinnostava projekti kokonaisuudessaan. Se, että kaikki saivat osallistua lisäsi myös mielekkyyttä. Projektin avulla ymmärtäminen teki asioista paljon selkeämpiä”*). Projekti koettiin myös tylsänä eikä vastaavaa jakseltaisi tehdä enää toistamiseen (N = 2) (*Opiskelija 33: ” Ihan kiva :) vähän tylsä. Oikeastaan tosi tylsä. Toistava. Mikä tämän paperin vikan sivun idea?”*; *Opiskelija 44: ”Ihan mielenkiintoinen, en jaksaisi tehdä toista samanlaista”*).

7. TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Evoluutiomekanismien opiskelu tutkimuksellisuuden kautta

Tässä tutkimuksessa kehitettiin evoluution opettamiseen keskittyvä tutkiva oppimisprojekti, joka täyttää opetussuunnitelman vaatimukset kokeellisesta työskentelystä ja tutkimuksen tekemisestä BI1-kurssilla (Opetushallitus 2015). Tutkivalla oppimisprojektilla havaittiin olevan positiivinen vaikutus evoluutioon liittyvään ymmärrykseen. Tulokset vahvistavat aiemmin saatuja tuloksia, joissa tutkivan oppimisen hyödyntämisellä on havaittu olevan positiivinen vaikutus oppimistuloksiin (Anderson 2002, Ratinen 2016).

Oppimistuloksia tarkastellessa voidaan todeta, että projektin avulla saavutettiin ymmärrystä yksinkertaisista evoluutiomekanismeista, kuten lajien sopeutumisesta ympäröiviin oloihin ja siitä, miksi ympäristöstään poikkeavat yksilöt eivät pärjää luonnossa. Monet opiskelijat ajattelivat kuitenkin virheellisesti vielä loppumittauksessa, että muutokset yksilöiden värityksessä tapahtuvat tahdonalaisesti. Virhekäsitykset muistuttavat Lamarckin vuonna 1809 esittämiä ideoita, jotka Darwin kumosi evoluutioteoriallaan vuonna 1858 (Campbell 2011). Myös muissa tutkimuksissa opiskelijoilla on havaittu olevan samanlaisia väärinymmärryksiä (Brumby 1984, Bishop ja Anderson 1990, Nehm ja Reilly 2007). Käsitys eliöiden tahdonalaisesta värityksen

muuttamisesta voivat johtua esimerkiksi siitä, että joidenkin eliöiden kuten kameleonttien ja mustekalojen tiedetään pystyvän muuttamaan väritystään nopeasti, sulautumaan ympäristöön ja piiloutumaan saalistajilta sen avulla. Lisäksi Suomenkin luonnosta elävien metsäjänisten turkki vaihtuu talven tullen kesäturkista talviturkiksi, jolloin jänikset maastoutuvat lumiseen ympäristöön. Opiskelijat eivät hahmota, että nämä ominaisuudet ovat kehittyneet eliöille pitkän ajan kuluessa, kun aluksi pienet muutokset muutamien yksilöiden värityksessä ovat parantaneet niiden suhteellista kelpoisuutta.

Ymmärrystä ei saavutettu monimutkaisemmista evoluutiomekanismeista, kuten lajiutumisen. Projektilla ei myöskään saavutettu ymmärrystä siitä, miten evoluutio ja luonnonvalinta näkyvät yksilö- ja populaatiotasolla, sillä vastauksista (e-kohta) puuttui jaottelu kokonaan tai käsitykset olivat virheellisiä. Tyypillisessä vastauksessa väitettiin, että yksilöt muuttavat väriä, mutta populaatiotasolla muutosta ei tapahdu. Opiskelijoiden vastaukset olivat ristiriidassa projektin kanssa, jossa henkiin jääneet yksilöt pysyivät samoina, saalistetut yksilöt syötiin ja lisääntymisen myötä populaation värijakauma muuttui. Virhekäsityksiä olisi voitu yrittää oikaista ottamalla esille syötyjen yksilöiden tyhjät kääreet. Evoluutioon liittyviä virhekäsityksiä on vaikea korjata (Gregory 2009), eikä tälläkään projektilla pystytty vaikuttamaan niihin. Projekti toteutettiin yksinkertaisena, pienimuotoisena tutkimuksena ja myös oppimistuloksia havaittiin yksinkertaisissa mekanismeissa. Oppimistuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin tärkeää muistaa, että tutkivassa oppimisessa kehitetään oppiainetiedon lisäksi myös opiskelijan omaa ymmärrystä ja tutkimuksellista ajattelutaitoa (Anderson 2002, Hakkarainen 2004).

Yksittäisistä opiskelijoista suurin osa pystyi parantamaan loppukyselyn ymmärrystehtävän pisteitä alkukyselyyn verrattuna ja nämä opiskelijat hyötyivät projektin toteuttamisesta oppitunnilla. On myös mahdollista, että kyseiset opiskelijat pärjäävät hyvin myös tavanomaisilla tunneilla, mutta tavanomaisesta poikkeava oppimistilanne on voinut vaikuttaa positiivisesti opiskelijoiden keskittymiseen ja osallistumiseen tunnilla. Kahden opiskelijan pisteet eivät kuitenkaan muuttuneet ja kuuden pisteet laskivat. Negatiivisia muutoksia alku- ja loppukyselyiden välillä voidaan selittää muunnetulla ymmärrystehtävällä, riittämättömällä vastausajalla tai ryhmädynamiikalla.

Alku- ja loppukyselyiden ymmärrystehtävän kysymysparit pyrittiin muodostamaan erilaisiksi, mutta mahdollisimman hyvin toisiaan vastaaviksi. Alku- ja loppukyselyn yksittäisissä vastauksissa kyseessä oleviin kysymyksiin korrelaatiota ei juuri havaittu, joten opiskelijat eivät pisteiden perusteella toistaneet aiemmin antamaansa vastausta. Summamuuttujissa korrelaatio kuitenkin havaittiin, jolloin hyvin alkukyselyssä pärjänneet opiskelijat saivat myös hyvät pisteet loppukyselyssä. Kyselyt toimivat kuten oli tarkoitettu, mutta niitä ei testattu pilottiopiskelijaryhmällä. On siis mahdollista, että ymmärrystehtävän kysymykset on voitu ymmärtää myös eri tavalla kuin oli tarkoitettu. Neljäsvuiseen alkukyselyyn annettiin vastausaika 20 minuuttia ja kaksisivuiseen loppukyselyyn 10 minuuttia. Useimmat opiskelijat palauttivat kyselylomakkeet vasta vastausajan loputtua, mutta silti lähes kaikki vastasivat kaikkiin kysymyksiin. Tästä huolimatta kyselyihin olisi luultavasti pitänyt varata enemmän aikaa, sillä ajan loppuminen on voinut yksipuolistaa vastauksia. Bridgeman ym. (2004) mukaan tiukat aikarajat voivat vaikuttaa testien kykyyn mitata sitä, mitä niiden oli tarkoitettu.

Ryhmädynamiikka, yhteisöllisyys ja vuorovaikutus muiden kanssa ovat tärkeitä tutkivan oppimisen onnistumisen kannalta (esim. Hakkarainen ym. 2004). Projektin työstäminen tapahtui pienryhmissä, joissa opiskelijat ovat voineet joutua työskentelemään heille tuntemattomien henkilöiden kanssa. Tällöin ryhmädynamiikka on voinut olla heikkoa ja tunnelma pienryhmissä varautunutta. Opiskelijoiden keskustelu voi ilman riittävää ohjausta jäädä pinnalliselle tasolle (Hakkarainen ym. 2004, Kirschner ym. 2006). Opiskelija on myös voinut halutessaan jättäytyä keskusteluiden ja projektin työstämisen

ulkopuolelle. Opiskelijapalautteessa opiskelijat antoivat kritiikkiä siitä, että kaikki eivät osallistuneet projektin työstämiseen. Jos opettaja tuntee ryhmän tarpeeksi hyvin, hän voi sujuvoittaa ryhmätöitä jakamalla opiskelijat toimiviin pienryhmiin (Lakkala 2008).

7.2 Tutkivan oppimisen tason ja motivaation vaikutukset oppimiseen

Oppimistulokset eivät selvästi eronneet varmistavan ja strukturoidun tutkivan oppimisen välillä, toisin kuin hypoteesina oletettiin. A-ryhmällä havaittiin parempi ymmärrys yhdessä alkukyselyn sekä yhdessä loppukyselyn kysymyksessä, vaikka B-ryhmällä havaittiin paremmat ennakkotiedot kahdessa yksittäisessä ennakkotietokysymyksessä. B-ryhmä koki oppineensa projektista A-ryhmää enemmän, mikä piti paikkaansa kahdessa yksittäisessä kysymyksessä, joissa B-ryhmä paransi omaa tasoaan merkittävästi. Projektin opettavuuden kannalta ennakkotietoja tai aiempaa ymmärrystä merkittävämpi taustatekijä on korkea minäpystyvyys, eli luotto omiin kykyihin oppia ja kiinnostus oppiainetta kohtaan. Tytöt kokivat biologian kiinnostavammaksi kuin pojat, ja B-ryhmä koki biologian kiinnostavammaksi kuin A-ryhmä. Ryhmien välillä havaittuja eroja voidaan selittää ryhmien erilaisilla sukupuolijakaumilla, sillä myös Halpern ym. (2007) ja Hagay ym. (2012) ovat havainneet saman eron sukupuolten välillä biologian oppiaineessa.

Tutkimuksessa molempien ryhmien minäpystyvyyden havaittiin korreloivan positiivisesti projektin jälkeisen ymmärryksen kanssa, mutta kiinnostuneisuuden ei. Opiskelijat, jotka kokivat pystyvänsä oppimaan uutta myös onnistuivat siinä projektin aikana. Minäpystyvyyden onkin havaittu yksittäisenä muuttujana vaikuttavan oppimistuloksiin, mutta kiinnostuneisuuden tai ennakkotietojen ei (Linnenbrink-Garcian ym. 2012). Erityisesti työillä korkea minäpystyvyys vaikuttaa positiivisesti oppimistuloksiin (Linnenbrink-Garcian ym. 2012). Tässä tutkimuksessa minäpystyvyyden ja sukupuolen yhteisvaikutusta oppimistuloksiin ei havaittu. Linnenbrink-Garcia ym. (2012) mukaan korkea minäpystyvyys itsessään edesauttaa oppimista, mutta syvempi ymmärrys ja käsitteellinen muutos vaativat opiskelijoilta syvempää kiinnittymistä, eli vahvaa motivaatiota ja vähintään keskitason ennakkotietoja.

Tutkimuksessa jäljiteltiin Banchin & Bellin (2008) mukaista tutkivan oppimisen jaottelua. Strukturoitu tutkiva oppiminen toteutettiin heidän jaottelunsa mukaan, mutta varmistavassa tutkivassa oppimisessa poikettiin jaottelusta, sillä oppimisprojektin vastauksia ei annettu etukäteen. Pilottitestissä havaittiin, että projektin tulokset voivat olla sekä hypoteesin mukaiset että sen vastaiset, kun hypoteesina on, että ympäristön väristen yksilöiden suhteellinen määrä kasvaa (Vignieri 2010). Molemmat tulokset kuitenkin mallintavat populaatiossa tapahtuvaa evoluutiota ja varmistavan tutkivan oppimisen ryhmälle (B-ryhmä) olisi pitänyt kertoa, että projektissa populaatioiden värisuhteet voivat muuttua joko suuntaan tai toiseen. Varmistava ja strukturoitu tutkiva oppiminen ovat molemmat vaatimustasoltaan alhaisia, mutta tärkeitä tutkimuksia, sillä ne mahdollistavat opiskelijoiden siirtymisen vaatimustasoltaan korkeampiin ohjattuihin ja avoimiin tutkimuksiin (Banchi & Bell 2008). Helpompien tutkimusprojektien avulla opiskelijat pystyvät kehittämään omaa ajattelutaitoaan ja oppivat tutkimuksen tekemiseen liittyvät periaatteet, joita he joutuvat hyödyntämään itsenäisesti haastavimmissa tutkimuksissa.

7.3 Oppimisprojektin kriittinen tarkastelu ja jatkotutkimusaiheet

Tutkivat oppimisprojektit koetaan mieluisaksi vaihteluksi tavallisiin tunteihin verrattuna, ja myös tässä tutkimuksessa opiskelijat antoivat vastaavaa palautetta (Hofstein ym 2001). Opiskelijat toivoivat, että he voisivat jatkossa toteuttaa vastaavia projekteja. Kritiikkiä projektille annettiin siitä, että se oli liian tylsä tai helppo. Projektiin voitaisiin tuoda lisää haastavuutta ja syvyyttä esimerkiksi ottamalla mukaan äärivärimuotojen lisäksi myös välimuotoisia yksilöitä. Projektiin voitaisiin ottaa mukaan myös sattuman vaikutus, jossa

yksilöitä otetaan pois laatikosta satunnaisesti silmät kiinni. Näiden helppojen muokkausten avulla projekti mallintaisi myös paremmin luonnossa tapahtuvia evolutiivisia prosesseja. Muokattu projekti voitaisiin toteuttaa useamman tunnin aikana, jolloin oppilailla olisi myös enemmän aikaa myös vaativampien evoluutiomekanismien ymmärtämiselle. Projektin toteutuksen heikkoutena oli se, että ensimmäinen ja toinen saalistus toteutettiin molemmat omassa luokassa samoilla opiskelijoilla. Tämä johtui siitä, että muita luokkia oli vaikeaa saada osallistumaan projektiin ja luopumaan omien tuntiensa ajasta, vaikka vain noin viideksi minuutiksi. Projekti tulisi toteuttaa yhteistyössä vähintään kahden muun luokan kanssa, jotta tietyt henkilöt toimivat saalistajina vain kerran.

Projekti toimii hyvin johdatuksena evoluution opiskeluun ja sen avulla opiskelijat saavat käsityksen siitä, miksi lajit kehittyvät jatkuvasti. Tutkimus oli kuitenkin luonteeltaan tapaustutkimus, joten tulokset eivät ole täysin yleistettävissä muuhun opetukseen näiden ryhmien ulkopuolella. Tutkimuksesta saatiin tärkeää tietoa tämän tutkivan oppimisprojektin käytöstä evoluution opetuksessa. Evoluution on todettu olevan aihe, jota ei usein opeteta kokeellisuutta hyödyntäen (Soderberg & Price 2003). Uuden opetussuunnitelman myötä olisi tärkeää kehittää uusia menetelmiä tutkimuksellisen hyödyntämiseen myös aiheisiin, joita ei opeteta kokeellisesti. Tässä tutkimuksessa kehitetyn projektin käyttöä evoluution opetuksessa tulisi kehittää ja tutkia lisää, jotta sen opetuskäytöstä saataisiin tehokkaampaa, luontevampaa ja josta kaikki oppilaat hyötyisivät. Jatkotutkimuksissa tulisi hankkia laajempi aineisto kouluista eri puolilta Suomea ja niissä tulisi ottaa mukaan projektin suorittavan koeryhmän lisäksi myös kontrolliryhmä, jossa evoluutio opiskellaan perinteisin menetelmin. Jatkotutkimuksissa saataisiin tietoa siitä, miten projektin tuottamat oppimistulokset eroavat perinteisiin oppitunteihin verrattuna. Jatkotutkimuksissa tulisi myös keskittyä evoluutioon liittyvien virhekäsityksiin ja kuinka niitä voitaisiin korjata tutkimuksellisuuden avulla.

Uuden opetussuunnitelman myötä tutkivaa oppimista tulee hyödyntää aikaisempaa enemmän, ja tämä projekti on yksi esimerkki menetelmän käytöstä. Opettajalle oppimisprojektien suunnittelu on työlästä, jolloin niitä ei juuri hyödynnetä omassa opetuksessa. Valmiiksi suunniteltuja tutkivia oppimisprojekteja löytyy esimerkiksi LUMA Suomi -ohjelman [www-sivuilta](http://www.sivuilla), mutta oppimisprojektit pitäisi saada paremmin opettajien käytettäväksi. Tutkivista oppimisprojekteista voitaisiin luoda kaikille avoin opetukseen suunnattu nettisivu, josta löytyy paljon tutkittuja ja toimiviksi todettuja projekteja. Tällöin kynnys tutkimuksellisuuden hyödyntämiseen opetuksessa alenee ja opiskelijat pääsevät kokemaan tieteen tekemisen ihmeellisen maailman.

KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajaani Jari Haimia innostavasta ja arvokkaasta ohjauksesta. Haluan lisäksi kiittää Helsingin yliopiston LUMA-tiedekasvatuskeskuksen koordinaattoria Justus Mutasta, joka auttoi löytämään projektistani kiinnostuneita kouluja, sekä biologian opettajaa Tarja Tolvasta, joka mahdollisti projektin toteuttamisen luokassaan. Erityiskiitos myös perheelleni ja vaimolleni, joka jaksoi tukea ja kannustaa minua työn jokaisessa vaiheessa.

KIRJALLISUUS

- Achiam M., Sölberg J. & Evans R., 2012. Dragons and dinosaurs: directing inquiry in biology using the notions of 'milieu' and 'validation'. *Journal of Biological Education* 47: 39-45.
- Anderson R. 2002. Reforming science teaching: what research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education* 13: 1-12.
- Banchi H. & Bell R. 2008. The many levels of inquiry. *Science and Children* 46: 26-29. <http://search.proquest.com/docview/61989315?accountid=136582>. Luettu 21.02.2017.
- Bell R., Binns I. & Smetana L. 2005. Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, October 2005, 30-33.
- Bishop B. & Anderson C. 1990. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research Science Teaching* 27: 415-427.
- Bringeman B., McBride A & Monaghan W. 2004. Testing and Time Limits. R&D Connections. ETS. https://www.ets.org/Media/Research/pdf/RD_Connections1.pdf. Luettu 13.07.2017.
- Brumby M. 1984. Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education* 68: 493-503.
- Bybee R., Taylor J., Gardner A., Van Scotter P., Carlson Powell J., Westbrook A. & Landes N. 2006. The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. A Report Prepared for the Office of Science Education National Institutes of Health.
- Campbell N.A., Reece J.B., Urry L.A., Cain M.L., Wasserman S.A., Minorsky P.V. & Jackson R.B. 2011. *Biology*. 9. painos. Pearson, San Francisco.
- Cheung D. 2011. Teachers beliefs about implementing guided-inquiry laboratory experiments for secondary school chemistry. *Journal of Chemical Education* 88: 1462-1468.
- Cooper R.A. 2016. Natural selection as an emergent process: instructional implications. *Journal of Biological Education* 51: 247-260.
- Creswell J.W. 2005. *Educational research. Planning, Conducting and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Second edition. Pearson Education, New Jersey
- Eloranta V., Jeronen E. & Palmberg I. 2005. *Biologia eläväksi, biologian ainedidaktiikka*. PS-kustannus, Keuruu.
- Gregory T. 2009. Understanding natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education & Outreach*, 2: 156-175.
- Hagay G., Baram-Tsabari A., Ametller J., Cakmakci G., Lopes B., Moreira A. & Pedrosa-de-Jesus H. 2012. The Generalizability of Students' Interest in Biology Across Gender, Country and Religion. *Research of Science Education*, 43: 895-191.
- Hakkarainen K., Lonka, K. & Lipponen, L. 1999. *Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen*. WSOY, Helsinki
- Hakkarainen K., Lonka K. & Lipponen L. 2004. *Tutkiva oppiminen: Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä*. 6.-7. painos. WS Bookwell Oy, Porvoo.
- Halpern D., Benbow C., Geary D., Hyde J. & Gernsbacher M. 2007. The science of sex differences in science and mathematics. *Psychological Science in the Public Interest* 8: 1-53.
- Hogstein A., Nahum T. & Shore R. 2001. Assessment of the learning environment of inquiry type laboratories in highschool chemistry. *Learning Environments Research* 4: 197-207.
- Kirschner P.A., Sweller J. & Clark R.E. 2006. Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist* 41: 75-86.
- Kremer K., Specht C., Urhahne D. & Mayer J. 2014. The relationship in biology between the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Biological Education* 48: 1-8.
- Kuisma M. 2017. Narratives of inquiry learning in middle-school geographic inquiry class. *International Research in Geographical and Environmental Education* 27: 1-14
- Laine M., Bamberg J. & Jokinen P. 2007. *Tapaustutkimuksen taito*. Gaudeamus, Helsinki.
- Lakkala M. 2008. Principles of Progressive Inquiry. Centre for Research on Networked Learning and Knowledge Building, Department of Psychology, University of Helsinki, Finland.
- Linnenbrink-Garcia L., Durik A.M., Conley A.M., Barron K.E., Tauer J.M., Karabenick S.A. & Harackiewicz J. M. 2010. Measuring Situational Interest in Academic Domains. *Education and Psychological Measurement* 70: 647-671.

- Linnenbrink-Garcia L., Pugh. K.J., Koskey K.L.K. & Stewart. V.C. 2012. Developing conceptual understanding of natural selection: the role of interest, efficacy and basic prior knowledge. *The Journal of Experimental Education* 80:45-68.
- Metsämuuronen J. 2005. *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*. International Methelp, Helsinki.
- Midgley C., Maehr M.L., Hruda L.Z., Anderman E., Anderman L., Freeman K.E., Gheen M., Kaplan A., Kumar R., Middleton M.J., Nelson J. Roeser R. & Urdan T. 2000. *Manual for the Patterns of Adaptive Learning Scales (PALS)*. University of Michigan, Ann Arbor.
- Muukkonen H., Hakkarainen K. & Lakkala M. 1999. Collaborative technology for facilitating progressive inquiry: Future learning environment tools. Teoksessa: Hoadley C. & J. Roschelle J. (Toim.), *Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning (CSCL)*. Stanford University, Palo Alto.
- National Research Council. 2011. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press, Washington, D.C.
- Nehm R. & Reilly L. 2007. Biology majors' knowledge and misconceptions of natural selection. *Bioscience* 57: 263-272.
- Opetushallitus 2004. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Määräys 1-3/011/2004*. Opetushallitus, Vammala.
- Opetushallitus. 2011. *Luonnontieteiden opetustilat, työturvallisuus ja välineet, perusopetus ja lukio. Oppaat ja käsikirjat 2011:6*. toim. Anttalainen H. ja Tulivuori J. Opetushallitus,
- Opetushallitus. 2014. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Määräykset ja ohjeet 2014:96*. Opetushallitus, Helsinki.
- Opetushallitus. 2015. *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015. Määräykset ja ohjeet 2015:48*. Opetushallitus, Helsinki.
- Ratinen I. 2016. *Primary Student Teachers' Climate Change Conceptualization and Implementation on Inquiry-Based and Communicative Science Teaching, A Design Research*. Väitöskirja. Kasvatustieteiden tiedekunta. Jyväskylän yliopisto.
- Romdhane L. & Ayeb B. 2011. An evolutionary algorithm for abductive reasoning. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence* 23: 529-544.
- Rozenszayn R. & Assaraf O. 2009. When Collaborative Learning Meets Nature: Collaborative Learning as a Meaningful Learning Tool in the Ecology Inquiry Based Project. *Research in Science Education* 41: 123-146.
- Ryan R. & Deci E. 2000. Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology* 25:54-67.
- Salo S. 2016. *Tutkiva oppiminen kemian opetuksessa – mahdollisuudet tukea oppimista ja opiskelua*. Kemian Pro gradu –tutkielma. Jyväskylän yliopisto. 95 s.
- Schiefele U. 1999. Interest and Learning From text. *Scientific Studies of Reading* 3: 257-279.
- Sesen B. & Tarhan L. 2013. Inquiry-based laboratory activities in electrochemistry: high school students' achievements and attitudes. *Research in Science Education* 43: 413-435.
- Soderberg P. & Price F. 2003. An examination of problem-based teaching and learning in population genetics and evolution using EVOLVE, a computer simulation. *International Journal of Science Education* 25: 35-55.
- Tirri R., Lehtonen J., Lemmetyinen R., Pihakaski S. & Portin P. 2006. *Biologian sanakirja 3*. painos. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu.
- Vignieri S.N., Larson J.G. & Hoekstra H.E. 2010. The Selective Advantage of Crypsis in Mice. *Evolution* 64: 2153-2158.
- Vygotski L. 1982. *Ajattelu ja kieli*. Venäjänkielinen alkuteos ilmestyi vuonna 1931. Helsinki: Weilin & Göös.
- White B. & Frederiksen J. 1998. Inquiry, modeling and metacognition: Making Science Accessible to All students. *Cognition and Instruction* 16: 3-188.

LIITTEET**Liite 1. Alkukyselylomake**

Nimi: _____

Ikä ja sukupuoli: _____

Luontoon liittyvät harrastukset: _____

Kiitos osallistumisestasi pro gradu –tutkimukseeni. Kysymyslomake on yhteensä neljän sivun mittainen. Lue tehtävänanto huolella ja vastaa kysymyksiin rehellisesti. Jos tutkimuksesta nousee kysymyksiä, voit olla yhteydessä minuun puhelimitse tai sähköpostilla. Tutkimuksen suorittaa Juuso Lehtonen, s-posti. juuso.i.m.lehtonen@student.jyu.fi, puh. 040-7328656. Työn ohjaajana toimii dosentti Jari Haimi, Jyväskylän yliopistosta.

Vastaa alla oleviin kysymyksiin ympyröimällä mielipidettäsi vastaava numero

1 = Täysin eri mieltä

2 = Jokseenkin eri mieltä

3 = Ei eri eikä samaa mieltä

4 = Jokseenkin samaa mieltä

5 = Täysin samaa mieltä

1. Biologia on hyvin mielenkiintoinen tieteenala	1	2	3	4	5
2. Opin helposti uusia asioita	1	2	3	4	5
3. Biologia on minulle helppo oppiaine	1	2	3	4	5
4. Osaan tehdä lähes kaikki annetut tehtävät jos en luovuta	1	2	3	4	5
5. Mielestäni tällä kurssilla opetettavat aiheet ovat tärkeitä	1	2	3	4	5
6. Biologia on minulle haastava oppiaine	1	2	3	4	5
7. Biologia ei oikeastaan kiinnosta minua	1	2	3	4	5
8. Biologia on tärkeä tieteenala	1	2	3	4	5
9. Kurssin aiheet ovat minulle henkilökohtaisesti tärkeitä	1	2	3	4	5
10. Olen varma, että pystyn hallitsemaan tämän kurssin sisällöt	1	2	3	4	5
11. Pystyn suorittamaan haastavimmatkin tehtävät jos yritän	1	2	3	4	5
12. Uskon, että biologian kursseilla opetettavat aiheet ovat hyödyllisiä tietää	1	2	3	4	5
13. Aikani menee hukkaan tällä kurssilla	1	2	3	4	5
14. Biologia kiehtoo minua	1	2	3	4	5

Jatka lauseita tai vastaa kysymykseen ympyröimällä sopivin vaihtoehto. (Voit tarvittaessa ajatella kysymysten yksilöt seksuaalisesti lisääntyvinä eliöinä, kuten nisäkkäinä tai lintuina)

1. Perimätiedon sisältävä molekyyli on...
 - A. Proteiini
 - B. DNA
 - C. RNA
 - D. Polysakkaridi

2. Käytössä olevien resurssien niukkuus ja kasvava eliöpopulaatio johtavat todennäköisesti...
 - A. Yksilöiden suojaväriytyksen kehittymiseen
 - B. Populaation kasvuun
 - C. Eliöiden samankaltaisiin rakenteisiin
 - D. Kilpailuun populaation yksilöiden välillä

3. Käsite jolla kuvataan eliön tarvitsemia resursseja on...
 - A. Evoluutio
 - B. Ekologinen lokero
 - C. Luonnonvalinta
 - D. Eksponentiaalinen kasvu

4. Populaatiossa yksilöt ovat geneettisesti...
 - A. Identtisiä
 - B. Eri lajeja
 - C. Hieman erilaisia muuntelun takia
 - D. Samanlaisia mutaatioiden takia

5. Charles Darwin kiteytti evoluution periaatteen fraasiin ”survival of the fittest”, kelpoisimpien yksilöiden selviytyminen. Kelpoisuus tarkoittaa...
 - A. Kykyä tuottaa lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä
 - B. Voimakkaita yksilöitä
 - C. Parempaa suojaväriytystä
 - D. Yksilöitä, joilla on enemmän geenejä

6. Evoluutiossa lajit...
 - A. Pyrkivät muuttumaan paremmiksi
 - B. Kuolevat sukupuuttoon
 - C. Sopeutuvat ympäristön ja sattuman vaikutuksesta vallitseviin oloihin
 - D. Muuttuvat sattumalta uusiksi lajeiksi ja saavat kilpailuedun

7. Mikä väite on evoluutioteorian mukainen?
 - A. Mutaatiot aiheuttavat muuntelua populaatiossa

- B. Jälkeläiset eroavat vanhemmistaan mutaatioiden takia
- C. Mutaatiossa syntyy uusia lajeja
- D. Vanhempien oppimat uudet taidot siirtyvät perimässä jälkeläisille

8. Evoluutioteorian mukaan ihminen on

- A. Pysynyt muuttumattomana kautta aikojen
- B. Kehittynyt apinoista
- C. Kehittynyt ihmisapinoiden kanssa yhteisestä kantamuodosta.
- D. Kehittynyt neanderdalinihmisestä

9. Mikä seuraavista tilanteista voi johtaa lajiutumiseen?

- A. Kahden kasvipopulaation kukinta-ajassa on päällekkäisyyttä
- B. Kahden lintupopulaation soidinmenot ovat samanlaiset
- C. Populaatioiden välinen geenivirta heikkenee
- D. Populaatioiden välinen kilpailu heikkenee

10. Rotat ovat ihmisen kannalta haitallisia eläimiä, koska ne tuhoavat ruokavarastoja ja levittävät sairauksia. Kautta historian ihminen on pyrkinyt pääsemään niistä eroon. 1950-luvulla keksittiin tehokas varfariiniksi nimetty rotanmyrkkö. Nykyisin monet rottapopulaatiot ovat vastustuskykyisiä eli resistenttejä tälle myrkyllä. Mikä seuraavista on todennäköisin selitys ilmiölle?

- A. Myrkyin syöminen sai rottien perimässä aikaan mutaation, joka teki niistä resistenttejä
- B. Myrkyllä käsitellyyn ympäristöön syntyneen rotan perimässä oli tapahtunut mutaatio, joka antoi tälle valintaedun
- C. Rotat kehittivät vasta-aineita myrkköä vastaan
- D. Varfariini menetti tehoaan vuosien aikana nopean puoliintumisajan takia

Vastaa seuraavan tehtävän avoimiin kysymyksiin muutamilla lauseilla. Viimeiselle sivulle on varattu tilaa tämän tehtävän vastauksille.

11. Biologit tutkivat erään alueen liskoja ja saivat selville, että yhden liskolajin useimmat aavikoilla elävät yksilöt ovat ruskeita ja metsissä elävät yksilöt vihreitä.

- a. Selitä havainto.
- b. Mitä voisi tapahtua, jos alueen metsät aavikoituisivat muutamassa vuodessa, esimerkiksi hakkuiden ja vähentyneiden sateiden seurauksena? Mitä vihreille liskoille saattaa tapahtua?
- c. Lähelle liskojen elinympäristöä rakennetaan uusi tehdas, joka tuottaa ilmaan ympäristöä nokeavia epäpuhtauksia. Miten luulet tämän vaikuttavan liskojen väriytykseen?
- d. Liskolajin eri kannat voivat ajan kuluessa lajiutua omiksi lajeikseen. Mitä muutoksia ympäristössä tai liskojen käyttäytymisessä tulisi tapahtua, jotta lajiutuminen olisi mahdollista?

Liite 2. Loppukyselylomake

Nimi: _____

Vastaa alla oleviin kysymyksiin ympyröimällä mielipidettäsi vastaava numero

1 = Täysin eri mieltä

2 = Jokseenkin eri mieltä

3 = Ei eri eikä samaa mieltä

4 = Jokseenkin samaa mieltä

5 = Täysin samaa mieltä

1. Tutkimuksen tekeminen oli kiinnostavaa	1	2	3	4	5
2. Projekti oli helppo toteuttaa	1	2	3	4	5
3. Projekti motivoi minua tekemään töitä	1	2	3	4	5
4. Opin tutkimuksen avulla uusia asioita	1	2	3	4	5
5. Opin tavallisilla tunneilla paremmin kuin projekteja tekemällä	1	2	3	4	5
6. Projekti oli minulle liian vaikea	1	2	3	4	5

7. Mikä projektissa oli hyvää?

8. Mikä projektissa oli huonoa?

9. Vapaa palaute projektista.

Liite 3. Tuntisuunnitelma ja projektin kulku

Tuntisuunnitelma

Tunnin aihe evoluutio ja luonnonvalinta. Opetusmenetelmä tutkiva oppiminen. Tunnin kesto 75 min

Opiskelijat tekevät alkukyselyn 20 min

Opiskelijat jaetaan neljään ryhmään ja heille esitellään projekti 10 min

- Ryhmät muodostetaan esimerkiksi ottamalla jako neljään
- Tarkat ohjeet suorittamiseen kohdassa ”Projektin kulku” seuraavalla sivulla.

Lyhyesti projekti etenee näin:

- Projektiin kuuluu laatikko, jonka pohja jaettu kahteen samankokoiseen erivärisen alueeseen, eli kaksi erilaista ympäristöä
- Laatikkoon laitetaan kahden värisiä karkkeja, yksilöitä.
- Kurssin opiskelijoiden tehtävä on tarjota karkkeja koulun muille opiskelijoille tai henkilökunnalle ja tutkia, miten populaatioiden kanta muuttuu saalistuksen ja lisääntymisen myötä.

Hypoteesin luominen 5 min

- Opiskelijat pohtivat mahdollisia hypoteeseja

Opiskelijat työstävät projektia 30 min

- Tarkemmat ohjeet kohdassa ”Projektin kulku”

Opiskelijat palaavat luokkaan ja tulokset kirjataan esivalmisteltuun excel -taulukkoon

Tulosten tulkinta ja pohdinta. Teorioiden muodostus 10 min

Luokka **A)** pohtii teorian opettajan kanssa. Luokka **B)** pohtii teorian itsenäisesti ja ryhmän kanssa.

Apukysymyksiä:

- Miten populaatiot muuttuivat saalistuksen vaikutuksesta?
- Toteutuivatko hypoteesit? Miksi tai miksi ei?
- Kuinka hyvin tämä koe mallintaa luontoa? Mitä virheitä tutkimuksessa voi olla?

Kymmenen minuuttia kestävä loppukysely tehdään seuraavan tunnin alussa.

Projektin kulku:

- Ryhmällä on laatikko, jonka pohja on jaettu kahteen samankokoiseen erivärisen alueeseen.
 - Nämä alueet kuvaavat erilaisia ympäristöjä.
- Ryhmällä on myös käytössä kahteen erivärisen paperiin käärittyjä karkkeja, jotka sopivat laatikon väreihin. Karkit ovat omassa alumiinikääreessä, jonka päälle on pyöräytetty kreppipaperi.
 - Karkit kuvaavat yksilöitä populaatiossa.
- Molemmille puolille laitetaan 15 ruskeaa ja 15 vihreää yksilöä. Yhteensä 60. (Eli opiskelijat laittavat yksilöitä ympäristöihin niin, että molemmilla puolilla on saman verran yksilöitä ja kummallakin puolella on saman verran keskenään erilaisia yksilöitä)
- Kun asetelma on valmis, opiskelijat kiertävät eri luokissa tarjoamassa karkkeja halukkaille.
 - Tämä kuvastaa populaatioon kohdistuvaa saalistusta.
- Populaatiosta pyritään karsimaan noin puolet.
- HUOM! Varmista, ettei ”saalistajia” ei ole liikaa ja populaatio kuole kokonaan sukupuuttoon.
- Saalistuksen jälkeen opiskelijat laskevat kaikki yksilöt kummastakin ympäristöstä ja kirjaavat lukemat muistiin.
- Lisääntymisessä opiskelijat laskevat saalistuksen jälkeiset yksilömäärien avulla uuden sukupolven yksilöiden suhteet. Jokainen yksilö tuottaa saman verran itsensä kaltaisia jälkeläisiä. Uudessa sukupolvessa yksilöitä on saman verran kuin alkuperäisessä populaatiossa (= tiheys on sama).
 - Tämä kuvastaa eliöiden lisääntymistä.
- *Uusi sukupolvi n =*
 Alueen alkuperäispopulaatio $\times \frac{\text{Värin yksilömäärä saalistuksen jälkeen } y}{\text{Alueen yksilömäärä saalistuksen jälkeen } z}$
 - $n = x \frac{y}{z}$
- Opiskelijat palaavat luokkaan ja täyttävät koeasetelman uusilla yksilöillä. Samalla opettaja tai ohjaaja tarkistaa, että laskut uudelle sukupolvelle ovat oikein.
- On mahdollista, että kanta kuolee saalistuksessa sukupuuttoon ($n = 0$)
- Saalistus ja lisääntyminen toistetaan yhteensä kolme kertaa.

- Varmista, että karkit ovat sijoittuneet tasaisesti laatikon alalle saalistusvaiheessa. Liikkuessa karkit voivat siirtyä esimerkiksi yhteen kulmaan, mikä voi vaikuttaa tutkimukseen.
- Varmista, että karkit eivät siirry alueiden rajan yli.
- Projektin loppuksi palataan luokkaan ja kirjataan tulokset excel -taulukkoon.

Liite 4. Projektilomake

Ryhmä:

	Vihreät yksilöt	Ruskeat yksilöt	Vihreät yksilöt	Ruskeat yksilöt
Alkupopulaatio				
	Yht. alueella (x) =		Yht. alueella (x) =	
1. Saalistus = y_1				
	Yht. alueella (z_1) =		Yht. alueella (z_1) =	
1. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n_1 $n_1 = x \frac{y_1}{z_1}$				
2. Saalistus = y_2				
	Yht. alueella (z_2) =		Yht. alueella (z_2) =	
2. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n_2 $n_2 = x \frac{y_2}{z_2}$				
3. Saalistus = y_3				
	Yht. alueella (z_3) =		Yht. alueella (z_3) =	
3. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n_3 $n_3 = x \frac{y_3}{z_3}$				

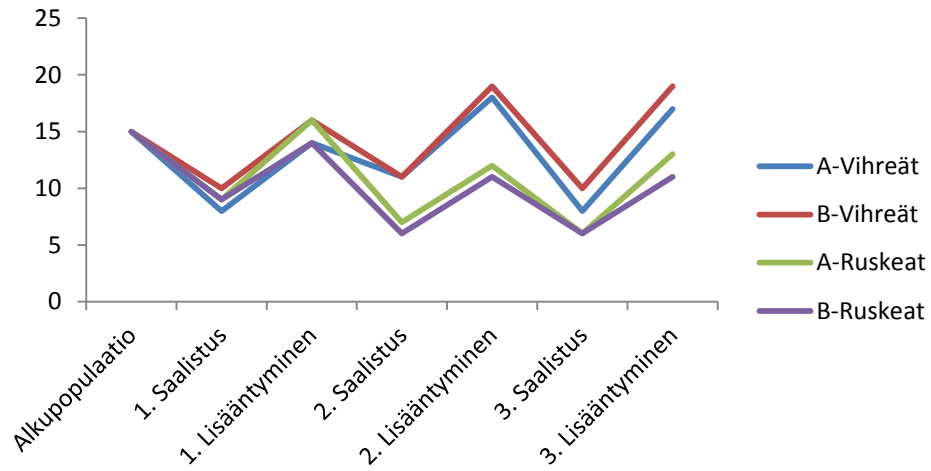
Liite 5. Projekttilomakeen mallilaskut

Malli	Ruskeat yksilöt	Vihreät yksilöt	Ruskeat yksilöt	Vihreät yksilöt
Alkupuolaatio Alueen kokonaisalkupuolaatio = x	10	10	10	10
	Yht. (x) = 20		Yht. (x) = 20	
1. Saalistus = y_1 Tietyn värin yksilömäärä alueella = y	3	5	4	5
	Yht. (z_1) = 8		Yht. (z_1) = 9	
1. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n_1 $n_1 = x \frac{y_1}{z_1}$	$n = 20 \frac{3}{8}$ $n = 7,5$ Pyöristä toinen ylös $n = 8$	$n = 20 \frac{5}{8}$ $n = 12,5$ Pyöristä toinen alas $n = 12$	$n = 20 \frac{4}{9}$ $n = 8,88$ $n = 9$	$n = 20 \frac{5}{9}$ $n = 11,11$ $n = 11$
2. Saalistus = y_2	3	9		
	Yht. (z_2) = 12		Yht. (z_2) =	
2. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n_2 $n_2 = x \frac{y_2}{z_2}$	$n = 20 \frac{3}{12}$ $n = 5$	$n = 20 \frac{9}{12}$ $n = 15$		
3. Saalistus = y_3	3	8		
	Yht. (z_3) = 11		Yht. (z_3) =	
3. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n_3 $n_3 = x \frac{y_3}{z_3}$	$n = 20 \frac{3}{11}$ $n = 5,46$ $n = 5$	$n = 20 \frac{8}{11}$ $n = 14,54$ $n = 15$		

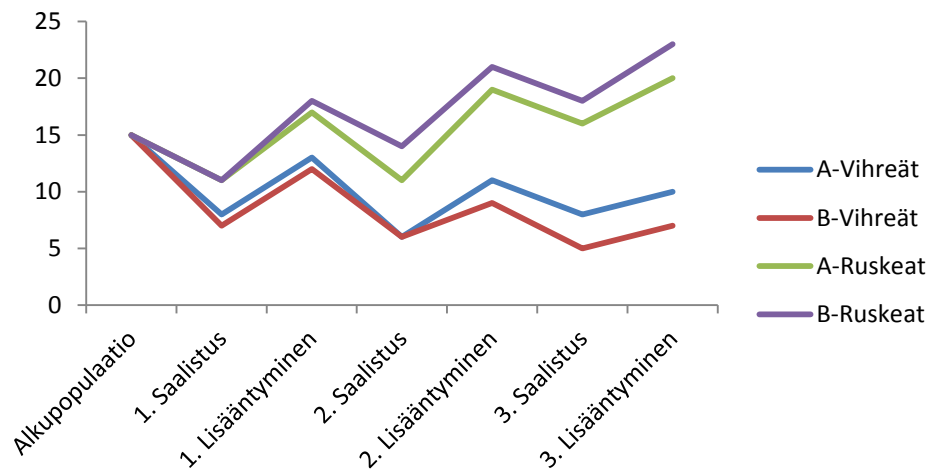
Liite 6. Oppimisprojektin tulokset esivalmistellussa taulukossa.

HUOM. Oppilaille heijastettiin taululle vain oman ryhmän tulokset (A tai B) vastaavana kuvaajana. Oheisissa kuvissa molemmat ryhmät ovat samassa.

Vihreä puoli



Ruskea puoli



Liite 7. A-ryhmän tutkimusprojektin tulokset

	Vihreät yksilöt	Ruskeat yksilöt	Vihreät yksilöt	Ruskeat yksilöt
Alkupopulaatio	15	15	15	15
	Yht. alueella (x) = 30		Yht. alueella (x) = 30	
1. Saalistus = y_1	8	11	8	9
	Yht. alueella (z_1) = 19		Yht. alueella (z_1) = 17	
1. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n_1 $n_1 = x \frac{y_1}{z_1}$	13	17	14	16
2. Saalistus = y_2	6	11	11	7
	Yht. alueella (z_2) = 17		Yht. alueella (z_2) = 18	
2. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n_2 $n_2 = x \frac{y_2}{z_2}$	11	19	18	12
3. Saalistus = y_3	8	16	8	6
	Yht. alueella (z_3) = 24		Yht. alueella (z_3) = 14	
3. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n_3 $n_3 = x \frac{y_3}{z_3}$	10	20	17	13

Liite 8. B-ryhmän tutkimusprojektin tulokset

	Vihreät yksilöt	Ruskeat yksilöt	Vihreät yksilöt	Ruskeat yksilöt
Alkupopulaatio	15	15	15	15
	Yht. alueella (x) = 30		Yht. alueella (x) = 30	
1. Saalistus = y₁	7	11	10	9
	Yht. alueella (z ₁) = 18		Yht. alueella (z ₁) = 19	
1. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n ₁ $n_1 = x \frac{y_1}{z_1}$	12	18	16	14
2. Saalistus = y₂	6	14	11	6
	Yht. alueella (z ₂) = 20		Yht. alueella (z ₂) = 17	
2. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n ₂ $n_2 = x \frac{y_2}{z_2}$	9	21	19	11
3. Saalistus = y₃	5	18	10	6
	Yht. alueella (z ₃) = 23		Yht. alueella (z ₃) = 16	
3. Lisääntyminen Uusi sukupolvi n ₃ $n_3 = x \frac{y_3}{z_3}$	7	23	19	11

Liite 9. Ryhmien väliset erot alkukyselyn ymmärrystä mittaavissa yksittäisissä kysymyksissä. Keskiarvot \bar{x} , keskihajonnat std ja eroavaisuudet (Mann-Whitneyn U-testi, testisuure Z, tilastolliset todennäköisyydet p). Kysymykset avattu liitteessä 1.

Kysymys	N	\bar{x}	Std	Z	p
a) Selitä...					
A	22	2,86	1,22	-1,602	0,109
B	22	2,27	1,32		
b) Mitä voisi tapahtua...					
A	22	2,95	0,88	-2,510	0,012
B	22	2,32	0,63		
c) Lähelle liskojen....					
A	22	2,09	1,08	-0,695	0,487
B	22	1,82	0,83		
d) Liskolajin...					
A	22	1,09	0,29	-0,047	0,962
B	22	1,23	0,85		
e) Ympäristö...					
A	22	1,64	0,77	-1,209	0,227
B	22	1,41	0,78		

Liite 10. Ryhmien väliset erot loppukyselyn ymmärrykseen liittyvissä yksittäisissä kysymyksissä. Keskiarvot \bar{x} , keskihajonnat std ja eroavaisuudet (Mann-Whitneyn U-testi, testisuure Z, tilastolliset todennäköisyydet p). Kysymykset avattu liitteessä 2.

Kysymys	N	\bar{x}	Std	Z	p
a) Mitä...					
A	15	3,80	1,51	-0,219	0,827
B	20	3,95	1,36		
b) Ilmastonmuutoksen...					
A	15	3,07	0,77	-1,936	0,053
B	20	2,45	0,86		
c) Rannikolle...					
A	15	3,07	1,00	-1,424	0,154
B	20	2,60	1,02		
d) Hiirilajin...					
A	15	1,47	0,88	-0,386	0,700
B	20	1,45	1,07		
e) Ympäristö...					
A	15	2,47	0,81	-2,465	0,014
B	20	1,65	0,91		

Liite 11. Ryhmien väliset erot ennakkotietoon liittyvissä yksittäisissä kysymyksissä. Keskiarvot \bar{X} , keskihajonnat std ja eroavaisuudet (Mann-Whitneyn U-testi, testisuure Z, tilastolliset todennäköisyydet p). Kysymykset avattu liitteessä 1.

Kysymys	N	X	Std	Z	p
1. Perimätiedon...					
A	22	1	0,00	-1,000	0,317
B	22	0,98	0,21		
2. Käytössä...					
A	22	0,73	0,45	-1,546	0,122
B	22	0,82	0,29		
3. Käsite...					
A	22	0,73	0,45	-1,530	0,126
B	22	0,61	0,50		
4. Populaatiossa...					
A	22	0,54	0,50	-2,287	0,022
B	22	0,70	0,34		
5. Charles...					
A	22	0,59	0,49	-0,301	0,764
B	22	0,57	0,50		
6. Evoluutiossa...					
A	22	0,77	0,42	0,000	1,000
B	22	0,77	0,42		
7. Mikä...					
A	22	0,05	0,21	-2,845	0,004
B	22	0,23	0,49		
8. Evoluutioteorian...					
A	22	0,18	0,39	-1,033	0,302
B	22	0,25	0,47		
9. Mikä...					
A	22	0,36	0,48	-0,306	0,760
B	22	0,39	0,49		
10. Rotat...					
A	22	0,36	0,48	-0,980	0,327
B	22	0,30	0,42		

Liite 12. Ryhmien väliset erot kiinnostuneisuuden yksittäisissä väittämässä. Keskiarvot \bar{X} , keskihajonnat std ja eroavaisuudet (Mann-Whitneyn U-testi, testisuure Z, tilastolliset todennäköisyydet p). Väittämät avattu liitteessä 1.

Väittämä	N	X	Std	Z	p
1. Biologia...					
A	22	3,09	0,95	-1,544	0,123
B	22	3,55	0,94		
5. Mielestäni...					
A	22	3,45	0,72	-2,035	0,042
B	22	4,00	0,90		
7. Biologia... (käännetty)					
A	22	2,81	1,30	-1,025	0,305
B	22	3,23	1,13		
8. Biologia...					
A	22	4,18	0,98	-0,801	0,423
B	22	4,45	0,66		
9. Kurssin...					
A	22	2,32	0,76	-1,972	0,049
B	22	2,82	0,72		
12. Uskon...					
A	22	3,68	0,76	-2,696	0,007
B	22	4,32	0,63		
13. Aikani... (käännetty)					
A	22	3,91	1,04	-0,747	0,455
B	22	4,18	0,72		
14. Biologia...					
A	22	2,82	1,15	-0,905	0,365
B	22	3,09	1,04		

Liite 13. Ryhmien väliset erot minäpystyvyyden yksittäisissä väittämässä. Keskiarvot \bar{x} , keskihajonnat std ja eroavaisuudet (Mann-Whitneyn U-testi, testisuure Z, tilastolliset todennäköisyydet p). Väittämät avattu liitteessä 1.

Väittämä	N	\bar{x}	Std	Z	p
2. Opin...					
A	22	3,73	0,75	-0,867	0,386
B	22	3,55	0,72		
3. Biologia...					
A	22	2,86	0,87	-0,050	0,960
B	22	2,86	1,01		
4. Osaan...					
A	22	4,18	0,57	-1,564	0,118
B	22	3,95	0,96		
6. Biologia... (käännetty)					
A	22	3,09	1,04	-0,478	0,632
B	22	3,23	1,13		
10. Olen...					
A	22	3,59	0,49	-1,150	0,250
B	22	3,36	0,83		
11. Pystyn...					
A	22	3,77	0,73	-0,266	0,790
B	22	3,73	0,81		

Liite 14. Sukupuolten väliset erot. Keskiarvot \bar{X} , keskihajonnat std ja eroavaisuudet (Mann-Whitneyn U-testi, testisuure Z, tilastolliset todennäköisyydet p).

Summamuuttuja	N	X	Std	Z	p
Minäpystyvyys					
Tytöt	21	20,48	4,68	-0,402	0,688
Pojat	23	21,36	2,71		
Kiinnostuneisuus					
Tytöt	21	30,24	5,93	-2,556	0,011
Pojat	23	25,55	4,10		
Ennakkotiedot					
Tytöt	21	6,10	0,97	-2,230	0,026
Pojat	23	5,18	1,66		
Alkukyselyn ymmärrys					
Tytöt	21	10,05	3,02	-0,309	0,758
Pojat	23	9,86	2,70		
Loppukyselyn ymmärrys					
Tytöt	17	13,18	3,24	-0,464	0,642
Pojat	18	13,18	3,42		
Motivoivuus					
Tytöt	17	22,90	2,81	-0,349	0,727
Pojat	18	23,35	2,78		

Liite 15. Ryhmien väliset erot projektin motivoivuuteen liittyvissä yksittäisissä kysymyksissä. Keskiarvot \bar{x} , keskihajonnat std ja eroavaisuudet (Mann-Whitneyn U-testi, testisuure Z, tilastolliset todennäköisyydet p). Väittämät avattu liitteessä 2.

Väittäjä	N	\bar{x}	Std	Z	p
1. Tutkimuksen...					
A	15	4,00	0,82	-1,345	0,024
B	20	3,70	0,64		
2. Projekti...					
A	15	4,60	0,61	-0,784	0,499
B	20	4,40	0,73		
3. Projekti...					
A	15	3,13	0,81	-0,054	0,957
B	20	3,10	0,89		
4. Opin...					
A	15	3,33	0,79	-2,191	0,028
B	20	4,00	0,77		
5. Opin... (käännetty)					
A	15	3,20	1,22	-0,376	0,707
B	20	3,35	0,73		
6. Projekti... (käännetty)					
A	15	4,80	0,54	-1,620	0,105
B	20	4,45	0,80		