

Pro Gradu -tutkielma

**Biologian aineenopettajaopiskelijoiden asenteet ja
valmiudet opettaa genetiikkaa**

Outi Ihamäki & Emilia Kostamo



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologia

30.05.2013

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologian opettajankoulutus

Ihamäki, O. & Kostamo E.: Biologian aineenopettajaopiskelijoiden asenteet ja valmiudet opettaa genetiikkaa

Pro Gradu -tutkielma: 31 s. + 8 liitettä

Työn ohjaaja: Dos. Jari Haimi

Tarkastajat: Dos. Jari Haimi, FT Matti Hiltunen

Toukokuu 2013

Hakusanat: genetiikka, motivaatio, opettajankoulutus, opetustaito, yliopisto-opetus

TIIVISTELMÄ

Genetiikka on nyky-yhteiskunnassa jatkuvasti esillä, ja sen sovellukset ovat laajasti käytössä. Koska yleissivistävän koulutuksen tavoitteena on antaa oppilaalle tarvittavat valmiudet täysipainoiseen yhteiskunnan jäsenyyteen, myös genetiikka on osa yläkoulun ja lukion biologian opetusta. Opettajat kokevatkin genetiikan opettamisen koulussa tärkeänä. Kuitenkin genetiikan oppiminen on todettu haastavaksi. Vaikka oppilaiden genetiikan taitoja on tutkimuksissa mitattu, ei taitotason mittausta ole ulotettu opettajiin tai opettajaksi opiskeleviin. Opettajien tietotaso kuitenkin vaikuttaa oppilaiden oppimistuloksiin, ja jotta suomalainen koulutus saataisiin jatkossakin pidettyä korkeatasoisena, tutkimusten on kiinnitettävä huomiota myös opettajainkoulutukseen. Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli tutkia biologian opettajaksi opiskelevien asenteita ja valmiuksia opettaa genetiikkaa. Pyrimme myös selvittämään, millaisiksi opiskelijat kokevat omat valmiutensa opettaa genetiikkaa, ja kokevatko he yliopistokoulutuksensa tarjonnan riittävät valmiudet työelämään. Tutkimukseen osallistui 19 Jyväskylän yliopiston opiskelijaa, jotka suorittavat biologian opettajaopintoja joko pää- tai sivuaineenaan. Tutkimusmenetelminä käytettiin haastattelua ja genetiikan taitoja mittaavaa testiä. Tutkimuksessa selvisi, että opettajaopiskelijat pitävät genetiikkaa mielenkiintoisena, mutta eivät erityisen vaikeana aiheena oppia. Mitä mielenkiintoisempana genetiikkaa pidettiin, sitä helpommaksi sen oppiminen koettiin. Tutkimus osoitti myös haastateltavien motivaation sekä genetiikan opettamiseen että opiskeluun olevan korkea. Genetiikan tarpeellisuuden kokemuksen sekä genetiikan opetusmotivaation välillä oli positiivinen korrelaatio. Sen sijaan omien valmiuksien arvioinnin ja genetiikkatestin tulosten välillä ei löytynyt korrelaatiota. Opettajaopiskelijat kokivat hyötynensä yliopiston genetiikan opetuksesta. He kaipasivat kuitenkin lisää opettajaopiskelijoille suunnattuja kursseja, joiden toivottiin olevan käytännönläheisiä ja käsittelevän mahdollisia ongelmakohtia genetiikan oppimisessa. Laajempaa jatkotutkimusta genetiikan ongelmakohtista ja opettajan asenteiden ja motivaation vaikutuksista oppimistuloksiin olisi tarpeen tehdä. Erityisesti suomalaiset tutkimukset aiheesta olisivat tärkeitä, sillä ulkomaalaiset tutkimukset eivät koulutusjärjestelmän eroista johtuen useinkaan sovellu suoraan hyödynnettäväksi Suomessa.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science
Department of Biological and Environmental Science
Teacher education programme in Biology

Ihamäki, O. & Kostamo E.: The attitudes and ability of teacher students of biology to teach genetics

Master of Science Thesis: 31 p. + 8 appendices
Supervisor: PhD Jari Haimi
Inspectors: PhD Jari Haimi, PhD Matti Hiltunen
May 2013

Key Words: education in university, genetics, motivation, teacher education, teaching skills

ABSTRACT

Genetics is a relevant topic in modern society and its applications are widely used in everyday life as well as in scientific research. As the goal of general education is to give students the abilities needed to be a member of society, genetics is also part of secondary school and upper secondary school biology teaching. Teachers think that teaching genetics in school is important. However genetics is viewed as a difficult subject to learn. Although students' skills in genetics have been measured in studies, there are no skill rate measurement tests extended to teachers and teacher students. However, teachers' knowledge of the subject influences students' learning results, and so, in order for Finnish education to continue being of high quality, research must take teacher training into account as well. The aim of this study was to observe the attitudes and abilities of teacher students of biology to teach genetics. We also tried to find out what these student teachers think about their own abilities to teach genetics, and whether they think that university education has offered adequate tools for working life. The study material consists of interviews with 19 participants who are in teacher training in biology through both major and minor studies in the subject. As research methods interviewing and a test that measured skills in genetics were used. In this study we found that student teachers thought that genetics is interesting, but they did not find it a difficult subject to learn. The more interesting the subject of genetics was perceived, the easier its learning was. The study also showed that the motivation in the interviewees to both teach and study genetics was high. There was a positive correlation between the experienced necessity of knowing genetics and the teaching motivation of the subject. However, there was no correlation between the evaluation of the student teachers' own abilities and the results of the genetics test. The student teachers found the study of genetics at the university useful. Still, they thought that more courses directed to student teachers, and which would consist of practical information and dealing with the possible problem areas of teaching genetics would be useful. It is necessary to do further and more extensive research on the problem areas of genetics and the effects of teachers' attitudes and motivation on pupils' learning results. Especially Finnish studies about this subject would be important, because foreign studies do not directly match the situation in Finland because of the differences between education systems.

Sisältö

1.	JOHDANTO.....	5
2.	GENETIIKAN OPETUKSEN MÄÄRÄYKSET	6
	2.1. Genetiikan opetus peruskoulussa ja lukiossa.....	6
	2.2. Genetiikan opinnot Jyväskylän yliopistossa.....	7
3.	GENETIIKAN OPPIMINEN JA OPETTAMINEN.....	7
4.	OPETTAJAN VAIKUTUS OPPIMISTULOKSIIN JA -MOTIVAATIOON	9
5.	HAASTATTELUTUTKIMUS.....	10
6.	AINEISTO JA MENETELMÄT	13
7.	TULOKSET	15
8.	TULOSTEN TARKASTELU	24
9.	KIITOKSET.....	30
10.	KIRJALLISUUS	30
	LIITTEET	

Aloittaessamme työn tekemistä jaoimme tutkimuksemme lähdekirjallisuuteen tutustumisen niin, että Kostamo tutustui genetiikan opetukseen liittyviin tutkimuksiin sekä perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelman perusteisiin ja opettajien asenteita ja valmiuksia käsittelevään kirjallisuuteen. Ihamäki tutustui laadullista tutkimusta, haastattelututkimusta ja sisällönanalyysia koskevaan kirjallisuuteen sekä laadullisen tutkimuksen etiikkaan ja Jyväskylän yliopiston opetussuunnitelmaan. Testin ja haastattelun kysymykset suunnittelimme yhdessä. Kostamo suoritti testin pilottitestauksen pyytämällä ekologian pääaineopiskelijaa arvioimaan testin tehtäviä ja mittaamaan, kauanko testin tekemiseen hän käytti aikaa. Haastattelut toteutimme yhteistyössä ja kummallakin oli joka haastattelussa samat kysymykset kysyttävänä. Haastattelujen litteroinnin jaoimme puoliksi, sillä emme nähneet syytä siihen, että litteroinnit olisi täytynyt tehdä yhdessä. Litterointien valmistuttua kävimme haastattelut läpi ensiksi yksin, jonka jälkeen vertailimme merkintöjämme ja huomioitamme keskenään ja teimme linjaukset tuloksista. Testin pisteytyksen kanssa teimme samoin ja vertailimme testin vastauksista tekemiämme huomioita. Olemme kirjoittaneet yhdessä genetiikan opetuksen määräyksiä koskevan kappaleen sekä johdannon, tutkimuksen menetelmät, tulokset ja niiden tarkastelun. Olemme muokanneet toistemme kirjoittamia teoriaosuuksia, jotta molemmat ovat voineet tutustua kyseisiin aiheisiin. Ohjaajamme auttoi tilastollisten testien tekemisessä.

1. JOHDANTO

Suomalainen yleissivistäväopetus pohjautuu perusopetus- ja lukiolaissa sekä opetussuunnitelman perusteissa kirjattuihin määräyksiin. Perusopetuslain (1998/628) 2§:n mukaan opetuksen tavoitteena on *”tukea oppilaiden kasvua ihmisyyteen ja eettisesti vastuukykyiseen yhteiskunnan jäsenyyteen sekä antaa heille elämässä tarpeellisia tietoja ja taitoja”*. Lukiolain (1998/629) 2§:n mukaan koulutuksen tavoitteena on *”tukea opiskelijoiden kasvamista hyviksi, tasapainoisiksi ja sivistyneiksi ihmisiksi ja yhteiskunnan jäseniksi sekä antaa opiskelijoille jatko-opintojen, työelämän, harrastusten sekä persoonallisuuden monipuolisen kehittämisen kannalta tarpeellisia tietoja ja taitoja”*.

Genetiikka on nopeasti kehittyvä tieteenala, ja sen sovellukset ovat nyky-yhteiskunnassa laajasti käytössä. Perusopetuksen (Opetushallitus 2004) sekä lukion opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 2003) genetiikka onkin listattu yhdeksi biologian opetettavista aiheista. Myös opettajat pitävät genetiikkaa tulevaisuuden alana (Pykäläinen 2006) ja sen opettamista koulussa tärkeänä (Finley ym. 1980, Pykäläinen 2006). Genetiikan opiskelun tärkeyttä voidaan perustella filosofisilla, terveydellisillä ja sosiaalisilla syillä (Childs 1983).

Lukuisissa tutkimuksissa genetiikka on kuitenkin todettu oppilaille vaikeaksi aiheeksi (Finley ym. 1980, Johnstone & Mahmoud 1980, Smith 1983, Bahar ym. 1999, Pykäläinen 2006). Genetiikan muita biologian osa-alueita analyttisempi lähestymistapa ja laskutaitoa vaativat tehtävät (Radford & Bird-Stewart 1982) sekä vaikeat käsitteet (Bahar ym. 1999) tekevät siitä hankalan. Jos opeteltava aihe koetaan vaikeaksi, saattaa se vaikuttaa oppilaiden haluun ja kykyihin opetella kyseistä aihetta (Johnstone & Kellett 1980 sit. Johnstone & Mahmoud 1980). Genetiikka on koettu myös työläämmäksi ja vaativammaksi aiheeksi opettaa kuin muut biologian osa-alueet (Pykäläinen 2006).

Suomalaisten oppilaiden menestystä PISA-tutkimuksissa on selitetty osittain korkeatasoisella opettajankoulutuksella (Välijärvi ym. 2007), ja myös National Research Council (2001) on useissa tutkimuksissaan todennut, että opettajan tietotaso ja opetuksen laatu korreloivat opiskelijoiden opintomenestyksen kanssa. Kuitenkin opettajien tai opettajaksi opiskelevien tietotaso on tutkittu melko vähän. Tästä syystä koimme tällaisen tutkimuksen toteuttamisen tärkeäksi opettajankoulutuksen kehittämisen kannalta.

Tässä työssä genetiikkaa käytettiin välineenä tutkittaessa biologian opettajaksi opiskelevien opetusvalmiuksia ja asenteita opetettavaa aihetta kohtaan. Työn tavoitteena oli tutkia biologian aineenopettajaksi opiskelevien asenteita ja valmiuksia opettaa genetiikkaa.

Tutkimuksen tutkimuskysymykset olivat:

- Pidetäänkö genetiikkaa vaikeana aiheena oppia/opettaa?
- Ovatko opettajaopiskelijat motivoituneita opettamaan genetiikkaa?
- Arvioivatko opettajaopiskelijat omia valmiuksiaan realistisesti?
- Kokevatko opettajaopiskelijat saavansa yliopistosta tarpeelliset tiedot ja taidot opettaa genetiikkaa?

Työn hypoteesit olivat:

- Jos opettajaopiskelija kokee valmiutensa opettaa genetiikkaa hyväksi, on hänen asenteensa opetusta kohtaan positiivinen.
- Opettajaopiskelijan yliopistossa suorittamien genetiikan kurssien määrä korreloi positiivisesti asenteen ja opetusvalmiuden kanssa.
- Opettajaopiskelijan pääaineella on yhteys sekä asenteeseen että opetusvalmiuksiin.

2. GENETIIKAN OPETUKSEN MÄÄRÄYKSET

2.1. Genetiikan opetus peruskoulussa ja lukiossa

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2003) mukaan genetiikkaan liittyvät biologian keskeiset sisällöt yläkoulussa ovat *“biotekniikan mahdollisuudet ja niihin liittyvät eettiset kysymykset”* sekä *“perimän ja ympäristön merkitys ihmisen ominaisuuksien kehittämisessä”*. Tavoitteena on, että oppilas *“oppii tuntemaan perinnöllisyyteen liittyviä keskeisiä käsitteitä”* ja *“osaa käyttää perinnöllisyyteen liittyviä keskeisiä käsitteitä”*. Genetiikkaan liitettäviä aiheita on myös opetussuunnitelman perusteiden osiossa Eheyttäminen ja aihekokonaisuudet. Aihekokonaisuudessa Ihmisenä kasvaminen tavoitteena on, että oppilas *“oppii ymmärtämään omaa fyysistä, psyykkistä ja sosiaalista kasvuun sekä omaa ainutkertaisuuttaan”*. Näiden asioiden ymmärtämistä voidaan tukea genetiikan opetuksessa. Viestintä ja mediataito -aihekokonaisuudessa tavoitteena on, että oppilas *“oppii suhtautumaan kriittisesti median välittämiin sisältöihin ja pohtimaan niihin liittyviä eettisiä ja esteettisiä arvoja viestinnässä”*. Genetiikan aiheita käsitellään paljon mediassa, ja siihen liittyvät eettiset kysymykset vaativat harjaantumista mediataidoissa. Näiden taitojen parantaminen on tavoitteena myös aihekokonaisuudessa Osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys, sillä sen tavoitteena on muun muassa, että oppilas *“oppii muodostamaan oman kriittisen mielipiteen erilaista asiantuntijuutta hyödyntäen”*.

Lukion opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 2003) genetiikkaan liittyviä biologian yleisiä tavoitteita ovat:

- *“opiskelija hallitsee biologian keskeiset käsitteet”*
- *“opiskelija ymmärtää perimän ja evoluution merkityksen eliökunnan kehittämisessä”*
- *“opiskelija perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin sekä osaa arvioida kriittisesti eri lähteistä saamaansa biologista tietoa”*
- *“opiskelija tuntee biotieteiden, esimerkiksi bioteknologian ja lääketieteen sovelluksia”*
- *“opiskelija ymmärtää perimän ja ympäristötekijöiden merkityksen terveyden taustana sekä yksilön että ihmiskunnan kannalta”*
- *“Lukion biologian tulee myös luoda perusta ymmärtää biotieteiden tarjoamia mahdollisuuksia edistää ihmiskunnan, muun eliökunnan ja elinympäristöjen hyvinvointia.”*

Tarkemmin genetiikkaa käsitellään kurssilla Solu ja perinnöllisyys (BI2). Kurssin genetiikkaan liittyvänä tavoitteena on, että *“opiskelija osaa periytymisen lainalaisuuksien peruseräatteen”*. Kurssin keskeiset genetiikkaan liittyvät sisällöt ovat Periytymisen perusteet, jotka sisältävät geenit ja alleelit, sukusolut ja niiden synnyn meiosisissa sekä periytymismekanismit. Genetiikkaa sivutaan myös kursseilla Ihmisen biologia (BI4) sekä Bioteknologia (BI5). BI4-kurssin tavoitteena on, että *“opiskelija ymmärtää ihmisen lajinkehityksen sekä perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen ihmisen terveyteen”* ja sen keskeisinä sisältöinä on mainittu Perimän merkitys, johon on sisällytetty ihmisen evoluutio ja ihminen lajina sekä perinnöllisyys ja terveys. Kurssilla BI5 tavoitteena on, että opiskelija *“tuntee biotekniikan tarjoamia sovellusmahdollisuuksia eri biotieteissä ja teollisuudessa”* sekä *“pystyy arvioimaan biotekniikan kehittymisen luomia mahdollisuuksia, uhkatekijöitä ja eettisiä ongelmia sekä tekemään niiden pohjalta perusteltuja arkielämän ratkaisuja”*. Keskeiset sisällöt ovat Geenitekniologia ja sen mahdollisuudet, johon sisältyy

geenitekniikan menetelmät ja geenikartointu, geenitutkimus lääketieteessä sekä geenitutkimus yksilöiden tunnistamismenetelmänä.

Myös lukion opetussuunnitelman perusteissa kaikki oppiaineet kattavan aihekokonaisuuden, Aktiivinen kansalaisuus ja yrittäjyys, tavoitteena on, että *“opiskelija osaa muodostaa oman perustellun mielipiteensä ja keskustella siitä kunnioittaen muiden mielipiteitä”*. Lukion opetussuunnitelman perusteissa on mainittu hyvin laajoja tavoitteita, joita koko lukio-opetuksen tulisi antaa ja nämä voidaan liittää myös genetiikan opetukseen biologiassa. Opetussuunnitelman perusteiden mukaan *“Lukion tulee antaa valmiuksia vastata yhteiskunnan ja ympäristön haasteisiin sekä taitoa tarkastella asioita eri näkökulmista. Opiskelijaa tulee ohjata toimimaan vastuuntuntoisena ja velvollisuuksistaan huolehtivana kansalaisena yhteiskunnassa ja tulevaisuuden työelämässä.”*

2.2. Genetiikan opinnot Jyväskylän yliopistossa

Biologian opettajaopintoja pääaineenaan lukevilla on tutkintovaatimuksissa yksi varsinainen genetiikan kurssi, *“Genetiikan perusteet”*, EKO501, joka on laajuudeltaan neljä opintopistettä. Matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan opinto-oppaan 2012–2013 (Korhonen ym. 2012) mukaan kurssin sisältö on seuraavanlainen: *“Luennoilla käydään läpi klassinen mendelistinen genetiikka, geneettisen informaation kulku eu- ja prokaryooteilla, geenien toiminnan säätely ja kehitysgenetiikan perusteet. Lopuksi käsitellään lyhyesti molekyyli- ja populaatiogenetiikan tutkimusmenetelmiä ja niiden sovellutuksia. Harjoitustehtäviä.”* Tämän lisäksi biologian perusopintojen kurssilla Biokemian, solubiologian ja molekyylibiologian perusteet käsitellään genetiikan perusteita. Nämä kyseiset kurssit kuuluvat myös sivuaineenaan biologian opettajaopintoja suorittavien tutkintoon.

Näiden lisäksi valinnaisena kurssina on tarjolla *“Populaatiogenetiikka”*, EKO502, joka kuuluu pakollisena opintona ekologian pääaineopiskelijoiden tutkintovaatimuksiin. Kurssin sisältö opinto-oppaan mukaan on: *“Luennoilla käsiteltäviä asioita: geneettisen muuntelun mittaaminen luonnonpopulaatioissa, Hardy-Weinbergin tasapaino ja sitä horjuttavat tekijät, molekyyli- ja populaatiogenetiikan menetelmien käyttö populaatioiden rakenteen ja historian tutkimisessa ja lajiutumiseen liittyvät geno- ja fenotyypiset muutokset. Harjoitustehtäviä”*. Ekologian pääaineopiskelijat voivat valita 25 opintopisteen evoluutiogenetiikan erikoistumisalakokonaisuuden. Ekologian aine- ja syventävissä opinnoissa on tarjolla useita muitakin genetiikan kursseja, joita bio- ja ympäristötieteen laitoksen opiskelijat voivat vapaasti valita. Kuitenkin kursseille on usein esitietovaatimuksia, jotka karsivat useimmat muut kuin ekologian pää- ja sivuaineopiskelijat.

3. GENETIIKAN OPPIMINEN JA OPETTAMINEN

Kun opettajia pyydettiin arvioimaan 50 koulun biologiassa opettavan aihealueen vaikeutta, genetiikka nousi vastauksista selvästi esille (Finley ym. 1980). Biologian 15 vaikeimmaksi koetusta aiheesta seitsemän liittyi kiinteästi genetiikkaan (Finley ym. 1980). Jo 1980-luvulla skotlantilaistutkimus totesi genetiikan opiskelun olevan myös toisen ja korkeakouluasteen opiskelijoiden mielestä haastavaa (Johnstone & Mahmoud 1980). Kun samankaltainen tutkimus toistettiin lähes kaksi vuosikymmentä myöhemmin opettajilla ja ensimmäisen vuoden yliopisto-opiskelijoilla, tulokset olivat genetiikan suhteen pysyneet samankaltaisina (Bahar ym. 1999). 36 biologian oppikirjoista poimitusta aiheesta mono- ja dihybridiristeytykset koettiin sekä opettajien että opiskelijoiden mielestä ylivertaisesti

vaikeimmaksi aihealueeksi (Bahar 1999). Myös melko tuoreessa suomalaisessa tutkimuksessa (Pykäläinen 2006) opettajat pitivät genetiikkaa lähes yksimielisesti vaativana aihealueena.

Genetiikan ongelmanratkaisuaspektin on yleisesti nähty olevan suurin syy sen haastavuuteen (Smith 1988). Ongelmanratkaisutehtävät voivat olla haastavia, koska vielä ensimmäisen vuoden korkeakouluopiskelijoillakaan ei harjoittelun puutteen vuoksi ole tehtäviin vaadittavia muodollisia päättelytaitoja (Walker ym. 1980). Opettajat pitävätkin risteytysharjoituksia tärkeimpänä ja hyödyllisimpänä genetiikan opetusmenetelmänä (Pykäläinen 2006). Niiden koetaan avaavan genetiikan lainalaisuuksia konkreettisesti (Pykäläinen 2006).

Oppilaat näkevät genetiikan olevan myös läheisemmin yhteydessä matematiikkaan kuin muut biologian osa-alueet (Bahar ym. 1999). Pykäläisen (2006) tutkimuksessa opettajista 21 % koki matemaattisuuden genetiikan opetusta vaikeuttavana tekijänä, kun taas oppilaista näin koki vain 4 %. Genetiikan ongelmaratkaisutehtävät kuitenkin poikkeavat esimerkiksi matematiikan ja fysiikan tehtävistä, sillä niissä ei välttämättä ole tiettyä kaavaa, jonka mukaan tehtävä tulisi ratkaista eikä vastauskaan välttämättä ole numero (Collins & Stewart 1989).

Vaikka useimpien oppilaiden on todettu pystyvän ratkaisemaan monohybridiristeytystehtäviä, ne tehdään usein ilman syvempää ymmärrystä tapahtumasta (Stewart 1982). Esimerkiksi risteytyskaaviosta saadaan kyllä oikea tulos, mutta ei osata selittää, miksi toisenlainen tulos olisi väärä tai kuinka tulos liittyy solun molekyyli-tason ilmiöihin (Stewart 1982). Myös Tolman (1982) havaitsi tutkimuksessaan, että oppilaiden on vaikea yhdistää risteytyskaavion alleeleja homologisten kromosomien eriytymiseen meioosissa. Tämä saattaa johtua siitä, että meioosia on koulun opetuksessa käsitelty muusta genetiikasta erillisenä aiheena (Tolman 1982). Opettajat kuitenkin odottavat oppilaiden ratkaisevan tehtäviä ymmärtäen niitä syvemmin eikä vain rutiininomaisesti ennalta opittua kaavaa soveltaen (Stewart 1982).

Yhtenä genetiikan oppimisen ongelmakohtana nähdään sen laaja termistö ja sekavat symbolit (Bahar ym. 1999). Esimerkiksi samankaltaisilta näyttävät käsitteet, kuten homotsygootti ja homologinen sekä samankaltaiset ilmiöt, kuten mitoosi ja meioosi, aiheuttavat oppilaille vaikeuksia (Bahar ym. 1999). Kuitenkin Collins & Stewart (1989) totesivat, että genetiikan perusteet voidaan opettaa käyttämällä vain 10 käsitettä, ja näin ollen ongelmana ei pitäisi olla käsitteiden määrä, vaan niiden ymmärtäminen. Geenikäsitteen onkin todettu olevan oppilaille vaikea (Lewis & Kattmann 2004). Geenin saatetaan luulla tarkoittavan samaa kuin ominaisuus niin, että geeni olisi siis ominaisuus pienois-koossa (Lewis & Kattmann 2004).

Myös Banet & Ayuso (2000) totesivat oppilailla olevan ongelmia geenikäsitteen ymmärtämisessä. Oppilaat eivät esimerkiksi käsittäneet samojen geenien sijaitsevan kaikissa eliön soluissa. Veriryhmiin vaikuttavien geenien ymmärretään kyllä olevan sydämen ja veren soluissa, mutta vain noin 9 % haastatelluista 16-17-vuotiaista uskoi silmän soluissa olevan veriryhmään vaikuttavia geenejä. Kaikilla eliöillääkään ei käsitetty olevan geenejä; vain noin puolet oppilaista uskoi niitä olevan ruusupensaalla.

Toisaalta käsitteiden määrittely on oppilaille kuitenkin helpompaa kuin niiden yhteyksien selittäminen (Stewart 1982). Tämä näkyi myös tutkimuksessa, jossa testattiin oppilaiden ymmärtämystä geeni-, alleeli- ja kromosomi-käsitteiden yhteydestä (Banet & Ayuso 2000). Kun oppilaita pyydettiin piirtämään silmän väriin vaikuttavat alleelit diploidiseen, kuusi kromosomia sisältävään soluun, vain 7 % oppilaista sai vastauksen oikein (Banet & Ayuso 2000). Lähes 30 % oppilaista piirsi saman geenin eri alleelit

sisarkromatideihin, jolloin tämä vastaus kuvastaa yleisintä virhekäsitystä (Banet & Ayuso 2000).

Oppilaiden ongelmat käsitteiden määrittelyssä voivat olla seurausta opettajan vaulliniaisista selityksistä (Collins & Stewart 1989). Vaikka oppilaan asenne genetiikkaa kohtaa ei olisikaan negatiivinen, vaikeudet termeissä tai symboleissa saattavat kuitenkin alentaa motivaatiota (Bahar ym. 1999). Toisaalta vaikka genetiikan käsitteet tuottaisivatkin ongelmia, oppilaat saattavat silti ymmärtää monimutkaisia prosesseja, vaikka eivät liitäkään siihen monimutkaisia termejä niin kuin opettaja (Stewart 1982).

Siitäkin huolimatta, että opettajat tiedostavat genetiikan olevan oppilaille haastavaa, sen opettamista koulussa pidetään tärkeänä (Finley ym. 1980). 50 koulun biologiassa opetettavan aiheen tärkeyttä arvioitaessa 15 tärkeimmän listalle nousi neljä genetiikkaan liittyvää aihetta: mitoosi-meioosi, mendelistinen genetiikka, periytymisen kromosomiteoria sekä geeni-käsite. Viimeksi mainittua lukuun ottamatta näistä kaikki olivat yltäneet myös 15 vaikeimmaksi koetun aiheen listalle. Myös Pykäläinen (2006) sai tutkimuksessaan samankaltaisia tuloksia: opettajat kokivat lähes yksimielisesti genetiikan olevan tulevaisuuden ala ja sen opettamisen koulussa olevan tärkeää. Genetiikan opetukseen suhtauduttiin positiivisesti, vaikka sen opettaminen koettiin hieman muita biologian ja maantiedon aiheita vaativammaksi ja työläemmäksi (Pykäläinen 2006).

Jotta oppilaat eivät oppisi genetiikan merkityksestä ihmiselämään vain median kautta, biologian opettajan tulisi tunneilla sivuta kolmea teemaa, jotka antavat syyn opiskella genetiikkaa: filosofiset, terveydelliset ja sosiaaliset syyt (Childs 1983). Nyt kun biologinen tutkimus on johtanut moniin sovelluksiin, joista ei ennen osattu uneksiakaan, meidän on ihmiskuntana entistä tärkeämpää tuntea omat rajamme: mitä me voimme tehdä ja mitä rajoja emme voi siirtää. Genetiikka auttaa meitä myös ymmärtämään erilaisuutta ja samanlaisuutta ja voi tätä kautta parantaa itsetuntemusta. Geenit eivät määrää, keitä me olemme, mutta ne määrittävät rajat sille, mitä me voimme olla. Muun muassa tällaisia asioita voidaan kutsua filosofisiksi syiksi.

Terveydellisiksi syiksi Childs (1983) listaa esimerkiksi ympäristön ja geenien vaikutussuhteiden selvittämisen. Monia perintötekijöiden aiheuttamia sairauksia on löydetty, mutta myös moniin ympäristötekijöiden aiheuttamiin sairauksiin on huomattu liittyvän geneettisiä tekijöitä. Tästä syystä ”riskitekijöiden” etsiminen omasta perimästä ja geneettisen neuvonnan tarve on lisääntynyt. Ehkä tärkeimpänä sosiaalisena syynä voidaan pitää suvaitsevaisuuden lisäämistä. Genetiikka auttaa ymmärtämään, ettei ole olemassa epänormaaleja ja normaaleja ihmisiä. On vain erilaisia muunnelmia samasta lajista. Childs (1983) on artikkelissaan huomoinut myös yhteiskunnalliseksi puheenaiheeksi nousseen yksityisyyden suojan turvaamisen, jota hän on lähtenyt pohtimaan seuraavien kysymysten avulla. Jos jollakulla on geneettinen sairaus, voidaanko ajatella tällä henkilöllä olevan velvollisuutta kertoa siitä sukulaisille, joilla sama sairaus olisi mahdollinen? Voiko lääkärin ja potilaan välinen luottamus olla vaarassa? Mihin geneettisten testien tuloksia voidaan käyttää ja mihin ei? Aihe herättää paljon pohdintaa, ja siksi sitä olisi hyvä käsitellä myös koulussa.

4. OPETTAJAN VAIKUTUS OPPIMISTULOKSIIN JA -MOTIVAATIOON

Ihmisen voidaan sanoa olevan motivoitunut, kun hänellä on jokin päämäärä tai tavoite ja keinot sen saavuttamiseksi (Kansanen 2002). Oppilaan motivaatio opetettavaa aihetta kohtaan on toivottavaa, sillä korkean motivaation on todettu olevan yhteydessä hyviin arvosanoihin (Pykäläinen 2006). Oppimismotivaatio voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen motivaatioon (Kansanen 2002). Ensin mainittuun ei liity ulkoista kontrollia tai palkkiota,

kun taas ulkoisen motivaation tavoitteena on aina jokin selvästi erottuva seuraamus tai sen välttäminen (Kansanen 2002).

Lähtökohtaisesti oppilaalla on aina jokin tietty motivaatiotaso opetettavaa aihetta kohtaan, mutta opettajan on mahdollista muuttaa sitä (Christophel 1990). Opettajan tehtävä onkin keksiä, kuinka opetussuunnitelman tavoitteet saataisiin myös oppilaan tavoitteiksi (Kansanen 2002). Liittämällä opetettava asia oppilaan mielenkiinnon kohteisiin, oppilaan sisäistä motivaatiota voidaan lisätä (Kansanen 2002). Vaikka ulkoista motivaatiota ei yleisesti pidetä yhtä tärkeänä ja tehokkaana oppimisapuna kuin sisäistä motivaatiota, kaikki koulussa tapahtuva oppiminen ei kuitenkaan voi perustua sisäiseen motivaatioon (Kansanen 2002). Opettaja voi vaikuttaa oppilaiden asenteisiin ja motivaatioon myös tahattomasti, sillä luokkahuoneessa opettaja on auktoriteettiasemassa ja ryhmän mielipiteet yleensä muokkautuvat korkeimman statusaseman omaavan henkilön ajatusten mukaisiksi (Lämsä & Hautala 2005).

Asenteen lisäksi myös opettajan tietotason on todettu vaikuttavan oppimistuloksiin (National Research Council 2001). Opettajan asiantuntijuus koostuu kahdesta osasta: kasvatustieteellisestä tiedosta sekä substanssitetiedosta eli omaan opetettavaan aineeseen liittyvästä tiedosta (Tynjälä 2006). Kun opettaja on sisäistänyt kunnolla opettamansa asiat eli substanssitetieto on vankalla pohjalla, opiskelijat kokevat oppivansa helpommin. (Vuorinen 2005). Kuten Pykäläinen (2006) jo tutkimuksessaan totesi, opettajan vaikutusta oppilaiden oppimismotivaatioon ja -tuloksiin on kuitenkin tutkittu vain vähän.

5. HAASTATTELUTUTKIMUS

Haastattelututkimus on moniin käyttötarkoituksiin sopivan joustava menetelmä, ja sitä pidetäänkin yhtenä tiedonhankinnan perusmuodoista (Hirsijärvi & Hurme 2008). Haastattelun voisi jopa ajatella olevan keskustelu, jolla on tarkoitus (Hirsijärvi & Hurme 2008). Haastattelun etuna nähdään haastattelijan mahdollisuus vaikuttaa kysymysten esittämisjärjestykseen, korjata virhekäsityksiä sekä toistaa kysymyksiä (Tuomi & Sarajärvi 2009). Tätä tutkimusmenetelmää käytetään, kun saatuja vastauksia halutaan syventää ja selventää (Hirsijärvi & Hurme 2008). Haastattelututkimus mahdollistaa myös sen, että tiedonantajiksi eli haastateltaviksi saadaan henkilöitä, joilla on mahdollisimman paljon tietoa tutkittavasta aiheesta (Tuomi & Sarajärvi 2009).

Haastattelun tärkeimpänä tavoitteena on saada tutkittavasta aiheesta mahdollisimman paljon tietoa (Tuomi & Sarajärvi 2009). Tätä tavoitetta voi edistää antamalla haastateltavien tutustua kysymyksiin etukäteen (Tuomi & Sarajärvi 2009). On kuitenkin huomattava, että haastateltavien etukäteen saama liika tieto voi myös vääristää tuloksia (Hirsijärvi & Hurme 2008). Jos haastattelija epäilee, että tutkimuksen tulokset voivat muuttua haastateltavan saaman etukäteistiedon vuoksi, voidaan tutkimukseen osallistuvalla antaa vain ne tiedot, joiden pohjalta hän voi antaa suostumuksen tutkimukseen (Hirsijärvi & Hurme 2008). Hirsijärvi & Hurme (2008) ovat todenneet haastattelututkimuksen luotettavuutta haittaavan sen, että haastateltava saattaa antaa vastauksia, jotka kokee sosiaalisesti suotaviksi.

Haastattelun aluksi haastattelijan on hyvä kertoa haastateltavalle yleisesti tutkimuksesta ja sen tavoitteista sekä omasta roolistaan (Goodwin 1981). Goodwinin (1981) mukaan tällöin haastateltava saa käsityksen keskustelun tarkoituksesta. Haastattelun aluksi olisi hyvä vaihtaa pari sanaa neutraalista aiheesta, ja tämän jälkeen sopia nauhoitusluvasta (Goodwin 1981). Tutkittavien ihmisarvoa pyritään kunnioittamaan eettisesti kestäväillä tutkimustavoilla, kuten tutkittavien yksityisyyden, itsemääräämisoikeuden ja vahingoittamattomuuden turvaamisella (Kuula 2011).

Ihmistieteiden eettiset periaatteet on jaoteltu kolmeen osaan, jotka ovat vahingoittamisen välttäminen, itsemääräämisoikeuden kunnioittaminen sekä yksityisyyden ja tietoturvan kunnioittaminen (Kuula 2011). Tutkimuseettisistä normeista yksityisyydensuojaamista koskeva normit ovat lainsäädännön kanssa yhteneviä. Tutkimukseen osallistumisen tulee itsemääräämisoikeutta kunnioittaen olla vapaaehtoista, ja tutkittavat saavat itse päättää, mitä tietoja he luovuttavat tutkimuskäyttöön. Vapaaehtoisuus toteutuu vain kun tutkimukseen osallistuvalla on annettu riittävästi tietoa tutkimuksesta. Tutkimuksesta kerrottavalla informaatiolla määritellään se, kuinka kauan tutkimusaineistoa säilytetään tai mihin tarkoituksiin sitä voidaan käyttää. Tutkittaville on hyvä tehdä selväksi, että kerättyä aineistoa ei käytetä kuin kyseisessä tutkimuksessa, sillä tutkimusaineistot ovat tarkoitettu vain tutkimuskäyttöön. Tutkimuksen tavoitteiden kertomisella voidaan myös motivoida tutkimukseen osallistuvia.

Yksityisyyden suojan turvaamiseksi tutkittavien suorat tunnistetiedot tulee hävittää aineistonkeruun jälkeen, kun taas epäsuorat tunnistetiedot voidaan perustellusti säilyttää tutkimuksen analyysia ajatellen (Kuula 2011). Haastattelujen äänitallenteet tulisi hävittää tutkimuksen valmistuttua ja äänitallenteesta tehtävistä tekstitiedostoista olevista tunnistetiedoista tulisi tehdä sellaiset, että tutkittava henkilö ei ole niistä tunnistettavissa eli koko aineisto anonymisoidaan. Tutkittavien yksityisyys pyritään suojaamaan myös sillä, että tutkimusjulkaisusta ei voida erottaa yksittäisiä henkilöitä. Tutkimustuloksien julkaiseminen ei saa myöskään aiheuttaa tutkituille vahinkoa, esimerkiksi leimaamalla tutkimusjoukkoa negatiivisella kirjoittamisella. Tutkittavien pitää pystyä luottamaan siihen, että tutkijat käyttävät tutkimusaineisto niin kuin heille on luvattu, kun sopimusta tutkimukseen osallistumisesta on tehty.

Tutkimuksessa käytettävien osallistujien määrään vaikuttavat eniten tutkimusresurssit esimerkiksi tutkimukseen käytettävä aika, joka vaikuttaa myös aineiston analysointiin (Tuomi & Sarajärvi 2009). Opinnäytteissä aineiston kokoa ei tule pitää työn merkittävimpana kriteerinä, sillä opinnäytetyö on tekijöiden harjoitustyö, jolla pyritään osoittamaan oman alan oppineisuutta (Tuomi & Sarajärvi 2009). Yleisesti ottaen laadullisissa tutkimuksissa on määrälliseen tutkimukseen verrattuna varsin pieni aineisto (Tuomi ja Sarajärvi 2009).

Tutkimusongelmat vaikuttavat siihen, millaista aineistoa tulisi hankkia, ja miten kyseinen aineisto hankitaan (Hirsjärvi ja Hurme 2008). Haastattelusta saatava aineisto pyritään kuitenkin keräämään niin, että päätelmien tekeminen tutkittavasta ilmiöstä on mahdollista tehdä luotettavasti sen pohjalta (Hirsjärvi & Hurme 2008). Teema- eli puolistrukturoidussa haastattelussa tarkentavat kysymykset liittyvät aiemmin valittuihin teemoihin, joista pyritään saamaan vastauksia tutkimuksen tarkoituksen mukaisesti (Tuomi & Sarajärvi 2009).

Tutkimuksessa kerättävä aineisto, ja näin ollen myös sen analysointi, voi olla kvantitatiivista eli määrällistä tai kvalitatiivista eli laadullista (Alasuutari 2011). Kvantitatiivisessa analysoinnissa tutkimusyksiköille annetaan arvoja eri muuttujilla, ja samalla aineisto muutetaan taulukkomuotoon. Näitä aineistosta saatuja lukuja ja niiden välisiä yhteyksiä vertaamalla voidaan sitten tehdä argumentointia. Kvantitatiivisen analyysin argumentointi perustuu siis tutkimusyksiköiden välisiin eroihin eri muuttujien suhteen.

Kvalitatiivinen analyysi aloitetaan havaintojen pelkistämällä (Alasuutari 2011). Aineistoa tarkasteltaessa huomiota kiinnitetään kysymystenasettelun asettamien tavoitteiden mukaisesti, ja epäolennainen karsitaan. Tämän jälkeen tarkastelussa löydetty havainnot yhdistetään etsimällä niistä yhteisiä piirteitä, jotka pätevät koko aineistoon. Jos laadullisen analyysin aineisto koostuu erillisistä tutkimusyksiköistä, argumentaatiossa

pyritään kokonaisuuksien esittämiseen eli analysoinnissa pyritään muotoilemaan koko aineistoa koskevia sääntöjä.

Usein kvalitatiivista ja kvantitatiivista analyysia sovelletaan samassa tutkimuksessa (Alasuutari 2011) ja näiden menetelmien yhdistämistä kutsutaan monistrategiseksi tutkimukseksi (Hirsjärvi & Hurme 2008). Bullock ym. (1992) ovat todenneet neljä erilaista tapaa yhdistellä kvalitatiivista ja kvantitatiivista tutkimustapaa. Yksi neljästä yhdistelytavasta on kvantitatiivisten tulosten selittäminen kvalitatiivisten tulosten avulla (Bullock ym. 1992).

Aineiston pelkkä luokittelu ja luokittelun tuloksena syntyneiden lokeroiden luettelointi ei ole analysointia (Ruusuvoori ym. 2010). Aineiston analyysivaiheessa on systemaattisesti läpikäyden tarkoitus löytää aineistosta sellaisia huomioita, jotka eivät suorista lainauksista heti käy ilmi (Kuva 1). Tutkijan on hyvä tehdä aineistoa kerätessään muistiinpanoja havainnoistaan, haastattelujen synnyttämistä ajatuksista sekä alustavista tulkinnoista, jolloin näitä voidaan käyttää apuna aineistoon tutustuttaessa. Litteroinnilla, eli haastattelujen kirjoittamisella tekstimuotoon, muutetaan aineisto helpommin käsiteltävään muotoon.

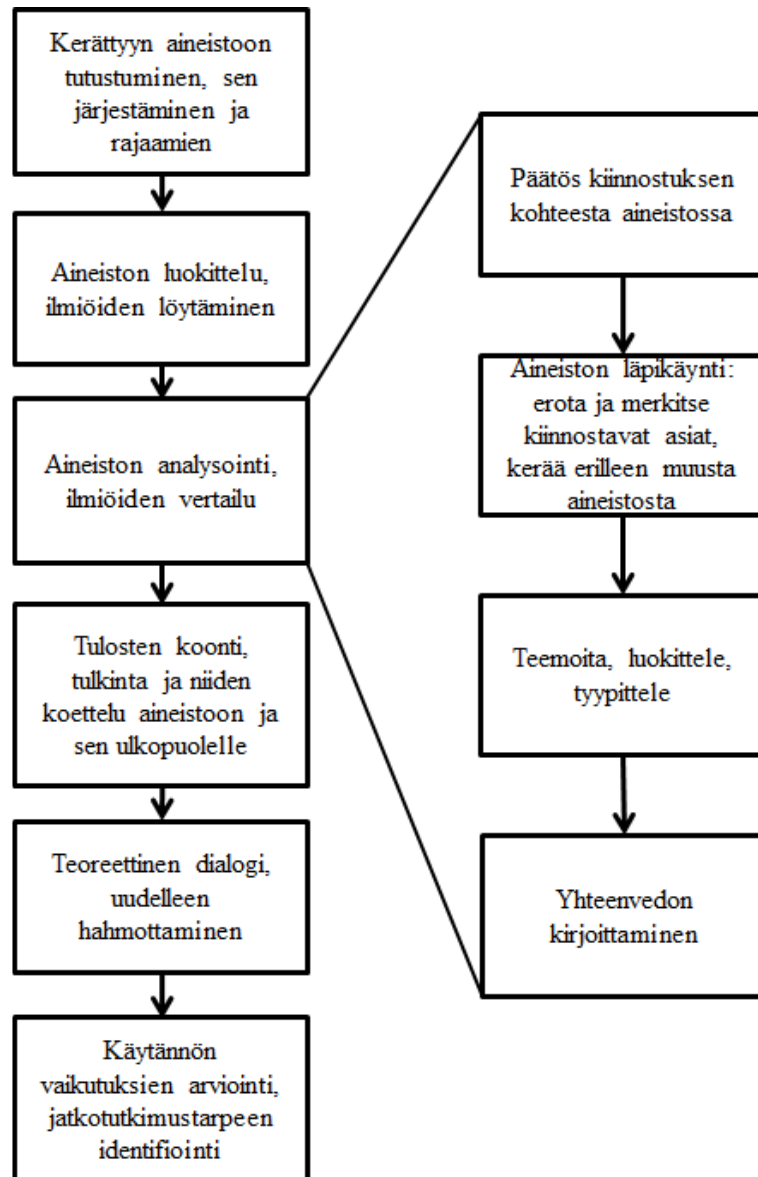
Aineiston rajaaminen perustellaan esimerkiksi tutkimusongelman tai -kysymysten avulla tai tutkimuksen tavoitteiden pohjalta (Ruusuvoori ym. 2010). Rajausta tehtäessä on mietittävä valideettia ja reliabiliteettia, sillä tutkimuksen tavoitteena on tuottaa luotettavaa ja yleistettävää tietoa ilmiöstä. Tulosten kannalta merkittäviä asioita ei saa jättää analysoinnin ulkopuolelle, ja tutkimuskysymyksiin on vastattava. Myös aineiston koko voi vaikuttaa valideettiin ja reliabiliteettiin. Kun aineisto on pieni, ei kvantitatiivisessa tutkimuksessa kannata paneutua siihen, mitä enemmistö tai vähemmistö on mieltä tietyistä kysymyksistä. Kysymykset kannattaakin esittää mitä tai miten -muodossa, jolloin ne eivät sisällä ennakko-oletuksia vastauksista.

Sisällönanalyysi on laadullisen tutkimuksen perusanalyysimenetelmä, ja siinä on kyse tekstianalyysistä (Tuomi & Sarajärvi 2009). Sisällönanalyysiä tehdessä valitaan tarkkaan rajattu ilmiö, josta tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita. Kiinnostuksen kohteen tulisi näkyä tutkimuksen tavoitteessa ja tutkimuskysymyksissä, ja raportin eli tulosten tulisi olla linjassa kiinnostuksen kohteen kanssa. Kun ilmiön rajaus on tehty, käydään aineisto läpi, ja siihen merkitään kiinnostuksen kohteena olevat asiat eli aineisto koodataan. Tämän jälkeen esille nousseet kohdat aineistosta luokitellaan, tyypitellään ja teemoitetaan. Luokittelun jälkeen voidaan laskea luokkien määrän ilmentyminen aineistossa, joka muistuttaa kvantitatiivista analyysia. Luokittelut voidaan esittää taulukkoina.

Teemoittelun tarkoitus on ryhmitellä aineistoa eri aiheiden mukaan ja etsiä eri teemoja kuvaavia näkemyksiä (Tuomi & Sarajärvi 2009). Teemahaastattelun eli puolistrukturoidun haastattelun teemat muodostavat jo valmiiksi aineiston jäsenyyden, joka helpottaa aineiston pilkkomista. Tyypittelyssä siis tiivistetään tietyn teeman samankaltaisia näkemyksiä yleistyksiksi. Tässä vaiheessa analyysia olisi syytä miettiä, etsitäänkö aineistosta yhtäläisyyksiä vai eroavaisuuksia.

Laadullisen tutkimuksen reliabiliteettia voidaan arvioida analyysin systemaattisuuden ja tulkintojen luotettavuuden kriteerien kannalta (Ruusuvoori ym. 2010). Systemaattisessa analyysissa tulisi kertoa tehdyt valinnat, rajaukset ja periaatteet, jotka ovat ohjanneet analyysin etenemistä. Reliabiliteettia voidaan lisätä vielä kertomalla aineiston kokonaisuuden koostumus ja kuvaillemalla ne osat aineistosta, joihin päähavainnot ovat perustuneet. Laadullisen tutkimuksen valideetin arvioimisella tarkoitetaan kerätyn aineiston ja siitä tehtävien tulkintojen sopivuuden arviointi. Valideettia voidaan vahvistaa analyyttisten kriteereiden avaamisella, analyysiohjelmien

käytöllä, koosteiden tekemisellä aineistosta, ja niiden visualisoinnilla sekä poikkeustapausten tarkastelulla.



Kuva 1. Haastattelututkimuksen ja sisällönanalyysin vaiheet kuvattuna. Vasemmalla kuvattu haastattelututkimuksen vaiheittainen eteneminen ja oikealla tarkempi kuvaus aineiston analysointivaiheesta sisällönanalyysin keinoin (mukaihen Ruusuvuori ym. 2010 ja Tuomi & Sarajärvi 2009).

6. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimusmenetelmiksi valittiin haastattelu sekä genetiikan taitoja mittaava testi. Haastattelututkimusta päätettiin käyttää, jotta tutkimuksen aineistosta saataisiin mahdollisimman paljon yksityiskohtaista informaatiota. Koska otannan arveltiin olevan pieni, haastattelututkimuksen toteuttaminen oli myös ajallisesti mahdollista. Haastattelussa

käytettiin rinnakkain kvalitatiivista ja kvantitatiivista menetelmää. Osassa haastattelukysymyksissä pyysimme haastateltavaa ensin arvioimaan tiettyä asiaa Likertin asteikolla, ja tämän jälkeen vielä perustelemaan vastauksensa, jolloin kvalitatiivisilla tuloksilla selitettiin kvantitatiivisia tuloksia. Haastattelukysymykset jaoteltiin koskemaan opiskelijoiden asenteita ja valmiuksia (Liite 2). Lisäksi haastattelussa oli perustietoja kartoittavia kysymyksiä.

Testin tavoitteena oli selvittää, tuottavatko tutkimuksissa esille nousseet ongelmakohdat, eli käsitteet, matemaattisuus ja ongelmanratkaisutehtävät, vaikeuksia myös tuleville opettajille (Liite 3). Samalla pyrimme kuitenkin siihen, ettei testin tekemiseen kuluva aika olisi liian pitkä eikä näin karkottaisi mahdollisia tutkimukseen osallistujia. Koska genetiikan käsitteistä erityisesti geenin (Lewis & Kattmann 2004) ja alleelin (Banet & Ayuso 2000) on todettu tuottavan oppilaille vaikeuksia, ensimmäisessä tehtävässä tuli selittää sanallisesti, mitä eroa on käsitteillä geeni ja alleeli. Halusimme kuitenkin varmistua siitä, että taustalla olisi syvä ymmärrys eikä vain ulkoa opeteltu ja sanallinen määritelmä. Tästä syystä käsite alleeli pyydettiin tehtävässä esittämään myös piirroksena, hieman samaan tapaan kuin eräässä aiemmassa tutkimuksessa (Banet & Ayuso 2000). Ongelmanratkaisua ja matemaattisuutta testasivat seuraavien tehtävien sukupuut ja risteytys. Tehtävänantojen muotoilulla pyrimme varmistamaan, että tutkimukseen osallistuvat varmasti perustelisivat vastauksensa eikä vastaus olisi pelkkä arvaus.

Koska tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää biologian aineenopettajaksi opiskelevien asenteita ja valmiuksia genetiikan opetusta kohtaan, tutkittavien joukoksi rajattiin Jyväskylän yliopistossa biologian opettajaopintoja joko pää- tai sivuaineenaan suorittavat opiskelijat. Tutkimukseen osallistuvien tuli myös opiskella Matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa ja olla ilmoittautunut läsnä olevaksi lukuvuodelle 2012-2013. Haastateltaviksi soveltuvien opiskelijoiden haku tehtiin kahden kurssin, OPEA510 ”Ohjattu harjoittelu” sekä BIOA110 ”Kasvi- ja eläinfysiologian perusteet”, suoritusten perusteella. Koska opettajakoulutukseen tulevien opiskelijoiden käsitykset opettamisesta perustuvat lähinnä omiin kokemuksiin oppilaina (Kansanen 2002), hakukriteeriksi valittiin opetusharjoitteluun liittyvä kurssi. OPEA510-kurssin suoritusmerkintä takasi sen, että kaikilla tutkimukseen osallistuvilla oli ainakin jonkin verran opetuskokemusta, ja näin haastateltavien joukko saatiin hieman homogeenisemmäksi. BIOA110-kurssi taas osoitti, että haastateltava on suorittamassa biologian aineopintoja, ja näin ollen hänestä voi tulla biologian aineenopettaja.

Opiskelijarekisterin haun perusteella tutkimukseen soveltuvia opiskelijoita oli 34. Haastattelukutsut lähetettiin sähköpostitse 13.2.2013 ja muistutusviesti 20.2.2013. Vastauksen saimme 27 opiskelijalta. Osa tavoitetuista henkilöistä ei kuitenkaan enää soveltunut tutkimukseen, sillä he olivat jo valmistuneet tai muuttaneet paikkakunnalta, joten lopulliseksi otannaksi muodostui 19 opiskelijaa.

Tutkimukseen suostuneet opiskelijat osallistuivat haastatteluun ja genetiikan taitoja mittaavaan testiin 15.2.–18.3.2013 välisenä aikana. Haastattelutilaisuudessa opiskelijat allekirjoittivat ensin tutkimussuostumuksen (Liite 1), josta he saivat tietoa tutkimuksen tarkoituksesta ja jolla he antoivat luvan käyttää haastatteluissa kerättyä aineistoa tutkimuksessa. Tutkimukseen osallistuvia haastateltiin ensin, ja tämän jälkeen he tekivät genetiikan taitoja mittaavan testin. Testin tekoa varten haastateltaville annettiin 30 minuuttia aikaa.

Litteroiduista haastatteluista kerättiin ensin Likert-asteikollisten kysymysten vastaukset taulukkoon. Tämän jälkeen Likert-asteikollisten kysymysten vastausten perustelut sekä muiden kysymysten vastaukset analysoitiin siten, että vastaukset ja perustelut luokiteltiin niiden eroavaisuuksien ja yhtäläisyyksien perusteella erilaisiin

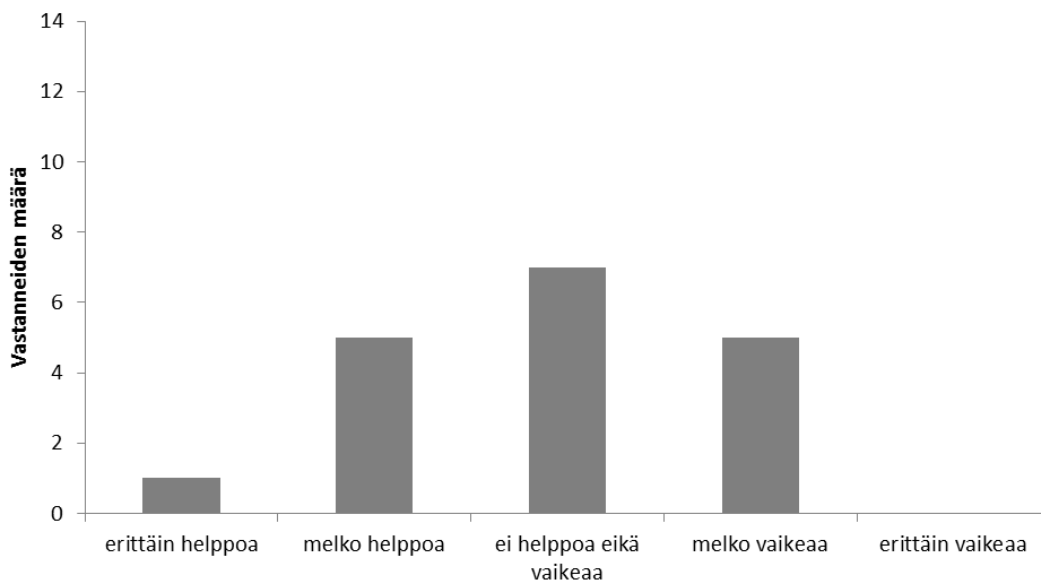
kategoriioihin. Haastattelut analysoitiin luotettavuuden lisäämiseksi kaksivaiheisesti: ensin yksin ja sen jälkeen molempien tekemiä huomioita vertailemalla. Jotta haastatteluja saataisiin hyödynnettyä mahdollisimman laajasti, huomiota kiinnitettiin myös tutkimuskysymysten ulkopuolelle jäävään materiaaliin. Koska tutkimuksen otanta oli melko pieni, emme kokeneet lukumäärien olevan kovin merkityksellisiä tutkimuksen tuloksien kannalta. Mikäli jokin asia oli korostunut vastauksissa, koimme vastaajien lukumäärän olevan kuitenkin mainitsemisen arvoista.

Genetiikan taitoja mittaavan testin mallivastausten (Liite 4) perusteella teimme testin vastauksille pisteytysohjeen (Liite 5). Testit pisteytettiin ohjeen perusteella ensin yksin ja samalla muita vastauksista esille nousseita huomioita merkittiin ylös. Tämän jälkeen pisteytyksiä ja muita huomioita vertailtiin ja lopulliset pisteet taulukoitiin.

Taulukoiduista Likert-asteikollisista vastauksista sekä testin pistemääristä etsittiin tutkimuskysymysten kannalta mielekkäät ja kiinnostavat yhdistelmät, joille tehtiin ei-parametrinen kaksisuuntainen korrelaatiotesti. Näitä yhdistelmiä oli yhteensä 17 kappaletta (Liite 6). Myös yliopistossa käytyjen kurssien määrän yhteyttä haastateltavien asenteisiin ja valmiuksiin testattiin samalla korrelaatiotestillä (Liite 7). Koska vastaukset oli annettu asteikolla, jonka arvot olivat vain kokonaislukuja, testi tehtiin Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimen avulla. Testauksessa käytettiin IBM SPSS Statistics 20 -ohjelmaa. Likert-asteikollisten kysymysten vastauksista laskettiin vielä keskiarvot ja keskihajonnat (Liite 8). Koska otannassa biologiaa sivuaineenaan lukevien osuus oli pieni, emme kokeneet mielekkääksi tehdä tilastollista vertailua pää- ja sivuaineopiskelijoiden välillä.

7. TULOKSET

Kun haastateltavat arvioivat genetiikan oppimisen haastavuutta koko koulu-uran aikana, ei yksikään maininnut genetiikan olevan erittäin vaikeaa (Kuva 2). Vastausten keskiarvo (\bar{X}) oli 2,89 ja keskihajonta (S.D.) oli 0,90. Haastateltavat kokivat, että genetiikka on haasteellista sen eksaktiuden ja matemaattisuuden vuoksi. Genetiikkaan liittyvät käsitteet mainittiin haastavana tekijänä.

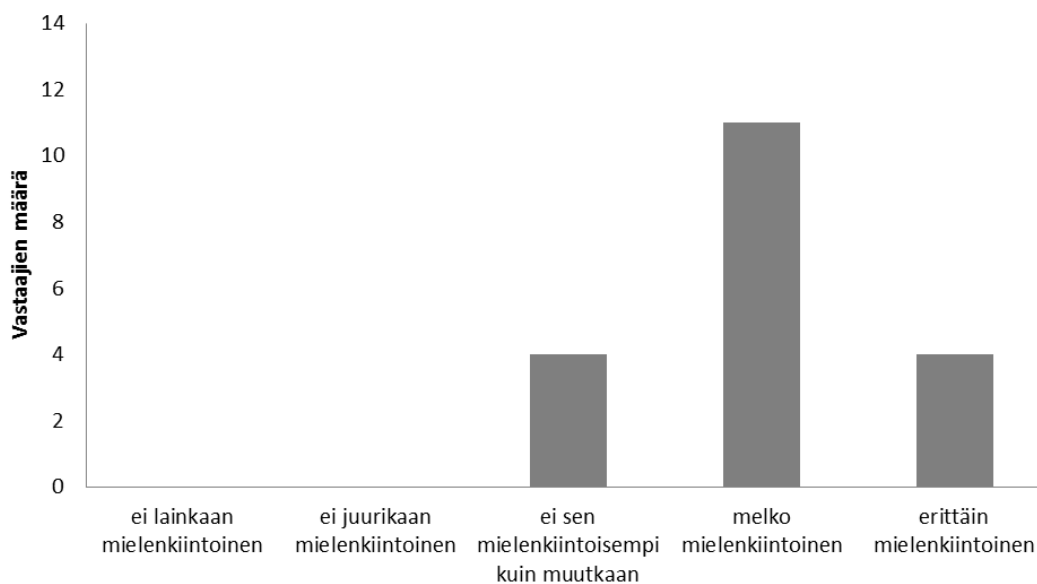


Kuva 2. Kuinka haasteellisena haastateltavat (n = 18) pitivät genetiikan oppimista (kysymys 6).

Suurin osa haastateltavista vastasi pitävänsä genetiikkaa melko tai erittäin mielenkiintoisena aiheena (Kuva 3). Vastausvaihtoehtoja ei lainkaan tai ei juurikaan mielenkiintoinen ei valinnut yksikään haastatelluista ($\bar{X} = 4,00$; S.D. = 0,67). Mitä mielenkiintoisempana aiheena genetiikka koettiin, sitä helpompana myös sen opiskelua pidettiin (Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin eli $r = -0,558$; $p = 0,016$). Mielenkiintoa perustelevat vastaukset jaettiin seuraaviin kategorioihin:

1. mielenkiinto lähtöisin yläkoulun tai lukion kurseista
2. genetiikan asioita voi liittää itseensä
3. genetiikka liittyy tai sitä voi soveltaa moneen asiaan
4. ympäristö vastaan perinnöllisyys -asetelma
5. liittää solun toiminnan näkyviin ominaisuuksiin
6. yhteiskunnallisesti tärkeä aihe
7. loogiset säännöt/matemaattisuus tekee genetiikasta helppoa
8. tulevaisuuden ala

Eniten mainintoja oli yläkoulun tai lukion kurssien vaikutuksesta mielenkiintoon. Samassa yhteydessä mainittiin usein erityisesti opettajan vaikutus mielenkiinnon syntyyn. Genetiikan mainittiin myös liittyvän biologian muihin osa-alueisiin, esimerkiksi lisääntymiseen ja jalostukseen. Genetiikan sovelluksena mainittiin perinnöllisten sairauksien hoito ja tutkimus. Myös genetiikkaan liittyvien yhteiskunnallisten ja eettisten kysymysten koettiin lisäävän mielenkiintoa alaa kohtaan. Koska genetiikka on loogista ja matemaattista, myös risteytystehtävät koettiin mielenkiintoisiksi.



Kuva 3. Kuinka mielenkiintoinen aihe genetiikka haastateltavien ($n = 19$) mielestä on (kysymys 5).

Haastavaa genetiikan aihealuetta kysyttäessä eniten mainintoja sai kytketyt geenit, sillä sen koettiin aiheena rikkovan ensin opeteltua eli mendelististä periytymismallia. Haastateltavat kokivat, että perustaitojen hallinnan on oltava vankalla pohjalla, ennen kuin kytkettyjen geenien periytymistavan voi ymmärtää. Erityisesti uuden yksikön eli senttimorganin sekä geenien etäisyyksien merkityksen hahmottamisen kerrottiin lisäävän oppimisen vaikeutta. Kytkettyjen geenien periytyminen koettiin myös muita periytymismekanismia matemaattisemmaksi.

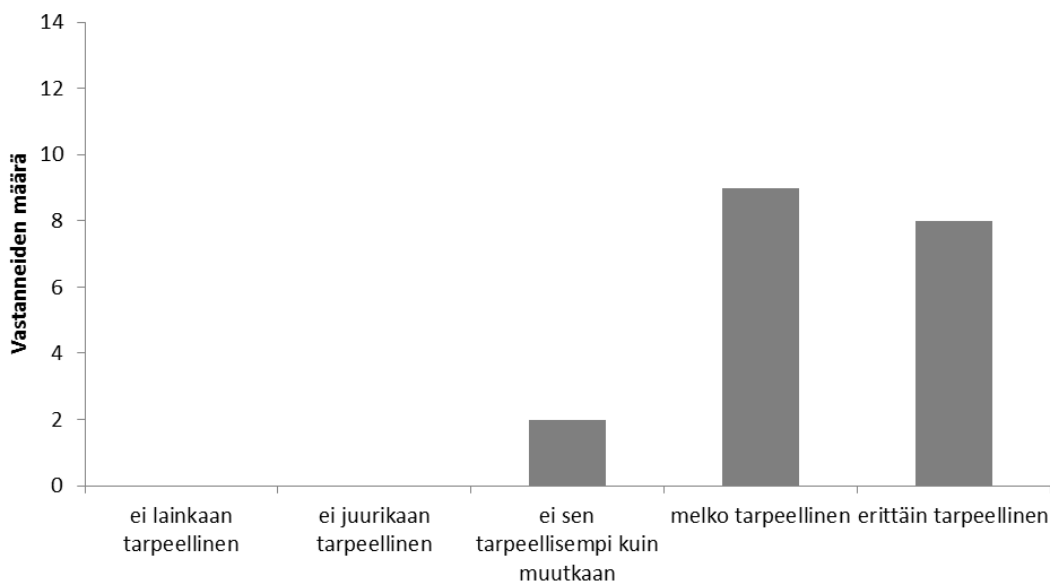
Välimuotoinen ja yhteisvallitseva periytyminen saivat mainintoja, sillä haastateltavat eivät muistaneet, mitä käsitteillä tarkoitetaan. Multippelit alleelit koettiin haastaviksi alleelien hierarkkisuuuden takia. Haastateltavat mainitsivat valmiin listan ulkopuolelta myös seuraavat genetiikkaan liittyvät asiat: ilmentymisen säätely, populaatiogenetiikka, muuntogeenisyys, matemaattisuus ja crossing over. Yhden maininnan sai myös sukupuoleen kytkeytynyt periytyminen. Kaikki haastateltavat eivät kuitenkaan kokeneet mitään genetiikan osa-alueita tai aihetta muita haastavammaksi.

Vastauksissaan haastateltavat mainitsivat myös muita helpompia osa-alueita. Näistä esimerkkeinä olivat mendelistinen periytyminen, välimuotoinen periytyminen, yhteisvallitseva periytyminen, kytketyt geenit sekä multippelit alleelit. Mendelististä periytymistä pidettiin pelkistettynä mallina, josta keksii helposti näkyviä esimerkkejä. Välimuotoinen periytyminen ja multippelit alleelit koettiin helpoiksi ilmiöiksi, mutta nimitykset vaikeiksi muistaa.

Yksikään haastateltavista ei vastannut pitävänsä genetiikkaa ei lainkaan tai ei juurikaan tarpeellisenä (Kuva 4). Genetiikan opettamisen tarpeellisuutta arvioivien vastausten keskiarvo oli 4,32 (S.D. = 0,67). Haastateltavien perustelut genetiikan opettamisen tarpeellisuudesta voitiin jakaa seuraaviin kategorioihin:

1. yleissivistys
2. liittyy tai voi soveltaa moneen asiaan
3. liittyy oppilaaseen itseensä
4. bioteknologia
5. opetussuunnitelman perusteet määrää opetettavan asian
6. mielenkiintoista/motivoivaa oppilaalle
7. valmiudet jatko-opintoihin

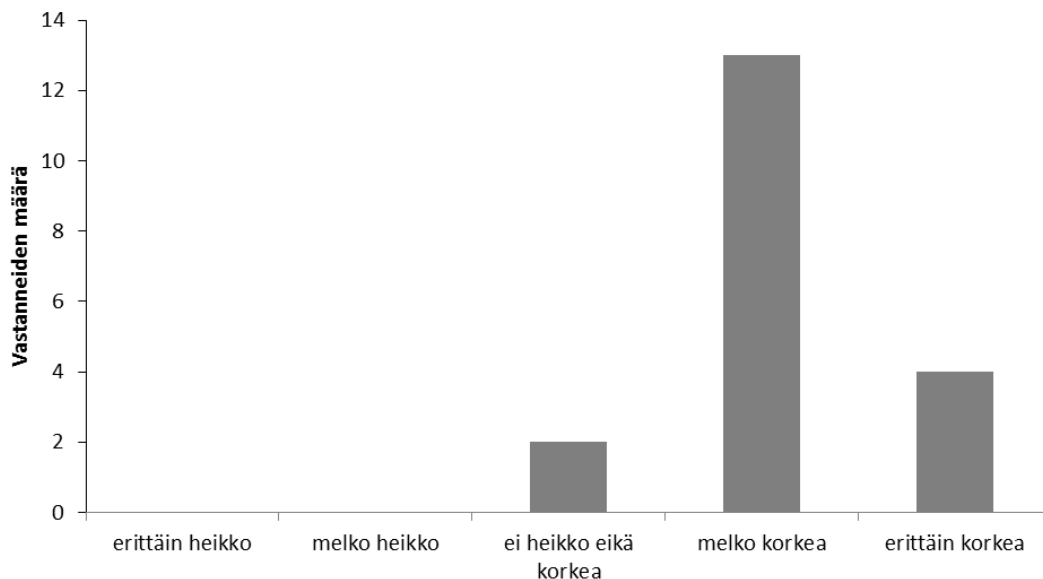
Pelkän yleissivistysmaininnan lisäksi samaan kategoriaan laskettiin kuuluvaksi genetiikan opetuksen vaikutus suvaitsevaisuuden lisääntymiseen. Samoin genetiikan opetuksen antamat mahdollisuudet omien mielipiteiden ja eettisten käsitysten muodostamiseen sekä yhteiskunnalliseen keskusteluun osallistumiseen luokiteltiin kategoriaan yleissivistys.



Kuva 4. Kuinka tarpeellisenä haastateltavat (n = 19) pitivät genetiikan opettamista (kysymys 8).

Perusteltaessa, mihin genetiikkaa tarvitaan, useat haastateltavat mainitsivat jatko-opinnot, ja näihin liittyen erityisesti terveydenhuolto- sekä luonnontieteelliset alat. Muut perustelut voitiin jakaa omien ominaisuuksien ymmärtämiseen, biologian ja erityisesti bioteknologian alan sovellusten ymmärtämiseen sekä yleissivistykseen. Yleissivistyskategoriaan laskettiin mukaan maininnat sairauksien perinnöllisyyden ymmärtämisestä, verenluovutus ja yhteiskunnassa vaikuttaminen.

Tutkimustuloksista selvisi genetiikan opetusmotivaation olevan korkea ($\bar{X} = 4,11$; S.D. = 0,57). Erittäin heikoksi tai melko heikoksi opiskelumotivaatiotaan ei maininnut yksikään vastanneista (Kuva 5). Genetiikka koetaan haastavana teemana, jonka takia sitä pitäisi opettaa selkeästi, jottei oppilaille tule virhekäsityksiä, joita on myöhemmin hankala korjata. Genetiikkaa pidetään myös oppilaita kiinnostavana aiheena, ja siksi myös mielekkäänä opettaa. Jos genetiikan opettaminen koettiin tarpeelliseksi, myös motivaatio sen opettamiseen oli korkea ($r = 0,573$; $p = 0,010$).

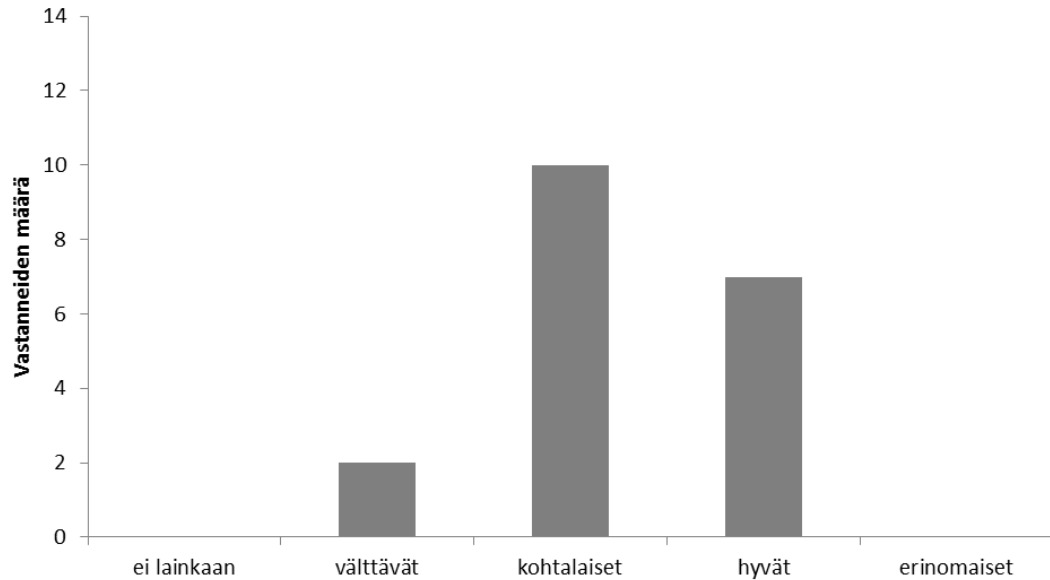


Kuva 5. Haastateltavien (n = 19) oma motivaatio genetiikan opettamiseen (kysymys 10).

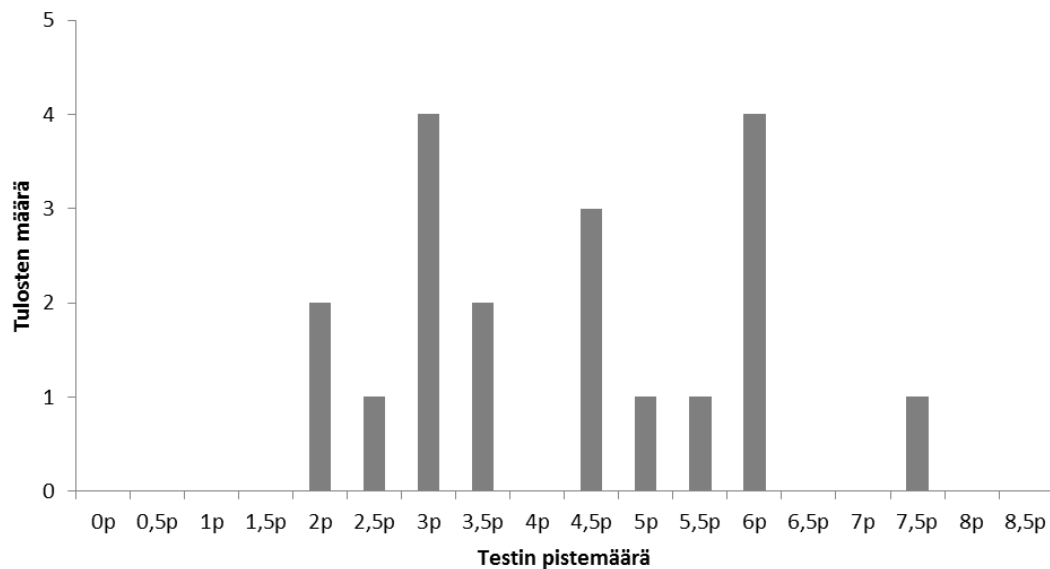
Kysyttäessä haastateltavien vahvuuksia genetiikan opetukseen liittyen eniten mainintoja saivat havainnollistava opetustapa sekä oma tietotaso ja osaaminen. Oppilaiden huomioiminen ja tieto siitä, että genetiikan aiheita pitäisi kerrata ennen opettamista, koettiin myös vahvuuksiksi. Osa koki kertaamisen auttavan myös siinä, että he osaavat poimia ydinasiat ja miettiä oppilaan näkökulmasta opettamista.

Heikkouksista useimmiten mainittiin oma perehtymisen tarve aiheeseen ennen opettamaan lähtemistä. Oma tietotaso ja osaaminen koettiin puutteelliseksi, esimerkiksi termistön hankaluus ja huono tietämys ihmisiin liittyvistä esimerkeistä oli mainittu. Myös ajankäyttö, oppilaiden lähtötason huomioiminen sekä genetiikkaa havainnollistavat opetusmenetelmät koettiin omiksi heikkouksiksi.

Pääsääntöisesti genetiikan opetuksen valmiuksien koettiin olevan kohtalaiset ($\bar{X} = 3,26$; S.D. = 0,65). Haastateltavista kukaan ei kuitenkaan kokenut valmiuksiensa olevan erinomaiset, muttei myöskään kokenut niiden puuttuvan kokonaan (Kuva 6). Valmiuksia mittaavan testin tuloksien keskiarvo oli 4,26 (keskihajonta 1,59). Testin pistemäärällä ja haastateltavien omien valmiuksien arviolla ei ollut merkitsevää yhteyttä ($p = 0,722$). Korkein pistemäärä, joka testistä saatiin, oli 7,5 pistettä ja alin 2 pistettä (Kuva 7).



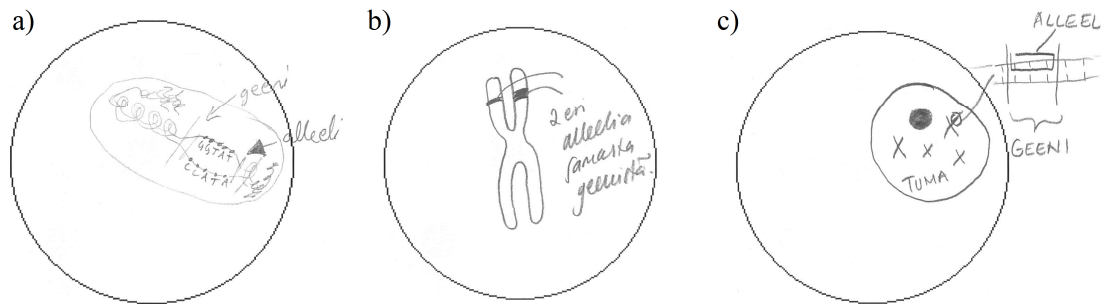
Kuva 6. Haastateltavien (n = 19) arvio omista valmiuksistaan opettaa genetiikkaa (kysymys 13).



Kuva 7. Genetiikan taitoja mittaavan testin kokonaispisteiden jakauma (n = 19).

Testin ensimmäisessä tehtävässä alleeli oli piirretty mallivastauksen kaltaiseksi yhdeksässä vastauksessa. Virheellisissä piirroksissa alleeli oli kuvattu geenin osana, eri alleelit oli piirretty sisarkromatideihin tai alleeli oli kuvattu geenin toisena vastinjuosteena (Kuva 8). Virheellisiksi vastauksiksi tulkittiin myös vain yhden kromosomin piirtäminen, sillä kuvasta ei voitu tulkita sitä, oliko alleeli ymmärretty oikein. Kiinnitimme huomiota myös siihen, että kromosomit oli kuvattu usein jakautumisvaiheessa. Neljässä testissä selitys oli oikea, mutta kuva virheellinen ja yhdessä kuva oli osattu piirtää oikein, mutta selitys oli ollut väärä. Geenin ja alleelin eron oli osannut selittää 12 vastanneista. Myös sanallisissa selityksissä yleisin virhe oli alleelin kuvaaminen geenin osana. Yhdessä vastauksessa geeni-käsite oli kuvattu seuraavasti: *“Geeni on useita alleleja sisältävä*

perimäaineksen (DNA) katkeamaton 'nauha'". Muutamassa vastauksessa eroa geenin ja alleelin välillä ei osattu selittää.

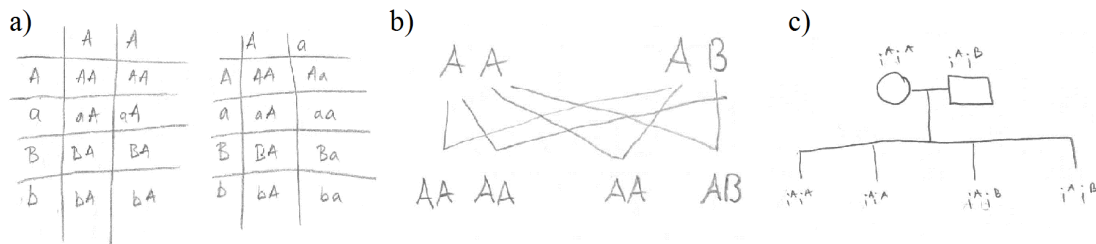


Kuva 8. Haastateltavien virheellisiä piirroksia alleelistä. Virheellisissä vastauksissa alleelit oli kuvattu geenin osana (a), sisarkromatideissa (b) tai geenin vastinjuosteena (c).

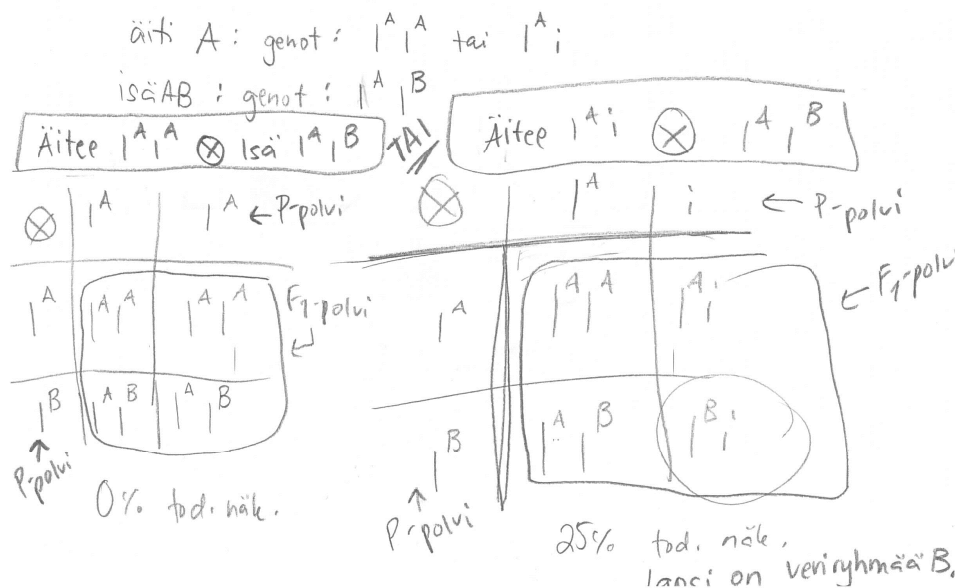
Toisen tehtävän a-osassa yhdeksän osasi selittää perustelut resessiivisyydelle ja kaksi perustelut sille, miksi ominaisuus periytyy X-kromosomiin kytkeytyneesti. Toisen tehtävän b-osassa kolme osasi selittää perustelut autosomaaliselle dominoivalle periytymiselle, yksi osasi perustella, miksei ominaisuus periydy dominoivasti ja X-kromosomiin kytkeytyneenä sekä kaksi osasi perustella, miksei ominaisuus periydy resessiivisesti ja X-kromosomiin kytkeytyneenä. Dominoivuutta perusteltiin usein virheellisesti sillä, että ominaisuus ilmenee jokaisessa sukupolvessa. Testissä ilmeni myös, että useilla opiskelijoilla oli virheellinen käsitys, että sukupuoleen kytkeytynyt ominaisuus periytyisi vain toisella sukupuolella.

Tarkistaessamme testejä huomasimme, että käsite autosomaalinen oli unohtunut tai sekoittunut somaattinen -käsitteeseen tai siitä käytettiin mendelistinen periytyminen - ilmaisu. Testistä ei ollut selitteellä ilmaistu neliön ja ympyrän kuvaamia sukupuolia, jolloin osa tekijöistä varmisti asian vielä testiä tehdessään. Kaikki kuitenkin päätyivät oikeaan päätelmään merkintöjen suhteen. Testissä ei pyydetty merkitsemään sukupuussa olevien henkilöiden genotyyppejä, mutta osa tekijöistä oli näin kuitenkin tehnyt. Kiinnitimme huomiota siihen, että sukupuolikromosomeihin kytkeytyneiden alleelien merkitsemistapa oli usein virheellinen. Useissa vastauksissa myös Y-kromosomiin kytkeytynyt periytyminen oli suljettu pois. Tästä emme kuitenkaan antaneet pisteitä sen ilmeisen periytymistavan takia.

Tehtävässä kolme vastaajista neljä osasi perustella, miksi lapsi ei voi olla B-veriryhmää ja kolme oli osannut perustella, miksi lapsi kuuluisi 25 prosentin todennäköisyydellä B-veriryhmään. Yhdeksän oli osannut perustella molemmat mahdollisuudet. Tässäkään tehtävässä alleelien merkintätavat eivät olleet standardien mukaisia, mutta koska useimmat käyttivät i-kirjainta merkitessään O-veriryhmää, päätelimme, että monilla oli vakiintuneesta merkintätavasta jonkinlainen muistikuva. ABO-veriryhmien periytymismekanismi oli useimmilla kuitenkin tiedossa, ja se näkyi myös vastauksissa, joista ei saanut pisteitä lopullisen tuloksen ollessa väärä. Vaikka tehtävänannossa pyydettiin vastausta risteytyskaaviossa, niiden piirtämisessä oli useampia tapoja tai niitä ei piirretty ollenkaan (Kuva 9). Oikeanlaisia risteytyskaavioita (Punnett square) oli käyttänyt 10 testin tekijöistä (Kuva 10).



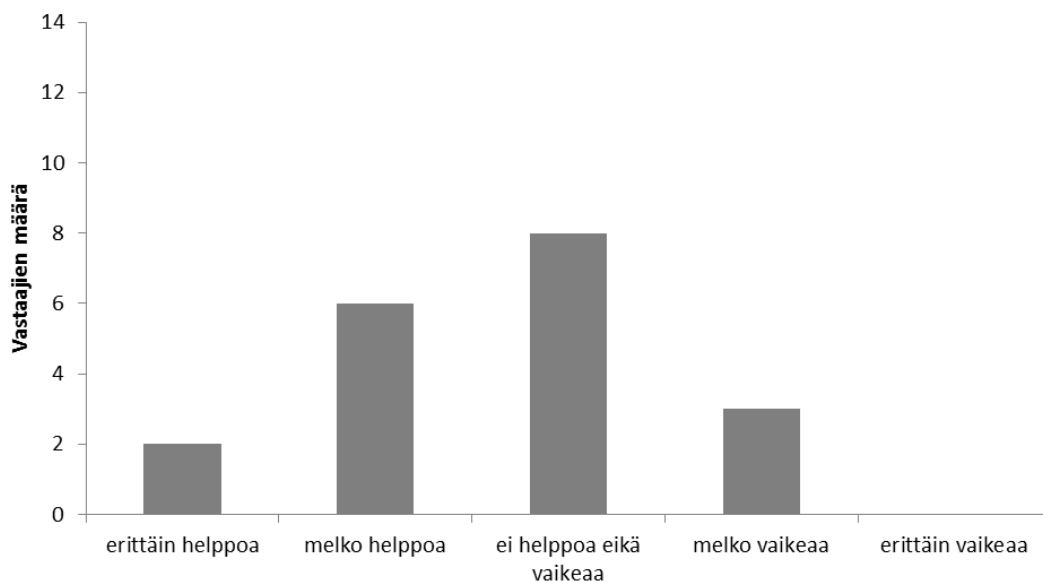
Kuva 9. Haastateltavien piirtämiä erilaisia tulkintoja risteytyskaavioista. Gameetteja ei oltu osattu sijoittaa oikein risteytyskaavioon (a), gameetit oli yhdistetty viivoiin (b) tai ratkaisu oli kuvattu sukupuun tyyppisesti (c).



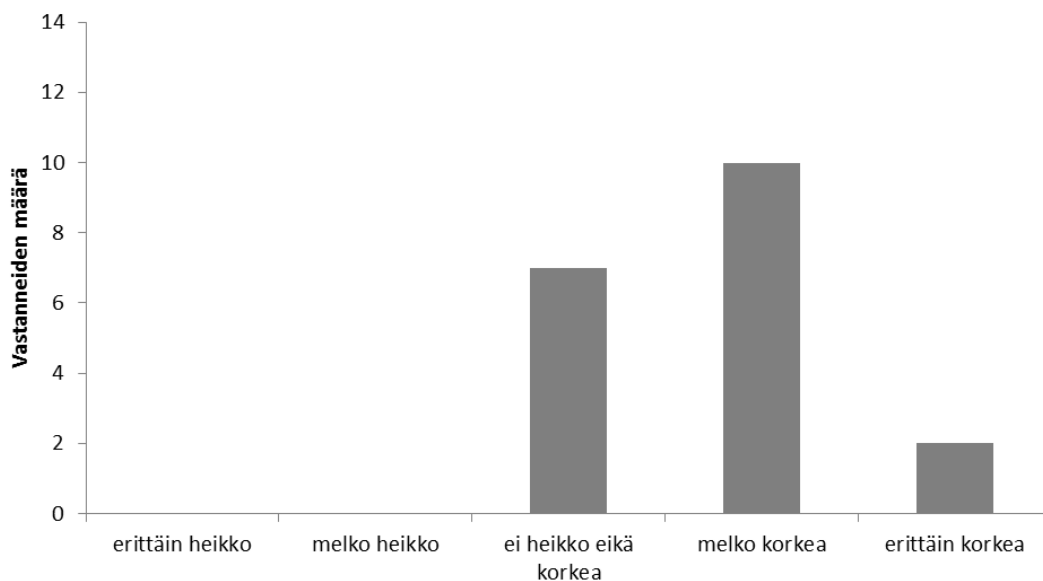
Kuva 10. Haastatellun piirtämä yleisen ohjeen mukainen risteytyskaavio.

Haastateltavat, jotka ilmoittivat käyneensä vain tutkintoonsa pakollisina kuuluvat genetiikan kurssit, perustelivat tätä useimmiten ajan puutteella. Muita syitä olivat kiinnostuksen puute genetiikkaa kohtaa, jatkokursseista ei nähty olevan hyötyä tai ne olivat liian vaativia. Yksi ei osannut kertoa mitään erityistä syytä. Haastateltavista kuusi oli käynyt omiin tutkintovaatimuksiinsa kuulumattomia genetiikan kursseja, ja heistä kaikki perustelivat kurssien suorittamista mielenkiinnolla genetiikkaa kohtaan. Muiksi syiksi kerrottiin opintopisteiden suuri määrä, kurssin helppous sekä kurssin kokeminen hyödylliseksi oman ammattitaidon kannalta. Haastateltavat eivät tarkasti muistaneet kurssien suorituksen ajankohtia.

Yliopiston genetiikan kursseja ei koettu erityisen haastaviksi ($\bar{X} = 2,63$; S.D. = 0,90). Haastelluista yksikään ei kokenut kursseja erittäin vaikeiksi (Kuva 11). Käytyjen yliopistokurssien koettua vaikeustasoa perusteltiin kurssista saadulla arvosanalla, omalla lähtötasolla, tehtävien tekoon käytetyllä ajalla ja sillä, että kurssi oli koettu kivaksi. Tutkimustuloksista selvisi genetiikan opiskelumotivaation olevan korkea ($\bar{X} = 3,74$; S.D. = 0,65). Erittäin heikoksi tai melko heikoksi opiskelumotivaatiotaan ei maininnut yksikään vastanneista (Kuva 12).

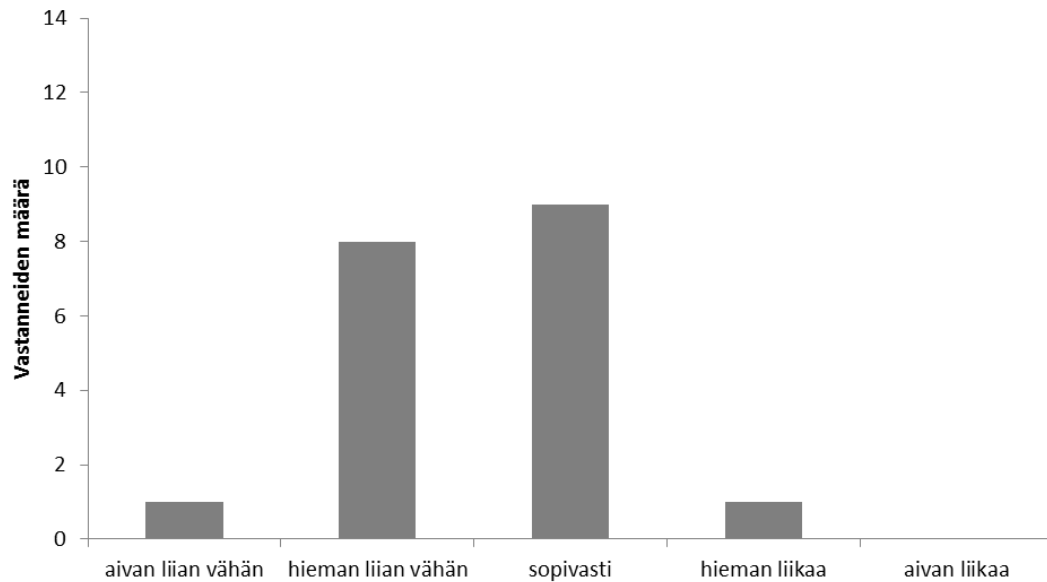


Kuva 11. Haastateltavien (n = 19) kokemus yliopiston genetiikan kurssien vaikeudesta (kysymys 4).



Kuva 12. Haastateltavien (n = 19) oma motivaatio genetiikan opiskeluun (kysymys 9).

Arvioitaessa yliopiston genetiikan kurssien määrän riittävyyttä, haastateltavista yhdeksän koki saaneensa sopivan määrän genetiikan opetusta (Kuva 13). He perustelivat opetuksen riittävyyttä sillä, että he kokivat saaneensa riittävät tiedot ja taidot lukiotasolle sekä valmiudet ymmärtää genetiikkaa ja selviytyä oppitunneista. Kuitenkin useampi heistä mainitsi joutuvansa kertaamaan genetiikan aiheita ennen niiden opettamista koulussa. Aivan liian vähän tai hieman liian vähän genetiikan opetusta yliopistossa koki saaneensa yhdeksän haastatelluista. Käytyjen kurssien määrä ei ollut yhteydessä haasteltavien asenteisiin tai valmiuksiin.



Kuva 13. Haastateltavien (n = 19) kokemus yliopistossa saadun genetiikan opetuksen määrän riittävydestä (kysymys 11).

Laajempaa genetiikan opetusta yliopistossa toivottiin, sillä genetiikkaa pidettiin eksakteimpina koulussa opetettavista biologian aiheista. Haastateltavat kokivat myös, että opettajan tietopohjan tulisi olla laajempi kuin oppilaille opetettavan asian. Yliopiston genetiikan kurssien ei koettu antavan riittäviä valmiuksia opettaa lukion valinnaisia kursseja, joilla käydään läpi erilaisia tutkimusmenetelmiä. Haastateltavat kokivat myös genetiikan perus- ja jatkokurssien välisen tasoeron liian suureksi ja perustelivat tällä, miksi kynnys jatkokurssille menemiseen oli liian suuri. Opiskelijat kokivat myös, että yliopiston opettajat saattavat olettaa opiskelijoiden tietävän genetiikkaan liittyviä asioita, jotain peruskursseilla ei ole opetettu. Yksi haastateltava oli kokenut yliopiston genetiikan kurssien tietotason menevän yli sen tason, mitä lukion opettaja tulee opetuksessaan tarvitsemaan, ja tästä syystä hän arvioi yliopistossa olleen hieman liikaa genetiikan opetusta.

Haastatelluista 17 oli kokenut yliopiston genetiikan opinnot hyödyllisiksi tulevan opettajuutensa kannalta. He olivat kokeneet kiinnostuksensa genetiikkaa kohtaan lisääntyneen. Opintojen koettiin antavan hyvän pohjan opettajuutta varten sekä lisänneen varmuutta. Jälleen kävi ilmi, että haastateltavat kokivat kertauksen olevan tarpeen ennen genetiikan opettamista koulussa. Genetiikka koettiin myös yhdeksi suurista kokonaisuuksista, jota koulussa tullaan opettamaan. Yksi opiskelija oli myös kokenut, että genetiikan opinnoissa oli käsitelty opetussuunnitelman perusteissa olevia asioita.

Haastatelluista kaksi oli kokenut, että yliopiston genetiikan opinnot eivät olleet tulevan opettajuuden kannalta hyödyllisiä. Toinen vastanneista koki, että genetiikan perusteet -kurssi ei tarjonnut lukiossa opittujen tietojen syventämistä, kun taas toinen koki aiheiden menevän yli lukiotason. Yliopiston genetiikan opintojen koettiin myös käsittelevän genetiikkaa eri näkökulmasta kuin lukiossa, jossa opetuksen koetaan painottuvan pitkälti risteytystehtäviin.

Kysyttäessä, kuinka yliopiston genetiikan opetusta voisi kehittää, eniten toivottiin aineenopettajille suunniteltuja omia kursseja (9 vastausta). Tällaisen kurssin tulisi sisältää esimerkkejä konkreettisista ja havainnollistavista työtavoista tai koulutöistä. Kurssilla pitäisi käydä läpi niitä asioita, joita koulussa käydään, ja joita opetussuunnitelma sisältää.

Samalla voitaisiin käydä läpi virhekäsityksiä sekä kysymyksiä, joita oppilailta voi opetustilanteissa tulla. Opiskelijat kaipasivat myös risteytystehtävien suunnittelua, jolloin nähtäisiin oppilaille vaikeat kohdat ja vältyttäisiin virheiltä. Genetiikan kursseista haluttiin dialogisempia, ja niihin toivottiin tehtäviä tai harjoituksia.

Opiskelijat toivoivat myös enemmän pakollisia genetiikan kursseja. Genetiikan opetuksen määrää ei kuitenkaan haluttu lisätä kirjatenteillä. Opiskelijat pohtivat myös, olisiko mahdollista pitää genetiikan oppitunteja opetusharjoittelussa. Lisäksi genetiikan valinnaisten kurssien koettiin kaipaavan lisää mainostamista. Koska genetiikan perusteiden ja jatkokurssien tasoero koettiin liian suureksi, kaivattiin myös välitasoista kurssia. Opiskelijat kuitenkin tiedostivat oman vastuunsa ja oma-aloitteisuuden merkityksen. Yksi haastateltava ei kokenut, että yliopistossa voitaisiin parantaa hänen genetiikan opettamisen valmiuksiaan millään tavalla.

Yli puolella haastateltavista oli jonkinlaisia mielikuvia siitä, mitä peruskoulun tai lukion opetussuunnitelman perusteissa saattaisi tai pitäisi olla mainittuna genetiikan opetukseen liittyen, mutta varmuutta käsityksistä ei ollut. Seuraavat aiheet saivat mainintoja tai niitä veikattiin:

- o käsitteiden opetus
- o perinnöllisyyden perusteet
- o perinnöllisyysmekanismit
- o risteytys
- o lisääntymisen geneettiset perusteet
- o DNA:n rakenne
- o sukusolut
- o bioteknologia

Tietojen heikkoa tasoa perusteltiin sillä, ettei genetiikkaa oltu opetettu tai haastateltavat eivät kokeneet, että heidän tulisi osata ulkoa opetussuunnitelman perusteita, sillä vaatimukset voi aina tarkistaa.

Kun haastateltavia, joiden pääaineena oli biologian opettajankoulutus, verrattiin niihin, jotka opiskelevat biologian opettajaopintoja sivuaineenaan merkittäviä vastauksissa ei havaittu. Vertailtaessa keskiarvoja kyseisten ryhmien välillä kiinnitimme kuitenkin huomiota haastateltavien kokemuksiin yliopiston genetiikan kurssien vaikeudesta (kysymys 4). Havaitsimme, että biologian opettajaopintoja sivuaineenaan opiskelevien vastauskeskiarvo oli 2,2, kun taas pääaineopiskelijoiden 3,11 eli pääaineopiskelijat pitivät yliopiston genetiikan kursseja helpompina. Omaa motivaatiota opettaa genetiikka arvioitaessa (kysymys 9) biologian opettajaopintoja pääaineenaan lukevien keskiarvo oli korkein ($\bar{X} = 4,33$), seuraavaksi korkein oli kemiaa pääaineenaan lukeneilla ($\bar{X} = 4,25$) kun taas alhaisin keskiarvo oli muilla bio- ja ympäristötieteiden laitoksen pääaineita lukevilla opiskelijoilla ($\bar{X} = 3,67$). Testin tulosten keskiarvoa verrattaessa järjestys oli sama, jolloin keskiarvot olivat 4,78; 4,00 ja 3,67. Omia valmiuksia arvioidessa ainoastaan kemian pääaineopiskelijat vastasivat omaavansa välttävät valmiudet opettaa genetiikkaa.

8. TULOSTEN TARKASTELU

Verrattaessa tuloksia hypoteeseihin, ei tässä tutkimuksessa saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia, jotka tukisivat hypoteesien paikkansapitävyyttä. Hypoteesina oli, että genetiikan opettamisen valmiuksien ollessa hyvät myös asenne opetusta kohtaan on positiivinen. Kuitenkaan verrattaessa haastateltavien arviota valmiudestaan opettaa genetiikkaa sekä sen opettamisen motivaatiota, ei näiden välillä löytynyt yhteyttä. Toisena hypoteesina oli, että opettajaopiskelijoiden yliopistossa suorittamien genetiikan kurssien määrän tulisi

korreloida positiivisesti asenteen ja opetusvalmiuksien kanssa. Tämänkään hypoteesin suhteen ei saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia.

Kolmantena hypoteesina oli, että opiskelijan pääaineella olisi yhteys sekä asenteeseen että opetusvalmiuksiin. Aineiston pienuuden takia pääaineiden välistä tilastollista vertailua ei kuitenkaan tehty. Verrattaessa Likert-asteikollisten kysymysten keskiarvoja silmämääräisesti, erot olivat pieniä, mutta kiinnitimme huomiota testin tuloksen ja opetusmotivaation keskiarvoihin. Biologian opettajakoulutuksen pääaineopiskelijoiden muita korkeampaa opetusmotivaatiota voitaisiin selittää varhaisella pedagogisten opintojen valinnalla. Jos pedagogiset opinnot on valittu tutkijakoulutuksen rinnalle, opettajan ura ei välttämättä ole ensimmäinen vaihtoehto työelämään siirryttäessä. Tällöin opettajaidentiteetillä on ollut suhteellisen vähän aikaa muodostua verrattuna biologian opettajankoulutusta pääaineenaan opiskeleviin opiskelijoihin. Kemian pääaineopiskelijoilla oli muita sivuaineopiskelijoita korkeammat opetusmotivaation ja testin keskiarvot. Koska kemian pääaineopiskelijoita saatiin haastattelun kuitenkin vain neljä, saattoi tutkimukseen valikoitua muita motivoituneempia ja taidoistaan varmempia opiskelijoita. Tämä voi vaikuttaa myös heidän opetusmotivaation ja testin keskiarvoihin.

Mielenkiintoista oli, että opiskelijat kokivat omat valmiutensa hyviksi, vaikka yliopiston genetiikan kurssien käymisestä useimmilla oli pitkä aika, eivätkä genetiikan taitoja mittaavan testin pistemäärät olleet kovin korkeita. Haastatelussa tuli usein ilmi, että valmiuksien kokeminen hyviksi oli enemmän yhteydessä siihen, kuinka haastateltavat kokivat voivansa itse kerrata asian kuin tämän hetkiseen tietotasoon. Omia valmiuksia saatettiin arvioida myös siitä näkökulmasta, millainen oman valmiustason arvioitiin olevan valmistumisen jälkeen ja työelämään siirryttäessä. Yliopiston opettajankoulutus saattaa luoda tarpeen oman opetuksensa kehittämiseen (Väljärvi ym. 2007). Oman kertaamisen tarpeen tunnistaminen on varmasti tuleville opettajille tärkeää ja hyödyksi, mutta jos vielä yliopistosta valmistuessa on virhekäsityksiä esimerkiksi peruskäsitteistä, kuten geeni ja alleeli aivan kuten tässä tutkimuksessa todettiin, auttaako itsenäinen kertaaminen näiden virhekäsitysten korjaamiseen? Jos opettettavan aiheen kertaaminen tulee perustumaan peruskoulun ja lukion oppikirjoihin, jää se vaara, että oppikirjojen virheitä ei huomata, ja ne siirtyvät opetuksen myötä oppilaille. Testin ja omien valmiuksien kokemuksen välisen yhteyden puuttuminen saattaa myös olla seurausta siitä, että testi mittasi valmiuksia huonosti.

Koska genetiikan opettamisen motivaatiolla ja genetiikan opetuksen tarpeellisuuden kokemuksella oli tutkimuksen mukaan tilastollisesti merkitsevä yhteys, niin tällöin voisi ajatella, että opettajaopiskelijoiden olisi tärkeää oppia tietämään, mihin näitä genetiikan tietoja ja taitoja yhteiskunnassa tarvitaan. Vaikka genetiikan opettamista pidettiin tarpeellisena, haastateltavat eivät osanneet mainita kovinkaan montaa asiaa tai sovellusta, johon genetiikkaa tarvittaisiin. Koska tarpeellisuutta arvioitaessa kukaan ei ollut maininnut genetiikan olevan ei lainkaan tai ei juurikaan tarpeellinen, voisi ajatella, että tulevaan opettajaan kohdistuva sosiaalinen paine estää häntä kuvailemasta opettettavaa aihetta tarpeettomaksi. Myös Hirsjärvi & Hurme (2008) olivat todenneet, että haastattelussa voidaan antaa vastauksia, joiden ajatellaan olevan sosiaalisesti hyväksytyjä. Varsin vähän keksittiin esimerkiksi vastauksia siihen, mihin oppilas voisi tulla näitä taitoja tarvitsemaan. Genetiikan opetuksen tarpeellisuutta oli perusteltu muun muassa sen yleissivistyksellisellä merkityksellä, mutta onko tämä riittävä perustelu ja motivointikeino peruskoulun ja lukion oppilaille? Myöskään genetiikan tarpeellisuus biologian alan yliopisto-opinnoissa tuskin herättää koko luokan kiinnostusta aiheeseen.

Toisaalta haastatellut olivat löytäneet syvällisiäkin merkityksiä genetiikan opettamiselle, kuten suvaitsevaisuuden lisääntyminen ja eettisten kysymysten pohdinta.

Eettisesti vastuukykyiseen yhteiskunnan jäsenyyteen kasvamisen tukeminen sekä tasa-arvoisuuden edistäminen on jo Perusopetuslaissa (1998/628) mainittu koulutuksen tavoite. Myös Childs (1983) oli perustellut genetiikan opetusta filosofisilla syillä, joista yhtenä oli erilaisuuden ymmärtäminen. Haastateltavat kokivat myös genetiikan tietojen olevan tärkeitä oman mielipiteen muodostamisessa, esimerkiksi kloonaukseen ja geenimanipulointeihin ruoka-aineisiin liittyen. Eräs haastateltava oli yhdistänyt aiheen jopa yhteiskunnallisen vaikuttamisen tasolle ja politiikkaan. Haastateltavat olivat kokeneet genetiikan tarpeelliseksi itsetuntemuksen takia, sillä genetiikan pohjalta voidaan miettiä omien piirteiden lähteitä. Oppilaaseen itseensä liittyvien aiheiden koettiin kiinnostavan oppilaita, ja haastatteluissa ilmeni myös, että syy genetiikan opetukselle voi olla sen mielenkiinto ja sen motivoivuus oppilaalle. Genetiikan tiedoilla koettiin olevan hyvin laajat sovellusmahdollisuudet.

Jos genetiikan opiskelu koettiin mielenkiintoiseksi, sen opiskelu koettiin helpoksi. Tämä antaa viitteitä siitä, että mielenkiintoista aihetta on helpompi opiskella. Asian voi ajatella myös toisin päin, eli helposti opittava aihe voi lisätä myös mielenkiintoa aihetta kohtaan. Genetiikan mielenkiintoa perusteltiin hyvin samalla tavalla kuin genetiikan opettamisen tarpeellisuutta. Merkittävää oli myös se, miten yläkoulun ja lukion kurssit sekä biologian opettaja vaikuttivat mielenkiintoon vielä vuosia myöhemminkin. Innostavan opettajan oli nähty olevan kiinnostunut genetiikasta, jolloin kiinnostus oli tarttunut myös haastateltaviin. Yllättävää oli, että mielenkiinnolla ei ollut yhteyttä genetiikan opiskelun tai opettamisen motivaatioon. Jos genetiikka on koettu liian helpoksi aiheeksi, tämä on saattanut alentaa motivaatiota. Haastattelussa ilmeni myös, että opiskelumotivaatioon yliopiston genetiikan kursseilla vaikutti se, että asiat olivat jo tuttuja jo lukiosta.

Kysyttäessä genetiikan vaikeita aiheita mielenkiintoista oli, että välimuotoinen ja yhteisvallitseva periytyminen saivat useita mainintoja, mutta samat periytymismekanismit mainittiin myös helpoimpina opittavina. Yksi haastatelluista kuvasi välimuotoisen periytyksen olevan ilmiönä helppo ymmärtää, mutta käsitteenä vaikea muistaa. Tämä voi selittää sitä, miksi välimuotoinen ja yhteisvallitseva periytyminen ovat saaneet mainintoja vaikeimpina aiheina. Useat näin vastanneet kuitenkin sanoivat, etteivät varsinaisesti muista, mitä nämä käsitteet tarkoittavat. Ennen listan antamista haastateltaville, useat mainitsivat haastavimmaksi asiaksi genetiikassa perinnöllisyyden. Tämä saikin meidät pohtimaan sitä, kuinka laajana käsitteenä genetiikka koetaan. Genetiikkaan oli yhdistetty esimerkiksi DNA -rakenne, minkä emme koe olevan suoranaisesti genetiikkaa, vaan molekyylibiologiaa, vaikka liittyikin genetiikkaan läheisesti.

Pohdimme myös, olisiko haastattelun tulokset voineet olla erilaisia, jos genetiikan sijasta olisi käytetty sen synonyymia perinnöllisyystiede. Kuulostaako lainasana kenties matemaattisemmalta tai enemmän solutasoa tutkivalta tieteeltä kuin perinnöllisyystiede? Endeemisessä sanassa periytyksen tutkiminen tulee ainakin hyvin ilmeisesti esiin. Genetiikan hierarkkisuus sai myös useita mainintoja. Mendelistisen periytyksen koettiin olevan pohjapilarina kaikille monimutkaisemmille periytymismekanismeille. Hierarkkisuus tuo kuitenkin opettajalle melkoisen vastuun, sillä perusasiat on opetettava niin, ettei väärinkäsityksiä synny. Kytkeytyen geenien koettiin olevan haastava genetiikan aihe, sillä sen koettiin poikkeavan tästä hierarkkisuudesta.

Mietimme, kuinka genetiikan opiskelumotivaatioon vaikuttaa se, että kurssit oli jo käyty, verrattuna siihen, että kurssit olisivat vasta tulossa tai niitä suoritettaisiin parhaillaan. Koska haastateltavien yliopiston genetiikan kurssien käymisestä oli kulunut jo useita vuosia, on mahdollista, että vastauksissa on vääristymiä, jotka johtuvat muistamisesta. Esimerkiksi yliopistokurssien vaikeuden arviointi on voinut liittyä

vahvemmin saatuun arvosanaan kuin itse kurssin aikana koettuun vaikeuteen. Myös mielenkiinto genetiikkaa kohtaan voi liittyä vuosia sitten käytyyn kurssiin.

Vaikka genetiikka onkin useiden tutkimusten mukaan todettu haastavaksi aiheeksi oppia (Finley ym. 1982, Smith 1988, Bahar 1999, Pykäläinen 2006), tähän tutkimukseen osallistuneet eivät pitäneet sitä sen helpompana tai vaikeampana kuin muitakaan biologian aiheita. Tähän saattaa olla syynä se, että muissa tutkimuksissa genetiikan oppimisen haasteellisuutta ovat arvioineet opettajat, kun taas tässä tutkimuksessa haasteellisuutta arvioivat opettajaksi opiskelevat. Heillä ei välttämättä ole kertynyt opetuskokemusta lainkaan genetiikan aiheista, jolloin he mahdollisesti arvioivat haasteellisuutta vain omien oppimiskokemustensa pohjalta, eivätkä he arvioi sitä oppilaiden yleisen tason kannalta. Eräs haastateltavista kuvailikin, että omakohtainen kokemus genetiikan haasteellisuudesta oli muuttunut opetusharjoittelussa pidettyjen tuntien myötä.

Tutkimukseen osallistuvat saattoivat arvioida genetiikan yllättävän helpoksi aiheeksi oppia, sillä sitä ei verrattu mihinkään muihin biologian osa-alueisiin, niin kuin on tehty muissa tutkimuksissa (Finley ym. 1982, Bahar ym. 1999). Vaikka vertailua ei haastattelijoiden aloitteesta tehty, niin haastateltavat ovat kuitenkin itse voineet verrata genetiikkaa muihin aiheisiin. Haastattelukysymyksiä muokattaessa pohdimme, olisiko haastavuutta tullut verrata esimerkiksi evoluutioon. Päädyimme kuitenkin siihen, ettei yhteen osa-alueeseen tai teoriaan vertaaminen antaisi kovin kattavaa kuvaa haastavuudesta ja koimme, että useampaan aihealueeseen vertaaminen taas lisäisi haastattelun pituutta liikaa.

Haastattelua olisi voinut kehittää useilla tavoilla. Genetiikka-käsitteen olisi voinut avata haastattelun aluksi tutkimukseen osallistuville, jolloin epäselvyyksiä käsitteen sisällöstä ei olisi syntynyt. Vaihtoehtoisesti haastateltavat olisivat testin aikana voineet määrittellä genetiikka-käsitteen yhtenä kysymyksenä. Näin olisimme saaneet kuvan siitä, kuinka haastateltavien käsitykset genetiikasta vaikuttavat heidän asenteisiinsa ja omien valmiuksiensa arviointiin. Haastattelukysymykset olisivat voineet myös suuremmin kysyä tutkimuskysymysten aiheita, sillä haastattelukysymyksiä muokatessa kysymysmuodot olivat saattaneet muuttua epäsuoremmiksi. Haastattelukysymysten määrääkin olisi voinut lisätä muutamalla, sillä haastattelun kesto olisi todennäköisesti tästäkin huolimatta pysynyt alle 30 minuutissa. Tutkimuksen luotettavuutta olisi voinut myös lisätä kysymällä samaa asiaa eri sanamuodoilla. Tämä olisi kuitenkin voinut kasvattaa kysymysten määrän liian suureksi. Tutkimus olisi varmasti ollut luotettavampi ja vastannut varmasti paremmin tutkimuskysymyksiin, jos haastattelijat olisi ensin koulutettu tähän työhön, kuten useissa haastattelujen teoriaa käsittelevissä teoksissa on mainittu (Hirsjärvi & Hurme 2008, Kuula 2011). Kummallakaan meistä ei ollut aiempaa kokemusta haastattelujen suorittamisesta.

Yllättävää testin tuloksissa oli, kuinka paljon virhekäsityksiä alleeli-käsitteen määrittelyssä oli. Samankaltaista tehtävää käyttäneessä tutkimuksessa Banet & Ayuso (1999) saivat joitakin samanlaisia tuloksia, esimerkiksi saman geenin eri alleelit oli merkitty sisarkromatideihin. Useissa vastauksissa, sekä kuvissa että sanallisissa määritelmässä, ilmeni tulkinta, että alleeli olisi geenin osa tai jopa DNA:n toisen vastinjuosteen osa. Varhain saadut virhekäsitykset ovat saattaneet jäädä vallitseviksi, jos yliopiston kursseilla peruskäsitteiden hallinnan on oletettu olevan kunnossa. Tällöin kyseisiä käsitteitä ei ole välttämättä perusteellisesti käsitelty tai niitä ei ole määritelty ollenkaan. Virhekäsitykset saattavat olla myös oppikirjoista peräisin. Geeni ja alleeli sanaa käytetään synonyymeina oppikirjoissa, joka vaikeuttaa käsitteiden oppimista (Radford & Bird-Stewart 1982). Vastauksista kävi myös esille, että toisena virhekäsityksenä alleeleihin liittyen oli se, että niitä on aina vähintään kaksi. Geenin ja alleelin eroa selittäessä useat olivat selvittäneet määritelmänsä jollakin esimerkillä. Syy siihen, miksi alleelien

sanallinen määrittely oli useammin oikein kuin piirros, voisi olla se, että sanallinen määritelmä voi olla opeteltu ulkoa esimerkiksi oppikirjojen käsitteistöistä tai opettajan antamasta määritelmästä. Tällöin varsinainen asian ymmärtäminen on voinut jäädä puutteelliseksi, ja sen toisenlainen kuvaaminen voi olla hankalaa.

Tehtävässä kaksi, jossa perusteluin piti sulkea muut periytymismekanismit pois, perustelujen määrä ja laatu olivat alhaiset. Jäimme pohtimaan sitä, kuinka helppoa tehtävässä oli arvata vastaus oikein, ja näin saada tehtävästä pisteitä. Pisteytysohjeella varmistimme, ettei pelkällä oikealla lopputuloksella voinut saada tehtävästä täysiä pisteitä. Testin tekijöiden keskittymistä perusteluihin olisi voinut edesauttaa paremmalla kysymysten asettelulla, tärkeiden kysymyksissä olleiden sanojen korostamisella tai haastattelumetodilla, jossa vastauksia olisi pohdittu ääneen. Täydelliset perustelut oli annettu vain yhdessä vastauksessa. Tehtävässä oli osattu perustella, miksi ensimmäisen sukupuun ominaisuus ei voi olla dominoivasti periytyvä, koska se ei näy jokaisessa sukupolvessa. Toisessa sukupuussa dominoivaa ominaisuutta oli pyritty perustelemaan tämän vastakohdalle eli sillä, että resessiivinen ominaisuus ei voi ilmetä jokaisessa sukupolvessa, mikä ei pidä paikkaansa. Resessiivisellä ominaisuudella on mahdollisuus ilmetä myös jokaisessa sukupolvessa. Useammassa vastauksessa perusteltiin ominaisuuden kytkeytymistä tai kytkeytymättömyyttä sukupuoleen ominaisuutta ilmentävien sukupuolijakaumalla. Näin pienessä sukupuussa ei kuitenkaan voida tilastollisesti sanoa, onko jokin ominaisuus yleisempi naisilla tai miehillä. Osalla testin tekijöistä oli jopa käsitys, ettei X-kromosomiin kytkeytynyt alleeli ilmene naisilla lainkaan. Yleensä X-kromosomissa ei myöskään ajateltu voivan olla dominoivia alleeleja, joten niitä ei oltu perusteltu. Vastausta oli perusteltu resessiivisen sukupuoleen kytkeytyneen periytymisen kuvailulla, mutta tällä tavalla ei poissuljettu muita periytymistapoja.

Testien tuloksista teimme useita huomioita genetiikan vakiintuneiden merkintöjen suhteen. Oletimme sukupuiden sukupuolten merkintätapojen olevan yleisesti vakiintuneita, jolloin niitä ei mainittu tehtävänannossa. Silti ne eivät olleet itsestäänselvyys kaikille. Yksi haastateltavista mainitsi, että hänellä on kokemus oppikirjojen välisistä merkintäeroista. Alleelien merkintätavat eivät testin vastauksissa olleet vakiintuneiden käytäntöjen mukaisia. Esimerkiksi sukupuoleen kytkeytyneiden geenien alleeleja ei osattu merkitä X-kirjaimen merkityllä yläindeksillä. Merkinnät vaihtelivat erikokoisten X-kirjainten käytöstä ympyröityihin kirjaimiin. ABO-veriryhmien vakiintunut merkintätapa ei myöskään ollut useimmilla selvillä, mutta koska useissa vastauksissa oli käytetty i-kirjainta, päättelimme, että jonkinlainen mielikuva vakiintuneesta merkintätavasta oli muistissa. Koimme, että i-kirjaimen käyttö tällaisessa tehtävässä olisi muuten erikoinen valinta ja jotkut olivatkin kuvanneet alleeleja A, B ja O -kirjaimilla. Symbolien sekavan käytön on todettu olevan oppilaille vaikeaa (Bahar 1999). ABO-veriryhmien periytymismekanismi on tutkimukseen osallistuneilla ollut kuitenkin hallussa, mutta tehtävän ratkaiseminen ei silti ole välttämättä onnistunut. Tolman (1982) havaitsi, että oppilaiden on vaikea yhdistää risteytyskaavion (Punnett square) alleeleja homologisten kromosomien eriytymiseen meioosissa. Hän ehdotti, että tämä johtuisi siitä, että meioosia käsitellään yleensä muista genetiikan aiheista erillään. Myös opettajaopiskelijoiden vastauksissa virheellisyyttä aiheutti ennemminkin gameettien muodostaminen ja näiden sijoittaminen risteytyskaavioon.

Jälkeenpäin totesimme, että testiä olisi voinut muokata usealla tavalla paremmaksi. Pohdimme myös, olisiko vakiintuneita merkintätapoja tehtävänannossa pitänyt pyytää käyttämään, jolloin olisimme voineet paremmin näiden hallintaa. Tehtävässä yksi solun tilalla olisi voinut lukea tuma, sillä nyt osa testattavista piirsi tuman solun sisään näin osoittaen kromosomien oikean paikan, mutta samalla vähentäen merkittävästi piirrokselle

varattua tilaa. On kuitenkin hyvä huomata, että haastateltavat ajattelivat, että kuvaan pitää myös piirtää paikka, jossa kromosomit sijaitsevat. Tumaan oli myös saatettu piirtää useita kromosomipareja. Tehtävänannossa olisi ollut hyvä mainita, että kuvaan tulisi piirtää kaksi samaan ominaisuuteen vaikuttavaa alleelia, jolloin yhden kromosomin piirtäminen ei olisi riittänyt. Nyt yhden kromosomin piirtäminen oli tulkittu virheelliseksi, sillä asian ymmärtämistä ei voitu osoittaa. Jos tehtävänanto olisi ollut ehdotetunlainen, olisi seuraavaksi pitänyt miettiä sitä, onko vastaaja ymmärtänyt alleelin ja geenin eron oikein.

Testissä perustelujen puutteellisuus ja jopa vastausten virheellisyys on voinut osittain olla seurausta tehtävänantojen huolimattomasta lukemisesta. On myös mahdollista, että kaikki tutkimukseen osallistuvat eivät suhtautuneet testin tekemiseen erityisen vakavasti, eivätkä näin ollen saaneet parasta mahdollista tulosta. Tutkimuksen testistä ei myöskään ole mitään seurauksia opiskelijoille, kuten arvosana todistukseen, eikä testin henkilökohtaisia tuloksia pääse mistään näkemään. Tässä tilanteessa tutkimukseen osallistuvat eivät välttämättä ole laittaneet paperille kaikkea mieleen tulevaa, jos eivät ole olleet varmoja sen oikeellisuudesta. Erityisesti tehtävässä kaksi testin tekijät eivät olleet perustelleet vastauksiaan riittävästi. Stewart (1982) totesi tutkimuksessaan, että useimmat oppilaat ratkaisevat tehtäviä kaavamaisesti ilman ymmärrystä siitä, miksi jotakin tehdään ja mitä merkitystä sillä on. Tämän kaltaiset ongelmat olisi voitu välttää käyttämällä haastattelumetodia, jossa tutkimukseen osallistuvat puhuvat ääneen ajatuksiaan ratkaistessaan tehtäviä, mitä on käytetty esimerkiksi Stewartin (1983) tekemässä tutkimuksessa ongelmanratkaisuosaamisesta. Tällöin tutkija voi varmistaa, että tehtävänanto on luettu ja ymmärretty kunnolla, ja mikä on ajatusprosessi vastauksen takana. Tällainen metodi vaatisi kuitenkin huomattavasti pidemmän haastatteluajan ja enemmän osallistumista haastateltavalta kuin pelkän testin teon. Voidaan olettaa, että tutkimuksen otanta olisi voinut tästä syystä olla pienempi, jos haastatteluihin olisi jouduttu käyttämään enemmän aikaa tai tutkimusmenetelmä olisi koettu vieraaksi.

Haastatteluissa ilmeni myös se, että yliopisto-opintojen ei koettu vastaavan tulevan työelämän vaatimuksia tieto- ja taitotasollisesti. Haastattelujen perusteella jäämme myös miettimään, millaiset valmiudet opettaa sivuaineopiskelijat saavat nykyisillä tutkintovaatimuksilla, joista esimerkiksi puuttuu pakollinen ihmisenbiologiaa käsittelevä kurssi. Tutkimuksemme tuloksien perusteella biologian aineenopettajaksi opiskelevat kaipaivat muutosta opetusohjelmaansa ja kursseihin. Opetusohjelmaan kaivattaisiin lisää opettajaopiskelijoille suunnattuja kursseja, joilla käsiteltäisiin peruskoulun ja lukion opetussuunnitelman perusteissa mainittuja aiheita ja niiden opettamista. Kursseilta toivottaisiin saatavan muutakin kuin aiheen teorian osaamista. Tällaisella kurssilla voisi myös perustaitojen hallinta vahvistua, kun käsiteltävät asiat olisivat lähempänä peruskoulun ja lukion opetustasoa.

Tässä tutkimuksessa hypoteeseja ei saatu vahvistettua, ja tähän saattoi erityisesti vaikuttaa aineiston suppeus. Tästä syystä laajemmat jatkotutkimukset saattaisivat olla tarpeellisia. Likert-asteikko vaatisi isomman otoksen, jotta eroja saataisiin näkymään. Otoksen pientä kokoa sivuaineopiskelijoiden osalta voi selittää heidän pelkonsa siitä, että tutkimus leimaa heidät huonoiksi biologian opettajiksi, mikäli tutkimuksen testissä ei pärjättäisi tai haastattelun vastaukset eivät olisi samanlaisia kuin pääaineopiskelijoilla. Tutkimuksemme koskee vain Jyväskylän yliopiston biologian aineenopettajaksi opiskelevia ja heidän kokemuksiaan kyseisestä aiheesta. Mielenkiintoista voisi olla tehdä vertailua eri yliopistojen välillä, joissa aineenopettajakoulutuksella on omat piirteensä.

Tutkimusta tehdessämme havaitsimme, että genetiikan opetukseen liittyvää tutkimusta ei ole 1980-luvun jälkeen paljoakaan tehty. Tämä on genetiikan nopean kehityksen ja sovellusten määrän lisääntymisen kannalta huono asia. Ulkomaisten

tutkimusten tulokset eivät koulujärjestelmän erilaisuuden vuoksi useinkaan sovellu suoraan hyödynnettäväksi Suomessa. Tästä syystä olisi tärkeää, että myös Suomessa tehtäisiin genetiikan opetusta koskevaa tutkimusta. Tässä tutkimuksessa tutkimme biologian aineenopettajaksi opiskelevien asenteita ja valmiuksia opettaa genetiikkaa ja koimme, että muidenkin biologian aihealueiden samankaltainen tutkimus opiskelijoiden kohdalla olisi tarpeellista. Erityisesti biologian peruskäsitteiden tai ilmiöiden ymmärtämisen tutkiminen olisi mielenkiintoista, sillä tässä tutkimuksessa saimme viitteitä siitä, että opettajaksi valmistuvilla opiskelijoilla kyseisten asioiden osaamisessa on puutteita. Samalla voitaisiin pyrkiä tutkimaan sitä, mistä kyseiset virhekäsitykset ovat lähtöisin, ja miten niitä pystyttäisiin korjaamaan opettajainkoulutuksen aikana. Lähdemateriaaliin tutustuessamme huomasimme myös, että opettajien asenteiden vaikutuksesta oppilaisiin ei löytynyt tutkimustietoa. Mietimme, koetaanko asia niin itsestään selvyudeksi, että sitä ei ole tarvinnut tutkia. Biologian alalla tällaisen tutkimuksen tekeminen voisi olla tarpeen.

9. KIITOKSET

Haluamme kiittää ohjaajaamme Jari Haimia ohjauksesta, ja siitä, että saimme toteuttaa tutkimuksemme haluamastamme aiheesta. Kiitokset kaikille tutkimukseen osallistuneille biologian aineenopettajaksi opiskeleville. Haluamme myös kiittää Tiina Hakalaa ja Jyväskylän yliopiston kirjaston kirjastonhoitajia ystävällisestä avusta, jota olemme tarvinneet työtä tehdessämme. Kiitos Kristiina Kähkölälle haastattelun ja testin testausavusta. Anna Niemelälle kiitos englanninkielisen tiivistelmän tarkastamisesta ja korjauksesta. Emilia haluaa kiittää äitiään elämän mittaisesta kannustuksesta ja opiskelun tukemisesta. Outi haluaa kiittää perhettään ja poikaystäväänsä kannustuksesta ja luottamuksesta työn valmistumiseen. Haluamme kiittää toisiamme yhteistyöstä ja tuesta sekä työskentelyn pitkäjänteisestä edistymisestä. Mielestämme tämän tutkimuksen tekeminen on ollut hedelmällistä.

10. KIRJALLISUUS

- Alasuutari P. 2011. *Laadullinen tutkimus 2.0*. Vastapaino, Tampere. 331 s.
- Bahar M., Johnstone A. H. & Hansell M. H. 1999. Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education* 33: 84-86.
- Banet E. & Ayuso E. 2000. Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information. *Science Education* 84: 313-351.
- Bullock R., Little M. & Millham S. 1992. The relationship between quantitative and qualitative approaches in social policy research. Teoksessa: Brannen J. (toim.), *Mixing Methods: Qualitative and quantitative research*. Aldershot, Avebury. 175 s.
- Childs B. 1983. Why Study Human Genetics? *The American Biology Teacher* 45: 42-46.
- Christophel D. M. 1990. The Relationships Among Teacher Immediacy Behaviors, Student Motivation, And Learning. *Communication education*. 39: 323-340.
- Collins A. & Stewart J. H. 1989. The Knowledge Structure of Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher* 51: 143-149.
- Finley F. N., Stewart J. & Yaroch W. L. 1982. Teachers' Perceptions of Important and Difficult Science Content. *Science Education* 66: 531-538.
- Goodwin C. 1981. *Conversational organization: interaction between speakers and hearers*. Academic Press, New York. 195 s.
- Hirsjärvi S. & Hurme H. 2008. *Tutkimushaastattelu - teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Yliopistopaino, Helsinki. 213 s.

- Johnstone A. H. & Mahmoud N. A. 1980. Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education* 14: 163-166.
- Kansanen P. & Uusikylä K. 2002. *Luovuutta, motivaatiota ja tunteita*. PS-kustannus, Jyväskylä. 250 s.
- Korhonen M., Eronen S., Erämies T., Leskinen E., Leskinen S., Nurminen M., Sääntti-Ahomäki H. & Wichmann O. 2012. *Matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan opinto-opas 2012-2013*. Otavan Kirjapaino Oy, Kerava. 270 s.
- Kuula A. 2011. *Tutkimusetiikka - aineiston hankinta, käyttö ja säilytys*. Vastapaino, Tampere.
- Lewis J. & Kattmann U. 2004. Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education* 26: 195-206.
- Lukiolaki 21.8.1998/629
- Lämsä A. & Hautala T. 2005. *Organisaatiokäyttötymisen perusteet*. Edita, Helsinki. 264 s.
- National Research Council 2001. *Educating teachers of science, mathematics, and technology: New practices for the new millennium*. Washington DC, National Academy Press. 205 s.
- Opetushallitus 2003. *Lukion opetussuunnitelman perusteet*. Vammalan Kirjapaino OY, Vammala. 254 s.
- Opetushallitus 2004. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Vammalan Kirjapaino OY, Vammala. 320 s.
- Perusopetuslaki 21.8.1998/628
- Pykäläinen S. 2006. *Kun se on niin vaikeaa - Mahdollistava genetiikan opettajuus*. Genetiikan Pro Gradu -tutkielma. Turun yliopisto. 71 s.
- Radford A. & Bird-Stewart J. A. 1982. Teaching genetics in schools. *Journal of Biological Education* 16: 177-180.
- Ruusuvuori J., Nikander P. & Hyvärinen M. 2010. Haastattelun analyysin vaiheet. Teoksessa: Ruusuvuori J., Nikander P. & Hyvärinen M. (toim.) *Haastattelun analyysi*. Vastapaino, Tampere. 470 s.
- Smith M. 1988. Successful and unsuccessful problemsolving in classical genetic pedigrees. *Journal of Research in Science Teaching* 25: 411-433.
- Stewart J. H. 1982. Difficulties Experienced by High School Students When Learning Basic Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher* 44: 80-84, 89.
- Stewart J. 1983. Student problem solving in high school genetics. *Science Education* 67: 523-540.
- Tolman R. R. 1982. Difficulties in genetics problem solving. *The American Biology Teacher* 44: 525-527.
- Tuomi J. & Sarajärvi A. 2009. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Tammi, Helsinki. 175 s.
- Väljjarvi J., Kupari P., Linnakylä P., Reinikainen P., Sulkunen S., Törnroos J., Malin A., Puhakka E., Arffman I., Brunell V., Haapaviita S., Häkämies K., Leino K. & Nevanpää T. 2007. *The Finnish success in PISA – and some reasons behind it 2*. Kirjapaino Oma Oy, Jyväskylä. 72 s.

LIITE 1: Tutkimussuostumus.

TUTKIMUSSUOSTUMUS

Pro Gradu -tutkimuksen aihe: Biologian aineenopettajaksi opiskelevien asenteet ja valmiudet opettaa genetiikkaa

Tämän Pro Gradu -tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Jyväskylän yliopistossa biologian aineenopettajaksi opiskelevien opiskelijoiden asenteita ja valmiuksia opettaa genetiikkaa. Tutkimus toteutetaan yksilöhaastatteluina sekä genetiikan taitoja mittaavalla testillä. Haastateltavaksi on valittu Jyväskylän yliopistossa tänä lukuvuonna läsnä-olevana olevat biologian aineenopettajaksi opiskelevat.

Haastattelussa kerättävää aineistoa käytetään vain ja ainoastaan tähän Pro Gradu -tutkielmaan eikä tietoja tai aineistoa luovuteta eteenpäin. Haastattelussa annettuja vastauksia käytetään täysin anonyymisti eikä vastauksia voida yhdistää kehenkään tutkimuksessa mukana olleeseen.

Allekirjoittamalla suostumuksen myönnyt olevasi tietoinen haastattelun tarkoituksesta ja aineiston käsittelystä sekä annat suostumuksesi käyttää haastattelun aineistoa kyseisessä tutkimuksessa.

Kiitos osallistumisestasi!

Allekirjoitus

Päiväys

Nimen selvennys

Paikkakunta

Tutkimuksen tekijät:

Outi Ihamäki
puh. 050-3512320
outi.a.ihamaki@student.jyu.fi

Emilia Kostamo
puh. 044-3777422
emilia.kostamo@gmail.com

Työn ohjaaja:

Dos. Jari Haimi
jari.m.haimi@jyu.fi
Jyväskylän yliopisto
Bio- ja ympäristötieteiden laitos

LIITE 2: Haastattelun kysymykset.

Perustiedot:

- pääaine, sivuaineet
- opintojen aloitusvuosi
- pedagogisten aineopintojen suoritusvuosi
- suoravalittu/ei suoravalittu

Kysymykset:

1. Mitä genetiikan kursseja olet yliopistossa käynyt? (VALMIUS)
2. Oletko käynyt yliopistossa muita kuin pakollisiin opintoihisi kuuluvia genetiikan kursseja? Miksi?/Miksi et? (VALMIUS)
3. Milloin olet suorittanut genetiikan kurssisi? (VALMIUS)
4. Asteikolla 1-5 millaiseksi olet kokenut genetiikan opiskelun yliopistossa? (ASENNE)
 - 1 = erittäin helppoa
 - 2 = melko helppoa
 - 3 = ei helppoa eikä vaikeaa
 - 4 = melko vaikeaa
 - 5 = erittäin vaikeaa
5. Arvioi asteikolla 1-5, kuinka mielenkiintoinen aihe genetiikka mielestäsi on? Miksi? Mistä mielenkiinto tai sen puute on/voisi olla lähtöisin? (ASENNE)
 - 1 = ei lainkaan mielenkiintoinen
 - 2 = ei juurikaan mielenkiintoinen
 - 3 = ei sen mielenkiintoisempi kuin muutkaan aiheet
 - 4 = melko mielenkiintoinen
 - 5 = erittäin mielenkiintoinen
6. Arvioi asteikolla 1-5, kuinka haasteellisena sinä pidät genetiikan oppimista? (ASENNE)
 - 1 = erittäin helppoa
 - 2 = melko helppoa
 - 3 = ei helppoa eikä vaikeaa
 - 4 = melko vaikeaa
 - 5 = erittäin vaikeaa
7. Koetko jonkin aiheen genetiikassa erityisen haastavana? Mikä tekee siitä muita haastavamman kuin muut genetiikan aiheet? (ASENNE)
 - a. mendelistinen periytyminen
 - b. yhteisvallitseva periytyminen
 - c. välimuotoinen periytyminen
 - d. multippelit alleelit
 - e. sukupuoleen kytkeytynyt periytyminen
 - f. dihybridiristeytys
 - g. kytketyt geenit
 - h. joku muu, mikä?
 - i. mikään ei ole muita haastavampi

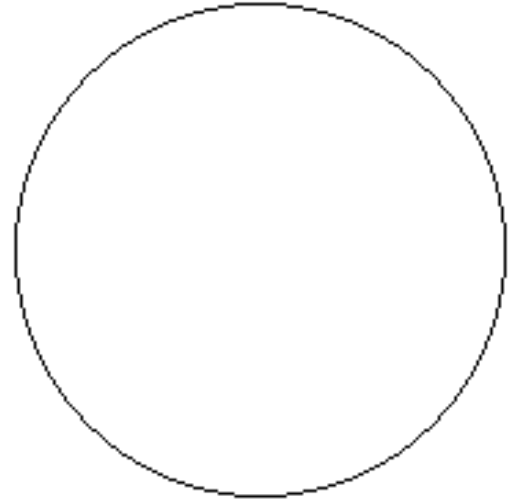
8. Asteikolla 1-5, kuinka hyödyllisenä/tarpeellisenä pidät genetiikan opettamista? (ASENNE)
- 1 = ei lainkaan tarpeellinen
 - 2 = ei juurikaan tarpeellinen
 - 3 = ei sen tarpeellisempi kuin muutkaan aiheet
 - 4 = melko tarpeellinen
 - 5 = erittäin tarpeellinen
9. Arvioi asteikolla 1-5 omaa motivaatiotasi genetiikan opiskeluun? (ASENNE)
- 1 = erittäin heikko
 - 2 = melko heikko
 - 3 = ei heikko eikä korkea
 - 4 = melko korkea
 - 5 = erittäin korkea
10. Arvioi asteikolla 1-5, minkälainen on oma motivaatiosi genetiikan opettamiseen? (ASENNE)
- 1 = erittäin heikko
 - 2 = melko heikko
 - 3 = ei heikko eikä korkea
 - 4 = melko korkea
 - 5 = erittäin korkea
11. Arvioi asteikolla 1-5, koetko saaneesi yliopistossa sopivan määrän genetiikan opetusta? Miksi/ miksi et? (VALMIUS)
- 1 = aivan liian vähän
 - 2 = hieman liian vähän
 - 3 = sopivasti
 - 4 = hieman liikaa
 - 5 = aivan liikaa
12. Oletko kokenut yliopiston genetiikan opetuksen hyödylliseksi tulevan opettajuutesi kannalta? Miksi/Miksi et? (VALMIUS)
13. Arvioi asteikolla 1-5 valmiuksiasi opettaa genetiikkaa. (VALMIUS)
- 1 = ei lainkaan
 - 2 = välttävät
 - 3 = kohtalaiset
 - 4 = hyvät
 - 5 = erinomaiset
14. Kuvaile omia valmiuksiasi opettaa genetiikkaa? Mitkä ovat vahvuutesi entä heikkoutesi? (VALMIUS)
- a. Asiasisältöjen osaaminen
 - b. Opetusmenetelmät
 - c. TVT -taidot (tieto- ja viestintäteknikka)
15. Miten genetiikan opettamisen valmiuksiasi voisi parantaa/olisi voitu parantaa yliopistossa? (VALMIUS)
16. Miksi genetiikkaa tulisi opiskella/opettaa? / Missä genetiikkaa tarvitaan? (ASENNE)
17. Onko sinulla käsitys, mitä opetussuunnitelman perusteissa edellytetään genetiikan opetukselta? Kuvaile. (VALMIUS)

LIITE 3: Genetiikan taitoja mittaava testi.

TESTI

Haastateltava _____

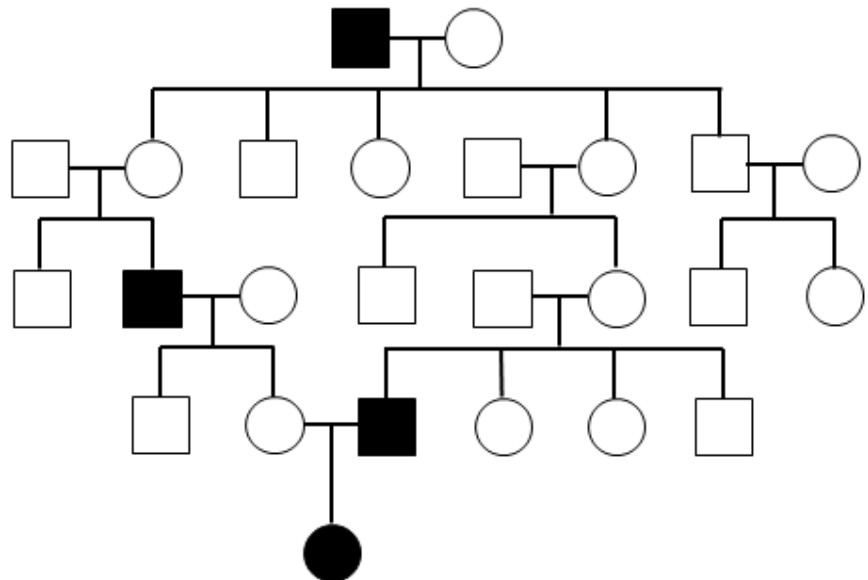
1. a) Mitä eroa on käsitteillä geeni ja alleeli?
- b) Esitä alleeli kuvana oheisen solun sisällä.



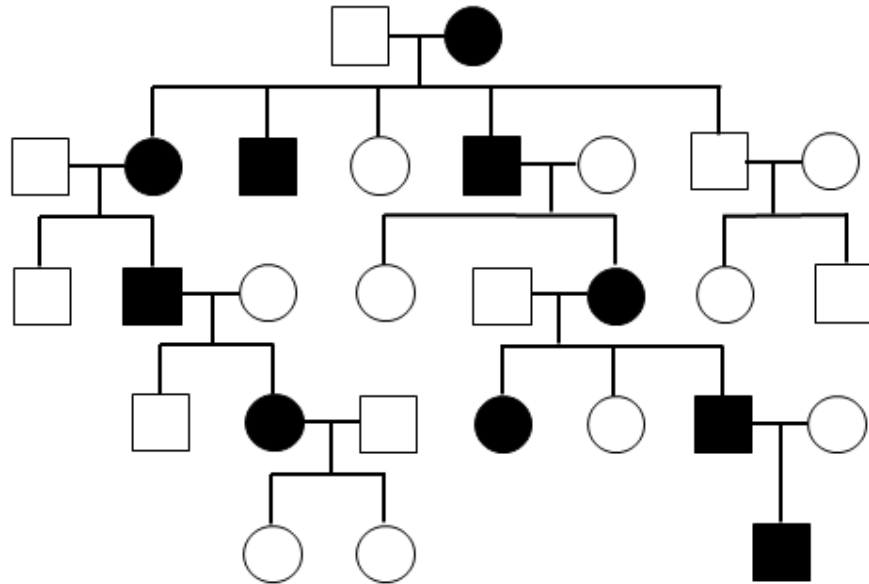
solu

2. Miten sukupuussa esitetty ominaisuus periytyy? Perustele, miksi muut periytymistavat eivät tule kyseeseen? Oletetaan, että suvun ulkopuolelta tulevilla puolisoilla ei ole ominaisuuteen vaikuttavia alleleja.

a)



b)



3. Jos äiti kuuluu veriryhmään A ja isä veriryhmään AB, niin millä todennäköisyydellä lapsen veriryhmä on B? Perustele risteytyskaavioidin.

LIITE 4: Mallivastaukset genetiikan taitoja mittavaan testiin.

TESTI

Haastateltava _____

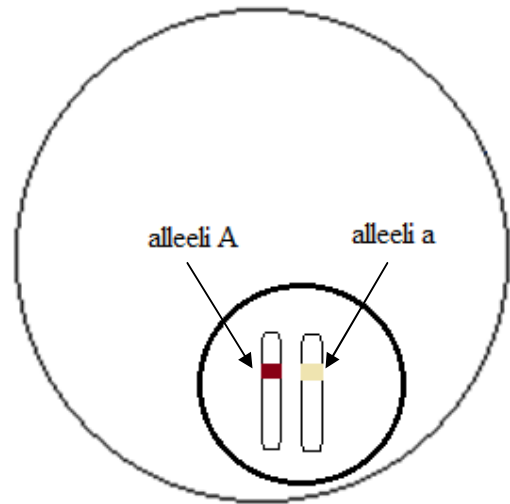
1. a) Mitä eroa on käsitteillä geeni ja alleeli?

b) Esitä alleeli kuvana oheisen

solun sisällä.

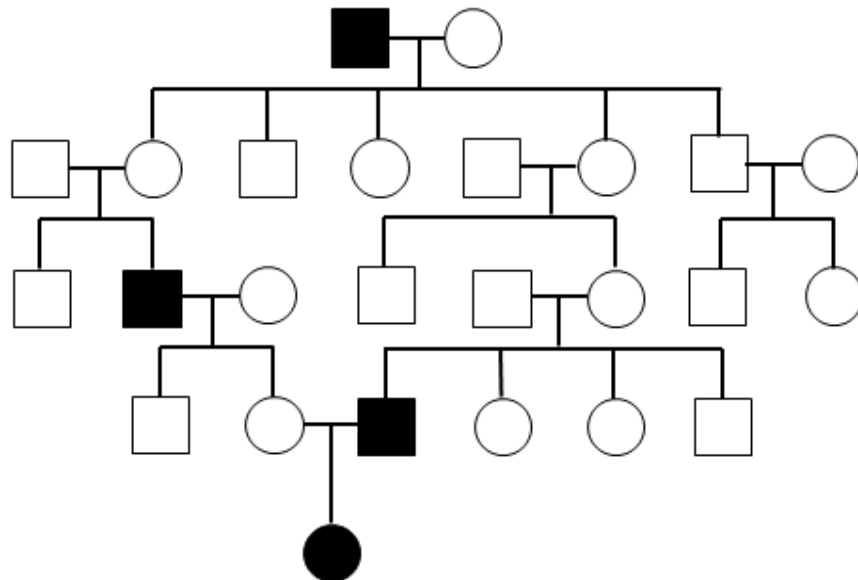
Rakenteellisesti geeni on pätkä DNA-juostetta. Toiminnallisesti geeni on perimäyksikkö, joka koodaa RNA-juostetta ja tätä kautta vaikuttaa johonkin ominaisuuteen.

Alleelit ovat saman geenin eri muotoja. Alleeleja voi olla populaatiossa useampia, mutta yhdellä yksilöllä korkeintaan kaksi, yksi kummassakin vastinjuosteessa.



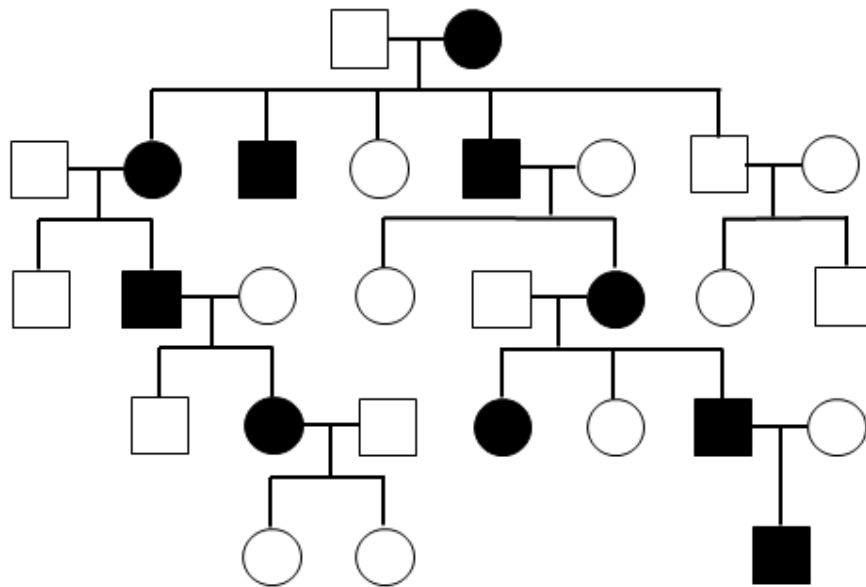
solu

2. Miten sukupuussa esitetty ominaisuus periytyy? Perustele, miksi muut periytymistavat eivät tule kyseeseen? Oletetaan, että suvun ulkopuolelta tulevilla puolisoilla ei ole ominaisuuteen vaikuttavia alleleja.



a) Ominaisuus periytyy resessiivisesti X-kromosomiin kytkeytyneenä. Ominaisuus ei voi periytyä dominoivasti (autosomaalisesti tai sukupuoleen kytkeytyneesti), sillä vanhemmat, joista kumpikaan ei ominaisuutta ilmennä (2. sukupolven vasemmalla) eivät voisi tällöin saada ominaisuutta ilmentävää lasta. Ominaisuus ei myöskään voi olla resessiivisesti autosomissa periytyvä, sillä tällöin ominaisuutta ilmentävän yksilön (3. sukupolven toinen vasemmalla) tulisi periä ominaisuuteen vaikuttavat alleelit molemmilta vanhemmiltaan ja tehtävänannon mukaan, ettei suvun ulkopuolelta tulevilla puolisoilla ominaisuuteen vaikuttavia alleleja ole.

b)



b) Ominaisuus periytyy dominoivasti autosomissa. Ominaisuus ei voi periytyä autosomissa resessiivisesti, sillä suvun ulkopuolelta tulevilla puolisoilla ei tehtävänannon mukaan ole ominaisuuteen vaikuttavia alleleja eikä tällöin esimerkiksi 2. sukupolven jälkeläisistä yksikään voisi ilmentää kyseistä ominaisuutta, koska siihen vaikuttava alleeli olisi pitänyt periä molemmilta vanhemmiltaan. Ominaisuus ei myöskään voi periytyä X-kromosomissa, sillä tällöin se ei voisi periytyä isältä pojalle (4. ja 5. sukupolven oikealla).

3. Jos äiti kuuluu veriryhmään A ja isä veriryhmään AB, niin millä todennäköisyydellä lapsen veriryhmä on B? Perustele risteytyskaavioin.

ABO-veriryhmät määräytyvät kolmen alleelin, I^A , I^B ja i , perusteella. Alleelit I^A ja I^B ovat yhteisvallitsevia ja alleeli i on näiden suhteen resessiivinen. Isän genotyyppi on siis oltava $I^A I^B$ kun taas äidin genotyyppi voi olla joko $I^A I^A$ tai $I^A i$. Jos äiti on homotsygootti veriryhmäalleelin suhteen, niin lapsen mahdolliset veriryhmät ovat A ja AB. B-veriryhmän todennäköisyys on siis 0 %. Jos äiti on veriryhmänsä suhteen heterotsygootti, lapsen mahdollisuus saada B-veriryhmä $\frac{1}{4}$ eli 25 %. Koska äidin genotyyppiä ei tiedetä, B-veriryhmän todennäköisyys lapsella on $\frac{1}{8}$ eli 12,5 %.

F1-sukupolvi	I^A	I^A
I^A	$I^A I^A$	$I^A I^A$
I^B	$I^A I^B$	$I^A I^B$

F1-sukupolvi	I^A	i
I^A	$I^A I^A$	$I^A i$
I^B	$I^A I^B$	$I^B i$

LIITE 5: Testin pisteytysohjeet.

Tehtävä 1

- a) geenin ja alleelin ero selitetty oikein (1 p.)
- b) alleeli piirretty oikein (1 p.)

Tehtävä 2

- a)
 - vastauksena resessiivinen x-kromosomiin kytkeytynyt periytyminen (1 p.)
 - perusteltu oikein, miksi kyseessä ei voi olla dominoiva periytyminen (0,5 p.)
 - perusteltu oikein, miksi kyseessä ei voi olla autosomaalinen periytyminen (0,5 p.)
- b)
 - vastauksena autosomaalinen dominoiva periytyminen (1 p.)
 - perusteltu oikein, miksi kyseessä ei voi olla resessiivinen autosomaalinen periytyminen (0,5 p.)
 - perusteltu oikein, miksi kyseessä ei voi olla resessiivinen sukupuoleen kytkeytynyt periytyminen (0,5 p.)
 - perusteltu oikein, miksi kyseessä ei voi olla dominoiva sukupuoleen kytkeytynyt periytyminen (0,5 p.)

Tehtävä 3

- Jos äidin genotyyppi on $I^A I^A$, niin lapsi ei voi saada B-veriryhmää (1 p.)
- Jos äidin genotyyppi on $I^A i$, niin B-veriryhmän todennäköisyys on 25% (1 p.)

LIITE 6: Spearmanin korrelaatiokertoimet 1.

Spearmanin korrelaatiokertoimet vertailtujen aiheiden välillä (n=19). * merkityjen vertailu ei ole relevanttia. ¹ n= 18 Korrelaatio merkitsevä kun $p < 0,05$.

	Genetiikan haasteellisuus ¹	Genetiikan tarpeellisuus	Opiskelu- motivaatio	Opetus- motivaatio	Yliopisto- opetuksen riittävyys	Valmiudet opettaa	Testi
Mielenkiinto genetiikkaan	r = -0,558 (p = 0,016)	r = -0,188 (p = 0,441)	r = 0,000 (p = 1,000)	r = 0,136 (p = 0,580)	*	*	*
Genetiikan haasteellisuus ¹		r = 0,285 (p = 0,252)	r = -0,307 (p = 0,216)	r = -0,165 (p = 0,514)	r = 0,151 (p = 0,551)	*	r = -0,033 (p = 0,897)
Genetiikan tarpeellisuus			r = 0,161 (p = 0,511)	r = 0,573 (p = 0,010)	r = -0,040 (p = 0,872)	*	*
Opiskelu- motivaatio				r = 0,337 (p = 0,159)	r = -0,144 (p = 0,556)	*	*
Opetus- motivaatio					*	r = 0,252 (p = 0,298)	*
Yliopisto- opetuksen riittävyys						r = 0,052 (p = 0,832)	*
Valmiudet opettaa							r = -0,088 (p = 0,722)

LIITE 7: Spearmanin korrelaatiokertoimet 2.

Spearmanin korrelaatiokertoimet käytyjen yliopistokurssien määrän vaikutuksesta haastateltavien asenteisiin ja valmiuksiin. ¹ n= 18 Korrelaatio merkitsevä kun $p < 0,05$.

	Mielenkiinto genetiikkaan	Genetiikan haasteellisuus ¹	Genetiikan tarpeellisuus	Opiskelu- motivaatio	Opetus- motivaatio	Valmiudet opettaa
Käytyjen yliopistokurssien määrä	r = 0,000 (p = 1,000)	r = 0,139 (p = 0,583)	r = -0,022 (p = 0,927)	r = -0,228 (p = 0,349)	r = -0,359 (p = 0,131)	r = 0,164 (p = 0,503)

LIITE 8: Likert-asteikollisten kysymysten keskiarvot ja keskihajonnat.

Asennetta mittaavien kysymysten keskiarvot ja keskihajonnat. ¹Asteikko: 1 = erittäin helppoa, 2 = melko helppoa, 3 = ei helppoa eikä vaikeaa, 4 = melko vaikeaa, 5 = erittäin vaikeaa
²Asteikko: 1 = ei lainkaan mielenkiintoinen, 2 = ei juurikaan mielenkiintoinen, 3 = ei sen mielenkiintoisempi kuin muutkaan aiheet, 4 = melko mielenkiintoinen, 5 = erittäin mielenkiintoinen
³Asteikko: 1 = ei lainkaan tarpeellinen, 2 = ei juurikaan tarpeellinen, 3 = ei sen tarpeellisempi kuin muutkaan aiheet, 4 = melko tarpeellinen, 5 = erittäin tarpeellinen
⁴Asteikko: 1 = erittäin heikko, 2 = melko heikko, 3 = ei heikko eikä korkea, 4 = melko korkea, 5 = erittäin korkea ⁵n = 18

Asennetta mittaavat kysymykset	Keskiarvo	Keskihajonta
Yliopiston genetiikan kurssien vaikeus ¹	2,63	0,90
Mielenkiinto genetiikkaa kohtaan ²	4,00	0,67
Genetiikan oppimisen haasteellisuus ^{1, 5}	2,89	0,90
Genetiikan opettamisen tarpeellisuus ³	4,32	0,67
Oma motivaatio opiskella genetiikkaa ⁴	3,74	0,65
Oma motivaatio opettaa genetiikkaa ⁴	4,11	0,57

Valmiutta mittaavien kysymysten keskiarvot ja keskihajonnat. ¹ Asteikko: 1 = aivan liian vähän, 2 = hieman liian vähän, 3 = sopivasti, 4 = hieman liikaa, 5 = aivan liikaa ² Asteikko: 1 = ei lainkaan, 2 = välttävät, 3 = kohtalaiset, 4 = hyvät, 5 = erinomaiset

Valmiutta mittaavat kysymykset	Keskiarvo	Keskihajonta
Genetiikan opetuksen määrä yliopistossa ¹	2,53	0,70
Omat valmiudet opettaa genetiikkaa ²	3,26	0,65

