

**Mikroskopia lukion biologian opetuksessa:
esimerkkinä Ihmisen biologia -kurssi**

Eriika Honka

Pro gradu -tutkielma

Turun yliopisto
Biologian laitos

TURUN YLIOPISTO

Biologian laitos

ERIIKA HONKA:

Mikroskopia lukion biologian opetuksessa:
esimerkkinä Ihmisen biologia -kurssi

Pro gradu -tutkielma, 62 s., 13 liites.

Biologian opettajan tutkinto-ohjelma

Toukokuu 2020

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -järjestelmällä.

Tutkielma tarkastelee mikroskopian hyödyntämistä lukion biologian opetuksessa, erityisesti kurssilla BI4 Ihmisen biologia. Työssä analysoitiin neljän kirjasarjan BI4-kurssin oppikirjojen kuvitusta ja tehtäviä, biologian ylioppilastehtäviä sekä haastateltiin neljää lukion biologian aineenopettajaa. Haastatteluissa selvitettiin opettajien opetuksessaan käyttämiä menetelmiä ja pyydettiin opettajia arvioimaan virtuaalimikroskopian soveltuvuutta lukio-opetukseen. Tähän liittyen haastateltaville annettiin mahdollisuus tutustua Turun yliopiston opetuksessaan käyttämään virtuaalimikroskopiapalveluun.

Oppikirja-analyysissä oppikirjojen tekstikappaleiden kuvat luokiteltiin luokkiin piirroskuvat, diagrammit ja kaaviot, sekä valokuvat ja lääketieteellinen kuvantaminen, josta eroteltiin mikroskopiakuvat omaksi luokakseen. Oppikirjojen tehtävät luokiteltiin kuvattomiin tehtäviin, kuvatehtäviin ja mikroskopiakuvatehtäviin. Vuosien 2006–2019 ylioppilaskokeiden ihmisen biologia -aiheiset tehtävät luokiteltiin samoin. Lisäksi erikseen analysoitiin myös muut kuin ihmisen biologiaan liittyvät ylioppilaskokeiden mikroskopiakuvatehtävät. Oppikirjojen ja ylioppilastehtävien mikroskopiakuvia tarkasteltiin myös sisällöllisesti aiheiden mukaan. Oppikirjojen kuvamateriaalin analyysissä havaittiin, että mikroskopiakuvia oli oppikirjoissa vähäisesti. Yleisimpiä aiheita mikroskopiakuvissa olivat lihas- ja verikudokset, muita aiheita esiintyi huomattavasti satunnaisemmin. Ylioppilastehtävissä mikroskopiakuvatehtävät olivat selvästi käytetympi tehtävätyyppi kuin oppikirjoissa ja niiden aiheissa oli enemmän vaihtelua. Oppikirjat eivät siis riittävästi tue opiskelijoiden valmistautumista ylioppilaskokeiden mikroskopiakuvatehtäviin.

Haastattelut tehtiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina. Haastatteluissa selvitettiin, miten opettajat hyödyntävät mikroskopiaa opetuksessaan ja millaisia taitoja mikroskopiointi opettajien mielestä kehittää. Haastatteluissa pyrittiin myös selvittämään, miten virtuaalimikroskopiointi soveltuisi lukio-opetukseen ja miten se tukisi oppimista. Haastattelut litteroitiin ja tekstit analysoitiin aineistolähtöisellä sisällönanalyysillä. Haastatelluista opettajista suurin osa hyödyntää mikroskopiaa BI4-kurssilla. Opettajat kokivat, että virtuaalimikroskopiolla voidaan parantaa opetuksen tasa-arvoisuutta ja opiskelijoiden ylioppilaskokeisiin valmistautumista, lisätä mikroskopialeikkeiden tulkinnan harjoittelua ja mahdollistaa mikroskopiointia etäopiskeluna. Virtuaalimikroskopia koettiin hyvin hyödylliseksi, mutta opettajat kokivat tarvitsevansa tukimateriaaleja hyödyntääkseen virtuaalimikroskopiaa opetuksessaan. Digitalisaation myötä opiskelijoiden tekniset mahdollisuudet virtuaalimikroskopiointiin ovat hyvät, mutta ilman tukimateriaaleja virtuaalimikroskopian käyttö saattaa rajoittua vain harvoihin opettajiin.

ASIASANAT: didaktiikka, digitaalinen oppimateriaali, histologia, mikroskopia, oppikirjat, verkko-oppiminen, ylioppilastehtävät

Sisällys

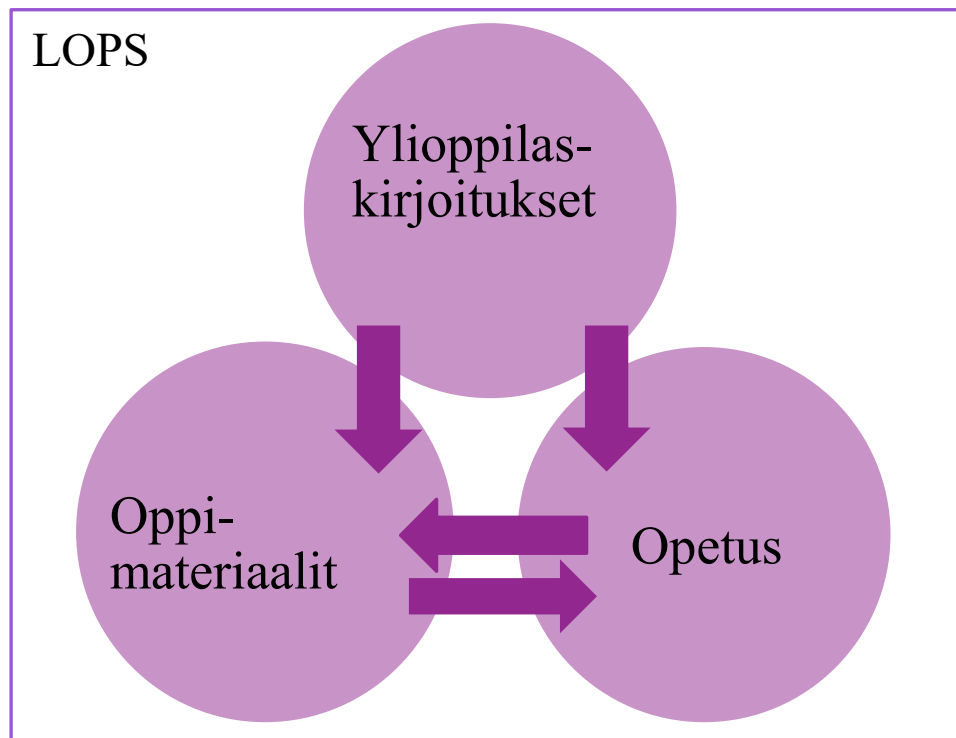
1 Johdanto	1
1.1 Lukion opetussuunnitelman perusteet ja mikroskopointi.....	3
1.2 Biologian opetuksen tavoitteet ja arviointi.....	5
1.3 Oppikirjojen merkitys opetuksessa	7
1.4 Ylioppilaskokeet.....	9
1.5 Virtuaalimikroskopia.....	10
1.5.1 Virtuaalimikroskopia opetuksessa	10
2 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset.....	12
3 Aineisto ja menetelmät.....	13
3.1 Oppikirjojen ja yo-tehtävien analyysit	13
3.1.1 Oppikirjojen kuva- ja tehtäväanalyysi	13
3.1.2 Ylioppilaskokeiden tehtäväanalyysi	18
3.2 Haastattelututkimus	19
3.2.1 Tutkimusjoukko	19
3.2.2 Haastateltaville lähetetty ennakkomateriaali	20
3.2.3 Puolistrukturoitu haastattelu menetelmänä.....	23
3.2.4 Haastatteluaineiston analyysi ja tulkinta.....	25
4 Tulokset.....	30
4.1 Mikroskopiakuvat oppikirjoissa ja ylioppilaskokeissa.....	30
4.1.1 Mikroskopiakuvat oppikirjojen tekstikappaleissa	30
4.1.2 Mikroskopiakuvat oppikirjojen ja ylioppilaskokeiden tehtävissä	31
4.1.3 Oppikirjojen ja yo-tehtävien mikroskopiakuvien sisällöllinen tarkastelu	32
4.2 Mikroskopia lukion biologian opetuksessa	33
4.2.1 Mikroskopian osallisuus elinten rakenteiden ja toiminnan opetuksessa	33
4.2.2 Mikroskopointi taitojen kehittämisessä	35
4.2.3 Virtuaalimikroskopointi hyödyttäisi lukion biologian opetusta	38
5 Pohdinta	45
5.1 Mikroskopian asema ihmisen biologian opetuksessa.....	45
5.2 Oppikirjat painottavat mikroskopiaa vähäisesti ylioppilaskokeisiin verrattuna....	46
5.3 Perinteinen mikroskopointi ja virtuaalimikroskopointi täydentävät toisiaan.....	48
5.4 Virtuaalimikroskopoinnin opetuskäytön jatkokehitysmahdollisuudet.....	53
5.5 Tutkimuksen luotettavuus	56
Kiitokset.....	58
Lähteet.....	59
Liitteet	

1 Johdanto

Tässä tutkimuksessa käsittelen mikroskopiaa lukio-opetuksessa kolmen keskeisen lukio-opetukseen vaikuttavan tekijän kautta: opettajien antaman opetuksen, oppimateriaalien ja ylioppilaskirjoitusten. Tämän tutkimuksen tutkimusasetelma nivoutuu näiden kolmen tekijän ja niiden vuorovaikutussuhteiden ympärille. Opettajien opetusta, oppimateriaalien sisältöjä ja ylioppilaskirjoituksia, kuten lukio-opetusta ylipäätään, ohjaa lukion opetussuunnitelman perusteet (LOPS). Opetuksen, oppimateriaalien, ylioppilaskirjoitusten ja opetussuunnitelman väliset vuorovaikutussuhteet on esitelty kuvassa 1. Tutkimuksen aineistossa ovat edustettuna oppimateriaaleista oppikirjat, ylioppilaskokeiden tehtävät sekä opettajien haastattelututkimuksen aineisto.

Tutkin oppikirjojen antamia valmiuksia ylioppilaskirjoituksiin (yo-kirjoituksiin) mikroskopiakuvatehtävien osalta oppikirjojen kuva-analyysin sekä oppikirjojen ja ylioppilaskokeiden tehtäviä vertailevien tehtäväanalyysien avulla. Opetuksen osalta tutkin opettajien näkemyksiä mikroskopiasta opetuksessa haastattelututkimuksen avulla.

Kontekstina tässä tutkimuksessa toimii lukion biologian valtakunnallinen syventävä kurssi BI4 Ihmisen biologia. Yhtenä tutkimuskohteena olivat oppikirjat, sillä oppikirjat kattavat ison osan kaikesta siitä oppimateriaalista, jota opetuksessa käytetään (Mikkilä-Erdmann ym. 1999). Tutkimusten mukaan opettajat myös tukeutuvat voimakkaasti oppikirjoihin opetuksessaan (Heinonen 2005), mikä lisää entisestään oppikirjojen merkitystä opetuksessa. Toisena tutkimuskohteena olivat biologian ylioppilaskirjoitusten tehtävät, sillä toisaalta lukio-opetuksen yhtenä keskeisenä tehtävänä on valmistaa opiskelijoita yo-kirjoituksia varten, mutta toisaalta yo-kirjoitusten sisältö vaikuttaa myös opetukseen opetusta ohjaavasti, sillä opetuksella pyritään antamaan opiskelijoille mahdollisimman hyvät valmiudet ylioppilaskirjoituksiin. Kolmantena tutkimuksen kohteena olivat biologian opettajien kokemukset opettamiseen liittyen ja heidän käyttämänsä materiaalit, menetelmät ja käsitykset opetuksesta. Tutkimuskohteiden keskinäisiä vuorovaikutuksia on kuvattu kuvassa 1. Kaikkiin tutkimuskohteisiin vaikuttavat lukion opetussuunnitelman perusteet, jotka ohjaavat suomalaista lukio-opetusta.



Kuva 1. Opetuksen, oppimateriaalien ja ylioppilaskirjoitusten keskinäinen vuorovaikutus. Opetus (opettaja) vaikuttaa oppimateriaalien valintaan ja käyttötapaan, mutta myös oppimateriaalit vaikuttavat opettajien opetukseen. Ylioppilaskirjoitukset vaikuttavat oppimateriaalien ja opetuksen sisältöön, sillä opetus pyrkii valmistelemaan opiskelijoita yo-kirjoituksia varten, ja myös oppimateriaalien pitää vastata tähän tarpeeseen. Ylioppilaskirjoitusten tehtävät pohjautuvat lukion opetussuunnitelman perusteisiin (LOPS) (Valtioneuvoston asetus ylioppilastutkinnosta 612/2019), kuten myös opetuksen ja käytettävien oppimateriaalien tulisi pohjautua. Opetussuunnitelma (LOPS) siis ohjaa ja yhdistää näitä kaikkia kolmea: opetusta, oppimateriaaleja ja ylioppilaskirjoituksia.

Yhtenä näkökulmana tässä tutkimuksessa on yhteiskuntamme jatkuvasti kiihtyvä digitalisaatio. Lukiokoulutuksessa yksi uusimmista muutoksista on ylioppilaskirjoitusten digitalisoituminen. Tutkinnon järjestäminen digitaalisesti toteutettiin portaittain oppiaine kerrallaan syksystä 2016 lähtien. Biologian ensimmäinen digitaalinen ylioppilaskoe järjestettiin keväällä 2018 ja kaikki tutkinnon kokeet järjestettiin ensimmäisen kerran täysin digitaalisesti keväällä 2019.

Myös oppimateriaaleista ja opetuksesta suuri osa on siirtynyt digitaaliseen muotoon. Keväällä 2020 opetuksen digitalisoituminen laajentui ennennäkemättömiin mittasuhteisiin, kun koko Suomen koulut ja muut oppilaitokset siirtyivät etäopetukseen koronavirusepidemian vuoksi. Digitaalisten oppimateriaalien merkitys siis kasvaa jatkuvasti. Yli-Panula ym. (2019) tutkivat digitaalisia opetusmenetelmiä biologian opetuksessa ja oppimisessa

kirjallisuuskatsauksen ja sisällönanalyysin avulla. Tulosten mukaan oppijoiden tiedon hallinta ja ajattelun taidot kehittyvät digitaalisia opetusmenetelmiä käyttämällä. Monet digitaaliset opetusmenetelmät myös lisäsivät oppijoiden motivaatiota opiskella biologiaa ja toisinaan myös sisällön oppiminen lisääntyi (Yli-Panula ym. 2019). Myös mikroskoopiointi on nykyteknologialla mahdollista toteuttaa digitaalisesti virtuaalimikroskoopiointina. Tämän tutkimuksen yhtenä näkökulmana on selvittää, millaisia mahdollisuuksia virtuaalimikroskoopiointilla olisi tarjota lukion biologian opetukselle. Digitalisoituminen on myös huomioitu lukion opetussuunnitelman perusteissa, esimerkiksi biologian opetuksen tavoitteisiin kuuluu, että opiskelija osaa ”*työskennellä digitaalisissa oppimisympäristöissä*” ja ”*käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa monipuolisesti biologian opiskelun tukena*” (Opetushallitus 2015, s. 140).

1.1 Lukion opetussuunnitelman perusteet ja mikroskoopiointi

Kulloinkin voimassa olevat lukion opetussuunnitelman perusteet (LOPS) ohjaavat ja määräävät valtakunnallisesti lukioiden paikallisten opetussuunnitelmien laadintaa (Opetushallitus 2020). LOPS määrää muun muassa oppimistavoitteista ja opetuksen keskeisistä sisällöistä, joihin kuuluvat sekä yleiset että oppiainekohtaiset opetuksen tavoitteet (Opetushallitus 2015). LOPS määrää myös opetuksen toteuttamisesta, opiskelijan ohjauksesta ja tukemisesta sekä opiskelijan oppimisen arvioinnista (Opetushallitus 2015).

Tämänhetkiset kunta- ja koulukohtaiset opetussuunnitelmat on laadittu lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 mukaan, ja ne on otettu käyttöön lukionsa aloittaneilla opiskelijoilla 1.8.2016 alkaen (Opetushallitus 2020). Nykyisiä opetussuunnitelmia edelsivät lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 perusteella laaditut opetussuunnitelmat (Opetushallitus 2020). Seuraavat lukion opetussuunnitelman perusteiden 2019 mukaiset opetussuunnitelmat otetaan käyttöön lukionsa aloittavilla opiskelijoilla 1.8.2021 alkaen (Opetushallitus 2020).

Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015 (Opetushallitus 2015, s. 140) kuvaillaan lukion biologian opetuksen tehtäviä muun muassa seuraavasti:

”Biologian opetuksen tehtävänä on tukea opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun kehittymistä. Opetus lisää ymmärrystä biologian merkityksestä osana luonnontieteellisen maailmankuvan rakentumista. Biologian opetuk-

sen tarkoituksena on lisäksi herättää kiinnostusta bio- ja ympäristötieteisiin. Biologian opetus auttaa opiskelijaa ymmärtämään biotieteiden tarjoamia mahdollisuuksia edistää ihmiskunnan, muun eliökunnan ja elinympäristöjen hyvinvointia.”

Biologian opetuksen työ- ja toimintatapoja kuvaillaan samoin sanoin vuosien 2015 (Opetushallitus 2015, s. 140) ja 2019 (Opetushallitus 2019, s. 234) LOPSseissa:

”Biologian opetukselle on ominaista havainnointiin ja kokeellisuuteen perustuva tiedonhankinta, tutkimuksellisuus sekä aktivoivat ja vuorovaikutteiset työ- ja toimintatavat. Biologian opetuksessa tehdään laborointeja ja työskennellään myös digitaalisissa ja koulun ulkopuolisissa opiskeluympäristöissä.”

LOPS 2015 ei erikseen mainitse mikroskopiointia biologian opetuksessa, mutta sen mukaisesti biologian opetuksen tavoitteisiin kuuluu, että opiskelija perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin (Opetushallitus 2015, s. 140). Mikroskopiointi on yksi keskeisistä biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmistä, joten tällä perusteella mikroskopiointiin kuuluisi olla osa lukion biologian opetusta. Sama tavoite sisältyy myös vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteisiin (Opetushallitus 2003, s. 130). Uudessa vuoden 2019 LOPSissa mikroskopiointi mainitaan suoraan Solu ja perinnöllisyys -moduulin tavoitteissa (Opetushallitus 2019, s. 239):

”Moduulin tavoitteena on, että opiskelija osaa mikroskopoida erilaisia soluja ja tulkita solujen mikroskooppisia rakenteita”.

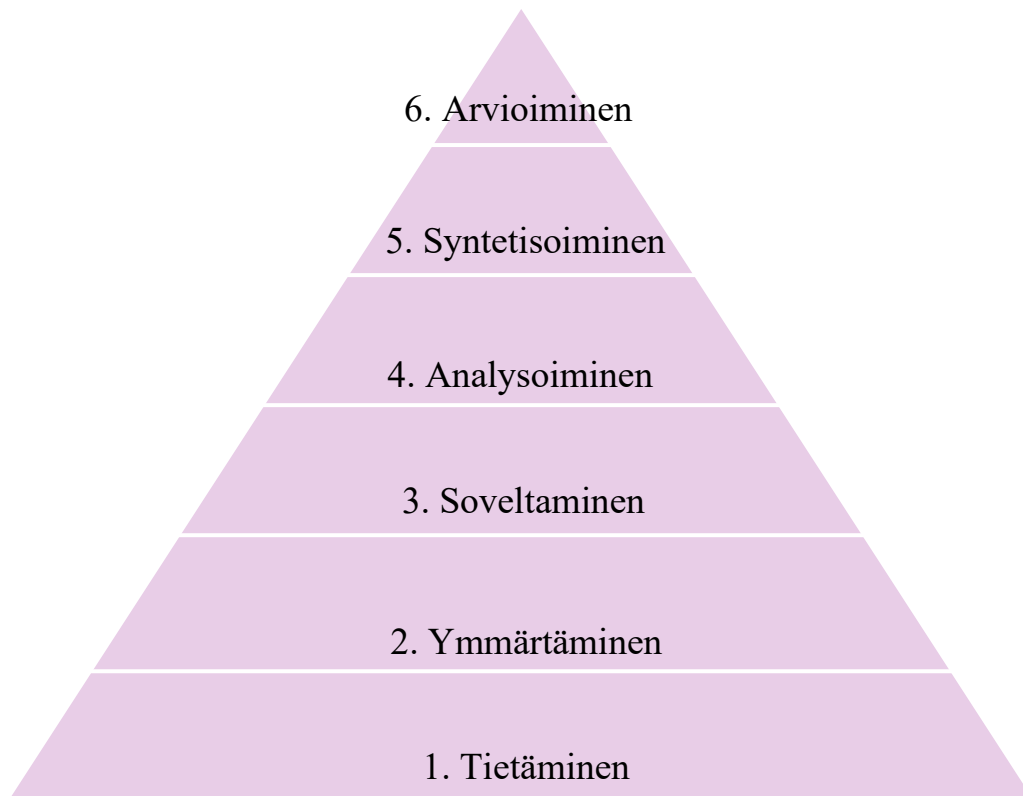
Tämän tutkimuksen kontekstina toimii lukion biologian BI4 Ihmisen biologia -kurssi ja sen sisältöihin liittyvät ylioppilastehtävät (yo-tehtävät), joten tarkastelen myös LOPSien sisältöjä tämän kurssin osalta. LOPSien 2003, 2015 ja 2019 mukaiset Ihmisen biologian kurssin/moduulin keskeiset sisällöt ja tavoitteet on listattu liitteisiin 1, 2 ja 3. Mikroskopiointiin hyödyntäminen Ihmisen biologian kurssilla tulee kyseeseen tarkasteltaessa eri kudostyyppisiä tai elinten hienorakenteita histologisista mikroskooppileikkeistä. Vuosien 2003, 2015 ja 2019 LOPSit painottavat hieman eri tavoin kudosten ja elinten rakenteiden osaamiseen liittyviä sisältöjä ja tavoitteita, mutta kaikissa ne ovat jossakin muodossa mukana. LOPSista ehkä eniten histologiaan liittyviä sisältöjä painottaa vuoden 2019 LOPS, jossa tavoitteeksi on merkitty, että *”opiskelija osaa nimetä ja tunnistaa tärkeimpien elinten ja elimistöjen rakenteet ja selittää niiden toimintaperiaatteita”* ja keskeisiin sisältöihin kuuluu *”elinten muodostuminen eri kudostyypeistä”* (Opetushallitus 2019, s. 239–

240). Vuoden 2015 LOPSin tavoitteisiin sisältyy ”*opiskelija osaa analysoida kudosten ja elinten rakenteiden toimintaperiaatteita*” (Opetushallitus 2015, s. 144). Vuoden 2003 LOPSin tavoitteisiin sisältyy ”*opiskelija osaa ihmissolun erilaistumisen pääpiirteet sekä kudosten ja elinten rakenteet ja toimintaperiaatteet*” ja keskeisiin sisältöalueisiin kuuluu ”*ihmisen solujen ja kudosten erityispiirteet*” sekä ”*solujen synty, kasvu ja erilaistuminen kudoksiksi*” (Opetushallitus 2003, s. 133–134).

Syksyllä 2021 käyttöön tuleva LOPS 2019 painottaa edeltäjiään enemmän mikroskopiointiin liittyvää osaamista. Moduulilla Solu ja perinnöllisyys mikroskopiointi on sisällytetty suoraan oppimistavoitteisiin ja moduulissa Ihmisen biologia on aiempaa enemmän painotettu kudosten ja elinten rakenteisiin ja toimintaan, ja siten myös histologiaan, liittyvää osaamista. Mikroskopian painotus biologian lukio-opetuksessa tulee siis kasvamaan tulevaisuudessa uuden opetussuunnitelman myötä.

1.2 Biologian opetuksen tavoitteet ja arviointi

Tärkeä osa opetussuunnitelmia ja opetuksen suunnittelua ylipäätään ovat opetus-, opiskelu- ja oppimistavoitteiden asettaminen. Asetut tavoitteet ohjaavat opetuksen suunnittelua ja toteutusta sekä luovat opetuksen ja oppimistulosten arvioinnin perustan (Jeronen 2005a, s. 57). Tavoitteiden asettamisessa sekä niiden saavuttamisen arvioinnissa on hyvä käyttää tavoitteiden erittelyä, jotta pystytään ottamaan huomioon tasapainoisesti keskeiset osa-alueet ja näkökulmat (Jeronen 2005a, s. 57). Ehkä tunnetuin tavoitteiden erittely on Bloomin tavoitetaksonomia (Bloom & Krathwohl 1956), joka on kognitiivisten tavoitteiden ja kuvaus- ja luokitusjärjestelmä (Jeronen 2005a, s. 57). Kognitiivisilla tavoitteilla tarkoitetaan tieto- ja ajattelutavoitteita. Bloomin tavoitetaksonomia sisältää kuusi hierarkisesti järjestynyttä kognitiivista tasoa: tietäminen, ymmärtäminen, soveltaminen, analysoiminen, syntetisoiminen ja arvioiminen. Tasoja voi kuvata pyramidikuviolla (kuva 2); mitä ylemmäs tavoitetaksonomiassa päästään, sitä laadukkaampaa ja kognitiivisesti haastavampaa oppimista tavoitellaan (Bloom & Krathwohl 1956).



Kuva 2. Bloomin tavoitetaksonomian kognitiiviset tasot (Bloom & Krathwohl 1956). Taksonomia sisältää kuusi hierarkkisesti järjestynyttä kognitiivista tasoa (Bloom & Krathwohl 1956; Jeronen 2005a, s. 59–60):

- Taso 1. Tietäminen: käsittää asioiden mieleen palauttamisen, muistamisen ja tunnistamisen.
- Taso 2. Ymmärtäminen: oppija tietää, mistä on kysymys ja kykenee muuntamaan tietoa toiseen muotoon, selittämään asioita, käyttämään asiaan liittyviä materiaaleja sekä tekemään johtopäätöksiä.
- Taso 3. soveltaminen: oppija kykenee käyttämään menetelmiä tai teoreettisia käsitteitä uusissa tilanteissa.
- Taso 4. analysoiminen: oppija osaa jakaa kokonaisuuden osiin niin, että hän hahmottaa osien merkityksen ja osaa selittää osien väliset suhteet kokonaisuuden kannalta.
- Taso 5. syntetisoiminen: oppija kykenee yhdistelemään analysoidut osat samaksi tai uudeksi kokonaisuudeksi.
- Taso 6. arvioiminen: oppija pystyy annettujen kriteerien perusteella arvioimaan asioiden, aineistojen, keskustelujen yms. oikeellisuutta ja arvoa.

Bloomin tavoitetaksonomiaa heijastelee esimerkiksi vuoden 2015 LOPS käsitellessään biologian opetuksen tavoitteiden saavuttamisen arviointia (Opetushallitus 2015, s. 141):

”Arvioinnissa keskeisiä kohteita ovat opiskelijan tiedot, kuten biologian peruskäsitteiden hallinta, ja taidot, kuten ajattelu-, argumentointi- ja tutkimustaidot. Arvioinnissa otetaan huomioon opiskelijan kyky ymmärtää, soveltaa, analysoida, yhdistellä, arvioida, havainnollistaa ja esittää biologista tietoa erilaisissa tilanteissa.”

Mikäli oppimisessa halutaan saavuttaa monipuolisesti tiedon- ja ajattelun tavoitteita, ja tässä on arvioinnin mukaan onnistuttu, on samalla kehitetty myös kognitiivisia taitoja (tieto- ja ajattelutaidot). Erilaiset opetusmuodot ja työtavat tukevat kognitiivisia prosesseja eri tavoin. Vuoden 2019 LOPSissa kuvataan kognitiivisten taitojen kehittymistä tutkimuksellisia opiskelumenetelmiä käytettäessä seuraavasti (Opetushallitus 2019, s. 20):

”Tutkimiseen, kokeilemiseen ja ongelmanratkaisuun perustuvat opiskelumenetelmät edistävät oppimaan oppimista ja kehittävät kriittistä ja luovaa ajattelua.”

Biologian opetukselle ovat ominaisia kokeellisuus ja tutkimuksellisuus, kuten LOPSissa-kin todetaan (Opetushallitus 2015, s. 140). Tutkimuksellisuutta opetukseen on mahdollista tuoda tutkivan oppimisen eri muodoilla, joihin sisältyvät maasto-opetus, kenttätöyt ja laboroinnit, kuten mikroskopointi (Palmberg 2005b, s. 97). LOPSissa 2015 ja 2019 (Opetushallitus 2015, s. 34; Opetushallitus 2019, s. 58) kannustetaan tutkivan oppimisen työtapojen käyttöön:

”Opiskelija kehittää tiedonhankinta- ja soveltamistaitojaan sekä ongelmanratkaisutaitojaan. Hän saa kokemuksia tutkivasta oppimisesta sekä osallisuudesta tieteen ja tutkimuksen tekoon.”

1.3 Oppikirjojen merkitys opetuksessa

Yleisimmin kaikessa muodollisessa opetuksessa käytetty oppimateriaali on oppikirja (Mikkilä-Erdmann ym. 1999). Oppikirjat ovat opettajille merkittävä resurssi oppituntien ja oppimateriaalien suunnittelussa, erityisesti työuransa alkuvaiheessa oleville opettajille valmiista materiaaleista on paljon hyötyä (Jeronen 2005b, s. 201). Mikkilä-Erdmannin ym. (1999) mukaan voidaan olettaa, että oppikirja ohjaa ja kontrolloi opetustapahtumaa usealla eri tavalla. Oppikirjan ohjaava vaikutus voi olla heikko, voimakas, positiivinen

tai negatiivinen opetussuunnitelman tavoitteiden saavuttamisen tai opetuksen yleisen laadun kannalta (Mikkilä-Erdmann ym. 1999).

Heinonen (2005) tutki väitöstutkimuksessaan oppikirjojen ja muiden oppimateriaalien vaikutuksia opettajien opetuksen suunnitteluun koulukohtaisten opetussuunnitelmien teossa. Tutkimuksen mukaan oppikirjoilla ja oppimateriaaleilla oli merkittävä osa koulukohtaisten opetussuunnitelmien laatimisessa. Suurin osa opettajista oli laatinut koulunsa opetussuunnitelmat oppimateriaalien, erityisesti oppikirjojen pohjalta. Vain viisi opettajaa 23:sta teki koulunsa opetussuunnitelmat täysin riippumatta oppimateriaaleista (Heinonen 2005).

Oppikirjat laaditaan aina valtakunnallisiin opetussuunnitelmien perusteisiin pohjautuen (Heinonen 2005). Vuoteen 1992 asti Suomessa oli käytössä oppikirjojen tarkastusmenetely, jolloin oppikirjat hyväksyttiin Opetushallituksessa (Kouluhallitus vuoteen 1991 saakka) (Pietiäinen J-P 2015, s. 57). Tällä tavoin Kouluhallitus pystyi valvomaan, että oppikirjojen sisältö vastasi opetussuunnitelman perusteita (Heinonen 2005). Tarkastusprosessi kuitenkin hidasti oppikirjojen kehitystyötä ja valmistumista (Heinonen 2005). Nykyisin oppikirjoja ei tarkasta mikään virallinen taho, joten opettajien vastuulla on varmistua oppimateriaalien laadusta ja tasosta (Jeronen 2005b, s. 203–204). Mikkilä-Erdmannin ym. (1999) mukaan on ongelmallista, että vastuu ja vapaus oppikirjojen sisältöjen valitsemisesta on kustantajilla ja kirjojen tekijöillä. Tiivis yhteistyö sisällön asiantuntijoiden, oppimateriaalikustantajien, kentällä toimivien opettajien sekä tutkijoiden välillä on Mikkilä-Erdmannin ym. (1999) mukaan tärkeää oppimateriaalien kehitystyössä.

Karvonen ym. (2017) tarkastelevat kriittisesti oppimateriaalitutkimuksessa vallitsevaa olettamusta oppimateriaalien vallasta määrittää opetuksen sisältöjä. Karvonen ym. (2017) tulkitsevat, että tutkimuksessa on vallalla lähes itsestäänselvyytensä pidetty olettamus, että oppimateriaaleilla on valtaa määrittää oppisisältöjä ja oppituntiaktiiviteetteja. Lisäksi kuitenkin monesti ihannoidaan käsitystä professionaalista opettajasta, joka toimii oman ammatillisen osaamisensa varassa tukeutumatta oppikirjoihin pedagogisia ratkaisuja tehdessään. Karvosen ym. (2017) mukaan niin kauan kuin oppimateriaalien käyttämisen koetaan heijastelevan pedagogisen näkemyksen, tiedon ja ajattelun puutteita, on oppimateriaalien taitavaa käyttöä vaikea nähdä opettajan ammattitaidon osa-alueena.

Karvonen ym. (2017) analysoivat systemaattisella kirjallisuuskatsauksella 171 perusopetuksen oppimateriaaleihin liittyvää tutkimusta vuosilta 1970–2015. Tulosten mukaan op-

pimateriaalitutkimus painottuu oppimateriaalien sisältöjen tarkasteluun, kun taas oppimateriaalien käyttämistä koskeva tutkimus on huomattavasti vähäisempää. Karvonen ym. (2017) toteavat, että tutkimuksissa on suurelta osin ohitettu opettajan rooli oppimateriaalien käyttöä koskevien valintojen tekijänä, kuten myös oppilaiden rooli oppimateriaalien käyttäjinä.

1.4 Ylioppilaskokeet

Lukiokoulutuksen päätteeksi suoritettavalla ylioppilastutkinnolla testataan, onko opiskelija omaksunut LOPSin mukaiset tiedot ja taidot suorittamiensa ylioppilastutkinnon kokeiden oppiaineissa (Laki ylioppilastutkinnosta 502/2019). Ylioppilastutkintolautakunta laatii ylioppilastutkinnon kokeiden tehtävät kunkin oppiaineen pakollisten ja valtakunnallisten valinnaisten opintojen oppimäärien mukaisesti (Valtioneuvoston asetus ylioppilastutkinnosta 612/2019). Ylioppilastutkintolautakunta on opetus- ja kulttuuriministeriön aina kolmeksi vuodeksi kerrallaan asettama asiantuntijaelin, joka vastaa ylioppilastutkinnon järjestämisestä ja toimeenpanosta (Laki ylioppilastutkinnosta 502/2019). Ylioppilastutkinnon kehittäminen tapahtuu Ylioppilastutkintolautakunnan ja Opetushallituksen yhteistyönä, niin että Ylioppilastutkintolautakunta laatii esityksen ylioppilastutkinnon nelivuotisesta kehittämis- ja toimeenpanosuunnitelmasta, jonka opetus- ja kulttuuriministeriö hyväksyy (Laki ylioppilastutkinnosta 502/2019).

Ylioppilastutkinnon suorittamiseksi kaikkien kokelaiden on suoritettava äidinkielessä ja kirjallisuudessa järjestettävä koe, sekä kokelaan valinnan mukaisesti kolme koetta seuraavasta ryhmästä: matematiikka, toinen kotimainen kieli, vieras kieli ja jonkin reaaliaineen koe (Laki ylioppilastutkinnosta 502/2019). Näiden lisäksi kokelas voi halutessaan suorittaa vielä ylimääräisiä kokeita (Laki ylioppilastutkinnosta 502/2019). Biologian koe on mahdollista valita reaaliaineen kokeeksi. Keväällä 2006 reaaliaineiden kokeet uudistuivat niin, että kustakin reaaliaineesta on järjestetty omat kokeensa aiemman reaaliaineita yhdistelevän kokeen sijaan (Ylioppilastutkintolautakunta 2020b).

Vuosien 2006–2017 biologian ylioppilaskokeissa oli 12 tehtävää, joista kahdeksaan tuli vastata. Keväällä 2018 järjestettiin ensimmäistä kertaa biologian sähköinen ylioppilaskoe, jolloin samalla kokeen rakenne muuttui niin, että 11 tehtävästä vastataan seitsemään (Ylioppilastutkintolautakunta 2016). Lisäksi koe jakautuu kolmeen osaan, joista ensimmäinen osa on kokonaisuudessaan pakollinen ja toisen ja kolmannen osan sisällä on va-

linnaisuutta tehtäviin vastaamisessa. Kokeiden sähköistymisen myötä on aiempaa laajempien ja monimuotoisempien aineistojen käyttö kokeissa mahdollista, esimerkiksi videoitten ja äänien käyttö on mahdollista kuvien ja tekstien lisäksi. Vastauksiin saatetaan vaatia piirroskuvien, diagrammien tai taulukoiden tekemistä koejärjestelmän ohjelmien avulla. Kokelaan laatimat piirroskuvat, diagrammit ja taulukot liitetään vastauksiin kuvakaappauksien avulla. (Ylioppilastutkintolautakunta 2016)

1.5 Virtuaalimikroskopia

Virtuaalimikroskopiassa (engl. *virtual microscopy* tai *whole-slide imaging*) muodostetaan korkeasuurenteinen digitaalinen kuva kokonaisuudesta mikroskooppileikkeestä (Saco ym. 2016). Digitalisoitua leikettä tarkastellaan tietokoneella tai älylaitteella virtuaalimikroskoopilla, joka jäljittelee tarkkaan valomikroskoopilla tapahtuvaa mikroskopialeikkeiden tarkastelua (Saco ym. 2016). Mikroskopialeikkeiden kuvantaminen onnistuu kuvanlukulaitteella (*whole-slide imaging scanner*), joka automaattisesti muodostaa digitaalisen kuvan leikkeestä (Saco ym. 2016).

1.5.1 Virtuaalimikroskopia opetuksessa

Perinteisesti histologian ja patologian opetuksessa on käytetty valomikroskooppia, mutta viime vuosina virtuaalimikroskooppien käyttö on yleistynyt yliopisto-opetuksessa (Saco ym. 2016). Virtuaalimikroskopiinnilla on tarjota valtaiset mahdollisuudet koulutukselle, sillä se sisältää monia etuja opetukselle, joita ei perinteisellä valomikroskopiinnilla voida saavuttaa (Saco ym. 2016). Virtuaalimikroskopiointia käytetään yliopisto-opetuksessa ainakin lääketieteessä, eläinlääketieteessä, hammaslääketieteessä, patologiassa ja biologiasa (Saco ym. 2016). Virtuaalimikroskopiaa hyödynnetään myös etäkoulutuksissa, verkko-opetuksessa ja virtuaalisissa työryhmissä (Saco ym. 2016).

Virtuaalimikroskopia on tuonut histologian ja patologian opetukseen sellaisia toimintoja ja ominaisuuksia, joiden saavuttaminen ei aiemmin ole ollut mahdollista perinteistä valomikroskopiointia käyttämällä (Saco ym. 2016). Saco ym. (2016) ovat koonneet artikkelinsa virtuaalimikroskopian tarjoamia etuja yliopisto-opetukselle, joista esittelen seuraavaksi ne, joista voisi olla hyötyä myös lukio-opetuksessa.

Yhtenä tärkeänä etuna on virtuaalimikroskoopin helppokäyttöisyys verrattuna valomikroskooppiin. Tutkimuksissa on osoitettu, opiskelijat kokevat virtuaalimikroskopiinnin

perinteistä mikroskopointia luontevammaksi työmuodoksi, sillä heillä on enemmän kokemusta tietokoneen kuin mikroskoopin käytöstä (Saco ym. 2016). Opiskelijat tottuvat virtuaalimikroskoopin käyttöön hyvin nopeasti ja voivat välittömästi keskittyä näytteiden tunnusomaisiin piirteisiin, sillä heidän ei tarvitse ensin keskittyä mikroskoopin käytössä harjaantumiseen, tarkentamiseen ja mikroskooppitekniikkaan. Virtuaalimikroskooppia voi käyttää myös millaisessa tilassa tahansa, kuten normaalissa luokkahuoneessa tai kotona, sillä se vaatii ainoastaan tietokoneen ja Internet-yhteyden. Tämä mahdollistaa opiskelun missä tahansa ja millä tietokoneella tahansa, mikä helpottaa opiskelua ja opetuksen järjestämistä ja mahdollistaa etäopiskelun. (Saco ym. 2016).

Virtuaalimikroskooppinäkyvässä on näkyvillä pienemmässä kuvassa (*thumbnail*) koko leike, jossa on rajattuna sillä hetkellä tarkastelussa oleva alue. Tämä helpottaa orientautumista, leikkeen hahmottamista ja tarkastelua. Leikkeen oheen voi myös suoraan liittää siihen liittyviä kuvia tai muuta aineistoa. Leikkeeseen voi myös tehdä annotaatioita eli merkintöjä, jotka antavat visuaalisia ja tiedollisia vihjeitä. Annotaatioita voi käyttää tukemaan oppijan visuaalisia ja kognitiivisia prosesseja (Nivala, 2013). Niillä pystyy myös esimerkiksi kohdentamaan kysymyksiä opettajalle tai osoittamaan pystyvänsä tunnistamaan tietyn rakenteen vaikkapa koetilanteessa (Saco ym. 2016). Digitaalisessa muodossa olevien leikkeiden laatu ei heikkene ajan kuluessa, joten niitä ei tarvitse korvata uusilla, toisin kuin perinteisiä mikroskooppileikkeitä ajoittain täytyy. Opiskelijoiden käytössä olevat leikkeet ovat tasalaatuisia, joten opiskelijat ovat tasavertaisessa asemassa keskenään (Saco ym. 2016).

Yksi merkittävimmistä eduista opetuksen kannalta on se, että virtuaalimikroskooppinäkyvä on mahdollista jakaa yhtäaikaaisesti niin monen ihmisen kanssa kuin halutaan (Saco ym. 2016). Kun opettajilla ja opiskelijoilla on tarvittaessa sama näkyvä kaikilla, on aiheen käsittely ja kysymysten esittäminen huomattavasti helpompaa, kuin silloin kun kaikki tarkastelevat omaa näytettään valomikroskoopeilla. Myös opiskelijoiden välinen yhteistyö helpottuu, kun opiskelijat näkevät koko ajan saman näkymän ja voivat yhdessä tarkastella näytteen histologisia piirteitä (Saco ym. 2016). Braunin & Kearnsin (2008) patologian opiskelijoille tekemässä kyselytutkimuksessa opiskelijoiden opiskelutehokkuus ja opiskelijoiden välinen yhteistyö oli lisääntynyt virtuaalimikroskooppilla tapahtuvan opiskelun myötä. Opiskelijoista 43 % koki oppivansa parhaiten virtuaalimikroskooppia käyttämällä, ja 50 % prosenttia opiskelijoista koki, että he oppivat tehokkaimmin käyttämällä sekä virtuaalimikroskooppia että valomikroskooppia (Braun & Kearns 2008).

2 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Tässä tutkimuksessa tutkin mikroskopoinnin ja mikroskopiakuvien hyödyntämistä ihmisen biologian lukio-opetuksessa. Tutkimukseen valittiin moniaineistollinen lähestymistapa, sillä näin saadaan useampi näkökulma tutkittavaan aiheeseen, mikä parantaa myös tutkimuksen validiteettia (Palmberg 2005a, s. 295). Aineistona käytin oppikirjojen ja ylioppilaskokeiden kuva- ja tehtävämateriaalia sekä lukion opettajien haastatteluja.

Tarkastelin oppikirjojen kuvitusta ja mikroskopiakuvatehtäviä sekä kokonaisuudessaan että kirjasarjoittain. Kirjasarjoittainen tarkastelu oli oleellista sen vuoksi, että kukin opiskelija/opettaja käyttää kurssilla yleensä vain yhden kirjasarjan oppikirjaa, joten tärkeää oli tarkastella oppikirjoja myös yksittäin eikä pelkästään keskimäärin. Biologian ylioppilaskokeista (yo-kokeista) tarkastelin ihmisen biologia aiheisia -tehtäviä ja erityisesti mikroskopiakuvatehtäviä. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös vertailla oppikirjojen ja yo-kokeiden mikroskopiakuvien käyttöä keskenään.

Haastatteluiden tutkimusjoukoksi valittiin lukion biologian aineenopettajia, sillä opettajien näkemykset vaikuttavat paljon siihen millaisena opetus kouluissa toteutuu. Tarkoituksena oli selvittää, miten opettajat hyödyntävät mikroskopointia ja mikroskopiakuvia opetuksessaan tällä hetkellä, ja miten opettajat kokevat mikroskopian mahdollisuudet ja haasteet lukio-opetuksessa. Tarkoituksena oli myös selvittää, miten opettajat suhtautuvat virtuaalimikroskopointiin opetusmuotona ja mitkä seikat vaikuttavat opettajien näkökulmasta siihen, soveltaisiko virtuaalimikroskopointi biologian lukio-opetukseen.

Tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset olivat:

- Miten oppikirjat ja ylioppilaskokeiden tehtävät hyödyntävät mikroskopiakuvia (ihmisen) biologian opetuksessa ja oppimisen arvioinnissa?
- Miten lukion biologian opettajat hyödyntävät mikroskopiaa (ihmisen) biologian opetuksessa?
- Millaisia taitoja mikroskopointi kehittää opettajien näkemysten mukaan?
- Miten virtuaalimikroskopointi tukisi opettajien mielestä opetusta ja oppimista?

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Oppikirjojen ja yo-tehtävien analyysit

Oppikirja-analyysissä tutkin vuoden 2015 LOPSin mukaisten Ihmisen biologia -kurssin (BI4) oppikirjojen kuvitusta laskemalla kuvat ja jaottelemalla kuvat luokkiin, sekä tarkastelemalla luokkiin sijoitettujen kuvien kokonaismääriä. Laskin myös kirjojen sekä yökokeiden mikroskopiakuvatehtävien osuudet kaikista tehtävistä ja kaikista kuvatehtävistä. Tarkastelin myös mitä aihepiirejä mikroskopiakuvissa ja mikroskopiakuvatehtävissä esiintyi ja kuinka yleisiä eri aihepiirit olivat.

3.1.1 Oppikirjojen kuva- ja tehtäväänalyysi

Oppikirjojen kuva- ja tehtäväänalyysin aineistona toimivat lukion biologian valtakunnallisen syventävän BI4 Ihmisen biologia -kurssin oppikirjat. Aineistona käytetyt oppikirjat on esitetty taulukossa 1. Aineistossa olivat mukana kaikki Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 mukaiset biologian oppikirjasarjat. Sanoma Pron Bios 4 Ihmisen biologia -kirja oli käytössäni painettuna versiona, kaikista muista kirjasarjoista käytössäni olivat e-kirjat.

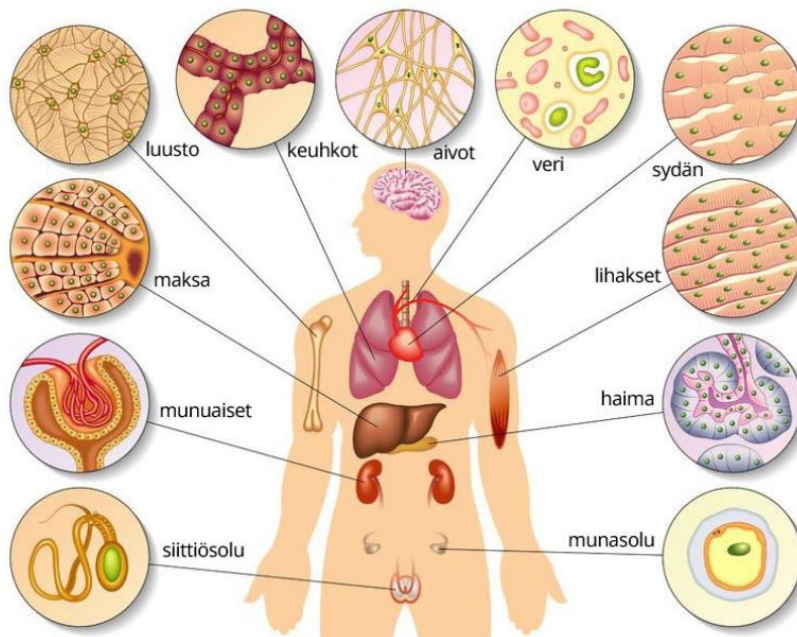
Taulukko 1. Tutkimuksen aineistona käytetyt oppikirjat julkaisutietoineen. Ensimmäisessä sarakkeessa oppikirjaa tutkielman tuloksissa vastaava koodi.

A1	Aivelo T, Järvinen L, Kaarisalo M, Tarkiainen K (2016) Symbioosi 4: Ihmisen biologia. e-Oppi Lukion eBiologia.
A2	Happonen P, Holopainen M, Sotkas P, Tenhunen A, Tihtarinen-Ulmanen M, Venäläinen J (2018) BIOS 4 Ihmisen biologia, 16. –18. painos. Sanoma Pro Oy, Helsinki.
A3	Idänpirtti K, Suutarinen M, Tuominen P (2017) Koralli 4 digikirja BI4 Ihmisen biologia. Kustannusosakeyhtiö Otava.
A4	Kannisto S, Mattila P, Mäkelä L (2017) Ihmisen biologia (LOPS 2016). Studeo Oy.

Tein oppikirjojen kuva- ja tehtäväänalyysin joulukuussa 2019 ja tammikuussa 2020. Laskin ja luokittelin kaikkien kirjojen kuvat kappale kerrallaan. Kuvien laskeminen ei ollut täysin ongelmaton, sillä monien kuvien kohdalla ei ollut täysin yksiselitteistä, milloin kyseessä on yksi kuva ja milloin useampi kuva. Myös kirjasarjojen välillä oli eroja kuvien asettelutyyleissä, mikä vaikeutti yhtenäisen laskentakäytännön valitsemista. Kuvaksi määriteltiin ja laskettiin tässä tutkimuksessa kaikki visuaaliset representaatiot, jotka täyttivät seuraavat kriteerit:

- Oppikirjojen kuvista huomiottiin vain varsinaisten tekstikappaleiden kuvat. Kansien ja lisämateriaalien kuvitusta ei otettu huomioon. Tehtävien kuvia ei laskettu kokonaiskuvien määrään, sillä tehtävät ja kuvatehtävät laskin ja luokittelin myöhemmin erikseen. Sähköisissä kirjoissa oli linkkejä erilaisiin lisämateriaaleihin, joita ei otettu huomioon analyysissä, kuten ei painetunkaan kirjan lisämateriaaleja.
- Sähköisissä kirjoissa esiintyviä videoita ei otettu huomioon, sillä yhtä videota ei voi määrällisesti verrata yhteen kuvaan videon sisältäessä lukemattomia kuvia. Sen sijaan hyvin lyhyet yksinkertaiset animaatiot huomioitiin yhtenä kuvana.
- Oppikirjojen kuvituksessa oli paljon useammasta kuvasta koostuvia kokonaisuuksia. Useammasta kuvasta koostuvat kokonaisuudet laskettiin yhdeksi kuvaksi, mikäli kyseessä oli tapahtumasarja tai kuvat ovat selkeän kokonaisuuden osia (esimerkkinä kuva 3). Mikäli kuvat olivat erillisiä toisistaan tai kokonaisuudessa esiintyvissä kuvissa esiteltiin toisistaan eroavia tilanteita, laskettiin kuvat useammiksi kuviksi (esimerkkinä kuva 4).
- Taulukoita ei laskettu kuviksi, mutta taulukoissa esiintyvät kuvat laskettiin mukaan. Taulukkojen sisältämät kuvat laskettiin niin, että saman ruudun rajaama alue laskettiin yhdeksi kuvaksi.
- Jos kappaleen sisällä oli sama kuva useammin kuin kerran, huomioitiin se laskuissa vain kerran. Käytännössä sama kuva toistui usein vain tiivistelmissä.

Elimistön eri osissa on erilaisia soluja

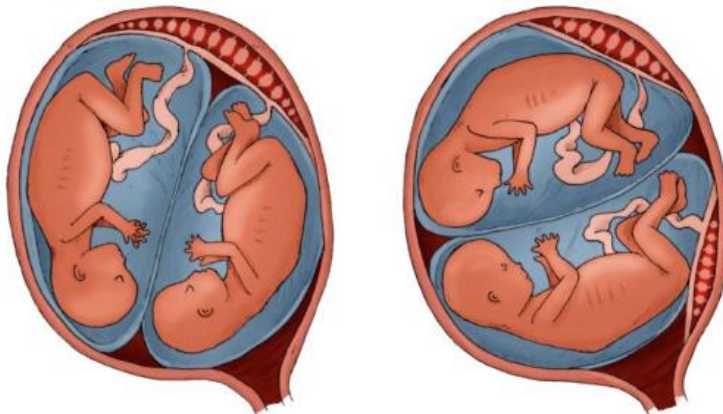


LÄHDE: 123RF.COM (MUOKATTU)

Kuva 3. Kuvituskokonaisuus, joka on laskettu yhdeksi kuvaksi, sillä kuvat esittävät saman kokonaisuuden eri osia. (Kuva: Kannisto S, Mattila P, Mäkelä L (2017) *Ihmisen biologia* (LOPS 2016). Studeo Oy. Käyttö kustantajan luvalla.)

Identtiset kaksoset, yksi munasolu hedelmöityy, alkio jakautuu kahtia, yhteinen istukka.

Epäidenttiset kaksoset, kaksi munasolua hedelmöityy, omat istukat.

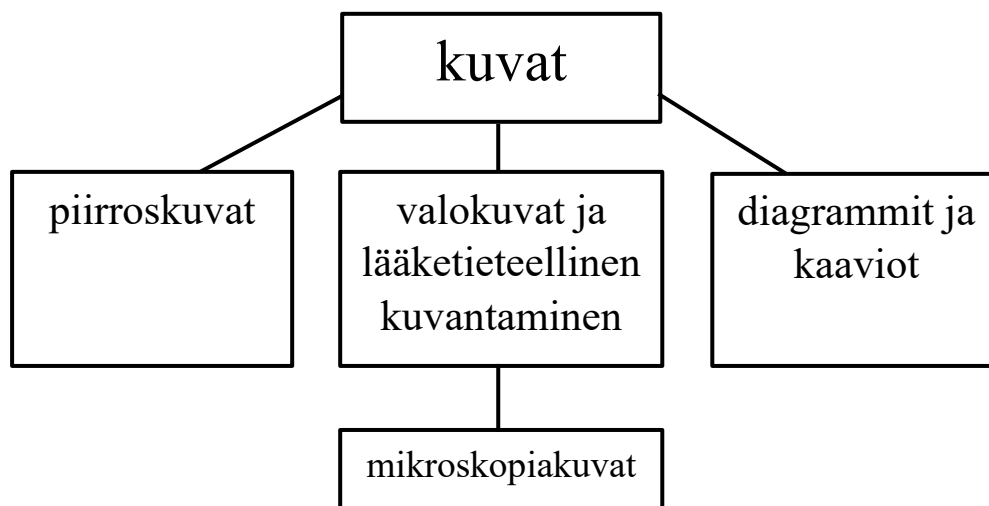


2G Noin kolmasosa kaksosista on identtisiä eli samanmunaisia. He ovat peräisin yhdestä hedelmöityneestä munasolusta, joka jakautuu kahtia hyvin varhaisessa vaiheessa (usein jo 2-soluasteella). Identtiset kaksoset ovat samaa sukupuolta ja niillä on sama perimä. Epäidenttiset eli erimunaiset kaksoset saavat alkunsa, kun naisella irtoaa samaan aikaan kaksi munasolua ja molemmat hedelmöittyvät. Epäidenttiset kaksoset voivat olla eri sukupuolta ja niillä on eri perimä.

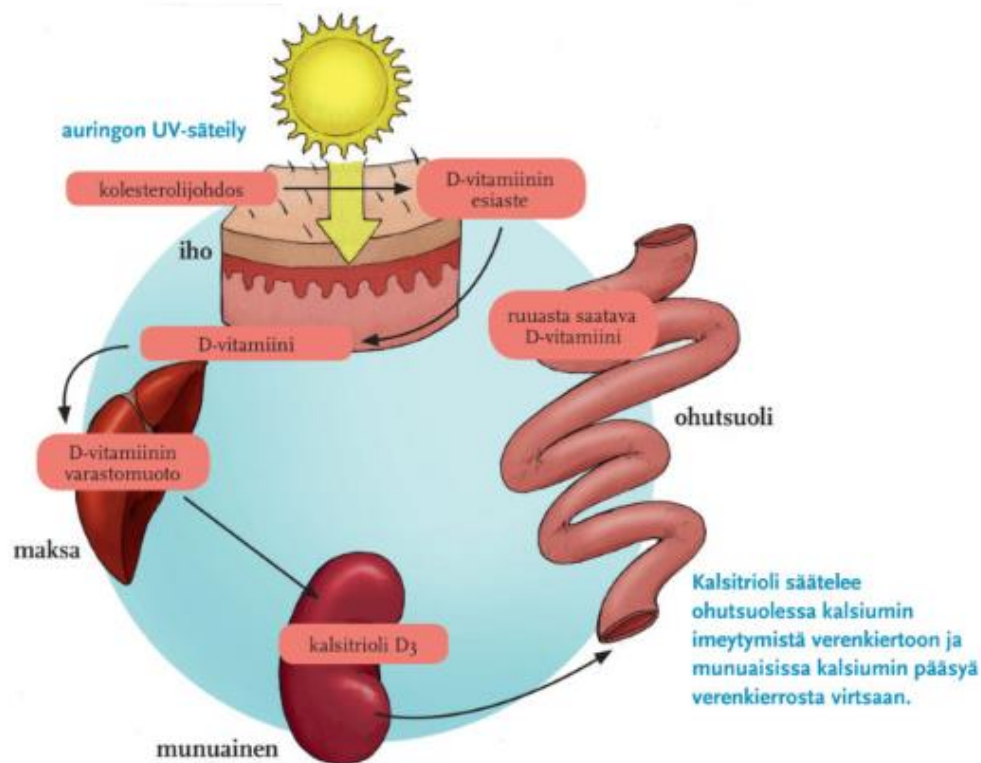
Kuva 4. Kuvitus on laskettu kahdeksi kuvaksi, sillä molemmat osat kuvaavat toisistaan erillistä tilannetta. (Kuva: Idänpirtti K, Suutarinen M, Tuominen P (2017) *Koralli 4 digikirja BI4 Ihmisen biologia*. Kustannusosakeyhtiö Otava. Käyttö kustantajan luvalla.)

Samalla kun laskin kuvien lukumäärät, luokittelin ne neljään luokkaan (kuva 5) seuraavin perustein:

- Muodostin kolme yläluokkaa: ”piirroskuvat”, ”valokuvat ja lääketieteellinen kuvantaminen” sekä ”diagrammit ja kaaviot”.
- ”Piirroskuviksi” luokittelin kuvat, jotka oli tehty jotakin piirrostekniikkaa käyttäen, käsin tai digitaalisesti piirtämällä, jolloin mukana olivat myös esimerkiksi 3D-kuvat.
- Luokkaan ”valokuvat ja lääketieteellinen kuvantaminen” luokittelin valokuvat ja lääketieteelliseen kuvantamiseen liittyvät kuvat, kuten röntgen-, ultraääni- ja magneettikuvat sekä mikroskooppivalokuvat.
- Yläluokasta ”valokuvat ja lääketieteellinen kuvantaminen” erotin vielä omaksi alaluokakseen ”mikroskopiakuvat”, johon luokittelin kaikki mikroskooppivalokuvat eli mikroskooppinäkömäästä otetut valokuvat.
- Luokkaan ”diagrammit ja kaaviot” luokittelin kaikki numeerisiin aineistoihin perustuvat graafiset esitykset, kuten pylväs-, ympyrä- ja viivadiagrammit, sekä erilaiset kaaviot, kuten käsitekartat ja kuviot.
- Luokittelin kuvat pääasiallisen sisältönsä mukaan. Esimerkiksi diagrammeissa ja kaavioissa oli usein mukana pieniä piirroskuvia, mutta pääasiallisena kuvatyypinä oli kuitenkin diagrammi tai kaavio (esimerkkinä kuva 6).



Kuva 5. Oppikirjojen kuvat luokiteltiin yläluokkiin ”piirroskuvat”, ”valokuvat ja lääketieteellinen kuvantaminen” sekä ”diagrammit ja kaaviot”. Yläluokasta ”valokuvat ja lääketieteellinen kuvantaminen” erotettiin vielä omaksi alaluokakseen ”mikroskopiakuvat”.



3H Ihossa muodostuvasta D-vitamiinista tehdään välivaiheiden kautta kalsitriolia, joka säätelee veren kalsiumpitoisuutta.

Kuva 6. Tämä kuvitus on ensisijaisesti kaavio, vaikka sisältää piirroksia, joten se on luokiteltu luokkaan ”diagrammit ja kaaviot”. Kuvitus on laskettu yhdeksi kuvaksi. (Kuva: *Idänpirtti K, Suutarinen M, Tuominen P (2017) Koralli 4 digikirja BI4 Ihmisen biologia. Kustannusosakeyhtiö Otava*. Käyttö kustantajan luvalla.)

Taulukoin kuvamateriaalin luokkiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmassa eriteltynä kirjasarjoittain. Laskin Excelillä kunkin luokan sisältämien kuvien lukumäärät kirjasarjoittain sekä kaikkien kirjasarjojen kuvista yhteensä. Lisäksi tein taulukkolaskentaohjelmalla kuvaajan, josta ilmeni kunkin kuvaluokan osuus prosentteina kuvien kokonaismäärästä. Kokonaistilanteen lisäksi myös kirjasarjoittainen kuvituksen jakaantumisen esittäminen oli tarpeellista, sillä kukin opiskelija käyttää opiskelussaan vain yhtä kirjasarjaa, jolloin erot kuvituksessa antavat opiskelijalle erilaiset lähtökohdat esimerkiksi yo-kokeita ajatellen.

Laskin myös oppikirjojen tehtävien lukumäärät. Laskin oppikirjojen tehtäviksi ainoastaan kirjojen ”tehtävät”-osioissa olleet tehtävät. Yhdeksi tehtäväksi laskettiin tehtävä kokonaisuudessaan, eli esimerkiksi jos tehtävä 1 sisälsi kohdat a), b) ja c), laskin tämän tehtävä-

kokonaisuuden yhdeksi tehtäväksi. Taulukoin tehtävien lukumäärät taulukkolaskentaohjelmaan. Luokittelin tehtävät kuvattomiin tehtäviin ja kuvatehtäviin. Kuvatehtäviksi laskin ainoastaan tehtävät, joissa kuva liittyi tehtävänantoon selkeästi, eli mikäli tehtävän yhteydessä oli ainoastaan kuvituskuva, joka ei vaikuta tehtävän ratkaisemiseen, laskin tehtävän kuvattomaksi tehtäväksi. Kuvatehtävistä laskin vielä erikseen mikroskopiakuvatehtävien määrän. Oppikirjojen tehtävien osalta en laskenut tehtävien sisältämiä kaikkia kuvia määrällisesti erikseen, vaan koin tarkoituksenmukaisemmaksi laskea jokaisesta kappaleesta tehtävien lukumäärän, näistä kuvallisten tehtävien lukumäärän ja näistä mikroskopiakuvatehtävien määrän. Näin pystyin paremmin myös vertailemaan kuvatehtävien määrää kuvattomiin tehtäviin, kuin jos olisin laskenut kuvamääriä sen sijaan. Laskin kuvatehtävien prosenttiosuuden kaikista tehtävistä ja mikroskopiakuvatehtävien prosenttiosuuden kaikista kuvatehtävistä.

Tarkastelin kirjojen mikroskopiakuvia myös sisällöllisesti. Kirjasin taulukoihin mikroskopiakuvien aiheet sekä tekstiosuuksien että tehtävien mikroskopiakuvien osalta. Luokittelin mikroskopiakuvat aiheiden mukaan ja tarkastelin, miten kuvien lukumäärät vaihtelivat eri luokkien välillä.

3.1.2 Ylioppilaskokeiden tehtäväänalyysi

Tutkin ylioppilaskokeissa vuosina 2006–2019 (yhteensä 28 koetta) olleita ihmisen biologiaan liittyviä tehtäviä ja samalla tarkastelin myös muita kuin ihmisen biologiaan liittyviä mikroskopiakuvatehtäviä. Ylioppilaskokeet vuodesta 2006 eteenpäin ovat verkossa kaikkien saatavilla Ylen Abitreenien nettisivustolla (Yleisradio Oy, 2015), josta sain tehtävät käyttööni. Kävin kaikkien kokeiden kaikki tehtävät läpi, ja otin analyysin mukaan ne tehtävät, jotka sisälsivät aiheita, jotka kuuluivat Ihmisen biologia -kurssiin LOPSien 2003 ja 2015 keskeisten sisältöalueiden perusteella (ks. liitteet 1 ja 2). Lisäksi otin erikseen tarkasteluun kaikki yo-tehtävät, jotka sisälsivät mitä tahansa mikroskopiakuvia, jotka olivat tarpeellisia tehtävän ratkaisemiseksi.

Kirjasin taulukkolaskentaohjelmaan kaikki ihmisen biologiaan liittyvät yo-tehtävät vuosilta 2006–2019, joista kirjasin erikseen ylös kuvattomien tehtävien määrän, mikroskopiakuvatehtävien määrän ja muiden kuvatehtävien määrän. Lisäksi kirjasin taulukkoon erikseen muut kuin ihmisen biologiaan liittyvät mikroskopiakuvatehtävät. Kaikista mikroskopiakuvatehtävistä kirjasin ylös myös tehtävän mikroskopiakuvien aiheet. Luokittelin tehtävän mikroskopiakuvatehtäväksi, mikäli se sisälsi mikroskopiakuvan, jota pystyi

hyödyntämään tehtävän vastauksessa. Luokittelin tehtävän tällöin mikroskopiakuvatehtäväksi, vaikka tehtävässä olisi ollut muitakin kuvia. Tehtävää ei laskettu mikroskopiakuvatehtäväksi, jos siinä ollut mikroskopiakuvaa oli käytetty vain kuvituskuvana, eikä kuvaa tarvittu tehtävän ratkaisemiseen. Tarkastelin kokeiden tehtäviä yksi kerrallaan rajaten, mitkä tehtävistä kuuluivat tutkittuun tehtäväjoukkoon. Joissakin tehtävissä on aihealueita muiltakin kuin Ihmisen biologian kurssilta, joten kriteerinä oli, että riittää, että tehtävä sisältää Ihmisen biologia -kurssin aiheisiin sisältyvän osion, jolloin se otettiin mukaan ihmisen biologia -tehtäviin. Tehtävä laskettiin tässä kuvatehtäväksi, jos kuva liittyi tehtävän Ihmisen biologia -kurssin sisältöä käsittelevään osaan.

Laskin kuvatehtävien prosenttiosuudet kaikista ihmisen biologia -aiheisista tehtävistä ja mikroskopiakuvatehtävien osuuden kaikista ihmisen biologia -aiheisista kuvatehtävistä, jolloin näiden lukujen vertaileminen oppikirja-analyysin vastaaviin prosenttiosuuksiin mahdollistui. Kirjasin myös ylös mikroskopiakuvatehtävien aihealueet ja vertasin niitä kirjojen mikroskopiakuvatehtävien ja oppikirjoissa esiintyvien mikroskopiakuvien aihealueisiin. Näin sain selville, miten hyvin oppikirjojen sisältämät mikroskopiakuvat ja mikroskopiakuvatehtävät kohtaavat ylioppilaskokeiden sisältöjen kanssa.

3.2 Haastattelututkimus

Tässä tutkimuksessa toisena menetelmänä käytin puolistrukturoitua haastattelututkimusta. Haastatteluja edelsi haastateltavien tutustuminen haastattelun ennakkomateriaaleihin, joihin osa haastattelun kysymyksistä pohjautui.

3.2.1 Tutkimusjoukko

Lähetin valikoiduille tutkimukseen soveltuville biologian aineenopettajille haastattelukutsut sähköpostitse (liite 4). Kutsun saaneet opettajat olivat joko tehneet aiemmin yhteistyötä Turun yliopiston biologian laitoksen kanssa tai sitten he olivat itselleni tuttuja muista yhteyksistä. Tutkimusjoukko ei siis valikoitunut satunnaisesti. Ensimmäisen kerran lähetin haastattelukutsut 8.11.2018 yhdeksälle aineenopettajalle, joista kolme suostui haastateltavaksi. Marraskuun lopulla (27.11.2018) lähetin muistutusviestin haastattelukutsusta heille, joilta en ollut saanut vielä vastausta, minkä jälkeen kaksi aineenopettajaa vastasi kutsuun myöntävästi. Joulukuun alussa (3.12.2018) lähetin haastattelukutsut vielä

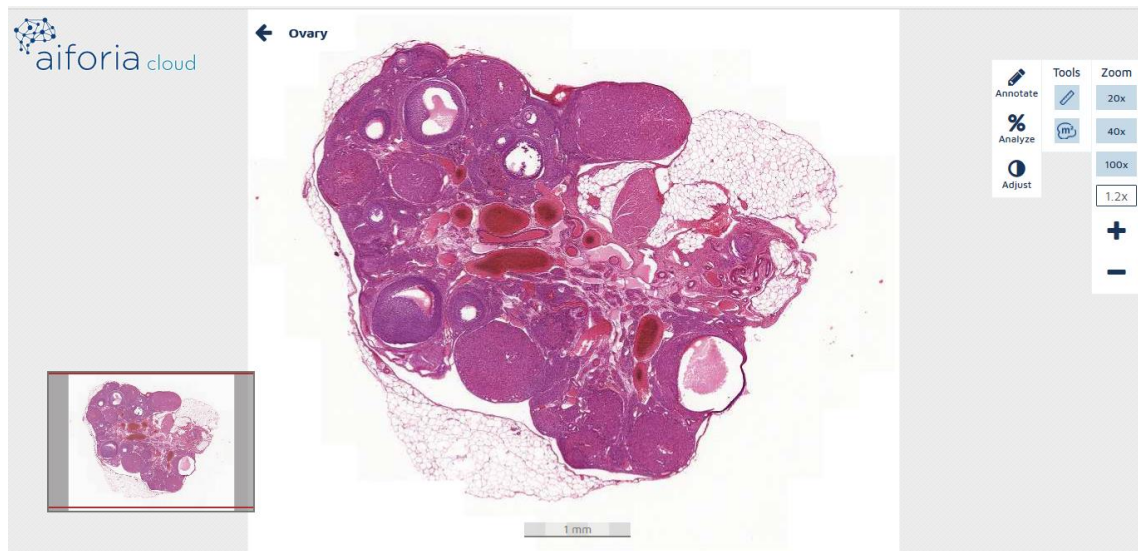
kahdelle aineenopettajalle, joihin en aiemmin ollut ollut yhteydessä asiasta, ja heistä toinen suostui haastattelupyyntöön ja toinen kieltäytyi. Haastatteluihin kutsuttiin siis yhteensä yksitoista biologian aineenopettajaa, joista kuusi suostui haastateltavaksi. Kaksi haastateltavaa kuitenkin perui haastattelun hieman ennen sovittua ajankohtaa, joten lopulta haastateltavia oli vain neljä.

Kaikki haastateltavat aineenopettajat olivat naisia ja sijoittuivat ikäryhmään 35–55-vuotiaat. Kaikki aineenopettajat opettivat haastatteluhetkellä jossakin varsinaissuomalaisessa lukiossa biologiaa. Oman arvionsa mukaan he olivat pitäneet Ihmisen biologia -kurssin (BI4) kukin 10–50 kertaa ja heillä oli kokemusta lukioissa opettamisesta 7–26 vuotta.

3.2.2 Haastateltaville lähetetty ennakkomateriaali

Yksi osa tätä tutkimusta oli selvittää, miten virtuaalimikroskopointi soveltuisi lukion biologian opetukseen. Opettajille tutustuttavaksi annettiin ennakkomateriaalia, joka sisälsi linkit virtuaalimikroskopialeikkeisiin, leikkeiden tarkasteluun opastaviin videoihin, piirroskuviin elinten rakenteista sekä annotoituihin mikroskopiakuviin ja niihin liittyviin teksteihin. Materiaalit käsittelivät nisäkkäiden lisääntymiselinten histologiaa. Lähetin ennakkomateriaalin PowerPoint-tiedostona (liite 5) noin viikkoa ennen sovittua haastattelujankohtaa.

Virtuaalimikroskoopissa tarkasteltavat leikkeet olivat Turun yliopiston omassa opetuksessa käytettäviä materiaaleja ja ne on tallennettu Aiforia Technologies Oy:n pilvipalveluun. Aiforia Technologies Oy on vuonna 2013 perustettu spin-off -yritys Suomen Molekyylilääketieteen Instituutista (FIMM), Helsingin yliopistosta (Aiforia Technologies Oy 2019). Yritys on erikoistunut kudoksen näytteiden tekoölyyn pohjautuvaan digitaaliseen analysointiin, joka hyödyntää pilvilaskentaa. Aiforian pilvipohjainen alusta mahdollistaa kuvien säilömistä, jakamista ja analysoinnin pilvessä, joten käyttö vaatii vain Internet-yhteyden. Esimerkki leikenäkymästä virtuaalimikroskoopissa on esitetty kuvassa 7. Leikkeen suurennosta pystyy säätämään oikeanpuoleisia +/- -merkkejä käyttämällä tai hiiren rullan välityksellä. Opettajille tarjolla ollut kokoelma sisälsi 30 leikettä, mutta ennakkomateriaalin mukana ollut tukimateriaali keskittyi neljään leikkeeseen: munasarja, kives, lisäkives ja siemenjohdin.



Kuva 7. Esimerkkinäkymä Aiforian virtuaalimikroskoopista. Tarkastelussa munasarja-leike.

Osana ennakkomateriaalia ovat histologisten leikkeiden tarkasteluun opastavat videot (4 kpl, 3–6 min, Minna Vainio 2018), jotka oli tehty tätä tutkimusta varten opettajien tukimateriaaliksi. Videoilla tarkastellaan samoja neljää virtuaalimikroskooppileikettä (munasarja, kives, lisäkives ja siemenjohdin), joihin haastateltavia ohjeistettiin tutustumaan. Videoille on tallennettu näytön tapahtumat virtuaalimikroskooppileikettä tarkasteltaessa (kuten rakenteiden osoittaminen kursorilla) samanaikaisesti äänitetyn selostuksen kanssa. Videoilla selostetaan mitä leikkeessä on, mihin kannattaa kiinnittää huomiota sekä liittää leikkeessä näkyvät rakenteet ja solutyypit fysiologisiin toimintoihin. Videoiden tarkoituksena on helpottaa leikkeiden tarkastelua, varmentaa opettajan omia tulkintoja leikkeen sisällöstä, helpottaa opetuksen valmistelua ja madaltaa kynnystä ottaa virtuaalimikroskopiointi osaksi oppituntia. Videot tehtiin Echo360-alustalla.

Edellä mainittujen lisäksi haastatelluille lähetetty PowerPoint-tiedosto sisälsi linkit kahteen kaavamaiseen piirroskuvaan lisääntymiselinten rakenteesta. Toisessa kuvassa on kuvattu munasarja sekä kuukautiskierron vaiheet ja toisessa kives, lisäkives ja siemenjohdin sekä siementiehyt ja spermatogeneesi. PowerPoint-tiedostossa oli myös linkit Solunetin mikroskopiakuviin rotan munarakkuloista, rotan siementiehyistä, miehen lisäkiveksestä ja miehen siemenjohtimesta. Solunetin mikroskopiakuvat ovat annotoituja eli niihin on merkitty rakenteita näkyviin symbolien ja viivojen avulla. Lisäkiveksestä ja siemenjohtimesta on lisäksi selostettu tekstissä.

Haastateltaville lähetettyjen ennakkomateriaalien aineisto (verkko-osoitteet lähdeluettelossa, ks. myös PowerPoint, liite 5):

- Koko kokoelma, histologialeikkeet (Turun yliopisto 2018d)
- Munarauhanen:
 - histologialeike (Turun yliopisto 2018c)
 - opastusvideo (Vainio 2018c)
 - piirroskuva (Encyclopedia Britannica 2012)
 - oppimateriaali (Solunetti 2006b)
- Kives:
 - histologialeike (Turun yliopisto 2018a)
 - opastusvideo (Vainio 2018a)
 - piirroskuva (Encyclopedia Britannica 2013)
 - oppimateriaali (Solunetti 2006c)
- Lisäkives:
 - histologialeike (Turun yliopisto 2018b)
 - opastusvideo (Vainio 2018b)
 - oppimateriaali (Solunetti 2006a)
- Siemenjohdin:
 - histologialeike (Turun yliopisto 2018e)
 - opastusvideo (Vainio 2018d)
 - oppimateriaali (Solunetti 2006d)

Haastateltavat saivat haastattelun ennakkomateriaalit tutustuttavakseen noin viikkoa ennen haastattelun ajankohtaa. Näin haastateltavilla oli kohtuullinen aika tutustua materiaaleihin, muttei kuitenkaan niin pitkä, että materiaalien sisältö ehtisi unohtua ennen haastattelua. Ennakkomateriaaleihin tutustuminen itsekseen ennen haastattelututkimusta oli parempi vaihtoehto, kuin vasta juuri ennen haastattelututkimusta haastattelupaikassa, sillä näin tilanne vastasi mahdollisimman hyvin tavanomaista opettajan työskentelyä tuntuunittelun parissa. Materiaaleihin tutustuminen vasta juuri ennen haastattelua olisi myös saattanut häiritä keskittymistä ja olla liian pintapuolista. Riittävä aika materiaaleihin tutustumisen ja haastattelun välillä mahdollisti sen, että haastateltava ehti työstää näkemyksiään ja ajatuksiaan rauhassa ennen haastattelua.

3.2.3 Puolistrukturoitu haastattelu menetelmänä

Haastattelumenetelmänä käytin puolistrukturoitua haastattelua, joka mukaili soveltuvilta osin teemahaastattelumenetelmää, joka on menetelmänä esitelty teoksessa Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö (Hirsjärvi & Hurme 2000). Hirsjärven ja Hurmeen (2000) mukaan puolistrukturoiduille haastattelumenetelmille on yhteistä se, että osa haastattelun muodosta pysyy vakiona haastattelusta toiseen, mutta osa vaihtelee haastattelukohtaisesti. Näin ollen puolistrukturoitu haastattelumenetelmä on menetelmällisesti jotain strukturoidun lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun väliltä. Teemahaastattelu on luonteeltaan puolistrukturoitu haastattelututkimus, jossa haastattelun aihepiirit on ryhmitelty haastattelurunkoon teemoittain, joiden sisällä kysymysten tarkka muoto ja järjestys voi vaihdella haastattelukohtaisesti. Tutkittava ilmiö jaotellaan teema-alueisiin, joiden sisälle sulkeutuu osailmiöitä, joista tutkittava ilmiö koostuu (Hirsjärvi & Hurme 2000).

Haastattelurungon luonnostelu on keskeinen osa tutkimuksen suunnitteluprosessia sekä koko tutkimuksen linjauksia. Haastatteluissa kerätyn aineiston pohjalta pitäisi pystyä tekemään luotettavia päätelmiä tutkittavasta aiheesta. Jos haastatteluteemat ja niihin sisältyvät kysymykset eivät ole linjassa sen kanssa, millaisiin tutkimuskysymyksiin halutaan vastauksia, voi haastatteluissa jäädä käsittelemättä tutkimuksen kannalta oleellisia asioita. Toisaalta käytettäessä teemahaastattelua tutkimusmenetelmänä tarkkojen ennalta asetettujen hypoteesien muodostaminen voi olla ongelmallista, sillä teemahaastattelun tarkoituksena on selvittää tutkittavan aihealueen luonnetta ja ominaisuuksia, ja näiden pohjalta muodostaa uusia hypoteeseja enemmän kuin suoranaisesti todentaa ennalta asetettuja hypoteeseja. (Hirsjärvi & Hurme 2000)

Haastatteluja varten koostettiin teemoitettu haastattelurunko (liite 6). Teemahaastattelun metodiikan mukaan haastattelurunko koostuu pelkistetyistä teema-alueuettelosta, ja nämä teema-alueet tarkennetaan haastattelutilanteessa kysymyksillä (Hirsjärvi & Hurme 2000). Käyttämäni haastattelurunko oli kuitenkin luonteeltaan tarkennetumpi, sillä se sisälsi valmiiksi muotoilemiani kysymyksiä, joiden varassa haastattelut pitkälti etenivät. Tähän päädyttiin sen varmentamiseksi, ettei tutkimuksen kannalta oleellisia kysymyksiä jäisi pois haastattelusta. Haastattelut etenivät kuitenkin teemojen varassa, ja kysymysten tarkka muoto ja paikka vaihtelivat haastattelukohtaisesti. Teemahaastattelumenetelmä on alun perin kehitetty ilmiölähtöisiin tutkimusaiheisiin, ja tässä tutkimuksessa kyseessä ei ehkä ole suoranaisesti ilmiö, vaan pikemminkin tarve selvittää opettajien näkemyksiä ja kokemuksia mikroskopiasta ja virtuaalimikroskopiasta opetuksessa. Näin ollen pelkkää

teema-alueuutteloja yksityiskohtaisemman haastattelurungon käyttäminen oli perusteltua tutkimuksen luonteen takia.

Haastatteluteemojen suunnittelu on suunnitteluvaiheen tärkeimpiä osa-alueita. Haastatteluteemoiksi muotoutuivat suunnittelun edetessä seuraavat teemat: *1. Elinten rakenteiden ja toimintojen opettaminen, 2. Mikroskopian käyttö taitojen kehittämisessä sekä 3. Virtuaalimikroskopian hyödynnettävyys lukio-opetuksessa.* Ensimmäisen teeman tarkoituksena oli selvittää haastateltavan opetustapoja tarkasteltavassa aihepiirissä (elinten rakenteiden ja toimintojen opettaminen Ihmisen biologia -kurssilla) sekä selvittää millainen asema mikroskopoinnilla ja mikroskopiakuvilla on opettajien opetuksessa suhteutettuna muihin opetusmuotoihin. Toisen teeman tarkoituksena oli selvittää opettajien suhtautumista mikroskopointiin opetusmenetelmänä ja mitä pedagogisia hyötyjä mikroskopoinnilla opettajien mielestä on; millaisia taitoja opettajat kokevat mikroskopoinnin kehittävän ja millaisten tiedollisten tavoitteiden saavuttaminen on heidän mielestään mahdollista mikroskopoinnin avulla. Kolmannen teeman tarkoituksena oli selvittää virtuaalimikroskopoinnin sekä siihen liittyvien tukimateriaalien (haastattelun ennakkomateriaalit) koettua hyödyllisyyttä ja toimivuutta.

Haastattelurunko (liite 6) eteni haastatteluteemoittain. Suurin osa haastattelukysymyksistä oli avoimia eli valmiiksi annettuja vastausvaihtoehtoja ei ollut, vaan haastatellut saivat vastata kysymyksiin omin sanoin. Avoimien kysymyksien lisäksi haastattelussa pyydettiin haastateltavia arvioimaan, mitkä Bloomin tavoitetaksonomian (Bloom & Krathwohl 1956) tiedollisista tavoitteista on heidän mielestään mahdollista saavuttaa mikroskopoinnilla sekä arvioimaan ennakkomateriaalien hyödyllisyyttä numeerisesti Likert-asteikon avulla.

Haastatteluihin valmistautumiseen kuuluu olennaisena osana haastattelijan roolin sisäistäminen. Haastattelutilanteessa haastattelijalla osallistuu haastatteluun väistämättä sekä omana persoonanaan että tutkijana. Oman persoonallisuuden näkyminen haastattelijan roolista huolimatta on tietyissä määrin välttämätöntä ja suotavaakin, mutta toisaalta tutkijan tulisi pyrkiä minimoimaan oman käytöksensä vaikutus haastateltavan vastauksien sisältöön. Tätä varten haastattelijalla pyrkii olemaan puolueeton ja välttämään omien mielihetkeidensä osoittamista. Toisaalta joskus haastattelutilanteen luonteen takia haastattelijalla täytyy joustaa näistä periaatteista, jottei hän vaikuta epäluotettavalta tai ammattitaidottomalta. (Hirsjärvi & Hurme 2000)

Ennen varsinaisia haastatteluja pidin esihaastattelun 20.12.2018 varsinaiseen tutkimusjoukkoon rinnastettavan esihaastateltavan kanssa, eli tässä tapauksessa lukion biologian aineenopettajan kanssa. Esihaastattelun tarkoituksena oli testata luonnosteltua haastattelurunkoa sekä harjoitella haastattelun pitämistä ja haastattelijan roolia. Esihaastattelun jälkeen tein vielä pieniä muutoksia haastattelurunkoon, jotta haastatteluista tulisi mahdollisimman onnistuneita.

Varsinaiset haastattelut pidin 15.1.–6.2.2019. Lähetin haastatteluiden ennakkomateriaalit sähköpostitse PowerPoint-tiedostona (liite 5) haastateltaville tutustuttavaksi noin viikkoa ennen haastatteluajankohtaa sekä ohjeet materiaalien läpikäymiseen (liite 7). Lisäksi tarkentavia ohjeita oli itse PowerPoint-tiedostossa. Haastattelut tapahtuivat kahden kesken rauhallisessa tilassa joko haastateltavan työpaikalla koulussa tai Turun yliopistolla kokoushuoneessa. Tallensin haastattelut haastattelukäyttöön suunnitellulla nauhurilla äänitiedostoiksi, jotka myöhemmin litteroin tekstitiedostoiksi haastattelujen läpikäymistä ja analysointia varten.

3.2.4 Haastatteluaineiston analyysi ja tulkinta

Haastattelujen jälkeen siirsin haastattelujen äänitallenteet nauhurilta tietokoneelle purkaakseni aineiston litteroimalla eli puhtaaksikirjoittamalla äänitiedostojen sisällön tekstitiedostoiksi. Käytin litterointiin SoundScriber-äänentoisto-ohjelmaa, jolla äänentoistonopeutta voi hidastaa tai nopeuttaa sekä käyttää walking-toimintoa, jossa ääntä voi toistaa haluamissaan pätkissä niin monesti kuin on tarpeen. Litteroin aineiston sanatarkasti, mutta niin, että teksti oli helposti luettavaa. Näin ollen jätin osan turhista täytesanoista ja sanojen toistosta pois, kuitenkin harkintaa käyttäen, jotta litteroitu aineisto mukailisi mahdollisimman hyvin alkuperäistä haastattelua. Litteroituani aineiston jatkoin aineiston käsittelyä lukemalla aineiston muutamaan kertaan läpi tehden samalla havaintoja ja päätelmiä.

Käytin haastatteluaineiston analyysissä yhtenä menetelmänä aineistolähtöistä sisällön erittelyä ja sisällönanalyysiä, jossa analyysiyksiköt muodostetaan aineistosta tutkimuskysymysten mukaisesti (Tuomi & Sarajärvi, 2009b, s. 95). Analyysiyksiköt eivät siten ole etukäteen päätettyjä vaan lähtöisin aineistosta. Sisällönanalyysillä pyritään kuvaukseen tutkittavasta ilmiöstä tiivistetyssä ja yleisessä muodossa (Tuomi & Sarajärvi, 2009b, s. 103). Kuitenkin sisällönanalyysillä saadaan aineisto vain järjestetyksi johtopäätösten te-

koa varten, joten usein sisällönanalyysillä tehtyjä tutkimuksia kritisoidaan keskeneräisyydestä, mikäli järjestetty aineisto esitellään jo valmiina tuloksina. Vasta tekemällä tästä järjestetystä aineistosta mielekkäitä johtopäätöksiä saadaan tutkimuksen varsinaiset tulokset (Tuomi & Sarajärvi, 2009b, s. 103). Tekemäni aineistolähtöinen sisällönanalyysi perustui Tuomen & Sarajärven kuvaukseen menetelmästä (2009b, s. 108–113).

Tekemäni sisällönanalyysin päävaiheet olivat seuraavat:

1. Tutkimuskysymysten perustella päätin mikä aineistossa kiinnostaa ja on analyysin kohteena.
2. Kävin läpi litteroidun aineiston ja koodasin aineiston eli merkitsin kohdat, jotka kiinnostivat.
3. Redusoin eli pelkistin koodatun aineiston.
4. Klusteroin eli ryhmittelin redusoidun aineiston.
5. Muodostin klusteroidusta aineistosta teoreettisen käsitteen (yhdistävän käsitteen) eli abstrahoin aineiston.
6. Kirjoitin yhteenvedon.

Monessa lähteessä puhutaan sisällön erittelystä ja sisällönanalyysistä toistensa synonyymeinä (Tuomi & Sarajärvi, 2009b, 105). Tuomen & Sarajärven (2009b, 105–106) mukaan näillä on kuitenkin eri merkityksensä. Sisällön erittely tarkoittaa aineiston analyysia, jossa kuvataan määrällisesti aineiston sisältöä, kun taas sisällönanalyysissä pyritään kuvaamaan aineiston sisältöä sanallisesti. Sisällön erittelyllä saatu tieto on pinnallisempaa kuin sisällönanalyysissä. Sisällönanalyysi antaa merkityksiä sisällön erittelyssä esitetylle tiedolle ja tarkentaa sitä (Tuomi & Sarajärvi, 2009b, 106).

Etenin analyysissä haastatteluteema kerrallaan. Aloitin teeman *1. Mikroskopia osana elinten rakenteiden ja toimintojen opetusta* sisällönanalyysin tekemällä aineistolle sisällön erittelyn, jossa kuvataan kvantitatiivisesti tekstin sisältöä (Tuomi & Sarajärvi, 2009b, s. 106). Aloitin tämän koodaamalla aineiston eli merkitsin kutakin tutkimuskysymystä käsittelevät kohdat omalla värillään litteroituun aineistoon. Halusin selvittää, millainen asema mikroskopiolla on opettajien opetuksessa suhteutettuna muuhun opetukseen. Aloitin sisällön erittelyn vastauksista kysymykseen: *Miten ja millaisin apuvälinein opetat elinten rakennetta ja toimintaa?* Analyysiyksikkönä käytin haastateltavien alkuperäisilmauksia, jotka olivat lauseenosia/lauseita, jotka vastasivat kysymykseen. Redusoin vastauksista alkuperäisilmaukset eli pelkistin ne tiivistetyiksi ilmauksiksi. Esimerkiksi alku-

peräinen ilmaus *"erilaisia aivomalleja ja on luurankoja"* pelkistyi ilmaukseksi *anatomi-
set mallit* ja *"valmiita mikroskooppileikkeitä tarkasteltu, esimerkiksi suolinukan raken-
netta"* pelkistyi ilmaukseksi *mikroskopointi valmiilla leikkeillä*. Taulukoin alkuperäisil-
maukset ja pelkistetyt ilmaukset taulukkolaskentaohjelmaan. Mikäli sama haastateltava
oli käyttänyt saman sisältöistä ilmausta useampaan kertaan, huomion sen vain kerran,
sillä näin pienestä aineistosta johtopäätösten tekeminen ilmausten toistuvuudesta ei olisi
ollut mielekäästä.

Seuraava vaihe oli aineiston klusterointi eli ryhmittely, jossa aineiston ilmauksista etsi-
tään samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia, joiden perusteella samankaltaiset ilmaisut voi-
daan luokitella samaan luokkaan niitä yhdistävien tekijöiden perusteella. Luokat nime-
tään niiden sisältöä kuvaavalla käsitteellä. Muodostettuja luokkia voidaan yhä edelleen
ryhmitellä ylempiin luokkiin ja jatkaa tätä niin kauan kuin se on mielekäästä aineiston
kannalta. Lopulta saadaan muodostettua yhdistävä käsite eli yhdistävä luokka. Näin saa-
daan abstrahoitua aineisto eli klusteroidusta aineistosta muodostetaan teorettinen käsite.

Luokittelin pelkistetyt ilmaukset alaluokkiin, joista muodostin yläluokkia niitä yhdistä-
vien piirteiden mukaan, jolloin muodostui kolme yläluokkaa: ”makroskooppinen anatomi-
mia”, ”piirrosmainen kuvantaminen” ja ”mikroskopia”. Tässä luokitteluperusteena (luo-
kitteluyksikkönä) on anatominen ja fysiologinen koko sekä toisaalta se, onko käytetty
biologista materiaalia vai ihmisen kuvantamaa materiaalia. Makroskooppiseen anatomi-
aan tutustuttaessa on mahdollista käyttää sekä ihmisen mallintamaa materiaalia että aitoja
elimiä. Piirrosmainen kuvantaminen sisältää ainoastaan ihmisen valmistamaa materiaalia,
mutta kuvantamisen kohde voi olla mitä tahansa mikroskooppisesta makroskooppiseen.
Piirrosmaisessa kuvantamisessa voidaan korostaa tai häivyttää haluttuja piirteitä, jotta
voitaisiin mallintaa elinten toimintaa ja rakennetta mahdollisimman selkeässä tai ymmär-
rettävässä muodossa. Mikroskopiassa lähtömateriaalina ovat aidot elimet ja kudokset,
mutta mikroskooppinen tarkastelu vaatii kuitenkin usein jonkinasteista materiaalin muok-
kausta. Yläluokat ”makroskooppinen anatomia”, ”piirrosmainen kuvantaminen” ja ”mik-
roskopia” muodostavat yhdistettynä pääluokan: ”opettajien opetuksessaan käyttämät ha-
vainnollistamistavat elinten rakenteesta ja toiminnasta”.

Teemassa 2. *Mikroskopian käyttö taitojen kehittämisessä* käytin sisällön erittelyä ja ai-
neistolähtöistä sisällönanalyysia tutkiessani sitä, millaisia taitoja mikroskopointi opetta-
jien mielestä kehittää. Analysoin haastateltavien vastaukset kysymykseen: *Jos olet käyt-
tänyt mikroskopointia/mikroskopiakuvia opetuksessasi, millaisia taitoja ne mielestäsi ke-*

hittävät? Kaikki opettajat olivat käyttäneet mikroskopointia/mikroskopiakuvia opetuksessaan ainakin jollakin kursseilla, joten kaikki vastasivat kysymykseen. Koodasin opettajien vastauksista analyysiyksiköt (lauseet/lauseenosat), jotka muunsin pelkistetyiksi ilmauksiksi. Pelkistetyt ilmaukset luokittelin alaluokkiin ja alaluokat edelleen viiteen yläluokkaan: ”ajattelu ja päättely”, ”käytännön työskentelytaidot”, ”oman toiminnan säätely”, ”sosiaaliset taidot” ja ”visuaalinen hahmotuskyky”. Yläluokkien luokitteluperusteet olivat seuraavat: alaluokat ”tutkiminen”, ”vertailu” ja ”asioiden välisten yhteyksien hahmottaminen” vaativat kaikki ajattelun ja päättelyn taitoja ja kehittävät näitä edelleen. Alaluokat ”mikroskoopin käyttötaidot” ja ”näytteen valmistaminen” ovat mikroskooppi-työskentelyssä kehittyviä käytännön työskentelytaitoja. Oman toiminnan säätelyä (itsesäätelyä) vaativia ja sitä kehittäviä taitoja ovat alaluokat ”tarkkuus”, ”ohjeiden noudattaminen” ja ”kärsivällisyys”. Alaluokka ”ryhmätyöskentely” kehittää sosiaalisia taitoja. Visuaalinen hahmotuskyky kehittyy samalla kun ”visuaalinen hahmottaminen” ja ”kudokselle tunnusomaisten piirteiden hahmottaminen” kehittyvät. Yhdessä nämä alaluokista muodostetut yläluokat muodostavat pääluokan: ”mikroskopoinnin kehittämät taidot”.

Teemaan 2 sisältyen halusin myös selvittää, miten mikroskopointi kehittää oppijoiden kognitiivisia taitoja opettajien näkemysten mukaan. Selvitin tätä käyttäen hyödyksi Bloomin tavoitetaksonomiaa (Bloom & Krathwohl 1956) kysymällä heiltä: *Mitä Bloomin tavoitetaksonomian tiedollisia tavoitteita on mielestäsi mahdollista saavuttaa mikroskopoinnilla?* Kokosin opettajien vastaukset luokkiin ”on mahdollista” ja ”ei ole mahdollista” kunkin tason kohdalta. Opettajien näkemyksiä siitä, miten Bloomin tavoitetaksonomian tiedollisia tavoitteita on mahdollista saavuttaa mikroskopoinnin avulla, on lisäksi tuotu esille tuloksissa.

Teemassa 3. *Virtuaalimikroskopian hyödynnettävyys lukio-opetuksessa* selvitin opettajien näkemyksiä virtuaalimikroskopian hyödynnettävyydestä lukio-opetuksessa sekä sen käytön mahdollisia haasteita ja esteitä. Selvitin haastattelun ennakkomateriaalien (virtuaalimikroskooppi ja tukimateriaalit) koettua hyödyllisyyttä ja toimivuutta opettajien näkökulmasta: Kokivatko he materiaalit hyödylliseksi lisääntymiseen liittyvän teeman opettamisessa ihmisen biologian kurssilla? Lisäksi selvitin, olisiko opettajien mielestä vastaavanlaisille virtuaalimikroskopiamateriaaleille tarvetta muissa aihekokonaisuuksissa kuin ihmisen biologiassa.

Pyysin haastateltavia arvioimaan haastattelun ennakkomateriaaleja numeerisesti asteikolla 1–5, minkä lisäksi haastateltavat kommentoivat materiaaleja sanallisesti. Keräsin haastateltavien numeeriset arviot haastattelun ennakkomateriaaleista ja kokosin ne taulukoksi, josta tein kaavion taulukkolaskentaohjelmalla.

Tein kolmesta edellä esitetystä aihekokonaisuudesta jokaisesta oman yhteenvetonsa seuraavia päävaiheita noudattaen:

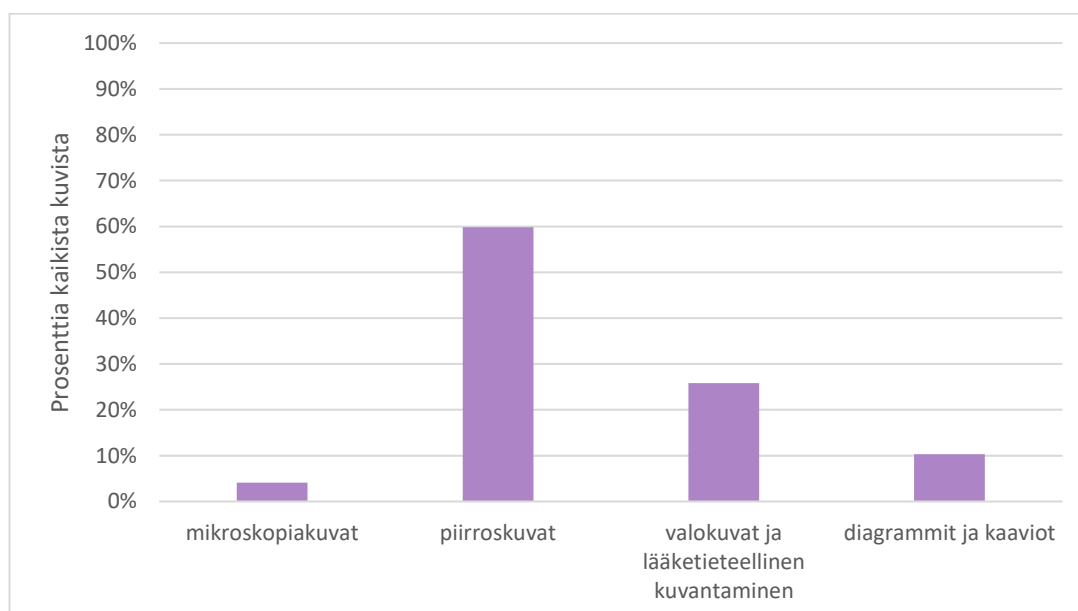
1. Tutkimuskysymysten perustella päätin mikä aineistossa kiinnostaa ja on analyysin kohteena.
2. Kävin läpi litteroidun aineiston ja koodasin kutakin tutkimuskysymystä vastaavat kohdat omilla väreillään.
3. Kokosin kutakin tutkimuskysymystä koskevat koodatut kohdat yhteen.
4. Kirjoitin kustakin aihekokonaisuudesta oman yhteenvetonsa.

4 Tulokset

4.1 Mikroskopiakuvat oppikirjoissa ja ylioppilaskokeissa

4.1.1 Mikroskopiakuvat oppikirjojen tekstikappaleissa

Mikroskopiakuvien osuus oppikirjojen kokonaiskuvituksesta on vähäinen, 4 % kaikista kuvista (kuva 8). Piirroskuvia oli kuvituksesta yli puolet. Kohtuullisen suuri osa (26 %) kuvista oli valokuvia ja lääketieteelliseen kuvantamiseen liittyviä kuvia. Diagrammien ja kaavioiden osuus on 10 %.



Kuva 8. Oppikirjojen tekstikappaleiden kuvitus jaettuna eri luokkiin.

Kaikissa analyysissä mukana olleissa oppikirjoissa on myös lukumäärällisesti tarkasteltuna vähän mikroskopiakuvia (taulukko 2). Yhteensä kaikkien oppikirjojen tekstiosuuk-sien kuvituksessa oli 1157 kuvaa, joista 47 oli mikroskopiakuvia. Oppikirjakohtaisesti tarkasteltuna tekstiosuuk-sien mikroskopiakuvien lukumäärä vaihteli välillä 9–18 (kes-kiarvo 12 mikroskopiakuvaa, keskihajonta ± 4).

Taulukko 2. Oppikirjojen tekstikappaleiden sisältämien kuvien lukumäärät kuvatyypeittäin luokiteltuna. (*ks. kirjat tarkemmin: Aineisto ja menetelmät, taulukko 1)

oppikirja*	kaikki kuvat	mikroskopia-kuvat	piirroskuvat	valokuvat ja lääketieteellinen kuvantaminen	diagrammit ja kaaviot
A1	346	9	220	106	11
A2	310	18	152	91	49
A3	238	9	127	75	27
A4	263	11	193	27	32
yhteensä	1157	47	692	299	119

4.1.2 Mikroskopiakuvat oppikirjojen ja ylioppilaskokeiden tehtävissä

Taulukosta 3 nähdään, että eri oppikirjojen tehtävien kokonaismäärä vaihteli huomattavasti: oppikirjoissa oli 74–226 tehtävää/oppikirja, keskiarvon ollessa 127 tehtävää (keskihajonta ± 68). Oppikirjojen kuvatehtävien osuus kaikista tehtävistä oli 17 %, joista mikroskopiakuvatehtäviä oli 7 %. Tämä on hieman enemmän, mitä oppikirjojen tekstiosuuk-sien mikroskopiakuvien osuus kaikista kuvista oli (4 %). Oppikirjoissa oli yhteensä kuusi mikroskopiakuvatehtävää, joista neljä oli vanhoja osittain mukailtuja yo-tehtäviä. Yhteensä mikroskopiakuvatehtävät muodostivat oppikirjojen tehtävien kokonaismäärästä vain 1 %.

Taulukko 3. Oppikirjojen tehtävien lukumäärät, kuvatehtävien lukumäärät ja mikroskopiakuvatehtävien lukumäärät kirjasarjoittain. (*ks. kirjat tarkemmin: Aineisto ja menetelmät, taulukko 1)

oppikirja*	kaikki tehtävät	kaikki kuvatehtävät	mikroskopiakuvatehtävät
A1	226	33	1
A2	98	28	2
A3	74	8	2
A4	109	19	1
yhteensä	507	88	6

Kaikkiaan 28 analysoidun biologian ylioppilaskokeen (yo-kokeet vuosilta 2006–2019) tehtävissä oli yhteensä 80 ihmisen biologia -aiheista tehtävää. Näistä 20 oli kuvatehtäviä, joista 6 oli mikroskopiakuvatehtäviä. Näin ollen ihmisen biologia -aiheisten kuvatehtävien osuus kaikista ihmisen biologia -aiheisista tehtävistä oli 25 %, joista 30 % oli mikroskopiakuvatehtäviä. Ihmisen biologia -aiheisista tehtävistä 8 % oli mikroskopiakuvatehtäviä.

4.1.3 Oppikirjojen ja yo-tehtävien mikroskopiakuvien sisällöllinen tarkastelu

Tutkittujen oppikirjojen mikroskopiakuvien yleisimmät aiheet olivat lihas- ja verikudokset, joista oli mikroskopiakuvia kaikissa oppikirjoissa (liite 8). Kaikkiaan kirjojen mikroskopiakuvista lihaskudosaiheisia oli 26 % ja verikudosaiheisia 17 %, kun mukaan otetaan niin tekstiosuuksien kuin tehtävienkin mikroskopiakuvat. Nämä olivat ainoat aihepiirit, joista esiintyi mikroskopiakuvia kaikissa kirjoissa. Muiden aihepiirien kuvia esiintyi kirjoissa satunnaisemmin; seuraavaksi yleisimmät aiheet mikroskopiakuvissa olivat bakteerit, luukudos, kromosomit ja alkio.

Oppikirjoissa oli mikroskopiakuvatehtäviä yhteensä 6, jotka sisälsivät 11 mikroskopiakuvaa (liite 9). Näistä mikroskopiakuvista 6 oli lihaskudosaiheisia, 3 verikudosaiheisia ja 2 muista aiheista. Yo-kokeiden tehtävissä samaten oli 6 ihmisen biologia -aiheista mikroskopiakuvatehtävää, jotka sisälsivät yhteensä 11 mikroskopiakuvaa (taulukko 4). Näistä mikroskopiakuvista 2 oli lihaskudosaiheisia, 2 verikudosaiheisia ja 7 muista aiheista.

Muita kuin ihmisen biologia -aiheisia mikroskopiakuvatehtäviä oli yo-kokeissa yhteensä neljä tehtävää. Näiden tehtävien mikroskopiakuvien aiheet on kerrottu taulukossa 4. Yhteensä mikroskopiakuvatehtäviä on siis vuosien 2006–2019 ylioppilaskokeissa ollut kymmenen.

Taulukko 4. Biologian ylioppilaskokeiden mikroskopiakuvatehtävien mikroskopiakuvien aiheet vuosilta 2006–2019. Ihmisen biologia -aiheiset tehtävät värillisellä pohjalla.

vuosi ja tehtävän nro	mikroskopiakuvien aiheet
syksy 2019 t. 7	sylkirauhanen, keuhkorakkula, ohutsuolen nukkalisäkkeet (epiteelikudoksia)
kevät 2018 t. 5	prokaryoottisolun ja eukaryoottisolun (mitokondriot)
syksy 2017 t. 9	verikudoksen solutyypit
syksy 2013 t. 3	luukudos
kevät 2013 t. 7	sisäkorvan simpukka
syksy 2009 t. 2	mitoosin vaiheet
kevät 2009 t. 7	siittiöt, munarakkula (munasolu), sydänlihaskudos, verikudos (punasolut)
syksy 2008 t. 1	ameba
syksy 2008 t. 7	luustolihasolu
syksy 2007 t. 1	kasvisolut sokeriliuoksissa

4.2 Mikroskopia lukion biologian opetuksessa

4.2.1 Mikroskopian osallisuus elinten rakenteiden ja toiminnan opetuksessa

Tutkimukseen osallistuneista opettajista kolme neljästä kertoi käyttävänsä elinten rakenteiden ja toimintojen opettamisessa joko mikroskopointia tai mikroskopiakuvia ainakin jonkin verran (taulukko 5). Kaikki opettajat kertoivat käyttävänsä mikroskopointia ainakin jollakin pitämällään kurssilla. Osa opettajista kertoi käyttäneensä myös mikroskopianäytteiden valmistamista työmenetelmänä muilla kursseilla, painottuen koulukohtaisiin soveltaviin työkursseihin. Valtakunnallisilla pakollisilla ja syventävillä kursseilla mikroskopoinnille ei opettajien mukaan ole käytettävissä paljoakaan aikaa, sillä sisältöjä on muutenkin paljon näillä kursseilla. Muiksi syiksi siihen, mikseivät opettajat ole käyttäneet enempää mikroskopointia, he mainitsivat isot ryhmäkoot, mikroskooppien tai preparaattien vähäisyyden tai sen, etteivät olleet olleet aiemmin tietoisia virtuaalimikroskopiamahdollisuuksista. Opettajien käyttämissä opetusmateriaaleissa korostuivat mikrosko-

pointia ja mikroskopiakuvia enemmän makroskooppiseen anatomiaan liittyvät materiaalit, kuten anatomiset mallit ja elinten preparointi, sekä piirrosmaiset ja kaavamaiset esitykset elinten rakenteesta ja toiminnasta, kuten oppikirjojen piirroskuvat, harjoitusmonistukset, animaatiot ja videot (taulukko 5).

Taulukko 5. Opettajien opetuksessaan käyttämät havainnollistamistavat elinten rakenteesta ja toiminnasta (Ihmisen biologia -kursilla) luokiteltuna makroskooppiseen anatomiaan, piirrosmaiseen kuvantamiseen ja mikroskopiaan.

pelkistetty ilmaus	opettajat	alaluokat	yläluokat	yhdistävä luokka
3D-kuvat ja -videot anatomiasta	A	anatomian mallintaminen	makroskooppinen anatomia	Opettajien opetuksessaan käyttämät havainnollistamistavat elinten rakenteesta ja toiminnasta
anatomiset mallit	A, B, C	anatomian mallintaminen		
elinten preparointi	C, D	aidot elimet		
videot elinten preparoinnista	B	aidot elimet		
animaatio elimen fysiologiasta	B	animaatio	piirrosmainen kuvantaminen	
piirroskuvat	B, C	piirroskuvat		
piirroskuvaan nimeäminen	A, B	piirroskuvat		
piirroskuvan täydentäminen värittämällä ja symboleilla	A	piirroskuvat		
oppilaat piirtävät piirroskuvia	D	piirroskuvat		
mikroskooppikuvat	A, C, D	mikroskopia	mikroskopia	
mikroskopointi valmiilla leikkeillä	A, C, D	mikroskopia		

Opettajien vastauksissa kysymykseen *Millaista kuvamateriaalia käytät rakenteiden ja toiminnan opettamiseen?* nousi esille oppikirjojen kuvien käyttö, erityisesti oppikirjojen tarjoamien piirroskuvien käyttö. Kaikki haastateltavat kertoivat käyttävänsä oppikirjojen kuvia, ja osa mainitsi käyttävänsä pääosin tai ensisijaisesti kurssilla käytössä olevan oppikirjan kuvia. Perusteluiksi tälle osa mainitsi, että opiskelijat opiskelevat ja lukevat kokeisiin oppikirjan avulla, joten on hyvä, jos jo oppitunneilla kirjasarjan käyttämät kuvat käydään tarkkaan läpi.

4.2.2 Mikroskopointi taitojen kehittämisessä

Opettajien vastauksissa kysymykseen: *Jos olet käyttänyt mikroskopointia/mikroskoopiakuvia opetuksessasi, millaisia taitoja ne mielestäsi kehittävät?* esille tuomat mikroskopoinnin kehittämät taidot on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Taitojen kehittyminen mikroskopian käytössä. Opettajien vastauksista kerätyn aineiston luokittelu. Suluissa opettajien määrät, joiden vastauksiin sisältyi kyseinen taito.

vastaukset luokiteltuina alaluokkiin	yläluokat	yhdistävä luokka
tutkiminen (2)	ajattelu ja päättely	Mikroskopoinnin kehittämät taidot
vertailu (1)		
asioiden välisten yhteyksien hahmottaminen (1)		
mikroskoopin käyttötaidot (3)	käytännön työskentelytaidot	
näytteen valmistaminen (2)		
tarkkuus (2)	oman toiminnan säätely	
ohjeiden noudattaminen (1)		
kärsivällisyys (1)		
ryhmätyötaidot (1)	sosiaaliset taidot	
visuaalinen hahmottaminen (2)	visuaalinen hahmotuskyky	
kudokselle tunnusomaisten piirteiden hahmottaminen (1)		

Opettajien näkemyksiä mikroskooppinnista kognitiivisten taitojen kehittämisessä selvitin Bloomin tavoitetaksonomian (Bloom & Krathwohl, 1956) avulla kysymällä heiltä: *Mitä Bloomin tavoitetaksonomian tiedollisia tavoitteita on mielestäsi mahdollista saavuttaa mikroskooppinnilla?* Haastateltujen näkemykset olivat pääosin yhteneväisiä. Kolme neljästä haastateltavasta oli sitä mieltä, että kaikkien tavoitetasojen (1. tietäminen, 2. ymmärtäminen, 3. soveltaminen, 4. analysoiminen, 5. syntetisoiminen, 6. arvioiminen) saavuttaminen on mahdollista käytettäessä mikroskooppintia opetuksessa. Yksi haastateltavista oli sitä mieltä, että tavoitetasot 2. ymmärtäminen, 3. soveltaminen ja 4. analysoiminen on mahdollista saavuttaa mikroskooppinnilla, mutta tasot 1. tietäminen, 5. syntetisoiminen ja 6. arvioiminen eivät vaikuttaneet saavutettavilta mikroskooppinnilla. Opettajat, jotka kertoivat käyttävänsä mikroskooppintia elinten rakenteiden ja toimintojen opetuksessa, kokivat kaikki Bloomin tavoitetaksonomian tasot saavutettaviksi ja heille esimerkkien keksiminen oli helpompaa. Seuraavaksi esiteltynä esimerkkejä haastateltujen vastauksista Bloomin tavoitetaksonomian tiedollisten tavoitteiden saavutettavuudesta mikroskooppintia käyttäen:

Taso 1. Tietäminen:

”On, on kyllä. Ihan vaikka annettaisiin jostain lihassolusta mikroskooppinäyte, ja pitäisi tunnistaa, että mikä lihassolutyyppi, esimerkiksi tällainen tehtävä voisi hyvin olla.”

Taso 2. Ymmärtäminen:

”Joo. No ehkä tuossa tulee just se, että oppii oivaltamaan sen, että kun tuijottaa sitä mikroskooppinäkyä, niin sitten että miltä se näyttää siinä kirjan kuvassa, niin ymmärtää sen, että se on niin kuin sama asia, mutta kirjassa yksinkertaistettuna tai mallinnettuna.”

”...jos se vaikka olisi sydänlihaskudos, niin sitten opiskelija voisi osata selittää, että miksi se on sellaista kuin se on, mikä hyöty siitä rakenteesta on, tai miksi se on tarkoituksenmukaista, että rakenne on haarova.”

Taso 3. Soveltaminen:

”...kerran kun oppii sen, niin ehkä osaa tutkia jotain toistakin kohdetta esimerkiksi mikroskoopin avulla...”

”Se voisi olla esimerkiksi, kun lähdetään hakemaan jostain näytteestä jotakin, että osaako hakea, löytääkö ja tunnistaako, vaikkapa jos tietää, että pintakudoksessa on säännöllisen mukaisia soluja, jotka ovat tiiviisti kiinni toisissaan, niin pystyykö löytämään näytteestä ja osoittamaan sieltä, että tuolla on pintakudosta, vaikka ei tietäisi siitä kudoksesta ennalta mitään tai olisi sitä aiemmin tarkastellut.”

Taso 4. Analysoiminen:

”...esimerkiksi vaikka se munasarjakuva, joka siellä oli, niin kyllähän siinä sitten se tavallaan, että okei, että se on nyt sitten se munasarja ja siellä syntyy niitä hormoneita ja sitten osaa yhdistää sen siihen koko lisääntymissykliin ja sitten sillä tavalla tavallaan jakaa sitä.”

Taso 5. Syntetisoiminen:

”Varmaankin onnistuu, mutta nyt ei kyllä tule mitään heti ihan käytännön esimerkkiä mieleen. Että miten siinä sitten oikeasti tapahtuu.”

”Ehkä se on sitten se kokonaisuus että, kun näitä kaikkia vaiheita on käyty läpi ja tehty ja opeteltu niin sitten pikkuhiljaa siirrytään siihen, että voidaankin antaa aihe, että miten tutkisit jotakin. Niin silloin se saattaa olla, että opiskelija pystyy luontevasti hahmottamaan sen kokonaisuuden, että miten mikroskopoinnilla ja kirjallisuudella ja erilaisilla kuvilla ja malleilla saadaan esimerkiksi joku mielenkiintoinen uusi harjoitustyö aikaiseksi.”

”...vaikkapa se munasarjapreparaatti voisi toimia sellaisena, että sieltä pitäisi hakea niitä eri asteissa olevia munarakkuloita ja keltarauhasen vaiheita. Ja osata vaikka yhdistää ne sitten kuukautiskiertoon tai johonkin muuhun niin joo.”

Taso 6. Arvioiminen:

”Niin toki, jos oppilas tuntee ja tietää esimerkiksi geenisiirron tai solujen muokkaamisen periaatteita, niin hän voi tavallaan arvioida sitten, että mitä osia esimerkiksi solussa on, miten bakteerisolu ja tumallinen solu eroaa toisistaan, että onko esimerkiksi mahdollista joku asia mitä väitetään jossain nettikeskustelussa. Miten esimerkiksi bakteerit voi muuntua tai mitkä taudit voi tarttua mihinkin niin sehän vois hyvinkin olla sellainen.”

”...sitäkin me opetellaan, että täytyy olla kriittinen, että joskus se näyte ei vaan onnistu, että sitten siihen täytyy uskoa, ja tehdä uusi näyte. Ensimmäinen yrittää saada sitä ohuemmaksi ja sitten jos se ei mene, niin sitten tehdään uusi näyte. Niin silloin sitä, tavallaan sellaista kriittistä arviointia siihen, että nyt tämä ei suju ja nyt tehdään uudestaan. Ja toisaalta sitten kun se onnistuu, niin se on osa sitä onnistunutta kokonaisuutta, jota voidaan sitten arvioida – että ’mikroskopointi onnistui hienosti ja saimme leikkeen tehtyä todella hyvin ja kaikki tärkeät osat siitä saimme näkyviin’.”

”...se voisi tulla sitä kautta, että olisi esimerkiksi näytteitä, joihin liitettäisiin väittämiä ja pitäisi osata sitten niiden näytteiden perusteella arvioida, että pitääkö se paikkansa vai eikö se pidä ja onko tämä nyt se näyte, mitä sen väitetään olevan, tämän tyyppisiä ehkä.”

4.2.3 Virtuaalimikroskopointi hyödyttäisi lukion biologian opetusta

Tulokset virtuaalimikroskopoinnin hyödyntämismahdollisuuksista lukio-opetuksessa, sen haasteista ja ennakkomateriaalien arvioinneista on esitetty kolmena haastatteluaineistosta koottuna yhteenvetona. Näissä yhteenvedoissa esille tuodut näkemykset olivat osittain useamman opettajan esille tuomia, osan kohdalla vain yksi opettaja on saattanut tuoda esille jonkin näkemyksen. Tuloksissa on koottu kaikki haastatteluissa ilmi tulleet opettajien näkemykset yhteen, joten kaikki haastatellut opettajat eivät välttämättä ole samaa mieltä kaikista näkemyksistä.

Yhteenveto opettajien näkemyksistä virtuaalimikroskopoinnin hyödyllisyydestä biologian lukio-opetuksessa:

- Virtuaalimikroskoopin teknisten ominaisuuksien tarjoamat hyödyt: Virtuaalimikroskoopilla on mahdollisuus tarkastella parempilaatuisia näytteitä kuin koulumikroskoopeilla. Virtuaalimikroskoopin suurennostarkkuus koettiin hyväksi verrattuna koulumikroskooppien tarkkuuteen ja verkossa saatavilla oleviin mikroskopiakuviin. Mittaustoiminnot (viivoitin ja pinta-ala) parantavat rakenteiden pienyyden hahmottamista paremmin kuin pelkkä tieto suurennoksen suuruudesta.
- Koulujen ja opiskelijaryhmien välisen sosiaalisen tasa-arvon parantaminen: Koulujen mikroskopointivälineistöt (mikroskoopit ja näytteet) sekä niiden laatu ja määrä vaihtelevat kouluittain. Lisäksi opetusryhmien koot vaihtelevat, suurissa

opetusryhmissä voi olla vaikeuksia käytännön järjestelyissä esimerkiksi mikroskooppien riittävyyden suhteen. Virtuaalimikroskopoinnilla on mahdollista parantaa koulujen ja opetusryhmien välistä tasa-arvoa tuomalla virtuaalinen mahdollisuus näytteiden tarkastelulle koulusta ja ryhmäkoosta riippumatta.

- Näytteiden saatavuuden helpottuminen: Virtuaalimikroskopointi mahdollistaa mikroskopoinnin niissäkin tilanteissa, joissa mikroskopointi ei muuten olisi mahdollista. Omien näytteiden tekeminen ei aina ole mahdollista esimerkiksi vuodenajan tai ajanpuutteen vuoksi, tai siksi ettei materiaalia ole saatavilla. Myöskään valmiita näytteitä ole aina saatavilla helposti. Itsenäisessä opiskelussa opiskelijan opiskellessa kotoa käsin, virtuaalimikroskopointi mahdollistaa mikroskopoinnin myös kotona.
- Sähköistä harjoittelumateriaalia yo-kokeita varten: Mikäli virtuaalimikroskopointimateriaaleja olisi saatavilla kokeita edeltävään harjoitteluun, pystyttäisiin sillä varautumaan yo-kokeiden mahdollisiin kuvatehtäviin.
- Opetuksen monipuolistaminen: Virtuaalimikroskopoinnilla on mahdollisuus tuoda vaihtelevuutta ja toiminnallisuutta opetukseen.
- Opiskeluisältöjen konkretisoiminen: Opettajat käyttävät paljon piirroskuvia opetuksessaan, mutta pelkästään niiden perusteella todenmukaisen käsityksen muodostaminen rakenteista ja fysiologiasta voi olla vaikeaa, sillä esimerkiksi usein piirroskuvat ovat liian yksinkertaistettuja ja mittasuhteita on vaikea hahmottaa. Virtuaalimikroskopoinnin yhtenä hyvänä puolena on havainnollistaminen, opiskelijat pääsevät näkemään konkreettisesti rakenteita, joiden toimintoja he opiskelevat.
- Mikroskopiakuvien hahmottamisen ja tulkinnan harjoittelu: Virtuaalimikroskopointi kehittää visuaalista hahmotuskykyä; opiskelijat oppivat vähitellen näkemään ja erottamaan erilaisia rakenteita. Tämän myötä on mahdollista harjoitella ja opetella mikroskooppikuvien tulkintaa eli sitä mitä kuvassa näkyy ja mikä sen merkitys on opiskeltavan aihepiirin kontekstissa.
- Eriyttäminen ylöspäin ja opiskelijoiden omaehtoisen kiinnostuksen tukeminen: Opiskelijat, jotka ovat kiinnostuneet esimerkiksi lääketieteellisistä opinnoista, voivat halutessaan syventää osaamistaan enemmän virtuaalimikroskopoinnilla.

Opettajien näkemyksistä ilmeni, että virtuaalimikroskopoinnilla olisi mahdollista saavuttaa monia hyötyjä lukion biologian opetuksessa, joka puoltaa sitä, että opettajien mielestä

virtuaalimikroskopointi olisi hyödyllinen lisä lukion biologian opetukseen. Kaikki opettajat olivat innostuneita tarjotusta materiaalista ja osa kysyi, olisiko materiaaleja mahdollista käyttää omassa opetuksessa.

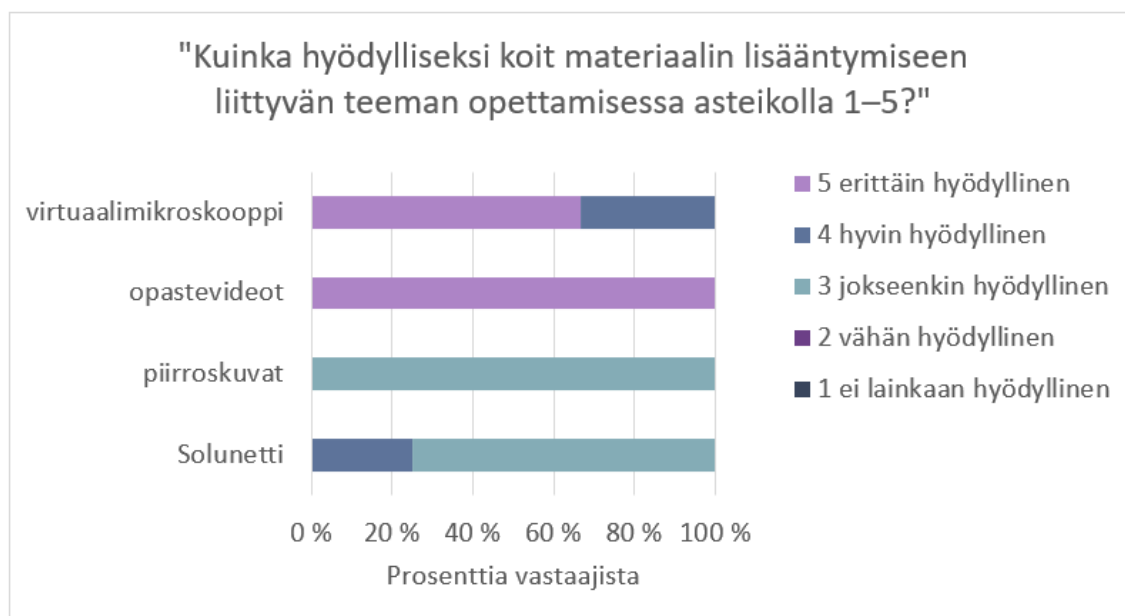
Selvitin haastatteluissa myös, miten opettajat kokevat mahdollisuutensa hyödyntää virtuaalimikroskopiaa opetuksessaan, mikäli yliopisto tarjoaisi tähän mahdollisuuden. Kysyin haastatelluilta, mitkä ovat heidän näkemyksiensä mukaan asioita, jotka saattavat estää virtuaalimikroskopian hyödyntämistä opetuksessa. Näin pystyin kartoittamaan virtuaalimikroskopoinnin mahdollisia esteitä, jotta niihin sopivien ratkaisujen kehittäminen olisi mahdollista. Seuraavassa yhteenvedossa on koottuna haastateltujen opettajien näkemyksiä mahdollisista asioista, jotka saattaisivat olla eri tapauksissa virtuaalimikroskopoinnin käytön esteinä. Haastatellut esittivät myös joitakin ratkaisuja esteiden poistamiseksi.

- Opettajat voivat nähdä virtuaalimikroskopoinnin esteenä ajanpuutteen. Kurssit ovat jo valmiiksi täynnä asiaa ja erilaisia aiheita. Yksi haastateltavista kertoi monien opettajien ajattelevan, että aikaa ei jää ylimääräisille asioille perusasioiden läpikäymisen lisäksi. Virtuaalimikroskopoinnin kaltaiseen oppilaskeskeiseen työskentelyyn, jossa opiskelijat ovat itse aktiivisia toimijoita, menee paljon enemmän aikaa kuin siihen, että opettaja vain näyttää ja selittää. Mikäli opettaja ei osaa integroida virtuaalimikroskopointia luontevasti osaksi oppituntia, se jää luultavasti tekemättä. Useimmilla luultavasti ei ole aikaa käyttää kurssista yhtä kokonaista oppituntia virtuaalimikroskopointiin esimerkiksi ihmisen biologian kursilla, vaan virtuaalimikroskopointi pitäisi upottaa tuntiin niin, että esimerkiksi silloin kun käsitellään lisääntymisbiologiaa, niin voitaisiin katsoa esimerkiksi munasarjaleikettä, ja joku toinen tunti taas ehkä jotakin toista leikettä.
- Virtuaalimikroskopoinnissa on samat haasteteet kuin missä tahansa verkkotyöskentelyssä: yllättäen ilmenevät tekniset ongelmat (sivustojen toimintakatkokset, toimintaongelmat tietyissä laitteissa tai tietyillä internetselaimilla). Eräs opettajista pohti, että mahdollisesti osa opettajista saattaa myös vältellä tietotekniikan käyttöä.
- Kahden edellisen kohdan vuoksi virtuaalimikroskoopin käytön pitää olla nopeaa, toimivaa ja helppoa, jotta sen saa hyvin mahdutettua osaksi oppituntia. Sivustolla tulee olla selkeät ohjeet ja sen rakenteen pitää olla toimiva. Sivuston pitäisi olla myös mahdollisimman toimintavarma, jottei käyttö jäisi siitä kiinni.
- Käytön esteenä voi olla opettajan epävarmuus omasta osaamisestaan mikroskoopialeikkeiden tulkinnassa, sillä osalla opettajista on opinnoista jo pitkä aika tai

mikroskopia ei ole omassa osaamisessa vahvuusalue. Opettajat kokivat opastevideoiden tuovan varmuutta virtuaalimikroskopoinnin käyttämiseen asiantuntijan tuoman varmistuksen turvin.

- Käytön esteenä voisi olla myös se, että virtuaalimikroskopointimahdollisuudet eivät olisi opettajien tiedossa. Tätä varten pitäisi olla tiedotusta. Lisäksi hinta saataisi muodostua esteeksi, mikäli virtuaalimikroskoopin ja materiaalien käyttö olisivat lisenssimaksun takana.

Haastateltujen arviot tarjottujen ennakkomateriaalien hyödyllisyydestä on esitetty kuvassa 9. Haastatellut arvioivat materiaalien eri osia numeerisin arvoin 3–5 (jokseenkin hyödyllisestä erittäin hyödylliseen). Kaikki haastatellut kokivat opastevideot erittäin hyödyllisinä. Virtuaalimikroskooppia pidettiin hyvin hyödyllisenä tai erittäin hyödyllisenä. Materiaalissa tarjotut piirroskuvat koettiin vain jokseenkin hyödyllisinä, sillä opettajat suosisivat opetuksessaan mieluummin kurssilla käytössä olevien oppikirjojen piirroskuvia. Solunetin materiaalit koettiin jokseenkin hyödyllisenä tai hyvin hyödyllisenä.



Kuva 9. Haastateltujen arviot ennakkomateriaaleina tarjottujen opetusmateriaalien hyödyllisyydestä opettamisessa.

Yhden haastateltavan numeerinen arvio virtuaalimikroskoopista jäi haastattelussa saamatta, mutta hänen vastauksestaan voi tulkita hänen pitävän virtuaalimikroskooppia vähintään jokseenkin hyödyllisenä:

”No kauhean hyviä kuvia ne näyttivät olevan. Myös ne eri suurennokset olivat hauska juttu, mietin että opiskelijallekin voisi olla kiva, että pääsee tavallaan itse kurkistamaan. Ja kaikissa kouluissa ei vaan ole esimerkiksi valmiita preparaatteja, ja mikroskooppeja voi olla tosi huonosti saatavilla. Tai sitten jos ryhmä on iso, esimerkiksi 40 opiskelijaa, niin jos kaikki kantavat ne mikroskoopit luokkaan ja katsovat pari juttua, niin siinä menee aika iso osa siitä tunnista pelkästään siihen et vedellään niitä johtoja ja muuta.”

Seuraavassa on esitelty yhteenvetona haastateltujen näkemyksiä ennakkomateriaaleista:

Virtuaalimikroskooppi:

- Haastatellut pitivät virtuaalimikroskoopin ominaisuuksista ja kokivat sen toimivaksi: suurennosmahdollisuudet koettiin erittäin hyviksi ja yksityiskohdat erottuivat leikkeistä hyvin. Kuvien tarkkuus pysyi suurentamisesta huolimatta hyvänä. Mittaustyökalut (viivoitin ja pinta-alan mittaus) ovat myös havainnollistavia kokuokan ymmärtämiseen.
- Leikkeiden laadusta pidettiin ja ne koettiin mielenkiintoisina.
- Eräs haastateltavista totesi virtuaalimikroskoppoinnin järjestämisen olevan koululuokassa helpompaa kuin perinteisen mikroskoppoinnin järjestämisen, sillä opiskelijoilla on pääsääntöisesti muutenkin aina tietokoneet mukana, kun taas mikroskooppien tuomisessa ja järjestämisessä luokkaan menee enemmän aikaa.
- Virtuaalimikroskooppi ja opastevideot koettiin hyväksi yhdistelmäksi, mutta ilman opastevideoita virtuaalimikroskooppi ja leikkeet eivät olisi yhtä hyödyllisiä ja käytettäviä opetuksessa.

Opastevideot:

- Opettajien välillä oli eroa siinä, miten he käyttäisivät opastevideoita. Osa opettajista katsoisi videot vain itse ja käyttäisi niistä saamiaan tietoja opetuksessaan ja laatisi niiden pohjalta opiskelijoille tehtäviä virtuaalimikroskopointiin. Eräs opettajista koki, että on parempi, ettei opiskelijoille tule liikaa opiskeltavaksi asioita,

jotka eivät lukiotasolla ole niin keskeisiä tai ovat liian yksityiskohtaisia. Opettajalla on kuitenkin hyvä olla itsellään olemassa tarkentavampaa tietoa, mikäli opiskelija kysyy tarkentavia kysymyksiä leikkeistä. Osa opettajista taas näyttäisi videoita opiskelijoille suoraan. Tähän tarkoitukseen yksi haastateltavista toivoi, että videot olisivat lyhyempiä (2–3 min) ajankäytön ja tarkkaavaisuuden vuoksi, sekä että niissä käytettävä sanasto vastaisi oppikirjasarjojen käyttämää sanastoa.

- Opettajat kokivat hahmottavansa ja ymmärtävänsä virtuaalimikroskopialeikkeiden sisällön selkeämmin videoiden avulla. Omasta tulkinnasta leikkeiden sisällöstä saattaa olla epävarmuuksia, jotka katoavat asiantuntijan varmistettua tulkinnan. Eräs opettajista kuvaili videoiden katsomista suorastaan välttämättömäksi leikkeiden tulkitsemiseen ja käyttöön oppitunneilla.
- Videot koettiin miellyttävämmäksi tavaksi perehtyä mikroskooppielekkeisiin kuin kirjallisuudesta löytyvien annotoitujen mikroskooppikuvien tarkastelu.
- Materiaalin suomenkielisyyteen oltiin myös tyytyväisiä.

Piirroskuvat:

- Piirroskuvan ja mikroskopiakuvan käyttäminen rinnakkain on tehokas ja hyvä tapa opettaa rakenteita. Piirroskuviissa on yleistyksiä selkeyden vuoksi, jolloin mikroskopiakuvien ja piirroskuvien käyttäminen rinnakkain auttaa ymmärtämään, etteivät asiat aina ole niin yksinkertaisia kuin piirroskuvien perusteella voisi päätellä.
- Useimmat opettajista käyttäisivät ensisijaisesti käytössä olevan oppikirjasarjan piirroskuvia, sillä osa opiskelijoista menee erityisesti perusteita läpikäydessä helposti sekaisin, kun käytetään montaa eri piirroskuvaa. Myös englanninkielinen materiaali on monelle lisähaaste. Mikäli oppikirjoissa ei ole tietynlaista kuvaa tarjolla, silloin muualta saatava materiaali on enemmän hyödyksi ja menee todennäköisemmin käyttöön myös opetuksessa.
- Opettajan omaan käyttöön materiaalit koettiin hyödylliseksi, sillä lukion oppikirjojen piirroskuviissa saattaa olla yleistyksiä tai yksinkertaistuksia, sillä ne on tehty lukiolaisen tasoon sopiviksi.
- Materiaalien piirroskuvat ovat opettajien mielestä hyödyllisiä, mutta vastaavia materiaaleja on paljon saatavissa muuallakin, joten niitä ei arvioitu yhtä hyödyllisiksi kuin muita materiaaleja, joita ei ole muuten saatavilla.

Solunetti:

- Monet opettajista olivat käyttäneet Solunettiä aiemminkin hyödyksi joko tuntien valmistelussa (kertaüksessa, lisätietojen etsimisessä, faktojen varmistamisessa) tai mikroskooppikuvien näyttämiseen opiskelijoille. Eräs haastatelluista totesi, että mikäli virtuaalimikroskooppi olisi käytössä, ei Solunetin merkitys olisikaan yhtä suuri kuin aiemmin.
- Solunetistä löytyy tietoa suomeksi, mutta sen taso koettiin monelle lukiolaiselle liian haastavaksi. Opiskelijat voisivat kuitenkin käyttää sitä joiltakin osin tiedonhakuun ja esimerkiksi mikroskopiakuvien vertailuun yrittäessään tunnistaa näytteitä virtuaalimikroskoopissa.

Kysyin myös opettajilta, olisivatko he kaivanneet materiaaleihin jotain lisää. Opettajat kertoivat kokevansa materiaalit riittäviksi. Jos jotain haluaisi lisätä, niin se voisi olla valmiiksi suunniteltuja tehtäviä opiskelijoille. Yksi opettajista myös pohti suuremmasta kokonaisuudesta liikkeelle lähtemistä ennen kuin aletaan tarkastelemaan jotakin elimistön osaa tarkemmin. Esimerkiksi ennen munasarjaleikkeen tarkastelua olisi hyvä katsoa, missä munasarjat sijaitsevat ja miltä ne näyttävät päältä katsottuna. Tähän voisi sopia opettajan näkemyksen mukaan esimerkiksi jokin 3D-mallinnus tai virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen.

Kysyin haastateltavilta myös, olisiko heidän mielestään vastaavanlaisille virtuaalimikroskopiamateriaaleille tarvetta muissa aihekokonaisuuksissa ihmisen biologian lisäksi. Toivotuimpia olivat erilaisten solujen (eläin-, kasvi- ja sienisolut sekä bakteerit) rakennetta esittelevät näytteet, joissa soluelimet erottuisivat selkeästi. Myös planktonnäytteitä toivottiin, niin että myös itse kerättyjä näytteitä voisi vertailla virtuaalimikroskopianäytteisiin. Lisäksi mainittiin kasvianatomian näytteet (esim. lehden rakenne), erilaiset levät sekä solunjakautuminen, mitoosi, meioosi ja kromosomit.

5 Pohdinta

5.1 Mikroskopian asema ihmisen biologian opetuksessa

Haastatteluissa halusin selvittää mikroskopoinnin ja mikroskopiakuvien asemaa opetuksessa muiden opetusmateriaalien joukossa. Opettajien vastauksissa mikroskopiolla oli paikkansa elinten rakenteiden ja toimintojen opettamisessa, mutta se ei ollut ensisijaisesti mielessä. Piirrosmainen kuvantaminen ja makroskooppinen anatomia saivat mikroskopiaa enemmän huomiota opettajien vastauksissa. Opettajien vastatessa kysymykseen *Miten ja millaisin apuvälinein opetat elinten rakennetta ja toimintaa?* kaikkien vastauksissa puhuttiin ensimmäiseksi makroskooppiseen anatomiaan ja piirrosmaiseen kuvantamiseen luokiteltavista tavoista. Viimeiseksi kaksi opettajista mainitsi mikroskooppileikkeiden tarkastelun ja kaksi ei itse ottanut mikroskopiaa esille ensimmäisessä vastauksessaan, vaan vasta kysyessäni asiasta tarkentavan kysymyksen. Näin ollen voisi sanoa, että opettajien elinten toiminnan ja rakenteen opetus painottuu enemmän makroskooppiseen anatomiaan ja piirrosmaiseen kuvantamiseen ja mikroskopia jää opetuksessa näitä vähemmälle huomiolle. Kuitenkin mikroskopiakuvia ja mikroskopointia käyttää opetuksessaan Ihmisen biologian kurssilla kolme neljästä haastatellusta opettajista, joten moni on kokenut sen hyödylliseksi elinten rakenteiden ja toiminnan opetuksessa, sillä tuskin muuten jonkin verran käytännön järjestelyjä vaativaa mikroskopointia otettaisiin mukaan opetukseen.

Haastatteluissa nousi esille, että kaikki haastateltavat kertoivat käyttävänsä oppikirjojen kuvia opetuksessaan, ja osa mainitsi käyttävänsä pääosin tai ensisijaisesti kurssilla käytössä olevan oppikirjan kuvia. Tämä on linjassa aikaisempien tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan oppikirjojen asema opetuksessa on hyvin keskeinen (Heinonen 2005). Tekemäni oppikirjojen kuva-analyysin mukaan oppikirjojen kuvista keskimäärin 60 % oli piirroskuvia. Myös opettajien haastattelussa ilmeni runsas piirroskuvien käyttö opetuksessa, ja nimenomaan oppikirjojen piirroskuvien suosiminen. Kuitenkin osa opettajista kertoi, että heidän mielestään pelkästään piirroskuvia käyttämällä todenmukaisen käsityksen muodostaminen rakenteista ja fysiologiasta on vaikeaa esimerkiksi siksi, että usein piirroskuvat ovat liian yksinkertaistettuja ja niistä on vaikea hahmottaa mittasuhteita.

Osa opettajista kertoi käyttävänsä ensisijaisesti opetuksessaan oppikirjojen kuvia, koska opiskelijat opiskelevat kokeisiin oppikirjan avulla, joten on hyvä, jos jo oppitunneilla

nämä kuvat käydään tarkkaan läpi. Tämä toisaalta lisää opetuksen oppikirjasidonnaisuutta. Mikroskopiakuvien osuus oppikirjoissa oli pieni, 4 %, mikä saattaa heijastua myös siihen miten paljon mikroskopia on esillä opetuksessa, mikäli opetus on kovin oppikirjasidonnaista. Mikäli oppikirjat eivät käytä paljon mikroskopiakuvia, saattaa opettajalle muodostua ehkä huomaamatta käsitys, ettei mikroskopiakuvien merkitys opetuksessa ole kovin suuri. Kuitenkin ylioppilaskokeissa mikroskopiakuvia käytetään suhteessa enemmän kuin oppikirjoissa, joten ainakin ylioppilaskokeita ajatellen mikroskopiakuvilla olisi suurempi merkitys, kuin mitä oppikirjojen perusteella voisi ajatella.

5.2 Oppikirjat painottavat mikroskopiaa vähäisesti ylioppilaskokeisiin verrattuna

Oppikirjoissa on kuvatehtäviä suhteellisesti vähemmän kuin ylioppilaskirjoituksissa, mutta mikroskopiakuvatehtäviä vielä huomattavasti vähemmän kuin ylioppilaskirjoituksissa. Vaikka lukumäärällisesti yo-kokeiden mikroskopiakuvien määrä ei ollutkaan suuri, yhden tai useamman mikroskopiakuvan sisälsi kaikista ihmisen biologia -aiheisista tehtävistä 8 %. Keskimäärin oppikirjojen tehtävistä 1 % sisälsi yhden tai useamman mikroskopiakuvan. Näyttäisi siis siltä, että ylioppilaskokeissa mikroskopiakuvien tulkitsemiselle annetaan huomattavasti enemmän painoarvoa kuin mitä oppikirjat antavat. Kuusi kymmenestä yo-kokeiden mikroskopiakuvatehtävästä liittyi aihepiiriltään Ihmisen biologia -kurssiin, joten yo-tehtävissä juuri ihmisen biologiaan liittyvät mikroskopiakuvat ovat selkeästi useimmin mukana.

Oppikirjoissa on niin vähän mikroskopiakuvatehtäviä, etteivät ne tarjoa riittävästi harjoitelmateriaalia ylioppilaskokeita varten. Oppikirjoissa on hyvin vähän mikroskopiakuvatehtäviä ja ne ovat aiheiden suhteen tarkasteltuna yksipuolisia. Aiheina olivat lähinnä lihas- ja verikudokset. Ylioppilaskokeiden mikroskopiakuvatehtävien kuvista suurin osa on kuitenkin muista aiheista. Tarkasteltaessa kirjojen kaikkien mikroskopiakuvien aihepiirien osuuksia, huomataan niiden olevan enemmän linjassa ylioppilastehtävien mikroskopiakuvien kanssa ainakin siltä osin, että myös muita kuin lihas- ja verikudosaiheisia kuvia on enemmän mukana. Neljä kuudesta oppikirjojen tehtävästä oli vanhoja yo-tehtäviä tai niiden mukaelmia. Oppikirjojen vähäisestä mikroskopiakuvatehtävatarjonnasta suurin osa on siis vanhoja yo-tehtäviä, jotka ovat muutenkin saatavilla opettajien ja opiskelijoiden käyttöön. Näin ollen oppikirjat yksinään eivät tarjoa riittäviä valmiuksia ylioppilaskirjoitusten mikroskopiakuvatehtäviin valmistautumiseen, ainakaan ihmisen biologia -aiheisten tehtävien osalta.

Kirjojen mikroskopiakuvien aihepiireistä lihas- ja verikudokset olivat ainoat, joiden kuvia oli kaikissa tutkituissa oppikirjoissa. Muiden aihepiirien kuvien esiintyminen oli kirjoissa satunnaisempaa. Näin ollen voisi sanoa, että lihas- ja verikudoskuvat ovat ainoita mikroskopiakuvia, joiden esiintyminen Ihmisen biologia -kurssin oppikirjoissa on sääntö eikä poikkeus. Kiinnostava kysymys on, miksi juuri näiden aiheiden mikroskopiakuvilla näyttäisi olevan opetusmateriaaleissa melko vakiintunut asema. Ovatko ne suosittuja aiheita ehkäpä siksi, että eri lihaskudostyypit (poikkijuovainen lihaskudos, sydänlihaskudos ja sileälihaskudos) ja verisolutyypit (punasolut, valkosolut ja verihiutaaleet) on verrattain helppoa oppia erottamaan toisistaan ja tarjoavat näin hyvän väylän tutustua ihmiskehon kudoksiin mikroskooppisella tasolla? Onko näiden kudosten tunnistaminen jollain tavalla tärkeämpää kuin muiden kudosten? Vai ovatko nämä aiheet toistuneet ylioppilaskokeissa useammin kuin muut ja siksi oppikirjailijoiden suosiossa? Aineistossa mukana olleissa yo-kokeissa oli yhteensä 11 mikroskopiakuvaa, joista 2 oli lihaskudosaiheisia ja 2 verikudosaiheisia. Loput 7 kuvaa olivat kaikki eri aiheista. Lihas- ja verikudosaiheisia kuvia on siis molempia ollut kahdesti aineistossa mukana olleissa kokeissa, mutta jatkuvasti nämä aiheet eivät ole yo-kokeiden mikroskopiakuvatehtävissä toistuneet (2006–2019). Yo-kokeiden ihmisen biologia -aiheisissa tehtävissä on ollut mikroskopiakuvia vaihtelevista aiheista, myös sellaisista, joista ei ole mikroskopiakuvia missään tutkituista oppikirjoista. Olisikin tärkeää tarjota opiskelijoille mikroskopiakuvia tai mikroskopointimahdollisuuksia myös muista kuin yleisimmin käsitellyistä lihas- ja verikudoksista, jotta opiskelijat voisivat paremmin valmistautua yo-kirjoituksiin.

Digitaaliset ylioppilaskokeet antavat paperisia kokeita paremmat ja monipuolisemmat mahdollisuudet mikroskopiakuvatehtävien laatimiselle. Digitaalisuus mahdollistaa paremman kuvalaadun kuin painetussa materiaalissa, joten mikroskopiakuvien käyttöä kokeissa ei ainakaan kuvalaadun vuoksi tarvitse rajoittaa. Uudenlaisten tehtävätyyppien käyttö on myös mahdollista, kuten nähtiin kevään 2018 kokeessa tehtävässä 5. Prokaryoottisolun ja eukaryoottisolun erot (Ylioppilastutkintolautakunta 2018), jossa mikroskopiakuviin piti merkitä nuolella solurakenteet, ottaa näistä kuvakaappaukset ja liittää vastaukseen. Oppikirjat eivät ole digikirjojen yleistymisestä huolimatta hyödyntäneet tällaista tehtävätyyppiä mikroskopiakuvatehtävissä ainakaan oppikirja-analyysissä tutkittujen kirjojen osalta. Virtuaalimikroskopiamateriaalia voisi hyvin hyödyntää tämän tyyppiin tehtäviin valmistautuessa.

Mikroskopiakuvien käyttö mahdollistaa yo-kokeissa soveltamis- ja analysointitaitojen testaamisen. Mikroskopiakuvatehtäviä voidaan laatia niin, että oppijan tarvitsee käyttää

kognitiivisia kykyjään laajasti eli Bloomin tavoitetaksonomian (Bloom & Krathwohl 1956) useammat tasot täyttyvät. Esimerkiksi kevään 2009 yo-tehtävässä 7. (Ylioppilastutkintolautakunta 2009) tarvitsi tunnistaa solutyypit neljästä mikroskopiakuvasta ja selostaa solujen rakenteellinen sopeutuminen tehtäväänsä. Kuten varmasti useimmissa yo-tehtävissä, kokelas tarvitsi tässä tehtävässä tietämisen ja ymmärtämisen tasoja, mutta mikäli kokelas ei ollut aiemmin nähnyt kuvien kudoksia ja soluja kuin piirroskuvina, on hän tarvinnut erityisesti soveltamistaitoja tunnistaa rakenteet/solut mikroskopiakuvista. Lisäksi solujen rakenteellisten tehtävien selostaminen vaatii analysoinnin taitoja, sillä oppijan tarvitsee jakaa rakenteelliset kokonaisuudet osiin niin, että hän hahmottaa niiden merkityksen ja osaa selittää osien väliset suhteet kokonaisuuden kannalta.

5.3 Perinteinen mikroskopointi ja virtuaalimikroskopointi täydentävät toisiaan

Opettajien mielestä mikroskopiointilla voidaan hyvin saavuttaa Bloomin tavoitetaksonomian (Bloom & Krathwohl 1956) tieto- ja ajattelutavoitteiden eri tasoja. Opettajat keksivät hyvin esimerkkejä siitä, miten eri tavoitetasoja voidaan saavuttaa mikroskopointia hyödyntämällä. Opettajien näkemysten mukaan mikroskopointi työmenetelmänä soveltuu siis hyvin LOPSin 2015 biologian opetukselle asettamien Bloomin tavoitetaksonomiaa (Bloom & Krathwohl 1956) heijastelevien tieto- ja ajattelutavoitteiden saavuttamiseen (Opetushallitus 2015, s. 141). Kognitiivisten taitojen lisäksi opettajat kokivat mikroskopiointin kehittävän myös monia muita taitoja. Kun tarkastellaan opettajien vastauksissa esille nousseita mikroskopiointin kehittämiä taitoja (ajattelu ja päättely, käytännön työskentelytaidot, oman toiminnan säätely, sosiaaliset taidot ja visuaalinen hahmotuskyky) pystytään arvioimaan, miltä osin virtuaalimikroskopointi kehittää samoja taitoja kuin perinteinen mikroskopointi. Ajattelun ja päättelyn taidot ovat yhtä lailla merkityksellisessä asemassa virtuaalimikroskopiointissa kuin perinteisessä mikroskopiointissa. On mahdollista, että opiskelijan ajattelu- ja päättelytyölle jää jopa enemmän aikaa virtuaalimikroskopiointissa, kun käytännön työskentely tietokoneella on tutumpaa kuin valomikroskoopilla (Saco ym. 2016). Opettajalle pitäisi myös jäädä enemmän aikaa keskittyä leikkeiden sisällöllisen tarkastelun ohjaamiseen, kun mikroskopointitekniikan läpikäymiseen ei tarvitse käyttää aikaa.

Virtuaalimikroskopiointissa käytännön työskentelytaidot eivät saa samanlaista harjoitusta, kun mikroskoopin käyttötaidot ja näytteiden valmistaminen eivät luonnollisesti ole mukana työskentelyssä. Sen sijaan tietotekniset taidot kehittyvät näytteiden tarkastelun

tapahtuessa tietokoneella. Tähän voi yhdistää tietoteknisten taitojen harjoittamisen yo-kokeita varten, kuten yo-kokeissa käytössä olevien piirto-ohjelmien (Ylioppilastutkintolautakunta 2020a) käytön. Myös LOPS 2015 asettaa biologian opetuksen tavoitteeksi tieto- ja viestintäteknologian monipuolisen käytön biologian opiskelun tukena (Opetushallitus 2015, s. 140).

Oman toiminnan säätely on tarpeellista kaikessa toiminnassa, mutta ei ole ehkä yhtä keskeisessä asemassa virtuaalimikroskopoinnissa, koska esimerkiksi ohjeiden noudattamisen ja kärsivällisyyden tärkeys korostuvat fyysistä mikroskooppia käytettäessä. Sosiaalisten taitojen harjaantuminen ryhmätyöskentelyn muodossa liittyy vastauksessa mikroskooppien rajalliseen määrään kouluissa, jolloin ryhmätyöskentely on usein välttämätöntä. Toisaalta ryhmätyöskentely sopii hyvin työtavaksi virtuaalimikroskopointiin, sillä virtuaalimikroskopointi mahdollistaa leikkeen samanaikaisen tarkastelun usean henkilön kesken ja lisää opiskelijoiden välistä vuorovaikutusta (Saco ym. 2016). Visuaalinen hahmotuskyky on virtuaalimikroskopoinnissa yhtä lailla harjoituksen kohteena, sillä se liittyy näytteen tarkasteluun ja on keskeinen taito mikroskooppileikkeiden tarkastelussa.

Yli-Panulan ym. (2019) mukaan digitaaliset opetusmenetelmät kehittävät tiedon hallinnan ja ajattelun taitoja, minkä uskoisi pätevän myös virtuaalimikroskopointiin. Mikäli lukioissa ei ehditä käyttämään mikroskopointiin paljoa aikaa, on mahdollista, että mikroskopoidessa opiskelijoilla menee suuri osa ajasta mikroskoopin käytön harjoitteluun ja oikeiden säätöjen löytymiseen ennen kuin he pystyvät keskittymään itse näytteeseen. Sacon ym. (2016) mukaan useimmat tutkimukset kertovat yliopisto-opettajien ajattelevan, että opiskelijoiden on tärkeämpää käyttää aikaansa näytteiden histologisten tai patologisten piirteiden tunnistamisen opetteluun kuin mikroskoopin teknisen käytön harjoitteluun. Lukio-opetuksessakin olisi hyvä keskittyä siihen, ettei mikroskopoidessa kävisi niin, että opiskelijat keskittyvät pääosin mikroskoopin käytön hallitsemiseen, niin että itse näytteiden tutkiminen jää taka-alalle. Mikäli lukio-opetuksessa yhdistyisivät sekä perinteinen mikroskopointi että virtuaalimikroskopointi, pystyttäisiin takaamaan, että opiskelijat saisivat harjoitusta sekä mikroskoopin käytössä että näytteiden tulkinnassa. Braunin & Kearnsin (2008) tutkimuksessa suurin osa kyselyyn vastanneista yliopisto-opiskelijoista koki oppivansa parhaiten perinteisen mikroskopoinnin ja valomikroskopoinnin yhdistelmällä, mikä kannustaisi molempien yhteiskäyttöön myös lukio-opetuksessa.

Lukion toisen vuoden opiskelijoilla tehdyn tutkimuksen mukaan (Uitto ym. 2011) opiskelijat toivoivat, että biologian opetuksessa käytettäisiin enemmän toiminnallisia työtapoja kuten laborointeja, joihin mikroskopointi muiden muassa sisältyy. Uiton ym. (2011)

mukaan on mahdollista, että mikäli biologialle ominaisia työtapoja ei ehditä käyttää peruskoulun ja lukion aikana riittävästi, oppilaat eivät ehkä edes oleta niiden varsinaisesti kuuluvan biologian alalle. Nykyinen opetussuunnitelma kehottaa käyttämään biologian opetuksessa tutkimuksellisia, aktivoivia ja vuorovaikutteisia työtapoja, sekä laborointeja ja digitaalisia opiskeluympäristöjä (Opetushallitus 2015, s. 140). Virtuaalimikroskopointi yhdistää nämä kaikki edellä mainitut; siihen on mahdollista yhdistää tutkimuksellisuus, opiskelijoiden aktivointi sekä vuorovaikutus opiskelijoiden kesken ja opettajan kanssa (Saco ym. 2016) ja se on digitaalinen laborointimuoto. Mikroskopiakuvia on nykyisin laajasti saatavilla verkossa. Vaikka mikroskopiakuvia voi hyvin hyödyntää opetuksessa, ne eivät tehokkaasti rohkaise opiskelijoita tutkimaan rakenteita tai rakenteiden ja toimintojen välisiä suhteita kiinteän rajatun kuva-alueen vuoksi (Kumar ym. 2004). Virtuaalimikroskopointi mahdollistaa leikkeen tutkimisen jäljitellen perinteisellä mikroskopoinnilla tapahtuvaa tutkimista (Saco ym. 2016). Kokonaisen histologisen leikkeen ollessa tarkastelussa, on mahdollista tutkimalla etsiä ja löytää rakenteita. Tämä mahdollistaa tutkimuksellisen lähestymistavan ja oppijan aktiivisen roolin, johon LOPS kannustaa (Opetushallitus 2015, s. 140). Opiskelumenetelmänä virtuaalimikroskopointi on vuonna 2021 käyttöön otettavan LOPSin mukainen tutkimiseen, kokeilemiseen ja ongelmanratkaisuun perustuva opiskelumenetelmä (Opetushallitus 2019, s. 20).

Bonser ym. (2013) tutkivat virtuaalimikroskopoinnin hyödyntämistä yliopiston kasvibiologian opetuksessa. Opiskelijat saivat parempia oppimistuloksia virtuaalimikroskopointia käyttämällä verrattuna perinteisen mikroskopoinnin käyttöön. Opiskelijat pitivät myös itse virtuaalimikroskopointia tehokkaana oppimiseen (Bonser ym. 2013). Haastattelututkimuksen tulokset yhdessä yliopisto-opetuksesta saatujen positiivisten tulosten (Kumar ym. 2004; Braun & Kearns 2008; Bonser ym. 2013; Saco ym. 2016) kanssa rohkaisivat virtuaalimikroskopoinnin käyttöön myös lukio-opetuksessa.

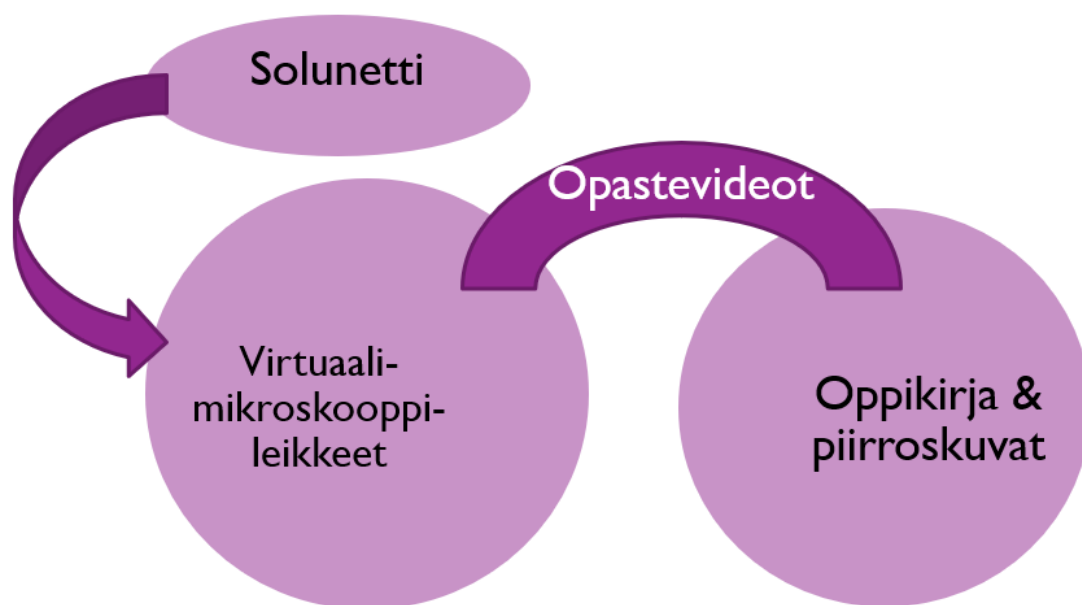
Haastattelututkimuksen tulosten valossa virtuaalimikroskopointi voisi myös lisätä opiskelijoiden välisen tasa-arvoa. Opettajien ja koulujen välillä on eroja sekä mikroskopoinnin käytössä opetuksessa että mikroskopointivalmiuksien suhteen, kuten haastattelututkimuksen tuloksetkin osoittavat. Opiskelijat ovat näin ollen keskenään epätasa-arvoisessa asemassa. Myös Saco ym. (2016) pitävät etuna sitä, että kaikkien käyttäessä samoja virtuaalimikroskopialeikkeitä opiskelijoiden välinen tasa-arvo paranee, kun leikkeiden laadussa ei ole kirjavuutta. Haastatellut opettajat olivat myös innoissaan virtuaalimikroskooppileikkeiden hyvästä laadusta ja tarkkuudesta verrattuna koulujen mikroskooppi-

leikkeiden laatuun ja mikroskooppien tarkkuuteen. Virtuaalimikroskopointia hyödyntämällä voitaisiin saada laadukkaampaa mikroskopiaa myös niihin kouluihin, joissa ei ole valmiita leikkeitä, mikroskooppien laatu on heikko tai niitä on koululla liian vähän.

Haastatellut opettajat eivät nähneet virtuaalimikroskopian käyttämiselle opetuksessa kovinkaan suuria esteitä. Suurin osa mahdollisista esteistä liittyi ajankäyttöön ja opettajien mahdolliseen epävarmuuteen omasta osaamisestaan histologisten leikkeiden tulkinnassa. Opettajien mukaan mikroskopoinnille ei ole käytettävissä valtakunnallisilla pakollisilla ja syventävillä kursseilla paljoakaan aikaa ja lisäksi käytännön syyt (kuten isot ryhmäkoot, mikroskooppien tai preparaattien vähäisyys) saattavat hankaloittaa mikroskopoinnin mukaan ottamista osaksi oppituntia. Virtuaalimikroskopointi voisi toimia ratkaisuna näiden käytännön esteiden poistamiseen, mikä tulikin ilmi opettajien vastauksissa koskien virtuaalimikroskopoinnin hyötyjä. Vuonna 2021 käyttöön otettavan LOPS 2019 myötä mikroskopoinnin painottaminen opetuksessa lisääntyy, kun moduulissa Solu ja perinnöllisyys suoraan velvoitetaan mikroskopointiin (Opetushallitus 2019, s. 239). Myös moduulissa Ihmisen biologia on entistä enemmän painotettu kudosten ja elinten rakenteisiin ja toimintaan liittyvää osaamista (Opetushallitus 2019, s. 239–240), joiden opiskeluun histologian osaaminen myös liittyy.

Opettajat osoittivat haastatteluissa selvää mielenkiintoa virtuaalimikroskopialeikkeiden ja tukimateriaalien käyttämiseen opetuksessa. Vastausten perusteella he kokevat virtuaalimikroskopoinnin hyödyllisenä lisänä ihmisen biologian opetukseen. Haastatteluissa opettajat toivat esille sen, että histologisten leikkeiden tulkinnassa on osalla opettajista epävarmuuksia. Omista opinnoista saattaa olla jo paljon aikaa tai osaaminen histologiasta ei ole välttämättä opintojen aikana kehittynyt vahvaksi. Kaikilla biologian aineenopettajilla oma pääaine ei myöskään ole ollut biologia. Esimerkiksi uusimman Turun yliopiston opinto-oppaan 2020–2022 mukaisesti biologian pääaineopiskelijat ja biologia toisena opetettavana aineena -opintokokonaisuutta suorittavat harjoittelevat eläinten histologisten perusrakenteiden tunnistusta kurssilla BIOL1002 Eläinfysiologian peruskurssi, 5 op (Turun yliopisto 2020a). Tämä saattaa kuitenkin olla ainut kurssi, jonka tuleva biologian aineenopettaja on opinnoissaan käynyt histologiaan liittyen (Turun yliopisto 2020b), joten histologisten näytteiden tulkitseminen saattaa olla osalla opettajista melko epävarmaa, erityisesti jos ajatellaan tilannetta vuosikausia opinnoista eteenpäin. Opintojen sisältö myös vaihtelee eri aikoina ja eri yliopistoissa. Muun muassa näistä syistä hyvä tukimateriaali saattaa olla opettajalle ratkaiseva tekijä, jotta hän uskaltaa käyttää histologiaa laajemmin opetuksessaan.

Virtuaalimikroskooppi koettiin sopivana opetuskäyttöön, mutta vasta opastevideot takaavat virtuaalimikroskoopin käytettävyyden opettajien näkökulmasta, sillä ne tuovat varmuutta opetukseen sekä helpottavat ja nopeuttavat opetuksen valmistelua. Opettajien historiallisen ymmärryksen tukeminen opastevideoilla antaisi opettajille uskallusta hyödyntää virtuaalimikroskopiaa opetuksessaan. Opettajat arvioivat opastevideot kaikkein hyödyllisimmiksi tarjotuista materiaaleista, ja kokivat niiden helpottavan virtuaalimikroskoopin opetuskäyttöä. Piirroskuvat ja Solunetti ovat jo nyt verkossa saatavilla olevaa opettajien hyödylliseksi kokemaa materiaalia, mutta ne eivät yksinään anna riittävää tukea virtuaalimikroskoopin käytölle opetuksessa. Kuva 10 esittää virtuaalimikroskooppileikkeiden ja tukimateriaalien välistä suhdetta tulkinnan ja asiayhteyksien muodostamisessa.



Kuva 10. Virtuaalimikroskooppileikkeiden tulkinnan ja asiayhteyksien muodostuminen. Mikroskooppileikkeen aihepiirin asioita on jo opiskeltu mm. oppikirjasta ja piirroskuvista, joista on sisäistetty paljon teoretietoja. Samojen rakenteiden löytäminen mikroskooppileikkeistä saattaa olla haastavaa. Solunetistä pystyy etsimään lisää teoretietoja ja vertailemaan leikettä Solunetin mikroskopiakuviin. Tulkinta saattaa kuitenkin jäädä epävarmaksi ilman asiantuntijavahvistusta, jonka opastevideot mahdollistavat. Opastevideot pystyvät rakentamaan teoretiedon (oppikirja & piirroskuvat) ja virtuaalimikroskooppileikkeiden välisen sillan, jonka avulla piirroskuvista tuttuja rakenteita on helpompi hahmottaa leikkeestä. Opettaja toimii itse myös ”siltana”, joka auttaa opiskelijoita teoretiedon soveltamisessa mikroskooppileikkeisiin. Tukimateriaalien merkitys on auttaa opettajaa vahvistamaan tätä siltaa.

5.4 Virtuaalimikroskopoinnin opetuskäytön jatkokehitysmahdollisuudet

Mikäli virtuaalimikroskopian hyödyntäminen onnistuu kohtalaisen nopeasti ja helposti, ja leikkeiden tulkintaan olisi olemassa opastusta videoiden muodossa, opettajat kokivat, että kynnys virtuaalimikroskopoinnin käyttöön opetuksessa olisi matala. Kaikki haastattelut arvioivat opastevideot erittäin hyödyllisiksi ja kokivat saaneensa niistä hyötyä ja varmuutta leikkeiden tulkintaan. Juuri opastevideot nousivat tarjotusta tukimateriaalista avainmateriaaliksi, joka auttoi yhteyden muodostamisessa teorian ja mikroskopialeikkeiden välille, antaen tukea mikroskopialeikkeiden tulkintaan. Opettajat kokivat, etteivät virtuaalimikroskopialeikkeet ilman tukimateriaaleja, erityisesti opastevideoita, olleet yhtä käytettäviä ja hyödyllisiä juuri sen vuoksi, että omasta osaamisesta oli epävarmuutta. Tulos on samansuuntainen esimerkiksi Nivalan (2013) väitöstutkimuksen tulosten kanssa. Väitöstutkimuksessaan hän tutki lääketieteen opiskelijoiden patologisten näytteiden tulkitsemisen oppimista ja virtuaalimikroskopian hyödyntämistä tässä oppimisprosessissa. Tutkimus osoitti virtuaalimikroskopian potentiaalisesti työkaluksi oppimisessa, mutta vain jos se yhdistetään tarkoituksenmukaiseen pedagogiseen suunnitteluun (Nivala 2013). Pedagogiikan ammattilaisina opettajat varmasti tiedostavat myös hyvän pedagogisen suunnittelun merkityksen, eivätkä niin mielellään käytä sellaisia opetusmuotoja, joista he eivät ole riittävän varmoja.

Haastattelututkimuksen tulosten valossa virtuaalimikroskopointimateriaaleille ja niiden käyttöön opastaville videoille olisi kysyntää biologian lukio-opetuksessa. Osa opettajista oli sitä mieltä, että käyttäisivät mieluiten opastevideoita opetuksensa suunnitteluun ja omien tietojensa ja tulkintataitojensa päivittämiseen/kartuttamiseen, mihin videot oli alun perin suunniteltu. Osa opettajista haluaisi näyttää opastevideoita suoraan opiskelijoille. Tätä varten ehdotettiin, että videot olisivat lyhyempiä (2–3 min) ajankäytön ja tarkkaavaisuuden vuoksi, ja että videoiden sanasto vastaisi vielä paremmin oppikirjasarjojen käyttämää sanastoa. Tämän tyyppinen videoiden käyttö sopisi erityisen hyvin itsenäiseen opiskeluun ja etäopetukseen.

Itsenäisessä etäopiskelussa opiskelija suorittaa joko koko kurssin tai yksittäisiä oppitunteja itsenäisesti opiskellen. Nykyinen LOPS 2015 velvoittaa tarjoamaan opiskelijoille mahdollisuuksia etäopiskeluun (Opetushallitus 2015, s. 15):

”Opiskelijoiden yksilöllistä etenemistä, henkilökohtaisia oppimispolkuja ja verkko-opiskelutaitojen kehittymistä tuetaan tarjoamalla opiskelijoille

mahdollisuuksia suorittaa opintoja myös etäopiskeluna. Etäopiskeluna suoritettu kurssi koostuu opettajan ohjaamasta itsenäisestä opiskelusta, ja siinä käytetään monipuolisesti tietoverkkoja sekä muuta tieto- ja viestintäteknologiaa.”

Haastatteluhetkenä etäopiskelu on muodostanut kaikesta opiskelusta vain murto-osan. Tällainen on kuitenkin ollut tänä keväänä 2020 aivan toisenlainen, kun koko Suomen oppilaitokset ovat siirtyneet etäopetukseen koronaviruksen aiheuttaman pandemian vuoksi. Tällaisissa tilanteissa virtuaalimikroskoopointi on opiskelijoiden ainoa mahdollisuus mikroskoopointiin, ja mitä pidempiaikaista etäopiskelun ja -opetuksen tarve on, sitä tärkeämmäksi virtuaalimikroskoopoinnin kaltaiset etälaboroinnit tulevat.

Videoiden kehitystyö voisi nojata Mayerin (2014) kognitiiviseen teoriaan multimediaoppimisesta. Videoiden avulla tapahtuva oppiminen on esimerkki multimediaoppimisesta (*multimedia learning*) eli oppimisesta, jota tapahtuu, kun oppija rakentaa mielessään representaation esitetyistä sanoista ja kuvista (Mayer 2014). Oppimista ohjaavien viestien tulisi olla suunniteltu niin, ettei oppijan kognitiivinen prosessointi ylikuormittuisi (Mayer 2014). Kognitiivisessa prosessoinnissa oppija esimerkiksi valitsee keskeiset sanat kerronnasta sekä integroi kuvallisen ja verbaalisen kerronnan sekä aiemman tietämyksensä aiheesta (Mayer 2014). Ohjeistukset multimediaopetusmateriaalin (kuten opastusvideoiden) tekemiseen kehottavat epäolennaisen kognitiivisen prosessoinnin vähentämiseen, oleellisen kognitiivisen prosessoinnin hallitsemiseen ja tuottavan prosessoinnin voimistamiseen (Mayer 2014). Esimerkiksi sanaston muuttaminen opiskelijoille tutummaksi ja olennaisimpaan tietoon keskittyminen auttaisivat vähentämään epäolennaista prosessointia, jolloin voitaisiin välttää tarpeetonta opiskelijoiden kognitiivista kuormittamista.

Virtuaalimikroskoopoinnin hyödyntäminen lukio-opetuksessa voisi tapahtua myös yliopiston yhteistyönä lukioiden kanssa. Korkeakoulu yhteistyö on lukiolain ja yliopistolain mukaista toimintaa lukioiden ja korkeakoulujen välillä. Lukiolaki (Lukiolaki 714/2018) edellyttää että:

”Osa lukiokoulutuksen oppimäärän opinnoista on järjestettävä yhteistyössä yhden tai useamman korkeakoulun kanssa.”

Yliopistolain mukaiset yliopistojen tehtävät ovat (Yliopistolaki 558/2009):

”Yliopistojen tehtävänä on edistää vapaata tutkimusta sekä tieteellistä ja taiteellista sivistystä, antaa tutkimukseen perustuvaa ylintä opetusta sekä

kasvattaa opiskelijoita palvelemaan isänmaata ja ihmiskuntaa. Tehtäviään hoitaessaan yliopistojen tulee tarjota mahdollisuuksia jatkuvaan oppimiseen, toimia vuorovaikutuksessa muun yhteiskunnan kanssa sekä edistää tutkimustulosten ja taiteellisen toiminnan yhteiskunnallista vaikuttavuutta.”

Koska monet yliopistot käyttävät virtuaalimikroskopointia opetuksessaan nykyisin (Saco ym. 2016), voisivat lukiolaiset myös tutustua virtuaalimikroskopointiin osana korkeakouluopiskeluun tutustumista (Opetushallitus 2019, s. 24):

”Lukion opetus ja muu toiminta järjestetään siten, että opiskelijoilla on monipuoliset mahdollisuudet saada tietoa ja kokemuksia korkeakouluopiskelusta.”

Mikäli biologian aineenopettajakoulutusta halutaan kehittää Turun yliopistossa työelämälähtöisempään suuntaan, voisi virtuaalimikroskopointia hyödyntävän lukioyhteistyön yhdistää johonkin aineenopettajaopiskelijoiden suorittamaan kurssiin, niin että aineenopettajaopiskelijat saisivat heti kokemusta kurssilla opiskeltujen sisältöjen hyödyntämisestä työelämäsuuntautuneesti. Lukioyhteistyössä aineenopettajaopiskelijat voisivat valmistella ja pitää lukiolaisille virtuaalimikroskopointia hyödyntävän opetuskokonaisuuden. Aineenopettajaopiskelijat saisivat kokemusta opetuksen suunnittelusta ja järjestämisestä sekä lukiolaiset saisivat kontaktia yliopisto-opiskeluun. Tämän voisi toteuttaa jonkin jo olemassa olevan kurssin osana tai vaihtoehtoisesti järjestämällä valinnaisen aineenopettajaopiskelijoille suunnatun kurssin.

Toinen vaihtoehto virtuaalimikroskopoinnin opetuskäytön kehittämiseksi olisi virtuaalimikroskopointiin tarkoitettujen opastevideoiden ja muiden materiaalien koostaminen osana jonkin kurssin kurssisuoritusta tai aineenopettajaopiskelijoille suunnatulla valinnaisella kurssilla. Kurssilla voitaisiin tehdä joko lukiolaisille itsenäiseen opiskeluun sopivaa materiaalia tai opettajille suunnattuja opetuksen tukimateriaaleja.

Näihin sopivia jo olemassa olevia kursseja voisivat olla esimerkiksi BIOL1002 Eläinfyysiologian peruskurssi, 5 op (Turun yliopisto 2020a) sekä FYGE2041 Selkärankaisten anatomia, kehitysbiologia ja histologia, 5 op (Turun yliopisto 2020c). Olisi hyvä, jos yhteistyömahdollisuutta pystyttäisiin tarjoamaan mahdollisimman monelle biologian aineenopettajaksi tähtäävälle opiskelijalle, myös sivuaineopiskelijoille. Yksi mahdollisuus olisi myös kehittää nykyisin kirjatenttinä suoritettavaa kurssia FYGE2160 Ihmisen fysiologia,

2 op (Turun yliopisto 2020d), niin että virtuaalimikroskopointi ja siihen liittyvä lukioyhteistyö voitaisiin integroida kurssiin. Olisi hyvä, jos biologian aineenopiskelijoiksi tähtäävät opiskelijat saisivat työelämälähtöisiä opiskelukokemuksia jo ennen aineenopettajan pedagogisia opintoja, jotka sisältyvät vasta maisterivaiheen opintoihin. Konkreettisuuden tuominen muuten teoriapainotteisiin opintoihin voisi lisätä aineenopettajaopiskelijoiden opiskelumotivaatiota biologian opintoja kohtaan.

5.5 Tutkimuksen luotettavuus

Oppikirjojen analyysiä varten sain kustantajilta käyttööni neljän eri oppikirjasarjan kursikirjat lukion biologian pakollisten ja valtakunnallisten syventävien kurssien osalta. Kaikkien viiden kurssin (lukion pakolliset ja syventävät biologian kurssit) oppikirjoja ei voitu ottaa analyysiin mukaan, sillä kahdenkymmenen kirjan analyysi olisi ollut laajuudeltaan liian suuri, joten otokseksi päätettiin ottaa yhden kurssin oppikirjat. Varsinaiseksi aineistoksi valikoituivat valtakunnallisen syventävän BI4 Ihmisen biologia -kurssin kursikirjat, sillä kurssilla opiskellaan elinten ja kudosten rakenteita ja toimintoja (Opetushallitus 2015, s. 144), joita voi opiskella histologian avulla. Näin tutkimuksen aineisto oli linjassa, myös haastattelututkimuksen käsitellessä ihmisen biologian opettamista ja histologisten leikkeiden virtuaalimikroskopointia. Yo-tehtävien analyysissä tarkastelin ihmisen biologia -aiheisten tehtävien lisäksi muitakin mikroskopiakuvia sisältäviä tehtäviä. Muiden kurssien kuin Ihmisen biologia -kurssin oppikirjoja ei analysoitu, mutta niissä on oletettavasti myös käytetty mikroskopiakuvia. Saatuja tuloksia ei voi kuitenkaan suoraan yleistää muiden biologian kurssien oppikirjojen kuvien ja tehtävien käyttöön. Ylioppilaskokeiden mikroskopiakuvatehtävistä suurin osa kuitenkin liittyy ihmisen biologiaan.

Tutkimuksen oppikirjojen kuva- ja tehtäväänalyysin sekä yo-kokeiden tehtäväänalyysin tulokset ovat melko hyvin toistettavissa, sillä olen esittänyt kuvien ja tehtävien laskenta- ja luokitteluperusteet perusteellisesti menetelmäosiossa. Tulosten toistettavuutta heikentää luokittelun subjektiivisuus, jota ei voida täysin välttää. Vaikka perustelut luokitteluille on esitetty selkeästi, saattaisi toinen luokittelija luokitella ja laskea kuvat hieman eri tavoin ja päätyä hieman poikkeaviin tuloksiin.

Oppikirjojen ja yo-tehtävien analyysit tein melko lyhyen aikavälin sisään, mikä parantaa luotettavuutta. Aineistossa olivat mukana kaikki suomenkieliset LOPSin 2015 mukaiset oppikirjasarjat ja kaikki biologian yo-kokeet siltä ajalta, kun biologiasta on pidetty oma erillinen yo-kokeensa (Ylioppilastutkintolautakunta 2020b). Tämä parantaa tulosten

yleistettävyyttä. Aineistot ovat julkisesti saatavilla, joten kuka tahansa voi halutessaan toistaa tutkimuksen.

Haastattelututkimuksen luotettavuutta heikentää pieneksi jäänyt tutkimusjoukko. Toisaalta laadullisissa tutkimuksissa ei pyritäkään tilastollisiin yleistyksiin, vaan ymmärtämään tiettyä toimintaa tai ilmiötä (Tuomi & Sarajärvi 2009a, s. 85). Tärkeää on, että haastateltavat henkilöt tietävät tutkittavasta asiasta mahdollisimman paljon ja heillä on kokemusta asiasta (Tuomi & Sarajärvi 2009a, s. 85). Tämä toteutui tutkimusjoukkoni kohdalla, kaikilla haastatelluilla oli hyvin kokemusta Ihmisen biologia -kurssin opettamisesta lukiossa.

Haastatteluaineiston tulkinnassa on ongelmana subjektiivisuus, joku toinen olisi tulkinnut haastatteluaineistoani varmasti toisin. Toisaalta pystyin ehkä ymmärtämään opettajien vastauksia ja tulkitsemaan niitä tarkoituksenmukaisemmin oman opetuskokemukseni kautta. Näin ollen tulkintani vastaa paremmin tutkittavien omia käsityksiä (Tuomi & Sarajärvi 2009c, s. 138). Toisaalta olin haastattelijana kokematon, mikä luultavasti vaikutti aineiston keräämisen onnistumiseen ja aineiston edustavuuteen. Tekemäni esihaastattelu harjoitutti kuitenkin haastatteluiden pitämiseen ja auttoi haastattelurungon viimeistelyssä. Eteneminen haastattelurungon avulla yhtenäisti haastatteluja keskenään ja varmisti sen, että kaikki tutkimukselle olennaiset kysymykset tuli esitettyä ja haastatelluilta kysyttiin samoja asioita.

Kiitokset

Suuret kiitokset ohjaajalleni FT Minna Vainiolle kaikista ideoista, neuvoista ja kommentista tutkielmaani koskien sekä opastevideoiden laatimisesta haastattelututkimusta varten. Kiitos virtuaalimikroskopian maailmaan tutustuttamisesta ja oivallisen tutkimusaiheen tarjoamisesta. Kiitokset lehtori Katja Tauriaiselle avusta tutkielman alkuvaiheen suunnittelutyössä ja yhteistyöstä virtuaalimikroskopoinnin käytännön kokeilun toteuttamisessa opetustyössä. Haluan erityisesti kiittää kaikkia haastatteluihin osallistuneita aineenopettajia, jotka mahdollistivat haastattelututkimuksen toteuttamisen. Kiitokset myös oppikirjojen kustantajille oppikirjojen toimittamisesta tutkimuskäyttöön sekä sujuvasta yhteistyöstä. Lopuksi haluan kiittää perhettäni, ystäviäni ja kaikkia läheisiäni, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua graduprojektini aikana.

Lähteet

- Aiforia Technologies Oy (2019) About us. <<https://www.aiforia.com/about-us/>> [Luettu 3.9.2019]
- Bloom B, Krathwohl D (1956) Taxonomy of educational objectives: Book I, Cognitive domain. McKay, New York.
- Bonser SP, de Permentier P, Green J, Velan GM, Adam P, Kumar RK (2013) Engaging students by emphasising botanical concepts over techniques: innovative practical exercises using virtual microscopy. *Journal of Biological Education* 47:123–127.
- Braun MV, Kearns KD (2008) Improved learning efficiency and increased student collaboration through use of virtual microscopy in the teaching of human pathology. *Anatomical Sciences Education* 1:240–246.
- Encyclopedia Britannica (2012) Ovary. <<https://cdn.britannica.com/36/99236-050-00B26C08/ovulation-syndrome-woman-follicle-disturbances-ovary-fallopian.jpg>> [Luettu 22.5.2020]
- Encyclopedia Britannica (2013) Spermatogenesis. <<https://cdn.britannica.com/49/135449-050-D1730B7E/spermatogenesis-human-anatomy.jpg>> [Luettu 22.5.2020]
- Heinonen J-P (2005) Opetussuunnitelmat vai oppimateriaalit: Peruskoulun opettajien käsityksiä opetussuunnitelmien ja oppimateriaalien merkityksestä opetuksessa. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, Soveltavan kasvatustieteen laitos. Dark Oy, Helsinki.
- Hirsjärvi S, Hurme H (2000) Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Yliopistopaino, Helsinki.
- Idänpirtti K, Suutarinen M, Tuominen P (2017) 2. Munasolusta yksilöksi. Teoksessa: *Koralli 4 digikirja BI4 Ihmisen biologia*. Kustannusosakeyhtiö Otava.
- Idänpirtti K, Suutarinen M, Tuominen P (2017) Hormonit säätelevät elintoimintoja. Teoksessa: *Koralli 4 digikirja BI4 Ihmisen biologia*. Kustannusosakeyhtiö Otava.
- Jeronen E (2005a) Biologian opetus ja sen suunnittelu. Teoksessa: *Biologia eläväksi* (Eloranta V, Jeronen E, Palmberg I, toim.), s. 47–92. PS-kustannus, Keuruu.
- Jeronen E (2005b) Resurssit, niiden käyttö ja kehittäminen biologian opetuksessa. Teoksessa: *Biologia eläväksi* (Eloranta V, Jeronen E, Palmberg I, toim.), s. 181–216. PS-kustannus, Keuruu.
- Kannisto S, Mattila P, Mäkelä L (2017) Solut, kudokset, elimistöt. Teoksessa: *Ihmisen biologia (LOPS 2016)*. Studeo Oy.
- Karvonen U, Tainio L, Routarinne S (2017) Oppia kirjoista. Systemaattinen katsaus suomalaisten perusopetuksen oppimateriaalien tutkimukseen. *Kasvatus & Aika* 11:39–57.
- Kumar R K, Velan G M, Korell S O, Kandara M, Dee F R, Wakefield D (2004) Virtual microscopy for learning and assessment in pathology. *The Journal of Pathology* 204:613–618.

- Laki ylioppilastutkinnosta 502/2019. Annettu Helsingissä 12.4.2019. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2019/20190502>> [Luettu 16.5.2020]
- Lukiolaki 714/2018. Annettu Helsingissä 10.8.2018. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180714#L2P8>> [Luettu 24.5.2020]
- Mayer R (2014) Cognitive Theory of Multimedia Learning. Teoksessa: *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (toim. Mayer R), s. 43–71. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mikkilä-Erdmann M, Olkinuora E, Mattila E (1999) Muuttuneet käsitykset oppimisesta ja opettamisesta – haaste oppikirjoille. *Kasvatus* 30:436–449.
- Nivala M (2013) Learning microscopic pathology: Scaffolding the early development of expertise in medical image interpretation. Väitöskirja. Turun yliopisto, kasvatustieteen laitos. Painosalama Oy, Turku.
- Opetushallitus (2003) Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala.
- Opetushallitus (2015) Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015. Next Print Oy, Helsinki.
- Opetushallitus (2019) Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019. PunaMusta Oy, Helsinki.
- Opetushallitus (2020) Lukion opetussuunnitelmien perusteet. <<https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/lukion-opetussuunnitelmien-perusteet>> [Luettu 15.5.2020]
- Palmberg I (2005a) Ainedidaktinen tutkimus: opettaja tutkijana. Teoksessa: *Biologia eläväksi* (Eloranta V, Jeronen E, Palmberg I, toim.), s. 291–318. PS-kustannus, Keuruu.
- Palmberg I (2005b) Biologian opetusmuodot ja työtavat. Teoksessa: *Biologia eläväksi* (Eloranta V, Jeronen E, Palmberg I, toim.), s. 93–160. PS-kustannus, Keuruu.
- Pietiäinen J-P (2015) Ahneita kustantajia vai laadun tekijöitä? Teoksessa: *Laatua! Opimateriaalit muuttuvassa tietoympäristössä* (Toim. Ruuska H, Löytönen M, Rutanen A), s. 57–65. Bookwell Oy, Porvoo.
- Saco A, Bombi JA, Garcia A, Ramírez J, Ordi J (2016) Current status of whole-slide imaging in education. *Pathobiology* 83:79–88.
- Solunetti (2006a) Lisäkivekset. <<http://www.solunetti.fi/fi/histologia/lisakivekset/>> [Luettu 22.5.2020]
- Solunetti (2006b) Rotan munarakkulat. <http://www.solunetti.fi/fi/histologia/kuva_aiheesta-munarakkulat/1/> [Luettu 22.5.2020]
- Solunetti (2006c) Rotan siementiehyt 1. <http://www.solunetti.fi/fi/histologia/rotan_siementiehyet/> [Luettu 22.5.2020]
- Solunetti (2006d) Siemenjohtimet. <<http://www.solunetti.fi/fi/histologia/siemenjohtimet/>> [Luettu 22.5.2020]

- Tuomi J, Sarajärvi A (2009a) Aineiston hankinta ja määrä laadullisessa tutkimuksessa. Teoksessa: *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*, s.71–90. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.
- Tuomi J, Sarajärvi A (2009b) Laadullisen aineiston analyysi: sisällönanalyysi. Teoksessa: *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*, s. 91–124. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.
- Tuomi J, Sarajärvi A (2009c) Luotettavuus laadullisessa tutkimuksessa. Teoksessa: *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*, s. 134–149. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.
- Turun yliopisto (2018a) Kives. <https://cloud.aiforia.com/Public/UTU-BIOL/nL_LR4jdvhvJZallwaThkxoEMGMdCarVegCWAgZGn_ts0> [Luettu 22.5.2020]
- Turun yliopisto (2018b) Lisäkives. <<https://cloud.aiforia.com/Public/UTU-BIOL/IE26qUfl58b0JKOa-W8nGB1G3LNdDiE4qkAXWPic5og0>> [Luettu 22.5.2020]
- Turun yliopisto (2018c) Munarauhanen. <https://cloud.aiforia.com/Public/UTU-BIOL/iGfBXI4FT0li8Ivhe2oJCatmCw_3qqSRKS_xyrvuxdU0> [Luettu 22.5.2020]
- Turun yliopisto (2018d) Nisäkkään histologiaa lukioon. <<https://cloud.aiforia.com/Public/UTUBIOL/9ZioyXfeSUL83usjiYyNCkB5462MXAGtb4-Xhwx4ei00>> [Luettu 22.5.2020]
- Turun yliopisto (2018e) Siemenjohdin. <<https://cloud.aiforia.com/Public/UTU-BIOL/SazMmEHC8IfkbyKv8Ovr1a1EDIiCT3ZCeHiODeAb9100>> [Luettu 22.5.2020]
- Turun yliopisto (2020a) Opinto-opas 2020–2022. BIOL1002 Eläinfysiologian peruskurssi, 5 op. <<https://opas.peppi.utu.fi/fi/opintojakso/BIOL1002/20717?period=2020-2022>> [Luettu 26.5.2020]
- Turun yliopisto (2020b) Opinto-opas 2020–2022. Biologia sivuaineena, 2020-2022. <<https://opas.peppi.utu.fi/fi/ohjelma/17943?period=2020-2022>>
- Turun yliopisto (2020c) Opinto-opas 2020–2022. FYGE2041 Selkärankaisten anatomia, kehitysbiologia ja histologia, 5 op <<https://opas.peppi.utu.fi/fi/opintojakso/FYGE2041/1886?period=2020-2022>> [Luettu 26.5.2020]
- Turun yliopisto (2020d) Opinto-opas 2020–2022. FYGE2160 Ihmisen fysiologia, 2 op <<https://opas.peppi.utu.fi/fi/opintojakso/FYGE2160/1783?period=2020-2022>> [Luettu 26.5.2020]
- Uitto A, Hakonen R, Manninen S (2011) Lukiolaisten kiinnostus ja minäpystyvyys biologian opinnoissa. Teoksessa: *Näkökulmia tutkimusperustaiseen opetukseen. Ainedidaktisia tutkimuksia* 1:167–184.
- Vainio M (2018a) Kiveksen rakenne. <<https://echo360.org.uk/media/9b82a5e3-0834-47f9-8bab-e8cf06048571/public>> [Luettu 22.5.2020]
- Vainio M (2018b) Lisäkiveksen rakenne. <<https://echo360.org.uk/media/950fc6e2-616b-483d-acd1-4aeb1c46e9fa/public>> [Luettu 22.5.2020]
- Vainio M (2018c) Munasarjan rakenne. <<https://echo360.org.uk/media/0be5770b-983c-4021-9516-d191defebb56/public>> [Luettu 22.5.2020]

Vainio M (2018d) Siemenjohtimen rakenne. <<https://echo360.org.uk/media/e1b0d02e-1df9-44ec-99b6-24f577118bcf/public>> [Luettu 22.5.2020]

Valtioneuvoston asetus ylioppilastutkinnosta 612/2019. Annettu Helsingissä 9.5.2019. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190612>> [Luettu 16.5.2020]

Yleisradio Oy (2015) Abitreenit: yo-kokeet: biologia <<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/12/15/yo-kokeet-biologia>> [Luettu 28.2.2020]

Yliopistolaki 558/2009. Annettu Helsingissä 24.7.2009. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090558>> [Luettu 24.5.2020]

Ylioppilastutkintolautakunta (2016) Biologian sähköinen ylioppilaskoe. <https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Sahkoinen_tutkinto/biologia_tiedote.pdf> [Luettu 15.5.2020]

Ylioppilastutkintolautakunta (2009) Biologian ylioppilaskoe, kevät 2009. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://yle.fi/progressive/fynd/oppiminen/oppiminen.yle.fi/yo-kokeet/biologia_kevät_20092.pdf> [Luettu 24.5.2020]

Ylioppilastutkintolautakunta (2018) Biologian ylioppilaskoe, kevät 2018. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://lusi-dataviz.ylestatic.fi/yo_kokeet_2018/BI-fi/index.html#q5> [Luettu 15.5.2020]

Ylioppilastutkintolautakunta (2020a) Koejärjestelmässä käytettävissä olevat ohjelmat. <<https://www.ylioppilastutkinto.fi/ylioppilastutkinto/digitaalinen-ylioppilastutkinto/koejarjestelman-ohjelmat>> [Luettu 23.5.2020]

Ylioppilastutkintolautakunta (2020b) Tietoa ylioppilastutkinnosta. Historia. <<https://www.ylioppilastutkinto.fi/tietopalvelut/tietoa-ylioppilastutkinnosta/historia>> [Luettu 16.5.2020]

Yli-Panula E, Jeronen E, Inkinen J, Sohlman S (2019) Digitaaliset opetusmenetelmät biologian opetuksessa ja oppimisessa. Teoksessa: *Tutkimuksesta luokkahuoneisiin. Ainedidaktisia tutkimuksia* 15:425–443.

Liitteet

Liite 1

BI4 Ihmisen biologia -kurssin sisällöt ja tavoitteet LOPSissa 2003 (muokattu lähteestä Opetushallitus 2003, s. 133–134).

Kuvaus:	Ihmisen biologia (BI4)
Tavoitteet:	<p>Kurssin tavoitteena on, että opiskelija</p> <ul style="list-style-type: none">• osaa ihmissolun erilaistumisen pääpiirteet sekä kudosten ja elinten rakenteet ja toimintaperiaatteet• ymmärtää ihmisen kemiallisen tasapainon säätelymekanismeja sekä ulkoisten ja sisäisten tekijöiden vaikutuksia niihin• ymmärtää hermoston toiminnan ja hormonaalisen viestinnän merkityksen yksilön toimintojen ohjaajana• ymmärtää lisääntymiseen ja ihmisen elinkaareen liittyviä fysiologisia muutoksia sekä ihmisen yhteisöllisyyden merkityksen terveyden kannalta• pystyy selittämään elimistön kykyä sopeutua muutoksiin ja puolustautua ulkoisia uhkia vastaan ja tuntee merkityksellisimpien sairauksien syntymekanismeja• ymmärtää ihmisen lajinkehityksen sekä perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen ihmisen terveyteen• pystyy tarkastelemaan oppimiaan asioita arkielämän esimerkkien avulla ja tutustumaan alan uutisiin ja arvioimaan niitä kriittisesti.
Keskeiset sisällöt:	<p>Ihmisen solujen ja kudosten erityispiirteet:</p> <ul style="list-style-type: none">• solujen synty, kasvu ja erilaistuminen kudoksiksi sekä kantasolujen merkitys• solujen vanheneminen ja kuolema• syöpä <p>Elimistöjen rakenne, toiminta ja merkitys:</p> <ul style="list-style-type: none">• ruoansulatus ja ravitsemus• hengityselimistö ja hengityksen säätely• veri ja verenkierto• erityselimistöt ja kemiallinen tasapaino• tuki- ja liikuntaelimistö <p>Elintoimintojen säätely:</p> <ul style="list-style-type: none">• umpirauhaset ja hormonit• hermosto ja aistit• lämmönsäätely <p>Ihmisen lisääntyminen:</p> <ul style="list-style-type: none">• sukupuolinen kehitys ja seksuaalisuus• hedelmöitys, raskaus ja synnytys <p>Ihmisen elämänskaari ja yhteisöllisyys</p> <p>Perimän merkitys:</p> <ul style="list-style-type: none">• ihmisen evoluutio ja ihminen lajina• perinnöllisyys ja terveys <p>Elimistön sopeutuminen ja puolustusmekanismit:</p> <ul style="list-style-type: none">• elimistön puolustusjärjestelmät• ihminen ja mikrobit• myrkylliset aineet ja mutageenit

Liite 2

BI4 Ihmisen biologia -kurssin sisällöt ja tavoitteet LOPSissa 2015 (muokattu lähteestä Opetushallitus 2015, s. 144).

Kuvaus:	Ihmisen biologia (BI4) Kurssilla perehdytään ihmisen anatomiaan ja fysiologiaan. Keskeisiä tarkastelun kohteita ovat ihmisen elintoiminnot, lisääntyminen sekä perimän ja ympäristön merkitys ihmisen terveyteen. Kurssilla tarkastellaan ihmiselimistön kykyä sopeutua muutoksiin ja puolustautua ulkoisia uhkia vastaan.
Tavoitteet:	Kurssin tavoitteena on, että opiskelija <ul style="list-style-type: none">• osaa analysoida kudosten ja elinten rakenteiden toimintaperiaatteita• ymmärtää ihmisen kemiallisen tasapainon säätelyä sekä ulkoisten ja sisäisten tekijöiden vaikutuksia siihen• ymmärtää hermoston toiminnan ja hormonaalisen viestinnän merkityksen yksilön toimintojen ohjaajana• ymmärtää lisääntymiseen ja ihmisen elinkaareen liittyviä fysiologisia muutoksia• osaa selittää elimistön kykyä sopeutua muutoksiin ja puolustautua ulkoisia uhkia vastaan• ymmärtää perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen ihmisen terveyteen• osaa toteuttaa pienimuotoisen ihmisen elimistön toimintaa mittaavan tutkimuksen ja esittää sen tulokset.
Keskeiset sisällöt:	Energia, aineenvaihdunta ja sen säätely: <ul style="list-style-type: none">• ravintoaineet ja ruoansulatus• verenkierroelimistö• hengityselimistö ja hengityksen säätely Liikkuminen: <ul style="list-style-type: none">• tuki- ja liikuntaelimistö Elintoimintojen säätely: <ul style="list-style-type: none">• hermosto ja aistit• umpirauhaset ja hormonit• lämmönsäätely• kemiallinen tasapaino• elimistöjen sopeutuminen ja puolustusmekanismit Lisääntyminen: <ul style="list-style-type: none">• hedelmöitys, raskaus ja synnytys• sukupuolinen kehitys ja seksuaalisuus• perimän ja ympäristön merkitys

Liite 3

BI5 Ihmisen biologia -moduulin sisällöt ja tavoitteet LOPSissa 2019 (muokattu lähteestä Opetushallitus 2019, s. 239–240).

<p>Kuvaus:</p>	<p>BI5 Ihmisen biologia (2 op) Moduulissa perehdytään ihmisen anatomiaan ja fysiologiaan. Keskeisiä tarkastelun kohteita ovat ihmisen elintoiminnot ja lisääntyminen. Moduulissa tarkastellaan ihmiselimistön kykyä sopeutua muutoksiin ja puolustautua ulkoisia uhkia vastaan.</p>
<p>Tavoitteet:</p>	<p>Moduulin tavoitteena on, että opiskelija</p> <ul style="list-style-type: none"> • osaa nimetä ja tunnistaa tärkeimpien elinten ja elimistöjen rakenteet ja selittää niiden toimintaperiaatteita • ymmärtää, mitä homeostasia on, ja osaa kertoa esimerkkejä siihen vaikuttavista tekijöistä • osaa kuvata elimistön viestintäjärjestelmiä ja selittää, kuinka eri osat viestivät keskenään • osaa selittää elimistön kykyä aistia ympäristöä ja reagoida muutoksiin • osaa selittää ja vertailla elimistön eri puolustusmekanismeja mikrobeja vastaan • osaa kertoa ja perustella lisääntymisen keskeisimmät vaiheet hedelmöityksestä syntymään • osaa toteuttaa pienimuotoisen, ihmisen elimistön toimintaa mittaavan kokeellisen työn ja esittää sen tulokset.
<p>Keskeiset sisällöt:</p>	<p>Solu, kudokset, elin:</p> <ul style="list-style-type: none"> • solujen erilaistuminen kantasoluista ja syöpäsoluista • elinten muodostuminen eri kudostyypeistä <p>Elimistön säätely:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hermoston rakenne ja toiminta • umpirauhaset ja hormonit <p>Aineenvaihdunta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ruoansulatuselimistö • verenkiertoelimistö • hengityselimistö • kuona-aineiden eritys <p>Liikkuminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tuki- ja liikuntaelimistö <p>Elimistön sopeutuminen ympäristöön:</p> <ul style="list-style-type: none"> • iho ja lämmönsäätely • aistit • puolustusjärjestelmä <p>Lisääntyminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sukuelimet ja sukupuolen kehitys • hedelmöitys, raskaus ja synnytys

Hei hyvä lukion biologian opettaja,

Teen pro gradu -tutkielmaani aiheesta "Virtuaalimikroskopoinnin hyödyntäminen lukio-opetuksessa" ja etsin lukion biologian aineenopettajia haastateltavikseni. Haastattelussa selvitetään virtuaalimikroskopoinnin käytettävyyttä biologian opetuksen tukena opettajien näkökulmasta. Ennen haastattelua opettajat saavat tutustuttavakseen opetus- ja tukimateriaaleja (mm. virtuaalimikroskopiatyökalun ja siihen liittyvää tukimateriaalia). Haastatteluun osallistumista ei haittaa, vaikka virtuaalimikroskopointi olisi täysin vieras asia itselle. Virtuaalimikroskopiaa voi soveltaa erityisesti Bi4 Ihmisen biologia –kurssin opettamiseen, ja tarjottava tukimateriaali on siihen sopivaa.

Haastattelut on tarkoitus pitää tammi- ja helmikuun aikana. Toivoisin, että pystyisit varaamaan aikaasi haastattelulle noin tunnin. Mikäli kiinnostuit, vastaan mielelläni lisäkysymyksiin ja voidaan sopia haastattelu-aika ensi vuoden alkuun.

Ystävällisin terveisin,

Eriika Honka

biologian aineenopettajaopiskelija

Biologian laitos

Turun yliopisto

Virtuaalimikroskopian hyödyntäminen lukio- opetuksessa

Haastattelun taustamateriaalit: Lisääntymiselinten histologiaa

Eriika Honka

2019

Tutustu virtuaalimikroskooppinäytteisiin ennen haastattelua

Tässä tutkimuksessa käytetään Aiforian pilvipalveluun (aiforia.com) kerättyä [kokoelmaa mikroskopialeikkeitä](#). Tutkimuksen tarkoitus on selvittää materiaalin käytettävyyttä lukio-opetuksessa. Materiaalin muusta käytöstä on sovittava Turun yliopiston biologian laitoksen kanssa (minna.vainio@utu.fi).

Haastattelua varten toivoisin, että tarkastelet seuraavia virtuaalimikroskopianäytteitä:

- [Munasarja](#)
- [Kives](#)
- [Lisäkives](#)
- [Siemenjohdin](#)

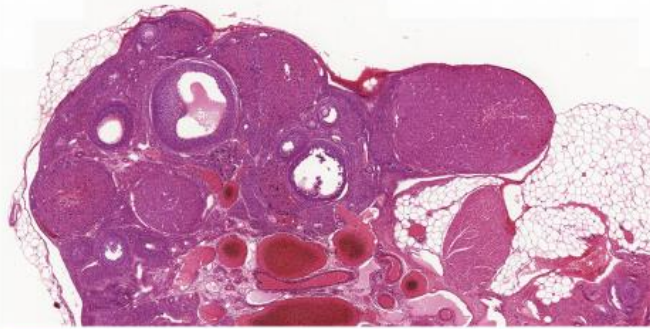
Käytä Aiforian leikkeiden tarkasteluun vain seuraavia selaimia (ei toimi Internet Explorerilla):

- Google Chrome
- Mozilla Firefox
- Microsoft Edge
- Safari

Jos jokin linkki ei avaudu, kopioi viimeisestä diasta osoite osoitekenttään.

Pohdi virtuaalimikroskooppileikkeiden käytettävyyttä

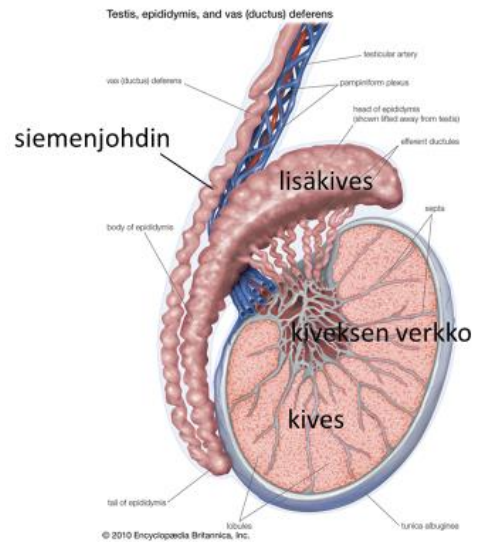
- Haastattelun keskeisenä teemana on virtuaalimikroskopianäytteiden käytettävyys lukio-opetuksessa.
- Seuraavissa dioissa on kerätty myös muuta verkosta saatavaa materiaalia virtuaalimikroskopialeikkeiden tarkastelun tueksi.
- Haastattelussa tullaan käsittelemään myös virtuaalihistologian käyttöön mahdollisesti tarvittavaa tukimateriaalia (oppikirjojen antaman informaation lisäksi).



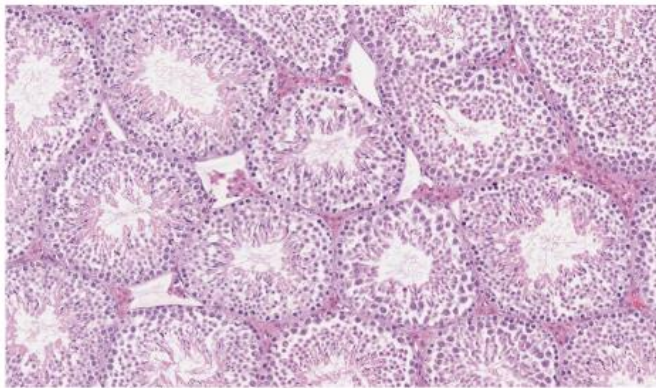
Munasarja

- [Näyte Aiforian virtuaalimikroskopissa](#)
- [Näytteen tarkasteluun opastava video](#)
- [Piirroskuva](#)
- [Solunetti](#)

Kives, lisäkives ja siemenjohdin

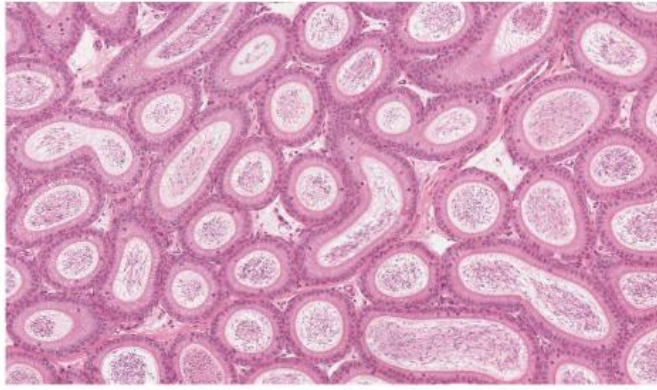


Muokattu lähteestä: <https://www.britannica.com/media/full/topic/189869/119207>



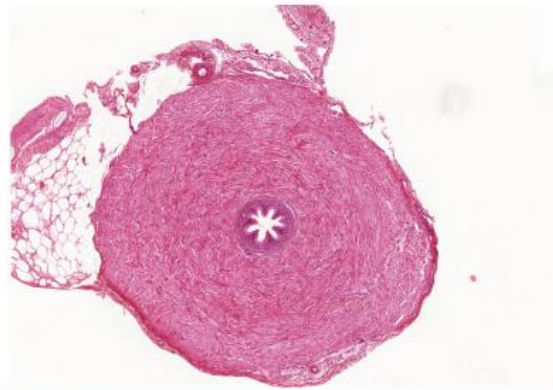
Kives

- [Näyte Aiforian virtuaalimikroskoopissa](#)
- [Näytteen tarkasteluun opastava video](#)
- [Piirroskuva spermatogeneesistä](#)
- [Solunetti](#)



Lisäkives

- [Näyte Aiforian virtuaalimikroskoopissa](#)
- [Näytteen tarkasteluun opastava video](#)
- [Solunetti](#)



Siemenjohdin

- [Näyte Aiforian virtuaalimikroskoopissa](#)
- [Näytteen tarkasteluun opastava video](#)
- [Solunetti](#)

HAASTATTELU

TAUSTATIEDOT

tutkinto ja pääaine:

opetuskokemus vuosina yht:

lukiossa:

opetuskokemus Ihmisen biologia –kurssiin liittyen arvioituna (kurssien määrä):

ikä: sukupuoli:

TEEMA 1: Elinten rakenteiden ja toimintojen opettaminen

- Miten ja millaisin apuvälinein opetat elinten rakennetta ja toimintaa?
- Millaista kuvamateriaalia käytät rakenteiden ja toiminnan opettamiseen?
- Oletko käyttänyt mikroskooppikuvia tai mikroskopointia opetuksessasi?
 - Millä kursseilla / millaisen aihepiirin opetuksessa?
- Jos et käytä mikroskopiaa/mikroskooppikuvia opetuksessa, miksi et?

TEEMA 2: Mikroskopian käyttö taitojen kehittämisessä

- Jos olet käyttänyt mikroskopointia/mikroskopiakuvia opetuksessasi, millaisia taitoja ne mielestäsi kehittävät?
- Bloomin tavoitetaksonomiassa (Bloom & Krathwohl 1956) tiedollisia tavoitteita (kognitiivisia tasoja) on kuusi; tietäminen, ymmärtäminen, soveltaminen, analysoiminen, syntetisoiminen ja arvioiminen. Mitä näistä mielestäsi on mahdollista saavuttaa mikroskopoinnilla?
 - Taso 1: tietäminen; käsittää asioiden mieleen palauttamisen, muistamisen ja tunnistamisen.
 - Taso 2: ymmärtäminen; oppija tietää, mistä on kysymys ja kykenee muuntamaan tietoa toiseen muotoon, selittämään asioita, käyttämään asiaan liittyviä materiaaleja sekä tekemään johtopäätöksiä.
 - Taso 3: soveltaminen; oppija kykenee käyttämään menetelmiä tai teoreettisia käsitteitä uusissa tilanteissa.
 - Taso 4: analysoiminen: oppija osaa jakaa kokonaisuuden osiin niin, että hän hahmottaa osien merkityksen ja osaa selittää osien väliset suhteet kokonaisuuden kannalta.

- Taso 5: syntetisoiminen; oppija kykenee yhdistelemään analysoidut osat samaksi tai uudeksi kokonaisuudeksi.
- Taso 6: arvioiminen; oppija pystyy annettujen kriteerien perusteella arvioimaan asioiden, aineistojen, keskustelujen yms. oikeellisuutta ja arvoa.

TEEMA 3: Virtuaalimikroskopian hyödynnettävyys lukio-opetuksessa

- Ennen haastattelua sait erilaisia materiaaleja liittyen lisääntymiselinten rakentamiseen; piirroskuvat, opastevideot, linkit Solunettiin ja Aiforian virtuaalikudosleikkeisiin. Kuinka hyödyllisiksi koit materiaalit lisääntymiseen liittyvän teeman opettamisessa (Ihmisen biologia –kurssilla) asteikolla 1-5?

(1) ei lainkaan hyödyllinen, (2) vähän hyödyllinen, (3) jokseenkin hyödyllinen, (4) hyvin hyödyllinen (5) erittäin hyödyllinen

- piirroskuvat?
- videot?
- Solunetti?
- virtuaalimikroskooppi?
- Olisitko kaivannut jotain muuta materiaalia lisäksi?
- Nyt pyytäisin sinua nimeämään ainakin kolme sellaista asiaa opetuksessa, joissa näkisit virtuaalimikroskopiasta olevan hyötyä
- Mitkä ovat näkemyksesi mukaan asioita, jotka saattavat estää virtuaalimikroskopian hyödyntämistä, mikäli tämä mahdollisuus olisi vapaasti tarjolla opetukseen?
- Olisiko vastaavanlaisille virtuaalimikroskopiamateriaaleille mielestäsi tarvetta muissa aihekokonaisuuksissa kuin ihmisen biologiassa?
- Onko jotain muuta mitä haluaisit tuoda esille aihepiiriin liittyen mitä ei jo käsitelty?

Kiitos haastattelusta!

Liite 7

Hei hyvä lukion biologian opettaja,

Tutkimushaastattelun taustamateriaalit ovat liitteenä. Aiheena on lisääntymiselinten histologia. Ensimmäinen linkki vie tutustumaan Aiforian virtuaalimikroskooppiin yleisellä tasolla, joten kaikkiin tällä sivulla oleviin näytteisiin tutustuminen ei ole tarpeen haastattelun kannalta. Toivoisin, että tarkastelet tarkemmin valikoitua neljää näytettä (munasarja, kives, lisäkives ja siemenjohdin) virtuaalimikroskoopissa sekä tutustut näihin tehtyihin opastaviin videoihin, kaavakuviin ja valikoituihin Solunetin materiaaleihin. Materiaaleihin tutustuminen etukäteen on tärkeää haastatteluiden tulosten yhdenmukaisuuden ja tarkoituksenmukaisuuden kannalta sekä sujuvoittaa haastattelun kulkua. Olethan yhteydessä, jos materiaalin kanssa ilmenee kysymyksiä tai jotain ongelmia.

Ystävällisin terveisin,

Eriika Honka

biologian aineenopettajaopiskelija

Biologian laitos

Turun yliopisto

Liite 8

Oppikirjojen mikroskopiakuvien lukumäärät luokiteltuna kuvien aihepiirien mukaan. Mukana myös tehtävien sisältämät mikroskopiakuvat. (*ks. oppikirjojen tiedot: Aineisto ja menetelmät, taulukko 1)

kuvan aihepiiri	oppikirja*				
	A1	A2	A3	A4	kaikki kirjasarjat
lihaskudos	4	4	5	2	15
veri/verisoluja	1	5	1	3	10
bakteerit	2		2		4
luukudos	1	1	1		3
kromosomi/ kromosomisto		2		1	3
alkio		2		1	3
siittiöt	1	1			2
ohutsuoli		1		1	2
solusyönti		1		1	2
luuydin		2			2
jakautuvat solut	1				1
syöpä maksassa	1				1
kieli	1				1
epiteelikudos		1			1
keuhkot		1			1
haima		1			1
munasolu & siittiöt		1			1
rasvakudos				1	1
hermokudos				1	1
virus				1	1
siementiehyet			1		1
iho			1		1
yhteensä	12	23	11	12	58

Liite 9

Oppikirjojen mikroskopiakuvatehtävien mikroskopiakuvien aiheet. (*ks. oppikirjojen tiedot: Aineisto ja menetelmät, taulukko 1)

oppikirja*	kpl	kappaleen aihe	tehtävä	kuvan aihe
A1	10	tuki- ja liikuntaelimistö	L10/A6	sileä lihaskudos
A1	10	tuki- ja liikuntaelimistö	L10/A6	sydänlihaskudos
A1	10	tuki- ja liikuntaelimistö	L10/A6	luustolihaskudos
A2	1	Ihminen on monisolainen eliö	2.	punasoluja
A2	1	Ihminen on monisolainen eliö	2.	valkosolu
A2	1	Ihminen on monisolainen eliö	2.	poikkijuovaisia lihas-soluja
A2	1	Ihminen on monisolainen eliö	2.	epiteelikudos, side- ja tukikudos
A2	4	verenkierto	8. mukailtu yo s-17	verisolut
A3	4	hermosto	5. yo s-08	luustolihas
A3	10	liikkuminen	7. yo s-13	luukudos
A4	3.2	liikkuminen	11. yo s-08	luustolihas