



**KIRJOITTAISINKO OPPIKIRJAN?
Mikrobiologian oppimateriaalin tarve ja
luonne laboranttien koulutuksessa**

Kirsi Sojakka

**Kehittämishankeraportti
Marraskuu 2006**



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**

Ammatillinen opettajakorkeakoulu

Tekijä(t) Sojakka, Kirsi	Julkaisun laji Kehittämishankeraportti	
	Sivumäärä 51	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Salainen _____ saakka	
Työn nimi Kirjoittaisinko oppikirjan? Mikrobiologian oppimateriaalin tarve ja luonne laboranttien koulutuksessa		
Koulutusohjelma Ammatillinen opettajakorkeakoulu, opettajan pedagogiset opinnot		
Työn ohjaaja(t) Hannula, Kaija		
Toimeksiantaja(t)		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työssä valmistauduttiin kirjoittamaan oppimateriaalia. Oppikirjan tulisi vastata nykyisiä opetus-suunnitelmaan kirjattuja tavoitteita ja oppimiskäsityksiä. Oppimateriaalin päivittämisen tarve ja hankala saatavuus innoittivat työtä. Oppiminen on sidoksissa siihen toimintaan, tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu. Konstruktivismi kritisoi tiedon määrittelyä objektiivisten faktojen kokoelmana. Ongelmaperustaisen oppimisen (PBL) ytimenä on ajatus oppimisesta ammatillisesta käytännöstä nousevien ongelmien kautta. PBL:ssä oppimista ei ohjaa valmis oppimateriaalipaketti vaan työskentelyn lähtökohtana ovat ongelmat ja oppimistavoitteet.</p> <p>Oppikirja määritellään kirjan muotoiseksi, oppimista edistävää informaatiota sisältäväksi materiaaliksi. Oppikirjalla on erilaisia funktioita ja tutkiva tai ongelmaperustainen oppiminen ei ole kirjatonta oppimista. Sosiokulttuurisen näkemyksen mukaan lukemista voidaan ajatella keskusteluna kirjan kirjoittajan ja lukijan välillä. Sekä oppikirjan että kuvien funktiota käsiteltiin laajasti. Kuvien ja kuvioden kognitiivisiin tehtäviin kuuluvat mm. tarkkaavaisuuden suuntaaminen, muistamisen helpottaminen ja ymmärtämisen edistäminen. Kritiikin aiheita oppikirjoissa löydettiin kuvan ja tekstin vuorovaikutuksesta. Hyvä kuva on selkeästi asiaa yksinkertaistava, selittävä ja mielellään hauska aktivoija.</p> <p>Oppikirja voi jäsentää, selittää ja orientoida, mutta ennen kaikkea se pystyy taltioimaan aikaisempaa tietoa. Digitaalisen oppimateriaalin etuja ovat ajankohtaisuus, monipuoliset linkitysmahdollisuudet ja nuorten kulttuuriin paremmin sopiva esittämistapa. Suurimpana haittapuolena ovat informaation luotettavuuden vaikeampi arviointi ja helpompi kopioitavuus.</p> <p>Mikrobiologian orientaatioperusta kuvataan spiraalimallilla, jossa ydintemoihin kuuluvat työtavat ja analyysi, solun rakenne ja toiminta ja käyttömahdollisuudet. Pohdinnassa koottiin ohjeita oppimateriaalin tekijälle ja kuvataan millainen oppikirja olisi tarpeen laboranteille.</p>		
Avainsanat (asiasanat) laborantit, laboratoriot, mikrobiologia, oppiminen, oppimiskäsitykset, ongelmalähtöinen oppiminen, oppimateriaali, oppikirjat, kuva		
Muut tiedot		

Author(s) Sojakka, Kirsi	Type of Publication Development project report	
	Pages 51	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until _____	
Title Should I write the textbook? Need and character of microbiological teaching material for laboratory assistants.		
Degree Programme Vocational Teacher Education College Degree Programme in Teacher Pedagogical Education		
Tutor(s) Hannula, Kaija		
Assigned by		
Abstract The aim of the development project was to plan to write relevant teaching and studying material. The textbook should be in line with aims of curriculum and conception of learning. The current studying material is partly out of date and difficult to obtain, that fact inspired this work. Learning is coupled the action, situation and culture. According the constructivism knowledge is much more than selection of objective facts. The main idea of problem based learning (PBL) is learning through vocational problems or situations. In PBL learning was not guided by studying material like textbook, but the action was based on personal learning objectives. However PBL was not in contradictory with textbook, how to use the material is more important. Textbook is defined as written material, which contains learning promoting information. Textbook had different kinds of functions and Learning by Developing or PBL do not mean learning without books. According sociocultural view for learning, reading can be considered as conversation between reader and author. Functions of both textbook and pictures were dealt comprehensively. The cognitive tasks of illustrations and figures were for example to direct the attention of the readers, make it easier to remember and to foster the understanding. There were critics towards the interaction between text and pictures. Good picture or figure clearly simplified, explained and was funny activator. Textbook can orientate, explain and analyse the subject, but first of all, it can conserve the previous information. The benefits of digital studying material were topicality, plentiful opportunities to link to other sources and youth cultural presentation. The main disadvantages were reliability and easiness to copy. The base of microbiological orientation was illustrated with spiral model in which the main themes were working instructions and analyses, cellular structure and function and applications. The writing process of the text book should be carefully planned. To conclude there are twelve commandments for potential author of teaching material.		
Keywords laboratory assistant, microbiology, conception of learning, problem based learning, PBL, textbook, picture, illustration		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 LUKIJALLE.....	1
2 MIKROBIOLOGIA OSANA LABORANTIN AMMATTITAITOA	2
3 OPPIMISKÄSITYKSET JA MIKROBIOLOGIAN OPPIMINEN	5
3.1 Konstruktivismiin perustuvat opetussuunnitelmat biologiassa.....	5
3.2 Ongelmaperustainen oppiminen.....	6
3.3 PBL ja oppikirja, onko jo käsitteissä ristiriitaa?	10
3.4 Sosiokulttuurallinen näkökulma viestintään ja oppimiseen.....	14
4 MILLAISIA MIKROBIOLOGIAAN LIITTYVIÄ OPPIKIRJOJA ON TARJOLLA?	16
5 OPPIKIRJA VAI DIGITAALISTA OPPIMATERIAALIA VERKOSSA?.	22
5.1 Mikä on oppikirjan merkitys?	22
5.2 Kirjan selailua vai linkistä linkkiin loikkimista	24
5.3 Miten välttää kopiointia ja vanhan tiedon toistamista?	26
5.4 Painettu kirja on jo vanha!	28
5.5 Hankaluutena terminologia – tarvitaanko sanastoa?	31
6 OPPIKIRJAN KUVAT JA NIIDEN MERKITYS OPPIMISESSA	33
6.1 Millainen on mieleenpainuva kuva?.....	35
6.2 Oppimateriaalin tulisi tukea ammattitaitoa.....	38
7 MITÄ MIKROBIOLOGIAN OPPIMATERIAALIN TEKIJÄN TULISI HARKITA ENNEN TYÖHÖN RYHTYMISTÄ	40
8 POHDINTAA	44
9 LÄHTEET.....	49

1 LUKIJALLE

Kirjoitin kehittämishankeraportin osana opettajaopintoja. Perustutkintoni on luonnontieteellinen (solubiologia ja biokemia). Opettamani oppilaat ovat pääsääntäisesti nuoria aikuisia joko toisen asteen ammatillisessa koulutuksessa tai ammattikorkeakoulussa. Minulla ja oppilaillani on joskus ollut kommunikatiovaikeuksia erilaisen käsitemaailman takia. Meillä on ilmeinen tarve löytää yhteinen, ammatillinen kieli. Kehittämishankkeeni idea nousi osittain tulevien laboranttien palautteesta mikrobiologian kurssin jälkeen. Palautteessa kysyttiin mm. Olivatko opintojaksossa käytetyt oppimateriaalit ja oppikirjat sopivia? Yksikään oppilas ei arvioinut käytettyä oppikirjaa erinomaiseksi, mutta useampi antoi arvosanan heikko. Tarve kehittää paremmin oppimista tukevaa ja ajantasaistettua oppimateriaalia oli ilmeinen.

Lukijaksi olen kuvitellut luonnontieteistä ja tekniikasta kiinnostuneen henkilön, joka haluaa laajentaa omia kokemuksiaan opettamalla nuorille aihetta, johon on vaikea saada teoreettista viitekehystä arkielämässä. Tämä voi yhtä hyvin olla matematiikan soveltamista kuin biokemiaakin. Vaikka otsikossa viittaa mikrobiologiaan, uskon myös muiden alojen oppimateriaalin tekijöiden saavan kehittämishankkeestani uusia ajatuksia.

Tekstissä olen esittänyt *kursivoituna mustalla* suorat lainaukset puheesta tai tekstistä, *kursivoituna punaisella* julkaisujen nimet ja *kursivoituna sinisellä* mikrobien latinalaiset nimet. **Lihavoidulla tekstillä** olen paikoin korostanut tärkeitä, luetteloihin tai koosteisiin kuuluvia sanoja tai käsitteitä. Viimeisessä kappaleessa ja pohdinnassa olen tiivistänyt mitä oppimateriaalin tekijän tulisi harkita ennen työhön ryhtymistä. Kirjoitin ohjeet itselleni. Olen onnistunut hankkeessani, jos joku muukin hyötyy kehittämishankkeeni tuloksista esimerkiksi kirjoittamalla entistä paremman oppikirjan nuorille aikuisille.

2 MIKROBIOLOGIA OSANA LABORANTIN AMMATTITAITOA

Mikrobit kierrättävät ravintoaineet ekosysteemeissä ja tarvitsemme bakteereja, homeita, hiivoja ja viruksia ylläpitääksemme elämää. Laborantin työnkuva voi olla mikrobien hyödyntämistä tai niiden esiintyvyyden havainnointia. Opettellemalla mikrobiologian perusteita, oppii ymmärtämään elämän kemialla ja arvostamaan luonnon monimuotoisuutta. Mikrobiologian perustietojen hallinta mahdollistaa osaltaan osallistumisen yhteiskunnalliseen keskusteluun ympäristön ja teknologian kehityksen halutusta suunnasta.

Teknologia nojaa monelta osin mikrobeihin, esimerkiksi ruuan valmistus ja säilöntä tai jätteiden hajottaminen. Mikrobiologiaa hallitsevia laborantteja tarvitaan niin elintarviketeollisuudessa kun jätevedenpuhdistamollakin. Laborantti, joka on kiinnostunut mikrobiologiasta, hakeutuu jo koulutuksen aikana kursseille ja työssäoppimispaikkoihin, joissa ollaan tekemisissä elävän materiaalin kanssa. Hänen työkuvaansa kuuluu maljojen valamista, siirrostamista, tulosten kirjaamista ja alustavaa arvioimista, puhtauden ylläpitämistä ja mahdollisesti osallistumista menetelmien kehittämiseen. Osa mikrobeista aiheuttaa tauteja ja patogeenien tunnistaminen ja oikea käsittely ovat osa turvallista laboratoriotyöskentelyä. Sairaalassa mikrobiologian laboratoriossa työskentelevät ovat peruskoulutukseltaan bioanalytikoita (AMK), eivät laborantteja. Osa laboranttien jatkokoulutusmahdollisuuksista on kuitenkin ammattikorkeakoulussa tai yliopistossa. Laboranttinkin voi kuitenkin työskennellä yrityksessä tai virastossa, jossa eristetään ja tunnistetaan sairaalahoidon aiheuttanut mikrobi. Geneettinen manipulointi ei olisi kehittynyt ilman mikrobiologista tutkimusta. Monissa yliopistojen tutkimuslaboratorioissa ja biotekniikan yrityksissä käsitellään päivittäin mikrobeja tai niiden tuotteita. Vain ymmärtämällä kiistanalaisten keskusteluaiheiden, kuten lintuinfluenssa tai geenimuunneltu kasvi, taustalla olevaa tieteen näkemystä pystyy tekemään omat tiedolliset ratkaisunsa. Tällöin ei joudu kohtaamaan monimutkaisia asioita vain ennakkokoluulojen pohjalta. Vain pienen murto-osan mikrobiologiasta voi mahduttaa yhteen tai kahteen kurssiin ja oppikirjaan. Laborantin ammatillisen koulutuksen mikrobiologian kurssilla opetellaan myös oppimaan oppimisen taitoja, jotta

tämän päivän oppilas pystyisi tukevaisuuden ammattilaisena seuraamaan ja kehittämään nopeasti edistyvää alaa.

Valtakunnallisissa opetussuunnitelman perusteissa laboratorioalan perustutkintoon on pakollisena opintokokonaisuutena bioanalytiikkaa vähintään 10 opintoviikkoa. Koulukohtaisissa opetussuunnitelmissa voidaan vapaavalintaisilla ammatillisilla opinnoilla lisätä biologisen osaamisen aluetta jopa niin että oppilas suorittaa yhteensä yli 20 opintoviikkoa tältä erikoistumisalueelta. Laboratorioalalla on yhteinen pohja kaikille osa-alueille, mutta käytännössä työpaikka määrää mitkä ovat juuri sillä erikoistumisalueella tärkeimpiä tietoja ja taitoja. Kunnan elintarvikelaboratoriossa mikrobien viljelyä tekevän laborantin työnkuva on hyvin erilainen kuin esimerkiksi viruslaboratoriossa rokotteita kehitettäessä. Molemmat ovat selkeästi mikrobiologiaan kuuluvia toimenkuvia, mutta perustiedot ja taidot pitäisi olla myös paperi- tai lääketehaan laboratoriossa tai ympäristölaboratoriossa.

Opetussuunnitelman perusteissa korostetaan työturvallisuutta, aseptiikkaa, määrittämiä, tiedollista pohjaa ja mikroskopointia. Ensimmäisenä keskeisenä sisältönä ovat mikrobiologian työtavat ja analyysin tekeminen. Toiseksi ydinasioihin kuuluvaa sisältöä on elävien solujen käyttö työskentelyssä, solun rakenteen ja toiminnan sekä biokemiallisten yhdisteryhmien tunteminen. Kolmanneksi oppilaan tulisi hallita mikrobien ja geenitekniikan käyttömahdollisuuksia. Ohessa on tiivistettyä lainausta opetussuunnitelmien perusteista bioanalytiikan kohdalta kiitettävillä taidoilla ja tiedoilla (Laboratorioalan opetussuunnitelma 2000, 53–54).

Opiskelijan on osattava käyttää mikrobeja oikein ja turvallisesti työssään, ja sitä varten hänen on tunnettava mikrobien pääryhmät, tärkeimmät ominaisuudet ja kasvuvaatimukset sekä hyöty- ja haittavaikutukset. Opiskelijan on osattava työskennellä aseptisesti. Hänen on osattava viljellä mikrobeja tavallisimmilla viljelytekniikoilla sekä valmistaa kasvualustoja. Opiskelijan on osattava ottaa edustava näyte ja käsitellä sitä aseptisesti. Hänen on osattava ottaa ajan merkitys huomioon mikrobiologisen näytteen analysoinnissa. Opiskelijan on osattava tehdä laadullisia ja määrällisiä mikrobiologisia

määrittämiä erilaisista näytteistä. Hänen on osattava valmistaa preparaatti mikroskopointia varten ja käyttää mikroskooppia valmistamansa preparaatin tutkimiseen. Hänen on osattava tunnistaa tavallisimmat mikrobit ja homeet makro- ja mikromorfologian perusteella (mikroskopointi). Opiskelijan on osattava hävittää mikrobiologiset jätteet turvallisesti tavallisimmilla sterilointitekniikoilla. Opiskelijan on osattava tehdä biokemiallisia ja mikrobiologisia analyysejä myös englanninkielisen ohjeen mukaisesti. Opiskelijan on osattava kuvata mikrobien hyödyntämisen mahdollistavia periaatteita ja sovelluksia. Hänen on osattava kuvata geenitekniikan peruseräkkeet ja geenitekniikan käyttömahdollisuuksista.

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003 painottaa biologian arvioinnissa keskeisiä käsitteitä sekä kykyä soveltaa biologisia tietoja. Arvioinnissa kiinnitetään huomiota luonnontieteellisten lainalaisuuksien sekä syy- ja seuraussuhteiden ymmärtämiseen, vuorovaikutussuhteiden merkityksen oivaltamiseen sekä kokonaisuuksien hahmottamiseen (Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003, 132–136). Lähestymistapa on vaihdettu atomistisesta ja serialistisesta kohti kokonaisuuden hahmottamista eli suunnataan holistiseen näkemykseen. Opetussuunnitelmat koko toisella asteella on uudistettu 2000-luvulla, mutta käytössä on edelleen oppikirjoja, joissa perustana ovat behavioristiset tavoitteet eli opetus tähtää konkreettisiin, mitattaviin toimintoihin tai käyttäytymisen muutoksiin. Laajat tavoitteet jaetaan pienempien osatavoitteiden sarjoiksi. Katsomalla lähes mitä tahansa oppikirjaa huomaa kappalejaon, joissa usein lähestytään kokonaisuutta opettelemalla (ulkoa) pienempiä osia. Toisen asteen opetussuunnitelmien muutokset kohti tilanne- ja kokemusidonnaista konstruktivismia ei ole vielä vaikuttaneet mikrobiologian oppikirjoihin.

3 OPPIMISKÄSITYKSET JA MIKROBIOLOGIAN OPPIMINEN

3.1 *Konstruktivismiin perustuvat opetussuunnitelmat biologiassa*

Konstruktiivisia ajatuksia oppimisesta ja opettamisesta on sovellettu erityisesti luonnontieteiden opetuksessa. Toisaalta konstruktivistinen ajatus objektiivisen tiedon mahdottomuudesta on saanut paljon kritiikkiä juuri luonnontieteiden suunnalta. Kognitiiviseen psykologiaan perustuva näkemys pitää tietoa ainutkertaisella tavalla rakentuneena yksilön omaisuutena, jolle ei voi määrittellä yhtä ainoaa olemusta. Siksi tietoa olisi mahdotonta säilöä tieto- ja oppikirjoihin. Konstruktivismi kritisoi tiedon määrittelyä objektiivisten faktojen kokonaisuutena. Kuitenkin suuressa osassa kouluja käytetään edelleen oppiainejakoa ja tiettyjen opeteltavien faktojen luetteloa. Nykyiset opetussuunnitelmat rakentuvat oppimiskäsitykselle, jonka mukaan oppiminen on seurausta oppilaan aktiivisesta ja tavoitteellisesta toiminnasta, jossa hän vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden, opettajien ja ympäristön kanssa ja aiempien tietorakenteidensa pohjalta käsittelee ja tulkitsee vastaanottamaansa informaatiota (Falck 2003, 21). Oppiminen on sidoksissa siihen toimintaan, tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu. Oppikirja olisi vain informaation lähde, ei tietoa. Yhdessä tilanteessa opittu tieto tai taito ei automaattisesti siirry käytettäväksi toisenlaisissa tilanteissa. Edelleen koulussa opetettu luonnonlaki ei välttämättä olekaan oppilaan käytettävissä arkielämässä. Esimerkiksi mikrobien kasvukäyrän tulkitseminen ei johdakaan laittamaan jauhelihaa jääkaappiin kotona, vaikka koulussa onkin opetettu kuinka bakteerien lisääntyminen on huoneenlämmössä eksponentiaalista.

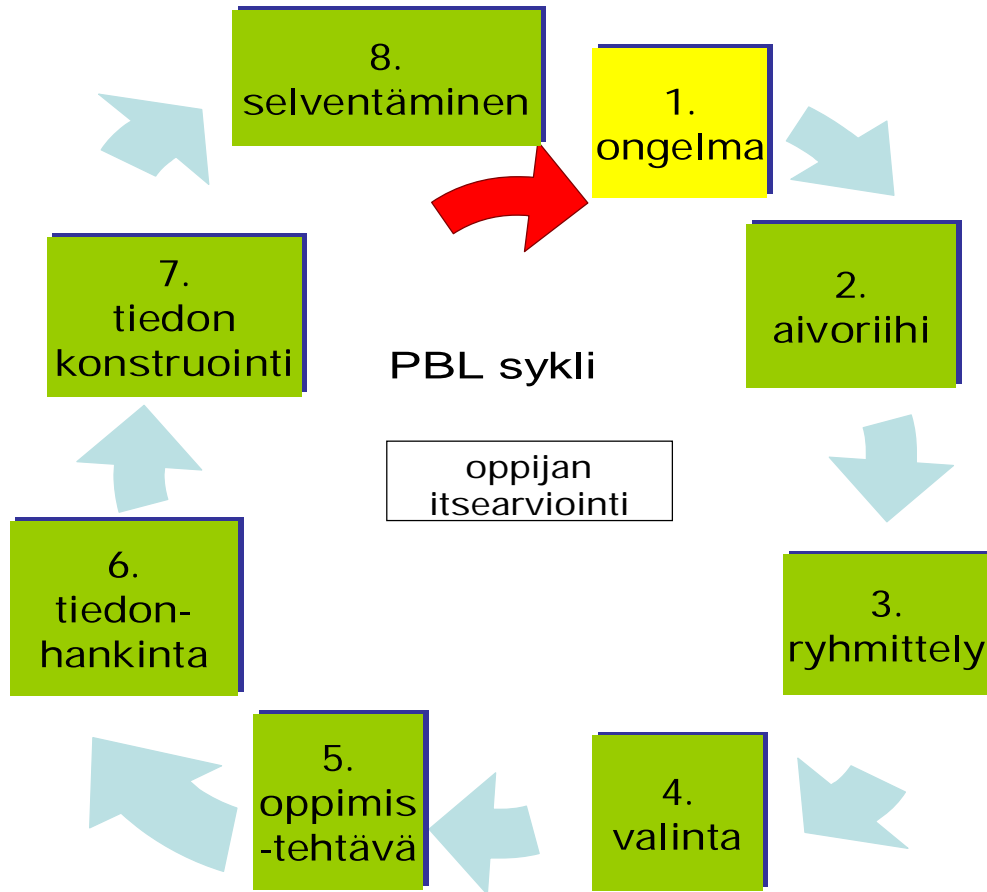
Valtakunnalliset opetussuunnitelmat korostavat tietoyhteiskunnassa tarvittavien taitojen oppimista. Opetuksessa tulee ottaa huomioon, että vaikka oppimisen yleiset periaatteet ovat kaikilla samat, se mitä opitaan, riippuu yksilön aikaisemmasta tiedosta ja hänen käyttämistään strategioista. Yksittäisten oppilaiden tietojen ja taitojen selville saaminen ei ole yksinkertainen tehtävä. Kun

kukin rakentaa itse omat käsityksensä, taustalla olevat tietorakenteet vaikuttavat uuden tietämyksen luonteeseen. Yksilöllinen opetus vaatii runsaan panostuksen opettajalta. Konstruktivistista lähestymistapaa voi olla vaikeaa soveltaa biologian opetuksessa huolimatta sen monista hyvistä periaatteista. Konstruktivisen käsityksen mukaan opettajan tehtävä on määritellä millaiset oppimistehtävät ovat hedelmällisempiä oppimisen kannalta ja saada oppilaat työskentelemään sellaisten tehtävien kanssa. Oppimisen kannalta on tärkeämpää, miten oppilas käsittelee opittavaa materiaalia kuin miten opettaja sitä käsittelee eli opettaa. Oleellisempaa on aktivoida oppilast sellaisiin tehtäviin, jotka ohjaavat toivottujen tavoitteiden saavuttamisessa ja tietojen konstruoinnissa. Biologian opetukseen liittyy monia sellaisia asioita, joiden opiskeluun tarvitaan aikaa, välineitä ja materiaaleja. Näistä kaikista on pulaa nykyään (Eloranta, Jeronen ja Palmberg 2005, 52.) Lisäksi kaikki oppilaat eivät eri syistä pysty ottamaan vastuuta opiskelustaan ja oppimisestaan

3.2 Ongelmaperustainen oppiminen

Progressiivisen pedagogiikan oppi-isällä John Deweyllä oli kolme oleellisesti oppimiseen liittyvää näkemystä (Rauste von Wright 2003, 155–156). Ensimmäinen oli opittavan aineksen kytkeminen oppilaan arkitodellisuuteen, toiseksi oppiminen tapahtui oppilaan itsensä asettamasta ongelmasta ja kolmanneksi aktiivinen tiedonhankinta palveli suunnitelmallista kokonaisprosessia. John Deweyn ajatukset näkyvät voimakkaasti myös ongelmaperustaisessa oppimisessä, joka usein on luokiteltu joko kokemuksellisen tai kognitiivis-konstruktivisen oppimisen alle. Kokemuksellisen oppimisen periaatteissa korostuu oppimisen prosessiluonne ja sen myötä ongelmaratkaisun jatkuvuus (Poikela 1998, 11, 69). Oppijan oma aktiivisuus ja vuorovaikutus (dialogi) muiden kanssa ovat tuttuja sekä konstruktivisesta että sosiokulttuurallisesta näkemyksestä. Myös ongelmaperustaisessa oppimisessä (**problem based learning, PBL**) oppilas osallistuu aktiivisesti kyselemällä ja hankkimalla tietoa, hän ei ole valmiin materiaalin passiivinen vastaanottaja (Poikela 1998, 6–8). Ongelmaperustainen oppiminen ei ole yksiselitteinen ilmiö vaan eri puolilla maailmaa käytetään toisistaan poikkeavia askel- tai syklimalleja. Poikela esittelee

ongelmaperustaisen oppimisen mallit lisensiaattityössään (Poikela 1998, 71–84).



KUVIO 1. Mallin perusrakenne on lainattu Poikelan työstä ja kyseistä syklimallia on käytetty bioanalytiikan opetuksessa keväällä 2006 Mikkelin ammattiopistolla.

Osa maailmalla liikkuvista malleista on keskittynyt yksilölliseen ja rationaaliiseen ongelmanratkaisuun, jolloin ensisijaisena vaarana on ongelmaperustaisen oppimisen liika pelkistäminen ongelmanratkaisemiseksi ja siten lähes opetusmenetelmäksi ilman teoreettisesta pohjaa.

Ongelmaperustaisen oppimisen ytimenä on ajatus oppimisesta ammatillisesta käytännöstä nousevien ongelmien kautta. Oppiminen alkaa ongelmasta ja oppilas itse hankkii tietoa tilanteen vaatimalla tavalla. Opetuksen tavoitteena on että oppilas kykenee integroimaan sekä teoreettista että käytännöllistä tie-

toa sekä yksilöllisessä että ryhmässä tapahtuvassa tiedonmuodostuksen prosesseissa. Ongelmaperustaisessa oppimisessa pyritään integraatioon, jonka tuloksena tuotetaan kokemuksellista tietoa. Tällainen tieto on luonteeltaan pysyvämpää kuin muistamiseen tai emotionaaliseen elämykseen perustuva tieto. Toisaalta yksilöllinen, järkeilevä tiedonmuodostus ei ole poissuljettua, vaikka toiminnasta suuri osa tapahtuukin ryhmässä. Jos siis yksilö pystyy yksinkin muodostamaan uutta tietoa, tieto ei voi olla vain sosiaalisissa tilanteissa tuotettua kuten sosiokulttuurallisen näkemyksen mukaan. Molemmille on yhteistä tunnustaa tiedon riippuvaisuus kontekstista ja ympäristöstä. Koska oppiminen tapahtuu aikaisemman tiedon ja opitun kontekstissa, oppimiskäsityksessä korostuu aikaisemman tiedon aktivoimisen tärkeys (Poikela 2003, 114–116).

Ongelmaperustaisessa oppimisessä toiminta alkaa aina ongelmasta. Toimintaa ei edellä johdantoluento tai alustus ongelmaan. Oppilaat eivät myöskään aloita soveltamalla jotakin jo opittua. Koska sanalla ongelma on arkikielessä negatiivinen vivahde jostakin puuttuvasta tai hankalasta, voidaan mieluummin puhua lähtötilanteesta tai situaatiosta. Ongelma on siis alku ja opiskelijoiden tuotos on ratkaisu ongelmaan. Kaikkiin ongelmiin ei kuitenkaan ilman lisätutkimuksia ole ratkaisua tai ratkaisuja on monta.

Juri Valtanen (2005, 215) lainaa Margetsonia (1997) kuvatessaan ongelmaa:

1. Ongelma on kuvattu tilanteena tarkasti. Ongelma on harvoin, jos koskaan eristyksissä oleva asia.
2. Ongelman ei tarvitse tarkoittaa jonkin huonon muuttumista hyväksi, lähtötilanteen ei tarvitse olla epätyytyttävä tai puutteellinen.
3. Asetetun tulevaisuuden tilan ei tarvitse olla etukäteen yksityiskohtaisesti määritelty.
4. Ongelman ei tarvitse liittyä välittömään hyötyyn. Ongelma voi olla älyllinen, eikä siihen tarvitse liittyä välitöntä soveltamista.

Juri Valtanen on kirjassa *Ongelmista oppimisen iloa* koonnut eri tekijöiden näkemyksiä hyvästä ongelmasta ja ongelmatyypeistä (Valtanen 2005, 217–230.) Ohessa on poimittuna osa hyvän ongelman tunnusmerkeistä. Hyvä ongelma on moniulotteinen ja stimuloi oppilasta ajattelemaan, analysoimaan ja päätte-

lemään. Ongelman sisällössä pitäisi olla oppilaan aikaisempaan tietoon perustuvaa tuttuutta eli ongelman pitäisi nojautua aikaisempaan tietoon. Hyvä ongelma aiheuttaa hämmennystä! Ongelman tulisi herättää uteliaisuutta ja motivaatiota. Oppilas huomaa, etteivät sen hetkiset tiedot ja taidot riitä ja haluaa oppia lisää. Ongelmassa tulisi olla sopiva määrä keskustelua stimuloivia vihjeitä sekä sisältää kontekstin ydinkäsitteet. Ongelman pitäisi kannustaa opiskelijoita muodostamaan oppimistehtäviä, etsimään kirjallisuutta sekä tukea ja rohkaista itseohjautuvaa oppimista. Hyvä ongelma on merkittävä opiskelijoille ja rohkaisee heitä yhteistyöhön. Ongelman tulee liittyä omaan alaan ja olla relevantti ammatillisen osaamisen kannalta. Lisäksi ongelman tulee sopia oppilaitoksen opetussuunnitelmaan.

Tehtävä ja ongelma eroavat toisistaan jo eristyneisyyden ja valmiin vastauksen suhteen. Hyvää ongelmaa suunniteltaessa pitää ensimmäiseksi kysyä itseltään: mitä kyseisellä ongelmalla halutaan saavuttaa? Tyypillisiä aloittelevan ongelmatekijän virheitä ovat liian rajatut ja liian monimutkaiset ongelmat. Opiskelijoiden motivaatio laskee, jos tavoite ei ole saavutettavissa annetuissa resursseissa tai ongelma on opiskelijoiden tasoon nähden liian haasteellinen.

Mike Barerin ja Emyr W. Benbowin mukaan PBL lääketieteen opetuksessa opettaa opiskelijoille myös heidän tietojensa aukkokohdat. Opiskelija tulee tietoiseksi omien tietojensa riittämättömyydestä ratkaista yksin ongelmia. Tämä saattaa vähentää itseluottamuksen tunnetta ja on havaittavissa opiskelijoiden itsearvioinneissa. PBL opetus- ja lähestymistapana kasvattaa kyllä holistisempaan tiedonkäsitteeseen ja parantaa kommunikointitaitoja, mutta ehkäisee peruskäsitteiden systematiikkaa (Barer & Benhow 2005). Aihealueen systematiikka siis hämärtyy. Mikrobiologiassa on huomattava määrä terminologiaa ja mikrobien taksonomisen luokittelun taso; laji, suku, heimo, lahko, luokka tai pääjakso on systemaattinen, mutta monimutkainen. Jos ammattitilanteesta lähtöisin olevalla situaatiolla pyritään suoraan kokonaiskäsitteeseen eli myös esimerkiksi taksonomian hahmottamiseen, ongelmanasettelu tulee vaativaksi. Varsinkin perusopinnoissa on suhteellisen vähän yhteistä aikaa opettajan ja oppilaiden välillä ja opetussuunnitelman tavoitetaso on korkealla. Realistiset tavoitteet tulee pitää mielessä myös situaatioita tai oppimateriaalia laadittaessa. Lääketieteellisen mikrobiologian opetuksessa PBL-tutorit arvioi-

vat oppilaiden osaavan yhtä paljon kuin perinteistä opetustakin saaneet oppilaat, mutta he itse arvioivat osaavansa vähemmän. Professorit Barer ja Benhow suhtautuivat kriittisesti situaatioiden mahdollisuuksiin luoda pohja ehjälle kokonaiskäsitykselle. Sen sijaan PBL:n käyttö yhdessä perinteisen massaluennoinnin ja harjoitustöiden kanssa sai kannatusta, koska silloin ongelmia käytettäisiin lähinnä syventämään jotakin kohtaa ja perusta luotaisiin perinteisiin opetustavoihin.

3.3 PBL ja oppikirja, onko jo käsitteissä ristiriitaa?

Useilla opettajilla ja opiskelijoilla on edelleen näkemys tiedosta staattisena, absoluuttisena ja oikeana tietona. Oikea tieto on painettuna asiantuntevan ja opettajaa viisaamman kirjoittajan tuotoksena, oppikirjana. Vaikka kaikki uusitut opetussuunnitelmat ovat jo hylänneet behaviorismin, tämä näkemys näkyy edelleen oppilaitostasolla esimerkiksi valittuina oppikirjoina ja arviointitapoina. Jos opetussuunnitelma on laadittu ongelmalähtöisesti, valinnan tulisi näkyä myös opiskelumateriaalissa. Ongelmaperustaista oppimista käyttävillä koulutusaloilla on kuitenkin käytössään oppikirjoja. Ongelmalähtöisessä oppimisessä oppimista ei saa ohjata valmis oppimateriaalipaketti, joka tavalla tai toisella olisi opittava. Kurssilla voi olla oppikirja, mutta työskentelyn lähtökohdina ovat sovitut oppimistavoitteet, ei joidenkin kirjan sivujen ulkoa oppiminen. Tavoitteena on myös opettaa oppilaat hakemaan itsenäisesti tietoa, joten kaikkien asioiden ei tarvitse löytyä samasta kirjasta, eikä se ole välttämättä suotavaakaan. Liian ”valmis” oppikirja voi kaventaa opiskelijoiden omia ponnistuksia eri näkökulmien hakemiseen. Ei myöskään ole tarkoituksenmukaista tehdä alakoulussa täytettäviä työkirjoja valmiine kysymyksineen ammatilliseen koulutukseen. Valitettavasti en löytänyt yhtään oppikirjaa, joka olisi suunniteltu kokoelmaksi situaatioita mahdollisine lähdemateriaaleineen.

PBL:ssä ongelman ratkaisu ja oppilaan oppimisprosessi ovat yhtä tärkeitä. Kuviossa 1 on esitetty ongelmanratkaisusykli, jossa keskellä on oppilaan itsearviointi. Arviointi kohdistuu yhtä lailla henkilökohtaiseen oppimisprosessiin kuin käsillä olevaan situaatioonkin. Oppilaan pitää ensin löytää ongelma, sillä

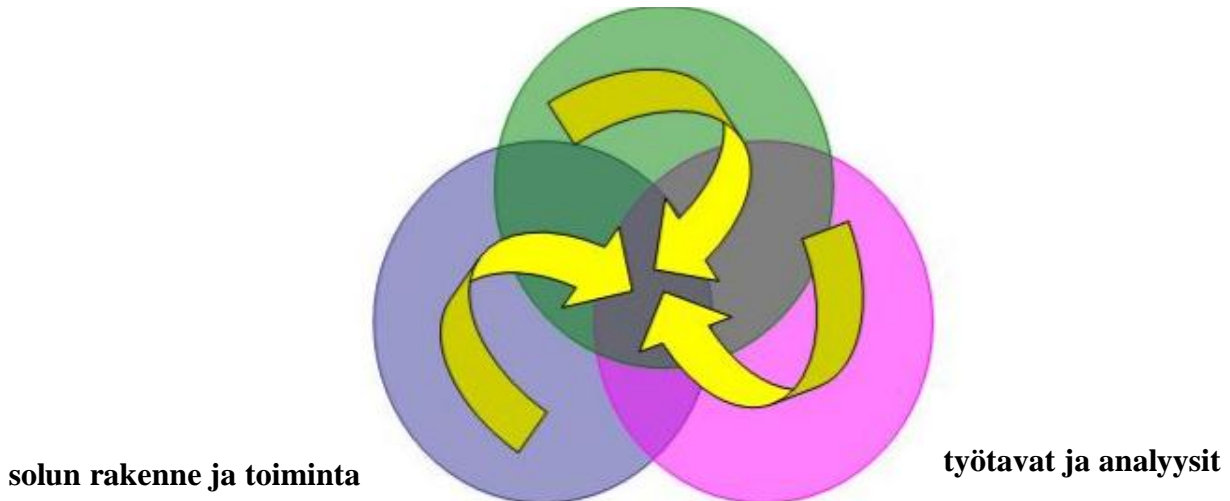
jos se on itsestään selvästi esillä, kyseessä on pikemminkin tehtävä. Useinkaan se mikä todella on ongelma, ei ole päällimmäisenä lähtötilanteessa. Kuviossa 1 kohdassa 5 oppilaan tulisi muodostaa oppimistehtävä jolloin hän kysyy itseltään: Mitä minun olisi opittava, jotta ratkaisisin tämän ongelman? Juuri tässä kohdassa henkilökohtaisen vastuun ottaminen omasta oppimisesta ottaa opiskelijoille koville. Ryhmässä työskennellessä on huomattu omien tietojen ja taitojen puutteellisuus ja hämmennys on alkanut ahdistaa. Omatoiminen tiedonhankinta, opiskelu ja vastausten etsiminen itse laadittuihin kysymyksiin tai hypoteeseihin, voi vaihtua tilanteen välttelyyn ja vastuun pakoiluun. Opettajalta tai tutorilta pyydetään valmiiksi pureksittuja vastauksia tai oppikirjan sivuja, jotka kokeessa olisi osattava. Tilanne kertautuu juuri ennen koetta. Kuinka valmistautua kokeeseen jossa valmista, oikeaa vastausta ei löydykään oppikirjan sivulta XX? Kun opiskelijoilta vaaditaankin ajattelemista, dialogia, analysointia, yhdistelemistä sekä hypoteesien laatimista ja testaamista eli uuden oppimista, muistaminen ei enää riitä. Sekä PBL:ssä että sosiaalisessa konstruktivismissa opiskelijoiden motivaatio ja vastuunkanto omasta oppimisesta ovat tärkeitä. Tavallinen oppikirja voitaisiin kokea helpompana, koska siellä kirjan kirjoittaja on esimerkiksi kappalejaolla korostanut tärkeinä pidettyjä asioita. Oppilaan omien oppimistavoitteiden ja uuden tiedon luomisen kannalta, tavallinen oppikirja olisi pikemminkin rajoittava.

Opettajaopintojen opetusharjoitteluni aikana Mikkelin ammattiopistolla lähesyin bioanalytiikan toista puolta eli biokemiaa ongelmalähtöisesti. Itselleni olin kirjannut käytetyiksi kirjallisiksi ja painetuiksi oppimateriaaleiksi kuusi kirjaa, joista yksi etukäteen opiskelijoille esitelty. Lähinnä opiskelijoiden vaatimuksesta nimesin oppikirjaksemme Taina Turpeenajan (2001) kirjan *Biokemiaa virtsa-aineesta lääkemaitoon*. Käytössä oli myös mm. kirjallisia työhöjeitä, laitteen käyttöohje, video, internet ja kirjaston palvelut. Osa arvioinnista perustui aineistokokeeseen, jossa alku oli PBL syklin mukainen yhteisine ideariihineen ja tavoitteen asetteluineen (ks. kuvio 1). Materiaaliin tutustuminen testattiin itsenäisellä tiedonhankintavaiheella mukana olevasta ja kurssikirjaston samassa tilassa olevasta aineistosta. Korostin opiskelijoille ettei tavoitteena ole muistaa ulkoa vaan löytää, yhdistää, vertailla ja analysoida sekä esittää perustelut omalle näkemykselleen. Kurssipalautteessa sain negatiivista palautetta lähtötilanteista (ongelmista) oppimateriaalina ja opetusmenetelmästä. Koska

opiskelijoille PBL lähestymistapana oli täysin uusi, ”ongelmat” koettiin vaikeiksi. PBL oikaistiin opiskelijoiden mielissä vain menetelmäksi ja sitä paitsi ainoaksi käytetyksi. Enempää kurssiin sinänsä puuttumatta on pakko muistuttaa lukijalla saman kielen puhumisen tärkeydestä. Kurssin arviointikyselyssä kysyttiin olivatko oppimateriaalit ja oppikirjat opintojaksoon sopivia. Eräs oppilas vastasi: *”Tota, mikä materiaali? Kirjaakaan ei pahemmin käytetty”* Oppilas täydensi vielä, ettei kirjaa käyty yhteisesti läpi. Kyse on kuitenkin 18–27 vuotiaista aikuisista, joiden pitäisi jo pystyä ottamaan vastuu omasta oppimisestaan. Oppijakeskeisyyteen siirtyminen ei ole opiskelijoillekaan ongelmaton. Opiskelijoiden oppimiskokemukset ovat opettajakeskeisyyteen nojautuvia ja oppijakeskeisyyteen siirtyminen aiheuttaa osalle opiskelijoille ainakin alussa voimakkaita avuttomuuden, pettymyksen ja suuttumuksen tunteita. Vastuun ottaminen omasta oppimisesta ei ole helppoa. Ärsyyntyminen voi purkautua negatiivisena palautteena opettajalle. Lisääntyvään vastuun ottamiseen jotkut oppilaat reagoivat yrittämällä siirtää vastuu takaisin opettajalle todeten, että opettajan tehtävä on opettaa. Jos laajalla ja ajantasaisella oppimateriaalilla oppilas ei pysty tunnistamaan ja erottamaan oppikirjaa ja oppimistavoitetta, uuden ongelmalähtöiseen opetukseen sopivan materiaalin työstäminen näyttää vaikealta.

Bioanalytiikan kohdalla laaditusta oppimateriaalista olisi löydyttävä mikrobien hyötykäyttö³, erilaisten solujen rakenne², mikrobien luokittelu³, työturvallisuusohjeet¹ / mikrobiologiset vaarat, aseptinen työtapo¹, näytteenotto- ja esikäsitely¹, laimentaminen¹, viljely ja sterilointimenetelmät^{1,2,3}, muutama yleinen työohje¹, mikroskopiointi¹ ja tulosten raportointi^{1,2,3}. Pikkunumerot yläkulmissa kuvaavat luokittelua kolmeksi ydinaiheeksi. Esimerkiksi viljelymenetelmät kuuluvat kaikkiin ydinteemoihin sillä solujen rakenne ja toiminta vaikuttaa sopivan alustan valintaan ja käyttömahdollisuuksissa geeninsiirron onnistuminen testataan kasvattamalla reporterille sopivissa olosuhteissa.

käyttömahdollisuudet



KUVIO 2. Keltaiset nuolet kuvaavat pyörteistä liikettä ydinaiheen sisällä. Aloitat mikrobiologian opiskelun mistä tahansa väripallosta, ennemmin tai myöhemmin pyörteet kuljettajat sinut sekä kyseisen ydinaiheen oleellisiin tekijöihin että eri osa-alueita yhdistävään tummimpaan keskiosaan.

Kuviossa kaksi on havainnollistettu aiheiden jakautumista kolmen teeman ympärille toisensa kohtaavilla pyörteisillä nuolilla. Jos opittavan aineksen jakaisi kolmeksi (ydinaiheeksi) spiraaliksi, keskeltä löytyisivät 1) työtavat ja analyysi, 2) solun rakenne ja toiminta ja 3) käyttömahdollisuudet. Näistä kolmesta ydinaineksesta voisi rakentaa ammatilähtöiset situaatiot, joita voisi laajentaa yli oppiaine- tai jopa oppilasryhmärajojen. Mikrobiologinen näytteenotto ja mikrobin tappaminen koskettaa sekä sairaanhoitajaa (joka ottaa näytteen potilaasta), välinehuoltajaa, puhdistusalan esimiestä (työn jäljen kontrollointi) kuin elintarviketyöntekijääkin (omavalvonta). Jos oppikirjassa olisi vain lähtötilanteet, ydinkäsitteet sekä suomeksi että englanniksi ja ehdotelmia lähdemateriaaliksi, oppilaan olisi mahdotonta "lukea ulkoa" tiettyjä sivuja kokeeseen. Kullakin kurssilla oppilaiden tuotos samankin lähtötilanteen perusteella olisi erilainen. Oppikirjana tällainen ratkaisu olisi suppea, mahdollisuus koostaa moduuleista tai esittää verkkoympäristössä olisivat laaja-alaista oppikirjaa paremmat ja päivittäminen helpompaa. Vaikka kirjaan olisi liitetty tietoisuiksi opettajan esittämää luentomateriaalia tiivistelmänä, kuvina tai kaavioina kirjoittamispakon vähentämiseksi, ei oppilaan oma osavastuu oppimistuloksista vähenisi. On-

gelmalähtöinen oppiminen ei sinänsä ole ristiriidassa oppikirjan kanssa, mutta kirjan sisältö pitää pohtia tarkkaan.

3.4 Sosiokulttuurainen näkökulma viestintään ja oppimiseen

Sosiokulttuurisen näkökulman mukaan emme voi välttyä oppimasta; oleellisempaa onkin mitä me kussakin tilanteessa opimme (Säljö 2004, 10–11, 45). Ihminen ei kehity tai opi yksin vaan yhdessä muiden kanssa ja jatkuvassa vuorovaikutuksessa ympäristönsä ja muidenkin ihmisten ympäristötulkintojen kanssa. On vaikeaa tai mahdotonta pitää kiinni ajatuksesta että ajattelu ja käsitys ulkomaailmasta olisivat riippumattomia kommunikatiivisista, sosiaalista ja materiaalista edellytyksistä (Säljö 2004, 69). Sosiokulttuurisessa näkökulmassa painotetaan ajattelun ja viestinnän yhteyttä. Ajattelua voisi verrata sisäiseen keskusteluun, jota ihmiset käyvät itsensä kanssa kielellisillä välineillä. Kuitenkaan ajattelu ja keskustelu eivät ole synonyymejä. Ajattelu jää muille näkymättömäksi prosessiksi, josta vain osalle pystytään tuottamaan kielellinen vastine muiden kuultavaksi tai luettavaksi. (Säljö 2004, 107.) Oppikirjan lukemista voisi ajatella keskusteluna kirjan kirjoittajan ja lukijan välillä. Jos kirjaa lukiessaan lukija saa uusia oivalluksia henkilökohtaiseen ajatteluunsa ja tietämystä toimintaansa, kirjan kirjoittajan tavoite on saavutettu.

Sosiokulttuurisesta näkökulmasta katsottuna tieto ei ole jotakin valmiiksi pakattua ja yksilöön varastoitua, jota voisi suoraan siirtää pakettina toiselle. Käsitteet tieto ja tietämys on erotettu. (Säljö 2004, 126) Tiedonkäsitys siis ei ole ulkoinen vaan ihminen itse osallistuu aktiivisesti sen tuottamiseen. Tietoa voi olla kirjoissa, laskimissa, tietokoneen kovalevyllä tai muissa ”älyn jatkeissa”, mutta vasta käyttöön otettuna sillä on merkitystä. Tietämys on jotakin, jota käytetään arkipäivän toiminnoissa, voimavara jonka avulla ratkaistaan ongelmia ja käsitellään viestinnällisiä ja käytännöllisiä asioita tarkoituksenmukaisesti. Jokainen tietämyksen käyttö on luova prosessi, jossa tiedon avulla etsitään kyseiseen tilanteeseen tai ongelmaan sopivin ratkaisu. (Säljö 2004, 126–127) Oppiminen ei ole toimintaa, jossa omaksutaan ja toistetaan edellisten suku-

polvien luomia asioita ja käytetään tätä ”vanhaa” tietoa nykyisessä ympäristössä (Säljö 2004, 233).

On tärkeää muistaa, että nimenomaan puhuttu ja kasvoista kasvoihin tapahtuva kommunikaatio on lajityypillisen viestintämme perusta ja ydin. Kirjoitus on keinotekoinen väline viestintään ja osa teknologiaa, jota suinkaan kaikissa kulttuureissa ei ole tarjolla. Suullisissa kulttuureissa on periaatteessa kaksi tapaa oppia sosiokulttuurisen näkemyksen mukaan; joko tavata henkilökohtaisesti joku jonka kanssa keskustella tai oppia omista kokemuksista. (Säljö 2004, 162–163) Kirjoitetulla kielellä päästään eroon ajasta ja paikasta, mutta kirjoitettuun tekstiin taltioitu tieto ei vielä ole tietämystä vaan vasta resurssi (Säljö 2004, 188). Ihminen on pohjimmiltaan viestivä olento, joka on uskottoman kekseliäs löytääkseen uusia tapoja kommunikoida. On olemassa lukemattomia asioita joista on vaikea keskustella vain kuvien avulla. Käytämme symboleja eli kirjoitettua kieltä kiertääksemme abstraktien asioiden piirtämisen. (Säljö 2004 162–167.) Emme turhaan koulussa painota symbolien hallintataitoja (lukeminen, kirjoittaminen ja matematiikka), sillä ne ovat omassa länsimaisessa kulttuurissamme oleellinen osa tiedonhankintaa ja hallintaa. Oppimisen, tai pikemminkin oppimisvaikeuksien, taustalta löytyy usein erilainen tapa prosessoida tietoa ja rajoitettu kyky osallistua kommunikaatioon tasavertaisena yksilönä tässä kulttuurissa.

4 MILLAISIA MIKROBIOLOGIAAN LIITTYVIÄ OPPIKIRJOJA ON TARJOLLA?

Mikrobiologiaa tai mikrobiologista tietämystä hyödynnetään mm. lääketieteessä, terveydenhoitotuotteissa ja lääkkeissä. Esimerkiksi näytteenotto, rokotteet, lääkkeet, joista varsinkin mikrobeja vastaan suunnatut antibiootit, haavasiteiden puhtaus ja antimikrobisidiset ominaisuudet tai patogeenien aiheuttamat sairaudet kuuluvat lääketieteen tai terveydenhuollon osa-alueeseen. Terveydenhuoltoalalle on ilmestynyt 2005 suomenkieliset oppikirjat *Mikrobit hoitotyön haasteena* ja *Kliininen mikrobiologia terveydenhuollossa*. Lääketieteellistä mikrobiologiaan käsitellään 2003 päivitettyissä kahdessa laajassa oppikirjassa *Mikrobiologia ja infektiosairaudet* kirjat I ja II.

Elintarvikkeista esimerkiksi juusto ja leipä tai juomista olut kytkeytyvät voimakkaasti mikrobien hyötykäyttöön. Unohtaa ei sovi myöskään ns. funktionaalisia elintarvikkeita, joissa tuotteessa on esimerkiksi terveyttä edistäviä maitohappobakteereja. Elintarvike- ja ruokahuoltoalueelle kuuluu myös omavalvonta ja hygieniapassin suorittaminen. Elintarvikkeisiin ja ruokahuoltoon on myös olevassa 2000-luvulla kirjoitettua tai päivitettyä suomenkielisiä oppikirjoja sekä toiselle asteelle että ammattikorkeakouluun. Irma Häikiön kirja *Elintarvikemikrobiologia*, 5. painos julkaistiin 2003. Tutustuin kyseisen kirjan vanhempaan painokseen, joka on suunnattu ruokapalvelu- ja elintarvikealojen opiskelijoille. Kirjan 120 sivulla on yhteensä yhdeksän mustavalkoista valokuvaa mikrobeista, joista vain kahdessa on annettu mikrobien (yleis)nimi ja yhdestä kuvasta puuttuu kuvateksti kokonaan. Sen sijaan kirjasta löytyy kolmisenkymmentä piirrettyä kuvaa ihmisistä tai eläimistä esimerkiksi poika istumassa rannassa katsomassa auringonlaskua tai maatilan eläimiä. Koko kirjan pitäisi pysyä samassa aihealueessa ja otsikoinnin ja sisällön tulisi vastata toisiaan. Asiayhteyden näkeminen kirjan nimen ja osan kuvituksen välillä on vaikeaa. Tämä yksittäinen havainto tukee Hannuksen havaintoa kuvituksen merkityksestä oppimisen kannalta (Hannus 1996). Luonnollisesti elintarvikealalla painotetaan hygieniosaamista, mutta mikrobien hyötykäyttö tai sovellusmahdollisuudet ovat jääneet ruuanvalmistuksen jalkoihin. Nimeämättä jättäminen ja jopa

liiallinen yleistäminen antavat mikrobiologiasta kapean kuvan. Toisaalta täytyy muistaa, ettei kuormita tekstiä liian vaikealla terminologialla.

Eeva Siltala kirjoitti 1996 kirjan *Mikrobiologiaa ravitsemus ja talousalalle*, joka on tarkoitettu toisen asteen ammatilliseen koulutukseen ravitsemus- ja talousalalle ja julkaistu juuri kun elintarvikelainsäädäntö on uusiutumassa ja omavaltavonta korostuu (Siltala 1996). Kirjassa on selkeä kappalejako, joka alkaa elintarvikelainsäädännöstä ja päättyy harjoitustöihin. Lisäksi kirjassa on runsaasti (11 kpl) liitteitä. Kappaleista ”Tuholaiset ja loiset”, ”Jätehuolto” ja ”Ammattitaudit ja työsuojelu” kytkeytyvät vain heikosti tai ei lainkaan mikrobiologiaan. Tältä osin koko kirjan otsikointia voisi muuttaa. Ehdottomasti positiivinen havainto on yksinkertaisten käytännön harjoitustöiden sisällyttäminen oppikirjaan. Kokemuksen perusteella vasta konkreettinen tekeminen ja näkeminen pysäyttää huomaamaan mitä todella tarkoittaa esimerkiksi käsien pesun merkitys. Kirjassa on valokuva, jossa agar-maljoille on painettu sekä pesemättömät että pestyt sormet. Valitettavasti kuva on pienehkö ja mustavalkoinen. Kuvateksti on lyhyt, neutraali ja liittyy aiheeseen, mutta ei käytä mahdollisuuksiaan provosointiin tai innosta omaan kokeelliseen toimintaan. Tekstissä ei viitattu kuvaan. Kaikissa valokuvissa on suppeahko kuvateksti ja ne on sijoiteltu oikeisiin asiayhteyksiin. Kirjassa suositaan lyhyitä kappaleita, joiden otsikointi tiivistää kappaleen ydinasian. Koska otsikko on lihavoituna ja erottuva, vaikutelma on samantyyppinen kuin valmiiksi alleviivattu. Toisaalta tällainen rakenne parantaa jäsenytyneisyyttä, välttää mekaanista alleviivausta ja helpottaa kertaamista, kaikki ominaisuuksia joista varsinkin hitaampi tai lukutaidoltaan heikompi oppilas hyötyy. Siltalan oppikirja jäsentää aihealuetta ja sisältää ydinsanoja helpottaen täten lisäinformaation hankkimista ja navigointia. Nopeasti selaamalla kirjasta pystyy löytämään vaikka Salmonelloista tai Listeriasta muutaman ydinasian. Valmis ydinasioden korostaminen voi myös antaa vaikutelman, ettei oppilaan itse tarvitse tehdä työtä löytääkseen tärkeimmän kohdan tai muodostaakseen oman käsityksensä asiasta. Jos kokeisiin luetaan mekaanisesti otsikot ulkoa, Listeriasta voi jäädä lyhytaikaiseen muistiin vain, ettei sitä esiinny suomalaisissa juustoissa eikä se aiheuta yleensä tulehduksia. Koska oppikirja on suunnattu elintarvike ja ravitsemusalalle painopiste luonnollisesti on elintarvikehygieniassa. Tekstin välissä on piirroskuvin täydennettyjä sivun kokoisia esimerkkejä ruuanvalmistuksen ja tarjoilun aiheut-

tamista mikrobiologisista riskeistä. Esimerkit ovat hyvin konkreettisia ja niissä on huomioitu nimenomaan mitä mikrobeille tapahtuu ja miksi. Lisäksi osa tehtävistä on suunnattu niin että esimerkkiä apuna käyttäen oppilasta kannustetaan omien työtapojensa tarkkailuun. Tehtäviin ei saa suoraa vastausta tekstistä. Osa tehtävistä on toistavia (kertaa ja piirrä vihkoosi) mutta myös miksi tai ”kehitä / keksi” tehtäviä esiintyy. Valitettavasti tehtäviä ei juuri ole mikrobeihin liittyen eli juuri niissä kappaleissa missä käsitellään mikrobien rakennetta, elinolosuhteita, kasvattamista tai hävittämistä. Edelleen palaan otsikoinnin ja sisällön väliseen suhteeseen. Oppikirjan nimestä päätellen pitäisi olla mikrobiologiaa, mutta painotus on eri kohdassa.

Toisen asteen biologian opetuksessa mikrobien avulla voi kertoa mm populaatiodynamiikasta, entsyymien aktiivisuudesta, jätteiden hävittämisestä tai rikkin, hiilen ja typen kiertokulusta. Biologian kirjoissa voi olla myös lyhyt maininta mikrobien käyttämisestä polttoaineen, liuottimien ja teollisuuskemikaalien valmistamiseen, jätteenkäsittelyyn tai öljyn ja mineraalien etsiminen ja puhdistamiseen mikrobien avulla. Myös biotekniikkaan liittyvät aiheet kuten yhdistelmä-DNA tekniikalla tuotetut entsyymit tai geenimuunnellut organismit, GMO:t, ovat toisen asteen oppikirjoissa lähinnä yleisbiologiassa syventävissä kursseissa. Lukion opetussuunnitelman perusteissa (2003) on pakollisina biologian kursseina ”Solu ja perinnöllisyys”, jossa tavoitteina ovat mm. kokeellisen työskentelyn taidot ja merkitysten ymmärtäminen. Vapaavalintaisissa syventävissä lukio-opinnoissa tulee bioteknologian yhteydessä esimerkiksi mikrobit ja niiden merkitys, geeniteknologia ja biotekniikka teollisuudessa. (Eloranta ym. 2005, 24; Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003) Suuri osa aloittavista laboratorioalan opiskelijoista on käynyt lukion ja bioanalytiikan opintokokonaisuutta aloitettaessa kertonut kohtuullisesta tai hyvästä menestymisestä luonnontieteellisissä aineissa kuten kemia, biologia tai fysiikka. Lukion oppikirjaa selatessa (Ulmanen, Valste ja Viitanen 1995) käytetyt kaaviot, kuvat ja käsitteet ovat samantasoisia kuin bioanalytiikka opintokokonaisuudessa käytetyt. Kuitenkaan edes lukion valinnaiskursseista hyvillä arvosanoilla selvinneet oppilaat eivät ole omaksuneet käsitteitä niin että pystyisivät keskustelemaan täsmällisiä termejä käyttäen. Termejä on paljon ja toisen asteen koulutus on käytännössä viimeinen paikka, jossa tiedonhankinta on pääsääntöisesti suomeksi. Eräs mahdollisuus syventää biologista osaamista on labo-

rinti. Laboratoriotyöt lukiossa tuovat opetuksen arkeen vaihtelua, ja niiden avulla on mielekästä kerrata ja syventää oppikirjojen tietoa.

Biologian oppikirjoihin kohdistuvassa tutkimuksissa on todettu, etteivät oppikirjat sisällä kovin paljon tutkimiseen ohjaavia kuvia ja tekstejä (Hannus 1996, 147–148) eivätkä näin ollen tue biologiselle tieteelle ominaista tiedonhankintatapaa. Salonen ja muut julkaisivat lukioon suunnatun laborointikirjan, jossa tutkimustehtävät liittyvät sekä pakollisten että syventävien kurssien asioihin (Salonen, Happonen ja Holopainen 1997). Laborointikirjan tarkoituksena on ohjata tieteelliseen työskentelyyn ja opettaa laatimaan hypoteeseja, tekemään kokeita, havainnoimaan tutkimusten tuloksia sekä arvioimaan niitä. Salosen kirja on tarkoitettu toiselle asteelle ja sidottu lähinnä saman kustantajan tekstikirjaan mm. viittaamalla tietyille sivuille. Kirjan sivumäärää kasvattaa tyhjien tai vain otsikoitujen työselostussivujen lisääminen osaksi kirjaa (töitä 32 ja kullekin 1 - 4 sivua raportointitilaa). Kirja on rakennettu siten että työselostussivut on helppo repäistä irti ja liittää osaksi ”tutkimuskansioita”. Samalla kirja kuitenkin muuttuu kertakäyttöiseksi, sillä nidonta ei kestä sivujen poistamista. Koska kirja on kuitenkin tarkoitettu peruskoulun jälkeen, olisi loogista olettaa oppilaiden jo osaavan varata ja käyttää erillistä vihkoa työselostusten tekoon. Lähes kaikki kuvat ovat piirrettyjä ja mustavalkoisia, poikkeuksena mikroskooppi, josta kaksi mustavalkoista pienehköä kuvaa. Mikroskoopin osia ei ole nimetty vaan tekstissä puhutaan suoraan okulaareista ja objektiiveista. Lukion käyneistä laboranttiopiskelijoista vain muutama osasi nimetä mikroskoopin okulaarin mikrobiologian kurssin alussa, vaikka mikroskopointi on oleellinen osa mikrobiologista työskentelyä. Mikrobiologiaan liittyvässä oppikirjassa olisi oltava riittävän selkeästi mikroskoopin rakenne. Toinen mahdollisuus olisi digitaalisessa aineistossa linkit esimerkiksi muutaman tunnetun mikroskoopin valmistajan sivuille, missä on mahdollista kokeilemalla tutustua mikroskoopin toimintaan (simulaatio). Kyseisessä laborointikirjassa sivujen oikeassa laidassa on tarvikeluettelo, mikä helpottaa työn aloittamista. Kuitenkaan välineitä tai tarvikkeita ei ole lueteltu sellaisella tarkkuudella, että työ välttämättä onnistuisi. Biologiset kokeet ovat periaatteessa helposti suoritettavia joten onnistumisen todennäköisyys on hyvä. Tavoitteena oppilaalle on tutkia itse, tehtävien lopussa olevaan avoimeen kysymys ei ole annettu referenssiarvoja tai lisätietolähteitä. Vaikka kirja on suunnattu lukioon voi sieltä poimia kokeellisia

töitä myös peruskoulun yläluokille tai ammatilliseen koulutukseen. Esimerkiksi entsyymien toimintaa elävässä solussa kokeillaan vetyperoksidin, maksan ja herneiden avulla. Ammatillisessa koulutuksessa ravitsemuspuolella olevat voisivat helposti tutkia esimerkiksi ruoka-aineiden pilaantumista ja säilytyslämpötilan merkitystä kemian tai mikrobiologian tunnilla. Suoraan laboranteille ja mikrobiologiaan en löytänyt soveltamiskelpoista kokeellista työtä. Alkoholikäymisen tutkiminen pullataikinana nousukorkeutena ei mielestäni houkuttele riittävän syväälle mikrobien anaerobisen metabolian tutkimiseen, varsinkin kun kokeessa ei oikeasti järjestetä hapettomia olosuhteita. Valitun harjoitustyön pitäisi löytyä jostakin todellisesta ammattikäytännöstä eikä pullataikinasta.

Ongelmana laboranteilla ei siis ole ollut materiaalin totaalinen puute vaan pikemminkin laatu, järjestäytymättömyys ja valinnan vaikeus ja päivittäminen. *Elintarvikkeiden mikrobiologiset tutkimukset* kirjanen (2002), ei ole kirjoitettu lainkaan oppikirjaksi. Julkaisun saatavuus kirjastoista vain yhtenä kappaleena, suppea koko ja asiasanat kertovat Elintarvikeviraston tiedotusjulkaisusta, ei oppikirjasta. Julkaisua voi ja kannattaa käyttää laboranttien mikrobiologian opetuksessa oheismateriaalina, sillä oppaassa on taulukoituna tavallisimpia tutkimuksia ja liitteissä ohjeita sekä lakeja ja asetuksia. Helsingin yliopiston professorina toimiva Mirja Salkinoja-Salonen on vastuullisena toimittajana laajassa 2002 täydennetyssä kirjassa *Mikrobiologian perusteita*. Laboranttien ensisijaiseksi oppimateriaaliksi *Mikrobiologian perusteet* on liian laaja, mutta siellä on paikoin selitetty asioita yksityiskohtaisemmin kuin missään muussa oppikirjassa. Kirja on tarkoitettu mikrobiologian yliopisto-opintojen alkuvaiheeseen, mutta sitä pystyy käyttämään myös oheis- tai täydennysmateriaalina toisen asteen koulutuksissa tai ammattikorkeakoulussa. Laboranttien mikrobiologian koulutuksessa on viime vuosina käytetty oppikirjana Carita Sivelän ja Tarja Saarisen *Laborantin mikrobiologia*- kirjaa, jonka viimeisin painos vuodelta 1993 on ollut loppuunmyyty jo usean vuoden ajan ja saatavuus mikkeliäisistä kirjastoista heikko. Oppimateriaalina kyseinen kirja ei täyttänyt oppimaan innostavan lähdemateriaalin edellytyksiä. Kirjan kuvitus on olematon ja teksti tiivistä, ja jopa lukiopohjaisille täynnä vierasta terminologiaa. Toisaalta kirjassa on todellisia työohjeita sekä vesimikrobiologiaan että elintarvikkeisiin liittyen. Kirja on myös lukemistani ainoa, jossa kerrotaan kasvatusalustojen

valmistamisesta, pesäkkeiden laskemistapa ja tulosten ilmoittaminen ja yleensäkin mikrobiologisen laboratorion käytännön tekemisestä. Kasvualustojen koostamisen periaatteet ovat edelleen samat, mutta suuressa osassa mikrobiologisista laboratorioista kasvu-alustat tilataan joko kokonaan valmiina kaupallisilta toimittajilta tai kuivattuina jauheseoksina. Miksi toistaa vanhentuneita käytänteitä?

5 OPPIKIRJA VAI DIGITAALISTA OPPIMATERIAALIA VERKOSSA?

5.1 Mikä on oppikirjan merkitys?

Oppimateriaaliksi voidaan määritellä materiaali, jonka avulla toteutetaan opetukselle ja oppimiselle asetetut tavoitteet. Toisaalta oppimateriaaliksi voidaan käsittää kaikki se informaatio, jota oppija käyttää oppimisprosessin aikana. Informaatio voi olla jollakin välineellä tuotettua tai väline itse voi olla oppimista edistävä informaation lähde (Vainionpää 2006, 81). Oppimateriaali voidaan rajata myös materiaalina, joka sisältää opittavaa ainesta kuten kirja tai video, tällöin oppimisväline on jotakin jolla tietoa esitellään kuten liitutaulu tai piirtoheitin. Opiskeluympäristöjen monipuolistuessa tulee yhä tärkeämmäksi määritellä, mikä yleensäkin on oppikirja. 1970-luvulla oppikirjassa oli behavioristisia symbolisia ärsykeitä, joiden tarkoitus oli aikaansaada reaktio eli jonkin asian oppiminen. Aikuisopiskelussa oppikirja on voinut olla myös alan yleisteos kuten Mirja Salkiojan Salosen *Mikrobiologian perusteita* tai julkaisuista koottu ja tutkimuksiin perustuva esitys alasta. Näin määriteltynä myös oppilaat itse voivat luoda oman oppikirjansa. Oppikirja on kirjanmuotoinen, oppimista edistävää informaatiota sisältävä materiaali.

Oppikirja on edelleen yleisimmin käytetty oppimateriaali ja sillä tarkoitetaan varta vasten opetustarkoitukseen laadittua teosta. Oppikirja koostuu tekstistä, kuvituksesta ja tehtävistä. Tekstiin perustuvia oppikirjoja käytetään runsaasti luonnontieteiden opetuksessa ja niitä on tutkittu runsaasti didaktisesta näkökulmasta. Niin kotimainen kuin kansainvälinenkin oppikirjatutkimus on voimakkaimmin suuntautunut tekstin ja kuvituksen analysointiin, tehtävät ovat jääneet vähemmälle huomiolle. Suomalaisten oppikirjojen tekstejä ovat tarkastelleet esimerkiksi Julkunen (1988, 1989), Karvonen (1995) ja Mikkilä-Erdman (2002). Kahden ensimmäisen näkökulmaa voi luonnehtia lingvistiiseksi: mielenkiinto kohdistuu esitystapaan, kieleen, mutta ei varsinaiseen sisältöön. Ala-asteen ympäristötiedon kirjojen satunnaiset tekstinäytteet olivat

enimmäkseen narratiivisia ja sisälsivät paljon käsitteitä, jopa lukion oppikirjoihin verrattuna. Mikkilä-Erdman selvitteli väitöskirjassaan millainen oppikirja tukisi käsitteenmuodostamista. Tyypillisesti teksti on ollut pikemminkin paljastava luettelo faktoja ja täsmällinen teoria on ikään kuin piilotettuna tekstiin. Tämä vaikeuttaa ymmärtämistä, koska teoriaa ei useinkaan selitetä auki. Luettuaan tällaista esittävää vaan ei selittävää tekstiä, lukija useinkin pystyy vain toistamaan kerrottuja faktoja, mutta ei ole itse muodostanut mentaalista mallia, joka olisi edellytys perusteelliselle ymmärtämiselle. Oppikirjojen kirjoittajat olettavat, että lukijalla on tieteen käsitystä tukevaa etukäteistietoa, eivätkä ota huomioon mahdollisia naiiveja, kestäättömiä omia teorioita tai käsityksiä. (Mikkilä-Erdmann 2003, 11–12.)

Kuitenkin oppikirjalla on erilaisia funktioita. Jos oppikirja toimii vain tietokirjana, niin sen virittäminen pääosin käsitteelliselle tasolle voi olla perusteltua. Kokonaistavoitteeksi tulisi kuitenkin asettaa tutkiva ja kokeileva ote osana luonnontiedon normaalia työskentelyä. Tämä tulisi ottaa huomioon myös oppimateriaaleissa. Joissakin kirjoissa se merkitsisi tutkimuksellisen otteen tiivistymistä ja käsitteellisen aineksen karsimista. Virhepäätelmään syyllistytään silloin, kun tutkiva ja kokeileva oppiminen tulkitaan ”oppikirjattomaksi opiskeluksi”. Oppilaiden aktiivisuuden ja toiminnallisuuden liiallinen korottaminen opiskelun tavoitteeksi ovat kirjattomuuden karikoita. Kokonaisopetuskokeilua seurattuaan Mikkilä ja Olkinuora (1995) toteavatkin, etteivät oppikirjattomuus ja vaihtoehtoiset työtavat sinällään johda laadukkaaseen oppimiseen (Mikkilä ja Olkinuora 1995, 103).

Urpo Rasila (1998) on kirjannut **oppikirjan funktiot** ajattomasti seuraavasti:

1. Kirjan keskeisin funktio on **tiedon välittäminen**
2. Oppikirjan sisältöön voidaan tutustua selailemalla, eli oppikirja **orientoi** aiheeseen.
3. Sisällysluettelo ja hakemisto palvelevat **navigointia**
4. Oppikirjan **didaktinen funktio** on motivointi ja oppimaan saaminen.
5. Kirja on fyysisesti läsnä oppimistilanteessa, **läsnäolo**.
6. Tekijävalinnat ja asiantuntijalausunnat varmistavat tiedon **luotettavuuden**
7. Oppikirjan **esteettisyyttä** palvelevat mm. typografia, kannet ja kuvitus.

8. Oppikirjan tulee olla myös **hyödyke** eli sopia kaupalliseen tuotantoon.

Oppikirjan tehtävä koulussa voi olla **jäsentäjä**. Varsinkin jos opettaja on kokematon tai ylityöllistetty, oppikirja voi orientoida alaan ja jäsentää eri osien suhteita toisiinsa. Kirja ei kuitenkaan saisi korvata opettajaa eikä opetussuunnitelmaa. Ongelmia voi syntyä jos oppikirja on opettajan ainoa opetussuunnitelma ja **tietolähde**, ja jos oppikirjaa edetään aukeama kerrallaan käyttäen pääosa tunneista oppikirjan lukemiseen tai täyttämiseen (Eloranta ym. 2005, 201). Ainoaksi **hakuteokseksi** kurssin oppikirja on liian suppea internetin takia, mutta ilman oikeita termejä ei voi tehdä tarkoituksenmukaisia tiedonhakuja. Oppikirjasta tulisi löytyä alan **ydinsanat** ja oleellimmat termit myös englanniksi tai latinaksi. Oppikirja on oppilaille myös konkreettinen kädessä pidettävä ”**käpälöitävä**”, johon saa tehdä omia merkintöjään. Oppikirjan alareunaan kirjoitettu muistisääntö tai kommentti säilyy kauemmin kuin erilliselle paperille kirjoitettu. Lisäksi oppikirjalla on arvo sinänsä, se voi olla **keräilykappale** ja osa omaa historiaa. Allekirjoittaneellakin on edelleen tallessa lukioaikaiset biologian oppikirjat ja Mendelin säännöt on helpointa kerrata vuosien päästä itse keksityllä kamelinkarva esimerkillä, joka on taltioituna oppikirjan lopussa oleville tyhjille sivuille.

5.2 Kirjan selailua vai linkistä linkkiin loikkimista

Koska 16–25- vuotiaat nyt ammatillisessa koulutuksessa olevat nuoret ovat pääsääntöisesti kasvaneet modernissa ja postmodernissa yhteiskunnassa, he ovat oppimistyyyleiltään ja strategioiltaan erilaisia kuin perinteisen, mutta kovin behavioristisen oppikirjan kulta-aikana 1960–1990. Myös nuorten arvot tai niiden puuttuminen ja kulttuurien monimuotoisuus ja sirpaleisuus ovat muuttuneet. Jos opiskelua, ammattitutkinnon suorittamista tai työelämään pääsemistä ei pidetä tavoittelemisen arvoisena, motivaatio ponnisteluja vaativaan oppimiseen on pieni. Oppikirjan tai tenttikirjan lukeminen vaatii työtä. Millaisella oppimateriaalilla tällaisia ”riman alta kulkijoita” voisi tukea? Tietotekniikan murros erikoisosaamisesta jokaisen suomalaisen perustaidoksi on koskettanut varmasti jokaista tiedonhankinnan, hallinnan ja tekniikan opettajaa. Toisinaan

on paradoksaalista huomata oppivansa itse enemmän opettaessaan nuoria, jotka ovat syntyneet informaatiotulvaan. Ongelmanahan ei useimmilla aloilla olekaan informaation puute vaan ”infoähky” ja valinnanvaikeus. Kriittisyys lähdemateriaalin suhteen pitäisi kasvattaa jo perusasteella, mutta vielä täysi-ikäisetkin tarvitsevat ohjausta esimerkiksi arvioitaessa Internet-sivuston kirjoittajan pätevyyttä suhteessa aiheeseen. Nuorille näyttöruudulla oleva informaatio ja linkeissä loikkiminen on usein tutumpaa kuin perinteisen painetun kirjan lukeminen. Kanto ja Michel näkevät E-opetuksen ja oppimisen yhtenä hyvänä mahdollisuutena edistää yksilöllistä oppimista ja eriytyvää opetusta laboratorioalalla (Kanto ja Michel 2005). Osana kehittämishankettaan he suunnittelivat ja toteuttivat keskisuomalaisessa yhteistyössä Kemikaalien elinkaari-oppimispaketin käytettäväksi luokka-opetuksen tukena. Verkkomateriaali oli käytettävissä vain yhteiseen projektiin osallistuneissa kouluissa. Tietolähde oli siis rajoitetusti saatavilla ja herättää kysymyksen elektronisen materiaalin julkisuudesta ja kaikkien tasavertaisista tiedonhankintamahdollisuuksista. Kaikilla opiskelijoilla ei myöskään ole käytettävissä verkkoyhteyksillä ja riittävillä ohjelmilla varustettuja tietokoneita. Oppilaat asetetaan eriarvoiseen asemaan, jos välineet ja niiden kustannukset muodostuvat opiskelun esteeksi.

Kun oppilaista yli puolet suosii visuaalista tyyliä, on harmillista, jos kirjan painatuskustannusten takia kuvat ja kaaviot ovat harmaita. Tässä mielessä elektroninen oppimateriaali tukee paremmin havainnollisuutta. Mikrobiologiassa näkeminen tapahtuu joko viljelyn jälkeen tai mikroskoopilla ja väreillä on tärkeä merkitys. Elatusliemen indikaattorin värinmuutos violetista keltaiseksi, aineenvaihduntatuotteen testaaminen indolikokeella, homeen itiöiden väri tai Gram-värijäytyvyys perustuvat kaikki visuaalisiin havaintoihin. Digitaalisessa oppimateriaalissa voidaan yhdistää myös liike esimerkiksi leikattu videopätkä, jossa *Proteus vulgaris* etenee maljalla. Siltalan kirjassa *Mikrobiologiaa ravitsemus ja talousalalle* on kymmenen valokuvaa 112 sivun aikana mikrobeista tai niiden viljelystä, internetissä olisi mahdollistaa linkittää kymmeneen autenttisisissa olosuhteissa otettuihin värivalokuviin. Ja jos linkit tehdään avoimesti, kertoen alkuperäinen julkaisija ja tekijänoikeuden haltija, eivät kustannuksetkaan nouse samassa mittasuhteessa hyvien valokuvien kanssa. Jorma Vainionpään toteaaakin väitöskirjassaan *Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa*: Oppimateriaalien laatu vaikuttaa verkko-opiskelun onnis-

tumiseen. Verkko-opiskelu koetaan myönteisenä, monipuolisena ja hyödyllisenä. Sen suurimpana etuna on ajasta ja paikasta riippumattomuus (Vainiopää 2006, 6.)

Pelkän tekstin siirtäminen verkkoon esimerkiksi opettajan luentomateriaalin muodossa ei riitä aktivoimaan oppijoita. Tekstin mukana tulisi olla vuorovaiikutteisuutta tukevia tai multimedialla hyödyntäviä elementtejä. Linkkien avulla etenemällä voidaan auttaa oppijaa etenemään hänen omien oppimistarpeitensa mukaan ja siten tukea oppijan omaa tiedonrakentelua, mikä on konstruktivismin ydinajatus. Digitaalinen oppimateriaali verkossa voi hyödyntää tehokkaasti hypermediaa tai multimedialla, mutta myös verkko-oppimateriaalissa pitäisi olla ohjeistusta, miten asioita voi tarkastella reaaliympäristössä. Eisiis riittäisi että oppilas osaa tunnistaa tietyn bakteerin valokuvasta tai videosta tai löytää sen tyypillisimmät kasvualustat, verkkomateriaalin tulisi myös ohjeistaa miten oppilas voi itse viljellä kyseistä bakteeria. Mikrobiologian kohdalla tämä aiheuttaa myös turvallisuusriskin, jos oppilas on yksin oppimateriaalin kanssa. Mikäli oppimateriaaliksi tarkoitettu sivusto on kaikkien vapaasti saatavilla, myös laboratorioissa vähän tai ei lainkaan työskennellyt henkilö voi päästä käsiksi materiaaliin, jossa ohjeistetaan patogeenien viljelyä. Verkko-opetuksessa puhutaan usein oppimisaihioista, jotka ovat pieniä itsenäisiä oppimateriaalin palasia tai harjoitteita esim. simulaatio. Oppimisaihiot tulisi olla suunniteltu niin, etteivät ne anna liian valmiita toimintaohjeita, vaan aktivoivat lukijat hyödyntämään koululaboratorion mahdollisuuksia ja opettajan asiantuntemusta.

5.3 Miten välttää kopiointia ja vanhan tiedon toistamista?

Perusasteella käytetään edelleen työkirjoja tai harjoituskirjoja. Erkki Saranen lainaa Mikkilän 1992 julkaisemasta raportista kohdan, jossa työkirjojen tehtävistä arvioitiin laajasti tai rajoitetusti aktivoiviksi noin 9 % ja loput (91 %) toistaviksi tai täysin toistaviksi (Saranen 4, alkuperäinen Mikkilä 1992, 127) Mikkilän mukaan tehtävät aktivoivat lähinnä siirtämään faktoja tekstistä työkirjaan. Poh-

timaan ja perusteluja etsimään johdattavat tehtävät puuttuivat vanhemmista oppikirjoista lähes kokonaan. Mikkilän havainnot 90-luvun alusta kannattaisi yrittää toistaa ensi vuonna, 15 vuotta myöhemmin. Ennen tietotekniikan valankumousta toisen tuotoksen kopiointi vaati enemmän ponnisteluja, käytännössä käsin tai koneella kirjoittamista. Internet, sähköpostin yleisyys ja nopea tiedonsiirto on tehnyt ”copy-paste- tekniikasta” luvattoman helppoa. Jos valmiin tekstin toistaminen on oppilaalle ensisijainen lähestymistapa oman tuottamisen tilalla, ongelmia tulee viimeistään opinnäytetyötä tehdessä. Plagiointi on liian helppoa jopa yliopistossa, ja opiskelijoiden keskuudessa lievänä jopa hyväksyttävää. Avoimet projektityöt ja kirjoitelmat sekä pelkkä internet tiedonlähteenä saattavat johtaa helposti tiedon pinnalliseen prosessointiin ja jopa suoraan kopioimiseen (Falck 2003, 23). Tärkeää olisi muokata työtapoja ja opetuksen sisältöä niin että opiskelijoiden omat aktiiviset kysymykset olisivat pääasia ja tulosten tarkastelussa kiinnitetään huomiota oppilaan omaan pohdintaan ja ymmärtämiseen. Olisi siis valittava sellaisia työtapoja, jotka kehittävät tiedon hankkimisen, soveltamisen ja arvioinnin taitoja. Tietotekniikkaa käytettäessä tulisikin kehittää monipuolisia tutkivan ja ongelmakeskeisen oppimisen menetelmiä. Verkossa oleva oppimateriaali olisi vain tiedonlähde ja aktivoija, ei suora vastaus suljettuun kysymykseen. Kopiointia voi välttää myös muotoilemalla oppimistehtävät siten että suora kopiointi on mahdotonta; toisin sanoen tietoa pitää käyttää sovelletusti ja omasta näkökulmasta (Niinikangas 2003, 109). Otetaan esimerkiksi näkökulmaksi bakteerina oleminen ja kirjoittaminen minä-muodossa. Esimerkiksi ”Nimeni on Nille ja kuulun *Bacillusten* suureen sukuun. Asun mielelläni maaperässä tai heinän pinnalla.” Kun bakteerin rakenteen ja kasvuolosuhteiden pitää olla totta, on käytännössä mahdotonta kopioida valmiina löytyvää tekstiä. Elämäni *Bacillus cereuksena* ravintolan riisissä sopisi myös draaman otsikoksi. Lopputuloksena voi syntyä rikasta, faktaa ja fiktiota yhdistävää tekstiä.

1980-luvun puolivälissä painetut lukion biologian oppikirjat heijastivat staattista tiedonkäsitystä, tieto tarjottiin niissä oppilaille valmiina. Kun tavoitteena on itse tietoa rakentava ja aktiivinen oppija, tarvitseeko opettajan tehdä hieno kirja, jos oppilas opetetaan ja pystyy tuottamaan itse materiaalia? Mikrobiologian työtaidon näyttämisen lisäksi oppilaat tuottivat syksyllä 2005 kukin 2-5 sivuisen oppimistehtävän mikrobiologiaan ja hygieniaan liittyen, mutta itse otsikoi-

mastaan aiheesta. Oppijoiden aiheita olivat mm. Nitrifikaatiobakteerit akvaarion tärkeimpinä hajottajina (Satu Marttila), *Clostridium botulinum* (Joonna Valtonen) ja Paperiteollisuuden biofilmit (Arto Tirkkonen). Ensimmäisessä aiheessa pureuduttiin typen kiertokulkuun ekosysteemissä ja mikrobien elinolosuhteisiin ja toisessa vaaralliseen elintarvikkeita pilaavaan bakteeriin. Kolmannessa aiheessa oppilas tutustui taloudellista haittaa paperitehtaassa aiheuttavaan ilmiöön, joka perustuu bakteerien limakapseliin, pintoihin tarttumiseen ja mikrobien hävittämiseen. Tehtävänanto koettiin alussa vaikeaksi, mutta tuotokset ja oppilaiden kyky arvioida omaa suoriutumistaan ylittivät odotukset. Koska aihevalintaa oli rajattu vain niukasti, tehtävässä palautui oppijoiden omiin harrastuksiin, mielenkiinnon kohteisiin ja työssäoppimispaikkojen työtehtäviin liittyviä töitä. Aiheen läheisyys ja kontekstuaalisuus lisäsivät todennäköisesti motivaatiota. Opiskelijoita ohjeistettiin kirjaamaan lähdemateriaali loppuun. Etukäteen kerrottiin myös että plagioinnista ilman lähdeviittauksia seuraa arvosanan lasku. Vaikka tuotoksissa oli joillakin selkeästi havaittavissa, ettei kaikkia virkkeitä oltu tuotettu itse, suoraa ”copy-paste”- tekniikkaa internetistä ei esiintynyt. Oppilaat itse arvioivat oppineensa huomattavasti lähdekritiikkiä ja lähteinä oli käytetty oppikirjoja toiselta asteelta yliopistotasolle asti, joitakin tieteellisiä alkuperäisartikkeleita ja suurten virastojen kuten Elintarviketurvallisuusviraston (= EVIRA) ja entisen EELA:n (= Eläinlääkintä- ja elintarviketutkimuslaitos) julkaisuja. Koska kyse oli perusopinnoista, ohjeistin termien selittämisen olevan oleellista, ”Älä kirjoita mitään mitä et itse ymmärrä! Ota asiasta selvää ja selitä lukijallekin”.

5.4 Painettu kirja on jo vanha!

Timo Fordell vannoo edelleen painetun tekstin nimeen. Oppilailleen hän antaa erittäin selkeä ohjeen: lue, lue ja vielä kerran lue (Fordell 2003, 107). Tämä tarkoittaa että oppilaan on tutustuttava monipuolisesti saatavilla olevaan, painettuun kirjalliseen materiaaliin. Oppilaan oma oppikirja on hyvä ja varma tiedonlähde, josta on hyvä aloittaa tiedonhankinta. Kuitenkin oma oppikirja on vain lähde muiden oppimateriaalien joukossa. Jos ja kun kirjallinen materiaali on huolellisesti käyty läpi, mutta tiedonjano vaivaa yhä; oppilas voi siirtyä in-

ternettiin. Silloinkin hänellä täytyy olla selkeä käsitys siitä, mitä tietoa on etsimässä ja mistä / miten sitä yrittää löytää. Kun tämän asian tiedostaa omassa työssään, on siirtynyt askeleen eteenpäin oppikirjakeskeisyydestä oppimiskeskeisyyteen. Koska painettu kirja ei enää ole ainoa tiedonlähde, haluttaessa tarkistaa, täydentää tai päivittää tietorakenteitamme tietyltä aihealueelta nopein tapa on Internet. Kanto ja Michel kiinnittävät kehittämishankkeessaan huomion myös tiedon nopeaan vanhenemiseen. (Kanto ja Michel, 2005, 21). He valitsivat verkko-oppimateriaalin tuottamisen opiskelijoilleen, mutta onko painetun kirjan kohtalona korvaantua jollakin verkko- tai cd-rom-pohjaisella multimediatuotteella? Ihannetilanteessa verkko voisi olla hyvä oppimisympäristö. Tekniikan puolesta tämä on mahdollista, mutta kokonaiseksi oppimisympäristöksi soveltuvan materiaalin tuottaminen vaatii huippuluokan opetusteknologista sekä sisältö- ja didaktista asiantuntemusta (Rasila 1998).

Jorma Vainionpää havaitsi omissa verkko-opetusta ja opiskelua koskevissa tutkimuksissaan, että kolmasosa tutkimukseen osallistuvista opiskelijoista oli kohdannut tietoteknisiä ongelmia. Kolmasosa opettajista koki, että heillä oli liian vähän kontakteja opiskelijoiden kanssa. Suurin osa opettajista piti verkko-opetusta ja sen valmistelua työläänä ja aikaa vievänä. Tutkimuksessa tarkasteltiin verkko-opiskelijoiden ja -opettajien kokemuksia ja näkemyksiä sekä verkko-opiskelusta että oppimateriaaleista verkko-opiskelussa. Samalla havainnointiin myös miten oppimistyylyltään, opiskelumotivaatioltaan ja itseluottamukseltaan erilaiset opiskelijat kokevat verkko-opiskelun ja verkkokursseilla käytettyjen oppimateriaalien ominaisuudet. Näiden lisäksi tutkittiin verkkokursseiden oppimateriaaleja. Vainionpään väitöskirjassa tutkitut verkko-oppimateriaalit olivat laadukkaita, ajankohtaisia ja helposti saatavilla. Niiden käyttökustannukset olivat pieniä ja niitä voitiin käyttää helposti uudelleen. Arviointiin oli sen sijaan kiinnitetty niukasti huomiota. (Vainionpää 2006, 5-6.)

Vainionpää käyttää verkko-oppimateriaalien sisältöanalyysissä **laatu-, käytettävyys- ja saatavuuskriteereitä** (Vainionpää 2006, 4-5 ja 99–100). Vaikka arvioinnin kohteena olisi painettu perinteinen oppikirja, kriteerit olisivat samat. Näihin kriteereihin kuuluvat:

1. ajankohtaisuus ja luotettavuus
2. laaja-alaisuus ja kattavuus

3. saatavuus

4. kustannukset

5. uudelleenkäytön mahdollisuudet
6. käytettävyys ja yksilöllisen etenemisen mahdollistaminen
7. monimuotoisen aktiivisen oppimisprosessin mahdollistaminen erilaisten vaihtoehtojen avulla
8. arviointia tukevat seikat

Mitä kattavampaa oppimateriaali on, sitä todennäköisemmin se on ainakin osittain myös vanhentunutta. Kaikki oppimateriaali pitäisi olla päivitettävissä esimerkiksi tietoverkkojen kautta. Vanhin tapa päivittää oppimateriaali on uusintapainokset oppikirjasta tai kopiot kirjoituskoneella kirjoitetuista työhohjeista täydentävine lyijykynämerkintöineen ja korjauslakkoineen. Fysiologian ja anatomian oppikirjassa perusasiat eivät ole muuttuneet, mutta siitä huolimatta näkemyksemme ihmisen toiminnasta on laajentunut huomattavasti ja alan oppikirjassa onkin jo 12. painos meneillään. Oppikirjan päivittäminen ajantasaiseksi on kuitenkin iso urakka. Varsinkin nopeasti kehittyvillä ja laajoilla osaamisalueilla kuten bioteknologia, kirjoittajat itse eivät pysy alansa huipulla. Oleelliseksi nouseekin verkostoituminen eri asiantuntijoiden kesken ja vastuunjako esimerkiksi oppimisen asiantuntijan, toimittamisen ja tieteellisen asiantuntijan välillä. Painettu oppikirja uusintapainoksineen häviää hyvälle verkko-oppimateriaalille ainakin ajankohtaisuudessa. Toisaalta luotettavuus voi olla parempi jopa ilman ennakkotarkastusta, sillä kuka tahansa tuskin ryhtyy itsenäisesti oppikirjaa tekemään, kustantamaan tai toimittamaan. Internetin hyväksikäyttö esimerkiksi kirjastojen tietokantoina tai kustantajien verkko-kirjakauppana parantaa myös painetun kirjan saatavuutta. Mikäli oppikirja olisi edelleen kirja, mutta digitaalisessa muodossa (E-kirja), sen uudistaminen olisi pikemminkin päivittämistä kuin uusintapainos. Erilaiset räätälöidyt oppikirjaversiot ovat jo teknisesti mahdollisia, mutta harvoin käytettyjä. Jos oppikirja onkin rakennettu moduuleista kuten oppimisaihiot, opettaja tai kukin oppilas voisi tilata vain tarvitsemansa osan. Tämä luo vaihtoehtoja esimerkiksi kurssin koostamiseen, päivittämiseen tai yksilöllisiin opinpolkuihin, mutta saattaa rikkoa kokonaiskuvaa aiheesta.

5.5 Hankaluutena terminologia – tarvitaanko sanastoa?

Mikrobiologian oppimateriaalissa tulisi olla alalla käytetyt termit sekä suomeksi että englanniksi tai latinaksi. Varsinkin peruskoulupohjaisille opiskelijoille esimerkiksi termien aerobinen, anaerobinen, aerotolerantti, fakultatiivisesti anaerobi ja mikroaerofiilinen erottaminen tuottaa vaikeuksia. Termien pakkokääntäminen suomeksi on jäykkää ja lopputulos vaihtelee kääntäjästä riippuen. Kuitenkin työssä, vaikka elatusaineita tilattaessa, pitää pystyä käyttämään sitä kieltä mitä tuotteiden valmistajat ja välittäjät käyttävät. Alan kielen oppiminen antaa kaikille osallistujille mahdollisuuden rakentaa yhteistä ymmärrystä. Mikrobiologian opiskelua vaikeuttaa paitsi alueen laajuus myös mikrobien vierasperäiset nimet. Oppilaat tarvitsevat aikaa ja rohkaisua nimiin. Minimitavoit-teisiin voisi kuulua että jokainen oppilas tuntee *E. colin* lisäksi kustakin mikrobiluokasta 1–2 edustajaa nimeltä. Varsinkin oppilaalla, jolla on lukemiseen tai kirjoittamiseen liittyviä vaikeuksia, *Escherichia coli* ja *Saccharomyces cerevisiae* niminä ovat vaikeita toistaa kirjoitettuna. Tällainen kohtuullistaminen antaisi perustutkintoa suorittavalle enemmän onnistumismahdollisuuksia kuin tavoitteisiin kirjattu ”opiskelija tunnistaa tavallisimmat mikrobit”. Tavallisimmat termit voi opettajalle tarkoittaa kahtakymmentä ja mikrobiologille kymmeniä mikrobeja nimeen ja sukutauluineen.

Anna Taskinen on toiminut tuntiopettajana avoimessa yliopistossa ja teki opettajaopintojen kehittämishankkeena opintomonisteen (Taskinen 2004). Perusteluissaan syille hän mainitsee mm. taustakirjallisuuden huonon saatavuuden, oppikirjojen englanninkielisyyden ja hinnan sekä terminologian. Kurssin asiasisältö oli koettu vaikeaksi, potentiaalisesti koska opiskelijat eivät olleet pääaineopiskelijoita. Solu- ja molekyylibiologiassa on runsaasti uusia, vaikeita ja keskenään verkottuneita termejä. Tähän yhteenvetoon on helppo yhtyä myös mikrobiologian ja biotekniikan osa-alueilla. Terminologiasta suuri osa on keinotekoisesti suomeksi käännettävissä. Aiheen opiskelijat ovat useimmiten yliopistotasoisia ja lukevat suoraan englanniksi. Mikäli suunnittelee oppikirjaa tai verkko-oppimateriaalia suomeksi ja toiselle asteelle, on syytä lisätä myös hyvä sanasto. Jos oppilas tulee tunnille kahden sanakirjan (englanti ja biologia) kanssa, suuri osa tarkkaavaisuudesta suuntautuu siinä hetkessä väärään asiaan, sanakirjan selailuun. Biokemiaa opettaessani huo-

masin, ettei kirjan takaosassa oleva sanasto edes riitä. Monosakkaridin suomentaminen hiilihydraattien pienimmäksi rakenneyksiköksi, monomeeriksi, aiheutti lähinnä tuskastumista. Oppilaat eivät ymmärtäneet miksi yhtä vierasta termiä selitetään kolmella uudella vieraalla termillä. Valitettavasti alan sanasto muuttuu vain hyvin hitaasti oppilaan itsensä aktiivisesti käyttämäksi ja ensimmäisenä opiskelijoiden kieli taipuu ”labraslangiin”.

6 OPPIKIRJAN KUVAT JA NIIDEN MERKITYS OPPIMISESSA

Kuva on erittäin tärkeä tapa **havainnollistaa** sanomaa. Vaikka Hannuksen (1996) mukaan neljännen luokan oppikirjojen tekstit olivat köyhiä ja kuvat epäolennaisia oppimisen kannalta, kirjan kuvien havainnollistavaa vaikutusta ei kannata aliarvioida (Hannus 1996, 28 ja 147–148). Aebli suosittelee opetuksen havainnollistamisessa noudatettavaksi yleisperiaatteeksi järjestystä: todellinen esine tai ilmiö, malli ja kuva (Aebli 1991, 110). Tällöin oppiminen tapahtuisi ensisijaisesti reaaliympäristössä. Maaperän homeita tutkittaisiin luonnossa ja itse kerättyjä näytteitä laboratoriossa. Korvikeympäristönä voisivat olla valokuvat, filmit, äänitteet, simulaatiot tietoteknisin keinoin tai konkreettiset mallit. Esimerkkinä mallista, ilmapallolla voisi demonstroida hiivojen lisääntymistä kuroutumalla. Vasta kolmantena olisi käsitteellinen ympäristö, jossa kielellisiä käsitteitä puhuttaisiin tai ne kirjoitettaisiin kirjoiksi. Opetuksessa käytettäisiin myös tilastoja, taulukoita ja kuvaajia.

Kuvien ja kuvioiden kognitiivisiin tehtäviin kuuluvat tarkkaavaisuuden suuntaaminen, muistamisen helpottaminen ja ymmärtämisen edistäminen. Jos lukija tutkiessaan kuvaa onnistuu muodostamaan tiedollisen mallin siitä mitä kuvassa on, hänen on aktivoitava aikaisempi tietämyksensä. Tämä aktiivinen kuvallisen informaation prosessointi on raskasta. On siis eri asia vastata kysymykseen mitä näen kuvassa kuin mitä asiaa kuva esittää ja pyrkii selventämään. Kuviot välittävät tietosisällön rinnalla eri emootiota, joiden avulla oppimista voidaan tehostaa. Kuvat voivat lisätä lukijan mielenkiintoa, vaikuttaa paitsi tunteisiin niin myös asenteisiin sekä tarjota tilaan ja kolmiulotteisuuteen liittyvää informaatiota, jota on vaikea ilmaista sanoilla. Kuvat voivat parhaimmillaan pakottaa lukijan käyttämään tekstiä paremmin hyväkseen. Kuva **voii suunnata** lukijan **huomion** oikeaan kohteeseen tekstissä ja **tukea** kognitiivisten mallien muodostumista. Kuvat voivat **auttaa** lukijaa **järjestämään tiedollisia rakenteita**. Toisaalta pessimistisemmän näkemyksen mukaan lukijat vain vilkaisevat kuvia ja käsittelevät niitä riittämättömästi. Kuvia on pidetty lukijalle helppoina. Koska kuvan ”ydin” on usein helposti havaittavissa, lukijalle voi jäädä virhekäsitys asian kokonaisvaltaisesta ymmärtämisestä. Opiskeli-

joille ei ole riittävästi opetettu kuvien tulkintaa ja siten kuvat helposti vilkkaistaan, mutta niitä ei tutkita. (Mikkilä-Erdman 2002, 17.)

Mikkilän ja Olkinuoran tutkimuksissa todettiin että oppikirjoissa on vain vähän sellaisia tehtäviä, joissa ohjataan tekemään johtopäätöksiä ja perustelemaan esitettyjä näkemyksiä. Luonnontieteellinen tutkimus näyttäytyi lähinnä havaitsemisena, tarkkailuna ja toteamisena. Silmiinpistäväpiirre empiirisissä tehtävissä oli, että pelkkään havaitsemiseen painottuvat tehtävät olivat enemmistönä. Niissä kysymykset olivat muotoa: Mitä havaitset? Mitä näet? Perusteluja, päättelyä ja johtopäätöksiä pyydettiin ylemmillä luokilla hieman enemmän kuin alkuopetuksessa, mutta silti melko harvoin. Kirjat lähinnä aktivoivat siirtämään faktoja työkirjaan. Tekstin, kuvien ja tehtävien tulisi olla selkeämmin toisiinsa integroitu. Kaikkien komponenttien tulisi tukea aihepiirille tyypillistä tutkimustapaa.

Kritiikin aihetta tämän päivän oppikirjoissa on löydetty kuvan ja tekstin vuorovaikutuksesta. Kuvien täytyisi olla integroitu tekstiin. Tiedolliselta kannalta kuvatekstejä on pidetty riittämättöminä kuvien liittämiseksi tekstiin, eikä tekstissäkään juuri ole suoria viittauksia kuviin. Tätä kuvien tekstiin sitoutumattomuutta tai epäoleellisuutta tukee myös tutustuminen mikrobiologiaa käsittelevään toisen asteen oppikirjoihin. Tämä ei tue lukijan verbaalista ja visuaalista integraatiota. (Mikkilä & Olkinuora 1995, 6; Mikkilä-Erdman 2002, 15.) Oppikirjoissa kuvien tyyppi, määrä ja sijoittelu tekstin lomaan ovat pikemminkin intuition varassa kuin perustuen tieteelliseen teoriaan tai empiiristen kokeiden tuloksiin (Mikkilä-Erdman 2002, 14). Hannuksen (1996) mielestä oppimisen kannalta epäolennaiset kuvat ovat saaneet oppikirjoissa ylivallan. Hannuksen mukaan kirjan aukeamilla tekstin osuutta tulisi lisätä ja kuvainformaatiota vähentää, jopa 60–70 % nykyisestä! Tähän hän päätyi todettuaan, että oppilaat keskittivät huomionsa teksteihin ja prosessoivat kuvainformaatiota pinnallisesti. Havaitsemisprosessit ovat selektiivisiä ja siten kuvatekstit ja viittaukset kuviin tekstin sisällä ovat oleellisia oppimisen tehostamisessa (Mikkilä-Erdman 2002, 17).

Kuva ei korvaa selittävää tekstiä. Mikkilä-Erdmannin tutkiessa kuvien mahdollista lisäarvoa käsitteen muodostukseen mitään uutta oppimisprosessiin ei

havaittu (Mikkilä-Erdman 2002, 26–27). Mikkilä-Erdman huomauttaa kuitenkin että kuvien merkitystä käsitteenmuodostukseen tulee tutkia edelleen, sillä esimerkiksi hänen käyttämänsä kuvat eivät välttämättä pysty tukemaan abstraktien asioiden havainnollistamista (fotosynteesi). Lisäksi hän kiinnitti huomiota, etteivät lapset prosessoineet kuvia intensiivisesti, vaikka ne oli varustettu kuvateksteillä ja tekstin sisäisillä viittauksilla. Kuvan tulkinnessa opettajan osallistuminen olisi oleellista. Mikäli ohjaava opettaja ei ole käytettävissä esimerkiksi itseopiskelumateriaalia lukiessa, Mikkilä-Erdmanin suositus kriittisistä, kuviin liittyvistä kysymyksistä pakottaisi lukijan tutkimaan kuvia huolellisesti.

6.1 Millainen on mieleenpainuva kuva?

Oppikirjoissa kuvan käyttöä ja valintaa pitää harkita tarkkaan. Vaikka PBL:ssä mainitaankin kuinka heidän mallillaan tuotettu tieto on luonteeltaan pysyvämpää kuin emotionaaliseen elämykseen perustuva tieto, kuvien tunteita herättäviä vaikutuksia ei kannata aliarvioida. Katsomalla mainoksia huomaa kuinka voimakas vaikutus kuvalla ja varsinkin sen toistamisella on. Sanoma- ja aikauslehtien sisältämät sarjakuvat tai pilapiirroukset voivat olla oiva lisä oppilaan **motivo**innissa. Joskus asian arkuuden ja henkilökohtaisen koskemattomuuden kunnioittamiseksi on helpompi siirtyä ulos omasta kokemusmaailmasta. Vaikka nuorilla opiskelijoilla olisikin omakohtaisia kokemuksia veneerisesti tarttuvista taudeista, *Chlamydia trachomatiksen* elinympäristöön ja kasvuolosuhteisiin on ehkä helpompi tutustua huumorin kautta. Oppilaat voivat tietosisällön lisäksi keskustella kuvien perusteella esimerkiksi syistä miksi jokin asia on esitetty vitsinä. Huumorin käytössä täytyy luonnollisesti noudattaa varovaisuutta ja hienotunteisuutta, mutta yhdessä nauraminen ei ainakaan estä oppimista. Asioiden esittäminen sarja- tai pilakuvana ei saa loukata ketään ihmistä tai vahvistaa stereotyyppioita. Meillä jokaisella on hieman eri käsitys huumorista. Onneksi sentään täytyy muistaa, etteivät nauramisen kohteena olevat mikrobit todennäköisesti loukkaannu elleivät niiden kognitiiviset taidot ole viime näkemän jälkeen huomattavasti kehittyneet. Kirjoittaja visuaalisena oppijana muistaa erityisesti kuvan, jossa kaksi bakteeria keskustelevat ja toinen lausuu ”So many people, so little time”. **Selkeästi** piirrettynä kuvasta olisi

hyvä aloittaa keskustelu epidemiasta, infektiivisyydestä, virulenssista, bakteerien eliniästä tai vaikka mikrobien seksielämästä ja geeninvaihdosta transduktion avulla. Kuva olisi silloin alkusoitto ja **herättelijä**. Eila Jeronen lainaa Marsdenin (1992) sarjakuvan käytölle esittämiä kriteerejä. Kuvan **hauskuus** motivoi. Kuvalla täytyy olla opetuksellinen tarkoitus joten sen on yksinkertaistettava jotakin asiaa tai ilmiötä. Kuvan esittäminen tuo vaihtelevuutta opetukseen ja kognitiivisina tavoitteita sarjakuva **kehittää tulkintataitoja** (Jeronen 2005, 213.)

Jos ilmiötä tai kohdetta ei voida tutkia reaaliympäristössä, voidaan käyttää korvikeympäristöä tai symbolista esitystä. Kuvalla voidaan havainnollistaa ilmiötä tai esinettä, joka olisi liian pieni tai suuri havaittavaksi todellisuudessa kuten mikrobit ilman mikroskooppia tai viljelyä ovat. Still-kuvan rajoitteita ovat staattisuus ja välähdyksenomaisuus, siihen on vaikea tai mahdoton yhdistää liikettä. Myös kolmiulotteisuuden ilmaiseminen kaksiulotteisella kuvalla on rajoittunutta. Jos tarkoitus on havainnollistaa esimerkiksi bakteerien jakautumisnopeutta, video olisi tehokkaampi kuin graafinen kasvukäyrä. Yksittäistä kuvaa tai kaavioita käytettäessä oppilaat pitäisi **aktivoida** tekemään havaintoja myös siitä mitä kuvassa ei ole kuten mikä olisi tilanne vuorokautta ennen tai jälkeen. Kuvien täytyy olla **selittäviä**. Toisaalta opettaja voi opettaa katsomaan myös kuvan taakse, jolloin yhdestäkin kuvasta voidaan saada lisäinformaatiota. Kuvan tulisi olla riittävän suuri ja monipuolinen **moniulotteisella** tavalla. Hyvä kuva voi olla varsin **yksinkertainen rakenteeltaan**, mutta tulkintaa varten siinä tulee olla syvyyttä. Hyvä kuva on havainnollinen, mutta havainnollistamisessakin tulisi olla varovainen. Oman kokemuksen korvaaminen opettajan havainnollistamisella ja runsailla kuvilla voi haitata oppilaan omaa tiedonmuodostusta järkeilyn ja päättelyn kautta. Käsitteet ja todellisuus voivat korvautua pelkillä kuvilla ja kuvioilla. Pelkän kuvan tulkinta voi tuottaa virhetulkintoja. Havainnollisuuteen tulisi liittää mukaan mahdollisuuksien mukaan oma toiminta ja konkreettinen kokemus, jonka pohjalta pystyisi loogiseen päätelyyn. Kouluolosuhteissa monia asioita on kuitenkin pakko havainnollistaa muuten kun omakohtaisella kokemuksella. Mieluummin käytän kertomusta kuvan tukena kuin annan opiskelijoiden toistaa erään mikrobiologian uranuurtajan konkreettisen kokemuksen infektiivisyydestä: Hän joi bakteereja täyttä olevan elatusnestepullon sisällön todistaakseen loogisesti päätellyn väitteensä.

Solu- ja mikrobiologiassa on runsaasti aiheita, joissa mikroskopoinnilla ja näytteiden tarkastelulla on tärkeä sija. Jo perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteissa (2004) on maininta että perusopetuksen päättyessä oppilaan tulee osata käyttää mikroskooppia näytteitä tutkiessaan (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 181). Myös laboranttien toisen asteen ammatillisessa koulutuksessa bioanalytiikan kohdalla on selkeä maininta jo tyydyttävällä (1) tasolla ”*opiskelijan tulee osata valmistaa preparaatti mikroskopointia varten ja tunnistaa tavallisimpia mikrobeja mikroskooppia käyttäen*” (Laboratorioalan opetussuunnitelma 2000, 53). Oppikirjassa tulisi siis olla mikroskoopin perusrakenteen selventävä kuva tai esitys, joka aktivoisi oppilasta. Kuitenkaan oppikirjoissa olevat pelkät mikroskooppien kuvat eivät riitä tai anna edes perusedellytyksiä harjoitella mikroskopointia. Kuilu oppikirjan / opetusmonisteen ja laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeiden välillä on aika suuri. Vähintään oppikirjassa tulisi olla riittävän suuri (1/2-1 sivua) selkeä ja yksinkertaistettu kaaviokuva nimikoiduilla osilla ja turvallisen käytön perusohjeet. Oppilaan omaa aktiivisuutta voisi herätellä osien omatoimisella nimeämisellä. Koska elämme nopean muuttumisen aikaa, oppikirjassakin voisi olla esimerkiksi suurten laitevalmistajien nimiä ja mahdollisesti web-osoitteita. Tavoitteena voisi olla esimerkiksi oppilaan ohjaaminen kokeilemaan virtuaalimikroskoopilla erilaisten säätöjen vaikutuksia. Kouluilla ei ole varaa hankkia tai ylläpitää kallista erikoislaitteita ja vierailu simulaatiomaailmassa voisi täydentää omia kokeiluja ja lukemista. *Laborantin mikrobiologia*-kirjassa (Sivelä ja Saarinen 1993, 68–71) mikroskopoinnista on hyvä perusrakenne. Valitettavasti jo optisten osien luettelo (valonlähde, kollektorilinssi, peili, himmennin, kondensori, preparaatti, objektiivi ja okulaari) on täynnä vierasperäisiä sanoja. Lista tai sanaselitykset eivät houkuttele kokeilemaan mitä kaikkia laitteella voisi tehdä tai miksi osat ovatkin käänteismikroskoopissa toisessa järjestyksessä.

6.2 Oppimateriaalin tulisi tukea ammattitaitoa

Vaikka laborantti opiskelee mikrobiologian perusteet, vasta bioanalyytikon tai mikrobiologin koulutus antaa valmiudet tunnistaa useita bakteereja. Helposti opintotavoitteet asetetaan liian korkeiksi jopa opetussuunnitelmissa. Liian laaja oppimateriaali edesauttaa tietotulvan ahdistavuutta. Oppimateriaalin tehtävänä on auttaa opiskelua ja opetusta. Oppimateriaalin on oltava joustavaa niin että se antaa mahdollisuuden tiettyjen opetuksellisten periaatteiden, esimerkiksi kokonaisopetuksen, oppilaan aktiivisen ja omaehtoisen tiedonhankinnan sekä integraation toteutukselle. Opiskelijoiden lähtötaso eli lähtötiedot tulisi ottaa huomioon oppimateriaalia valmistettaessa. Pedagogisessa mielessä oppimateriaalin on oltava loogista eli edetä helpommista asioista vaikeampiin (Rissanen 2001.) Loogisuus ei välttämättä kaikille tarkoita etenemistä helposta vaikeaan. Ajatteleminen kukin omalla tavallamme ja loogisuus voi ilmetä myös käsitteiden spiraalisuutena, syy-seuraussuhteina tai vähitellen laajentuvana verkostona. Jos mikrobiologia käsitteenä ja sisältöineen olisi kokonaisuus, sen voisi nähdä spiraalina tai päällekkäisinä spiraaleina, joita voi tarkastella eri näkökulmista. Kirjoittaja hahmottaa spiraalin vesipyörteenä tai tornadona. Kuvassa kolme on kolme pyörrettä ja niiden ympärillä verkko. Vertaa kuvia kaksi ja kolme, sillä ne kuvaavat samaa perusajatusta, jossa aihealue muodostaa verkkomaisen kokonaisuuden (kaikki liittyy kaikkeen). Kokonaisuudella on ytimet ja ytimeen voi päästä riippumatta lähtöpisteestä. Ensimmäinen näkökulma ei välttämättä ole helpoin, mutta silti havainnot yhdessä ja vähitellen muodostavat loogisen kokonaisuuden. Spiraaliajatuksella oppiaineen ydin olisi keskustassa, josta uutta kierrettä seuraten lähdetäisiin kohti seuraavaa näkökulmaa. Ydinaineksella olisi selkeä yhteys kaikkiin näkökulmiin, mutta jokainen oppija näkisi (oppisi) hieman erilaisen vesipyörteen ja pyörteen kierteitä lisäämällä myös ydinaineksen laajuus kasvaisi kuin tornadon keskus.



KUVIO 3. Kuvanveistäjä Kauko Kortelaisen teos "Kevätaikaa (vesipyörre)" ja hämähäkin seitti ovat olleet innoittajana yrittäessäni kuvata oppimista spiraalimaisena ja verkkomaisena rakenteena. Kauko Kortelaisen alkuperäisteos on veistos ja kyseinen kuva on digitaalisin keinoin kirjoittajan tekemä.

Opetussuunnitelman perusteissa korostetaan työturvallisuutta, aseptiikkaa, määrityksiä, tiedollista pohjaa ja mikroskopointia. Ensimmäisenä keskeisenä sisältönä ovat mikrobiologian työtavat ja analyysin tekeminen. Toiseksi ydinasioihin kuuluvaa sisältöä on elävien solujen käyttö työskentelyssä, solun rakenteen ja toiminnan sekä biokemiallisten yhdisteryhmien tunteminen. Kolmanneksi oppilaan tulisi hallita mikrobien ja geenitekniikan käyttömahdollisuuksia. Täten sivulla 12 oleva kuva (kuvio 2) voitaisiin yleistää kuvioksi 3. Kolmella ydinteemalla olisi mahdollista tipahtaa mistä tahansa kohtaa verkkoon (kokonaiskäsitys) ja joutua pyörteeseen, minkä sisällä on ydinsaamisalue. Ottamalla muutama erilainen lähtökohta ennemmin tai myöhemmin oppilaat joutuisivat käymään kaikki kolme ydinteemaa läpi. Tällainen lähtökohta voisi olla myös PBL:n lähtötilanne, ongelma.

7 MITÄ MIKROBIOLOGIAN OPPIMATERIAALIN TEKIJÄN TULISI HARKITA ENNEN TYÖHÖN RYHTYMISTÄ

Oppimateriaalin laatijan olisi olennaisen tärkeää kysyä itseltään: Millainen kirjallinen oppimateriaali suorastaan houkuttelisi lukijaansa? Useimmiten opettaja lukee itse ensin oppimateriaalin valitessaan oppikirjaa kurssilleen. Vakuuta ja innosta siis opettaja ensin. Opettajan innostunut, innovatiivinen ja rohkea asenne vaikuttaa oppilaisiin. Jos opettaja viestittää jopa tahattomasti kehon kielellä, ettei itse ole aiheesta kiinnostunut ja innostunut, miten hän voi olettaa oppilaiden innostuvan. Opettajan tehtävä olisikin vahvistaa oppilaiden innostumista ja tuoda tilanteeseen oma asiantuntemuksensa ja määrätietoinen suunnitelma tavoiteltavasta osaamisesta. Mikään oppikirja ei voi korvata asiantuntevaa ja asiastaan innostunutta opettajaa, mutta hyväkään oppimateriaali ei tule käyttöön, jos opettaja ei esittelen sitä opiskelijoille.

Suunniteltaessa ja toteutettaessa uutta oppimateriaalia, ja varsinkin suuritöistä painettua oppikirjaa tai kokonaisen kurssin kattavaa verkkomateriaalia, tulisi muistaa että monilla alan asiantuntijoilla on jo olemassa olevaa hyvää ja julkaistua materiaalia. Vaihtoehtona koostamiselle voisi olla opiskelijoiden ohjaaminen suoraan alkuperäisen kirjoittajan oppimateriaaleihin. Tekijänoikeusiakaan ei loukata, jos dokumentit ovat ilmaisjakelussa internetissä ja viittaukset alkuperäistuottajaan ja julkaisutapaan kunnossa. Koska laadukkaan oppimateriaalin tuottaminen julkaistavaksi joko perinteisenä kirjana tai digitaalisena verkko-oppimismateriaalina on työlästä, julkisen tuen avulla ei pitäisi suosia ilmaista ja vapaata julkaisemista. Ainakin olisi estettävä potentiaalisesti heikompilaatuisen, mutta ilmaisen materiaalin leviäminen verkossa niin, että se haittaa tai estää asiantuntijoiden laadukkaiden, mutta maksullisten materiaalien tuottamisen. Oppikirjoja ei enää tarkasteta etukäteen kuten vuoteen 1990 asti. Kaikki painettavaksi tarkoitetut perusasteen oppikirjojen käsikirjoitukset oli tarkastettava silloisessa kouluhallituksessa. Valvonnalla pyrittiin varmistamaan että oppikirjan sisältö vastaa opetussuunnitelmia (Heinonen 2005, 30). Ilman valtakunnallista tarkastusta periaatteessa kuka tahansa saa julkaista oppikirjan ja kirjoittajan vastuu sekä sisällöstä että sen soveltami-

sesta korostuu. Jos kuka tahansa saa julkaista mitä tahansa ja missä tahansa, oppijoiden kriittisyys tiedonlähteiden luotettavuuden suhteen on koetuksella. Kuitenkin koulujärjestelmien ulkopuolella tuotettua asiantuntijatietoa tulisi pystyä käyttämään koulutuksessa. Mikrobiologiassa tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi oppilaiden ohjaamista suurten meijereiden tuotekehityssivustoille. Jos opetuksessa käytetään paljon alan asiantuntijoiden tuottamaa reaaliaikaista informaatiota, oppikirjassa pitäisi keskittyä enemmän antamaan linkkejä ja vinkkejä mistä ja millaista informaatioita on saatavilla. Myös kriittisyys tiedonlähteiden suuntaan ja oma aktiivisuus ja vastuullisuus tulisi nostaa esille.

Kun laboratorioalalle ei ole olemassa päivitettyä, nykyisiä opetussuunnitelmia vastaavaa mikrobiologian oppikirjaa, oppikirjan kirjoittajalla olisi oltava laaja kokemus paitsi opettamisesta ja mikrobiologiasta myös laaja kontaktiverkosto. Aihealueen laajuuden takia kirjoittajia tulisi olla useampia tai sitten vastuullinen toimittaja kokoaisi ja muotoilisi eri osa-alueiden asiantuntijoiden informaation yhtenäiseksi kirjaksi. Mirja Salkinoja-Salonen on *Mikrobiologian perusteet* -kirjan johdanto-osassa osuvasti sanonut, ettei kellään yksittäisellä kirjoittajalla ole enää mahdollista hallita koko mikrobiologian aluetta.

Mikrobiologiassa on runsaasti käsitteitä ja kuvien avulla on mahdollista selvittää osaa niistä. Oppikirjan kuvitus tulisi suunnitella tekstin kanssa yhtä aikaa tai jopa ennen tekstejä. Näin kirjoittaja joutuisi pohtimaan aktiivisesti omia tietorakenteitaan ja etsimään perustelut jokaiselle valitulle kuvalle. Tärkeää olisi kuitenkin pohtia mitkä vierasperäisistä termeistä aukeaisivat parhaiten kuvien avulla ja miten asia ilmaistaisiin kuvana. Visuaalinen oppija voi muistaa parhaat kuvat vuosikymmeniä, varsinkin jos niiden esittämiseen liittyy aihealueeseen kuuluva, mutta hauska tai poikkeuksellisen mielenkiintoinen tarina. Mikkilä-Erdman ehdottaa luonnontieteellisen oppikirjan kirjoittajalle perehtymistä opiskelijoiden virhekäsityksiin ja huomioimaan ne tekstiä kirjoittaessaan (Mikkilä-Erdman 2002, 28). Sekä kustantajilla että kirjoittajilla on usein ylioptimistinen käsitys visuaalisesta hahmottamiskyvystä. Oppikirjojen tulisi tehdä virhekäsitykset näkyviksi ja auttaa oppija kokemaan ja ratkaisemaan kognitiivinen konflikti aikaisemman, naivin käsityksen ja tieteen nykykäsityksen välillä. Liian suuri kuvien määrä voi ohjata pinnalliseen tiedonprosessointiin ja vähentää yksittäisen kuvan vaikuttavuutta. Kirjoittajan olisi syytä pohtia myös

mitkä asiat olisi ylipäätään mahdollista esittää painettujen kuvien avulla ja milloin olisi syytä käyttää joko digitaalista oppimateriaalia tai ehdottaa oppijoille mahdollisuutta tutustua ilmiöön omiin kokeiluihinsa perustuen reaaliympäristössä. Mahdollisen oppikirjan kuvat tuottaisivat hankaluuksia tekijänoikeuksien takia. Mikrobiologiassa paljon visuaalisesta materiaalista on digitaalisia valokuvia eri eliöistä eri paikoissa ja olosuhteissa. Vaikka luokahuoneessa saisikin esittää opetustarkoituksessa julkisesti ilman eri korvausta toisen ottaman valokuvan tai kaavion, koulun verkkosivuilla tai painetussa oppikirjassa muiden ottamien kuvien käytölle on saatava lupa. Vaihtoehtoisesti kuvat ja kaaviot pitää ottaa tai piirtää itse uudestaan. Koululaboratoriossa ei saa edes viljellä kaikkia mikrobeja, joiden kuvaaminen on silloin mahdotonta. Toisen asteen oppilaitoksessa ei välttämättä myöskään ole käytössä valokuvaukseen riittävän laadukasta mikroskooppia, elektronimikroskoopista puhumattakaan. Moniammatillisuus ja yhteistyöverkosto oppimateriaalin tekemisessä korostuu edelleen.

Oppimateriaalia suunnitellessa tulisi huomioida myös koko opetussuunnitelman sisältö. Vuonna 2000 voimaan tullut opetussuunnitelman perusteet laboratorioalalle pohjautuu konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, joka korostaa oppilaan omaa aktiivisuutta tiedonrakentajana. Tutkivaksi oppimiseksi voitaisiin kutsua kokeellista työtä ja oppilaan omaan aktiivisuutta korostavaa oppimista. Oppilaat rakentavat yhdessä tietoa asioista ja ilmiöistä, jotka ovat heille merkityksellisiä. Yhdessä asetettuihin kysymyksiin etsitään vastauksia myös koulun ulkopuolisilta asiantuntijoilta ja tietolähteiltä. Opetussuunnitelmien tavoitteet, oppiaineiden sisällöt ja aihekokonaisuudet nivoutuvat yhteen todellisissa tutkivan oppimisen työskentelytilanteissa. (ks. lähemmin esimerkiksi Hakkarainen, Lonka ja Lipponen 2003 *Tutkiva oppiminen – järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä*). Nykyinen opetussuunnitelma ei sinänsä ole ristiriidassa tutkivan tai ongelmalähtöisen oppimisen kanssa. Ongelmaperustaisen oppimisen ytimenä on ajatus oppimisesta ammatillisesta käytännöstä nousevien ongelmien kautta. Jos koko koulun tai koulutusohjelman opetussuunnitelma pohjautuu ongelmalähtöiseen oppimiseen, myös oppimateriaalin tulisi olla rakennettu ammattikäytännöistä nousevista tilanteista. Ottaen huomioon kuinka laaja-alaisesti laboranteille pitäisi opettaa mikrobiologiaa, yksi opettaja ei kykene yksin laatimaan lähtötilanteita kaikilta osa-alueilta. Koska

ongelmalähtöisessä oppimisessa tiettyä teemaan lähestytään moniammatillisesti, myös tilanteiden suunnitteluun pitää osallistua eri alojen osaajia. Todennäköisesti ongelmalähtöistä opetusta soveltavat opettajat käyttävät oppimateriaalina edelleen samoja julkaisuja kuin aikaisemminkin. Tutustuessani aineistoon en löytänyt ensimmäistäkään oppikirjaa, joissa jo suunnitteluvaiheessa olisi huomioitu käyttäminen ongelmaperustaisessa oppimisessä. Uutta kirjaa suunnitellessa tai tehdessä pitäisi ehdottomasti haastatella tai muuten selvittää useita osaamisalueita. Ennen kaikkea pitäisi pohtia yhdessä työelämässä tällä hetkellä toimivien mikrobiologien ja laboranttien kohtaamia työtilanteita ja käsityksiä siitä, mitä ongelmia mahdollisesti olisi edessä 10 vuoden päästä. Kun oppimateriaalissa keskityttäisiin enemmän ammatillisiin käytänteisiin nyt ja tulevaisuudessa sekä elinikäiseen oppimiseen, vanheneva silpupinformaatio saisi oikeat mittasuhteet. Tällöin oppikirjakin voisi olla pikemmin kooste situaatioista lähdemateriaaliluetteloinen.

Valitettavasti useat oppilaat edelleen panostavat vain kokeisiin ja tietopuolisen aineksen hallintaan, koska niistä heitä on kurssiarvosanoissa arvostettu. Oppimateriaalissa olisi tuotava selkeästi esille että oppimaan oppiminen, tiedon hankinta ja hallinta sekä kokonaisvaltainen ihmisenä ja ammattilaisena kasvu on tärkeämpää kuin yksittäiset, muistiin perustuvat ja vanhenevat faktat. Tämä ei tarkoita sitä että mikrobiologian oppikirja muuttuisi oppimaan oppimisen oppimateriaaliksi vaan tärkeät seikat pitäisi olla sisäänrakennettuina esimerkiksi avoimissa tehtävissä. Vaikka laborantin työstä paljon tehdään tiukan järjestelmällisesti jonkin standardin mukaan, liian valmiit työohjeet ja suljetut kysymykset sitovat luovuutta ja saattavat pahimmillaan estää kokonaan uusien näkökulmien esiintymisen. Kun aikaa on rajallisesti käytettävissä, jokaisesta kokeellisesta harjoitustyössä pitäisi päästä perehtymään useampaan käsitteelliseen asiaan. Jos esimerkiksi anaerobista aineenvaihduntaa käsitellään vain yhdessä oppimistehtävässä tai situaatiossa, valitun harjoitustyön pitäisi löytyä jostakin todellisesta laboranttien ammattikäytännöstä.

8 POHDINTAA

Mikrobiologiaa käsittelevissä toisen asteen oppikirjoissa oli puutteita sekä hyvän oppikirjan funktioiden suhteen että verrattaessa sisältöä laboranttien ammatillisen koulutuksen sisältöön. Koska vain murto-osa mikrobiologiasta on mahdollista sisällyttää toisen asteen oppikirjaan, kannattaa aiheiden rajaus tehdä huolellisesti. Olen rakentanut mikrobiologian orientaatioperustaa etsimällä kolme ydinteemaa ja kuvaamalla näitä toisensa kohtaavilla spiraaleilla. Oppikirjassa pitäisi olla sisäänkirjoitettuna jatkuvan ja tutkivan oppimisen malli. Oppikirjan sisältämä informaatiomäärä ei ole ratkaiseva asia. On tärkeää tarjota opiskelijoille ydinkäsitteitä ja uuden oppimisen into. Lisäinformaatiota ja yksityiskohtia on runsaasti tarjolla, jos motivaatio ja taito oppia ovat kunnossa. Vain oikeiden ydinsanojen ja hakutermien avulla oppilaat voivat nopeasti päivittää tietyn alueen osaamistaan tai hankkia lisäinformaatiota Internetistä.

Yleistäen voidaan todeta että oppikirja on kirjanmuotoinen, oppimista edistävää informaatiota sisältävää materiaalia. Näin määriteltynä myös oppilaat itse voisivat luoda oman oppikirjansa. Oppimistehtävänä teettämäni tuotokset muutamalta vuodelta voisivat periaatteessa toimia oppimateriaalin pohjana. Opiskelijoiden itse tuottaessa materiaalin heillä ei kuitenkaan vielä ole riittävää ja laaja-alaista asiantuntemusta, ja painettuna opiskelijoiden tekemä kirja olisi liian hidas uusiutumaan. Aikuisopiskelussa oppikirja on voinut olla myös alan yleisteos kuten Mirja Salkiojan Salosen *Mikrobiologian perusteita* tai englanninkielisistä julkaisuista koottu ja tutkimuksiin perustuva esitys alasta. Yksi *Laborantin mikrobiologia*-kirjan heikkouksista on että lähestymiskulma on yksipuolinen. Kirjoittajat ovat elintarvike- tai vesimikrobiologiaan suuntautuneita asiantuntijoita, jotka ovat kyllä esittäneet oman erikoistumisalansa, mutta unohtaneet laboranttien mikrobiologian moninaisuuden ja selväkielisyyden. Laborantteja voi toimia myös muissa kuin kunnan elintarvike- tai vesilaboratoriossa. Toiselle asteelle ja laboranttien koulutukseen tarvitaan suppea ja asiantuntijoiden kirjoittama suomenkielinen oppikirja.

Hyvä oppimateriaali on selkeää, havainnollista ja mielenkiintoa herättävää. Oppikirjan tulisi ehdottomasti olla aktivoiva, pikemminkin oppilaan omaa ajattelua herättelevä. Oppikirja voi olla myös jäsentäjä ja systematiikan selkeyttäjä, perusinformaation lähde. Oppikirjassa ei saisi olla liikaa yksityiskohtia, varsinkin jos oppikirjan käyttäjä tulkitsee että hänen olisi muistettava ulkoa nuo pikkutiedot. Oppikirjassa voi hyvinkin olla sanasto, hyviä kuvia, työohjeita ja jopa vanhoja koekysymyksiä tai tehtävänantoja itsearviointia varten. Ehkä kirjassa olisi myös viittaukset käytännön kautta hyväksi havaittuihin opiskelukäytänteisiin ja elinikäiseen oppimiseen ja ryhmässä toimimiseen.

Laadin seuraavat 12 ohjetta itselleni, mutta myös muille potentiaalisille oppimateriaalin tekijöille:

1. Ole oman alasi rohkea ja monipuolinen asiantuntija.
2. Hanki ja säilytä moniammatillinen yhteistyöverkko, tietoa tehdään yhdessä.
3. Haastattele potentiaalisia lukijoitasi ja heidän esimiehiään / opettajiaan koulussa ja työelämässä. Kirjoittajan tulee tuntea lukijansa. Muistathan tarkistaa tyypilliset virhetulkinnat potentiaalisilla lukijoilla.
4. Lue oppimateriaalin tekemisestä, kuvista, tekijänoikeuksista, tehtävistä, viestinnästä, opetussuunnitelmista, selkokielestä erityisoppilaille jne.
5. Tee alustava sisällysluettelo ja rakennesuunnitelma / teemat.
6. Kirjaa ylös lisätietolähteet, referenssiarvot ja internet-osoitteet joko opettajan aineistoa varten tai oppikirjan osaksi.
7. Aloita sanasto ja mieti mitkä aukenisivat parhaiten kuvien / kaavioiden avulla. Sanastossa pitää olla kaikki ydinsanat ja sopivia hakutermejä myös vieraalla kielellä.
8. Valitse / tee avoimet ja syvät kuvat ja tehtävät.
9. Jokaiseen kuvaan ja tehtävään tulee olla selittävä, riittävän monisanainen kuvateksti tai viittaukset tekstissä.
10. Kirjoita selkeästi suomea ja muista että lukijoille asiantuntijan kieli on vielä vierasta.
11. Pyydä apua ja koelukijoita. Ota palautetta vastaan nöyrästi ja korjaa tuotosta palautteen perusteella.
12. Viimeistele ja julkaise tuotoksesi painettuna kirjana.

Oppikirjalla tarkoitetaan usein varta vasten opetustarkoitukseen laadittua teosta. Oppimateriaalin kirjoittajan ohjeita kirjoitettaessa on pidetty mielessä sekä Rasilan (s. 23–24) että itse koostamani oppikirjan funktiot. Tavoitteena on tuottaa luotettava informaation lähde, joka esteettisenä hyödykkeenä orientoi ja jäsentää aihealuetta. Kirjan tulisi olla saatavilla, käsillä kokeiltavissa ja kestää sekä aikaa että kulutusta. Kirjan sisällysluettelo helpottaa navigointia ja ydinsanat myös vieraalla kielellä helpottaisivat lisäinformaation hakemisessa muista lähdeeteoksista. Oppikirjan funktioita olivat mm. keräilyarvo, ”kämpäloitävä” ja hyödyke. Vihkomalli, josta oppilaat repivät sivuja irti tutkimuskansioonsa, ei täytä edellä mainittuja tehtäviä ollessaan kertakäyttöinen, helposti irtolehdeksi hajoava nippu papereita. Digitaalisella verkko-oppimateriaalilla on samankaltaisia puutteita. Osa materiaalista ei ole käytettävissä kurssin jälkeen käyttäjätunnusten vanhennettua tai CD ei olekaan luettavissa parin vuoden kuluttua tietotekniikan kehityksen yhä kiihtyessä. Verkko-oppimateriaalissa myös saatavuus on huonompi kuin painetussa kirjassa. Kaikilla opiskelijoilla ei vielä ole käytettävissä esimerkiksi kaikkia tarvittavia ohjelmia tai laajakaistayhteyttä myös kotoa.

Kirjoittajan ohjeessa on sisäänkirjoitettuna kehittämishankkeen kirjoittajan tärkeä toive; haluaisin kirjoittaa oppikirjan, joka olisi oppimisen edistämistä, ei opetusta varten. Kirjoittajan ohjeissa on huomioitu esimerkiksi erityisoppilaat ja lukihäiriöiset. Ammatillisessa koulutuksessa keskimäärin jokaisessa oppilasryhmässä on joku erityistä tukea tarvitseva ja selkokielellä kirjoitettu materiaali sopii myös muille. Selittävällä tekstillä ja suomenkielellä tuetaan myös ns. tavallisia opiskelijoita. Oppikirjan kirjoittajan tulisi tunnistaa tyypillisimmät virhekäsitykset opiskeltavasta asiasta ja tekstissä tuoda korostetusti esille tieteen käsityksen ja yleisimpien virhekäsitysten erot. Tuntemalla potentiaalisten lukijoiden naiivitkin näkemykset voidaan huomio kiinnittää keskimäärin vaikeina pidettyjen käsitteiden selventämiseen. Kirjoittajan tulisi olla nöyrä pyytäänsään koelukijoilta palautetta ja pyrkiä korjaamaan tuotostaan paremmin oppimista palvelevaksi.

Kirjoittajan ohjeen kohdissa kahdeksan ja yhdeksän korostetaan oikeiden kuvien ja tehtävien valintaa. Oppikirjassa tulisi olla otsikon ja siten asiasisällön oikea rajaus ja asiasisällön kannalta oleellisten kuvien valinta. Oppimateriaalin

jokaisen kuvan funktion tulisi olla huolellisesti harkittu ja se pitäisi varustaa riittämällä kuvatekstillä sekä integroida päätekstiin. Oppikirjassa ei saisi olla täytekuvia. Kuvan pitäisi selventää, selittää tai yksinkertaistaa jotain oleellista, visuaalisesti hahmotettavissa olevaa asiaa. Nykyisissä oppikirjoissa havaittuihin puutteisiin voidaan lukea innostamisen puute ja kuvia selittävien viittausten puute tekstissä. Esimerkiksi Siltalan kirjassa lyhyt ja neutraali kuvateksti ei käytä mahdollisuuksiaan provosointiin tai innosta omaan kokeelliseen toimintaan. Tekstissä ei myöskään viitattu kuviin. Pelkkien kuvien läsnäolon ei ole havaittu lisäävän käsitteen muutosprosessia, mikäli teksti oli selittävää, mutta toisaalta epäoleelliset kuvat voivat jopa häiritä aiheeseen orientoitumista. Väärin valituilla kuvilla voidaan tarjota liian kapea tai helppo näkökulma aihealueeseen.

Myös tehtävien valinnan ja tyyppien pitäisi tukea ammattitaitoa. Laboranteille tehtävien pitäisi liittyä ydinosaamisalueisiin eli työtapoihin, analyysihin, mikrobien rakenteeseen ja toimintaan sekä mikrobiologian sovelluksiin. Oppikirjassa tulisi olla ohjeistusta myös mikrobiologian kokeellisuuteen, koska käytännön taitojen lisäksi työt perehdyttävät oppilaan havainnoimaan sekä kehittävät analysointitaitoja ja johtopäätösten tekoa. Tehtävien ratkaisemiseksi oppikirjassa voi olla viitteitä lisätietojen hankkimiseksi esimerkiksi verkko-oppimateriaalista. Tehtävien kysymysten pitäisi olla avoimia ja siten muotoiltuja ettei sivuston ensimmäiseltä pääsivulta saa suoraa ”oikeaa” vastausta kysymykseen. Todennäköisesti oppilaat kokevat avoimet ja ajattelua vaativat tehtävät vaikeammiksi, mutta tuskin työelämässäkään vastaan tulevaan ongelmaan löytyy nopeasti yhtä oikeaa, suljettua ratkaisua. Opetusharjoittelun aikana toteutettu ongelmalähtöinen oppiminen Mikkelin ammattiopistolla oli opiskelijoille erilainen tapa opiskella. Vaikka oletin tuntevani oppilaani, emme puhuneet samaa kieltä. Kun tavoitteena oli määritellä oppimistavoitteet eli mitä kunkin oppilaan tulisi tässä kohtaa oppia, oppilaat ”kuulivat” että oppikirjasta tietyt sivut olisi osattava kokeessa. Koska oppikirjan erottaminen oppimistavoitteesta oli vaikeaa, uuden ennen kaikkea ongelmalähtöiseen opetukseen sopivan materiaalin työstäminen näyttää Mikkelissä ennenaikaiselta. PBL-ongelmien, potentiaalisen lähdemateriaalin ja kuvien koostaminen painetuksi kirjaksi voisi johtaa tulkintaan, että kyseinen kirja pitää osata.

Verrattaessa kehittämishankkeen jälkeen toivottavasti syntyvää mikrobiologian oppimateriaalia Vainionpään kriteereihin (sivuilla 29-30) oppimateriaalin laadusta, saatavuudesta ja käytettävyydestä voidaan havaita muutosta parempaan päin. Painettuna oppikirja vanhenee, mutta mahdollinen uusi oppikirja olisi kuitenkin 15 vuotta nuorempi kuin nykyisin käytetty eli ajankohtaisempi. Oppikirjan saatavuus opiskelijoille paranisi kohtuullisilla kustannuksilla. Vaikka kirja olisi painettu, 15 vuodessa nettikirjakauppojen osuus on kasvanut ja Suomessa julkaistu oppikirja on tilattavissa vaikka suoraan kustantajalta kotiin. Uudelleenkäytön mahdollisuus paranisi ainakin kirjan kirjoittajan kohdalla, sillä materiaali olisi silloin oltava kokonaan myös digitaalisessa muodossa ja helpommin uusittavina moduuleina. Oppilaan yksilöllinen eteneminen mahdollistuisi, kun oppikirjassa olisi ajan tasalla olevat ydinsanat ja lähdeluettelo sekä viittaukset hyviksi havaituille virastojen tai tuotevalmistajien internet-sivuille. Varsinkin nopeat oppilaat saisivat lisää mahdollisuuksia. Monimuotoinen ja aktiivinen oppimisprosessi muuttuisi vain vähän uuden oppikirjan myötä. Vaikka kirjassa olisi vaihtoehtoisia kokeellisia töitä ja lisäviitteissä runsaastikin käytännön simulaatioita, lainsäädäntö ja laboratorion rajalliset tilat ja reagenssit eivät mahdollista jokaisen oppilaan tekevän eri kokeellisen työn. Toisaalta lukemalla ja simulaatiolla virtuaalimaailmassa ei voi kokonaan korvata käytännön kädentaitoja.

Oppikirjan tekijän tulee itsekkin olla riittävän rohkea, monipuolinen ja luova kuten kirjoittajan ohjeen ensimmäisessä kohdassa on korostettu. Vanhentunutta informaatiota on yllin kyllin tarjolla, mutta lukijansa haastavaa ja lukijan omaa ajattelua edistävää materiaalia vähän. Oppikirjaa lukiessaan on mahdollista oivaltaa vanhan tiedon pohjalta jotakin uutta. Sosiokulttuurisen näkökulman mukaanhan oppiminen on uuden luomista, ei vanhan tiedon toistamista ja soveltamista uudessa ympäristössä. Luotettavuuden ja laaja-alaisuuden varmistamiseksi kirjoittajan tulee hankkia asiantuntijaverkostoon lisää jäseniä. Huomasin myös hyvin konkreettisesti miksi monilla oppikirjoilla on useita kirjoittajia. Kuten kirjoittajan ohjeen kohdassa kaksi on todettu, yhden kirjoittajan asiantuntijuus ei ole riittävä vaan tarvitaan yhteistyötä usean asiantuntijan kesken. Kehittämishankkeen aikana huomasin itse kasvavani yhden biologian alan asiantuntijasta kohti oppimisen asiantuntijaa.

9 Lähteet

Aebli, H. 1991. Opetuksen perusmuodot. Helsinki: WSOY.

Ammatillisen peruskoulutuksen opetussuunnitelman ja näyttötutkinnon perusteet, laboratorioalan perustutkinto, laboratorioalan koulutusohjelma. 2000. Opetushallitus. <http://www.edu.fi/julkaisut/maaraykset/ops/laboratorio.pdf>

Barer, M. & Benbowin, E.W. 2005 Debate: Teaching microbiology to medical students. *Microbiology Today*. Augs. 134-135. Society for General Microbiology. http://www.sgm.ac.uk/pubs/micro_today/pdf/080509.pdf

Eloranta, V., Jeronen, E. ja Palmberg, I. (toim.) 2005. *Biologia eläväksi, biologian didaktiikka*. Keuruu: PS-kustannus

Falck, R. 2003. Uudet opetussuunnitelmat ja tiedonhallintataidot. Teoksessa *Voiko käärme kompastua*, Toim. Niinikangas, L. Helsinki: BTJ Kirjastopalvelu Oy

Fordell, T. 2003. Saako opettaja kompastua eli mikä voi mennä pieleen? Teoksessa *Voiko käärme kompastua*, Toim. Niinikangas, L. Helsinki: BTJ Kirjastopalvelu Oy

Hannus, M. 1996. Oppikirjan kuvitus – koriste vai ymmärtämisen apu? Turun yliopiston julkaisuja C122. Turku.

Heinonen, J-P. 2005. Opetussuunnitelmat vai oppimateriaalit. Peruskoulun opettajien käsityksiä opetussuunnitelmien ja oppimateriaalien merkityksestä opetuksessa. Helsingin yliopisto. Soveltavan kasvatustieteen laitos. Tutkimuksia 257. Helsinki

Häikiö, M. 1994. *Mikrobiologia*. Porvoo: WSOY

Jeronen, E. 2005. Resurssien valmistaminen, valitseminen ja käyttö. Julkaisussa *Biologia eläväksi, biologian didaktiikka*. Eloranta, V., Jeronen, E. ja Palmberg, I. (toim.) Keuruu: PS-kustannus

Julkunen, M.-L. 1988. Oppikirja tekstianalyysin kohteena. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunnan tutkimuksia 21.

Julkunen, M.-L. 1989. Oppikirja käsitteiden opettajana. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunnan tutkimuksia 23, Joensuu.

Kanto, P. ja Michel, P. 2005. Alternative teaching method in the laboratory field; plan of practical use of of E-teaching. kehittämishankeraportti. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Ammatillinen opettajakorkeakoulu

Karvonen, P. 1995. Oppikirjateksti toimintana. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.

Lukion opetussuunnitelman perusteet. 2003. Opetushallitus.
http://www.edu.fi/julkaisut/maaraykset/ops/lops_uusi.pdf, lukupäivä 8.8.2006

Mikkilä, M. 1992. Oppimateriaalin laatu ja osuus opetussuunnitelmien toteuttamisessa sekä opetuksen ja oppimisen suuntautumisessa. Teoksessa Nuorisoiän yleissivistävän opetuksen nykytilan ja tuloksellisuuden arviointia. Toim. Olkinuora, E. Lappalainen, M. & Mikkilä, M. Turun yliopisto. Oppimistutkimuksen keskuksen julkaisuja 1, 99-135.

Mikkilä, M. & Olkinuora, E. 1995. Oppikirjat ja oppiminen. Turun yliopisto. Oppimistutkimuksen keskuksen julkaisuja 4

Mikkilä-Erdmann, M., Olkinuora, E. & Mattila, E. 1999. Muuttuneet käsitykset oppimisesta ja opettamisesta- haaste oppikirjoille. Kasvatus 30 (5), 436-448

Mikkilä-Erdman, M. 2002. Textbook text as a tool for promoting conceptual change in science. Turun yliopisto väitöskirja. Turun yliopiston julkaisuja sarja B osa 249

Niinikangas, L. (toim.) 2003. Opettajan tiedonhallintataitojen opas. Helsinki: BTJ Kirjastopalvelu Oy

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, 2004 Opetushallitus
http://www.oph.fi/info/ops/pops_web.pdf, lukupäivä 8.8.2006

Poikela, S. 1998. Ongelmaperustainen oppiminen; Uusi tapa oppia ja opettaa. Tampereen yliopiston kasvatustieteen laitos lisensiaattityö Hämeenlinna

Poikela, S. 2003. Ongelmaperustainen pedagogiikka ja tutorin osaaminen. Tampereen yliopisto, Kasvatustieteellinen tiedekunta väitöskirja. Tampere: Tampere University Press

Rasila, U. 1998. Oppikirjat ja verkko - arvioita tehdystä kehittämistyöstä. Oppikirjan digitaalituloisuus.
<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/digitaalituloisuus/>

Rauste von Wright, ML. & von Wright J. 2003. Oppiminen ja koulutus. Porvoo: WSOY

Rissanen, E. 2001. Toisen asteen oppimateriaalit ja niiden vaatimukset luonnontieteellisissä oppiaineissa. Päättötyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Ammatillinen opettajakorkeakoulu.

Salonen, S., Happonen, P. ja Holopainen, M. 1997. Biologia Laborointi

Saranen, E. Oppikirjat luonnontieteellisen ajattelun kehittäjänä.
<http://www.edu.fi/julkaisut/ajattelu.pdf>, lukupäivä 5.5.2006

Siltala, E. 1996. Mikrobiologiaa ravitsemus ja talousalalle. Helsinki: Edita

Sivelä, C. ja Saarinen, T. 1993. Laborantin mikrobiologia. 4. painos Opetushallitus. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Säljö, R. 2004. Oppimiskäytännöt, sosiokulttuurinen näkökulma. Helsinki: WSOY

Taskinen, A. 2004. Opetuksen kehittäminen solu- ja molekyylibiologiassa; Opintomonistekokeilu Jyväskylän avoimessa yliopistossa BIO008- kurssilla. opinnäytetyö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Ammatillinen opettajakorkeakoulu

Ulmanen, I., Valste, J. ja Viitanen, P. 1995. Geeni. Helsinki: WSOY

Vainionpää, J. 2006. Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa. Tampereen yliopisto, opettajankoulutuslaitos, Tampereen yliopistopaino
<http://acta.uta.fi/pdf/951-44-6553-9.pdf>

Valtanen, J. 2005. Ongelma ongelmaperustaisessa oppimisessä. Teoksessa Ongelmista oppimisen iloa - ongelmaperustaisen pedagogiikan kokeiluja ja kehittämistä. toim. Poikela, E. & Poikela, S. Tampere. Tampere University Press