

**Biomolekyylit kemian opetuksessa sekä lukion kemian,
biologian ja terveystiedon oppikirjoissa**

Pro gradu –tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

13.11.2017

Laura Saarimäki

Tiivistelmä

Tämän tutkielman kirjallisessa osassa selvitettiin biomolekyylien; hiilihydraattien, proteiinien, nukleiinihappojen ja lipidien kemiallisia ominaisuuksia. Tarkoituksena oli selvittää näiden rakenteita sekä niihin liittyviä kemiallisia reaktioita. Kirjallisessa osassa perehdyttiin lisäksi kolmeen opetuksen lähestymistapaan, jotka olivat ongelmalähtöinen, kontekstisidonnainen ja monialainen oppiminen. Tutkielmassa perehdyttiin myös näiden lähestymistapojen käyttöön kemian opetuksessa. Lisäksi perehdyttiin lukion opetussuunnitelmaan kemian, biologian ja terveystiedon oppiaineiden osalta.

Kaikki kolme lähestymistapaa soveltuvat kemian opetuksen apuvälineiksi. Niiden havaittiin parantavan opiskelijoiden oppimista ja lisäävän opiskelijoiden mielenkiintoa kemiaa kohtaan. Lisäksi lähestymistavoista etenkin monialaisen oppimisen avulla saatiin parannettua opiskelijoiden ymmärrystä siitä, että luonnontieteet ovat monialaisia kokonaisuuksia. Lähestymistapojen käytön havaittiin sisältävän myös haasteita, joista moniin pystytään vastaamaan toteutettavissa olevien muutosten sekä harjoittelun avulla.

Tutkielman kokeellisessa osassa selvitettiin oppikirja-analyysin avulla, minkälaisia sisältöjä biomolekyyleistä lukion kemian oppikirjoissa esitellään. Lisäksi selvitettiin eroavatko näiden oppikirjojen sisällöt toisistaan. Kokeellisessa osassa selvitettiin myös lukion biologian ja lukion terveystiedon oppikirjan osalta biomolekyyleistä kertovat asiasisällöt. Kokeellisen osion lopuksi verrattiin toisiinsa eri oppiaineiden oppikirjoissa esiintyviä näkökulmia biomolekyyleihin.

Biomolekyylien sisältöjä käsiteltiin monipuolisesti kemian oppikirjoissa. Eri oppikirjojen sisällöt poikkesivat vain vähän toisistaan. Biologian oppikirjassa biomolekyylit olivat myös melko monipuolisesti esitelty, vaikkakin hieman suppeammin kuin kemian oppikirjoissa. Biologian oppikirjoissa tuotiin esiin myös biomolekyylien kemiallisia ominaisuuksia. Terveystiedon oppikirjoissa taas biomolekyylejä esiteltiin melko suppeasti, eikä niiden kemiallisia ominaisuuksia juuri tuotu esiin. Oppiaineiden näkökulmat biomolekyyleihin olivat toisistaan poikkeavat ja nämä näkökulmat tulivat oppikirjoissa selvästi esiin.

Esipuhe

Tämän Pro gradu –tutkielman tekeminen aloitettiin marras-joulukuun vaihteessa 2016 Jyväskylän yliopistossa ja tutkielma valmistui vuoden työn tuloksena syksyllä 2017. Tutkielman ohjaajana toimi yliopistonopettaja Jouni Välisaari. Tutkielman tekoon käytetty lähdekirjallisuus haettiin pääosin sähköisten tietokantojen avulla sekä kirjallisuutta käyttäen.

Haluan kiittää ohjaajaani Jouni Välisaarta motivoivasta sekä kannustavasta ohjauksesta koko tämän tutkielman tekemisen ajan. Lisäksi haluan kiittää tytärtäni Aadaa sekä etenkin aviomiestäni Jussia, joka on jaksanut tukea minua koko opintojeni ajan, ja luonut uskoa minuun silloinkin kun tämän tutkielman loppuun saattaminen on tuntunut lähes mahdottomalta saavutukselta.

Jyväskylässä 13.11.2017

Laura Saarimäki

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	i
Esipuhe.....	ii
Sisällysluettelo	iii
1 Johdanto	1
2 Biomolekyylit	2
3 Hiilihydraatit	3
3.1 Monosakkaridit	3
3.2 Oligosakkaridit.....	5
3.3 Polysakkaridit	6
3.4 Selluloosa	6
3.5 Täykkelys.....	7
3.6 Glykogeeni	8
4 Proteiinit.....	9
4.1 Aminohapot.....	9
4.2 Peptidit	10
4.3 Proteiinirakenne	12
5 Nukleiinihapot.....	15
5.1 Nukleotidit ja nukleiinihappojen emäkset.....	15
5.2 DNA:n rakenne	18
5.3 RNA:n rakenne	19
6 Lipidit.....	20
6.1 Rasvat ja rasvahapot	20
6.2 Fosfolipidit.....	22
6.3 Muita lipidejä.....	23
7 Lukion kemian, biologian ja terveystiedon opetussuunnitelma	26
8 Ongelmalähtöinen oppiminen	28
8.1. Ongelmalähtöisen oppimisen historia	28
8.2. Ongelmalähtöisen oppimisen tunnuspiirteitä ja tavoitteita	29
8.3. Ongelmalähtöisen työskentelyn kulku	31
8.4. Biomolekyylit ja ongelmalähtöinen oppiminen	32
8.4.1. Ongelmalähtöinen oppiminen biokemian kurssilla.....	33
8.4.2. Ongelmalähtöinen oppiminen hiilihydraattikemian opetuksessa.....	34

9	Kontekstisidonnainen oppiminen.....	37
9.1.	Kontekstisidonnaisen oppimisen historia ja Saltersin lähestymistapa.....	38
9.2.	Kontekstisidonnaisen oppimisen ominaispiirteet ja tavoitteet.....	39
9.3.	Kemian opetuksen haasteet ja kontekstisidonnainen oppiminen.....	40
9.4.	Molekyylien väliset vuorovaikutukset biomolekyylien kontekstissa.....	42
10	Monialainen oppiminen.....	44
10.1.	Eheyttävä opetus ja monialaiset oppimiskokonaisuudet.....	45
10.2.	Tavoitteet monialaisessa oppimisessä.....	46
10.3.	Monialaisen oppimisen haasteet.....	46
10.4.	Monialaisen oppimisen lähestymistapa yleisen kemian opetukseen.....	47
10.5.	Kemian ja biologian aiheita yhdistävä kurssisarja.....	49
11	Yhteenveto.....	51
12	Tutkimuskysymykset.....	55
13	Tutkimusmenetelmät.....	56
13.1	Kemian oppikirjojen analyysi.....	56
13.2	Biologian ja terveystiedon oppikirjojen analyysit.....	57
14	Tutkimusaineisto.....	58
15	Tulokset ja tulosten analyysi.....	60
15.1	Biomolekyylit lukion kemian oppikirjoissa.....	60
15.1.1	Hiilihydraatit.....	60
15.1.2	Proteiinit.....	64
15.1.3	Nukleiinihapot.....	67
15.1.4	Lipidit.....	69
15.1.5	Yleisiä huomioita biomolekyylien esiintymisestä lukion kemian oppikirjoissa.....	71
15.2	Biomolekyylit lukion biologian oppikirjassa.....	72
15.2.1	Hiilihydraatit.....	73
15.2.2	Proteiinit.....	74
15.2.3	Nukleiinihapot.....	76
15.2.4	Lipidit.....	79
15.2.5	Yleisiä huomioita biomolekyylien esiintymisestä lukion biologian oppikirjassa.....	80
15.3	Biomolekyylit lukion terveystiedon oppikirjassa.....	81
15.3.1	Hiilihydraatit.....	81
15.3.2	Proteiinit.....	82
15.3.3	Rasvat.....	83
15.3.4	Yleisiä huomioita biomolekyylien esiintymisestä terveystiedon oppikirjassa.....	84
15.4	Oppikirjojen näkökulmat biomolekyylien käsittelyyn.....	85

16 Pohdinta ja johtopäätökset	90
16.1 Tutkimuksen kritiikki, luotettavuus ja eettisyys	93
16.2 Jatkotutkimusaiheet.....	94
17 Kirjallisuusluettelo	95
Liitteet	

1 Johdanto

Biomolekyylit ovat aineita, jotka näyttelevät suurta roolia ihmisissä sekä luonnossa yleensä. Luonnon organismit ovat suuria kompleksisia kokonaisuuksia, mutta ne muodostuvat yksinkertaisista pienemmistä osasista.¹ Tällaisia osasia ovat biomolekyylit, joihin kuuluvat hiilihydraatit, proteiinit, nukleiinihapot sekä lipidit. Soluissa biomolekyylit ovat niiden tärkeimpiä ainesosia.²

Tämän tutkielman aiheena ovat biomolekyylit. Tutkielman tarkoituksena oli selvittää biomolekyylien kemiallisia rakenteita. Tarkoituksena oli myös selvittää kemian opetukseen soveltuvia oppimisen lähestymistapoja sekä niiden hyödyntämistä biomolekyylien opettamisessa. Lähestymistavoista käsiteltiin ongelmalähtöistä oppimista, kontekstisidonnaista oppimista sekä monialaista oppimista.

Tutkielman kokeellisessa osuudessa pyrittiin selvittämään oppikirja-analyysin avulla, miten biomolekyylejä käsitellään lukion kemian, biologian ja terveystiedon oppikirjoissa. Lisäksi pyrittiin saamaan selville, onko kemian kirjojen sisältöjen välillä eroja sekä onko eri oppiaineiden välillä eroja biomolekyylien opetukseen käytetyissä näkökulmissa.

2 Biomolekyylit

Elävät organismit ovat monimutkaisia kokonaisuuksia.¹ Ne kuitenkin rakentuvat yksinkertaisista ainesosista. Monet elävissä organismeissa esiintyvät molekyylit, joita kutsutaan biomolekyyleiksi muodostuvat hiilestä, vedystä ja hapesta. Tällaisia molekyylejä ovat esimerkiksi hiilihydraatit ja rasvahapot. Lisäksi biomolekyyleissä esiintyy typpeä ja rikkiä, joita esiintyy esimerkiksi proteiineissa. Edellä mainittujen alkuaineiden lisäksi biomolekyyleissä voi olla fosforia, kuten esimerkiksi nukleiinihappoissa ja lipideissä on.

Biologisesti tärkeät molekyylit ovat usein suurikokoisia ja lisäksi monimutkaisia rakenteeltaan.² Näiden biomolekyyliden rakenteiden ja ominaisuuksien ymmärtäminen ei kuitenkaan ole kovin monimutkaista, sillä usein biomolekyylit muodostuvat alun perin pienistä ja rakenteellisesti yksinkertaisista yksiköistä. Nämä yksiköt taas muodostavat pitkiä polymeeriketjuja toisiinsa liittymällä.

Biomolekyylejä tutkii biokemian tieteenala, joka käyttää eri tieteenaloja avukseen saadakseen tietoa elämää ylläpitävien prosessien kemiallisesta luonteesta.¹ Biokemian tutkimuksen avulla ihmisillä on parempi ymmärrys terveydestä ja sairauksista molekyylitasolla. Biokemian tutkimuksen avulla on pystytty kehittämään tehokkaampia hoitokeinoja moniin sairauksiin.

Hiilihydraatit, proteiinit, nukleiinihapot ja lipidit ovat merkityksellisimpiä kemiallisia tekijöitä soluissa.² Solu koostuu pääosin vedestä, jota solun painosta on noin neljä viidesosaa.³ Jos taas vesi lasketaan solun painosta pois, saadaan solun kuivapaino. Tästä kuivapainosta noin 80 % on proteiineja ja noin 10 % lipidejä. Hiilihydraatteja ja nukleiinihappoja taas on vain muutama prosentti solun kuivapainosta.

3 Hiilihydraatit

Hiilihydraatit ovat molekyylijä, jotka sisältävät hiiltä, vetyä ja happea.⁴ Alun perin hiilihydraatteja pidettiin virheellisesti hiilen hydraatteina. Hiilihydraattien molekyylikaavasta esimerkkinä on $C_6H_{12}O_6$, joka on glukoosin molekyylikaava.

Elävissä organismeissa hiilihydraatit ovat solujen tärkeitä komponentteja.² Ne vastaavat energian lyhytaikaisesta varastoinnista. Hiilihydraatit toimivat myös kasvien tärkeinä rakenneosina. Hiilihydraatit esiintyvät luonnossa muun muassa energianlähteenä sokerien muodossa.⁵ Ne esiintyvät vararavintona tärkkelyksen ja glykokeenin muodossa ja tukirakenteina taas toimivat selluloosa ja kitiini. Hiilihydraatit toimivat myös rakenneosina biologisesti tärkeissä aineissa kuten nukleiinihappoissa.

Hiilihydraatit ovat rakenteellisesti polyhydroksisia aldehydejä tai ketoneita.⁶ Hiilihydraattien joukkoon kuuluvat monosakkaridit, oligosakkaridit ja polysakkaridit.⁷ Tämän lisäksi edellä mainittujen molekyylien johdannaiset, esimerkiksi sokerialkoholit, kuuluvat myös hiilihydraattien joukkoon. Sokerialkoholi on hiilihydraatti, jonka karbonyyliryhmä on pelkistetty. Muun muassa sorbitoli kuuluu tähän joukkoon.⁵ Myös johdannaisten johdannaisetkin lasketaan mukaan hiilihydraattien joukkoon.⁷

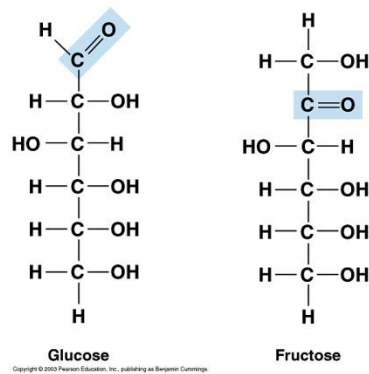
3.1 Monosakkaridit

Osa monosakkarideista toimii elimistön metabolisissa prosesseissa energianlähteenä.⁴ Tällaisia monosakkarideja ovat glyseraldehydi, riboosi, glukoosi, fruktoosi, mannoosi ja galaktoosi. Näistä tärkeimpänä energianlähteenä toimii glukoosi.

Monosakkaridit ovat kaikista hiilihydraateista rakenteeltaan yksinkertaisimpia.² Niille tyypillisiä rakenteellisia ominaisuuksia ovat vähintään yhden asymmetrisen hiiliatomin, aldehydi- tai ketoniryhmän ja kahden tai useamman hydroksyyliiryhmän sisältäminen.⁴ Monosakkaridit voivat sisältää vähintään kolme ja enintään kahdeksan hiiliatomia.² Lisäksi ne voivat sisältää vain yhden aldehydi- tai ketoniryhmän. Monosakkaridit nimetään niiden hiiliketjun pituuden mukaan. Nimen alkuun tulee hiiliatomien määrään viittaava etuliite ja perään päätte -oosi, esimerkiksi viisi hiiliatomia sisältävä

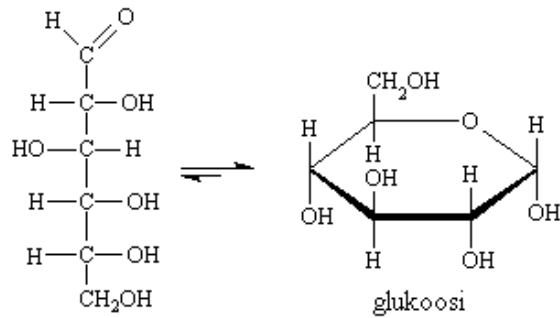
monosakkaridi on nimeltään pentoosi. Elävissä organismeissa esiintyvistä hiilihydraateista kaikkein yleisimpiä ovat pentoosit ja kuusi hiiliatomia sisältävät heksoosit.

Monosakkarideja, jotka sisältävät aldehydiryhmän kutsutaan aldooseiksi ja ketoniryhmän omaavia monosakkarideja kutsutaan ketooseiksi.⁴ Aldooseista eräs tunnetuimmista on glukoosi ja ketooseista esimerkkinä on fruktoosi. Glukoosi ja fruktoosi ovat rakenteidensa suhteen toistensa isomeerejä.² Tällainen rakenneisomeria tarkoittaa sitä, että glukoosin ja fruktoosin molekyylikaava on sama, mutta rakenteet eroavat hieman toisistaan (kuva 1).



Kuva 1: Glukoosin ja fruktoosin rakenteet.⁸

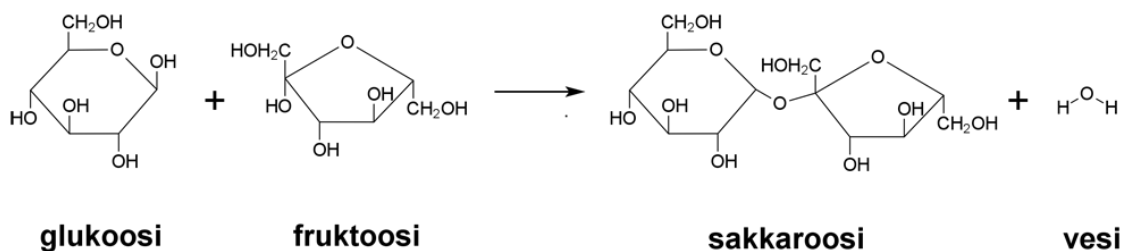
Monosakkaridit voivat avoimen ketjurakenteen sijaan muodostaa myös syklisiä rakenteita eli rengasrakenteita.² Luonnossa esiintyvillä monosakkarideilla on tasapaino avoimen ja syklisen rakenteen välillä, mikä kylläkin suosii rengasrakennetta.⁹ Viisi ja kuusi hiiliatomia sisältävät monosakkaridit muodostavat useimmin avoimen ketjurakenteen sijaan rengasrakenteen.² Tähän on syynä molekyylien sisäiset vuorovaikutukset. Esimerkiksi glukoosin viidennessä hiilessä on kiinnittyneenä alkoholiryhmä, joka voi reagoida ensimmäisessä hiilessä olevan karbonyyliryhmän kanssa muodostaen näin rengasrakenteen (kuva 2).



Kuva 2: Glukoosin rakenne avoimena ja syklisenä muotona.¹⁰

3.2 Oligosakkaridit

Monosakkaridit voivat liittyä toisiinsa, ja näin ollen muodostaa uusia hiilihydraatteja.⁹ Oligosakkarideissa monosakkarideja on yhdistyneenä toisiinsa kahdesta yhdeksään yksikköä.⁵ Kaksi toisiinsa sitoutunutta monosakkaridia muodostavat disakkaridin.⁹ Tällainen monosakkaridien välille muodostuva kovalenttinen sidos on nimeltään glykosidisidos. Glykosidisidos muodostuu dehydraatioreaktion avulla. Dehydraatio tarkoittaa reaktiota, jossa vesimolekyyli poistuu.⁴ Esimerkkinä disakkaridista on muun muassa sakkaroosi, jota yleiskielellä kutsutaan myös pöytäokeriksi.² Sakkaroosi muodostuu, kun yksi glukoosimolekyyli ja yksi fruktoosimolekyyli yhdistyvät (kuva 3).



Kuva 3: Sakkaroosin muodostuminen glukoosista ja fruktoosista.¹¹

Ihmisen elimistössä ruuan kautta saadut disakkaridit hajotetaan.² Ruuansulatus katkaisee monosakkaridien väliset sidokset hydrolyysin avulla. Hydrolyysissa

kemiallinen sidos hajoaa veden avulla, tämä johtaa yhden vedyn sekä hydroksyyli ryhmän additioon tuotteisiin. Hydrolyysin muodostamat monosakkaridit pääsevät helposti kulkeutumaan suoliston seinämien lävitse ja näin kulkeutumaan verenkiertoon, josta monosakkaridit voidaan ottaa käyttöön solujen energiaksi.

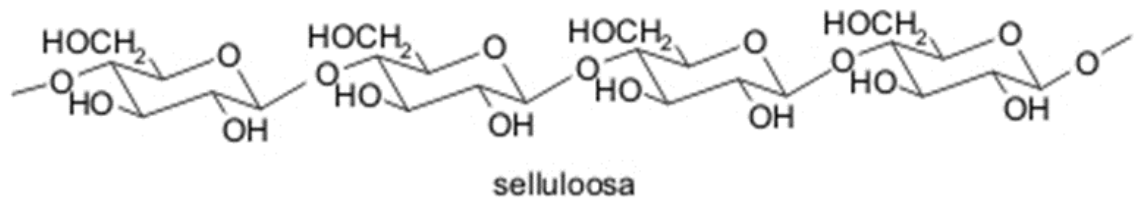
3.3 Polysakkaridit

Monosakkaridit pystyvät muodostamaan myös luonnon polymeerejä, joita kutsutaan polysakkarideiksi.² Polysakkaridit ovat monimutkaisia hiilihydraatteja, pitkiä ketjumaisia molekyyliä, jotka muodostuvat useista toisiinsa liittyneistä monosakkarideista. Polysakkaridiksi kutsutaan hiilihydraattia, jossa on enemmän kuin yhdeksän monosakkaridia liittyneenä yhteen.⁵ Osa polysakkarideista toimii varastomateriaalina.⁹ Tarpeen tullen varastomateriaalista pystytään saamaan hydrolyysin avulla energiaa solujen käyttöön. Muut polysakkaridit toimivat tärkeinä rakennusaineina muun muassa solujen suojaamisessa. Polysakkaridien sisältämät monomeerit ja glykosidisidosten sijainti määrittävät osaltaan koko polysakkaridin rakennetta ja toimintaa. Yleisimpiä polysakkarideja ovat selluloosa, tärkkelys ja glykogeeni.²

3.4 Selluloosa

Selluloosa on maapallolla esiintyvistä orgaanisista aineista runsaslukuisin.² Selluloosa rakentuu yksittäisistä glukoosimonomeereistä, jotka ovat kiinnittyneet toisiinsa β -glykosidisidoksilla (kuva 4). β -glykosidisidos tarkoittaa sidosta, jossa kahden monosakkaridin yhdistävä happiatomi osoittaa ylöspäin.⁶ β -glykosidisidoksessa happiatomit ovat siis suunnilleen samansuuntaisia sokerirenkaan tason kanssa.² Selluloosassa on molekyyliketjuja, jotka voivat sisältää 500-3000 glukoosiyksikköä.⁴ Selluloosan rakenne mahdollistaa vetysidosten muodostumisen toisten

selluloosamolekyylien kanssa.² Tämän johdosta selluloosa pystyy muodostamaan jäykän ja stabiilin rakenteen.

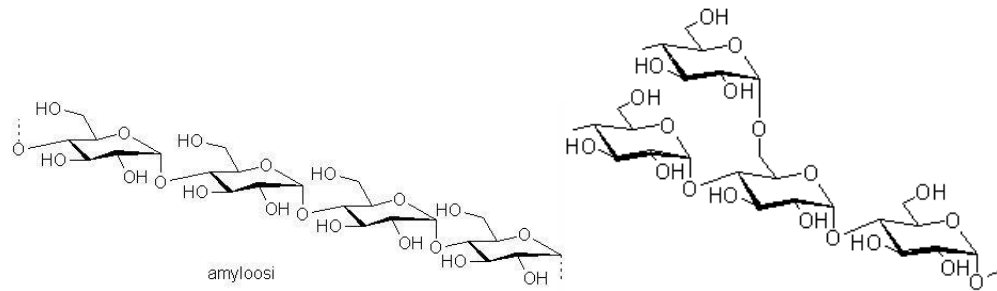


Kuva 4: Osa selluloosamolekyylin ketjua.¹²

Ihmiset eivät pysty sulattamaan ravinnosta saamaansa selluloosaa, koska elimistöstämme puuttuu selluloosaa pilkkova entsyymi.² Selluloosa kulkeutuu sellaisenaan ihmisen ruuansulatuselimistön läpi toimien kuitenkin kuituna suolistossa. Kuitumainen selluloosa helpottaa ruuan kulkua elimistössä ja on siksi tärkeä osa terveellistä ruokavaliota.⁹ On kuitenkin olemassa bakteereita, jotka pystyvät hajottamaan selluloosaa yksittäisiksi glukoosimolekyyleiksi.² Tällaisia bakteereja löytyy muun muassa märehitjoiden pöteistä.

3.5 Tärkkelys

Elävissä soluissa syntyy ja hajoaa koko ajan tärkkelystä.⁴ Tärkkelys muodostuu amyloosista ja amylopektiinistä, jotka ovat toisistaan hieman poikkeavia polysakkarideja.² Sekä amyloosi että amylopektiini muodostuvat glukoosimolekyylien ketjuista. Amylopektiinin ketjut ovat haaroittuneita ja amyloosin eivät ole (kuva 5). Yhdessä tärkkelysmolekyylissä voi olla 100-6000 glukoosiyksikköä toisiinsa sitoutuneena.⁶



Kuva 5: Osa amyloosi- ja amylopektiinimolekyylin rakennetta.^{13,14}

Tärkkelyksessä olevat glukoosiyksiköt ovat sitoutuneet toisiinsa α -glykosididoksilla, jotka poikkeavat hieman selluloosassa olevista β -glykosididoksista.² α -glykosididoksissa happiatomit osoittavat alaspäin suhteessa sokerirenkaan tasoon nähden. Tämä sitoutuminen on suurin ero selluloosan ja tärkkelyksen välillä.

Kasvit varastoivat tärkkelystä solurakenteisiin, josta ne voivat myöhemmin ottaa niitä käyttöön energiaa tarvittaessa.⁹ Ihmiskehossa tärkkelys toimii glukoosin lähteenä.⁴ Glukoosia saadaan kehossa käyttöön, kun amylaasientsyymi hajottaa tärkkelystä. Tärkkelystä saadaan muun muassa perunasta, leivästä ja pastasta.

3.6 Glykogeeni

Glykogeeni on amylopektiinin kanssa rakenteeltaan samantyylinen polysakkaridi, joskin sokeriketjultaan haaroituneempi.² Glykogeeni toimii glukoosin varastojana lihaksissa, joista sitä saadaan käyttöön energiaa tarvittaessa.

4 Proteiinit

Proteiinit ovat polypeptidejä, joilla on suuri molekyyli­massa ja monimutkainen rakenne.⁴ Proteiinien monimuotoisen rakenteen ansiosta niillä on useita eri toimintoja.¹⁵ Proteiinit toimivat muun muassa tärkeinä tekijöinä rakenteellisissa kudoksissa kuten esimerkiksi lihaksissa, ihossa ja kynsissä.¹⁶ Elävissä organismeissa esiintyvistä proteiineista osa toimii molekyylien kuljetustehtävissä, ja osalla proteiineista taas on tehtäviä liittyen niiden toimintaan katalyytteinä elämän ylläpitoon liittyvissä prosesseissa. Tärkeitä proteiineja ovat muun muassa kollageeni, hemoglobiini ja myoglobiini.¹⁷

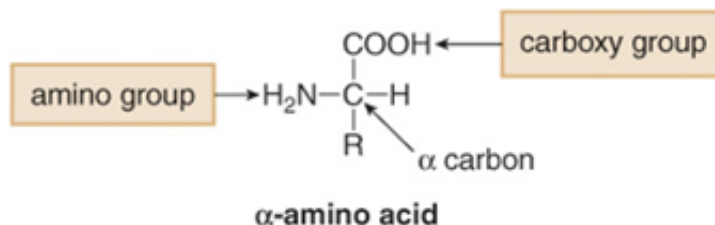
4.1 Aminohapot

Proteiinien rakennusaineita ovat aminohapot.⁴ Luonnossa esiintyvissä aminohapoissa on sekä aminoryhmä $-NH_2$ että karboksyyli­ryhmä $-COOH$.¹⁷ Aminoryhmä on sitoutuneena karboksyyli­ryhmän viereiseen α -hiileen, ja näin ollen luonnossa esiintyviä aminohappoja kutsutaan α -aminohapoiksi (kuva 6). Näitä proteiinisynteesiin käytettäviä α -aminohappoja on olemassa 20 erilaista.¹⁸ Kaikki näistä proteiineissa olevista aminohapoista ovat rakenteeltaan L-aminohappoja. L-etuliite viittaa tässä siihen, että nämä optisesti aktiiviset aminohapot kääntävät polarisoitua valoa vasempaan suuntaan.¹

Aminohapoissa on edellä mainittujen aminoryhmän sekä karboksyyli­ryhmän lisäksi α -hiiliatomiin liittynyt atomiryhmä, jota kutsutaan aminohapon sivuketjuksi (kuva 6).¹⁸ Aminohappojen yksilölliset ominaisuudet määräytyvät niiden sivuketjujen mukaan. Sivuketjut voivat olla sähköisesti varautuneita tai varautumattomia, ne voivat myös olla poolisia tai poolittomia. Eräs tärkeä sivuketjujen ominaisuus liittyy niiden käyttäytymiseen vesimolekyylien kanssa. Osa sivuketjuista on hydrofiilisiä ja pystyvät näin ollen sitomaan vesimolekyyliä. Osa taas käyttäytyy hydrofobisesti, jolloin ne hylkivät vettä.

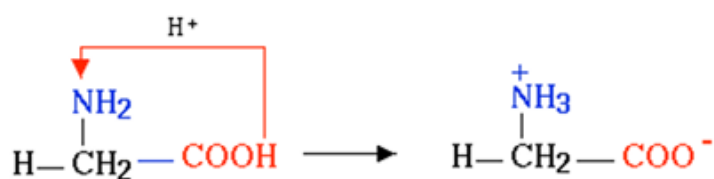
Sivuketjua voidaan kutsua myös R-ryhmäksi.¹⁷ Yksinkertaisin aminohappo on nimeltään glysiini. Glysiinin sivuketjuna on pelkkä vetyatomi. Glysiiniä lukuun

ottamatta kaikilla aminohapoilla on α -hiiliatomissa stereogeeninen keskus. Tällaiset kiraaliset aminohapot ovat optisesti aktiivisia.¹



Kuva 6: α -aminohapon yleinen rakenne.¹⁹

Aminohapot voivat toimia sekä happoina että emäksinä.¹⁹ Aminoryhmällä on aminohapossa vapaa elektronipari, joka tekee siitä emäksen, kun taas aminohapon karboksyyliiryhmä voi hapon tavoin luovuttaa protonin. Aminohapoilla on yleensä hyvin korkeat sulamispisteet ja ne liukenevat hyvin veteen. Tämä johtuu aminohappojen luonteesta esiintyä kahtaisioneina. Aminohapot eivät esiinny useimmin varauksettomina neutraaleina molekyyleinä vaan suoloina. Kahtaisioni syntyy kun aminohapossa hapolta siirtyy protoni aminoryhmälle, jolloin karboksylaatilla on negatiivinen varaus ja aminoryhmällä taas varaus on positiivinen (kuva 7).



Kuva 7: Aminohappojen kahtaisionin syntyminen.¹⁵

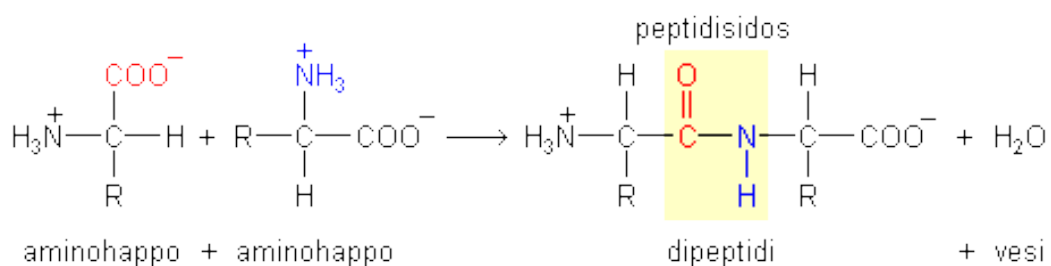
4.2 Peptidit

Aminohapot muodostavat proteiineja sitoutumalla toisiinsa peptidisidosten avulla.⁴ Kahta toisiinsa peptidisidoksella liittyntä aminohappoa kutsutaan dipeptidiksi, kolmea

tripeptidiksi ja niin edelleen.¹⁸ Useita peräkkäisiä aminohappoja sisältäviä ketjuja kutsutaan oligopeptideiksi ja lopulta polypeptideiksi. Polypeptidit voivat sisältää aminohappoja muutamasta kymmenestä jopa useisiin tuhansiin.¹⁵ Polypeptidiä, joka sisältää yli 40 toisiinsa liittyntä aminohappoa, kutsutaan proteiiniksi.¹⁷

Dipeptidi muodostuu, kun yhden aminohapon aminoryhmä muodostaa amidisidoksen toisen aminohapon karboksyyliiryhmän kanssa (kuva 8).¹⁷ Peptidin toisessa päässä on vapaa aminoryhmä ja toisessa päässä vapaa karboksyyliiryhmä.¹⁸ Peptideissä ja proteiineissa olevia amidisidoksia kutsutaan yleisesti peptidisidoksiksi.¹⁷ Dipeptidejä voi muodostua samojen aminohappojen toimesta kaksi erilaista, koska aminohappo sisältää sekä aminoryhmän että karboksyyliiryhmän. Nämä kaksi dipeptidiä ovat toistensa rakenneisomeerejä.

Dipeptidin muodostuminen tapahtuu kondensaatioreaktiolla (kuva 8).⁴ Kondensaatioreaktiossa kaksi tai useampi orgaaninen yhdiste liittyy toisiinsa, jolloin samalla välistä lohkeaa jokin pieni molekyyli, usein vesimolekyyli.² Peptidisidosten muodostuessa aminohappojen väliltä lohkeaa vesimolekyyli.¹⁸ Vastaavasti hydrolyysin avulla voidaan hajottaa peptidejä. Hydrolyysissä veden avulla katkaistaan kemiallinen sidos, ja samalla tuotteisiin kiinnittyy toiseen vetyioni ja toiseen hydroksyyliiryhmä.² Peptidisidosten hajoamista ei kuitenkaan tapahdu solun olosuhteissa ilman avustavaa entsyymiä.¹⁸



Kuva 8: Dipeptidin muodostuminen kondensaatioreaktiolla.²⁰

Peptidisidos usein esitetään yksinkertaistetussa muodossa $-\text{CO}-\text{NH}-$.¹⁸ Yksinkertaistettu muoto ei kuitenkaan vastaa täysin todellisuutta, sillä sekä hiiliatomin ja typpiatomin että hiiliatomin ja happiatomin välisillä sidoksilla on itse asiassa

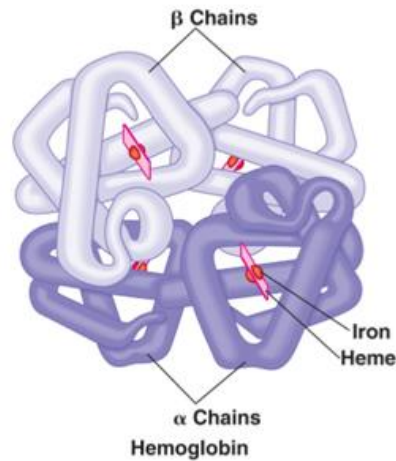
kaksoissidosluonne. Kaksoissidosluonteesta johtuen karbonyylihiilen ja typpiatomien välisen sidoksen suhteen ei voi tapahtua kiertymistä. Sen sijaan α -hiilen ja typpiatomien sekä α -hiilen ja karbonyyliryhmän hiiliatomien väliset sidokset ovat yksinkertaisia, näin ollen kiertyminen on niille mahdollista.

4.3 Proteiinirakenne

Ihmisten soluissa proteiinimolekyylit syntyvät ribosomeissa polypeptidinä.¹⁸ Muodostunut polypeptidi asettuu nopeasti tietynlaiseen kolmiulotteiseen rakenteeseen eli laskostuu proteiiniksi. Jokaisella proteiinilla on sille ominainen rakenteensa eli konformaationsa, joka on pysyvä. Pysyvään proteiinirakenteeseen on mahdollista tulla muutoksia, jotka yleensä vaikuttavat proteiinien toimintaan. Rakenteen tuhoutuminen on myös mahdollista. Proteiinirakenteen tuhoutumista voivat aiheuttaa muun muassa liian korkea lämpötila, epäsopeva liuoksen happamuus ja liuoksen korkea suolapitoisuus. Tuhoutumista kutsutaan denaturoinniksi, jonka seurauksena proteiini yleensä menettää täysin toimintakykynsä.

Proteiinirakenteita kuvataan useiden eri tasojen avulla.¹⁸ Näitä rakennetasoja ovat primaari-, sekundaari-, tertiääri- ja kvaternaarirakenteet (kuva 9). Proteiinin primaarirakenteella tarkoitetaan sen aminohappojärjestystä.¹⁷ Primaarirakenteessa tärkeimpänä osatekijänä on peptidisidos.

Proteiinin sekundaarirakenne tarkoittaa polypeptidiketjuissa olevia paikallisia laskostumisia ja kiertymiä.¹⁸ Peptidisidosten välille syntyvät vetysidokset stabiloivat sekundaarirakenteita.¹⁵ Yleisin proteiinien sekundaarirakenne on α -kierre.² α -kierteisessä aminohappoketju muodostaa tiiviin kierteen, jota sivuketjut laajentavat osoittamalla ulospäin kierteen keskustasta. Tätä rakennetta pitävät yllä peptidiketjun rungossa olevien NH- ja CO-ryhmien välillä olevat vetysidokset. Toiseksi yleisin sekundaarirakenne proteiineilla on β -laskos. β -laskoksessa aminohappoketjut ovat aukinaisessa muodossa ja näin ollen muodostavat siksak-rakenteen. Vierekkäiset aminohappoketjut vuorovaikuttavat keskenään muodostaen siksakin muotoisia levyjä, jotka pysyvät kiinni toisissaan vetysidosten avulla.



Kuva 10: Hemoglobiinin kvaternaairakenne.¹⁵

Proteiinit voidaan jakaa kahteen pääluokkaan, säikeisiin (*fibrous*) ja pallonmuotoisiin (*globular*).¹⁶ Säikeiset proteiinit toimivat yleensä rakennusaineina ja ne eivät liukene veteen. Ne voivat sisältää sivuketjuja, jotka ovat useimmiten ei-polaarisia. Esimerkiksi keratiinit, kollageenit ja silkit ovat säikeisiä proteiineja. Pallonmuotoiset proteiinit ovat jokseenkin vastakohtia säikeisille proteiineille, sillä ne ovat yleensä vesiliukoisia ja sisältävät usein polaarisia sivuketjuja. Pallonmuotoiset proteiinit eivät toimi rakennusaineina. Tällaisia proteiineja ovat esimerkiksi entsyymit, hormonit sekä kuljetusproteiinit.

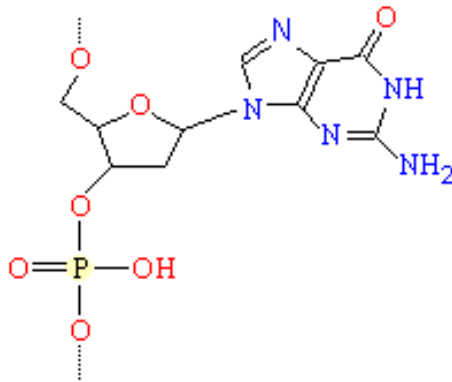
5 Nukleiinihapot

Nukleiinihapot ovat tärkeitä molekyyliä, jotka varastoivat geneettistä informaatiota.²¹ Jopa koko elämän olemassaolo on pohjautunut täysin nukleiinihappojen olemassaoloon ja toimintaan.³ Ne ovat ainoita molekyyliä, jotka pystyvät kopioimaan itse itsensä. Nukleiinihapot ovat polymeerejä, jotka koostuvat nukleotideista.²¹

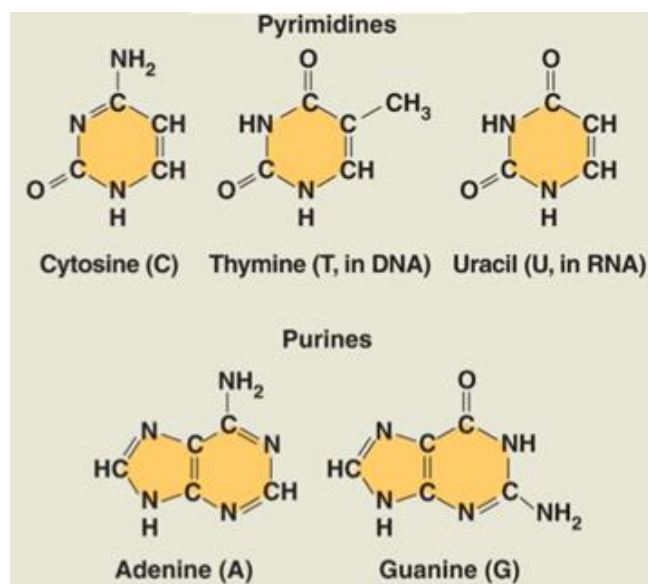
Proteiinien rakenteet sekä pohjimmiltaan kaikkien biomolekyylien rakenteet ja solujen rakennusosat ovat muodostuneet sen tiedon perusteella, jota solujen nukleiinihappoissa on ohjelmoituna nukleotidisekvenssin muodossa.²² Soluissa esiintyy kahdenlaisia nukleiinihappoja, jotka ovat deoksiribonukleiinihappo eli DNA ja ribonukleiinihappo RNA.²³ DNA:n ainoa tunnettu toiminta on geneettisen informaation varastoiminen ja tiedonsiirto.²² RNA:lla taas on useita erilaisia tehtäviä soluissa.

5.1 Nukleotidit ja nukleiinihappojen emäkset

Nukleotidit ovat nukleiinihappojen monomeerejä.¹ Nukleotidit muodostuvat kolmesta niille tyypillisestä rakenneosasta.²² Nämä rakenneosat ovat emäs, joka sisältää typpimolekyylin, viisi hiiltä sisältävä sokeri eli pentoosi ja yksi tai useampi fosfaattiryhmä. Nukleotidin kaikki rakenneosat ovat liittyneet toisiinsa kovalenttisilla sidoksilla (kuva 11).¹ Molekyyliä, jolta puuttuu fosfaattiryhmä, kutsutaan nukleosidiksi.⁴ Nukleosidi taas voi muuttua nukleotidiksi kondensaatioreaktiolla, jossa fosfaattiryhmä liittyy sokerin $-CH_2OH$ -ryhmään.

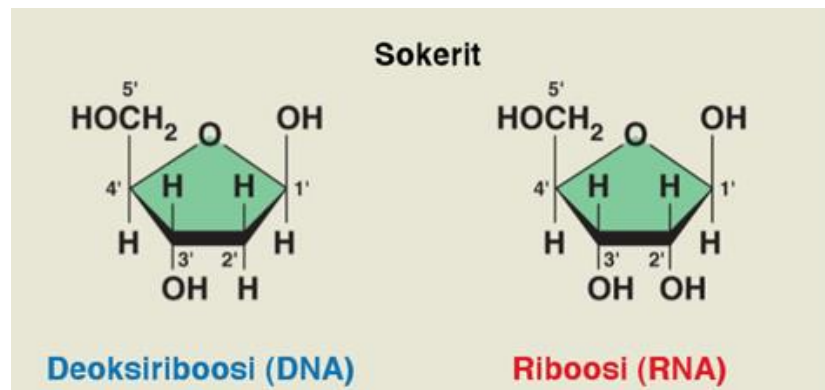
Kuva 11: Nukleotidin rakenne.²⁴

Nukleiinihapoissa olevia tyyppiä sisältäviä emäksiä on kahdenlaisia, pyrimidiinejä ja puriineja.¹ Nämä emäkset ovat kaikki heterosyklisiä.²¹ Pyrimidiinien rakenne sisältää yhden renkaan ja puriinien rakenteessa taas on kaksi rengasta. Yhteensä pyrimidiinejä ja puriineja esiintyy nukleiinihapoissa viittä erilaista. Näistä puriineja on kaksi emästä, jotka ovat adeniini ja guaniini. Sytosiini, tymiini ja urasiili taas ovat kolme pyrimidiiniemästä (kuva 12). Nukleiinihappojen emäksistä sytosiini, adeniini ja guaniini esiintyvät sekä DNA:ssa että RNA:ssa.¹ Sen sijaan tymiini esiintyy vain DNA:ssa ja urasiili vain RNA:ssa.

Kuva 12: Nukleiinihapoissa esiintyvien emästen rakenteet.¹⁵

Puriinit ja pyrimidiinit vapaina molekyyleinä esiintyessään omaavat heikosti emäksisiä ominaisuuksia, minkä vuoksi niitä kutsutaankin emäksiksi.²² Kuitenkaan nukleiinihappoissa sanalla emäs ei varsinaisesti tarkoiteta molekyyliä, jolla on emäksisiä ominaisuuksia, vaan aromaattista yhdistettä, johon on liittynyt typpimolekyyli.¹ Puriinien ja pyrimidiinien aromaattisilla ominaisuuksilla on vaikutuksia nukleiinihappojen rakenteeseen, elektronijakaumaan ja valon absorptioon.²² Aromaattisten renkaiden atomien välillä on elektronien delokalisaatiota, mikä antaa usealle sidokselle osittaisen kaksoissidosluonteen. Lisäksi kaikki nukleiinihappojen emäkset pystyvät absorboimaan UV-valoa.

Nukleiinihappoissa esiintyy kahta erilaista sokerimolekyyliä, jotka molemmat sisältävät viisi hiiliatomia.²² DNA:ssa oleva sokerimolekyyli on 2-deoksi-D-riboosi ja RNA:ssa D-riboosi (kuva 13).



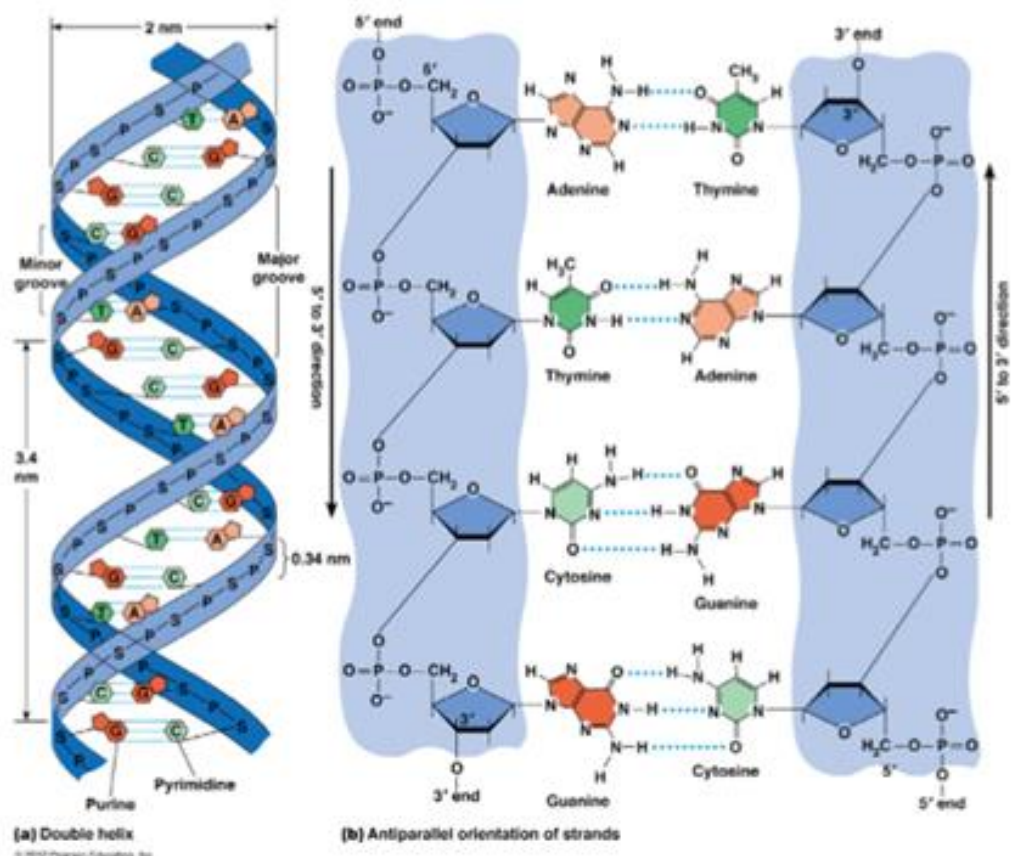
Kuva 13: Nukleiinihappoissa esiintyvien sokerien rakenteet.¹⁵

Nukleotidit yhdistyvät toisiinsa fosfodiesterisidosten avulla muodostaen nukleiinihappoja.²³ Fosfodiesterisidos muodostuu, kun toisen nukleotidin fosfaattiryhmä sitoutuu kovalenttisesti toisen nukleotidin hydroksyyliiryhmän kanssa.²²

5.2 DNA:n rakenne

DNA-molekyylit rakentuu kahdesta itsenäisestä polynukleotidiketjusta.¹ Nämä polynukleotidiketjut kietoutuvat toinen toisensa ympäri, jolloin saadaan aikaiseksi kierteinen rakenne. Ketjuja kutsutaan DNA-juosteiksi. DNA-juosteen runko rakentuu toistensa kanssa vuorottelevista deoksiriboosi- ja fosfaattiryhmistä.³ Deoksiriboosien kohdalta kummastakin DNA-juosteesta osoittaa emäs toista juostetta kohti. Kaksi juostetta liittyvät toisiinsa emästen kautta (kuva 14).

Emäkset liittyvät toisen juosteen emäkseen vetysidosten kautta.²⁵ Adeniini sitoutuu tymiiniin ja guaniini sitoutuu sytosiiniin. Adeniinin ja tymiinin välille muodostuu kaksi vetysidosta ja guaniinin ja sytosiinin välille muodostuu kolme vetysidosta. Yhteenliittyneet kaksi polynukleotidiketjua ovat toisiaan kohden vastakkaisuuntaisia.



Kuva 14: DNA:n kaksoiskierre.²⁵

DNA:n kahdentuessa emäksien väliset vetysidokset katkeavat ja DNA-juosteet erkanevat toisistaan.²⁵ Molemmat alkuperäiset juosteet toimivat mallina, jotta uusi juoste rakentuu niiden rinnalle. Tällä tavalla saadaan alkuperäisestä kaksoiskierteestä rakennettua kaksi uutta samanlaista kierrettä.²¹ Tämä prosessi jatkuu niin kauan kuin on tarvetta. Uusien juosteiden muodostamiseen alkuperäisen juosteen mallista tarvitaan monimutkainen kemiallisten reaktioiden sarja.

5.3 RNA:n rakenne

RNA-molekyyleillä on useita erilaisia toimintoja.⁴ Tunnetuimpia RNA-molekyylejä ovat lähetti-RNA, siirtäjä-RNA ja ribosomaalinen RNA. Kaikilla näillä molekyyleillä on oma tärkeä osansa proteiinisynteesissä. RNA:n polynukleotidiketjussa DNA:han verrattuna tymiinin tilalla on aina urasiili. Soluissa oleva RNA muodostuu yleensä yksittäisistä juosteista. Juosteiden sisällä voi kuitenkin esiintyä emästen sitoutumista toisiinsa, mikä aiheuttaa RNA-juosteen laskostumista erilaisiin muodostelmiin. Emäksistä guaniini sitoutuu sytosiinin kanssa vetysidoksilla samalla tavalla kuin DNA:ssakin ja adeniini sitoutuu tymiinin tilalla olevan urasiilin kanssa.

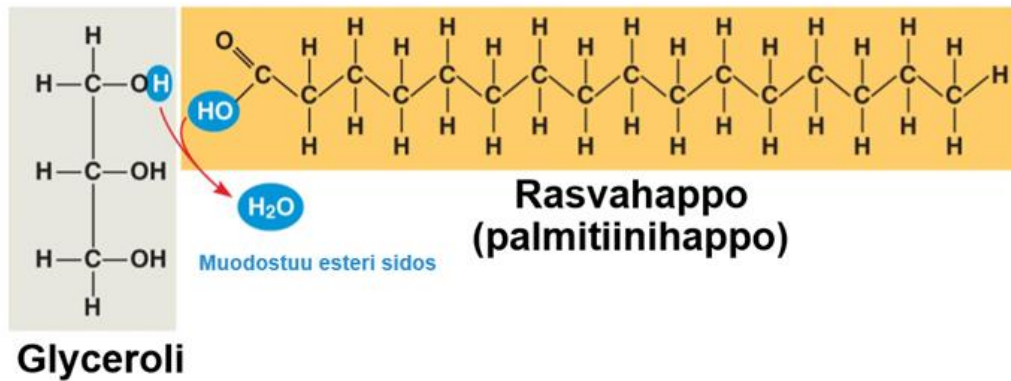
6 Lipidit

Lipidit ovat monimuotoinen joukko erilaisia molekyyliä, jotka omaavat hydrofobisia ominaisuuksia eli eivät ole vesiliukoisia.¹⁸ Orgaaniset yhdisteet luokitellaan yleensä niiden sisältämien funktionaalisten ryhmien perusteella.²⁶ Lipidit ovat kuitenkin yhdisteitä, jotka luokitellaan pelkästään niiden liukoisuuden perusteella. Hydrofobisina molekyyleinä lipidit liukenevat vain polaarittomiin orgaanisiin liuottimiin. Lipidien hydrofobisuus perustuu niiden rakenteeseen, johon kuuluu paljon poolittomia kovalenttisia sidoksia sisältäviä hiilivetyjä.¹⁵

Elävät organismit käyttävät lipidejä pitkäkestoiseen energian varastointiin, ja ne toimivat myös biologisten rakenteiden osasina.²⁷ Lipidien joukkoon kuuluvat muun muassa rasvat, öljyt, fosfolipidit, vahat, steroidit ja terpeenit.²⁶ Lipidit eivät muodosta polymeerejä kuten aiemmin käsitellyt hiilihydraatit, proteiinit ja nukleiinihapot.¹⁵ Rasvat, fosfolipidit ja steroidit ovat biologisesti tärkeimpiä lipidejä.

6.1 Rasvat ja rasvahapot

Rasvat ja öljyt ovat triasyyliglyseroleja.²⁸ Triasyyliglyserolit ovat rasvahappojen estereitä.¹⁸ Ne muodostuvat glyserolista ja rasvahapoista.¹⁵ Glyseroli on alkoholi, jossa on kolme hiiliatomia ja kaikissa näissä kolmessa hiilessä on kiinnittyneenä hydroksyyli-ryhmä. Rasvahapot ovat karboksyylihappoja, joissa on kiinnittyneenä pitkä hiilivetyketju.²⁷ Glyseroli ja rasvahapot muodostavat esterisidoksia kondensaatioreaktion avulla (kuva 15). Triasyyliglyseroleissa kolme rasvahappomolekyyliä on sitoutunut glyseroliin. Nämä rasvahappomolekyylit voivat olla kaikki kolme samanlaisia keskenään tai molekyyli voi sisältää erilaisia rasvahappomolekyyliä.

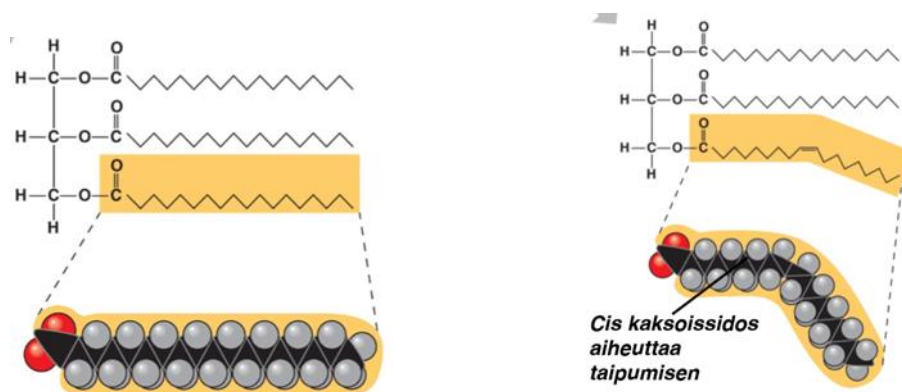


Kuva 15: Glycerolin ja rasvahapon sitoutuminen esterisidoksella.¹⁵

Luonnossa esiintyvissä rasvahapoissa on yleensä hiilivetyketjussa parillinen määrä hiiliatomeja ja ketjut ovat haarautumattomia.²⁸ Parillinen määrä hiiliatomeja perustuu siihen, että hiilivetyketjut ovat syntetisoituneet asetaatista, joka sisältää kaksi hiiliatomia.

Rasvahapot voivat olla tyydyttyneitä tai tyydyttymättömiä niiden hiilivetyketjun perusteella (kuva 16).²⁷ Samalla tavalla rasvat luokitellaan näihin kahteen tyyppiin riippuen siitä kummanlaisia rasvahappoja ne sisältävät. Tyydyttymättömissä rasvoissa on vähintään yksi kaksoissidos hiiliatomien välillä hiilivetyketjussa. Jos hiili-hiili-kaksoissidoksen vetyatomit ovat vastakkaisilla puolilla kaksoissidokseen nähden, niin rasvaa kutsutaan trans-rasvaksi. Cis-rasvassa taas vetyatomit ovat samalla puolella kaksoissidosta.

Tyydyttymättömät rasvat ovat useimmin peräisin kasveista ja ne ovat rakenteeltaan nestemäisiä huoneenlämmössä.²⁷ Muun muassa oliiviöljy on tyydyttymätön rasva. Tyydyttyneillä rasvahapoilla ei ole hiiliatomien välisiä kaksoissidoksia.²⁸ Tyydyttyneet rasvat ovat yleensä peräisin eläimistä ja ovat rakenteeltaan usein kiinteitä huoneenlämmössä.



Kuva 16: Tyydyttyneen ja tyydyttymättömän rasvahapon rakenne.¹⁵

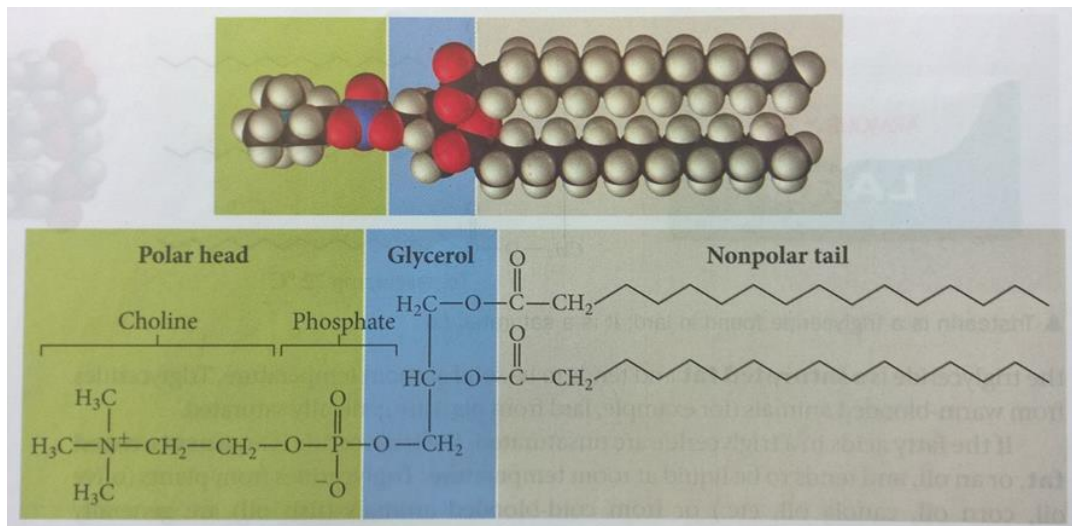
Tyydyttyneiden rasvahappojen sulamispisteet nousevat molekyylipainon kasvaessa.²⁸ Tämä johtuu siitä, että molekyylien väliset van der Waals -vuorovaikutukset voimistuvat molekyylien kasvaessa. Tyydyttymättömillä rasvahapoilla sulamispiste nousee myös molekyylipainon kasvaessa, mutta ne ovat alhaisempia kuin tyydyttyneillä rasvahapoilla. Tyydyttymättömien rasvahappojen cis-kaksoissidokset aiheuttavat taipumia molekyyliin. Tämän johdosta ne eivät voi pakkautua yhtä tiukasti toisiinsa kuin tyydyttyneet rasvahapot. Tällöin tyydyttymättömillä rasvahapoilla on vähemmän molekyylien välisiä vuorovaikutuksia, josta aiheutuu niiden alemmat sulamispisteet. Trans-kaksoissidokset eivät vaikuta yhtä paljon sulamispisteeseen, koska niiden rakenne muistuttaa enemmän tyydyttyneiden rasvahappojen rakennetta.²⁶ Tyydyttymättömien rasvahappojen sulamispisteet taas alenevat sen mukaan kun kaksoissidosten määrä kasvaa.²⁸

Luonnossa esiintyvistä rasvoista ja öljyistä suurin osa on sekoituksia triasyyliglyseroleista, jotka sisältävät sekä tyydyttyneitä että tyydyttymättömiä rasvahappoja.²⁶

6.2 Fosfolipidit

Fosfolipidit ovat rakenteeltaan samankaltaisia rasvojen kanssa (kuva 17).²⁷ Niillä on rakenteessaan glyseroli, johon on liittynyt kaksi rasvahappoa. Glyserolin kolmas

alkoholiryhmä taas on kiinnittyneenä fosfaattiryhmään. Fosfaattiryhmässä voi myös olla kiinnittyneenä pieni varautunut tai poolinen atomiryhmä. Fosfolipidit ovat monimuotoinen joukko, jotka eroavat toisistaan rasvahappojen ja fosfaattiryhmään liittyneiden ryhmien suhteen.



Kuva 17: Fosfolipidin rakenne.²

Fosfolipideissä olevat rasvahapot ovat hydrofobisia, kuitenkin fosfolipideissä oleva fosfaattiryhmä ja siihen kiinnittyneet muut ryhmät muodostavat fosfolipidiin hydrofiilisen osan.¹⁵ Solujen vesipitoisessa ympäristössä fosfolipidit muodostavat kaksoiskalvoja, joissa rasvahappojen hydrofobiset päät pakkautuvat toisiaan vasten ja hydrofiiliset fosfaattipäät jäävät ulkopuolelle.

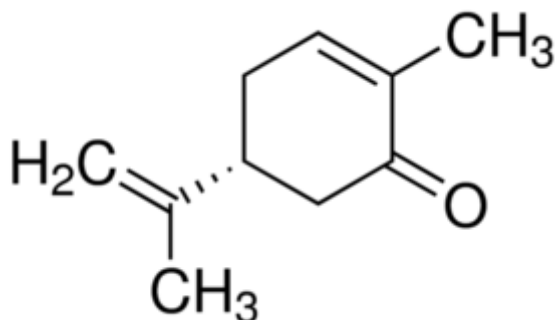
6.3 Muita lipidejä

Lipidien laajaan joukkoon kuuluvat lisäksi muun muassa vahat, saippuat, terpeenit, rasvaliukoiset vitamiinit ja steroidit.²⁶ Vahat ovat estereitä pitkäketjuisille rasvahapoille, joihin on liittynyt pitkäketjuinen alkoholi. Erilaisia vahoja löytyy luonnosta kasveilta ja

eläimiltä. Vahat esiintyvät usein suojaavina kalvoina kasveilla muun muassa varsissa ja lehdistä, eläimillä esimerkiksi sulissa ja iholla.¹ Eräs esimerkki tästä lipidien ryhmästä on mehiläisvaha.²⁸

Saippuat ovat rasvahappojen natrium- tai kaliumsuoloja.²⁸ Saippuaa syntyy, kun rasvojen ja öljyjen esterisidoksia hajotetaan emäksisissä olosuhteissa suoritetun hydrolyysin avulla.²⁶

Terpenit ovat monimuotoinen joukko molekyyliä, joiden hiilirunko koostuu viisi hiiliatomia sisältävistä yksiköistä.²⁶ Yksiköt ovat isoprenejä (2-metyyli-1,3-butadieeneja), jotka voivat liittyä ketjun molemmista päistä toiseen isopreeniyksikköön.²⁹ Osa terpeeneistä on hiilivetyjä ja joidenkin rakenteessa saattaa olla happimolekyyliä. Terpenit voivat olla ketjurakenteeltaan avoimia tai renkaita. Terpeenejä saadaan yleensä kasvien eteerisistä öljyistä.²⁶ Eräs esimerkki terpeeneistä on karvoni (kuva 18), jota saadaan eristämällä piparmintusta.²⁹

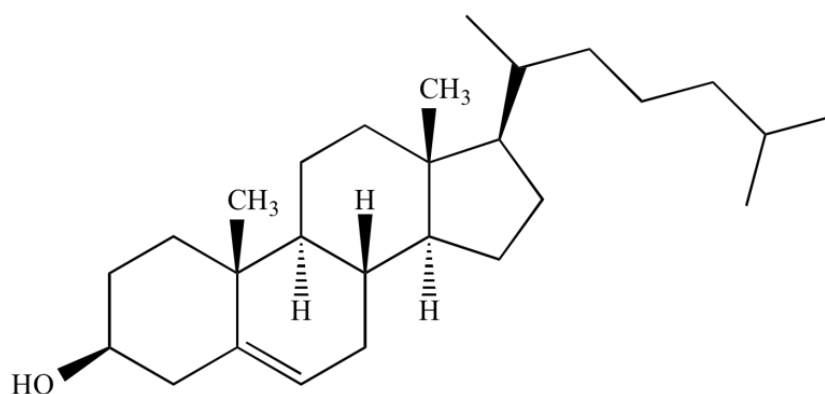


Kuva 18: Piparmintussa esiintyvän karvonin rakenne.³⁰

Vitamiineista A-, D-, E- ja K-vitamiinit kuuluvat lipideihin.²⁸ A-vitamiini on ihmisten ja eläinten näkökykyyn vaikuttava tärkeä vitamiini.¹ A-vitamiinin esiaste on muun muassa porkkanoista löytyvä β -karoteeni. β -karoteeni muunnetaan kemiallisten reaktioiden avulla A-vitamiiniksi organismin sitä tarvitessa. D-vitamiini taas toimii tärkeänä tekijänä kalsiumin ja fosforin aineenvaihduntojen sääntelyssä. Eräs tärkeimmistä D-vitamiinin muodoista on D₃-vitamiini. Tätä vitamiinia muodostuu kolesterolista auringon ultravioletti säteilyn toimesta. E-vitamiini toimii kehossa antioksidanttina, joka on hyvä pelkistin. E-vitamiini pystyy reagoimaan kehossa

esiintyvien hapettimien kanssa ennen kuin ne pystyvät hyökkäämään muiden biomolekyylien kimppuun. K-vitamiini taas säätelee veren hyytymistä.

Lipidien joukkoon kuuluvat steroidit ovat monimutkaisia polysyklisiä molekyyliä, joita esiintyy kasveissa ja eläimissä.²⁶ Steroidit käsittää laajan joukon erilaisia yhdisteitä, joihin kuuluvat muun muassa hormonit. Steroidien rakenne koostuu neljästä toisiinsa kiinnittyneestä renkaasta.² Näistä renkaista kolme sisältävät kuusi hiiliatomia ja yksi rengas sisältää viisi hiiltä.¹ Yleisiä steroideja ovat muun muassa kolesteroli (kuva 19) sekä sukupuolihormonit testosteroni ja β -estradioli.²



Kuva 19: Kolesterolin rakenne.³¹

Seuraavissa luvuissa käsitellään lukion opetussuunnitelmaa sekä muutamaa lähestymistapaa kemian opetukseen, joita voidaan hyödyntää biomolekyylien opetuksessa. Käsiteltäviä lähestymistapoja ovat ongelmalähtöinen, kontekstisidonnainen ja monialainen oppiminen.

7 Lukion kemian, biologian ja terveystiedon opetussuunnitelma

Lukion vuonna 2015 voimaan astuneissa opetussuunnitelman perusteissa määritellään lukio-opetusta koskevia tavoitteita sekä keskeisiä sisältöjä liittyen kemian, biologian ja terveystiedon oppiaineiden opetukseen.³²

Opetussuunnitelman mukaan kemian opetus pyrkii tukemaan opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun sekä nykyaikaisen maailmankuvan kehittymistä.³² Kemian opetuksen avulla opiskelijan tulisi ymmärtää kemian ja kemiallisten sovellusten merkittävyyttä muun muassa päivittäisessä elämässä sekä ympäristössä. Kemian opetuksessa on lisäksi tarkoitus tuoda esiin kemiallisten ilmiöiden makroskooppista, mikroskooppista sekä symbolista tasoa. Näin ollen opiskelijoiden oletetaan saavuttavan paremman ymmärryksen ilmiöistä.

Lukion kemian opetuksen tavoitteena on myös tutustuttaa opiskelijoita aineen rakenteeseen sekä kemiallisiin reaktioihin.³² Lähtökohtana opetukselle toimii opiskelijoiden elinympäristöön yhteydessä olevien aineiden ja ilmiöiden tutkiminen sekä havainnointi.

Biologian lukio-opetuksen tarkoitus on kemian lailla kehittää opiskelijoiden luonnontieteellistä ajattelua.³² Biologian opetuksen avulla pyritään lisäksi auttamaan opiskelijoita ymmärtämään, että biologialla on merkitystä luonnontieteellisen maailmankuvan rakentumisessa.

Biologian opetuksen avulla opiskelija käsittää elollisen luonnon rakennetta.³² Lisäksi opiskelija ymmärtää elollisen luonnon toimintaa sekä vuorovaikutussuhteita. Kaikkia näitä pyritään opettamaan molekyylitasolta asti aina suurempiin kokonaisuuksiin. Biologian opetuksen tarkoituksena on myös auttaa opiskelijoita ymmärtämään sekä biologisia rakenteita että biologisia prosesseja syvällisemmin.

Opetussuunnitelman perusteissa kerrotaan terveystiedon oppiaineen pyrkivän edistämään terveyttä sekä turvallisuutta.³² Näiden tarkasteluun perehdytään lukiossa terveystieteen avulla. Terveystieto painottaa terveyden edistämisen lisäksi sairauksien ehkäisyä. Lisäksi terveystiedon opetuksen eräänä tavoitteena pidetään sitä, että opiskelija oppii edistämään niin omaa kuin ympäristönsäkin terveyttä oikeilla valinnoilla.

Lukion opetussuunnitelman perusteissa esitellään kemian, biologian ja terveystiedon opetuksen pohjana käytettäviä näkökulmia kyseisen oppiaineen opetukseen. Tämän tutkielman kokeellisessa osassa oppikirjojen sisällönanalyysin kautta pyritään selvittämään, minkälaiset näkökulmat eri oppiaineissa esiintyy biomolekyylien käsittelyyn liittyen.

8 Ongelmalähtöinen oppiminen

Perinteisenä lähestymistapana opetukseen pidetään yleensä sisältölähtöistä opetusta. Sisältölähtöistä lähestymistapaa voidaan kutsua myös opettajakeskeiseksi lähestymistavaksi.³³ Tässä lähestymistavassa korostuvat opetettavat asiasisällöt. Opettajakeskeisessä opetuksessa opetussuunnitelma ja opettajan valinnat ohjaavat oppimista.³⁴ Ongelmalähtöinen oppiminen, jota myös ongelmaperustaiseksi oppimiseksi kutsutaan, on opetusmenetelmä, joka poikkeaa perinteisestä lähestymistavasta opettamiseen ja oppimiseen.³⁵

Ongelmalähtöisen oppimisen yksinkertaistettu perusajatus on se, että lähtökohtana oppimiselle on jokin ongelma, pulma tai kysymys, jonka oppija haluaa selvittää saadakseen asiaan ratkaisun.³⁶ Käytettäessä opetusmenetelmänä ongelmalähtöinen oppiminen haastaa opiskelijoita oppimaan oppimista ja etsimään ratkaisuja ongelmiin, jotka saavat lähtökohtansa oikeasta elämästä.³⁵

Ongelmalähtöinen oppiminen korostaa vuorovaikutusta ryhmän jäsenien välillä sekä oppimistarpeita, jotka jokainen ryhmä määrittelee itse.³⁷ Lisäksi opetusmenetelmä korostaa yhteisöllistä ja vuorovaikutuksellista tiedonmuodostusta. Ongelmalähtöisen oppimisen tarkoituksena on päästä pois perinteisestä ulkoa opettelun kulttuurista ja pystyä kehittämään oppimistaitoja paremmiksi. Ongelmalähtöisessä oppimisessä käytetään hyödyksi aktiviteetteja ja menetelmiä, jotka on jo aiemmin havaittu toimiviksi oppimista edistäviksi opetuksen apuvälineiksi.³⁸ Tässä lähestymistavassa käytetään muun muassa oppimista aktivoivia lähtökohtia sekä niin ikään oppimista tukevaa opettajan ohjausta. Lisäksi ryhmätyöskentely sekä itsenäinen opiskelu ovat tyypillisiä piirteitä ongelmaperustaisessa oppimisessä.

8.1. Ongelmalähtöisen oppimisen historia

Ongelmalähtöisen oppimisen opetusmenetelmä juontaa juurensa Pohjois-Amerikkaan, jossa ollaan jo 1970-luvulta asti kehitetty tätä opetusmenetelmää.³⁶ Alun alkaen ongelmalähtöistä oppimista sovellettiin terveystiedon alalle tuoduilla uudistuksellisilla

opetussuunnitelmilla. Ongelmalähtöisen oppimisen on pidetty olevan lähellä sitä totuutta, mitä useimmat ammatinharjoittajat päivittäin työssään kohtaavat. Eräs ongelmalähtöisen oppimisen tärkeä näkökulma onkin se, että oppiminen ja sen ohjaus rakennettaisiin siten, että ne vastaisivat ongelmiin, jotka ovat lähtöisin työelämästä.³⁹ Ongelmalähtöistä oppimista onkin sovellettu paljon ammatillisen koulutuksen puolella.

Suomessa ongelmalähtöistä oppimista sovellettiin ensimmäistä kertaa 1990-luvulla Tampereella, jossa sitä käytettiin yliopistossa lääketieteen alalla.³⁹ Nykyään tätä opetusmenetelmää käytetään jo monilla eri koulutusaloilla, varsinkin ammattikorkeakouluissa.

8.2. Ongelmalähtöisen oppimisen tunnuspiirteitä ja tavoitteita

Eräänä näkökulmana ongelmalähtöisen oppimisen lähestymistavan käyttämiselle on se, että oppimista tapahtuu silloin kun itsenäisesti toimivat aktiiviset oppijat työskentelevät yhdessä ratkaistakseen ongelmia.³⁸ Samalla he tutkivat niitä perusteita ja olettamuksia, jotka vaikuttavat heidän omaan ajatteluunsa ja toimintaansa. He pohtivat teoreettisia selityksiä, jotka ovat erilaisten ilmiöiden taustalla ja samalla rakentavat omaa ymmärrystään ja tietoaan asian suhteen. Ongelmalähtöisen oppimisen oppimisympäristö on oppijakeskeinen ja ongelmaperustainen, mikä luo hyvän pohjan mahdollisuudelle oppia.

Ongelmalähtöisessä oppimisessä käytetään usein virikeaineistoa, joka auttaa opiskelijoita käsittelemään tärkeitä ongelmia ja aiheeseen liittyviä asioita.³⁶ Tämä opetusmenetelmä käyttää yleensä sellaisia ongelmia, jotka muistuttavat tosielämässä tapahtuvia tilanteita, esimerkiksi työelämässä kohdattuja ongelmia. Ongelmalähtöiseen oppimiseen liittyy opiskelijoiden kriittisen ajattelun tarkoituksellinen ohjaaminen. Tässä opetusmenetelmässä opiskelijat määrittävät itse sen, mitä heidän täytyy oppia, ja he käyttävät oppimiseen tarjolla olevaa aineistoa. Opittua uutta asiaa käytetään alkuperäisen ongelman ratkaisuun.

Ongelmalähtöisessä oppimisessä tavoitteena on muun muassa opiskelijan ongelmanratkaisutaitojen kehittyminen.³⁸ Tämän lisäksi lähestymistapa tähtää siihen,

että opiskelijan kommunikaatio- ja vuorovaikutustaidot parantuisivat. Ongelmaperustaisen oppimisen tavoitteisiin kuuluu myös tiedonhankintataitojen kehittyminen. Lisäksi sen katsotaan opettavan opiskelijalle analyyttisyyttä ja kriittisyyden kasvamista. Eräs ongelmalähtöisen oppimisen tavoitteista on auttaa opiskelijoita muodostamaan laajaa ja joustavaa tietopohjaa opittavista aiheista.⁴⁰ Tällaisen tietopohjan rakentuminen ei tapahdu vain siten, että opiskelijat oppivat kaikki yksittäiset tosiasiat aihealueeseen liittyen, vaan siihen tarvitaan myös kykyä integroida tietoja useiden aihealueiden kesken. Tiedon tulisi järjestäytyä aihealueen pääpointtien ympärille. Tällöin hankitun tiedon pitäisi olla helposti palautettavissa mieleen ja sovellettavissa erilaisissa olosuhteissa. Tämän tyyppinen tietopohja myös kehittyy opiskelijoiden sitä soveltaessa ratkaistakseen erilaisia ongelmia.

Ongelmalähtöisen oppimisen tavoite kehittää opiskelijoiden ongelmanratkaisutaitoja vaatii opiskelijoilta kykyä soveltaa tarvittavia metakognitiivisia taitoja ja päättelystrategioita.⁴⁰ Kaikki päättelyn eri toimintamallit eivät sovi ratkaisemaan tiettyä ongelmaa. Metakognitiivisilla taidoilla taas tarkoitetaan sitä, että opiskelija kykenee suunnittelemaan omaa lähestymistapaansa ongelman ratkaisuun, seurata omaa edistystään tavoitteen saavuttamiseksi ja lopuksi arvioida onko tavoitteet saatu saavutettua.

Tavoitteena ongelmalähtöisessä oppimisessä on myös auttaa opiskelijoita kehittämään elinikäisiä itseohjautuvia oppimistaitoja.⁴⁰ Tämän tavoitteen saavuttamisessa metakognitiiviset taidot ovat myös suuressa roolissa, ne mahdollistavat itsenäistä oppimista. Opiskelijoiden on tunnettava omien tietojensa rajat ja osattava asettaa oppimistavoitteita. Näin ollen he ovat kykeneviä tunnistamaan tarpeen ongelmanratkaisua varten vaadittavaan uuteen tietoon. Opiskelijoiden on myös itseohjautuvan oppimisen saavuttamiseksi osattava valita oikeita lähestymistapoja ongelmanratkaisuun sekä arvioida tavoitteiden saavuttamista.

Eräänä ongelmalähtöisen oppimisen tavoitteena on kehittää oppijoita tulemaan hyviksi työtovereiksi.⁴⁰ Tämän tarkoituksena on oppia toimimaan itsenäisen työskentelyn lisäksi myös sujuvasti osana ryhmää. Hyvän ryhmän jäsenen tulisi osata luoda yhteisymmärrystä ryhmän kanssa, osata ratkaista mahdollisia ristiriitoja, neuvotella tarvittavista toimintatavoista yhdessä ryhmän kanssa sekä lopulta päästä yhteisymmärrykseen ryhmän jäsenien kesken. Ongelmanratkaisutehtävät vaativat

avointa keskustelua aiheeseen liittyvistä asioista sekä sitoutumista tehtävää kohtaan kaikkien ryhmän jäsenten toimesta.

Ongelmalähtöisen oppimisen tavoitteisiin kuuluu myös auttaa opiskelijoita tulemaan luonnostaan motivoituneiksi oppimista kohtaan.⁴⁰ Yleensä mahdollisuus luontaiseen motivaatioon tapahtuu silloin kun opiskelijat työskentelevät sellaisen tehtävän parissa, joka on valittu opiskelijoiden omien mielenkiinnon kohteiden perusteella. Tässä opettajilla onkin haastetta, sillä kaikille yhteisen mielekkään ongelman luominen on haastavaa, kun kyseessä on heterogeeninen ryhmä opiskelijoita.

8.3. Ongelmalähtöisen työskentelyn kulku

Tyypillistä ongelmalähtöisen oppimisen käytölle opetusmenetelmänä on se, että aluksi opiskelijaryhmät saavat jokainen käsiteltäväksi jonkinlaisen ongelman.³⁷ Ongelma on yleensä sellainen, jonka ratkaisu ei onnistu pelkästään opiskelijoiden omaavan aiemman tiedon perusteella. Ongelman käsittelyyn on olemassa malli, joka sisältää seitsemän noudatettavaa työvaihetta. Nämä työvaiheet ovat:

1. Tapaukseen liittyvien käsitteiden selventäminen
2. Ongelman määrittely
3. Aivoriihi
4. Selitysmallin rakentaminen
5. Oppimistavoitteiden muodostaminen
6. Itsenäinen opiskelu
7. Opitun tiedon soveltaminen sekä arvioiminen.⁴¹

Mallin ensimmäisessä vaiheessa opiskelijat tutustuvat heille annettuihin virikkeisiin ja etsivät näistä heille epäselvät käsitteet.³⁷ Tässä vaiheessa opettaja voi auttaa oppilaita selvittämään hankalat käsitteet. Ensimmäisen vaiheen avulla pyritään välttämään muissa työvaiheissa esiintyviä väärinymmärryksiä ja samalla varmistamaan, että koko ryhmä on samoilla linjoilla ongelman selvittämisen suhteen. Toisessa vaiheessa selvittävä ongelma määritetään, jotta kolmannen vaiheen aivoriihi voidaan käynnistää.

Aivoriihi on eräs perusmenetelmistä luovassa ongelmanratkaisussa.³⁷ Aivoriiehen tarkoituksena on tuottaa ideoita ryhmätyöskentelyn avulla. Sen kautta pyritään aktivoimaan opiskelijoiden omaavat aikaisemmat tiedot ongelman aihepiiriin liittyen. Aivoriiehen aikana ongelma myös rajataan. Neljännessä vaiheessa aivoriiehen kautta esiin tulleet asiat ryhmitellään muodostamaan yhtenäisiä kokonaisuuksia. Samalla luodaan yhteyksiä asioiden välille ja etsitään syy-seuraus-suhteita. Viidennessä vaiheessa opiskelijat muodostavat ryhmälle yhteiset oppimistavoitteet, jonka kautta itseopiskelu tapahtuu.

Mallin kuudennessa vaiheessa opiskelijat keräävät itsenäisesti tietoa ongelmaan liittyen aiemmin muodostettujen oppimistavoitteiden pohjalta.³⁷ Tässä vaiheessa opiskelijat oppivat myös arvioimaan löytämänsä materiaalin sopivuutta tehtävään ja sen luotettavuutta tiedonlähteenä. Viimeisessä vaiheessa itseopiskelun tulokset käydään ryhmissä lävitse ja pyritään näiden avulla saamaan ratkaisu alkuperäiseen ongelmaan.

8.4. Biomolekyylit ja ongelmalähtöinen oppiminen

Biokemian aiheita on usein totuttu opettamaan perinteisellä luennoivalla opetustyyllillä.⁴² Ongelmalähtöisen oppimisen avulla uskotaan olevan mahdollista luoda aitoja oppimiskokemuksia ja mahdollistaa luovaa ajattelua biokemian aiheisiin liittyen. Aiempien tutkimusten mukaan ongelmalähtöisen oppimisen opetusmenetelmä biokemian opetuksessa tukee biokemian aiheisiin liittyvää syvempää ymmärrystä ja myös sisältöjen pidempiaikaista muistamista. Uskotaan, että ongelmalähtöinen oppiminen tukee muistamista, koska opittavat asiat eivät ole irrallisia yksityiskohtia toisistaan erillisistä asioista, vaan opitut asiat muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden, jonka avulla on asiat helpompi ymmärtää ja painaa muistiin.

8.4.1. Ongelmalähtöinen oppiminen biokemian kurssilla

Turkissa Dokuz Eylul-yliopistossa on sovellettu ongelmalähtöistä oppimista biokemian kurssilla.⁴³ Tutkimuksen tarkoituksena oli määrittää opiskelijoiden näkemyksiä ongelmaperustaista oppimista hyödyntävien sovelluksien käytöstä biokemian kurssilla. Tutkijat halusivat myös saada selville miten tällaiset sovellukset vaikuttaisivat opiskelijoiden asenteisiin biokemiaa kohtaan. Tutkimuksessa haluttiin selvittää opiskelijoiden näkemyksiä käytettyjen ongelmien laadusta, kurssin ohjaajan toimintatavoista sekä ryhmän toiminnasta ongelmalähtöisissä aktiviteeteissa. Haluttiin myös saada selville ongelmalähtöisen oppimisen mahdollinen positiivinen vaikutus opiskelijoiden asenteisiin biokemiaa kohtaan.

Opiskelijat arvioivat käytettyjä aktiviteetteja kurssin suorittamisen aikana vastaamalla kyselyihin, joissa käytössä oli Likert-asteikko.⁴³ Arvioinnin pääkohtina olivat ongelmalähtöisen oppimisen ongelmien laatu, ohjaajan toiminta sekä ryhmän toiminta. Tutkimuksen luotettavuutta lisätäkseen tutkijat suorittivat opiskelijoille myös haastattelun sekä ennen että jälkeen kurssin. Kurssiin sisältyi muun muassa ongelmanratkaisuun liittyviä tunteja, keskustelua sisältäviä tunteja, esityksiä ja laboratoriossa vietettäviä tunteja. Opiskelijoiden osaamista testattiin myös kokeiden avulla.

Tutkimuksen perusteella saatiin tuloksia moneen asiaan.⁴³ Eräs tutkimusten tuloksista oli se, että kurssin edetessä opiskelijat vähitellen alkoivat paremmin ymmärtämään kuinka he voivat hyödyntää omia aiemmin opittuja asioitaan kurssilla esitettyjen ongelmien ratkaisemiseen. Tutkimuksen alussa opiskelijat pitivät ohjaajan roolia tärkeämpänä tekijänä ongelmalähtöisen oppimisen onnistumiseen kuin tehtäväksi valitun ongelman roolia. Tämä ajatus kuitenkin väheni kurssin loppua kohti mennessä. Samoin osa opiskelijoista kurssin alussa piti annettuja ongelmia lähtökohtaisesti huonosti motivoivina, mutta kurssin edetessä tilanne parani. Näiden yksityiskohtien johdosta tutkijoiden mukaan opiskelijat tulivat kurssin aikana vakuuttuneemmiksi siitä, että ongelmilla on merkitystä heidän onnistumisensa kannalta. Opiskelijat myös uskoivat kurssin lopussa olevansa kykeneviä ratkaisemaan vastaavanlaisia ongelmia ilman ohjausta.

Tutkimuksessa saatiin merkkejä siitä, että käytössä ollut ongelmalähtöinen lähestymistapa auttoi opiskelijoita parantamaan heidän opiskelutaitojaan.⁴³ Tulokset antoivat myös viitteitä siitä, että ongelmalähtöisen oppimisen keinoilla opiskelijat voisivat yhdistää uutta tietoa heidän jo omaavaan tietämykseen ilman ohjaajan apua. Tutkimuksen tulosten mukaan ongelmalähtöinen oppiminen paransi opiskelijoiden taitoja työskennellä ryhmässä. Tutkimuksessa ilmeni myös, että ongelmalähtöinen oppiminen biokemian kurssilla lisäsi opiskelijoiden mielenkiintoa kyseistä kurssia kohtaan. Sovellukset auttoivat myös tukemaan opiskelijoiden ymmärrystä ja oppimista biokemian aiheista. Opiskelijat lisäksi saivat parempaa ymmärrystä biokemian tärkeydestä heidän arkielämässään.

Tutkijoiden mukaan saatujen tulosten nojalla ongelmalähtöistä oppimismenetelmää voidaan pitää tehokkaana keinona tietämyksen muodostamisessa opiskelijoille ja sosiaalisten taitojen parantamisessa sekä kiinnostuksen herättämisessä biokemian aiheita kohtaan.⁴³ Tulosten perusteella tutkijat olivat myös sitä mieltä, että tehokas ongelmalähtöisen oppimisen käyttö opetuksessa vaatisi opettajien kouluttamista aiheeseen. Koulutuksen ansiosta opettajat saisivat rohkeutta ottaa ongelmalähtöistä oppimista mukaan omaan opetukseensa sekä he oppisivat parempia tapoja toteuttaa kyseistä lähestymistapaa.

8.4.2. Ongelmalähtöinen oppiminen hiilihydraattikemian opetuksessa

Santa Marian yliopistossa on sovellettu ongelmalähtöistä oppimista kemian ja biologian opetuksessa, jonka aiheena on ollut hiilihydraatit.³⁵ Kokeilussa suoritettiin aktiviteetteja, jotka liittyivät siihen, mitä syömme ja juomme. Aihe valittiin osaksi sen takia, että ruoka on aihe, jonka me kaikki tunnemme arkielämän tilanteista. Toiseksi ruoka on aiheena helppo toteuttaa opetusolosuhteissa materiaalien hankkimisen suhteen. Aktiviteettien avulla pyrittiin herättämään opiskelijoiden mielenkiintoa ja uteliaisuutta aihetta kohtaan. Aktiviteetteja pidettiin helposti toteutettavina esimerkiksi lukiotason oppilaitoksissa (*high school*), sillä ne ovat edullisia ja yksinkertaisia.

Kokeilussa tutkittiin makroskooppisesti tyypillisiä ruuissa esiintyviä monosakkarideja muutaman erilaisen kokeellisen aktiviteetin kautta.³⁵ Kokeilussa mukana olleet opiskelijat olivat osallistuneet aiemmin yleistä biokemiaa käsitteleville teoriapohjaisille tunneille johdantona aiheeseen. Aktiviteetit suoritettiin pareittain. Jokaiselle parille annettiin erilaisia ruokanäytteitä, joita testattiin osoituskokeilla. Parit saivat itse miettiä yksityiskohtia liittyen kokeen kulkuun. He muun muassa päättivät itsenäisesti käytettävien näytteiden määrät ja suhteet reagenssiin nähden. He päättivät myös itse tulisiko näytteitä homogenisoida jollain tavalla. Opettaja neuvoi kuitenkin käyttämästä ylimäärin ruokanäytteitä.

Opiskelijat havainnoivat koko kokeen ajan tapahtumia ja tekivät niistä johtopäätöksiä.³⁵ Kokeessa oli tarkoitus ymmärtää mono- ja disakkaridien pelkistävää vaikutusta. Opiskelijat tutkivat myös tärkkelystä toisen reagenssin avulla, ja lisäksi he tutkivat kolmannessa aktiviteetissa ruokanäytteitä glukoosioksidaasin avulla. Opettajat keräsivät lopuksi opiskelijoiden muodostamat tulokset heidän laboratoriokirjoistaan.

Aktiviteettien avulla oli tarkoitus saada opiskelijoita innostettua muodostamaan hypoteeseja, joiden avulla voidaan selittää sellaisia kemiallisia tapahtumia ja ilmiöitä, jotka ovat tärkeässä roolissa biologian näkökulmasta.³⁵ Kokeilusta saatujen tulosten mukaan ongelmalähtöisen opetusmenetelmän käyttö mahdollistaa orgaanisen kemian näkökulmien integroinnin fysiologisesti merkityksellisten molekyylien oppimiseen. Tähän apuna voidaan käyttää yksinkertaisia kokeita, jotka ovat makroskooppisesti havaittavissa.

Kokeilussa tuli esiin myös joitain ongelmia, joista suurin oli opiskelijoilta tulleet kielteiset palautteet aktiviteettien suhteen.³⁵ Negatiiviset kommentit liittyivät siihen, että aktiviteeteille ei annettu tarkkoja strukturoituja ohjeita, vaan opiskelijoiden tuli itse päättää osasta aktiviteetteihin liittyvistä tekijöistä. Opiskelijat olivat olleet hämmentyneitä aktiviteettien alussa sen suhteen, miten koe tulee suorittaa. Tutkijoiden mielestä vielä huolestuttavampaa oli opiskelijoiden useat kysymykset siitä ”mitä täytyy havainnoida”, joiden tavoitteena oli saada suorat vastaukset kokeisiin. Tätä tapahtui, vaikka opiskelijoita oli ohjeistettu tekemään itse omat havaintonsa ja johtopäätöksensä niihin perustuen. Tutkijoiden mielestä edellä mainittu käytös liittyy opiskelijoiden vaikeuksiin päästä irti heille juurtuneesta passiivisesta oppimistavasta. Suurin osa

opiskelijoiden saamasta opetuksesta on tarkoin rakennettua ja opiskelijoiden tulee seurata kirjaimellisesti heille annettuja ohjeita.

Tutkimuksessa huomattiin, että perinteisestä opetusmenetelmästä poiketen ongelmalähtöisen oppimisen aktiviteetit voivat johtaa virheisiin ja vaihtoehtoihin lopputuloksiin.³⁵ Tutkijoiden mukaan kuitenkin virheiden läsnäolo ja ristiriitaisia tuloksia antavat kokeet ovat erittäin tärkeitä, sillä niiden avulla pystytään torjumaan yleisesti valloillaan olevaa ajatusta siitä, että tiede ei sisällä koskaan virheitä. Heidän mukaansa tieteen opettaminen passiivisella tavalla, jossa opiskelijat aina seuraavat tarkkoja ohjeita, edistää stereotyyppistä näkökulmaa tieteestä, jonka mukaan kaikki tieteellinen tieto on totta.

Eräs toinen tärkeä huomio, jonka tutkijat tekivät, oli että aktiviteeteista yhdessä käyty keskustelu lopullisten tulosten osalta vaatii aktiivista oppilasta onnistuakseen.³⁵ Tämä eroaa normaaleista passiivisista luennoista. Tutkijoiden mielestä aktiviteettien aikana pystyttiin huomaamaan oppilaiden korkeaa motivaatiota aktiviteettien suorittamiseen.

9 Kontekstisidonnainen oppiminen

Viimeisten vuosikymmenten aikana useat eri maat ovat kehittäneet luonnontieteitä käsitteleviä opetussuunnitelmia.⁴⁴ Eräs pinnalla olleista suuntauksista on kontekstien ja sovellusten käyttö luonnontieteiden opetuksessa apuvälineenä tieteellisen ymmärryksen kehittämiseen. Tällaisen opetustavan käytössä omaksutaan yleensä joko kontekstisidonnainen lähestymistapa tai STS-lähestymistapa, jossa jälkimmäisessä yhdistyy tiede, teknologia ja yhteiskunta (*science-technology-society*). Näitä lähestymistapoja on hyödynnetty opetuksessa kaikilla ikäluokilla alakoulusta yliopistotasolle saakka. Eniten suuntaus on kuitenkin ollut nähtävissä materiaaleissa, jotka on suunnattu keskiasteelle.

Kontekstisidonnaisessa lähestymistavassa tarkoituksena on käyttää luonnontieteellisiä konteksteja ja sovelluksia lähtökohtana luonnontieteellisten ideoiden ja ajatusten kehittymiselle.⁴⁴ Kontekstisidonnainen lähestymistapa on vastakohta perinteiselle lähestymistavalle luonnontieteiden opetuksessa, jossa yleensä käsitellään ensin tieteellinen ajatus ja vasta sen jälkeen tarkastellaan sen sovelluksia. STS-termi on kansainvälisesti hyvin laajasti käytössä, sitä määritellään muun muassa seuraavasti: STS-lähestymistavat pyrkivät tuomaan esiin suhteita luonnontieteen, teknologian ja yhteiskunnan välillä. Lähestymistavassa voidaan keskittyä esimerkiksi yhteiskunnan ja teknologian välisiin vuorovaikutussuhteisiin tai yhteiskunnallisiin ongelmiin, jotka liittyvät jollain tavalla luonnontieteisiin tai teknologiaan.

Kontekstisidonnaiset ja STS- lähestymistavat ovat suurilta osin päällekkäisiä tavoitteidensa ja toteuttamisen suhteen.⁴⁴ Se kumpaa termiä käytetään on osittain riippuvainen siitä, missä kyseistä lähestymistapaa käytetään. Euroopassa käytetään yleisimmin termiä kontekstisidonnainen ja esimerkiksi Pohjois-Amerikassa STS-termi on yleisemmin käytössä. Edellä mainittuihin syihin perustuen tässä tutkielmassa käytetään jatkossa näistä lähestymistavoista yhtenäistä termiä kontekstisidonnainen oppiminen.

Kontekstisidonnaisen oppimisen avulla voidaan tutkia elävään elämään liittyviä kysymyksiä ja ongelmia.⁴⁵ Tämän lähestymistavan avulla voidaan järjestää esimerkiksi kierrätykseen liittyvä kampanja koulussa tai tutkia mitä yksilö voisi tehdä pienentääkseen omaa hiilijalanjälkeään. Kontekstisidonnaisessa oppimisessa käytetään

aktiviteetteja, jotka antavat sopivan kontekstin luonnontieteiden oppimiselle. Tällaisia konteksteja voisivat olla muun muassa paikallinen järvi ja sen ominaisuudet tai esimerkiksi paikallinen ilmanlaatu. Aktiviteettien avulla voidaan näin tarkastella yhteiskunnallisia ongelmia paikallisessa kontekstissa. Tällöin opittavan asian merkityskin opiskelijoille yleensä kasvaa.

Kontekstisidonnaisessa oppimisessa käytetään hyödyksi myös oppilaskeskeistä sekä aktiivisen oppimisen lähestymistapaa.⁴⁶ Näissä lähestymistavoissa opiskelijoilla on paljon itsenäisyyttä, mikä vaikuttaa heidän oppimisaktiivisuuteensa. Oppilaskeskeisessä ja aktiivisen oppimisen lähestymistavoissa käytettyjä aktiviteetteja voivat olla esimerkiksi ongelmanratkaisutehtävät ja pienryhmäkeskustelut.

9.1. Kontekstisidonnaisen oppimisen historia ja Saltersin lähestymistapa

Kontekstisidonnaiset lähestymistavat ovat tulleet mukaan luonnontieteiden opetukseen 1980-luvun alkupuolella.⁴⁷ Eräs kontekstisidonnaista oppimista käyttävä suuntaus on ollut Saltersin lähestymistapa (*Salters approach*), ja on sitä edelleen. Tämä lähestymistapa on saanut alkunsa vuonna 1983. Tuolloin Pohjois-Englannissa kokoontui joukko opettajia, jotka pohtivat mahdollisia uusia tapoja, joiden avulla saataisiin tehtyä kemian opetus mielenkiintoisemmaksi opiskelijoille. Kokoontumisessa päätettiin uusien kontekstisidonnaisten kurssien kehittämistä. Tänä päivänä kyseisen tapaamisen pohjalta on kehitetty lukuisia kemiaa, biologiaa ja fysiikkaa käsitteleviä kursseja, jotka ovat käytössä Englannissa. Lisäksi monia kursseja on otettu käyttöön myös muissa maissa, esimerkiksi Yhdysvalloissa.

Saltersin lähestymistapa lähti alulle opettajien huolista luonnontieteiden opetuksen suhteen.⁴⁷ He olivat sitä mieltä, että luonnontieteiden on tultava houkuttelevammiksi opiskelijoille, jotta he ymmärtäisivät niiden merkityksellisyyden omassa arjessaan. Tarkoituksena oli lisäksi luoda oppimisaktiviteetteja, joiden toteutuksessa opiskelijat pääsisivät itse aktiivisesti osallistumaan. Saltersin lähestymistapa on myöhemmin tunnettu pääesimerkkinä kontekstisidonnaiselle lähestymistavalle opetukseen.

Saltersin lähestymistavassa painotetaan sitä, että käytettyjen kontekstien ja aktiviteettien tulee parantaa opiskelijoiden arvostusta siihen, kuinka kemia vaikuttaa heidän ja kaikkien muiden ihmisten elämään kaikkialla maailmassa.⁴⁷ Toinen painopiste on siinä, kuinka kemia auttaa ihmisiä saamaan parempaa ymmärrystä ympäröivästä luonnosta ja ympäristöstä. Saltersin kurssien tavoitteita ovat muun muassa näyttää niitä tapoja, joilla kemiaa maailmassa hyödynnetään sekä miten sitä kemistien työssä käytetään. Tavoitteena on myös lisätä kemian mielenkiintoa ihmisille näyttämällä heille konkreettisesti, miten kemia heidän elämäänsä vaikuttaa. Tarkoituksena on lisäksi saada laajennettua käytössä olevien oppimis- ja opetusaktiviteettien kirjoa.

9.2. Kontekstisidonnaisen oppimisen ominaispiirteet ja tavoitteet

Kontekstisidonnainen oppiminen pyrkii harjoittamaan opiskelijoita hyödyntämään luonnontieteitä muun muassa parantaakseen heidän omaa elämäänsä ja selviytymään paremmin elämässä, jota teknologia yhä enenevässä määrin hallitsee.⁴⁵ Opiskelijoiden tulisi saada kontekstisidonnaisen oppimisen avulla hyvät valmiudet hyödyntää luonnontieteitä, jotta he pystyisivät käsittelemään luonnontieteisiin ja teknologiaan liittyviä asioita ja ongelmia vastuullisella tavalla. Tämän lähestymistavan tulisi myös antaa opiskelijoille tarvittavaa asiantuntemusta sekä lisäksi kokemusta tehdä itsenäisiä päätöksiä. Kontekstisidonnaisen oppimisen tavoitteisiin kuuluu kriittisen päätöstentien parantaminen sellaisissa asioissa ja ongelmissa, jotka ovat opiskelijoille itselleen tärkeitä.

Eräs kontekstisidonnaisen oppimisen tavoitteista on se, että mielekkäiden kontekstien käyttö motivoisi opiskelijoita.⁴⁴ Kontekstien tavoitteena on muodostaa opiskelijoille positiivisempia asenteita luonnontieteitä kohtaan auttamalla heitä ymmärtämään opiskeltavan asian tärkeyden. Toinen tavoite tällä lähestymistavalla on saada opiskelijat paremmin oppimaan luonnontieteen asioita ja käsitteitä. Ajatuksena on, että jos opiskelijat saavat enemmän motivaatiota ja kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan kontekstisidonnaisten oppituntien ansiosta, niin tämä johtaisi myös parempiin oppimistuloksiin.

Ennakointi ja osallistuminen ovat kaksi merkittävää oppimisen ulottuvuutta, jotka sisältyvät kontekstisidonnaiseen lähestymistapaan.⁴⁵ Kontekstisidonnaisessa oppimisessa ennakointi tarkoittaa sitä, että opiskelijat kehittävät tämän lähestymistavan avulla kykyjään kohdata uusia asioita ja tilanteita. Ennakointiin kuuluu myös kyky ymmärtää omien tekojensa seurauksia sekä lyhyellä että pitkällä ajanjaksolla. Osallistuminen taas osaltaan täydentää ennakointia. Kontekstisidonnaisen opetussuunnitelman tulisi olla oppijakeskeinen, jotta opiskelijat voivat itse suoraan osallistua oppimiseen. Luonnontieteellisen tietopohjan oletetaan rakentuvan paremmin oppijan itsensä kautta kuin opettajalta opiskelijalle. Kontekstisidonnaisessa lähestymistavassa pyritään rakentamaan opiskelijoille sellaisia aktiviteetteja, jotka osallistavat opiskelijoita paneutumaan asetettuihin ongelmiin alusta alkaen. Näin ollen oppija on opetussuunnitelman keskipisteenä.

9.3. Kemian opetuksen haasteet ja kontekstisidonnainen oppiminen

Kemian opetuksessa on havaittu jo pidemmän ajan useita haasteita, jotka monet ovat myös jollain tavalla sidoksissa toisiinsa.⁴⁸ Eräs kemian opetuksen yhteydessä kohdattu ongelma on ylikuormittuminen. Nykyään opetussuunnitelmien sisällöt ovat yleensä ylikuormittuneita, koska koko ajan luonnontieteissä kertyy uutta tietoa vanhan tiedon lisäksi. Opetussuunnitelmien sisältöjen kuormittuminen taas monesti aiheuttaa yksittäisten asioiden opetusta niin, että ne ovat kuitenkin irrallaan niiden alkuperäisestä luonnontieteellisestä yhteydestä.

Erään toisen haasteen kemian opetukseen aiheuttaa irralliset luonnontieteelliset faktat.⁴⁸ Opiskelijat eivät osaa muodostaa yhteyksiä yksittäisten tosiasioiden välille, vaan he omaksuvat tiedot toisistaan irrallisina. Tämä vaikeuttaa opiskelijoiden kykyä tuntea opittavia asioita heille merkittäviksi. Tämän vuoksi opiskelijat eivät yleensä sitoudu suuresti kemian opiskeluun, joten he helposti unohtavat oppimansa heti kun asia on käsitelty loppuun.

Kemian opetuksen yhteydessä on havaittu myös tiedon soveltamisen aiheuttavan ongelmia oppimiseen.⁴⁸ Tiedon soveltaminen liittyy siihen, että opiskelijat osaavat

ratkaista ongelmia silloin, kun ne on esitetty lähes samalla tavalla kuin asiat alun perin on opiskelijoille opetettukin. Kuitenkaan, jos opiskelijoille esitetään tuttuja käsitteitä toisessa yhteydessä, niin he eivät enää pysty ratkaisemaan näitä ongelmia. Tämän perusteella oppimisessa tapahtuu vain vähän tiedon soveltamista, joka taas valmistaisi elinikäiseen kemian oppimiseen tai kemian käyttämiseen arjessa.

Kemian opetuksen ongelmiin lukeutuu lisäksi merkityksellisyyden puute.⁴⁸ Koulumaailmassa yleisenä trendinä on ollut se, että opiskelijat eivät enää jatka kemian opiskelua sen jälkeen, kun kemia ei ole heille pakollinen oppiaine. Tämän lisäksi nekin opiskelijat, jotka jatkavat kemian opiskelua, eivät koe sitä merkitykselliseksi. He näkevät kemian oppimisen lähinnä instrumentaalilla tavalla sen sijaan, että he pitäisivät kemian oppimista itsessään kannattavana. Parhaimmillaan taas kemiasta voi tulla opiskelijoille edellytys jonkin toisen aineen opiskelulle, josta he todella ovat kiinnostuneita. Tästä on esimerkkinä lääketiede.

Kemian opetuksen haasteena on myös riittämätön tai puutteellinen asioiden painottaminen.⁴⁸ Perinteisesti kemian opetussuunnitelmissa painotetaan sellaisia asioita, jotka luovat vankan perustan kemian opiskelulle. Tämän mukaan kursseilla painotetaan sellaisia asioita, joita opiskelijat tarvitsevat oppiakseen tulevien kurssien asioita. Perinteisessä opetussuunnitelmassa painotetaan yleensä myös luonnontieteellisten taitojen kehittymistä. Tässä painotuksessa tähdätään ymmärrykseen siitä, että käyttämällä asianmukaisia prosesseja saadaan aina tuotettua luotettavaa tietoa, mikä taas luo pohjaa pidemmälle edenneen kemian opiskelulle. Tällaisten painotusten on huomattu olevan huonoja varsinkin niiden opiskelijoiden kannalta, jotka eivät aio jatkaa kemian opiskelua pidemmälle. Tieteellisen lukutaidon kehittäminen olisi tällaisissa tapauksissa päätavoitteena, eivätkä nämä painotukset tue tätä. Tieteellinen lukutaito tarkoittaa muun muassa tietoa, ymmärrystä ja taitoja, joita opiskelijoiden tulisi kehittää, jotta he voisivat toimia oikealla tavalla sellaisissa luonnontieteellisissä asioissa ja ongelmissa, jotka liittyvät heidän omaan elämäänsä jollain tavalla.⁴⁴

Edellä mainitut haasteet ovat aiheuttaneet ongelmia kemian opetukselle.⁴⁸ Kontekstisidonnaisen opetuksen avulla on pyritty vastaamaan näihin haasteisiin. Ensimmäisenä mainitun haasteen, ylikuormituksen, osalta tulisi kontekstisidonnaisessa opetuksessa käyttää sellaisia konteksteja, jotka auttavat vähentämään sisältöjen ylikuormitusta opetussuunnitelmassa. On tärkeää tiedostaa ne opetettavat sisällöt, jotka

ovat laajimmassa käytössä kemian opetuksessa ja tämän perusteella painottaa oppimista niihin. Kontekstisidonnaisen oppimisen avulla voitaisiin valita sellaisia konteksteja, jotka käsittelevät näitä tärkeitä sisältöjä.

Opetuksen käytössä olevien kontekstien tulisi olla lisäksi sellaisia, että ne auttaisivat opiskelijoita näkemään yhteyksiä asioiden välillä.⁴⁸ Kontekstien tulisi parantaa opiskelijoiden kykyä käyttää yhdessä kontekstissa opittuja käsitteitä myös toisen kontekstin yhteydessä. Opiskelijoiden tulisi myös huomata käytössä olevan kontekstin ja oppimisvaatimusten välillä korrelaatioita. Hyvän kontekstin tulisi tarjota opiskelijoille merkityksellisyyttä kemian opiskelua kohtaan ja tehdä heidät aktiivisiksi osallistujiksi.

9.4. Molekyylien väliset vuorovaikutukset biomolekyylien kontekstissa

Minnesotan yliopistossa Yhdysvalloissa on suoritettu tutkimus, jossa sovellettiin kontekstisidonnaista oppimista.⁴⁹ Tutkimuksessa käsiteltiin molekyylien välisiä vuorovaikutuksia proteiinien kontekstissa. Tarkoituksena oli saada luotua kemiallinen koe, joka olisi helposti lähestyttävä ja edullinen sekä opiskelijoiden mielenkiintoa herättävä. Kokeen tehtävänä oli opettaa lukiossa ja yliopistossa kemiaa tai biologiaa opiskeleville molekyylien välillä olevia voimia ja sitä, millaisella tavalla nämä voimat vaikuttavat biomolekyylien käyttäytymiseen.

Tutkijat saivat suunniteltua kokeen, jolla entsyymikiinnitteisen immunosorbentti määrityksen (ELISA) avulla saatiin tietoa molekyylien rakenteen ja toiminnan välisistä suhteista proteiinien välisten vuorovaikutusten kontekstissa.⁴⁹ Kyseistä koetta sovellettiin lukiotason (*high school*) kemian opetuksessa. Opiskelijoiden tehtävänä oli suorittaa ELISA-määritys ja pohtia omien aiempien tietojensa perusteella sitä, kuinka erilaiset mutaatiot voivat vaikuttaa proteiinien välisiin vuorovaikutuksiin. Opiskelijat myös suorittivat oman tutkimuksensa, jossa he tutkivat kuinka erilaiset parametrit kuten lämpötila, happamuus ja konsentraatio vaikuttavat ELISA-määritykseen.

Ensimmäisen tutkimuksen tekemisestä opiskelijat saivat kokemusta koetekniikoista, joilla voidaan tutkia biomolekyylejä.⁴⁹ Opiskelijat oppivat myös erilaisten kemiallisten

ryhmien vaikutuksesta molekyylien välisiin vuorovaikutuksiin suurten biomolekyylien kontekstissa. Toisessa tutkimuksessa opiskelijat taas saivat soveltaa oppimaansa tietoa parametrien testaamiseen. Koe ja sitä edeltävät teoriaosuudet suoritettiin kolme viikkoa kestäväällä jaksolla Shakopee High School -oppilaitoksessa. Ennen koetta opiskelijat tutustutettiin muun muassa proteiineihin ja aminohappoihin sekä esimerkkeihin biomolekyyliissä vallitsevista vuorovaikutuksista.

Tutkimuksen tuloksista kävi ilmi, että kokeen avulla saatiin opiskelijat hyvin sitoutumaan oppimiseen sekä lisäksi koe auttoi opiskelijoita oppimaan aiheesta.⁴⁹ Opiskelijoiden osaamista testattiin loppukokeella, jonka aiheena olivat proteiineissa yleisesti esiintyvät molekyylien väliset vuorovaikutukset. Opiskelijat suoriutuivat koetehtävistä yleisesti ottaen hyvin. Opiskelijoilta kysyttiin myös kurssin lopussa, että suorittaisivatko he saman kurssin uudestaan, jos saisivat valita. Melkein kaikki (95 %) opiskelijat olivat sitä mieltä, että osallistuisivat kurssille uudestaan. Opiskelijat olivat erittäin kiinnostuneita kokeellisesta työstä ja koko konseptista. He pitivät myös koko opintojaksoa hyödyllisenä ja positiivisena kokemuksena, tosin he esittivät myös joitain parannusideoita. Opiskelijoiden mielestä alustaviin aktiviteetteihin ja määrittämissä jälkeiseen analyysiin olisi hyvä käyttää enemmän aikaa.

Tutkijoiden mukaan heidän luomansa koe ja sillä tehty opetuskokeilu olivat onnistuneita.⁴⁹ Koe auttoi opiskelijoita oppimaan kemiallisten ryhmien rakenteen ja toiminnan välisistä suhteista sekä molekyylienvälisistä vuorovaikutuksista proteiinien kontekstissa. Tutkijat pitivät opetuskokeilun sisältöä hyödyllisenä työkaluna vuorovaikutuksien opetukseen monimutkaisissa biomolekyyliissä, jota voidaan soveltaa usealle eri koulutustasolle.

10 Monialainen oppiminen

Nykyisin kansainvälisesti monissa eri yhteyksissä keskustellaan aiempaa enemmän muun muassa linkittymisestä, vuorovaikutuksista ja ilmiöistä.⁵⁰ Lisäksi sanat monialaisuus ja eheyttäminen ovat tulleet yhä tutummaksi. Nämä edellä mainitut asiat voidaan liittää havaintoihin siitä, että maailma muodostaa erittäin monimutkaisen kokonaisuuden, jossa kaikki asiat usein liittyvät toisiinsa ja vaikuttavat toisiinsa tavalla tai toisella. On myös huomattu, että kokonaisuudesta irrallaan olevista yksittäisistä asioista ei välttämättä saada luotua selkeää yhtenäistä kuvaa.

Viimeisten vuosien aikana uutta tietoa on kerääntynyt jatkuvasti ja saman tahdin oletetaan jatkuvan tulevaisuudessakin.⁵¹ Näin ollen saatavilla oleva tiedon määrä vain kasvaa kasvamistaan. Lisäksi uutta teknologiaa kehitetään koko ajan, joka vaikuttaa myös ihmisten arkipäivään. Kestävään kehitykseen ja muihinkin arkielämän asioihin liittyvät ongelmat, joita ihmiset nykyään kohtaavat, ovat useimmiten monimutkaisia ja samalla monialaisia ilmiöitä. Näiden ongelmien ratkaisemiseen vaaditaan hyvää ymmärrystä muun muassa kemiasta sekä lisäksi kykyä soveltaa omia hankittuja tietoja ja taitoja.

Koulutuksen ja kasvatuksen saralla on myös ymmärretty, että opiskeltavat käsitteet ja sisällöt ovat monitahoisempia ja monimutkaisempia kuin niiden on aiemmin ajateltu olevan.⁵⁰ Koulussa opeteltavat asiat ovat yhteydessä muutoksien keskellä olevaan ympäröivään maailmaan. Koulutuksen alalla onkin keskusteltu paljon opetuksen kehittämisestä vastaamaan nykymaailman tarpeisiin. Keskustelussa on ollut mukana muun muassa koulun perinteisen oppiainejaon kyseenalaistaminen.

Suomessa tähän mennessä kouluopetus on perinteiden mukaan järjestetty oppiainejakoja noudattaen.⁵⁰ Opetussuunnitelmassa on ollut erilaisia aihekokonaisuuksia, jotka ovat sisältäneet kaikissa oppiaineissa käsiteltäviä teemoja. Aihekokonaisuuksien laatiminen opetussuunnitelmaan on ollut monialaisen opetuksen esiaste. Näiden aihekokonaisuuksien opetukseen ei ole kuitenkaan vaadittu yhteistyötä eri oppiaineiden välillä. Uusissa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa, jotka ovat astuneet voimaan vuonna 2016, erilliset aihekokonaisuudet ovat poistuneet kokonaan. Tämän sijaan uudessa opetussuunnitelmassa korostetaan opiskelun eheyttämistä ja monialaisuutta järjestämällä niin kutsuttuja monialaisia

oppimiskokonaisuuksia. Uuden opetussuunnitelman mukaan jokaisen oppilaan opintoihin täytyy sisältyä vähintään yksi monialainen oppimiskokonaisuus joka lukuvuosi.⁵²

10.1. Eheyttävä opetus ja monialaiset oppimiskokonaisuudet

Tutkimuksissa on todettu eheyttävän opetuksen parantavan oppilaiden oppimistuloksia sekä mielenkiintoa eri oppiaineita kohtaan.⁵³ Perusopetuksen opintosuunnitelmassa eheyttämällä tarkoitetaan arkielämän ilmiöihin perustuvia oppimiskokonaisuuksia, jotka toteutuksessaan ylittävät perinteisiä rajoja oppiaineiden välillä. Perusopetuksessa eheyttävällä opetuksella tuetaan opetuksen yhtenäisyyttä.⁵² Sen tarkoituksena on auttaa oppilaita ymmärtämään opiskeltavien sisältöjen välisiä suhteita ja keskinäisiä riippuvuuksia. Eheyttävän opetuksen tavoitteisiin lukeutuu muun muassa oppilaiden aktiivinen osallistuminen opetuksen suunnitteluun ja toteuttamiseen.⁵³ Lisäksi eheyttämisen avulla pyritään tuomaan oppiaineiden sisältöjä lähemmäksi oppilaiden arkipäivää.

Eheyttävän opetuksen toteuttamiseen on useita erilaisia toimintatapoja.⁵² Sitä voidaan järjestää muun muassa rinnastamalla, joka tarkoittaa saman aiheen opiskelua eri oppiaineissa yhtäaikaisesti. Eheyttämistä voidaan toteuttaa myös jaksottamalla. Tällöin saman aihealueen asiat opiskellaan perätysten. Toiminnallisten aktiviteettien järjestäminen voi toimia eheyttävänä opetuksena. Tällaisia aktiviteetteja voisivat olla esimerkiksi erilaiset tapahtumat ja teemapäivät. Lisäksi eheyttävää oppimista voivat edustaa laajemmat ja pidemmät monialaiset oppimiskokonaisuudet, joiden suunnitteluun ja läpiviemiseen osallistuu eri oppiaineita. Näiden kokonaisuuksien toteuttamisessa voidaan käyttää avuksi aiemmin mainittuja eheyttävän opetuksen toimintatapoja. Opettajat voivat lisäksi muodostaa niin sanottuja integroituja oppimiskokonaisuuksia, joissa on yhdistettynä eri oppiaineita.

10.2. Tavoitteet monialaisessa oppimisessa

Monialaisen lähestymistavan päällimmäinen tavoite on pyrkimys muokata oppilaista tulevaisuudessa hyviä työntekijöitä, jotka osaavat työskennellä monipuolisten ja monialaisten ongelmien parissa, joita ihmiset työssään kohtaavat.⁵³ Nykypäivänä työelämässä tarvitaan muun muassa kykyä tiedonsiirtoon. Tätä kykyä pystytään eheyttävän opetuksen avulla harjoittamaan, koska monialaiset kokonaisuudet muistuttavat läheisesti tilannetta työelämässä.

Monialaisten oppimiskokonaisuuksien käytössä tavoitteena on muun muassa lisätä oppilaiden osallisuutta itse opetukseen.⁵² Oppilaat saavat mahdollisuuden olla mukana suunnittelemassa oppimiskokonaisuuksien sisältöihin ja toteuttamiseen liittyviä yksityiskohtia. Monialaisella lähestymistavalla pyritään ottamaan huomioon oppilaiden omia kokemuksia ja niiden herättämiä kysymyksiä sekä mahdollistaa niiden käsittelyä koulun oppitunneilla. Lisäksi monialaisen opettamisen tavoitteena on lisätä ryhmätyöskentelyä sekä mahdollisuutta työskennellä useampien aikuisten kanssa. Eräs monialaisen oppimisen tavoite on tuoda arkielämän oppimista mukaan koulutyöhön.

Monialaisen oppimisen tavoitteena on edistää oppimista eri oppiaineissa.⁵¹ Lisäksi oppilaiden lisääntynyt motivaatio on eräs tavoitteista.⁵² Motivaatiota pyritään lisäämään käsittelemällä oppimiskokonaisuuksissa sellaisia asioita, jotka ovat yhteiskunnallisesti merkittäviä ja ajankohtaisia. Lähestymistavassa voidaan myös hyödyntää paikallisia mahdollisuuksia ja näin ollen lisätä oppilaiden mielenkiintoa oppimista kohtaan heille tuttuun aiheiden kautta.

10.3. Monialaisen oppimisen haasteet

Monialainen integroitunut opetus asettaa erilaisia haasteita, jotka opettajien ja oppilaiden tulee kohdata ennen kuin monialainen oppiminen saadaan kunnolla toimimaan.⁵⁴ Eräänä haasteena on järjestää opetussuunnitelmat niin, että esimerkiksi luonnontieteet eivät enää olisi itsenäisiä erillisiä oppiaineita. On myös todettu, että monialaiset oppimiskokonaisuudet vievät enemmän opetusaikaa kuin perinteiset

oppitunnit. Lisäksi opettajat ajattelevat, että opetussuunnitelma on jo ilman monialaista lähestymistapaakin liian täynnä opetettavia asioita opetukseen varattuun aikaan nähden.

Joidenkin tutkimusten mukaan opettajat ovat itse kokeneet haasteelliseksi eheyttävän opetuksen toteuttamisen.⁵³ Opettajien mielestä ongelmallista on ollut omien kokemusten ja valmiuksien puute tehokkaaseen eheyttävään opetukseen liittyen. Tämä on ollut eräänä syynä sille, että opettajat eivät ole uskaltaneet juuri käyttää monialaista lähestymistapaa omilla oppitunneillaan. Huolenaiheena opettajilla on ollut myös se, että eheyttävän opetuksen nähdään olevan aikaa vievä lähestymistapa, jolloin opetusaikaa jää vähemmän tärkeiden käsitteiden ja sisältöjen opettamiseen. Lisäksi haasteena koetaan monialaiseen opetukseen olemassa olevan opetusmateriaalin vähäisyys.

Tutkimuksien perusteella on saatu myös selville, että suomalaiset luonnontieteiden opettajat eivät kaikki omaa samanlaista ajatusta siitä, mitä eheyttävä opetus käytännössä tarkoittaa.⁵¹ Eräs tämän lähestymistavan ongelmista on opettajien näkemys siitä, että eheyttävä opetus ei aina välttämättä edistä yksittäisen oppiaineen oppimista. Näiden lisäksi opettajat ovat kokeneet eheyttävän ja monialaisen oppimisen haasteiksi muun muassa yhdessä toisten opettajien kanssa suoritettavan suunnittelun. Opettajat kokevat, että tällaiselle suunnittelulle ei ole aikaa, ja joissain tapauksissa opettajien keskinäiset henkilökemiat voivat vaikeuttaa monialaisten oppimiskokonaisuuksien luomista. Lisäksi haasteita liittyy monialaisten oppimiskokonaisuuksien sovittamiseen olemassa oleviin lukujärjestyksiin. Opettajat ovat kokeneet myös, että kouluuyhteisö ei välttämättä anna tukea eheyttävän opettamisen toteuttamiselle. Haasteista huolimatta opettajat kuitenkin yleisesti näkevät eheyttävän opetuksen hyvänä asiana.⁵³

10.4. Monialaisen oppimisen lähestymistapa yleisen kemian opetukseen

Winthropin yliopistossa on sovellettu monialaista opetusta yleisen kemian opetukseen.⁵⁵ Siellä on havaittu, että yliopisto-opintojensa alkuvaiheessa olevilla kemian ja biologian pääaineopiskelijoilla on vaikeuksia ymmärtää kemian tärkeää roolia heidän jokapäiväisessä elämässään. Tutkijoiden mielestä opiskelijoilla on myös usein vaikea ymmärtää luonnontieteiden monialaista luonnetta. Näiden havaintojen perusteella

tutkijat suunnittelivat kurssisarjan, jossa opetettiin yleistä kemiaa monialaisen ja kontekstisidonnaisen lähestymistavan avulla. Kurssien avulla oli tarkoitus lisätä opiskelijoiden mielenkiintoa kemiaa ja biologiaa kohtaan. Kurssin tavoitteena oli tuottaa kurssimateriaalia, joka vastaisi sisällöltään paremmin luonnontieteiden nykytilannetta. Lisäksi tarkoituksena oli esittää kemiaa opiskelijoille merkityksellisen kontekstin avulla, jotta he voisivat paremmin ymmärtää yhteyttä kemian ja arkielämän välille.

Kurssisarjassa oli mukana kaksi yleisen kemian kurssia, joista ensimmäinen kurssi esitti normaalia kurssia enemmän kemian perusasioita, joiden pohjalta oli mahdollista toteuttaa toinen kurssi täysin keskittyen lääketieteelliseen kontekstiin kemian opetuksessa.⁵⁵ Lääketieteellinen lähestymistapa rakentui aiemmin opittujen sisältöjen ympärille, näin saatiin biologisesti tärkeiden mallien avulla ilmennettyä yleiseen kemiaan liittyviä asiasisältöjä. Kurssin asioita käsiteltiin tavoitteena oppia muun muassa siitä, kuinka lääkkeet toimivat ihmiskehossa. Kurssin aikana käsitellyt sisällöt olivat muun muassa proteiinien rakenne, aminohapot, nukleotidit ja fosfolipidit.

Kurssin aikana opiskelijoita arvioitiin useilla erilaisilla tavoilla, käytettiin luennolla suoritettuja kyselyitä, kesken kurssin tapahtuvia välikokeita sekä kurssin lopuksi suoritettavaa kumulatiivista loppukoetta.⁵⁵ Arvioinnissa keskityttiin opiskelijoiden kykyihin soveltaa heidän kurssilla oppimiansa sisältöjä ja ratkaisemaan uusia tieteellisiä ongelmia. Opiskelijoiden koetuloksia myös verrattiin perinteisellä tavalla opetetun kurssin koetuloksiin, näissä tuloksissa ei voitu havaita merkittävää eroa kurssien välillä. On kuitenkin huomioitava tuloksista se, että muokatun kurssin osalta opiskelijoita vaadittiin oppimaan huomattavasti enemmän uusia asioita perinteiseen kurssiin verrattaessa.

Tutkimusten tuloksista selvisi, että biologisesti merkityksellisten mallien käyttäminen yleisen kemian sisältöjen opetuksessa oli onnistunut lähestymistapa.⁵⁵ Kurssin avulla saatiin parannettua opiskelijoiden oppimista ja lisättyä heidän mielenkiintoaan kemiaa kohtaan. Kurssi oli myös onnistunut luomaan käsitystä luonnontieteiden monialaisesta luonteesta. Tutkijat havaitsivat myös joitain haasteita liittyen kurssin suorittamiseen. Haasteeksi ilmeni muun muassa materiaalin määrä ja se, ettei löydy valmista materiaalia, joka kattaisi kurssin soveltavaa luonnetta kemian aiheiden oppimiseen. Kurssin ripeä tahti muodostui myös haasteeksi. Opiskelijoiden mielestä soveltavuutta

vaativat loppukoekestymykset haastoivat opiskelijoita käyttämään tietoa heille aivan uudella tavalla. Kurssin suunnittelu ja tuntien valmistelu vaativat opettajilta enemmän aikaa perinteiseen kurssiin verrattuna.

Alkuperäisen kokeilun jälkeen kurssia on kehitetty kiinnittämällä huomiota ensimmäisessä tutkimuksessa ilmenneisiin haasteisiin.⁵⁵ Opettajat ovat muun muassa itse tuottaneet täydentävää tekstiä normaaliin kemian oppikirjaan. Tutkijoiden mielestä kursseilla käytetyt opetusmenetelmät soveltuvat usealle erilaiselle mielenkiintoiselle aiheelle, jotka pohjautuvat yleisen kemian ilmiöihin.

10.5. Kemian ja biologian aiheita yhdistävä kurssisarja

Yhdysvalloissa St. Olafin lukiotason oppilaitoksessa (*college*) on tehty jo vuosien ajan yhteistyötä kemian ja biologian laitosten kesken, jonka tarkoituksena on ollut luoda uudenlainen kurssisarja ensimmäisen vuoden opiskelijoille.⁵⁶ Kurssisarjan tarkoituksena on ollut opettaa kemian ja biologian perusteita integroitujen monialaisten kurssien avulla. Yhteistyön tuloksena luotiin kolme kurssia sisältävä kurssisarja. Kurssien ideana oli se, että kurssit eivät olisi sisällöltään puoliksi kemiaa ja puoliksi biologiaa vaan kurssin aiheiden sijoittelu ja sisältö suunniteltiin sellaiseksi, että saataisiin opiskelijoille aikaan parhaanlaista ymmärrystä aiheesta.

Tutkimuksen tärkeimpiä tavoitteita oli saada lisättyä opiskelijoiden kykyjä havaita kemian ja biologian ilmiöiden välillä olevia yhteyksiä sekä antaa opiskelijoille mahdollisuus suorittaa useampia luonnontieteiden oppikursseja ensimmäisten kahden vuoden aikana.⁵⁶ Tarkoituksena oli saada häivytettyä selkeitä rajoja kemian ja biologian välillä, jotta opiskelijat osaisivat myöhemmin opiskelussaan käyttää aiempia kemian tietojaan myös biologian kurssin sovelluksiin ja päinvastoin. Odotuksena oli myös se, että monialaisen kurssisarjan suorittavat opiskelijat oppisivat enemmän kemiasta ja biologiasta.

Kurssisarjan lähestymistapa opetukseen oli aloittaa pienimmistä rakenteista ja siirtyä hiljalleen suurempiin rakenteisiin.⁵⁶ Tällä lähestymistavalla kahdella ensimmäisellä kurssilla painottui enemmän kemian aiheet ja viimeisellä kurssilla korostuva biologia

taas pystyttiin opettamaan paljon yksityiskohtaisemmin kuin perinteisellä samoja aihealueita käsittelevällä kurssilla. Kurssilla käsiteltyjen aiheiden joukossa olivat muun muassa proteiinirakenne, aminohapot ja nukleiinihapot. Kurssin arvioinnilla tutkijat yrittivät selvittää kuinka tyytyväisiä opiskelijat olivat suorittamaansa kurssisarjaan sekä onnistuiko kurssisarja täyttämään sille annettuja tavoitteita.

Tutkimuksen tuloksesta selvisi, että suurin osa opiskelijoista olivat olleet tyytyväisiä monialaiseen kurssisarjaan, sillä he kertoivat, että valitsisivat saman kurssisarjan uudestaan, jos heillä olisi siihen mahdollisuus.⁵⁶ Valintaa perusteltiin sillä, että opiskelijat olivat oppineet kurssilla paljon ja pitäneet kurssia positiivisena kokemuksena. Opiskelijat pitivät myös integroidusta tavasta opettaa ja siitä, että kurssisarja mahdollisti heidän opiskella useampia luonnontieteiden kursseja. Tutkijoille yllättävänä positiivisena asiana nousi opiskelijoiden palautteesta esiin se, että kurssien aikana opiskelijat saivat muodostettua ystävyys-suhteita toisten opiskelijoiden kanssa, sillä kaikilla kursseilla oli samat osallistujat.

Ne opiskelijat, jotka eivät kertoneet valitsevansa kurssia uudestaan kertoivat syyksi muun muassa sen, että heidän mielestään kurssi ei sisältänyt riittävästi integraatiota.⁵⁶ Jotkut pitivät kurssisarjaa myös liian vaikeana, ja jotkut olivat huomanneet, että he eivät enää olleet kiinnostuneita kemiasta tai biologiasta. Tutkijoiden mielestä joidenkin opiskelijoiden kohdalla sitoutuminen tällaiseen kolme kurssia sisältävään sarjaan ensimmäisenä opiskeluvuotenaan on liian paljon vaadittu. Heidän mielestään kaikki uudet opiskelijat eivät tunne tarpeeksi itseään ja omia kykyjään.

Tutkimuksen tuloksista selvisi myös, että kurssi soveltui hyvin lisäämään opiskelijoiden ymmärrystä yhteyksistä kemian ja biologian ilmiöiden välillä.⁵⁶ Kurssisarja onnistui myös toisessa tavoitteessaan mahdollistaa useamman luonnontieteiden kurssin suorittamisen.

11 Yhteenveto

Tämän Pro gradu -tutkielman kirjallisessa osassa perehdyttiin biomolekyylien rakenteisiin ja niiden kemiallisiin ominaisuuksiin. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää minkälaisia opetuksen lähestymistapoja voidaan käyttää opetuksen tukena, sekä miten näitä lähestymistapoja on jo sovellettu biomolekyylien kemian opetuksessa.

Ongelmalähtöinen oppiminen oli käyttökelpoinen oppimismenetelmä tukemaan biokemian aiheisiin liittyvää syvää ymmärrystä sekä biokemian sisältöjen pidempiaikaista muistamista.⁴² Tutkimuksista ilmeni myös, että ongelmalähtöisen lähestymistavan avulla oli helpompi luoda oppilaalle opittavista aiheista ja asiasisällöistä yhtenäinen kokonaisuus, joka omalta osaltaan edistää niin asioiden sisäistämistä kuin niiden muistamista.

Ongelmalähtöistä oppimistapaa käyttämällä saatiin parannettua myös muun muassa oppilaiden tiedonsiirtoa, opiskelutaitoja sekä onnistumista aiheisiin liittyvissä tehtävissä.⁴³ Oppilailla oli kuitenkin aluksi haasteita uuden oppimismenetelmän omaksumisessa. He pitivät ensin opettajan roolia merkittävänä tekijänä ongelmalähtöisten tehtävien etenemisen kannalta, mutta loppujen lopuksi oppilaat havaitsivat, että itse ongelmat olivat suuremmassa roolissa työn onnistumisen kannalta opettajan ohjauksen sijaan. Tutkijoiden mielestä ongelmalähtöinen oppiminen vaatii lisää harjoittelua, jolloin saadaan uudenlaiset menetelmät sujumaan paremmin.

Ongelmalähtöinen oppiminen paransi ryhmätyöskentelytaitoja ja lisäsi oppilaiden mielenkiintoa biokemian aiheisiin.⁴³ Oppilaat saivat paremman kuvan siitä, millä tavalla biokemian aiheet ovat myös tärkeässä roolissa heidän omassa elämässään. Lisäksi oppimisen katsottiin paranevan suoritettujen ongelmalähtöisten aktiviteettien avulla. Tutkijoiden mukaan nimenomaan työskentely ryhmissä edisti paremman ymmärryksen kehittymistä opiskelijoille.

Vaikka ongelmalähtöistä oppimista pidettiin yleisesti hyvänä lähestymistapana kemian sisältöjen opetukseen, niin tutkijat havaitsivat menetelmässä myös haasteita.⁴³ Eräänä haasteena nähtiin tarve opettajien lisäkouluttamiselle menetelmään liittyen. Tutkijoiden mielestä opettajille tulisi löytää uusia parempia tapoja käyttää ongelmalähtöistä lähestymistapaa, jotta he saisivat rohkeutta käyttää sitä enemmän omassa opetuksessaan.

Ongelmalähtöinen oppiminen sai oppilailta osakseen myös jonkun verran kritiikkiä, he olisivat kaivanneet tarkempia ohjeita aktiviteettien suorittamiseen.³⁵ Tämän seikan tutkijat uskoivat parantuvan harjoittelun avulla. Kun oppilaat harjoittelevat uutta oppimistapaa enemmän, he eivät enää kaipaisi tuttua passiivisen oppimistavan mukaisia hyvin strukturoituja tehtäviä ohjeineen. Passiivinen oppimistapa vaikeutti tutkijoiden mielestä myös aktiviteettien lopuksi käytyä keskustelua suoritetuista aktiviteeteista. Tutkijoiden mukaan loppukeskustelu oli koko aktiviteetin tärkein osio, joka ehdottomasti vaatii onnistuakseen aktiivista, keskustelevaa oppilasta.

Ongelmalähtöisen oppimisen onnistumisen kannalta opettajan rooli on merkittävä.³⁸ Opettajan tulee osata toimia niin, että hän edistää oppilaiden omaehtoista oppimista. Opettajan suorittaman tutoroinnin avulla ohjataan oppilaiden ongelmanratkaisua sekä kokonaista oppimisprosessia. Opettaja ratkaisee myös ryhmätyöskentelyn mahdollisesti tuomiin ongelmiin liittyvät haasteet. Tällainen enemmänkin oppilaiden auttajana toimivan opettajan rooli eroaa perinteisestä tiedon jakajana toimivan opettajan roolista.³⁷

Toinen lähestymistapa, johon kirjallisessa osassa perehdyttiin, oli kontekstisidonnainen oppiminen. Kontekstisidonnaiselle lähestymistavalle oli ominaista muun muassa oppilaille annettu itsenäisyys oppimisen suhteen.⁴⁶ Oppilaiden itsenäisyyden katsottiin toimivan eräänä oppimisaktiivisuutta lisäävänä tekijänä.

Kontekstisidonnaisen opetuksen toimivuuteen vaadittaisiin hyvä konteksti.⁴⁸ Erityisesti hyvän kontekstin tulisi tuoda esiin kemian merkityksellisyyttä. On tärkeää, että oppilaat kokevat kemian oppimisella olevan jotain merkitystä heille elämässään, näin ollen he voisivat osallistua aktiivisemmin opetukseen. Lisäksi kontekstin tulisi vastata sille asetettuihin haasteisiin.

Tutkimuksen mukaan kontekstisidonnainen oppiminen toimi hyvin opetusmenetelmänä kemian opetuksessa.⁴⁹ Lähestymistavan avulla oppilaiden sitoutuminen oppimiseen parani sekä itse oppiminen antoi hyviä tuloksia. Lisäksi oppilaat olivat mielissään kontekstisidonnaisella oppimisella suoritetuista aktiviteeteista. Tutkimuksessa ilmeni myös, että oppilaiden mielestä aktiviteetin parempi onnistuminen olisi vaatinut vielä lisää aikaa esimerkiksi lopun keskustelun osalta.

Joidenkin tutkimusten mukaan kontekstisidonnaisen opetuksen avulla on saatu aikaan oppilaiden asenteiden parantamista kemiaa kohtaan verrattuna perinteiseen kemian opetukseen.⁵⁷ Lisäksi on todettu kontekstisidonnaisuuden luovan oppilaille parempaa ymmärrystä kemian sisällöistä.

Kolmas kirjallisessa osassa käsitelty opetuksen lähestymistapa oli monialainen oppiminen. Tutkimusten mukaan monialainen lähestymistapa voi toimia apuna kemian opetuksessa.⁵⁵ Lähestymistavan todettiin muun muassa kasvattamaan oppilaiden kiinnostusta kemian aiheita kohtaan. Lisäksi tutkimuksissa todettiin oppilaiden oppimisen parantuvan monialaista oppimista käyttämällä. Tämän lähestymistavan avulla saatiin myös lisättyä oppilaiden käsitystä siitä, että luonnontieteet ovat luonteeltaan monialaisia.

Tutkimuksien avulla selvisi, että monialaisen lähestymistavan käyttämisellä saatiin positiivisia tuloksia myös oppilaiden asenteiden suhteen.⁵⁶ Oppilaat pitivät tällä tavalla järjestettyä opintokurssia mielekkäänä tapana opiskella kemian sisältöjä. Oppilaat saivat myös monialaisen kurssin avulla paremman käsityksen kemian ja biologian aiheiden välisistä yhteyksistä.

Monialaisen oppimisen käyttämisessä kemian opetuksessa löydettiin myös jonkin verran haasteita.⁵³ Eräs haasteista oli opettajien osaamattomuus hyödyntää monialaista opetusta omassa opetustyössään muun muassa kokemuksen puutteen sekä opetusmateriaalien puutteen vuoksi. Tutkimuksissa nousikin esiin tarve opettajien täydennyskoulutukselle sekä uuden monialaisen opetusmateriaalin luomiselle.⁵¹ Lisäksi koulujen perinteinen oppiainejakoisuus koettiin erääksi vaikeuttavaksi tekijäksi monialaisen opetuksen toteuttamiselle.⁵³

Monialaisen oppimisen osalta haasteiksi koettiin myös esimerkiksi opettajien tietotaito vain yhdestä opetettavasta oppiaineesta.⁵⁴ Tämän koettiin toimivan esteenä integraatiolle. Tutkimuksissa ilmeni lisäksi, että opettajat kokivat monialaisen oppimisen haastavaksi niin koulu yhteisön tuen puutteen takia kuin keskinäisten henkilökemioidenkin vuoksi.⁵¹ Lisäksi monialainen lähestymistapa koettiin melko aikaa vievänä tapana opettaa perinteiseen malliin verrattuna.⁵⁵

Monialaisen oppimisen erääksi hyväksi puoleksi mainittiin materiaaleissa ajatus siitä, että tämän lähestymistavan avulla voidaan tehdä yhteistyötä myös koulun ulkopuolisten

toimijoiden kanssa.⁵⁰ Tällöin koulutyöskentely saataisiin mahdollisesti tuotua lähemmäksi tosielämän tilanteita.

Oppimisen lähestymistavoista kerätyn materiaalin perusteella kaikkia kolmea lähestymistapaa voidaan pitää osaltaan toimivina kemian opetuksessa. Näillä lähestymistavoilla on useita yhteisiä piirteitä ja tavoitteita, joten niitä voisi hyödyntää myös toistensa tukena. Lähestymistavoista tehdyt tutkimukset olivat yksittäisiä pienehköjä tutkimuksia, joten suurempaa varmuutta lähestymistapojen hyödyllisyydestä kemian opetuksen kannalta tulisi jatkossa suorittaa lisää tutkimuksia.

Jatkossa tulisi myös keskittyä lähestymistavoissa esiintyneisiin haasteisiin muun muassa opettajien täydennyskoulutuksen avulla ja uusien materiaalien luomisen kautta. Lisäksi varsinkin joihinkin monialaisen oppimisen haasteisiin varmasti saataisiin apua opettajien välisestä yhteistyöstä. Tämä kuitenkin vaatisi myös tukea kouluorganisaatiolta käytännön toteuttamisen kannalta. Monialaista opetusta voisi toteuttaa esimerkiksi omana integroituna kurssinaan, jota voisi opettaa esimerkiksi kemian ja biologian opettajat yhteistyössä. Monialaista oppimista painotetaan nykypäivänä yhä enemmän, joten tämä olisi hyvä kehityskohde.

Materiaaleista kävi myös ilmi, että kaikki nämä opetuksen lähestymistavat ovat vielä jokseenkin vähässä käytössä opetuksen saralla osittain niiden haasteiden sekä aikaa vievän luonteen takia. Jos kuitenkin näillä saataisiin yleisesti parempia oppimistuloksia aikaan, olisi niihin tulevaisuutta ajatellen järkevää nyt panostaa. Lähestymistavat niin kuin kaikki uudet asiat tulevat tutummaksi ja niiden haasteisiin saadaan ratkaisuja vain käyttämällä niitä säännöllisesti osana opetusta.

12 Tutkimuskysymykset

Tämän Pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli selvittää teoriataustaa biomolekyylien kemiasta ja kemian opetuksen oppimismenetelmistä. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää oppikirja-analyysin avulla lukion kemian oppikirjojen sisältöjä biomolekyyleistä ja vertailla niiden sisältöjä keskenään, sekä selvittää lukion biologian ja terveystiedon oppikirjan sisältöjä samoista aiheista.

Pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitä ovat biomolekyylit; hiilihydraatit, proteiinit, nukleiinihapot ja lipidit?
– Minkälaisia kemiallisia ominaisuuksia niillä on?
2. Minkälaisia oppimismenetelmiä kemian opetuksessa voidaan käyttää?
– Miten näitä on sovellettu biomolekyylien opetuksessa?
3. Miten biomolekyyliä on käsitelty lukion kemian oppikirjoissa?
– Onko käsittelyssä eroja eri oppikirjojen välillä?
4. Miten biomolekyyliä on käsitelty lukion biologian oppikirjassa?
5. Miten biomolekyyliä on käsitelty lukion terveystiedon oppikirjassa?
6. Onko biomolekyylien käsittelyssä eroja eri oppiaineiden välillä?

13 Tutkimusmenetelmät

Tämä tutkimus toteutettiin laadullisen sisällönanalyysin avulla, joka suoritettiin viiden lukion oppikirjan oppikirja-analyysinä. Sisällönanalyysissä oli mukana kolme kemian oppikirjaa sekä yksi biologian ja yksi terveystiedon oppikirja.

13.1 Kemian oppikirjojen analyysi

Kemian oppikirjojen analysointi aloitettiin pohtimalla sitä, mihin analyysissä kiinnitetään huomiota. Analyysin pohjaksi päädyttiin keräämään tämän tutkielman kirjallisesta osiosta tärkeimmät asiat jokaiseen biomolekyyliin liittyen, joiden voitiin myös olettaa olevan lukiotason kemian sisällölle sopivia. Valikoidut käsitteet ja muut analyysin avulla selvitettävät tiedot koottiin yhdeksi kokonaisuudeksi jokaiselle biomolekyylille erikseen ja ne esitettiin taulukkomuodossa. Analyysin perusteella kootut taulukot on esitetty liitteissä 1-4.

Analyysissä kiinnitettiin huomiota siihen, onko taulukon sisältämiä termejä ja asioita mainittu oppikirjoissa. Osassa taulukon termeissä on haettu pelkkää tietoa siitä, onko kyseistä termiä mainittu oppikirjassa vai ei. Osaan taulukon aiheista on taas kerätty tarkempaa tietoa siitä, mitä kyseisestä aiheesta on oppikirjassa kerrottu. Lisäksi taulukkoon on kerätty tietoa myös siitä, onko aiheista tai termeistä kerrottu tarkentavaa tietoa, vai esiintyvätkö termit ilman selityksiä. Analyysissä otettiin huomioon myös kuvien, rakennekaavojen ja reaktioyhtälöiden esittäminen haettuihin asiasisältöihin liittyen.

Analyysissä verrattiin kolmen oppikirjan sisältöjä biomolekyyleistä toisiinsa muodostetun taulukon avulla. Lisäksi vertailua tehtiin laskemalla aineistojen sivumäärät sekä kuvien ja taulukoiden lukumäärät. Yhdeksi kuvaksi tai taulukoksi laskettiin samaan aiheeseen liittyvät erilliset kuvat tai rakennekaavat, jotka olivat saman kuvatekstin yhteydessä. Kuvatekstin puuttuessa arvioitiin samaa aihetta käsittelevät vierekkäiset kuvat yhdeksi kuvaksi. Esimerkiksi yhdessä oppikirjassa päällekkäin esiintyneet rakennekaavat estradiolista ja kolekalsiferolista eli D-vitamiinista laskettiin

yhdeksi kuvaksi kuvatekstin puuttuessa. Kuvien katsottiin esittävän samaa aihetta eli erilaisia lipidejä.

13.2 Biologian ja terveystiedon oppikirjojen analyysit

Biologian ja terveystiedon oppikirjojen analyysit toteutettiin hieman kemian oppikirjojen analyysistä poikkeavalla tavalla. Analyysin pohjana käytettiin ajatusta siitä, että mitä sisältöjä, niin kemiallisia kuin muitakin mainittavan arvoiseksi katsottuja, biomolekyyleistä kerrottiin kyseisen aineen kohdalla. Biologian analyysin avulla muodostettiin omat taulukot jokaiselle biomolekyylille, johon kerättiin tärkeimpiä asiasisältöjä, joita analysoidussa aineistossa nousi esiin. Terveystiedon analyysin pohjalta luotiin yksi taulukko, johon tärkeimmät asiasisällöt kerättiin. Biologian oppikirjan analyysin perusteella muodostetut taulukot esitetään liitteissä 5-8 ja terveystiedon taulukko liitteessä 9.

Näiden oppikirjojen osalta ei ollut mielekästä tehdä oppikirja-analyysiä kemian taulukoiden pohjalta, koska kemiallisia asiasisältöjä esiintyi paljon vähemmän kyseisissä oppikirjoissa. Analyysissä otettiin kemian analyysin lailla huomioon se, esiintyivätkö käsitteet ilman tarkempaa selvennystä, vai oliko asiasisältöjä avattu syvemmin. Lisäksi huomioitiin havainnollistavat kuvat ja taulukot. Analyysissä kiinnitettiin huomiota myös asiasisällöissä mahdollisesti esiintyviin virheisiin kemian näkökulman kannalta niin tekstistä kuin kuvistakin.

Kaikkien oppikirjojen osalta analyysissä havainnoitiin lisäksi lähestymistapoja, näkökulmia ja konteksteja biomolekyylien opetukseen. Analyysin lopuksi eri aineiden sisältöjä ja lähestymistapoja verrattiin toisiinsa.

14 Tutkimusaineisto

Tämän tutkimuksen aineistoksi valikoitui kolme lukion toisen kemian kurssin oppikirjaa, yksi lukion kolmannen biologian kurssin oppikirja sekä yksi lukion terveystiedon ensimmäisen kurssin oppikirja. Kirjoista valittiin sen lukiokurssin mukainen kirja, jossa oletettiin käsiteltävän eniten biomolekyylejä. Kirjasarjat valikoituivat sattumanvaraisesti uuden opetussuunnitelman mukaisista oppikirjoista. Kemian oppikirjoista yksi on verkkomateriaalina toteutettu ja kaikki muut analysoidut oppikirjat ovat perinteisiä fyysisiä kirjoja.

Oppikirjojen nimet, kyseiselle oppikirjalle tarkoitetut lukion kurssit sekä tarkemmat tiedot analysoiduista aineistosta (taulukko 1):

Taulukko 1. Oppikirja-analyysissä käytetyt oppikirjat ja analysoitu aineisto

	Lukion kemia ⁵⁸	Mooli 2 ⁵⁹	Orbitaali 2 ⁶⁰	Koralli 3 ⁶¹	Tarmo 1 ⁶²
Kurssi	KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa	KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa	KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa	BI3 Solu ja perinnöllisyys	TE1 Terveystiedon perusteet
Hiilihydraatit	s. 136-138	s. 160-166	luku 9, osio Hiilihydraatit	s. 14-15	s. 32-46
Proteiinit	s. 138-140	s. 176-182	luku 9, osiot Aminohapot ja Proteiinit	s. 16-23	s. 32-46
Nukleiinihapot	s. 140	s. 186-188	luku 9, osio Nukleiinihapot	s. 58-59	s. 32-46
Lipidit/Rasvat	s. 141	s. 169-174	luku 9, osiot Lipidit ja Vitamiinit	s. 16	s. 32-46

Kemian oppikirjoista analysoiduksi aineistoksi valikoitui oppikirjojen luku tai lukukokonaisuus, jossa käsiteltiin yksinomaan hiilihydraatteja, proteiineja,

nukleiinihappoja sekä lipidejä tai rasvoja. Lisäksi Lukion kemia -oppikirjasta tarkasteluun valikoitui erillinen sivu, joka käsitteli aminohappoja orgaanisten typpiyhdisteiden yhteydessä. Luvussa, jossa käsiteltiin biomolekyylejä, viitattiin aminohappojen käsittelyyn oppikirjan aiemmassa luvussa. Muuten oppikirjoja ei analysoitu kokonaisuudessaan etsien viitteitä biomolekyyleihin, vaan keskityttiin varsinaisiin aiheesta kertoviin lukuihin. Koko kirjan analysointia ei katsottu mielekkäänä tapana tehdä tätä sisällönanalyysiä.

Kemian oppikirjojen analyysissä tarkasteltiin leipätekstin lisäksi aineistossa esiintyviä kuvia, kuvatekstejä, taulukoita, kaavioita, yhteenvetoja sekä lisähuomioita. Analyysin ulkopuolelle rajattiin kokonaan aiheisiin liittyvät tehtävät sekä kokeelliset työt, jottei tutkimuksesta tullut liian laajaa.

Biologian oppikirjan analyysissä aineistoksi valikoituivat sellaiset materiaalit, joissa käsiteltiin biomolekyylien perustietoja. Hiilihydraattien, proteiinien ja lipidien analyysiin valikoitui luku, jossa esiteltiin solujen tärkeitä rakennusaineita. Nukleiinihappojen käsittelyyn valikoitiin perimän rakennetta esittelevästä luvusta osio, jossa kerrottiin DNA:n ja RNA:n perustietoja. Oppikirjaa ei muuten käyty järjestelmällisesti läpi, vaikka biomolekyylit esiintyvät oppikirjan muissakin luvuissa niiden ollessa oleellisesti läsnä monissa biologisissa prosesseissa. Tutkimusta varten tarpeelliseksi koettiin kuitenkin vain ne materiaalit, joissa käsiteltiin biomolekyylien ominaisuuksia yleisesti.

Terveystiedon oppikirjan osalta analyysiin valikoitui luku, joka käsitteli ravitsemusta. Tämä oli oppikirjan ainoa luku, jossa varsinaisesti esiteltiin hiilihydraatteja, proteiineja ja rasvoja. Koko oppikirjan analysointia ei katsottu tarpeelliseksi tämän tutkimuksen tavoitteiden osalta. Sekä terveystiedon että biologian aineistojen analyysissä huomioitiin leipätekstin lisäksi kuvat, kuvatekstit, taulukot, kaaviot, tiivistelmät ja mahdolliset lisähuomiot. Näidenkin oppikirjojen osalta rajattiin aiheisiin liittyvät tehtävät tutkimuksen ulkopuolelle, kuten kemian oppikirjojenkin osalta.

15 Tulokset ja tulosten analyysi

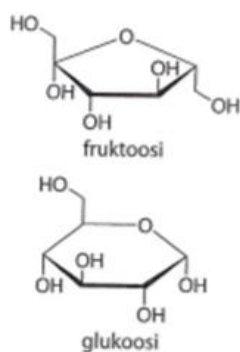
15.1 Biomolekyylit lukion kemian oppikirjoissa

15.1.1 Hiilihydraatit

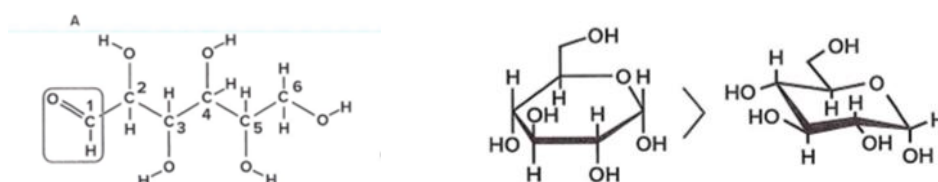
Kaikissa kolmessa analyysissä mukana olleessa lukion kemian oppikirjassa, oppikirja 1 (Lukion kemia), oppikirja 2 (Mooli 2) ja oppikirja 3 (Orbitaali 2), hiilihydraatit oli käsitelty melko laajasti ja suuria eroja oppikirjojen välillä ei esiintynyt. Analyysiä tehtäessä kiinnitettiin kuitenkin huomiota muutamiin eroavaisuuksiin, seuraavaksi nostetaan esiin joitakin näistä.

Hiilihydraattien toiminnan esittelyssä oli joitain eroja oppikirjojen välillä. Taulukossa (liite 1) esitettyjen tietojen ohella huomioitiin muutama muukin eroavaisuus. Hiilihydraatit mainittiin energianlähteenä kaikissa kolmessa oppikirjassa, mutta oppikirjassa 1 ei puhuttu kasvien energianlähteenä vararavinnon kautta toimimisesta ollenkaan. Tässä oppikirjassa mainittiin energianlähteenä toimiminen vain eläinten/ihmisten osalta. Samassa oppikirjassa hiilihydraattien toimimista rakennusaineena mainittiin vai kasvien osalta kun taas kahdessa muussa oppikirjassa huomioitiin, että hiilihydraatit toimivat myös muun muassa eläinsoluissa.

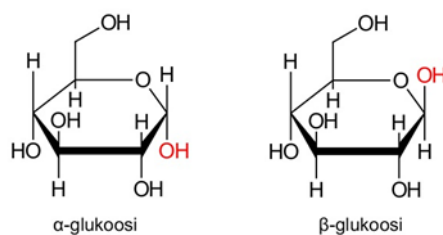
Selkeä ero oppikirjojen välillä liittyi myös monosakkaridien rakenteeseen, joka voi olla joko avoin tai syklinen. Oppikirjoissa 1 ja 3 ei mainittu ollenkaan avoimia rakenteita monosakkaridien yhteydessä. Lisäksi näissä oppikirjoissa kuvissakin esiintyi vain syklisessä muodossa olevia monosakkarideja (kuvat 20 ja 22). Oppikirjassa 2 sen sijaan puhuttiin varsinaisessa leipätekstissä avoimista rakenteista monosakkaridien osalta, mutta kuvien joukossa oli glukoosimolekyylin syklinen rakenne kuvattuna kahdessa eri konformaatioissa (kuva 21). Lisäksi kuvatekstissä mainittiin, että monosakkaridit voivat avoimen rakenteen sijaan esiintyä myös syklisessä muodossa.



Kuva 20. Oppikirjan 1 esimerkkikuva rengasrakenteisista monosakkarideista.⁵⁸

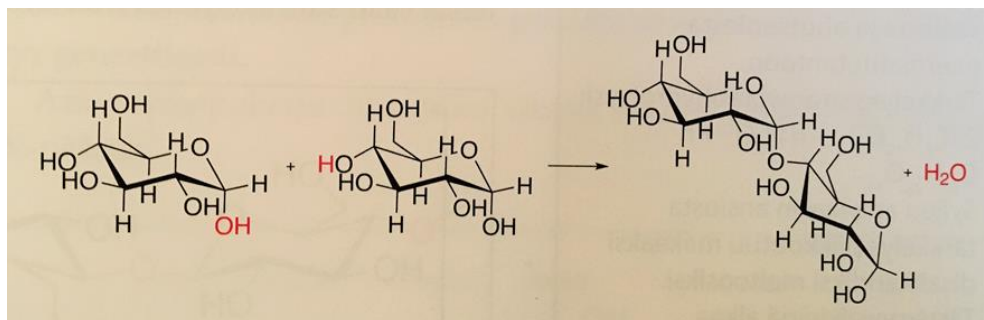


Kuva 21. Oppikirjan 2 esimerkkikuvat sekä avoimista että syklistä monosakkarideista.⁵⁹

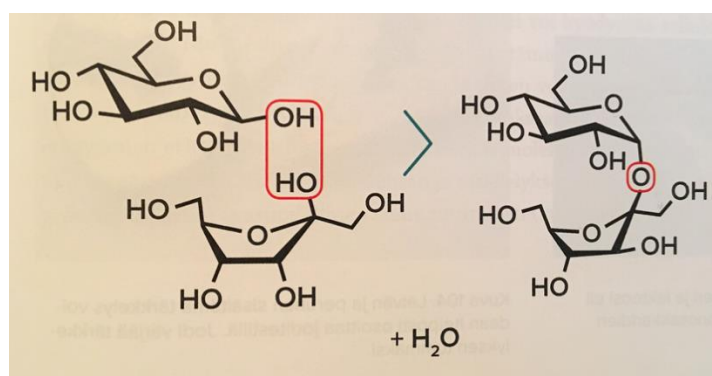


Kuva 22. Oppikirjan 3 esimerkkikuva rengasrakenteisista monosakkarideista.⁶⁰

Glykosididoksen käsittelystä löytyi myös eroavaisuuksia oppikirjojen välillä. Oppikirjoissa 1 ja 2 käsiteltiin glykosididosta hiilihydraattien yhteydessä kun taas oppikirja 3 ei maininnut kyseistä sidosta ollenkaan. Oppikirjoissa 1 ja 2 glykosididos mainittiin tekstissä ja sidoksen muodostumisesta oli molemmissa esitetty myös reaktioyhtälö, jossa oli korostettuna reagoivat osat ja oppikirjassa 2 oli lisäksi ympyröity muodostunut sidos (kuvat 23 ja 24).



Kuva 23. Oppikirjan 1 kuva glykosididoksen muodostumisesta.⁵⁸



Kuva 24. Oppikirjan 2 kuva glykosididoksen muodostumisesta.⁵⁹

Hiilihydraatteihin liittyviä reaktioita ja niiden termejä käsiteltiin vain pinnallisesti analysoiduissa kirjoissa. Dehydraatio-käsitettä ei käytetty yhdessäkään oppikirjassa. Oppikirjassa 1 mainittiin kondensaatio aiheeseen liittyen, oppikirjassa 2 taas kerrottiin sanallisesti mitä dehydraatioissa tapahtuu, mutta reaktion nimeä ei mainittu. Oppikirjassa 3 ei ollut mitään mainintaa tähän aiheeseen liittyen. Alla esimerkit oppikirjojen 1 ja 2 teksteistä dehydraatioreaktioon liittyen.

Oppikirja 1: *"Monosakkaridit esiintyvät pääasiallisesti rengasrakenteisina happiheterosyklisinä hemiasetaaleina, jotka liittyvät di- ja polysakkarideiksi kondensaatioreaktiolla."*

Oppikirja 2: *"Di- ja polysakkaridit muodostuvat siten, että kahden tai useamman monosakkaridin hydroksyylioryhmät liittyvät yhteen, ja samalla lohkeaa vettä."*

Hydrolyysin osalta oppikirjassa 1 kerrottiin kyseisen reaktion määritelmä liittyen tärkeilyn hajotukseen elimistössä. Oppikirjassa 2 ei viitattu reaktioon millään tavalla ja oppikirja 3 mainitsi hydrolyysin liittyen oligo- ja polysakkaridien kykyyn hydrolysoitua, hydrolyysin toimintaperiaatetta ei kuitenkaan käsitelty.

Hiilihydraattien käsittelyssä eri oppikirjojen välillä ei ollut kovin suuria eroja ja yleisesti ottaen kaikissa kirjoissa aihetta käsiteltiin monipuolisesti. Oppikirjoista voi kuitenkin edellä mainittujen eroavaisuuksien ja puutteiden perusteella saada hieman toisistaan poikkeavat käsitykset hiilihydraattien kemiasta. Monosakkaridien mahdollisista rakenteista saa oppikirjan 1 ja 3 mukaan hieman vääristyneen käsityksen, koska niissä ei avoimia rakenteita ole käsitelty ollenkaan. Kuten kirjallisessa osassa mainitaankin, niin luonnon monosakkarideilla on kuitenkin mahdollisuus esiintyä sekä avoimena rakenteena että syklistä muotona, joiden välillä vallitsee tasapaino, vaikkakin tasapaino suosii syklistä rakennetta.^{2,9}

Glykosididosis ja sen muodostuminen kahden monosakkaridin välille on tärkeä asia hiilihydraatteihin liittyen, sillä siihen perustuu oligo- ja polysakkaridien olemassaolo. Oppikirja 3 ei käsittele mitenkään kyseistä sidosta, jolloin tätä oppikirjaa käyttäville oppilaille jää täysin epäselväksi kemiallinen pohja oligo- ja polysakkaridien muodostumiselle, jota glykosidisen sidoksen käsittely auttaa ymmärtämään. Kyseistä kirjaa oppikirjana käyttäessä opettajan olisikin hyvä ottaa glykosididosisen muodostuminen esille, vaikka sitä ei oppikirjassa mainitakaan.

Hiilihydraattien kemiaan liittyvien reaktioiden kuten dehydraation ja hydrolyysin termien ja määritelmien puutteellinen esiintyminen oppikirjoissa saattaa johtua siitä, että näitä reaktioita mahdollisesti käsitellään jollain myöhemmällä kurssilla. Eikä niiden puuttuminen hiilihydraattien käsittelystä varsinaisesti heikennä oppilaan tietoja hiilihydraattien kemiasta lukiotason opetuksessa, varsinkaan siinä tapauksessa, että reaktiomekanismit käsitellään vasta myöhemmillä kursseilla.

15.1.2 Proteiinit

Analysoiduissa oppikirjoissa proteiinit oli käsitelty melko laajasti ja asiasisällöt oppikirjojen välillä olivat samankaltaisia (liite 2). Proteiinien toimintaa oli käsitelty jollain tasolla kaikissa oppikirjoissa, mutta oppikirjassa 3 käsittely oli huomattavasti laajempaa kuin kahdessa muussa oppikirjassa.

Kaikissa analyysin oppikirjoissa α -aminohapot esiteltiin sanallisesti, lisäksi oppikirjassa 2 oli esitetty myös α -aminohapon yleinen rakennekaava. Varsinainen määritelmä α -aminohapoista erosi hieman oppikirjan 2 osalta. Oppikirjoissa 1 ja 3 määriteltiin, että aminoryhmä on sitoutunut karboksyyliiryhmän viereiseen hiiliatomiin ja oppikirjassa 2 määriteltiin amino- ja karboksyyliiryhmän liittyvän aina samaan hiiliatomiin. Alla esimerkkinä oppikirjojen määritelmät α -aminohapoista.

Oppikirja 1: *"Luonnossa esiintyvissä aminohapoissa aminoryhmä sijaitsee karboksyyliiryhmän viereisessä hiilessä. Näitä kutsutaan α -aminohapoiksi."*

Oppikirja 2: *"Kaikki proteiineissa esiintyvät aminohapot ovat niin sanottuja 2-aminohappoja, mikä tarkoittaa sitä, että amino- ja karboksyyliiryhmä ovat aina liittyneet samaan hiiliatomiin (karboksyyliiryhmästä lukien toiseen hiiliatomiin). Tällaisesta rakenteesta käytetään myös nimitystä α -aminohappo."*

Oppikirja 3: *"Kaikki luonnon aminohapot ovat α -aminohappoja, eli aminoryhmä on sitoutunut karboksyyliiryhmän vieressä olevaan hiiliatomiin."*

Eräs eroavaisuuksista, joka oppikirjoista löytyi, liittyi aminohapoille tyypillisiin ominaisuuksiin. Aminohappojen ominaisuutta toimia sekä happona että emäksenä ei mainittu ollenkaan oppikirjassa 2, kun kahdessa muussa oppikirjassa asia oli huomioitu.

Proteiinirakenteet oli esitetty kaikissa oppikirjoissa monipuolisesti. Eniten eroavaisuuksia oli tertiäärirakenteen kemian osalta. Vain oppikirjassa 1 ei oltu eritelty minkälaisia vuorovaikutuksia proteiineissa vaikuttaa tertiäärirakenteen muodostumisen osalta. Lisäksi oppikirjasta 1 puuttui esimerkkikuva tertiäärirakenteesta. Seuraavana oppikirjojen määritelmät tertiäärirakenteesta.

Oppikirja 1: *"Tertiäärirakenne muodostuu, kun erilaisia sekundäärirakenteisia peptidiketjun osia taipuu ja laskostuu kullekin proteiinille tyypilliseen muotoon. Rakennetta ylläpitävät aminohappojen sivuketjujen väliset sekä heikot että vahvat vuorovaikutukset."*

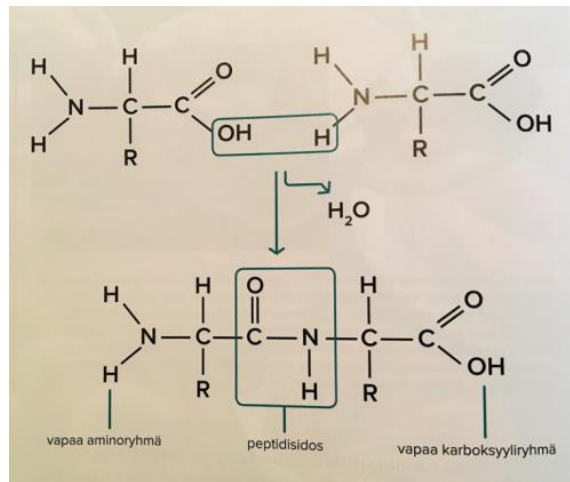
Oppikirja 2:

Leipätekstissä: *"Proteiinien tertiäärirakenne muodostuu, kun aminohappojen erilaiset sivuketjut muodostavat keskenään kemiallisia sidoksia."*

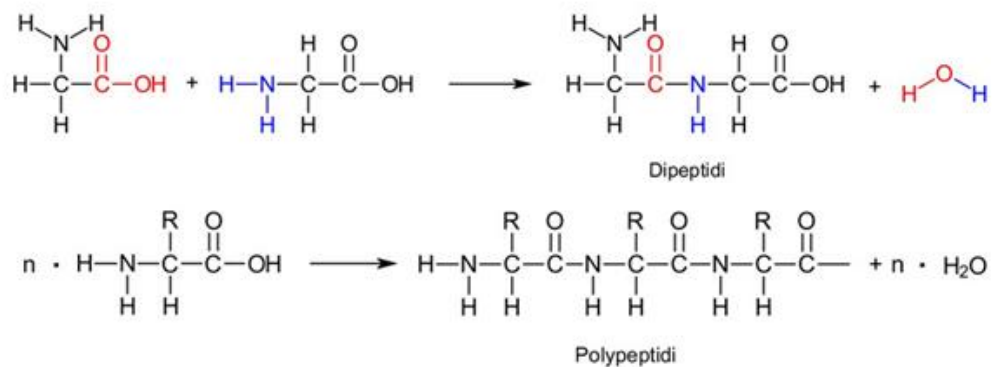
Kuvatekstissä: *"Aminohappojen sivuketjujen välille voi muodostua ionisidoksia, dispersiovoimia, vetysidoksia ja disulfididoksia eli niin sanottuja rikkisiltoja."*

Oppikirja 3: *"Proteiinimolekyylit sitoutuvat vielä suuremmiksi kimpuiksi, jolloin muodostuu tertiäärirakenne. Tertiäärirakenteessa on vetysidosten lisäksi aminohapporyhmien välisiä ionisidoksia ja poolittomien sivuryhmien välisiä dispersiovoimia."* (Tiivistelmässä luetellaan vielä erikseen vuorovaikutuksien olevan rikkisillat, vetysidokset, ionisidokset ja dispersiovoimat.)

Kaiken kaikkiaan proteiinien käsittely analyysin oppikirjoissa oli hyvin samankaltaista sekä kattoi melko hyvin proteiineihin liittyvät kemian sisällöt, joita voidaan olettaa lukiotasolla opetettavan. Joitain eroja oppikirjojen välillä löytyi muun muassa siitä, kuinka monipuolisesti asiat oli esitetty sanallisesti sekä rakennekaavojen ja kuvien avulla. Esimerkiksi peptididoksin esiteltiin kaikissa oppikirjoissa, mutta oppikirjasta 1 puuttui kokonaan peptididoksin muodostumista kuvaava reaktioyhtälö, eikä tekstissäkään tarkennettu tarkemmin sitä, miten aminohapot sitoutuvat toisiinsa. Oppikirjassa mainittiin vain sidoksen muodostuvan polykondensaatiolla. Alla oppikirjojen 2 ja 3 kuvat peptididoksin muodostumisesta (kuvat 25 ja 26).



Kuva 25. Oppikirjan 2 kuva peptidisidoksen muodostumisesta.⁵⁹



Kuva 26. Oppikirjan 3 kuva peptidisidoksen muodostumisesta.⁶⁰

Analyysissä esiin tulleet eroavaisuudet eivät aseta oppikirjoja juurikaan toisistaan poikkeavaan asemaan proteiinien kemian osalta. Erot ovat pieniä, eikä varsinaisia virheitä ole yhdessäkään oppikirjassa. Lisäksi yhdestäkään oppikirjasta ei puutu mitään täysin oleellista tietoa aiheen suhteen, mikä heikentäisi oppilaan ymmärrystä opeteltavasta aiheesta.

15.1.3 Nukleiinihapot

Nukleiinihapot olivat biomolekyylien aiheista suppeimmin käsitelty kaikissa kolmessa analyysissä mukana olleessa oppikirjassa (liite 3). Eroavuuksia nukleiinihappojen käsittelyssä esiintyi muun muassa emästen esittelyssä. Vain oppikirjassa 1 mainittiin emäksiä olevan kahdenlaisia, puriineja ja pyrimidiinejä. Tämän lisäksi oppikirja 2 erosi kahdesta muusta oppikirjasta siten, että oppikirjassa ei erikseen esitelty emästen rakennekaavoja. Joissain kuvissa kuitenkin esiintyi esimerkki muutamasta emäksestä samassa oppikirjassa. Alla esimerkit oppikirjojen teksteistä emäksiin liittyen.

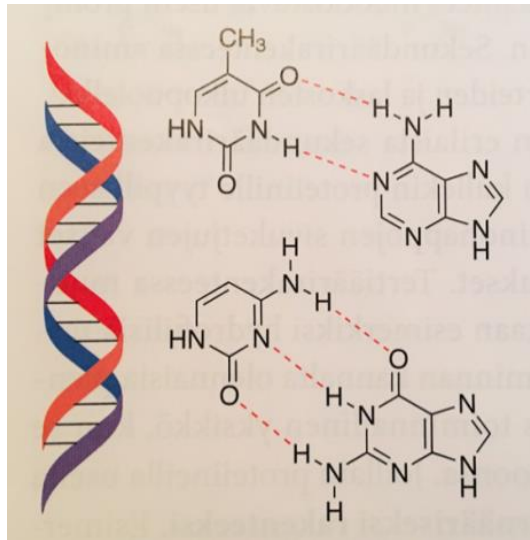
Oppikirja 1: *"Emäksiä on kahta eri yhdistetyyppiä ja yhteensä viisi erilaista: puriiniemäkset adeniini A ja guaniini G sekä pyrimidiiniemäkset sytosiini C, tymiini T (vain DNA:ssa) ja urasiili (vain RNA:ssa)."*

Oppikirja 2: *"Tyypipitoisia emäksiä on kaiken kaikkiaan viisi erilaista."*

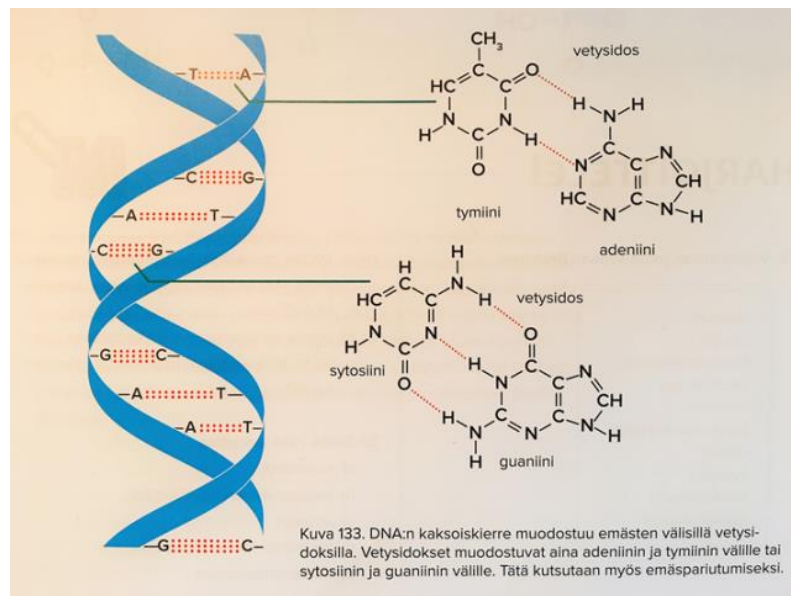
Oppikirja 3: *"DNA:ssa on neljää erilaista nukleotidiä, joiden emäsosa on erilainen."*

Nukleiinihappojen käsittelyssä fosfodiesterisidokset oli vähäisemmin esitelty kuin esimerkiksi hiilihydraattien glykosididisidokset. Oppikirjassa 3 fosfodiesterisidoksesta ei ollut mainintaa ollenkaan, vaikkakin eräässä kuvassa oli ympyröity fosfodiesterisidos nukleotidin fosfaattiosana. Oppikirjassa 2 oli esitetty kuvassa fosfodiesterisidoksen rakenne, mutta varsinaista reaktioyhtälöä ei ollut yhdessäkään oppikirjassa.

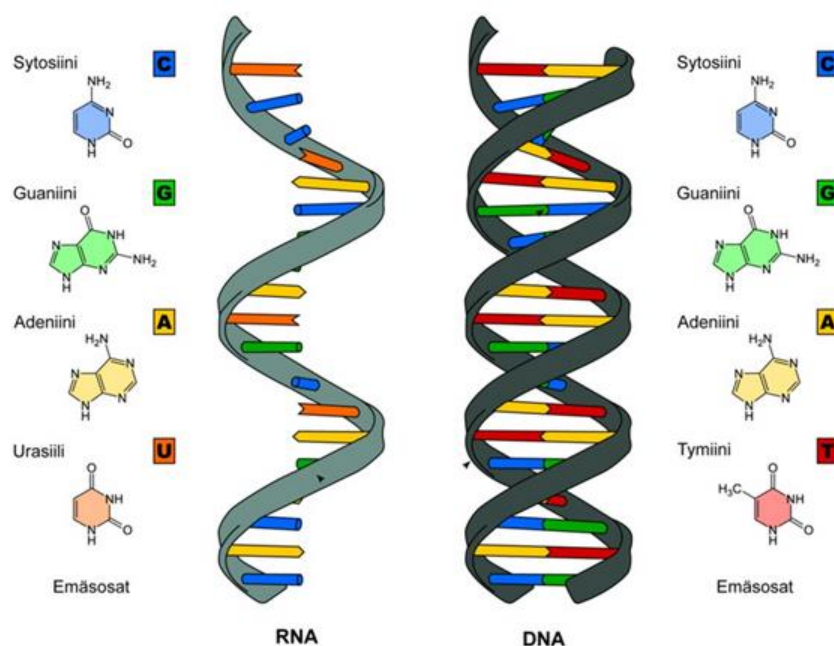
DNA:n ja RNA:n rakenne oli esitetty kaikissa kolmessa oppikirjassa samankaltaisesti, tieto löytyi kylläkin lähinnä kuvista ja kuvateksteistä varsinaisen leipätekstin sijaan. Eroavaisuutta kuvien välillä oli kyllä siinä, kuinka laajasti DNA:n ja RNA:n rakenteita esiteltiin (kuvat 27, 28 ja 29). RNA:n rakennetta esiteltiin kuvien avulla vain oppikirjassa 3. Yhdessäkään oppikirjassa ei kuitenkaan ollut mainintaa siitä, että DNA:n juosteet ovat vastakkaissuuntaisia, vaikka kaikissa kaksoiskierre esiteltiin.



Kuva 27. Oppikirjan 1 kuva DNA:n rakenteesta.⁵⁸



Kuva 28. Oppikirjan 2 kuva DNA:n rakenteesta.⁵⁹



Kuva 29. Oppikirjan 3 kuva DNA:n sekä RNA:n rakenteista.⁶⁰

Nukleiinihappojen käsittelyn osalta ei siis käynyt analyysissä ilmi kovinkaan suuria eroavaisuuksia eri oppikirjojen osalta. Mietityttämään jäi hieman ihmisille tärkeän aiheen suppea käsittely. Voisiko suppea käsittely johtua siitä, että oletetaan aiheen tarkempaa läpikäymistä biologian osalta? Tällöin kuitenkin nukleiinihappojen varsinainen kemian osaaminen saattaa jäädä vähäisemmälle.

15.1.4 Lipidit

Lipidit olivat toinen kokonaisuus, jota analyysissä mukana olleissa oppikirjoissa käsiteltiin hieman suppeammin (liite 4). Joitain pieniä eroavaisuuksia oppikirjojen väliltä analyysissä löytyi. Esimerkiksi lipidien hydrofobisuuden korostaminen oli jäänyt oppikirjasta 1 kokonaan pois. Kuten kirjallisessa osassa on kerrottu, niin lipidien määritelmään liittyy olennaisesti hydrofobisuus,¹⁸ joten tämän asian huomiotta jättämistä voidaan pitää virheenä. Oppilaalle ei muodostu tarkkaa käsitystä siitä, miten molekyylit luokitellaan kuuluvaksi tähän ryhmään.

Lipidien osalta myös esterisidos oli niukemmin käsitelty. Esterisidos mainittiin oppikirjoissa 1 ja 2, lisäksi oppikirjassa 3 puhuttiin vain vahojen yhteydessä niiden olevan rasvahappojen ja alkoholien estereitä. Oppikirjassa 2 esterisidokset oli merkitty erään triasyyliglyserolin rakennekaavaan, mutta varsinaista reaktioyhtälöä ei ollut esitetty. Alla esimerkit oppikirjojen teksteistä, joissa esterisidos mainitaan.

Oppikirja 1: *"Lipidit ovat biomolekyylejä, joissa tyypillisesti pitkäketjuinen rasvahappo on liittynyt esterisidoksella pooliseen osaan."*

Oppikirja 2: *"Rasvat ovat kemialliselta rakenteeltaan glyserolin (1,2,3-propaanitrioli) ja erilaisten rasvahappojen estereitä. Kolmiarvoisena alkoholina glyseroli voi liittyä esterisidoksilla yhteen, kahteen tai kolmeen rasvahappomolekyyliin."*

Oppikirja 3: *"Vahat ovat rasvahappojen ja pitkäketjuisten alkoholien muodostamia estereitä."*

Analyysissä huomiota kiinnitti lisäksi eroavaisuus rasvahappojen jaottelun osalta. Vain oppikirjassa 2 varsinaisesti kerrottiin mitä tarkoittaa ero tyydyttyneiden ja tyydyttymättömien rasvahappojen rakenteessa. Oppikirjassa 1 ja 3 ei mainittu kaksoissidoksien yhteyttä tähän rasvahappojen luokitteluun. Oppikirjassa 1 kaksoissidos rasvahapossa tuli esiin kaksoissidoksen hydrogenoinnissa öljyjen kovettamisen yhteydessä. Oppikirjassa 3 kaksoissidokset mainittiin omega-rasvahappojen yhteydessä, jossa mainittiin näiden rasvahappojen luokittelun perustuvan kaksoissidoksen sijaintiin hiiliketjussa. Kaksoissidoksien olemassaolo rasvahappojen luokittelussa kuuluu mielestäni lukiotason kemian opetukseen, joten tämä puute kahden oppikirjan osalta ihmetyttää. Avoimeksi jää kysymys siitä, käsitelläänkö asiaa jollain myöhemmällä kemian kurssilla? Alla esimerkit oppikirjojen teksteistä rasvahappojen jaotteluun liittyen.

Oppikirja 1: *"Rasvahapoissa on parillinen määrä hiiliatomeja (yleensä 10-22), ja ne voivat olla joko tyydyttyneitä, kertatyydyttymättömiä tai monitydyttymättömiä."*

Oppikirja 2: *"Rasvoissa esiintyvät rasvahapot voivat olla joko tyydyttyneitä tai tyydyttymättömiä. Tyydyttyneissä rasvahapoissa hiiliatomien välillä on vain yksinkertaisia kovalenttisia sidoksia. Monitydyttymättömissä*

(kertatyydyttymättömissä) rasvahapoissa hiiliatomien välillä on vain yksi kaksoissidos. Polytyydyttymättömissä (monityydyttymättömissä) rasvahapoissa hiiliatomien välisiä kaksoissidoksia on kaksi tai useampi."

Oppikirja 3: *"Rasvahapot voivat olla tyydyttyneitä tai tyydyttymättömiä."*

Lipidit oli käsitelty kohtalaisen hyvin kaikissa analyysin oppikirjoissa, eikä suuria eroavaisuuksia kirjojen vertailussa löytynyt. Kuitenkin muun muassa esteririsidoksen vähäinen esittely sekä rasvahappojen jaottelun perusteiden puutteellisuus jättävät oppilaalle jokseenkin vaillinaisen kuvan lipidien kemiallisista sisällöistä. Analyysin perusteella oppikirjan 2 avulla lipidien sisältöjä opiskelleet saavat ainakin näistä aiheista paremman kuvan kuin oppikirjojen 1 tai 3 avulla lipidejä opiskelleet oppilaat. Tämä voisi teoriassa asettaa oppilaat erilaiseen asemaan esimerkiksi ylioppilaskirjoitusten kannalta, jos näitä sisältöjä kokeessa vaadittaisiin osaamaan.

15.1.5 Yleisiä huomioita biomolekyylien esiintymisestä lukion kemian oppikirjoissa

Analysoiduissa oppikirjoissa biomolekyylien käsittelyyn käytetyssä tekstimäärässä oli eroja. Oppikirja 1 sisälsi kahdeksan sivua, jotka käsitelivät biomolekyyliä. Oppikirjassa 2 taas sivuja oli huomattavasti enemmän, yhteensä 24. Oppikirja 3 oli toteutettu verkkomateriaalina, joten varsinaista sivumäärää ei ollut saatavilla, mutta oman arvioni mukaan tekstimäärä vastasi lähemmin oppikirjan 1 tekstimäärää. Vaikka tekstimäärissä olikin melko suuria eroja, eivät kuitenkaan sisällöt poikenneet toisistaan paljoa. Suurin osa pääkohdista, mitä analyysin aikana oppikirjoista tarkasteltiin, oli esitetty kaikissa oppikirjoissa. Löydetyistä eroavaisuuksista sisältöjen välillä kerrottiin jo aiemmin.

Kaikissa kolmessa oppikirjassa esitettiin kuvia ja taulukoita biomolekyyliin liittyen. Kuvien ja taulukoiden yhteismäärissä oli eroja oppikirjojen välillä. Oppikirjassa 1 oli esitetty yhteensä 30 kuvaa tai taulukkoa kun taas oppikirjassa 2 kuvia ja taulukoita esiintyi yhteensä 44. Oppikirjassa 3 lukema oli 42, mutta tavallisten kuvien ja

taulukoiden lisäksi materiaalit sisälsivät kahdeksan 3D-mallia, joita lukija voi itse liikutella akselinsa ympäri. Tällaisia malleja materiaalissa oli esimerkiksi glukoosista ja nukleiinihappojen emäksistä. 3D-mallien olemassaolo oli ainut varsinainen ero fyysisen oppikirjan ja sähköisen materiaalin välillä. Näin ollen sähköinen materiaali ei antanut juuri mitään sen enempää kuin fyysiset oppikirjatkaan, vaikkakin 3D-mallien kautta lukija voikin saada kyseisistä molekyyleistä parempaa käsitystä. Kuvien määrän lisäksi kuvien sisällöissä oli myös eroja eri oppikirjojen välillä. Näistä eroista onkin jo aiemmin mainittu muutamia.

Kaikissa analysoiduissa oppikirjoissa biomolekyylien sisällöissä oli mainittu hiilihydraattien osalta fotosynteesi ja proteiinien osalta entsyymit. Tähän kiinnitettiin huomiota, sillä kirjallisessa osassa aiheita ei ole juurikaan käsitelty. Muuten oppikirjoissa käsiteltiin paljolti samoja asioita kuin kirjallisessa osiossa, mutta lukiotasolle sopivalla vaativuudella.

Oppikirjoissa yleisesti ottaen käsiteltiin kaikki aiheet hyvin, jollei joitain aiemmin mainittuja puutteita oteta huomioon. Nukleiinihapoista olisi olettanut olevan hieman enemmän sisältöjä kuin mitä oppikirjoissa esiintyi, mutta varmaankin lukiotason sisällöt olivat esiteltyinä.

Näkökulma kaikissa analysoiduissa oppikirjoissa oli hyvin samankaltainen. Biomolekyyliä esiteltiin siltä kannalta, minkälaisista rakennusosista kukin biomolekyyli koostuu ja minkälaiset reaktiot kullekin molekyyllille ovat tyypillisiä. Biomolekyyliä esiteltiin niiden luonnossa ja elimistössä esiintyvyyden kautta ja siten kuinka nämä molekyylit luonnossa käyttäytyvät ja mitä ne saavat aikaan. Lähestymistapa aiheisiin on selvästi kemiallisten sisältöjen kautta, mutta myös molekyylien biologista puolta tuodaan esiin oppikirjoissa.

15.2 Biomolekyylit lukion biologian oppikirjassa

Analyysissä mukana olleessa oppikirjassa (Koralli BI3) käsiteltiin kaikkia neljää biomolekyylien ryhmää. Oppikirjan mukaan biomolekyylien ainesosien ja rakenteiden ymmärtäminen auttaa ymmärtämään solun toimintaa paremmin ja laajemmin. On

tärkeää tuntea biomolekyylien rakenteita sekä niissä olevia kemiallisia ainesosia, näin saadaan tietoa siitä, miten biomolekyylit soluissa toimivat sekä voivatko solut itse valmistaa kyseisiä aineita.

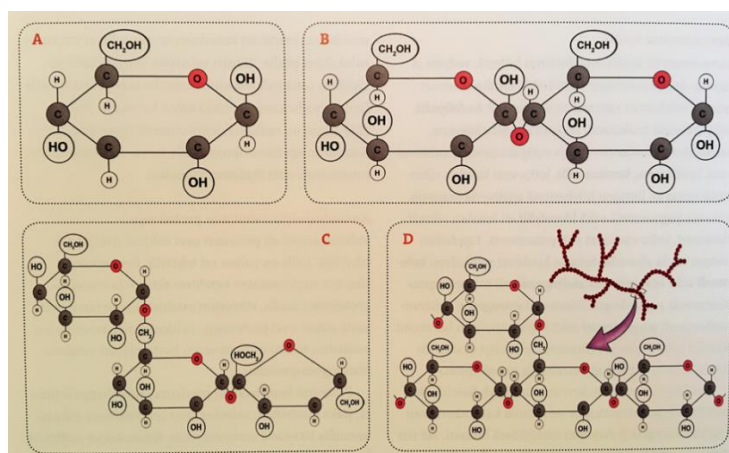
15.2.1 Hiilihydraatit

Hiilihydraattien osalta oppikirjassa käsiteltiin joitain kemiallisia sisältöjä kuten sokerien luokittelua ja rakenteita (liite 5). Lisäksi oppikirjassa käsiteltiin hiilihydraattien toimintoja ja hieman liukoisuuttakin. Liukoisuudesta mainittiin:

"Mitä suuremmaksi sokeriyksiköiden määrä kasvaa, sitä huonommin ne liukenevat veteen."

Oppikirjan näkökulma ja konteksti hiilihydraattien käsittelyyn oli vahvasti biologinen. Hiilihydraatteja käsiteltiin siitä näkökulmasta, minkälaisia ja mitä hiilihydraatteja luonnossa esiintyy. Oppikirjassa esiteltiin eri hiilihydraatteja niiden luonnossa esiintymisen ja toiminnan perusteella ja niitä on esitelty sekä eläinten että kasvien osalta.

Kemian sisältöä hiilihydraattien käsittelystä löytyi rakenteiden osalta. Mono-, di-, oligo- ja polysakkarideista oli esitetty esimerkit rakennekaavasta (kuva 30).



Kuva 30. Biologian oppikirjan kuva hiilihydraattien rakenteesta.⁶¹

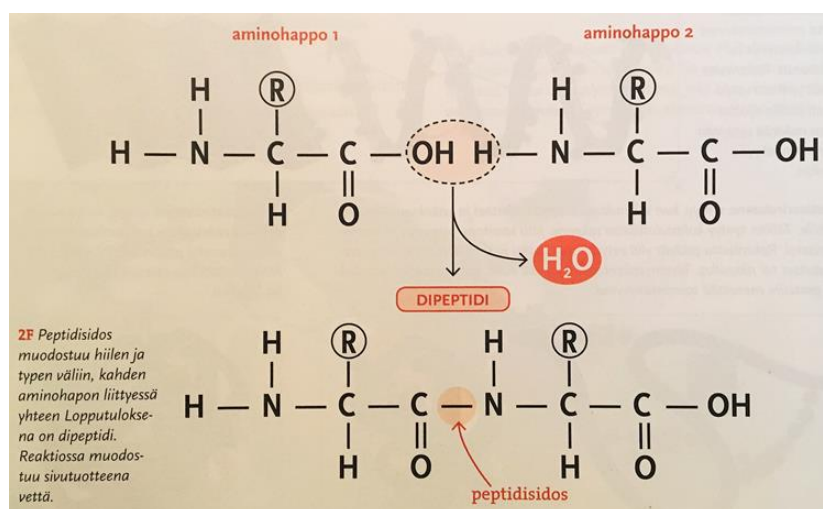
Näistä kuvista löytyi kuitenkin kemian näkökulmasta hieman virheellinen esitystapa. Hydroksyylioryhmät oli merkitty kiinnittymään hiileen siten, että lukijalle jää epäselväksi onko hiileen kiinnittyneenä happi vai vety. Tällainen esitystapa voi antaa oppilaalle virheellisen käsityksen hiilihydraattien rakenteesta.

Oppikirjassa ei käsitelty muita hiilihydraattien kemiallisia ominaisuuksia kuten monosakkaridien sitoutumista toisiinsa glykosididosten avulla. Oppikirjassa ei myöskään mainittu esimerkiksi polysakkaridien hajoamista ja toimintaa ruoansulatuksen yhteydessä. Ruoansulatukseen liittyvät asiat voivat tulla esiin jollain toisella biologian kurssilla eri asiayhteydessä. Hiilihydraattien ja niiden toiminnan kokonaisvaltaiseen ymmärtämiseen vaaditaan siis joitain pohjatietoja kemian alalta muun muassa hiilihydraattien reaktioihin liittyen.

15.2.2 Proteiinit

Oppikirjassa käsiteltiin proteiinien sisällöistä muun muassa toimintaa, peptidididosta ja proteiinien rakennetta, lisäksi entsyymejä käsiteltiin melko laajasti (liite 6). Näkökulma ja konteksti proteiinien oppimiseen olivat biologisia. Oppikirjassa kerrottiin, missä elimistössä proteiineja esiintyy ja minkälaisia tehtäviä niillä on.

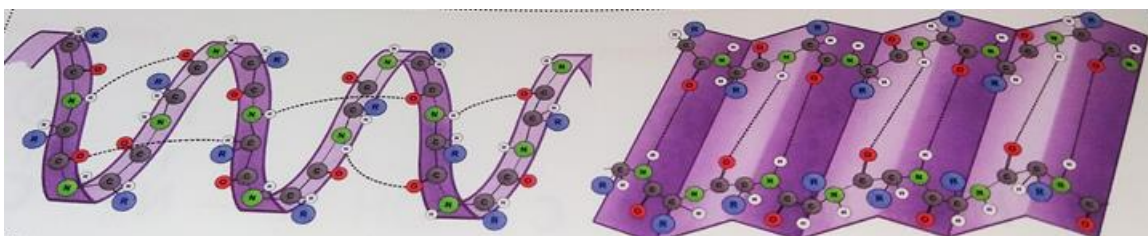
Peptidididoksesta kerrottiin sen olevan sidostyyppi, jonka avulla aminohapot liittyvät toisiinsa muodostaen aminohappoketjuja. Peptidididoksen muodostumisesta esitettiin lisäksi kuva (kuva 31), jossa rakennekaavojen avulla esitetään reaktioyhtälö dipeptidin muodostumisesta.



Kuva 31. Biologian oppikirjan kuva peptidisidoksen muodostumisesta.⁶¹

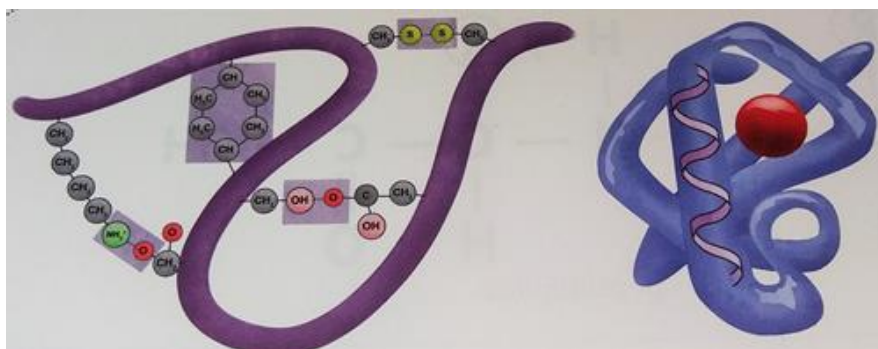
Oppikirjan kuvassa dipeptidin muodostumisesta ei varsinaisia virheitä esiintynyt, mutta analysissä huomioitiin, että peptidisidoksena on ympäröity vain muodostunutta sidosta osoittava viiva, eikä ollenkaan sidoksessa välittömästi kiinni olevia atomeja. Voidaan olettaa, että tämä asia ei aiheuta lukijalle virhekäsityksiä aiheeseen liittyen.

Proteiinirakenteiden käsittely oppikirjassa esitti myös kemiallisia näkökohtia rakenteiden ominaisuuksiin. Sekundaarirakenteen osalta ei mainittu α -heliksiä eikä β -laskoksia, vaan oppikirjassa käytettiin termejä kiertynyt ja laskostunut. Sekundaarirakennetta esittävässä kuvassa (kuva 32) esiintyi sekä α -heliksi että β -laskos, joiden kuviin oli merkitty vetysidokset, lisäksi aminohappojen rakenteet olivat myös näkyvissä.



Kuva 32. Biologian oppikirjan kuva sekundaarirakenteesta.⁶¹

Tertiäärirakenteen yhteydessä mainittiin rakenteita ylläpitäviksi voimiksi vetysidokset, ionisidokset sekä heikot vuorovaikutukset ja rikkisillat. Lisäksi tertiäärirakennetta esittävään kuvaan (kuva 33) oli merkitty näitä rakenteen ylläpitoon osallistuvia vuorovaikutuksia.



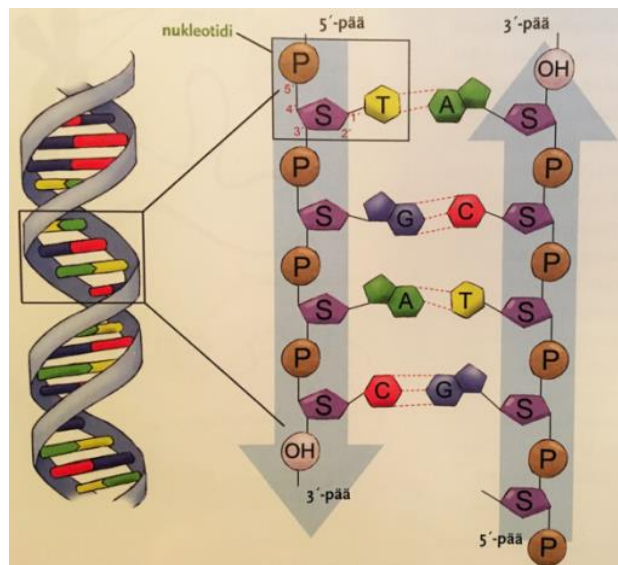
Kuva 33. Biologian oppikirjan kuva tertiäärirakenteesta.⁶¹

Oppikirjassa ei käsitelty varsinaisesti aminohappojen kemiallisia ominaisuuksia eikä aminohappojen reaktiota. Näiden syvempää ymmärtämistä varten täytyy lukijalla olla kemiallista pohjatietoa aiheeseen liittyen. Lisäksi proteiinirakenteisiin liittyviä kemiallisia vuorovaikutuksia mainittiin oppikirjassa, mutta teoria vuorovaikutusten takana täytyy lukijan itse tietää ennestään tai ottaa selvää esimerkiksi kemian oppikirjoista.

15.2.3 Nukleiinihapot

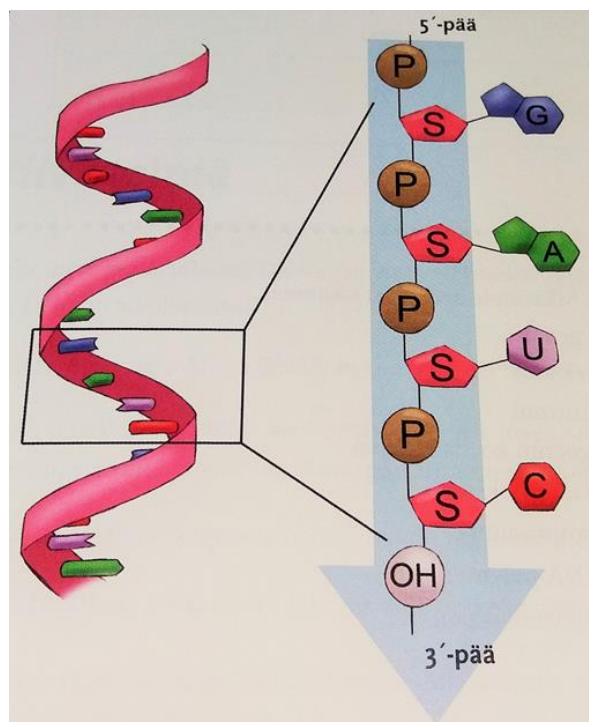
Analysoidussa oppikirjassa nukleiinihappojen osalta käsiteltiin muun muassa nukleotidejä sekä DNA:n ja RNA:n rakennetta (liite 7). Näiden lisäksi nukleiinihappojen sisällöistä käsiteltiin tumaa ja geenin rakennetta, joihin ei analyysissä juurikaan kiinnitetty huomiota. Näkökulma nukleiinihappojen käsittelyyn liittyi perimään ja sen rakenteeseen, kuinka soluissa nukleiinihapot esiintyvät ja toimivat.

DNA:n rakenteesta mainittiin kaksijuosteisuus, rakenteen kierteisyys sekä juosteiden vastakkaisuuntaisuus. Lisäksi mainittiin sokerin olevan deoksiriboosi ja emäksinä olevan adeniini, tymiini, sytosiini ja guaniini, jotka sitoutuvat toisiinsa vetysidosten avulla emäspariutumissääntöjen, A-T ja C-G, mukaisesti. Oppikirjassa mainittiin DNA:n rakentuvan nukleotideista ja DNA:n rakenteesta oli esitetty kuva (kuva 34), jossa oli esillä myös nukleotidit ja vetysitoutuminen.



Kuva 34. Biologian oppikirjan kuva DNA:n rakenteesta.⁶¹

RNA:n rakenteesta oppikirjassa mainittiin sen olevan yksijuosteinen. Lisäksi mainittiin DNA:sta poiketen sokerin olevan deoksiriboosin sijaan riboosi sekä emäksissä tymiinin tilalla olevan urasiili. Emäspariutumisen kerrottiin RNA:lla toteutuvan mallin A-U ja C-G mukaan. Oppikirjassa mainittiin lisäksi RNA-molekyylejä olevan erilaisia muun muassa lähetti-RNA, siirtäjä-RNA ja ribosomaalinen RNA. Oppikirjassa oli myös esitetty RNA:n rakenteesta vastaava kuva (kuva 35) kuin DNA:n rakenteestakin.



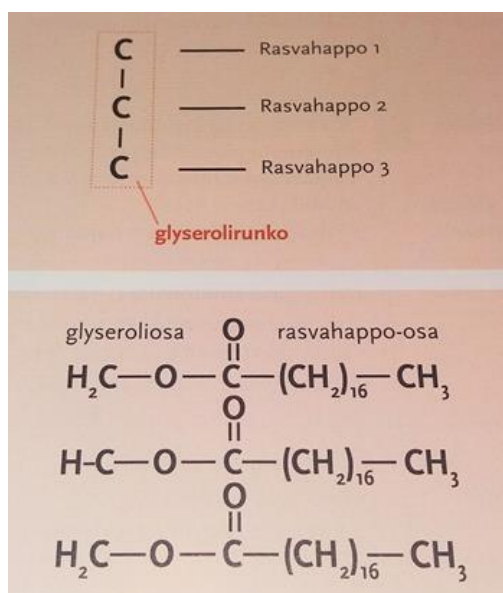
Kuva 35. Biologian oppikirjan kuva RNA:n rakenteesta.⁶¹

Nukleiinihappojen osalta ei oppikirjan tekstissä eikä kuvissa esiintynyt asiavirheitä kemiallisen näkökulman kannalta. Oppikirjassa ei esitetty muun muassa nukleotidien, emästen eikä DNA:n ja RNA:n rakennekaavoja. Lisäksi oppikirjassa ei mainittu puriineja ja pyrimidiinejä eikä esimerkiksi fosfodiesterisidoksia ollenkaan. Näin ollen nukleiinihappojen rakenteiden ja reaktioiden syvempää ymmärtämistä varten tarvitaan pohjatietoa edellä mainituista aiheista. Nukleiinihapot ovat biologian osalta erittäin tärkeä aihesisältö kaiken elämän perustuessa niihin, joten luulen, että tätä aihetta käsitellään paljon myös muilla lukion kursseilla sekä eri aiheiden sisällöissä. Täten voi olla mahdollista, että tarkempaa tietoa kemiallisista sisällöistäkin nukleiinihappojen osalta käsitellään myöhemmin.

15.2.4 Lipidit

Oppikirjassa käsiteltiin lipidien aiheisällöistä muun muassa niiden toimintaa, hieman rasvojen rakennetta sekä lipidien liukoisuutta veteen (liite 8). Näkökulma ja konteksti aiheeseen muodostuivat lipidien esiintymisestä ja merkityksestä luonnossa ja esimerkiksi ihmisen elimistössä.

Kemian sisällöistä lipideihin liittyen mainittiin muun muassa, että lipidit eivät liukene veteen. Tämän lisäksi oppikirjassa mainittiin rasvojen ja öljyjen muodostuvan glyserolista ja rasvahapoista. Oppikirjassa esitettiin myös kuva (kuva 36) rasvan kemiallisesta rakenteesta.



Kuva 36. Biologian oppikirjan kuva rasvojen kemiallisesta rakenteesta.⁶¹

Lipidien osalta oppikirjassa ei mainittu esimerkiksi esterisidoksia eikä rasvahappojen luokittelua tyydyttyneisiin ja tyydyttymättömiin rasvahappoihin. Näistä aiheista vaaditaan pohjatietoja kemian sisällöistä, jotta ymmärrettäisiin kokonaisvaltaisemmin lipidien kemiaa ja biologiaa. Oppikirjan sisällöistä ei löytynyt asiavirheitä lipidien osalta, mutta yleisesti ottaen lipidit esitettiin melko suppeasti.

15.2.5 Yleisiä huomiota biomolekyylien esiintymisestä lukion biologian oppikirjassa

Pääpiirteittäin oppikirjassa oli käsitelty biomolekyylejä melko hyvin varsinkin pääkohtien osalta. Kuitenkin oma näkemykseni on se, että kaikkia aiheita oli käsitelty melko niukasti. Eniten tekstiä oli proteiinien osalta, joiden käsittelyssä oli perehdytty paljon entsyymien toimintaan elimistössä. Suppean käsittelyn voidaan olettaa johtuvan siitä, että biomolekyylit ovat laajasti mukana useissa eri biologian prosesseissa, jolloin voidaan olettaa, että näitä aiheita käsitellään useiden eri aiheiden puitteissa sekä analysoidussa oppikirjassa että muilla lukion biologian kursseilla. Analyysiinhan oli valikoitu vain ne materiaalit oppikirjasta, jossa pääasiassa keskityttiin biomolekyylien rakenteisiin ja kemialliseen aiheisiin.

Analysoidussa materiaalissa ei esiintynyt juurikaan virheitä kemiallisen näkökulman kannalta lukuun ottamatta virheellistä merkintätapaa hiilihydraatteihin liittyvässä kuvassa. Lisäksi materiaalissa oli tuotu melko hyvin esiin tärkeimpiä kemiallisia sisältöjä biomolekyyliin liittyen. Analysoidussa materiaalissa esitetyt kuvat myös toivat hyvin esille biomolekyylien kemiallisia rakenteita, joita biologian oppijankin on hyvä ymmärtää. Oppikirjassa esiintyi monia kemiallisia termejä, joita ei avattu materiaaleissa ollenkaan, joten nämä vaativat jonkinlaista pohjatietoa kyseisistä sisällöistä kemian näkökulmasta.

Biologian oppikirjalta ei voikaan olettaa samanlaista käsittelytapaa aiheisiin, koska tämä ei ole biologian kannalta välttämättä tarpeellista. Lisäksi voidaan välttää opetettavien asioiden olevan täysin päällekkäisiä sekä biologiassa että kemiassa. Yhdessä biologian sekä kemian materiaalit antavat varmasti lukijalle hyvän yleiskäsityksen biomolekyyleistä.

Yleinen näkökulma biomolekyyliin analysoidussa materiaalissa oli esitellä solun tärkeitä rakenneaineita, niiden toimintaa soluissa sekä ylipäättään esiintymistä luonnossa. Kontekstina biomolekyyleille toimivat pääosin solut. Biologian oppikirjassa keskityttiin kemian materiaaleja enemmän muun muassa siihen missä biomolekyylejä luonnossa esiintyy sekä minkälaisia tehtäviä ja merkityksiä niillä luonnossa on. Esimerkiksi lipidien kohdalla oli kerrottu kemian aineistoon verrattuna laajemmin lipidien erilaisia esiintymisryhmiä sekä niiden toimintaa.

15.3 Biomolekyylit lukion terveystiedon oppikirjassa

Analysoidussa terveystiedon oppikirjassa (Tarmo TE1) biomolekyylejä käsiteltiin lähinnä ravitsemukseen liittyvässä luvussa. Kaikkia biomolekyylejä ei käsitelty, sillä nukleiinihapoista ei oppikirjan analyysiin valitussa osassa mainittu ollenkaan. Hiilihydraatteja, proteiineja ja rasvoja käsiteltiin pääosin ravintoaineina.

15.3.1 Hiilihydraatit

Hiilihydraattien käsittelyssä ei terveystiedon oppikirjassa juurikaan esiintynyt niiden kemiallisia ominaisuuksia tai sisältöjä (liite 9). Hiilihydraattien mainittiin olevan energiaravintoaineita ja muita ruoka-aineista saatavia aineita. Energiaravintoaineella oppikirjassa tarkoitettiin sellaista ainetta, joka hajotessaan vapauttaa energiaa elimistön käyttöön. Hiilihydraattien mainittiin olevan imeytyviä sekä imeytymättömiä. Tätä ei kuitenkaan enempää avattu tekstissä, joskin tekstissä myöhemmin mainittiin syljen pystyvän pilkkomaan osan hiilihydraateista. Muina aineina hiilihydraattien osalta mainittiin kuitu.

Imeytyvyyden lisäksi lähinnä hiilihydraattien kemiallisia sisältöjä oli maininta yksinkertaisista sekä pitkäketjuisista hiilihydraateista. Hiilihydraateista mainittiin:

"Yksinkertaiset hiilihydraatit ovat sokereita: glukoosi (marjoissa, hedelmissä, hunajassa), fruktoosi eli hedelmäsokeri, sakkaroosi eli tavallinen sokeri ja laktoosi eli maitosokeri. Pitkäketjuisia hiilihydraatteja ovat tärkkelys ja kuitu."

Oppikirjassa kerrottiin myös ravitsemussuosituksista, joiden mukaan hiilihydraatteja tulisi olla 45-60 E% päivittäisestä kokonaisenergian saannista. Materiaalissa lueteltiin hiilihydraattien lähteitä, joista eräs esimerkki oli vilja. Tämän lisäksi mainittiin, että terveyden kannalta liiallinen sokerin saanti on ihmisille haitallista. Oppikirjassa esiteltiin myös kuitujen hyötyjä elimistölle ja terveydelle.

Hiilihydraatit käsiteltiin melko suppeasti analysoidussa materiaalissa ja näkökulma aiheeseen oli täysin ravitsemuspohjainen. Materiaalissa kerrottiin hiilihydraateista

ravintona ja siitä minkälaisia vaikutuksia niillä voi elimistölle olla. Lisäksi mainittiin tärkkelyksen olevan merkittävin energianlähde suurelle osalle ihmisistä. Tärkkelyksen kerrottiin sisältävän helposti sulavassa muodossa olevaa energiaa.

Hiilihydraattien kemiallisten sisältöjen puuttuessa oppilaan oletetaan omaavan jo ennestään esimerkiksi kemian oppitunneilta opittua tietoa liittyen hiilihydraattien rakenteeseen ja reaktioihin. Näihin asioihin terveystieto ei ottanut analysoidussa materiaalissa kantaa. Kemian sisältöjen osalta tekstistä ei löytynyt asiavirheitä hiilihydraattien käsittelyssä.

15.3.2 Proteiinit

Proteiinien käsittely analysoidussa oppikirjassa oli samankaltaista kuin hiilihydraattienkin osalta (liite 9). Materiaalissa ei juurikaan tuotu esiin proteiinien kemiallisia ominaisuuksia. Oppikirjassa kuitenkin mainittiin proteiinien muodostuvan aminohapoista. Proteiinit esiteltiin energiaravintoaineina, jotka voivat olla kasvi- tai eläinperäisiä. Materiaalissa mainittiin proteiinien lähteitä, joista eräänä esimerkkinä olivat maitotuotteet. Ravitsemussuosituksena kerrottiin, että 10-20 E% päivittäisestä kokonaisenergiansaannista tulisi olla proteiineja.

Oppikirjassa käsiteltiin proteiinien toimintoja, joihin mainittiin muun muassa kudosten muodostaminen, osallistuminen aineenvaihdunnan säätelyyn ja vastustuskyvyn vahvistamiseen sekä entsyymien ja hormonien muodostaminen. Materiaalissa mainittiin lisäksi joidenkin aminohappojen toimivan suojaravintoaineina. Suojaravintoaineiden kerrottiin tarkoittavan aineita, jotka osallistuvat aineenvaihdunnan ja muiden elimistön toimintojen säätelyyn.

Proteiinien käsittely analysoidussa oppikirjassa oli hiilihydraattien tavoin melko suppeaa ja näkökulmana aiheeseen toimi ravitsemus. Proteiineja käsiteltiin oppikirjassa osana ravintoa. Lisäksi kerrottiin proteiinien toiminnasta ja tehtävistä elimistössä. Proteiinien kemiallisen rakenteen ja muiden ominaisuuksien esittelyn puuttuessa analysoitu oppikirja olettaa oppijan omaavan pohjatietoa proteiineista, jolloin tarkempaa tarkastelua aiheesta ei tämän oppikirjan osalta vaadita.

15.3.3 Rasvat

Rasvojen osalta terveystiedon oppikirjassa aiheen käsittely oli samankaltaista kuin edellä esiteltyjen biomolekyylien osalta (liite 9). Rasvojen kemiallisia ominaisuuksia ei juurikaan tuotu esiin. Materiaalissa kuitenkin mainittiin rasvojen koostuvan sekä rasva-aineista että rasvahapoista, mutta näiden rakenteesta tai koostumuksesta ei kerrottu mitään. Rasvojen mainittiin olevan energiaravintoaineita, jotka on jaettu tyydyttyneisiin, tyydyttymättömiin ja transrasvoihin. Rasvojen jaottelun varsinaista kemiallista taustaa ei mainittu. Niistä kirjoitettiin seuraavaa:

"Rasvat jaetaan niiden rasvahappokoostumuksen mukaan kertatyydyttymättömiin, monityyydyttymättömiin ja tyydyttyneisiin rasvoihin sekä transrasvoihin. Transrasvahapot ovat rasvahappoja, joita syntyy, jos kasviöljyä kovetetaan, mutta niitä on myös maidossa, voissa ja naudanlihan rasvassa."

Oppikirjassa kerrottiin jonkin verran rasvojen toiminnasta energialähteenä toiminnan lisäksi, tästä esimerkkinä mainittiin rasvaliukoisten vitamiinien varastoiminen sekä toimiminen solukalvojen ainesosina. Materiaalissa mainittiin rasvojen lähteinä muun muassa kala ja liha. Ravitsemussuositukset rasvoille esiintyivät myös materiaalissa, jossa kerrottiin suosituksen olevan, että rasvojen osuus päivittäisestä kokonaisenergiansaannista olisi 25-40 E%.

Rasvojen toiminnasta ja tehtävistä analysoidussa materiaalissa kerrottiin myös, että rasvat toimivat energiaravintoaineiden lisäksi suojaravintoaineina. Suojaravintoaineiden roolissa mainittiin rasvaliukoiset vitamiinit sekä rasvojen välttämättömät rasvahapot.

Rasvojenkin osalta oppikirjan käsittely oli melko suppeaa ja rasvojen kemiallinen tausta jäi lukijalta pimentoon. Rasvojen rakenteiden ja toiminnan osalta oppilaan kannattaa omata pohjatietoa, jonka aiemmin on saavuttanut muiden oppiaineiden avulla. Varsinaisia virheitä kemiallisen näkökulman kannalta ei tekstissä esiintynyt. Näkökulmana rasvojenkin käsittelyyn oli ravitsemus. Rasvoista kerrottiin lähinnä niiden toiminnasta elimistössä ravinnon näkökulmasta, vaikkakin joitain muitakin toimintatarkoituksia mainittiin, kuten rasvojen esiintyminen solukalvoissa.

15.3.4 Yleisiä huomioita biomolekyylien esiintymisestä terveystiedon oppikirjassa

Analysoidussa oppikirjassa biomolekyylijä oli käsitelty melko suppeasti. Hiilihydraateista, proteiineista ja rasvoista oli mainittu joitain yksityiskohtia ravitsemukseen liittyen, mutta nukleiinihapot jäivät kokonaan käsittelemättä. Ravitsemukseen liittyvässä luvussa ei varsinaisesti voi olettaakaan käsiteltävän nukleiinihappoja, koska niillä ei ole suoraa yhteyttä ravintoon ja ravitsemukseen. Nopean selailun perusteella ei löytynyt muistakaan kirjan luvuista mainintaa nukleiinihappoihin liittyen, mutta analyysissä ei varsinaisesti käyty kaikkea ravitsemuksesta kertovan luvun ulkopuolella olevaa tekstiä lävitse, joten asiasta ei voi olla aivan sataprosenttisen varma. Tämän työn kannalta ei katsottu tarpeelliseksi perehtyä asiaan enempää.

Biomolekyylien kemiallisiin sisältöihin ei juurikaan oppikirjassa perehdytty, vaan aiheita käsiteltiin yleisemmällä tasolla ravitsemuksen näkökulmasta. Opiskelijan halutessa ymmärtää paremmin ruuansulatuksessa tapahtuvia reaktioita ynnä muita yksityiskohtia kyseisiin aiheisiin liittyen hänen on hankittava tietoa muista lähteistä tai omata pohjatietoa biomolekyylien ominaisuuksista. Ravitsemusaiheen näkökulmasta ei välttämättä olekaan oleellista keskittyä molekyylien reaktioihin ja ominaisuuksiin, koska ravitsemuksellisia sisältöjä voi ymmärtää ilman syvempää tietoakin aiheista.

Oppikirjassa biomolekyylien osalta esiintyi jonkun verran terveystiedon kasvatusta. Materiaalissa mainittiin esimerkiksi kuinka kala sisältää hyvälaatuisia proteiineja ja rasvoja kun taas liha sisältää hyvälaatuisia proteiineja, mutta sen sisältämät rasvat eivät ole yhtä terveellisiä kuin kalan sisältämät rasvat. Lisäksi materiaalissa korostettiin kasvirasvojen sisältävän enemmän hyviä rasvahappoja kuin eläinrasvojen. Tällaisilla asioilla pyrittiin oppikirjassa edistämään terveellistä elämäntapaa.

Kemian sisältöjen näkökulmasta tarkasteltuna oppikirjassa ei esiintynyt virheitä aiheisiin liittyen. Oppikirjassa mainittiin sellaisia termejä, jotka liittyivät aiheen kemialliseen sisältöön, esimerkiksi aminohapot. Näille termeille ei oppikirjassa kuitenkaan annettu määritelmiä, joten oppilas tarvitsee aiheista pohjatietoja, jos hän haluaa ymmärtää kyseisiä sisältöjä paremmin.

Analysoidussa materiaalissa esiintyi kuvia, jotka esittivät lähinnä ruokia tai ruoka-aineita. Lisäksi materiaalissa oli muun muassa ravintoaineiden tehtäviä ja lähteitä

esittävä taulukko, johon sisältyi suurin osa aiheisiin liittyvästä kemiallisesta sisällöstä. Materiaalien näkökulmana ja kontekstina esiintyi pääosin ravitseminen ja siihen liittyvät asiat. Näin ollen terveystieto toi hieman erilaisen näkökulman biomolekyyleihin kemiaan ja biologiaan verrattuna. Yhdessä nämä kolme ainetta voivat vahvistaa oppilaan tietoja ja näkemystä biomolekyyleihin liittyen.

15.4 Oppikirjojen näkökulmat biomolekyyliden käsittelyyn

Analysoituissa oppikirjoissa oli ainekohtaisia eroja muun muassa biomolekyyliden käsittelyyn käytetyssä lähestymistavassa ja näkökulmassa. Kemian oppikirjoissa biomolekyylejä käsiteltiin niiden rakenteiden, kemiallisten ominaisuuksien ja reaktioiden kautta. Biomolekyyliden käsittelyssä mainittiin lisäksi biomolekyyliden biologiseen puoleen liittyviä yksityiskohtia niiden ollessa läheisesti kytkeytyneinä kemialliseen näkökulmaan. Biomolekyyleihin liittyen mainittiin muun muassa missä ja miten niitä luonnossa ja esimerkiksi elimistössä esiintyy. Pääosin aiheisiin kuitenkin paneuduttiin rakenteiden kautta.

Biologian oppikirjassa biomolekyylejä lähestyttiin solujen kautta. Materiaalissa esiteltiin biomolekyylejä rakennusaineina, joilla on tärkeä merkitys solun muodostumiselle ja toiminnalle. Biologisen lähestymistavan lisäksi kyseisessä oppikirjassa tuotiin esille biomolekyyliden kemiallisiakin ominaisuuksia, kuten rakenteita ja reaktioita. Esiteltyihin rakenteisiin oli kuitenkin ilmeisesti valikoitu solujen kannalta tärkeimmät yksityiskohdat, eikä kemiallisten ominaisuuksien esittely ollut kovin laajaa.

Terveystiedon oppikirjassa biomolekyyliden käsittelyn lähtökohtana oli selvästi ravitseminen. Kemian sisältöjä terveystiedon oppikirjassa ei ollut juuri lainkaan, vaan lähestyminen aiheeseen oli selvästi erilainen. Biomolekyylejä käsiteltiin ravintoaineina ja materiaalissa tuotiin esiin muun muassa niiden terveyteen vaikuttavia ominaisuuksia.

Hiilihydraattien osalta näkökulmasta johtuvia eroja voitiin havaita esimerkiksi glukoosin käsittelyssä. Kemian oppikirjassa näkyi glukoosin kemiallisten ominaisuuksien esittelyn lisäksi yhteys biologiseen näkökulmaan ja biologian

oppikirjassa biologisten ominaisuuksien lisäksi mainittiin kemian sisältöihin liittyviä yksityiskohtia. Terveystiedon oppikirjassa glukoosia ei paljon esitelty, mutta eräissä taulukossa kuitenkin mainittiin, mistä ruoka-aineista glukoosia voi saada. Lisäksi oppikirjan leipätekstissä mainittiin sokerin olevan terveydelle haitallista, jos sitä nautitaan liikaa.

Kemian oppikirja 2:

"Ihmiselimistön tärkein monosakkaridi on glukoosi. Glukoosi tunnetaan myös verensokerina, sillä se on elimistömme tärkein energianlähde. Glukoosin rakennekaavasta nähdään, että molekyylissä on viisi hydroksyyli ryhmää. Glukoosimolekyylin pienestä koosta ja useista hydroksyyli ryhmistä johtuen glukoosi on hyvin poolinen molekyyli."

Biologian oppikirja:

Leipätekstissä: *"Glukoosi eli rypälesokeri on eliöiden tärkein monosakkaridi, koska sitä muodostuu levien, kasvien ja syanobakteerien yhteyttämisen seurauksena."*

Taulukossa: *"Glukoosi: helposti käytettävissä oleva, veteen liukeneva pieni energiamolekyyli, joka kulkeutuu elimistössä veren plasman mukana; tarvitaan aminohappojen ja rasvahappojen valmistukseen."*

Terveystiedon oppikirja:

Taulukossa: *"Yksinkertaiset hiilihydraatit ovat sokereita: glukoosi (marjoissa, hedelmissä, hunajassa),..."*

Leipätekstissä: *"Liiallinen sokerin eli sakkaroosin saanti on haitallista terveydelle ja siksi suositellaan, että korkeintaan 10 E% päivittäisestä kokonaisenergiansaannista tulisi sokerista."*

Proteiinien käsittelyssä eroavaisuutta lähestymistavassa oli nähtävissä muun muassa sekundaarirakenteen käsittelyssä. Kemian oppikirjassa sekundaarirakenteen kohdalla oli keskitytty sen kemiallisiin ominaisuuksiin, kuten sidoksiin. Biologian oppikirjassa sekundaarirakennetta käytiin lävitse myös sen kemiallisten ominaisuuksien kannalta, mutta käsittely oli kemian oppikirjaan verrattuna suppeampaa. Terveystiedon

oppikirjassa ei taas mainittu sekundaarirakennetta ollenkaan. Oletan tämän johtuvan siitä, että proteiinien rakenteella ei ole niinkään merkitystä sen toimimisena ravintona.

Kemian oppikirja 1:

"Sekundäärirakenteessa peptidiketju muodostaa α -kierteitä (engl. α -helix), β -laskoksia (β -sheet) ja erilaisia β - ja γ -käänteitä. Näitä erilaisia muotoja pitää yllä peptidiketjun N-H-ryhmien vedyn ja C=O-ryhmien hapen välille muodostuvat vetysidokset. β -laskosten väleissä voi olla myös kovalenttisia rikkisilloja. Käänteet muodostuvat usein proliinin renkaan jäykistäessä peptidiketjun. Sekundäärirakenteessa aminohappojen sivuketjut suuntautuvat kierteiden ja laskosten ulkopuolelle."

Biologian oppikirja:

"Sekundaarirakenteessa primaarirakenne on joko kiertynyt tai laskostunut. Rakenteita pitävät yhdessä vetysidokset, joiden sijoittuminen määrää syntyvän proteiinimolekyylin muodon."

Nukleiinihappojen käsittelyssä RNA:n esittelyssä tuli esille aineiden lähestymistapojen ero. Kemian oppikirjassa RNA:ta käsiteltiin melko suppeasti kun taas biologian oppikirjassa aiheeseen keskityttiin enemmän, koska RNA:lla on suuri merkitys biologisissa prosesseissa. Biologian käsittelyssä näkyi myös kemiallinen näkökulma. Terveystiedon oppikirjasta puuttui nukleiinihappojen käsittely täysin.

Kemian oppikirja 1:

"Lisäksi soluissamme on kolmenlaisia ribonukleiinihappomolekyylejä RNA, jotka osallistuvat geneettisen tiedon siirtämiseen (mRNA) ja muuntamiseen (tRNA ja rRNA) ribosomeissa proteiinien primäärirakenteeksi."

Biologian oppikirja:

"Erlaisia RNA-molekyylejä on useita, ja ne voivat sijaita tehtävänsä mukaan joko tumalimassa, tumajyväsessä, ribosomissa tai solulimassa. Eri RNA-tyypit ovat kolmiulotteiselta rakenteeltaan erilaisia. Esimerkiksi lähetti-RNA on pitkä, nauhamainen molekyyli, ja siirtäjä-RNA muistuttaa kolmiulotteiselta rakenteeltaan"

L-kirjainta. Siirtäjä-RNA:n ja ribosomaalisen RNA:n kolmiulotteista rakennetta pitävät yllä juosteiden sisäiset sidokset."

Lipidien ja rasvojen osalta erot näkyivät esimerkiksi lipidien määrittelyn käsittelyssä. Kemian oppikirjassa keskityttiin täysin lipidien määrittelyyn liittyviin kemiallisiin ominaisuuksiin. Biologian oppikirjassa esiintyi määrittelyn osalta kemialliset ominaisuudet, mutta niiden lisäksi käsiteltiin sitä, miten nämä ominaisuudet käytännössä voivat luonnossa ilmetä. Lipidien määritelmän osalta terveystiedon oppikirjassa ei kerrottu mitään.

Kemian oppikirja 3:

"Toisin kuin hiilihydraateilla, lipideillä ei ole tiettyä kemiallista rakennetta, vaan ne luokitellaan liukoisuuden perusteella. Lipidi määritellään elävässä organismissa olevaksi veteen liukenemattomaksi tai niukkaliukoiseksi orgaaniseksi yhdisteeksi."

Biologian oppikirja:

"Lipidit ovat veteen liukenemattomia yhdisteitä. ... Lipidien vettä hylkivät ominaisuudet taas pääsevät esille linnun höyhenissä ja nisäkkäiden karvoissa. Niiden yhteydessä on rauhasia, jotka erittävät rasva-aineita. Suojaavan lipidikerroksen avulla karva- tai höyhenpeite muodostuu vettä läpäisemättömäksi."

Oppikirjojen analyysissä esiin tulleet eri näkökulmat oppiaineissa noudattivat lukion opetussuunnitelman perusteiden antamia näkökulmia kyseisistä oppiaineista. Opetussuunnitelma korostaa kemian opetuksen yhteydessä rakenteiden ja reaktioiden käsittelyä.³² Tämä näkökulma tuli hyvin esiin kemian oppikirjoissa.

Biologian opetussuunnitelmassa korostetaan biologisten rakenteiden ja prosessein ymmärtämistä sekä perehtymistä elollisen luonnon rakenteisiin.³² Analyysin perusteella havaittiin, että myös biologian oppikirja toi hyvin näkyville opetussuunnitelman sille asettamia näkökulmia.

Terveystiedon opetussuunnitelma taas korostaa terveysosaamista sekä sairauksien ehkäisyä ja samalla terveyden edistämistä.³² Myös tämä terveystiedon näkökulma oli vahvasti esillä oppikirjan aineistossa biomolekyylien osalta.

16 Pohdinta ja johtopäätökset

Tämän tutkimuksen eräänä tarkoituksena oli selvittää millä tavalla hiilihydraatteja, proteiineja, nukleiinihappoja sekä rasvoja on käsitelty lukion kemian oppikirjoissa. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, että onko näiden biomolekyylien käsittelyssä oppikirjakohtaisia eroja.

Tutkimuksessa saatiin selville, että hiilihydraattien käsittelyssä ei ollut kovin merkittäviä eroja eri oppikirjojen välillä. Lisäksi pääosin hiilihydraatit oli esitetty monipuolisesti kaikissa analysoiduissa oppikirjoissa. Analyysissä löytyi kuitenkin pieniä eroja sisältöjen osalta, kuten esimerkiksi glykosidisidoksen käsittelyn puuttuminen oppikirjasta 3. Näiden erojen perusteella tutkimuksessa todettiin, että eri oppikirjan avulla opiskelevat oppilaat voivat saada hieman erilaisen kuvan hiilihydraateista, jos opetuksessa otetaan huomioon pelkästään oppikirjan tarjoamat materiaalit.

Analyysin perusteella saatiin selville, että myös proteiinien käsittely oli eri oppikirjoissa lähes samankaltaista. Proteiinit oli käsitelty kaikissa oppikirjoissa monipuolisesti. Pieniä eroja analyysin aikana kuitenkin tuli esille, esimerkiksi peptisidoksesta ei ollut esitetty lainkaan selventävää reaktioyhtälöä oppikirjassa 1, kun taas kahdessa muussa oppikirjassa asiasta oli reaktioyhtälö kuvattuna. Analyysin perusteella voitiin kuitenkin kokonaiskuvana todeta, että proteiinien käsittelyssä olleet erot eivät suuresti vaikuta eri oppikirjojen antamaan yleiskuvaan aiheesta.

Nukleiinihappojen osalta tutkimuksessa kävi ilmi, että oppikirjojen välillä ei juurikaan eroja ollut. Analyysin perusteella kuitenkin todettiin, että kaikissa analysoiduissa oppikirjoissa nukleiinihappoja oli käsitelty melko suppeasti.

Lipidien analyysin kohdalla päädyttiin myös lopputulokseen siitä, että lipidejä oli kemian oppikirjoissa käsitelty kokonaisuutena hieman suppeammin kuin hiilihydraatteja ja proteiineja. Tutkimuksen perusteella lipidien käsittely oli kohtalaisen monipuolista, vaikkakin jonkin verran eroja havaittiin eri oppikirjojen välillä. Esimerkiksi lipidien hydrofobiset ominaisuudet oli jätetty mainitsematta oppikirjassa 1. Kaikille oppikirjoille oli tyypillistä esterisidoksen suppea käsittely. Lisäksi analyysissä kiinnittyi huomio rasvahappojen jaottelun käsittelyn eroihin oppikirjojen kesken. Vain oppikirjassa 2 selitettiin kunnolla, minkä perusteella rasvahapot jaotellaan tyydyttyneisiin ja

tyyydyttymättömiin. Tämän tuloksen perusteella voitiin mainita, että oppikirjan 2 avulla opiskelevat oppilaat voisivat mahdollisesti olla paremmassa asemassa lipidien kemian sisältöjen suhteen niihin oppilaisiin nähden, jotka opiskelevat oppikirjan 1 tai 3 avulla. Tämä kuitenkin riippuu myös opettajan antamasta materiaalista.

Yleisesti ottaen analyysin perusteella voitiin todeta, että oppikirjojen välillä oli suuriakin eroja tekstimäärissä, mutta ei kovinkaan merkittäviä eroja oppikirjojen sisältöjen välillä. Näin ollen voidaan todeta, että paras oppikirja ei välttämättä ole se, joka on tiettyä aihetta käsitellyt sivumäärällisesti eniten. Oppikirjojen välillä löytyi myös eroja kuvien määrissä, mutta yllättävästi sähköinen materiaali ei tarjonnut juurikaan mitään uutta oppilaalle fyysisiin oppikirjoihin verrattuna. Sähköisen materiaalin sisältämät 3D-mallit olivat ainoa merkittävä ero fyysisiin kirjoihin verrattuna.

Analyysin perusteella voitiin todeta, että biomolekyylit kokonaisuudessaan tarjosivat kaikissa oppikirjoissa monipuolisen kokonaisuuden, joka sisälsi suurimman osan sille ennakkoon ajatelluista kemiallisista sisällöistä. Näkökulma biomolekyylien opettamiseen oli samankaltainen kaikissa kolmessa oppikirjassa. Kaikissa analysoiduissa oppikirjoissa kemian sisällöt olivat pääosassa, mutta myös biomolekyylien biologinen puoli tuli materiaaleissa esiin.

Tutkimuksen toisena tavoitteena oli selvittää millä tavalla biomolekyyliä on käsitelty lukion biologian oppikirjassa. Analyysin perusteella voitiin todeta, että kaikki neljä biomolekyylien ryhmää oli käsitelty melko monipuolisesti. Biomolekyylien esittelyssä oli tuotu jonkin verran esiin jokaisen eri biomolekyyli ryhmän kemiallisia ominaisuuksia.

Analyysidusta oppikirjasta ei yhtä poikkeusta lukuun ottamatta löytynyt kemian sisältöjen näkökulmasta asiavirheitä. Ainut virhe materiaaleissa koski hiilihydraattien rakennetta kuvaavia rakennekaavoja, joista löytyi kemiallisesta näkökulmasta virheellinen esitystapa. Analyysin perusteella kaikkien biomolekyylien osalta niiden syvempi ymmärtäminen vaatii oppikirjan materiaalien lisäksi pohjatietoja aiheesta. Analyysin perusteella todettiin myös, että biologiankin oppikirjassa lipidit ja nukleiinihapot olivat kohtuullisen suppeasti esitelty.

Biomolekyylien käsittely oli jokseenkin niukkaa, minkä todettiin mahdollisesti johtuvan näiden molekyylien luonteesta olla osana useissa biologisissa prosesseissa, jonka perusteella voidaan olettaa, että biomolekyylit esiintyvät myös muissa aiheyhteyksissä ja muilla kursseilla lukion biologiassa. Tutkimuksen perusteella todettiin myös, että suurin osa biologisessa näkökulmassa tärkeimmistä kemiallisista ominaisuuksista oli biomolekyylien sisältöjen yhteydessä kerrottu, vaikkakin biologian oppikirjan pääasiallinen näkökulma aiheisiin oli biologinen. Tutkimuksen perusteella biologian ja kemian tiedot yhdessä luovat oppilaille laajan ja monipuolisen kuvan biomolekyyleistä.

Kolmas tavoite tutkimuksessa oli selvittää miten lukion terveystiedon oppikirjassa biomolekyylejä on käsitelty. Analyysin perusteella todettiin, että hiilihydraattien, proteiinien tai rasvojen käsittelyssä ei terveystiedon oppikirjassa juurikaan tuotu niiden kemiallisia ominaisuuksia esiin. Nukleiinihapot sen sijaan eivät esiintyneet millään tavalla analysoidussa materiaalissa. Kemian näkökulmasta materiaalissa ei myöskään esiintynyt asiavirheitä.

Analyysin perusteella todettiin, että terveystiedon oppikirjassa aiheita käsiteltiin ravitsemuksen näkökulmasta ja biomolekyylien esittely materiaalissa oli melko suppeaa. Tutkimuksen perusteella todettiin, että laajemman käsityksen omaamiseksi biomolekyyleistä, vaaditaan oppilaalta pohjatietoja aiheisiin liittyen.

Terveystiedon oppikirjassa biomolekyylien osalta tuotiin esiin myös terveystiedon kasvatusta. Terveystieto tuokin uudenlaisen näkökulman biomolekyylien käsittelyyn, mikä voi luoda yhdessä kemian ja biologian sisältöjen kanssa hyvin monipuolisen kokonaisuuden biomolekyyleistä.

Tutkimuksen neljäntenä tavoitteena oli selvittää, onko eri oppiaineiden välillä eroja biomolekyylien käsittelyssä. Analyysin perusteella lähestymistavat biomolekyylien opetukseen olivat kaikissa kolmessa oppiaineessa erilaisia. Kemian oppikirjoissa keskityttiin biomolekyylien kemiallisiin rakenteisiin ja reaktioihin osittain biologisissa konteksteissa. Biologiassa taas pääosassa olivat biomolekyylit solujen rakennusaineina. Biologian oppikirjassa biomolekyylien kontekstina toimi solut ja materiaaleissa tuotiin esiin myös biomolekyylien kemiallisia ominaisuuksia.

Analyysin perusteella kemian ja biologian oppikirjojen käsittely biomolekyyleistä muistutti osaltaan toisiaan, kun taas terveystiedon oppikirjan näkökulma aiheeseen

poikkesi tästä linjasta täysin. Tutkimuksen avulla havaittiin, että terveystiedon oppikirjassa biomolekyylejä käsiteltiin täysin ravitsemuksellisesta näkökulmasta eikä niiden kemiallisia ominaisuuksia juurikaan korostettu. Terveyskasvatus toimi osana biomolekyylien lähestymistapaa.

Tutkimuksessa todettiin myös, että lukion opetussuunnitelman mukaiset lähestymistavat kunkin oppiaineen opetukseen tulivat kaikissa oppikirjoissa hyvin esille.

16.1 Tutkimuksen kritiikki, luotettavuus ja eettisyys

Tämän tutkimuksen luotettavuutta arvioidessa nousee esiin muutamia seikkoja. Eräs tutkimuksen luotettavuuteen mahdollisesti vaikuttava tekijä on tutkimusaineiston suppeus. Tutkimusaineisto haluttiin rajata melko suppeaksi, jotta se vastaisi Pro gradu -tutkielmalle sopivaa laajuutta. Näin ollen tutkimusaineisto rajattiin kolmeen kemian oppikirjaan ja yhteen biologian ja yhteen terveystiedon oppikirjaan. Aineiston rajaukseen vaikutti osaltaan myös opetussuunnitelman vaihtumisesta johtuva erilaisten oppikirjojen puute.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa myös laadullisen sisällönanalyysin luonne tutkimusmenetelmänä. Tutkittavat sisällöt ovat tutkijan toimesta itse valittu kirjallisessa osassa esiintyneiden sisältöjen perusteella. Lisäksi analysoitavat yksityiskohtat ovat myös muovautuneet tutkimuksen kuluessa. Jos joku toinen suorittaisi tutkimuksen toteutuksessa mainitulla tavalla, saattaisivat tulokset hieman poiketa toisistaan. Eri henkilöt saattaisivat kiinnittää hieman eri asioihin huomiota. Lisäksi tutkimuksen luotettavuutta arvioidessa täytyy mainita inhimillisen virheen mahdollisuus. Analyysin tekovaiheessa on mahdollista, että jokin yksityiskohta on jäänyt huomioimatta huolellisesta analysoinnista huolimatta. Aineiston rajausta oppikirjojen sisällä saattaa myös vaikuttaa tutkimustuloksiin.

Tutkimuksen eettisyyttä arvioidessa ei esiin tule ongelmia, tutkimuksessa ei ole käytetty henkilöitä tutkimuskohteina.

16.2 Jatkotutkimusaiheet

Tutkimusta tehdessä nousi esiin joitain aiheita jatkotutkimukselle. Kirjallisessa osassa mainittuja lähestymistapoja voitaisiin tutkia lisää biomolekyylien opetuksessa. Esimerkkitutkimus voisi olla monialaisen oppimisen soveltaminen biomolekyylien sisältöihin niin, että biomolekyyleistä voisi suunnitella kemian, biologian ja terveystiedon aineiden yhteistyönä suoritettava oppikokonaisuus. Kokonaisuuden toimivuutta voitaisiin arvioida muun muassa sen perusteella, saavatko oppilaat monialaisen kokonaisuuden avulla yhtenäisemmän ja laajemman kuvan biomolekyyleistä. Kokonaisuuteen voitaisiin valita esimerkiksi yksi aihe biomolekyyleistä ja toteuttaa kokonaisuuden eri aineiden opettajien yhteistyönä. Monialainen oppiminen onkin ollut viime aikoina lähestymistapa, jota tulisi lisätä opetukseen, joten tämä olisi hyvä kohde lisätutkimukselle.

Muistakin käsitellyistä oppimisen lähestymistavoista saisi hyviä tutkimusaiheita biomolekyylien kontekstissa. Lisäksi kirjallisessa osiossa nousi esiin, että nämä lähestymistavat vaativat vielä harjoittelua ja lisätutkimuksia, jotta voitaisiin varmaksi todeta näiden lähestymistapojen käytön hyödyllisyys kemian opetuksen yhteydessä.

Oppikirja-analyysiäkin olisi mahdollista jalostaa uuden tutkimuksen avulla laajentamalla esimerkiksi tutkimusaineistoa. Lisäksi tutkimuksessa voitaisiin huomioida eri asioita ja tarkastella esimerkiksi aiheisiin liittyviä tehtäviä ja kemian oppiaineelle olennaisia laboratoriotöitä.

17 Kirjallisuusuuttelo

1. Campbell, M. K. ja Farrell, S. O., *Biochemistry*, 5. painos, Thomson Brooks/Cole, Belmont, CA, Yhdysvallat, 2006.
2. Tro, N. J., *Chemistry: A Molecular Approach*, 4. painos, Pearson Education Limited, Harlow, Iso-Britannia, 2017.
3. Nienstedt, W.; Hänninen, O.; Arstila, A. ja Björkqvist, S-E., *Ihmisen fysiologia ja anatomia*, 18. uudistettu painos, WSOY, Helsinki, 2009.
4. Housecroft, C. E. ja Constable, E. C., *Chemistry*, 3. painos, Pearson Education Limited, Harlow, Iso-Britannia, 2006.
5. Alén, R., KEMS606 Hiilihydraattikemian perusteet -kurssin luentomuistiinpanot, Jyväskylän yliopisto, kevätlukukausi 2012.
6. Hill, J. W. ja McCreary, T. W., *Chemistry for Changing Times*, 14. painos, Pearson Education Limited, Harlow, Iso-Britannia, 2016.
7. McNaught, A. D., Nomenclature of carbohydrates, *Carbohydr. Res.*, **1997**, 297 (1), 1, 3-5, 7-92.
8. Glukoosin ja fruktoosin rakennekaavat,
http://cmapspublic3.ihmc.us/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1181483054580_1318561075_4790 (haettu 22.2.2017).
9. Campbell, N. A. ja Reece, J. B., *Biology: a Global Approach*, 10. painos, Pearson, Boston, Yhdysvallat, 2015.
10. Glukoosin rakennekaavat,
<http://www02.oph.fi/etalukio/opiskelumodulit/kemia/kemia2/sokeri.html> (haettu 22.2.2017).

11. Sakkaroosin muodostuminen, <https://peda.net/naantali/velkuan-koulu/oppiaineet2/kemia/kemia1/oppikirja/kuvat/kuvagalleria-iii/1hrp/tsskygjyf> (haettu 22.2.2017).
12. Selluloosa, <https://peda.net/kouvola/perusopetus/koulut/myllykoskenyhteiskoulu/oppiaineet/kemia/9-kemia/hiilihydraatit/sokeri/selluloosa-jpg> (haettu 13.11.2017).
13. Amyloosi, http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/ke/ke1/5._bio-orgaaninen_kemia/5.2hiilihydraatit?C:D=hNkS.hfZI (haettu 2.3.2017).
14. Amylopektiini, <https://biochemistryquestions.wordpress.com/tag/homopolysaccharides/> (haettu 2.3.2017).
15. Vihinen-Ranta, M., BIOP101 Biokemian, solubiologian ja molekyylibiologian perusteet -kurssin luentomateriaali, Jyväskylän yliopisto, syyslukukausi 2011.
16. Hart, H.; Craine, L. E.; Hadad, C. M. ja Hart, D. J., *Organic Chemistry: a Short Course*, 12. painos, Houghton Mifflin cop., Boston, Yhdysvallat, 2007.
17. Smith, J. G., *Organic Chemistry*, 5. painos, McGraw-Hill Education, New York, Yhdysvallat, 2017.
18. Heino, J. ja Vuento, M., *Biokemian ja solubiologian perusteet*, 1. painos, WSOY, Helsinki, 2007.
19. Nissinen, M., KEMA280 Orgaaninen kemia -kurssin luentomateriaalit, Jyväskylän yliopisto, syyslukukausi 2010.
20. Dipeptidin muodostus, <https://blogs.aalto.fi/solubilsa/page/2/> (haettu 15.3.2017).
21. Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S. ja Wothers, P., *Organic Chemistry*, 1. painos korjattu versio, Oxford University Press, Oxford, Iso-Britannia, 2008.

22. Nelson, D. L. ja Cox, M. M., *Lehninger Principles of Biochemistry*, 6. painos, W. H. Freeman, New York, Yhdysvallat, 2013.
23. Miller, A. ja Tanner, J., *Essentials of Chemical Biology: Structure and Dynamics of Biological Macromolecules*, 1. painos, John Wiley & Sons cop., Chichester, Hoboken, NJ, Yhdysvallat, 2008.
24. Nukleotidi,
<http://www02.oph.fi/etalukio/opiskelumodulit/kemia/kemia2/dnavas.html>
(haettu 28.3.2017).
25. Hoikkala, A., EKO501 Genetiikan perusteet -kurssin luentomateriaalit, Jyväskylän yliopisto, syyslukukausi 2016.
26. Wade, L. G. ja Simek, J. W., *Organic Chemistry*, 9. painos, Pearson Education, Harlow, Iso-Britannia, 2017.
27. Brown, T. L.; LeMay, H. E.; Bursten, B. E.; Murphy, C. J.; Woodward, P. M. ja Stoltzfus, M. W., *Chemistry: the Central Science*, 13. painos, Pearson Education, Harlow, Iso-Britannia, 2015.
28. Bruice, P. Y., *Essential Organic Chemistry*, 1. painos, Pearson Prentice Hall cop., Upper Saddle River, NJ, Yhdysvallat, 2006.
29. McMurry, J., *Organic Chemistry*, 6. painos, Brooks/Cole cop., Southbank, Vic., Australia, 2004.
30. Karvonin rakenne,
<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/124931?lang=fi®ion=FI>
(haettu 12.4.2017)
31. Kolesteroli, <http://web.chem.ucla.edu/~harding/IGOC/C/cholesterol.html> (haettu 28.3.2017)

32. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015,
http://www.oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf, Opetushallitus (haettu 19.10.2017)
33. Sisältökeskeinen opetus, http://web.abo.fi/fc/pedaforum2008/Lindblom-Ylanne_luento.pdf (haettu 27.6.2017).
34. Opettajakeskeinen opetus, <https://koppa.jyu.fi/avoimet/mit/tietotekniikan-opetuksen-perusteet/Opetusmenetelmista-ja-lahestymistavoista/erilaisia-lahestymistapoja> (haettu 27.6.2017).
35. Figueira, A. C. M. ja Rocha, J. B. T., A Proposal for Teaching Undergraduate Chemistry Students Carbohydrate Biochemistry by Problem-Based Learning Activities, *Biochem. Mol. Biol. Educ.*, **2014**, 42 (1), 81–87.
36. Birstedt, J.; Boud, D. ja Feletti, G. I., *Ongelmalähtöinen oppiminen: uusi tapa oppia*, 1. painos, Terra cognita, Helsinki, 1999.
37. Rautiainen, J. A. ja Aksela, M., Ongelmaperustainen oppiminen työtapana kemian opetuksessa, Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä oppimista, Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto, 81–87
https://www.jyu.fi/kemia/tutkimus/opettajankoulutus/kop2008/artikkeli_9
(haettu 25.4.2017).
38. Poikela, E., *Ongelmaperustainen pedagogiikka - teoriaa ja käytäntöä*, 1. painos, Tampere University Press, Tampere, 2002.
39. Poikela, E. ja Poikela, S., Ongelmaperustainen pedagogiikka eilen, tänään ja huomenna, *Kasvatus & Aika*, **2010**, 4 (4), 91-120.
40. Hmelo-Silver, C. E., Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?, *Educational Psychology Review*, **2004**, 16 (3), 235-266.

41. Hakkarainen, K.; Lonka, K. ja Lipponen, L., *Tutkiva oppiminen - älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen*, 1.-4. painos, WS Bookwell, Porvoo, 2001.
42. Dods, R. F., A Problem-Based Learning Design for Teaching Biochemistry, *J. Chem. Educ.*, **1996**, 73 (3), 225-228.
43. Tarhan, L. ja Ayyıldız, Y., The Views of Undergraduates about Problembased Learning Applications in a Biochemistry Course, *J. Biol. Educ.*, **2015**, 49 (2), 116-126.
44. Bennett, J.; Lubben, F. ja Hogarth, S., Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching, *Sci. Ed.*, **2007**, 91 (3), 347-370.
45. Hassard, J. ja Dias, M., *The Art of Teaching Science*, 2. painos, Routledge, New York, Yhdysvallat, 2009.
46. Bennett, J.; Gräsel, C.; Parchmann, I. ja Waddington, D., Context-based and Conventional Approaches to Teaching Chemistry: Comparing teachers' views, *International Journal of Science Education*, **2005**, 27 (13), 1521-1547.
47. Bennett, J. ja Lubben, F., Context-based Chemistry: The Salters approach, *International Journal of Science Education*, **2006**, 28 (9), 999-1015.
48. Gilbert, J. K., On the Nature of "Context" in Chemical Education, *International Journal of Science Education*, **2006**, 28 (9), 957-976.
49. Johnson, S. M.; Javner, C. ja Hackel, B. J., Development and Implementation of a Protein-Protein Binding Experiment To Teach Intermolecular Interactions in High School or Undergraduate Classrooms, *J. Chem. Educ.*, **2017**, 94 (3), 367-374.

50. Cantell, H., *Näin rakennat monialaisia oppimiskokonaisuuksia*, 1. painos, PS-kustannus, Bookwell, Juva, 2015.
51. Haatainen, O., Kohti mielekästä ja eheyttävää kemian opetusta, *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, **2016**, 1 (2), 63-66.
52. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, http://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf, Opetushallitus (haettu 13.6.2017)
53. Haatainen, O.; Kousa, P.; Asikainen, T.; Heiskanen, N.; Sjöblom, A. ja Aksela, M., Eheyttävää kemian opetusta oppiaineiden välisenä yhteistyönä, *LUMAT*, **2015**, 3 (6), 744-762.
54. Abell, S. K. ja Lederman, N. G., *Handbook of research on science education: Volume 2*, 1. painos, Routledge, New York, Yhdysvallat, 2014.
55. Sumter, T. F ja Owens, P. M., An Approach to Teaching General Chemistry II that Highlights the Interdisciplinary Nature of Science, *Biochem. Mol. Biol. Educ.*, **2011**, 39 (2), 110-116.
56. Abdella, B. R. J.; Walczak, M. M.; Kandl, K. A. ja Schwinefus, J. J., Integrated Chemistry and Biology for First-Year College Students, *J. Chem. Educ.*, **2011**, 88 (9), 1257-1263.
57. King, D.; Bellocchi, A. ja Ritchie, S. M., Making Connections: Learning and Teaching Chemistry in Context, *Research in Science Education*, **2008**, 38 (3), 365-384.
58. Koskinen, A. ja Koskinen, P., *Lukion kemia: KE2, Ihmisen ja elinympäristön kemiaa*, 1. painos, Sanoma Pro, Helsinki, 2016.

59. Turpeenoja, L. ja Lehtiniemi, K., *Mooli 2: KE2, Ihmisen ja elinympäristön kemiaa*, 1. painos, Otava, Helsinki, 2016.
60. Lampiselkä, J.; Mutanen, J.; Myllyviita, A. ja Pernaa, J., *Orbitaali 2 – Ihmisen ja elinympäristön kemiaa (KE2)*, e-Oppi, Jokioinen, 2016.
61. Idänpirtti, K.; Suutarinen, M. ja Tuominen, P., *Koralli 3, BI3 Solu ja perinnöllisyys*, 1. painos, Otava, Helsinki, 2017.
62. Lipponen, O.; Mäkelä, K.; Sihvola, S. ja Laatikainen, L., *Tarmo 1, Terveysten perusteet TE1*, 1. painos, Otava, Helsinki, 2016.

Liitteet

Liite 1: Hiilihydraatit kemian oppikirjoissa

Taulukossa: x = mainitaan - = ei mainita.

	Oppikirja 1	Oppikirja 2	Oppikirja 3
	Lukion kemia 2 (s.136-138)	Mooli 2 (s.160-166)	Orbitaali 2 (luku 9 ja osio Hiilihydraatit)
sisältävät C,H ja O	Mainitaan fotosynteesin yhteydessä, esitetty myös sokereiden yleinen molekyylikaava $(C_6H_{12}O_6)_n$.	Mainitaan fotosynteesin yhteydessä sokerit ja niiden yleinen molekyylikaava $C_6H_{12}O_6$.	Mainitaan, esitetty myös glukoosin molekyylikaava fotosynteesin yhteydessä.
toiminta	- energialähde - rakennusaine - varastointi	- energialähde - rakennusaine - biomolekyylien rakennusosa - varastointi	- energialähde - rakennusaine - varastointi
monosakkaridit sisältävät vähintään yhden asymmetrisen hiiliatomin	Ei varsinaista mainintaa. Kerrotaan, että monosakkaridien renkaassa kaikki hiilet ovat asymmetrisiä.	Ei mainita. Aiheeseen liittyen kerrotaan, että monosakkarideilla esiintyy stereoisomeriaa.	-
monosakkaridit sisältävät aldehydi- tai ketoniryhmän (aldoosi, ketoosi)	x	Mainitaan, lisäksi kuvassa glukoosin ja fruktoosin rakennekaavat, joista funktionaaliset ryhmät ympyröity.	x
monosakkaridit voivat muodostaa avoimia tai syklisiä rakenteita	Ei mainita. Sykliset monosakkaridit mainitaan ja kuvassa vain syklisiä monosakkarideja.	Mainitaan, leipätekstissä vain avoimet rakenteet esillä. Kuvatekstissä kerrotaan myös rengasrakenteista ja kuvassa esitetty glukoosin rengasrakenteita.	-
disakkaridi	x	x	x
oligosakkaridi	-	-	x
glykosidisidos	Mainitaan. Esitetty myös rakennekaavoin reaktioyhtälö disakkaridin muodostumisesta, jossa reagoivat osat merkitty.	Mainitaan. Esitetty lisäksi rakennekaavoin reaktioyhtälö disakkaridin muodostumisesta, jossa tärkeät kohdat ympyröity.	-

dehydraatio	Puhutaan glykosidisisidoksen muodostumisesta kondensaatioreaktiolla.	Kerrotaan, että glykosidisisidos muodostuu hydroksyyliyhymien liittyessä yhteen, jolloin vesimolekyylit lohkeaa.	-
hydrolyysi	Mainitaan tärkkelyksen hajotuksen yhteydessä: ”Hydrolyysi on kemiallinen reaktio, jossa aine hajotetaan liittämällä siihen vettä.”	-	Mainitaan siten, että oligo- ja polysakkaridit voivat hydrolysoitua toisin kuin monosakkaridit.
polysakkaridit	x	x	x
selluloosa	x	x	x
selluloosa ja ruuansulatus	Mainitaan, että eläimet eivät voi hyödyntää energianlähteenä, sekä toiminta ravintokuituna.	Mainitaan, että ihmiset eivät pysty hyödyntämään ravintona sellulaasientsyymien puuttuessa. Lisähuomautuksessa maininta toiminnasta ravintokuituna.	Mainitaan selluloosaa pilkkovan entsyymin puute ja siten sopimattomuus ravinnoksi. Mainitaan myös toiminta ravintokuituna.
tärkkelys	x	x	x
tärkkelys ja ruuansulatus - amylaasientsyymi	Mainitaan, että eläimet hyödyntävät tärkkelystä ravinnokseen amylaasientsyymien avulla.	Mainitaan, että ihminen pystyy hyödyntämään tärkkelystä ravintona amylaasientsyymien avulla.	Mainitaan, että ruuansulatuksessa tärkkelys pilkkoutuu, mutta amylaasia ei mainita.
glykogeeni	x	x	x

Liite 2: Proteiinit kemian oppikirjoissa

Taulukossa: x = mainitaan - = ei mainita.

	Oppikirja 1	Oppikirja 2	Oppikirja 3
	Lukion kemia 2 (s.108, 138-140)	Mooli 2 (s.176-182)	Orbitaali 2 (luku 9 ja osiot Aminohapot sekä Proteiinit)
polypeptidejä	Mainitaan, että aminohapot sitoutuvat polykondensaatiolla.	x	x
toiminta	- rakennusaineita - hormoneja - kuljetustehtävät	Mainitaan rakenneproteiinit ja toiminnalliset proteiinit kuten hormonit ja entsyymit. Lisäksi jotkin aminohapot välittäjäaineita.	- katalyyttejä - rakennusaineita - mahdollistavat liikkumisen - infektioiden torjunta - viestiaineita - reseptorimolekyylejä - kuljettajamolekyylejä
aminohapot	x	x	x
aminohapoilla sekä -NH ₂ - että -COOH- ryhmä	x	x	x
α-aminohapot	Mainitaan, että aminoryhmä karboksyyliryhmän vieressä olevassa hiilessä.	Mainitaan, että amino- ja karboksyyliryhmä liittyneenä samaan hiiliatomiin. Lisäksi esitetty α-aminohapon yleinen rakennekaava.	Mainitaan, että aminoryhmä karboksyyliryhmän viereisessä hiilessä.
aminohapot voivat toimia sekä happoina että emäksinä	Mainitaan, käytetään myös termiä amfolyytti.	-	Mainitaan, käytetään myös termiä amfolyytti.
aminohapoilla kahtaisioniluonne	Mainitaan, lisäksi kuvattu rakennekaavoin reaktioyhtälö kahtaisionin muodostumisesta.	Mainitaan, lisäksi kuvattu rakennekaavoin reaktioyhtälö kahtaisionin muodostumisesta.	Mainitaan, lisäksi kuvattu rakennekaavoin reaktioyhtälö kahtaisionin muodostumisesta.
peptidit	x	x	x
peptidisidos (amidisidos)	Mainitaan sekä peptidi- että amidisidos. Ei kuvaannollista esimerkkiä sidoksen muodostumisesta.	Mainitaan peptidisidos sekä lisätiedoissa viitataan amideissa esiintyvään sidokseen. Esitetty rakennekaavoin reaktioyhtälö dipeptidin muodostumisesta, josta ympyröity veden lohkeaminen ja muodostunut peptidisidos.	Mainitaan peptidisidos, kuvatekstissä kerrotaan sen muistuttavan amidia. Esitetty rakennekaavoin reaktioyhtälö dipeptidin muodostumisesta sekä merkitty reagoivat osat peptideistä ja muodostunut sidos sekä vesimolekyylejä.

peptidien kondensaatioreaktio	Mainitaan polykondensaatio.	Mainitaan, että aminoryhmä liittyy karboksyyliinryhmään ja välistä lohkeaa vesi.	Mainitaan amini- ja karboksyyliinryhmän reagoivan keskenään muodostaen dipeptidin ja vesimolekyylin.
peptidien hydrolyysi	Mainitaan ruuansulatuksessa entsyymien hydrolysoivan proteiineja.	Ei varsinaisesti mainita, kerrotaan ruuansulatuksessa entsyymien pilkkovan proteiineja.	Mainitaan hydrolyysin tuhoavan primäärirakenteen veden pilkkoessa proteiinin.
peptidisidoksen kaksoissidosluonne	-	-	-
proteiinin primaarirakenne	Mainitaan, että primaarirakenne tarkoittaa aminohappojärjestystä. Kuva erään aminohappoketjun rakennekaavasta.	Mainitaan primaarirakenteen tarkoittavan aminohappojen järjestystä proteiiniketjussa. Esitetty myös kuvituskuva insuliinin peptidiketjuista.	Mainitaan, että proteiinin primaarirakenne tarkoittaa aminohappojen sitoutumisjärjestystä. Lisäksi esitetty kuvituskuva aminohappoketjusta.
proteiinin sekundaarirakenne	Mainitaan sekundaarirakenteen yhteydessä muun muassa α -kierteet ja β -laskokset sekä vetysidokset ja rikkisillat. α -kierteitä ja β -laskoksia kuvattu tietokonemallin avulla.	Mainitaan sekundaarirakenteen yhteydessä muun muassa vetysidokset, α -heliksi ja β -laskosrakenne. Esitetty kuvat α -heliksistä ja β -laskosrakenteesta, joihin merkitty vetysidokset.	Mainitaan sekundaarirakenteet α -kierre ja β -laskos sekä mainitaan, että ne muodostuvat vetysidosten ansiosta. Lisäksi esitetty kuvituskuva molemmista rakenteista, joihin ei ole merkitty vetysidoksia.
proteiinin tertiäärirakenne	Mainitaan proteiineille ominainen muoto sekä tertiäärirakennetta ylläpitävät heikot ja vahvat vuorovaikutukset, joista ei kerrota sen enempää.	Mainitaan aminohappojen sivuketjut ja niiden väliset sidokset. Kuvatekstissä mainitaan ionisidokset, dispersiovoimat, vetysidokset ja rikkisillat. Kuvassa myös demonstroidaan näitä vuorovaikutuksia.	Kerrotaan tertiäärirakenteessa proteiinimolekyylien sitoutuvan yhtenäiseksi kimpuksi. Mainitaan aminohappojen ja sivuryhmien väliset vuorovaikutukset; vety- ja ionisidokset sekä dispersiovoimat ja rikkisillat. Lisäksi kuvituskuva tertiäärirakenteesta.
proteiinien kvaternaarirakenne	Mainitaan muodostuvan toisiinsa liittyneistä tertiäärirakenteista. Esimerkkinä hemoglobiini, josta myös kuvattu tietokonemalli.	Mainitaan muodostuvan useamman tertiäärirakenteen liittyessä yhteen. Esitetty myös kuva hemoglobiinista.	Mainitaan muodostuvan kahden tai useamman proteiiniketjun liittyessä yhteen. Lisäksi kuvituskuva kvaternaarirakenteesta.
säikeiset ja pallonmuotoiset proteiinit	-	-	-
denaturaatio	-	x	x

Liite 3: Nukleiinihapot kemian oppikirjoissa

Taulukossa: x = mainitaan - = ei mainita.

	Oppikirja 1	Oppikirja 2	Oppikirja 3
	Lukion kemia 2 (s.140)	Mooli 2 (s.186-188)	Orbitaali 2 (luku 9 ja osio Nukleiinihapot)
toiminta	- sisältävät geneettisen tiedon - osallistuvat siirtämään ja muuntamaan geneettistä tietoa	- sisältävät geneettisen tiedon - osallistuvat geneettisen tiedon siirtämiseen ja muuttamiseen	- säilövät ja välittävät perinnöllistä tietoa
koostuvat nukleotideista	x	x	x
DNA ja RNA	x	x	x
nukleotidien rakenne (emäs, sokeri ja 1 tai useampi fosfaattiryhmä)	x	x	x
kahdenlaisia emäksiä, puriinit ja pyrimidiinit	Mainitaan, lisäksi esitetty rakennekaavat emäksistä.	Ei mainita puriineja eikä pyrimidiinejä. Sanotaan vain, että emäksiä viisi erilaista.	Mainitaan vain eri emäkset, ei puriineja tai pyrimidiinejä. Lisäksi esitetty rakennekaavat.
sokerit (2-deoksi-D-riboosi ja D-riboosi)	Mainitaan 2-deoksiriboosi ja riboosi, joista myös esitetty rakennekaavat.	Mainitaan deoksiriboosi ja riboosi. Esitetty rakennekaavat.	Mainitaan deoksiriboosi ja riboosi. Esitetty rakennekaavat.
fosfodiesterisidos	Mainitaan polynukleotidiketjujen muodostuvan fosfodiesterisidoksella sokerin kanssa. Ei kuvaa tai reaktioyhtälöä.	Mainitaan, lisäksi kuvassa esitetty fosfodiesterisidos. Ei reaktioyhtälöä, tekstissä mainittu sokerin liittyvän fosfaattiosaan, välistä lohkeaa vesi.	Ei mainita. Eräässä kuvassa on esitetty yhdistyneitä nukleotideja, mutta sidoksesta ei ole mainintaa.
DNA:n rakenne (kaksi juostetta, vetysidokset emästen välillä, vastakkaisuuntaisuus)	Mainitaan kuvatekstissä kaksoiskierre ja vetysidokset emästen välillä. Yleiskuva kaksoiskierteestä sekä rakennekaavoin esimerkit emässitoutumisesta. Juosteiden vastakkaisuuntaisuutta ei mainita.	Leipätekstissä ei mainintaa rakenteesta. Kuvassa DNA:n kaksoiskierre, johon emästen väliset vetysidokset merkitty sekä esimerkkinä kaksi eri emäspariutumista rakennekaavoin kuvattuna. Kuvatekstissä mainitaan kaksoiskierre ja emäspariutuminen, vastakkaisuuntaisuudesta ei mainintaa.	Mainitaan kaksoiskierre ja emästen välille syntyvät vetysidokset. Juosteiden vastakkaisuuntaisuutta ei mainita. Kuvassa esitetty DNA:n kaksoiskierre, johon on värikoodattu emästen sitoutuminen toisiinsa, mutta vetysidoksia ei näy.

RNA:n rakenne (yksittäinen juoste, T=U)	Mainitaan urasiilin esiintyminen vain RNA:ssa ja tymiinin DNA:ssa. Ei mainintaa yksittäisestä juosteesta.	Mainitaan, että RNA:ssa tymiinin sijaan on urasiili. Ei mainintaa yksittäisestä juosteesta.	Mainitaan sekä yksittäinen juoste että tymiinin korvaa urasiili.
---	---	---	--

Liite 4: Lipidit ja rasvat lukion oppikirjoissa

Taulukossa: x = mainitaan - = ei mainita.

	Oppikirja 1	Oppikirja 2	Oppikirja 3
	Lukion kemia 2 (s.141)	Mooli 2 (s.169-174)	Orbitaali 2 (luku 9 ja osiot Lipidit ja Vitamiinit)
hydrofobiset ominaisuudet	Ei varsinaisesti mainita. Leipätekstissä kerrotaan lipideissä olevan poolinen osa, johon on liittynyt pitkäketjuinen rasvahappo. Kuvateksteissä mainitaan lipidikaksoiskerroksen hydrofobiset alkyyliketjut ja kuvissa rasvamolekyylin rakennekaavaan merkitty pooliton osa.	Mainitaan, että lipidit ovat joukko huonosti veteen liukenevia aineita. Eräessä kuvatekstissä mainitaan fosfolipidien hydrofobiset osat.	Mainitaan lipidien luokittelu niiden liukoisuuden mukaan, lipidien ollessa veteen niukkaliukoisia tai täysin liukenemattomia. Fosfolipideistä on myös kuva, jossa on merkitty fosfolipidin hydrofobinen häntä.
toiminta	- solukalvon rakenneosa - energiavarasto	- energiavarasto - solukalvon rakenneosa	- energialähde ja -varasto - rakennusaine - tiedonvälitys - biologinen suoja (vahat)
eivät muodosta polymeerejä	-	-	-
rasvat triasyyliglyseroleja	Mainitaan, että rasvat ovat triglyseridejä.	Mainitaan elimistön rasvojen olevan yleensä triglyseridejä, kuvattu yksinkertainen malli triglyseridistä.	-
rasvahapot ovat karboksyylihappoja esterisidokset	-	x	x
esterisidokset	Mainitaan lipideissä rasvahapon liittyneen esterisidoksella pooliseen osaan. Ei reaktioyhtälöä.	Mainitaan rasvojen olevan glyserolin ja rasvahappojen estereitä, joissa glyseroli liittynyt esterisidoksella rasvahappoihin. Kuvattu triglyseridin rakennekaava, johon ympyröity esterisidokset. Ei reaktioyhtälöä.	Ei varsinaisesti mainita. Puhutaan vain vahojen olevan rasvahappojen ja alkoholin muodostamia estereitä.
kondensaatioreaktio	-	-	-
rasvahapot tyydyttyneitä tai tyydyttymättömiä	Mainitaan, ei kerrota kaksoissidoksista mitään. Kaksoissidokset mainitaan öljyjen kovettamisen yhteydessä, jossa kuva kaksoissidoksen hydrogenoinnista rakennekaavojen avulla.	Mainitaan, lisäksi selitetään kaksoissidosten yhteys luokitteluun. Esitetty viivakaava tyydyttyneestä ja tyydyttymättömästä rasvahaposta.	Mainitaan, mutta kaksoissidoksista ei puhuta. Vain omega-rasvahapoista mainitaan niiden luokittelu kaksoissidoksen sijainnin perusteella.

fosfolipidien rakenne (glyseroli, 2 rasvahappoa, fosfaattiryhmä)	-	-	Ei mainita, esitetty vain kuva, jossa eritelty fosfolipidin hydrofobinen ja hydrofiilinen pää.
vahat	x	-	x
saippuat	Mainitaan saippuointi, esitetty myös kuvitettu reaktioyhtälö.	-	-
terpeenit	-	-	-
rasvaliukoiset vitamiinit	x	-	-
steroidit	x	x	x

Liite 5: Hiilihydraatit biologian oppikirjassa

Taulukossa: x = mainitaan - = ei mainita.

	Koralli BI3 (s.14-15)
toiminta	- energiamolekyyli - aminohappojen ja rasvahappojen valmistus - ravintokuitu - varastointi - rakennusaine
luokittelu	Jaetaan mono-, di-, oligo- ja polysakkarideihin yksinkertaisten sokerimolekyylien määrän perusteella. Esitetty myös esimerkit kaikista neljästä hiilihydraattien luokasta rakennekaavojen avulla. (Rakennekaavoissa kemiallisen sitoutumisen kannalta virheellistä kuvausta.)
liukeneminen veteen	Sokeriyksiköiden määrän kasvaessa liukeneminen veteen huonompaa.

Liite 6: Proteiinit biologian oppikirjassa

Taulukossa: x = mainitaan - = ei mainita.

	Koralli BI3 (s.16-23)
toiminta	- lihasten supistuminen - elimistön puolustus - veren hyytyminen - kuljetus - rakennusaine - hormoneja ja entsyymejä
peptidisidos	"Elämän kannalta tärkein sidos." Mainitaan, että peptidisidoksen avulla aminohapot sitoutuvat toisiinsa muodostaen aminohappoketjuja. Esitetty myös rakennekaavojen avulla reaktioyhtälö dipeptidin muodostumisesta.
primaarirakenne	Muodostuu peptidisidoksella toisiinsa liittyneistä aminohapoista. Lisäksi esitetty kuva, jossa näkyy primaarirakenteen rakentuminen yksittäisestä aminohaposta pidemmäksi ketjuksi.
sekundaarirakenne	Sekundaarirakenne muodostuu kiertyneestä tai laskostuneesta primaarirakenteesta. Rakennetta ylläpitävät vetysidokset. Esitetty kuva molemmista sekundaarirakenteen mallista.
tertiäärirakenne	Kolmiulotteinen rakenne, joka muodostuu sekundaarirakenteen kierteiden ja laskosten vääntyessä mutkille. Vetysidokset, ionisidokset, heikot vuorovaikutukset ja rikkisillat vaikuttavat rakenteen ylläpitämiseen. Esitetty lisäksi kuvat rakenteesta, jossa näkyy vaikuttavia vuorovaikutuksiakin.
kvaternaarirakenne	Muodostuu useamman tertiäärirakenteen liittyessä yhteen. Esitetty kuvituskuva rakenteesta.

Liite 7: Nukleiinihapot biologian oppikirjassa

Taulukossa: x = mainitaan - = ei mainita.

	Koralli BI3 (s.58-59)
nukleotidi	Sisältää sokerin, fosfaatin ja emäksen.
DNA	<ul style="list-style-type: none"> - kaksi juostetta - kierteinen rakenne - rakentuu nukleotideista - sokerina deoksiriboosi - emäkset A,T,C ja G - rinnakkaisissa juosteissa vetysidokset emästen välillä - emäspariutuminen: A-T ja C-G - vastakkaiset juosteet Lisäksi esitetty kuva DNA:n rakenteesta, jossa esillä nukleotidit ja vetysidokset.
RNA	<ul style="list-style-type: none"> - yksijuosteinen - sokerina riboosi - emäkset A, U, C ja G - emäspariutuminen: A-U ja C-G - lähetti-RNA, siirtäjä-RNA ja ribosomaalinen RNA Lisäksi esitetty kuva RNA:n rakenteesta.

Liite 8: Lipidit ja rasvat biologian oppikirjassa

Taulukossa: x = mainitaan - = ei mainita.

	Koralli BI3 (s.16)
toiminta	- solukalvon rakenneosia - väriaineita - steroideja - hormoneja - energianlähde ja energiavarasto - vararavinto - muodostavat suojaavia kerroksia
rasvojen ja öljyjen rakenne	Muodostuvat glyserolista ja rasvahapoista. Lisäksi esitetty kuvituskuva sekä rakennekaava rasvan kemiallisesta rakenteesta.
liukenevuus veteen	Eivät liukene veteen.

Liite 9: Biomolekyylit terveystiedon oppikirjassa

Taulukossa: x = mainitaan - = ei mainita.

	Tarmo TE1 (s.32-46)
Hiilihydraatit	<ul style="list-style-type: none"> - energi ravintoaineita - imeytyviä ja imeytymättömiä - muita ravintoaineita - kuitu - 45-60 E% päivittäisestä kokonaisenergiansaannista - lähteitä muun muassa täysjyvä tuotteet ja kasvikset - yksinkertaiset hiilihydraatit sokereita, esim. glukoosi ja fruktoosi - pitkäketjuiset hiilihydraatit, esim. tärkkelys ja kuitu - liiallinen sokerin saanti terveydelle haitaksi - glykeeminen indeksi - voivat pilkkoutua syljen toimesta
Proteiinit	<ul style="list-style-type: none"> - energi ravintoaineita - kasvi- ja eläinperäisiä - lähteitä muun muassa maitotuotteet, kala, liha ja muna - 10-20 E% päivittäisestä kokonaisenergiansaannista - koostuvat aminohapoista - mukana kudosten muodostumisessa, kasvattamisessa sekä uusiutumisessa - entsyymien ja hormonien muodostaminen - aineenvaihdunnan säätely - vastustuskyky - nestetasapainon säätely - suojaravintoaineita
Lipidit ja rasvat	<ul style="list-style-type: none"> - energi ravintoaineita - tyydyttyneet, tyydyttymättömät ja transrasvat - suojaravintoaineita - rasvaliukoiset vitamiinit ja jotkin rasvahapot - lähteitä muun muassa kala, liha, siemenet ja pähkinät - kovat, pehmeät ja öljymäiset - 25-40 E% päivittäisestä kokonaisenergiansaannista - muodostuvat rasva-aineista ja rasvahapoista - rasvaliukoisten vitamiinien varastointi - solukalvon ainesosa
Nukleiinihapot	-