

Entsyymit kemian ja biologian opetuksen yhdistävänä
tekijänä lukiossa

Pro gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

Opettajankoulutus

6.5.2009

Minna Yli-Peltola

Tiivistelmä

Kemia ja biologia ovat käsi kädessä kulkevia tieteenaloja. Yksittäiseen oppiaineeseen rajoittuva opetus ei välttämättä anna riittävää tietoa uuden asian laaja-alaiseksi ymmärtämiseksi. Entsyymit ovat elämän biokatalyyttejä, jonka vuoksi entsyymit aiheena on oleellinen sekä biologiassa että kemiassa. Entsyymien toiminta perustuu katalyysiin, jossa kemiallista reaktiota nopeutetaan aktivaatioenergiaa madaltamalla.

Entsyymit liittyvät oleellisesti eliöiden toimintaan. Entsyymien käsitteleminen koulussa kuuluu sekä kemian että biologian tunnille. Tämän pro gradu – tutkielman kehittämistutkimuksen tavoitteena oli tuottaa entsyymien opetukseen liittyvä opetuskokonaisuus, joka soveltuu sekä lukion kemian ja biologian opetukseen että itseopiskelumateriaaliksi.

Kehittämistutkimusta ohjasivat seuraavat tutkimuskysymykset: 1) Miten kemian ja biologian lukio-opetusta voidaan yhtenäistää entsyymiaiheisen videon avulla? 2) Mitä lisäarvoa video tuo opetukseen? ja 3) Miten tutkivaa oppimista voidaan soveltaa kehitetyissä tuntisuunnitelmissa?

Tutkimuksen lähtökohtana oli lukion kemian ja biologian opetuksen yhtenäistäminen entsyymiaiheisen videon avulla. Tutkimustyön avulla laadittiin kolme erilaista tutkivaa oppimista soveltavaa tuntisuunnitelmaa, joissa jokaisessa käytettiin Opettaja.tv:n verkkosivustolta saatavaa videota ”Entsyymien toiminta”. Videon avulla pyritään lisäämään opiskeltavan aiheen kokonaishallintaa, mikä auttaa liittämään uuden tiedon arkielämän ilmiöihin. Videon rinnalle laaditut kysymykset ohjaavat aktiiviseen havainnointiin, jolloin video ei jää opetuksessa irralliseksi osaksi, vaan se edesauttaa oppimista. Videon sisältöön kohdistetut kysymykset saavat opiskelijan kiinnittämään huomion videon olennaisiin kohtiin. Tuntisuunnitelmia laadittaessa tutkiva oppiminen huomioitiin oppilaslähtöisenä opetuksena, tiedon ankkuroimisella arkielämän ilmiöihin sekä sosiaalisten vuorovaikutusten huomioimisella.

Esipuhe

Tämä pro gradu –tutkielma tehtiin Jyväskylän yliopistossa lokakuun 2008 ja toukokuun 2009 välisenä aikana. Tutkielman ohjaajana toimi professori Jan Lundell.

Kiitän ohjaajani Jan Lundellia pitkäjänteisestä ohjauksesta sekä kannustuksesta varsinkin työn alkuvaiheessa.

Kiitän työni toista tarkastajaa Jouni Välisaarta rakentavasta palautteesta työn viimeistelyvaiheessa.

Tampereella 6.5.2009

Minna Yli-Peltola

Sisällysluettelo

<i>Tiivistelmä</i>	i
<i>Esipuhe</i>	ii
<i>Sisällysluettelo</i>	iii
1 Johdanto	1
2 Entsyymien kemiaa ja biologiaa	2
2.1 Entsyymien käyttö teollisuudessa	2
2.2 Katalyysi	3
2.3 Entsyymit biokatalyytteinä	4
2.4 Avain-lukko toimintamalli	4
2.5 Kofaktorit	5
2.6 Inhibiittorit	6
2.7 Michaelis-Mentenin yhtälö	6
2.8 Entsyymien aktiivisuuden vaikuttavat tekijät	7
2.8.1 Substraattikonsentraatio	7
2.8.2 Entsyymikonsentraatio	8
2.8.3 Lämpötila	8
2.8.4 pH.....	9
2.9 Amylaasi, pepsini ja lipaasi	9
3 Entsyymit lukio-opetuksessa	10
3.1 Entsyymit vuoden 2003 lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa	11
3.2 Entsyymit vuoden 2003 lukion biologian opetussuunnitelman perusteissa	12
3.3 Entsyymit kemian ja biologian oppikirjoissa	14
3.3.1 Reaktio	14
3.3.2 Mooli	15
3.3.3 Koulun biologia.....	15
3.3.4 Bios	16
3.4 Yhteenveto entsyymeistä opetussuunnitelmissa ja oppikirjoissa.....	16
4 Oppimisympäristö	17
5 Tieto- ja viestintäteknologian hyödyntäminen opetuksessa	20
5.1 Internet	20
5.2 Tieto- ja viestintäteknologian käyttö Suomen kouluissa	21

6 Opettaja.tv	22
7 Video opetuksessa	23
8 Tutkiva oppiminen	26
8.1 Tutkiva oppiminen lukion opetussuunnitelman perusteissa	28
8.2 Tutkivan oppimisen määritelmä	28
8.3 Tutkivan oppimisen osatekijät ja prosessimalli	31
8.4 Opettaja ohjaajana	33
8.5 Tieto- ja viestintätekniiikan käyttö tutkivan oppimisen välineenä	34
8.6 Tutkivaa oppimista tukeva oppimisympäristö	36
8.7 Ongelmia tutkivan oppimisen toteutuksessa	37
9 Tutkimus	37
9.1 Tutkimuskysymykset	39
10 Video: Entsyymien toiminta	40
11 Tuntisuunnitelmat	41
11.1 Tuntisuunnitelma kemian tunnille	42
11.2 Tuntisuunnitelma biologian tunnille	44
11.3 Tuntisuunnitelma itseopiskeluun	47
11.4 Tutkiva oppiminen tuntisuunnitelmissa	49
11.5 Videon hyödyntäminen tuntisuunnitelmissa	52
11.6 Kemian ja biologian opetuksen yhtenäistäminen	54
12 Johtopäätökset ja pohdinta	54
13 Kirjallisuusluettelo	58

1 Johdanto

Entsyymit liittyvät oleellisesti eliöiden toimintaan. Entsyymejä on mahdollista käsitellä koulussa sekä biologian että kemian tunnilla. Tämän pro gradu -tutkielman lähtökohtana oli lukion kemian ja biologian opetuksen yhtenäistäminen arkielämän esimerkkien, tässä tapauksessa entsyymien, avulla.

Vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteet¹ mahdollistavat entsyymiaiheen lähestymisen sekä kemian että biologian tunnilla. Entsyymejä ei suoranaisesti kemian opetussuunnitelmassa mainita, mutta ne voidaan liittää moniin kemian aihekokonaisuuksiin. Lukion oppikirjoissa entsyymit huomioidaan usein lisämateriaaleissa, jolloin valinta niiden tarkemmasta käsittelystä oppitunnilla jää opettajalle. Tieto- ja viestintätekniiikan yleistyminen kouluissa mahdollistaa tekniikan hyödyntämisen opetuksen apuvälineenä.² Tekniikan käytön tehokkuus kouluissa riippuu niin laitekannasta, laitteiden käyttäjistä kuin käyttöön liittyvistä pedagogisista ratkaisuistakin.³ Tutkiva oppiminen on oppimismenetelmä, jossa tietoja ei omaksuta valmiina, vaan oppija ohjaa oppimistaan asettamalla ongelmia, muodostamalla omia käsityksiään ja selityksiään sekä hakemalla tietoa itsenäisesti ja rakentamalla näin syntyneestä tiedosta laajempia kokonaisuuksia.⁴ Tieto- ja viestintäteknikka toimii työvälineenä ja tukirakenteena tutkivan oppimisen käytännön toteutuksessa.⁵

Kehittämistutkimuksessa laadittiin kolme erilaista tuntisuunnitelmaa lukion kemian ja biologian tunneille sekä itseopiskelumateriaaliksi. Jokaisessa tuntisuunnitelmassa hyödynnettiin Opettaja.tv:stä saatavaa videota ”Entsyymien toiminta”. Tässä tapauksessa kemian ja biologian lukio-opetuksen yhtenäistävänä tekijänä toimii entsyymiaiheinen video. Tuntisuunnitelmat on suunnattu opetusmateriaaliksi opettajien käyttöön.

Opettaja.tv on Ylen tuottama palvelu, jonka monipuolinen verkkosivusto on eräänlainen oppimisympäristö lähinnä opettajille, mutta myös opiskelijoille. Verkkosivusto löytyy Internet-osoitteesta <http://opettajatv.yle.fi>. Tässä pro gradu –tutkielmassa kemian ja biologian opetusta yhtenäistävänä tekijänä käytettiin videota ”Entsyymien toiminta”, joka on nähtävillä Opettaja.tv:n verkkosivustolla, ja josta se on myös saatavilla oppimateriaaliksi.

2 Entsyymien kemiaa ja biologiaa

2.1 Entsyymien käyttö teollisuudessa

Monet teollisuudenalat hyödyntävät entsyymikatalysoituja reaktiota. Entsyymien käyttö kasvattaa tuotantotehokkuutta ja synnyttää taloudellisia säästöjä. Teollisuus voi käyttää hyväkseen joko mikrobien avulla tuotettavia entsyymejä tai kasveista ja eläinmateriaalista eristettyjen solujen tuottamia entsyymejä. Bakteeri, hiivat ja homeet soveltuvat hyvin entsyymien tuotantoon edullisuutensa, nopeutensa ja tehokkuutensa ansiosta. Lisäksi niitä pystytään muokkaamaan geeniteknisin keinoin.⁶

Elintarviketeollisuus hyödyntää mikrobien tuottamia entsyymejä monenlaisissa elintarvikkeissa. Leipomot käyttävät entsyymejä parantamaan taikinan muokattavuutta ja kohoavuutta sekä tuotteiden rakennetta, väriä ja säilyvyyttä. Esimerkiksi proteaasia käytetään parantamaan leivän taikinan rakennetta. Juomateollisuus hyödyntää entsyymejä muun muassa oluen ja hedelmäjuomien valmistuksessa. Juustonvalmistuksessa juoksetteena käytetään kymosiini-entsyymiä, joka ennen eristettiin vasikan nahasta. Vähälaktoosisten maitotuotteiden valmistuksessa hyödynnetään laktaasia, joka on hiivan tuottamaa entsyymiä.⁶

Pesuaineisiin lisätyt entsyymit mahdollistavat matalammat pesulämpötilat ja lyhyemmät pesuajat. Entsyymien puhdistava vaikutus perustuu niiden likaa hajottaviin ominaisuuksiin. Proteolyttiset entsyymit hajottavat proteiineja, lipaasit rasvoja ja amylaasit tärkkelyspitoisia tahroja. Tekstiiliteollisuus käyttää entsyymejä myös kankaiden käsittelyssä. Esimerkiksi farkkujen kivipesu tehdään sellulaasientsyymien avulla, jolloin entsyymien avulla poistetaan kankaasta väriä.⁶

Metsäteollisuus hyödyntää entsyymejä muun muassa sellun valkaisussa, jossa poistetaan paperin ruskeaksi värjäävää ligniiniä. Hemiselluloosaa pilkkovat entsyymit edistävät ligniinin poistumista sellumassasta.⁶

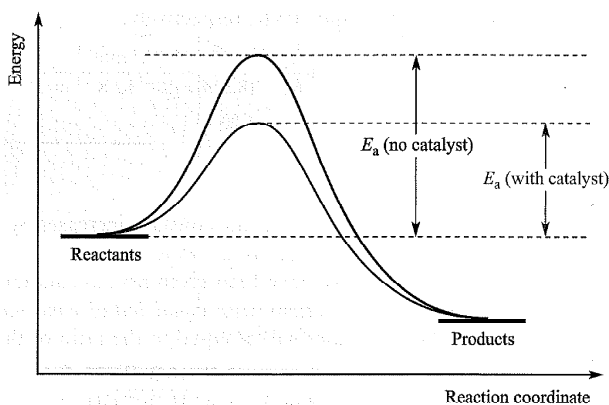
Entsyymien käyttömahdollisuuksia tutkitaan jatkuvasti. Tutkimustyön avulla kehitetään uusia käyttökohteita ja edullisempia tuotantomenetelmiä. Uusien teknologioiden avulla

entsyymejä on opittu muokkaamaan, minkä vuoksi niiden ominaisuuksia pystytään muuttamaan tietyissä rajoissa. Entsyymeillä saavutetaan monia hyötyjä, ja niiden käyttö todennäköisesti lisääntyy tulevaisuudessa.⁶

2.2 Katalyyysi

Lähtöaineiden ja reaktiotuotteiden muutokseen liittyvää kokonaisenergiaa kutsutaan Gibbsin energiaksi (ΔG). Reaktio tapahtuu spontaanisti silloin, kun ΔG on negatiivinen.⁷ Reaktion ΔG ja reaktion nopeus eivät ole suorassa yhteydessä toisiinsa. Vaikka ΔG olisikin negatiivinen, reaktio voi silti tapahtua hitaasti tai ei ollenkaan. Reaktionopeutta rajoittaa energiakynnys eli aktivaatioenergia, joka on ylitettävä, jotta reaktio voisi tapahtua.⁸

Katalyytti on aine, joka muuttaa kemiallisen reaktion nopeutta itse siinä kulumatta. Reaktiota, jossa katalyytti on läsnä, kutsutaan katalysoiduksi reaktioksi ja tapahtuvaa prosessia katalyysiksi. Katalyytti alentaa aktivaatioenergiaa erilaisen reaktioreitin avulla, joka on esitetty kuvassa 1. Tämä mekanismi lisää reaktion nopeutta vaikuttamatta sen tasapainotilaan. Reaktion ensimmäisessä vaiheessa katalyytti muodostaa lähtötuotteiden kanssa välituotteen ja irtoaa vaiheessa, jossa reaktiotuote muodostuu. Katalyytti nopeuttaa tasapainon saavuttamista, mutta ei vaikuta tasapainovakioon.⁹



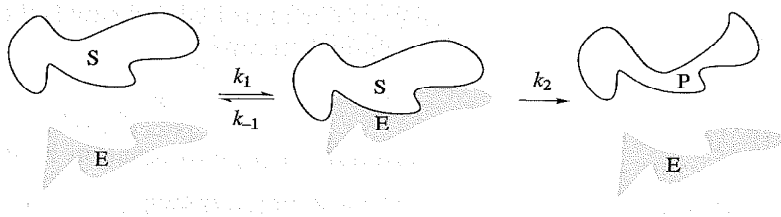
Kuva 1. Katalyytin vaikutus aktivaatioenergiaan.¹⁰

2.3 Entsyymit biokatalyyteinä

Entsyymit ovat biologisia katalyyttejä, jotka toimivat elävissä organismeissa. Lähes kaikki entsyymit ovat proteiineja, lukuun ottamatta muutamia RNA-molekyylejä, joilla voi esiintyä entsyymiaktiivisuutta.⁷ Entsyymit nopeuttavat kemiallisia reaktioita, mutta eroavat katalyyteistä kahdella tavalla. Entsyymit ovat huomattavasti suurempia ja monimutkaisempia rakenteeltaan kuin epäorgaaniset katalyytit. Lisäksi entsyymien reaktiot ovat hyvin spesifisiä, jolloin ne katalysoivat vain tiettyjä reaktioita.¹¹ Entsyymi vähentää katalysoimansa reaktion aktivaatioenergiaa ja kiihdyttää tällöin reaktion nopeutta jopa 10^{17} -kertaisesti katalysoimattomaan reaktioon verrattuna. Katalyysin tavoin entsyymiä ei kulu reaktiossa, jolloin sen määrä liuoksessa voi olla hyvinkin vähäinen.⁸

2.4 Avain-lukko toimintamalli

Entsyymien toimintamallia kutsutaan avain-lukko periaatteeksi, ja se selittää sekä entsyymien spesifisyyden että katalyyttisen toiminnan. Avain-lukko periaate havainnollistetaan kuvassa 2. Entsyymiä voidaan kuvata laajaksi, epäsäännöllisen muotoiseksi molekyyliksi, jossa on aktiivinen kohta. Entsyymikatalysoitu reaktio alkaa, kun substraatti liittyy entsyymiin aktiiviseen kohtaan muodostaen entsyymi-substraattikompleksin. Entsyymi ja substraatti liittyvät toisiinsa heikoilla sidoksilla. Substraatti- ja entsyymimolekyylien tulee olla toisilleen komplementaariset; entsyymiin aktiiviseen kohtaan voi kiinnittyä vain ne substraatit, joiden reaktiota entsyymi katalysoi.¹¹ Jotta substraatti voi muodostaa reaktiotuotteen, sen on ensin saatava ylimääräistä energiaa saavuttaakseen siirtymätilan, josta se voi reagoida eteenpäin reaktiotuotteen suuntaan.⁸ Kuvassa 1 siirtymätila on energiavallin korkeimman kohdan määrittelemä molekulaarinen rakenne. Kun substraatti on siirtymätilassa, entsyymi pystyy muodostamaan maksimaalisen määrän heikkoja sidoksia substraatin kanssa.⁸ Siirtymätiloja on vähintään yksi, mutta useamman siirtymätilan esiintyessä reaktiossa voi esiintyä stabiileja välituotteita. Kuvassa 3 on esitetty kahden siirtymätilan kautta kulkeva reaktiopolkku. Substraatin muuttuminen reaktiotuotteiksi vaatii sidosten uudelleenjärjestäytymistä. Siirtymävaiheessa substraatti on sitoutunut tiukasti entsyymiin, ja niiden rakenteet ovat komplementaarisia. Näin ollen reaktio nopeutuu. Kun sidokset katkeavat ja uudet alkavat muodostua, substraatti muuttuu tuotteeksi. Reaktiotuote irtoaa entsyymistä, joka on jälleen valmis seuraavaan reaktioon.⁷

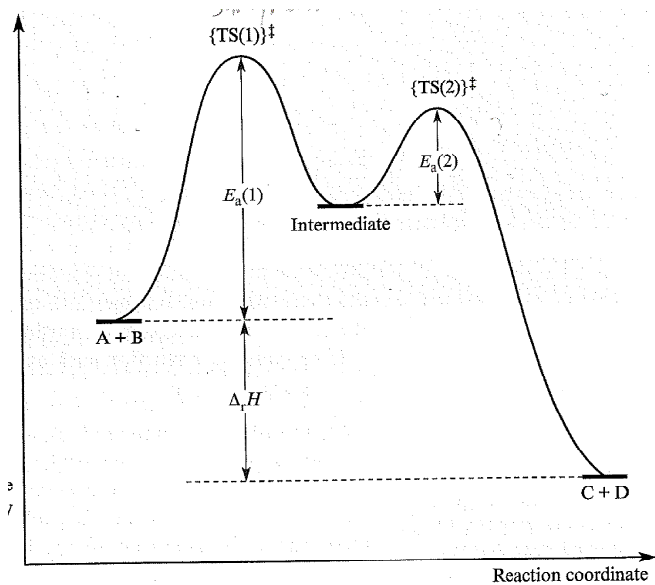


Kuva 2. Avain-lukko toimintamalli.¹⁰

Reaktioreittiä voidaan kuvata yhtälön 1 avulla.



jossa E on entsyymi, S on substraatti, ES on entsyymisubstraattikompleksi, EX on siirtymätilassa oleva kompleksi ja P on reaktiotuote. Kaksoisnuolella kuvattu reaktio on reversiibeli eli se voi tapahtua kumpaankin suuntaan. Reaktiosarjan hitaimmaksi vaiheeksi oletetaan viimeinen reaktio, jossa myös reaktiotuote vapautuu. Kuvassa 3 on kaavio reaktion aikana tapahtuvista energeettisistä muutoksista.



Kuva 3. Reaktion energettiset muutokset sen kulkiessa kahden siirtymätilan kautta.¹⁰

2.5 Kofaktorit

Suurin osa entsyymeistä tarvitsee toimiakseen orgaanisen molekyylin tai metalli-ionin. Kofaktori on tekijä, jonka vaikuttaakseen täytyy toimia yhdessä toisen tekijän kanssa.¹²

Orgaanista kofaktoria kutsutaan koentsyymiksi. Koentsyymi voi kiinnittyä entsyymiin löyhästi katalyysitapahtuman ajaksi tai se voi olla pysyvästi sidottuna entsyymiin. Eräät soluissa pienissä määrin esiintyvät metalli-ionit, kuten kupari, koboltti, nikkeli ja vanadiini toimivat koentsyymeinä. Koentsyymit ovat usein myös vitamiinien johdannaisia.⁸

2.6 Inhibiittorit

Inhibiittorit ovat aineita, jotka estävät entsyymien toimintaa. Inhibiittorien toiminta voi olla reversiibeliä (palautuvaa), jolloin entsyymi palautuu inhibiittorin vaikutuksen jälkeen alkuperäiseen muotoonsa, tai irreversiibeliä (palautumatonta), jolloin entsyymi muuttuu pysyvästi estyneeseen muotoon. Reversiibelit inhibiittorit voidaan jakaa kilpaileviin ja ei-kilpaileviin inhibiittoreihin. Kilpaileva inhibiittori sitoutuu entsyymiin aktiiviseen kohtaan estäen substraatin pääsyn siihen. Ei-kilpaileva inhibiittori sitoutuu entsyymiin muualta kuin aktiivisesta kohdasta aiheuttaen muutoksia entsyymien rakenteessa. Tässä tapauksessa substraatti voi edelleen sitoutua aktiiviseen kohtaan, mutta entsyymi ei pysty katalysoimaan reaktiota inhibiittorin ollessa siihen sitoutuneena.⁷

2.7 Michaelis-Mentenin yhtälö

Michaelis-Mentenin yhtälön avulla pystytään kuvaamaan entsyymien toiminnan nopeuden suhdetta substraatin pitoisuuteen. Entsyymien katalysoiman reaktion reaktionopeus riippuu substraatin pitoisuudesta yhtälön 2 mukaisesti.

$$V = \frac{V_{\max} [S]}{(K_M + [S])} \quad (2)$$

jossa V on entsyymikatalysoidun reaktion nopeus, V_{\max} on entsyymikatalysoidun reaktion maksiminopeus, $[S]$ on substraattikonsentraatio ja K_M on niin sanottu Michaelis-vakio.⁸

Michaelis-Mentenin yhtälön avulla kuvataan tilanteita, joissa pienillä substraattipitoisuuden arvoilla nopeus kasvaa substraattipitoisuuden kasvaessa. Suurilla substraattipitoisuuden arvoilla nopeus lähestyy hyperbolisesti nopeuden maksimi-arvoa. Michaelis-vakio, K_M , on

kullekin entsyymille ominainen vakio. Yhtälön 2 perusteella reaktionopeus saavuttaa arvon $\frac{V_{\max}}{2}$, kun $[S] = K_M$.

Entsyymin katalysoiman reaktion maksimaalinen nopeus riippuu liuoksessa olevien entsyymimolekyylien kokonaispitoisuudesta ja vakiosta k_{cat} yhtälön 3 mukaan.

$$V_{\max} = k_{\text{cat}} [E]_t, \quad (3)$$

jossa $[E]_t$ on entsyymimolekyylien kokonaispitoisuus ja k_{cat} on entsyymin reaktionopeusvakio, joka ilmoittaa katalysoitujen reaktioiden määrän sekuntia kohti. Toisin sanoen vakio k_{cat} (engl. *turnover number*) kertoo sen, kuinka monta molekyyliä substraattia entsyymimolekyyli kykenee muuttamaan reaktiotuotteeksi yhdessä sekunnissa.⁸ Vakion arvo vaihtelee suuresti eri entsyymeillä. Suurimmalla osalla entsyymeistä vakion arvo on muutamassa tuhannessa, mutta voivat olla suurimmillaan jopa 10^7 luokkaa.^{7,8}

2.8 Entsyymien aktiivisuuden vaikuttavat tekijät

Proteiinirakenteesta johtuen entsyymit ovat herkkiä eri ulkoisten tekijöiden vaihteluille. Esimerkiksi substraatti- ja entsyymikonsentraatiot, lämpötila ja pH vaikuttavat entsyymikatalysoidun reaktion nopeuteen, koska nämä kaikki vaikuttavat entsyymin aktiiviseen kohtaan ja entsyymisubstraattikompleksin rakenteeseen.¹³

2.8.1 Substraattikonsentraatio

Substraatin konsentraatio vaikuttaa entsyymikatalysoidun reaktion nopeuteen. Useimmiten entsyymimolekyyli on kooltaan huomattavasti suurempi kuin substraatti. Tilanteissa, joissa substraatin pitoisuus suurikokoisen entsyymin ympäristössä on alhainen, substraattimolekyylit voivat sijaita joko lähellä tai kaukana entsyymin aktiivisesta kohdasta. Alhaisen substraattikonsentraation vuoksi entsyymin aktiivisen kohdan miehittäminen on epätodennäköisempää. Tässä tapauksessa seuraavan substraatin liittyminen edellisen jälkeen voi tapahtua hitaasti, jolloin aktiivinen kohta on osan aikaa tyhjänä, ja tällöin entsyymi ei toimi maksimiteholla. Substraattikonsentraation kasvu tarkoittaa useamman substraattimolekyylin esiintymistä entsyymin aktiivisen kohdan ympärillä, jolloin

mahdollisuudet substraatin liittymiselle aktiiviseen kohtaan kasvavat. Tästä johtuen entsyymikonsentraation ollessa vakio, substraattipitoisuuden noustessa entsyymikatalysoidun reaktion nopeus kasvaa. Substraattikonsentraation kasvaessa pisteeseen, jossa nopeus ei enää kasva, entsyymi toimii maksimiteholla, eikä substraattikonsentraation kasvu vaikuta sen jälkeen reaktion nopeuteen.¹³

2.8.2 Entsyymikonsentraatio

Entsyymikonsentraation kasvaessa myös reaktion nopeus kasvaa. Entsyymimäärän ollessa vakio, voidaan nopeutta lisätä substraattikonsentraatiota nostamalla. Nopeuden kasvattaminen on mahdollista vain tiettyyn pisteeseen saakka. (ks. ed. kappale) Entsyymimolekyylien määrää lisättäessä myös aktiivisten kohtien määrä lisääntyy, jolloin todennäköisyys entsyymin ja substraatin liittymiselle kasvaa. Tässä tapauksessa substraattikonsentraation nostaminen kasvattaa reaktionopeutta.¹³

2.8.3 Lämpötila

Lämpötilan muutos vaikuttaa kaikkien kemiallisten reaktioiden kulkuun. Proteiinirakenteesta johtuen entsyymit ovat erityisen herkkiä lämpötilan muutoksille. Entsyymien toiminnalle oleellinen lämpötila-alue on huomattavasti kapeampi kuin monissa muissa kemiallisissa reaktioissa. Entsyymikatalysoidun reaktion nopeus 0 °C lämpötilassa on käytännössä nolla. Lämpötilan kasvaessa reaktion nopeus kasvaa, mikä johtuu kineettisen energian lisääntymisestä sekä substraatti- että entsyymimolekyyleissä. Lisäksi substraatti- ja entsyymimolekyylien liikehdintä lisääntyy lämpötilan kasvaessa aiheuttaen niiden välisten törmäysten määrän lisääntymisen. Lämpötilan lähestyessä 30 °C entsyymien denaturoitumisen aiheuttavat tekijät alkavat vaikuttaa entsyymien proteiinirakenteeseen. Entsyymimolekyylien monimutkaisella rakenteella on oma osuutensa sen katalyyttisessä aktiivisuudessa. Tämä rakenne pysyy koossa heikkojen vetysidosten avulla. Lämpötilan noustessa riittävän korkealle, vetysidokset vähitellen katkeavat aiheuttaen katalyyttisen aktiivisuuden häviämisen. Tällaista proteiinirakenteen muutosta kutsutaan denaturoitumiseksi, joka alkaa noin 30 °C lämpötilassa ja päättyy noin 60 °C lämpötilassa. Tyypillisesti reaktionopeus on suurimmillaan noin 45 °C lämpötilassa, mutta reaktion

jatkuessa pidempään tässä lämpötilassa nopeus laskee entsyymimolekyylin rakenteen tuhoutumisen seurauksena.¹³

2.8.4 pH

Happamuuden muutokset voivat aiheuttaa entsyymimolekyylin denaturoitumisen ja siitä johtuvan entsyymiaktiivisuuden häviämisen. Jokaisella entsyymillä on sen toiminnalle optimaalinen pH-alue, jolloin siitä poikkeaminen happamampaan tai emäksisempään suuntaan aiheuttaa entsyymiaktiivisuuden laskun.¹³ Monissa soluissa entsyymien toiminnalle optimaalinen pH on hyvin lähellä solun toiminnalle optimaalista pH:ta. Esimerkiksi ruuansulatusentsyymi pepsiiniä erittyy mahan soluista, joissa pH on noin 2. Näin ollen pepsiinin toiminnalle optimaalinen pH on 2.⁹

Proteiineihin on liittyneenä monia ionisoituneita, funktionaalisia ryhmiä. Näiden ryhmien ollessa osana entsyymimolekyylin aktiivista kohtaa, muutokset niissä voivat aiheuttaa entsyymien tehon heikkenemisen ja entsyymien katalysoiman reaktion hidastumisen. Useimmiten substraatti toimii elektrolyyttinä, jolloin pH:n muutokset vaikuttavat entsyymien toimintaan myös sitä kautta.¹³

2.9 Amylaasi, pepsiini ja lipaasi

Tässä pro gradu –tutkielmassa hyödynnettiin entsyymien opetuksen tukeva videota, jossa käsitellään kolmea ruuansulatukseen oleellisesti liittyvää entsyymiä; amylaasia, pepsiiniä ja lipaasia.

Amylaasi on entsyymi, joka pilkkoo hiilihydraatteja. Sitä erittävät suussa toimivat sylkirauhaset sekä haima. Syljenerityksen avulla ruokapala pureskellaan suussa liukkaaksi ja helposti nieltäväksi. Huulten, poskien, suulaen ja kielen limakalvossa sekä limakalvonalaisessa kerroksessa on runsaasti pieniä sylkirauhasia. Näiden lisäksi toimii kolme suurta sylkirauhasta, jotka ovat korvasylkirauhanen, leuanalussylkirauhanen ja kielenalussylkirauhanen. Sylkirauhasissa on sekä limaista että juoksevaa sylkeä erittäviä soluja. Juoksevaa sylkeä erittävien solujen eritteessä on tärkkelystä pilkkovaa amylaasientsyymiä. Ruoka viipyy suussa vain lyhyen ajan, jonka vuoksi sylkiamylaasin

vaikutus siellä on vähäistä. Mahalaukussa amylaasi pilkkoo hiilihydraatteja, kunnes mahan suolahappo tekee sen tehottomaksi. Hiilihydraattien pilkkomista jatkaa haiman rauhasrakkulasolujen erittämän haimanesteen sisältämä amylaasientsyymi.¹⁴

Mahanesteen pepsiini on entsyymi, joka pilkkoo proteiineja suolahapon avulla. Mahaneste on mahan limakalvon ja sen rauhasen solujen yhteinen erite, joka sisältää suolahappoa, pepsiiniä ja limaa. Maharauhasissa sijaitsevat katesolut erittävät suolahappoa, jonka vuoksi mahalaukun pH on hapan. Pääsolut tuottavat pepsinogeenia, joka muuttuu suolahapon vaikutuksesta aktiiviseksi pepsiinientsyymiksi.¹⁴

Haimatiehyiden pääterakkuloita reunustavien rauhasrakkulasolujen erite sisältää entsyymejä, joista yksi on rasvoja pilkkova lipaasi. Rasvojen pilkkoutuminen alkaa vasta ohutsuolessa. Lipaasi tarvitsee avukseen sappihappojen suoloja, joita maksasolut valmistavat kolesterolista. Rasvamolekyylit liittyvät sappisuolojen ja muiden aineiden vesiliuoksessa muodostamiin miselleihin. Nämä sekoittuvat suolen vesipitoiseen sisältöön emulsioksi. Näin syntyy lipaasin toiminnalle oleellinen suuri vaikutuspinta-ala.¹⁴

3 Entsyymit lukio-opetuksessa

Entsyymit käsitteenä tulisi olla jo jonkin verran tuttu peruskoulun kemiasta ja biologiasta. Vuoden 2004 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden¹⁵ mukaan yläkoulun kemian opinnoissa yksi ainekokonaisuus on Elollinen luonto ja yhteiskunta. Tähän aihekokonaisuuteen kuuluvat hiilihydraatit, valkuaisaineet, rasvat, niiden koostumus ja merkitys ravintoaineina. Aine ja energia – Kemian tietokirjassa¹⁶ entsyymeistä kerrotaan esimerkiksi laktoosi-intorelanssin, valkuaisaineiden, juustonvalmistuksen ja pesuaineiden yhteydessä. Biologiassa Ihminen – aihekokonaisuus käsittelee ihmisen keskeisiä elintoimintoja, joihin entsyymit voidaan liittää. Biologia – Ihminen –kirja¹⁷ käsittelee entsyymejä esimerkiksi ruuansulatuksen ja vitamiinien yhteydessä.

3.1 Entsyymit vuoden 2003 lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa

Entsyymit voidaan kemian opetuksessa liittää useaan eri aihealueeseen. Vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteissa¹ kemian opetuksen yhtenä tavoitteena on muun muassa, että opiskelija ”osaa kemian keskeisimmät peruskäsitteet ja tietää kemian yhteyksiä jokapäiväisen elämän ilmiöihin sekä ihmisen ja luonnon hyvinvointiin”. Entsyymien toiminta perustuu katalyysiin, ja siihen liittyvät energettiset muutokset kuuluvat kemian peruskäsitteisiin. Soluissamme toimivat entsyymit ovat osa jokapäiväistä elämää, ja vaikka emme pysty sitä silmällä näkemään, opiskelijan tulisi pystyä liittämään kemiallinen tieto tähän toimintaan. Kemian opetuksen tavoitteiden mukaan opiskelijan tulisi perehtyä ”nykyaikaiseen teknologiaan teollisuudessa ja ympäristötekniikassa”. Entsyymikatalysoituja reaktioita hyödynnetään teollisuudessa tuotantotehokkuuden kasvattamisessa, ympäristöystävällisyydessä sekä taloudellisissa säästöissä. Kemian opetuksen tavoitteena on myös, että opiskelija ”osaa käyttää kemiallista tietoa kuluttajana terveyden ja kestävän kehityksen edistämässä sekä osallistuttaessa luontoa, ympäristöä ja teknologiaa koskevaan keskusteluun ja päätöksentekoon”.

Lukion oppimäärään kuuluu yksi pakollinen kemian kurssi, Ihmisen ja elinympäristön kemia (KE1). Yksi kurssin tavoitteista on, että opiskelija ”osaa orgaanisten yhdisteiden rakenteita, niiden ominaisuuksia ja reaktioita sekä ymmärtää niiden merkityksen ihmiselle ja elinympäristölle”. Tällä kurssilla entsyymit kuuluvat olennaisesti proteiinien yhteyteen, koska suurin osa entsyymeistä on aminohappoketjuista koostuvia proteiineja.

Lukion kemian ensimmäinen syventävä kurssi on Kemian mikromaailma (KE2), jossa tutustutaan aineiden kemialliseen rakenteeseen. Myös entsyymeillä on niille ominaisia rakenteita, muun muassa aminohapoista koostuva proteiinirakenne ja heikot sidokset. Entsyymien rakennetarkastelu mahdollistaa kemian ja biologian oppiaineiden yhdistämisen; tämän avulla ihmisessä tapahtuvat reaktiot voidaan ilmaista myös kemian kielellä.

Reaktiot ja energia (KE3) –kurssin tavoitteena on, että opiskelija ”ymmärtää kemiallisen reaktion tapahtumiseen vaikuttavia tekijöitä sekä niiden merkityksen elinympäristössä”. Lisäksi opiskelijan tulisi ”ymmärtää energian sitoutumisen ja vapautumisen kemiallisessa

reaktioissa sekä niiden merkityksen yhteiskunnassa”. Entsyymien toiminta perustuu katalyysiin eli aktivaatioenergian alentamiseen reaktion nopeuttamiseksi. Tällä kurssilla on mahdollisuus käsitellä myös entsyymien käyttömahdollisuuksia teollisuudessa ja niiden tuomia hyötyjä.

Metallit ja materiaalit (KE4) –kurssilla opiskelijan tulisi oppia tuntemaan ”teollisesti merkittäviä raaka-aineita sekä niiden jalostusprosesseja”. Opiskelijan tulisi myös tuntea ”erilaisia materiaaleja, niiden koostumusta, ominaisuuksia ja valmistusmenetelmiä sekä kulutustavaroiden ympäristövaikutusten arviointiin käytettäviä menetelmiä”. Tällä kurssilla entsyymit on mahdollista liittää moneen aihealueeseen. Entsyymien toiminnassa mukana olevat kofaktorit ovat usein metalli-ioneita. Myös tällä kurssilla voidaan käsitellä entsyymien käyttöä teollisuudessa erilaisten materiaalien, kuten muovien, maalien ja tekstiilien yhteydessä. Lisäksi kurssilla käsitellään luonnon polymeerejä, joihin proteiinit kuuluvat.

Reaktiot ja tasapaino (KE5) –kurssilla ”tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää tasapainotilan merkityksen ja tutustuu tasapainoon teollisuuden prosesseissa ja luonnon ilmiöissä”. Koska kurssilla painotetaan reaktion kulkuun liittyviä asioita, on tärkeä huomioida, että katalyytin käyttö ei muuta reaktion tasapainoasemaa. Tämä on oleellinen asia myös entsyymien toiminnassa. Entsyymit liittyvät merkittävästi myös puskuriliuoksiin, erityisesti elävien organismien toimintoihin. Esimerkiksi veren pH:n vaihtelu pysäyttää elämälle välttämättömien entsyymien toiminnan. Happamuuden muutoksen avulla säädellään entsyymien toimintaa elimistön lisäksi monissa käytännön tilanteissa, kuten elintarvikkeiden säilönnässä.

3.2 Entsyymit vuoden 2003 lukion biologian opetussuunnitelman perusteissa

Entsyymit on oleellinen aihealue lukion biologian opinnoissa. Vuoden 2003 lukion biologian opetussuunnitelman perusteissa¹ sanotaan, että ”biologia on luonnontiede, joka tutkii elollisen luonnon rakennetta, toimintaa ja vuorovaikutussuhteita molekyyli- ja solutasolta biofääriin.” Ilman entsyymejä eliöt eivät pystyisi toimimaan ja niiden ymmärtäminen solutasolta lähtien on tärkeää. ”Biotieteet ovat nopeasti kehittyviä tiedonaloja, joiden sovelluksia hyödynnetään laajasti yhteiskunnassa.” Entsyymit ovat

merkittävässä osassa teollisuuden prosesseissa ja niiden hyödyntäminen lisääntyy jatkuvasti tutkimuksen myötä.

Eliömaailma (BI1) –kurssi on ensimmäinen biologian pakollisista kursseista. Yksi kurssin tavoitteista on, että opiskelija ”tuntee elämän tunnusmerkit ja perusedellytykset”. Entsyymien toiminta on yksi näistä perusedellytyksistä. Mikään eliö ei toimisi ilman entsyymejä. Lisäksi kurssilla tutustutaan biologiaan tieteenä.

Solu ja perinnöllisyys (BI2) –kurssi on lukion biologian toinen pakollinen kurssi. Yhtenä kurssin tavoitteena on oppia solun kemiallinen rakenne ja toiminta, sekä niiden kytkeminen yksilön toimintaan. Entsyymit toimivat solutasolla ja liittyvät oleellisesti eliöiden toimintaan. Kurssilla tutustutaan myös DNA:n rakenteeseen ja toimintaan sekä proteiinisynteesiin. Entsyymien toiminta myös näissä on merkittävä ja sen vuoksi tärkeä oppia.

Ympäristöekologia (BI3) –kurssin tavoitteissa on, että opiskelijan tulisi ymmärtää ihmisen toiminnan vaikutus elolliseen luontoon, hahmottaa ympäristöongelmien syitä ja seurauksia ekosysteemeissä sekä pyrkiä löytämään niihin ratkaisuja. Ympäristöön vaikuttavat muutokset, kuten ympäristömyrkyt ja säteily, vaikuttavat eliöiden toimintaan solutasolla ja voivat häiritä entsyymien toimintaa. Entsyymit ovat myös osana muun muassa typen kiertokulussa.

Ihmisen biologia (BI4) –kurssilla opitaan kudosten ja elinten rakenteita ja toimintaperiaatteita. Ruuansulatuksen, veren ja erityselimistön toiminnalle välttämättömät entsyymit ovat keskeisessä osassa tällä kurssilla. Oikea lämpötila ja happamuus asettavat entsyymien toiminnalle oleelliset lähtökohdat.

Bioteknologia (BI5) –kurssin keskeisiin sisältöihin kuuluu solujen hienorakenteen ja solujen välisen viestinnän ymmärtäminen sekä solujen merkitys proteiinien valmistajina. Yhtenä osa-alueena mainitaan ”entsyymit solun ja biotekniikan työkaluina”. Opiskelijan tulisi tuntea myös geeniteknologian tarjoamat mahdollisuudet. Bioteknologia on kasvava tieteenala, ja entsyymien hyödyntäminen on merkittävässä osassa niin teollisuudessa kuin geeniteknikassakin.

3.3 Entsyymit kemian ja biologian oppikirjoissa

Tässä tutkimuksessa analysoitiin kaksi kemian ja kaksi biologian oppikirjasarjaa. Tarkoituksena oli selvittää, miten entsyymejä on käsitelty lukion oppikirjoissa sekä tarvetta oppimateriaalin kehittämiseksi. Lukion kemian opiskelun tueksi suunnatuista oppikirjoista käsiteltiin kirjasarjoja Reaktio¹⁸⁻²² ja Mooli²³⁻²⁷, lukion biologian oppikirjoista analysoitiin kirjasarjoja Koulun biologia²⁸⁻³² ja Bios³³⁻³⁷. Nämä oppikirjat on laadittu vuoden 2003 lukion kemian opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti.

3.3.1 Reaktio

Reaktio 1 –kirjassa¹⁸ entsyymejä käsitellään hiilihydraattien ja proteiinien yhteydessä. Lisäksi ne mainitaan alkoholien kohdalla sekä hapettumista ja pelkistymistä käsittelevässä kappaleessa. Reaktio 2 –kirjassa¹⁹ entsyymejä esitellään pinta-aktiivisten aineiden eli tensidien pesuominaisuuksien yhteydessä. Stereoisomeriaa käsittelevässä kappaleessa kerrotaan silmän toimintaan osallistuvista entsyymeistä. Reaktio 3 –kirjassa²⁰ entsyymit ovat mukana monessa asiayhteydessä. Katalyyysin yhteydessä entsyymit käsitellään hyvin kattavasti. Lisäksi niiden hyödyntäminen mainitaan muun muassa adrenaliinin muodostumisessa elimistössä, lääkeaineiden suunnittelussa, ruuansulatuksessa ja energian saannissa. Entsyymien tuomia mahdollisuuksia esitellään bioprosessi- ja elintarviketeollisuuden sekä solubiologian yhteydessä. Reaktio 4 –kirjassa²¹ entsyymejä käsitellään metallien yhteydessä, koska ”entsyymit hyödyntävät usein metalli-ioneja.” Lisäksi kappaleen yhteydessä on hivenaineista kertova lisämateriaali. Entsyymit ovat esillä luonnon polymeerejä, tekstiilejä ja kuituja sekä biohajoavia muoveja käsittelevissä kappaleissa. Reaktio 5 –kirjassa²² kerrotaan entsyymien hyödyntämisestä säilörehun valmistuksessa. Lisäksi kerrotaan pH:n vaihtelevuuden hyödyntämisestä teollisuudessa, johon myös entsyymit liittyvät, vaikka niitä ei erikseen tässä yhteydessä mainita. Puskuriliuosten yhteydessä veren pH:n säätelyä käsittelevässä lisämateriaalissa entsyymit ovat merkittävässä osassa.

3.3.2 Mooli

Mooli 1 –kirjassa²³ biokemian esittelyn yhteydessä mainitaan entsyymit. Ihmisen kemiaa käsittelevässä lisämateriaalissa entsyymit ovat mukana elämälle tärkeisiin alkuaineisiin liittyen. Lisäksi entsyymit mainitaan liittyen alkoholikäymiseen. Mooli 2 –kirjassa²⁴ molekyylien kolmiulotteisuutta käsittelevässä kappaleessa kerrotaan entsyymien rakenteesta johtuvasta spesifisyydestä. Mooli 3 –kirjan²⁵ ensimmäinen kappale on kemiallisiin reaktioihin johdattava kappale, jossa entsyymit on liitetty kemiallisiin reaktioihin, jotka ovat elämän perusta. Kemiallisen reaktion nopeutta käsittelevässä kappaleessa katalyytin ominaisuudet tulevat hyvin esiin, mutta entsyymit mainitaan ainoastaan ohimennen: ”Monet lääkeaineet toimivat elimistössä eri entsyymien inhibiittoreina.” Katalyyteistä on lisäksi kerrottu lisämateriaalissa, jossa myös entsyymit ovat jonkin verran esillä. Mooli 4 –kirjassa²⁶ entsyymit mainitaan biopolymeerien yhteydessä. Hapen yhteydessä mainitaan peroksidaasi-entsyymin toiminta. Lisäksi entsyymit mainitaan magnesiumin yhteydessä ja puhutaan typenoksidia tuottavasta entsyymistä. Mooli 5 –kirjassa²⁷ entsyymit ovat esillä ainoastaan veren puskuriominaisuutta käsittelevässä lisämateriaalissa.

3.3.3 Koulun biologia

Koulun biologia 1 –kirjassa²⁸ entsyymit ovat esillä eliöiden yhteisiä ominaisuuksia käsittelevässä kappaleessa. Lisäksi ne mainitaan lämmön- ja vedensäätelyn yhteydessä. Koulun biologia 2 –kirjassa²⁹ käsitellään solun rakennetta ja toimintaa, jossa entsyymit ovat merkittävässä osassa. Entsyymien toimintaperiaate on esitelty hyvin kattavasti. Entsyymit mainitaan lisäksi lysosomien ja mitokondrioiden, hivenaineiden, eläinten ruuansulatuksen, DNA:n kahdentumisen ja proteiinisynteesin yhteydessä. Koulun biologia 3 –kirjassa³⁰ entsyymit ovat esillä ympäristömyrkkyjen, säteilyn ja saasteiden yhteydessä. Koulun biologia 4 –kirja³¹ käsittelee ihmisen biologiaa, jossa entsyymit ovat mukana monessa asiayhteydessä, joista esimerkkeinä istukassa toimivat entsyymit, ruuansulatuksen entsyymit ja verihiutaleiden entsyymit. Lisäksi entsyymit mainitaan osana elimistön ulkoista puolustusta sekä huomioidaan, miten oleellinen tasainen ruumiinlämpö on entsyymien toiminnalle. Syövän yhteydessä mainitaan mutaatioiden korjausentsyymit. Koulun biologia 5 –kirjassa³² entsyymit mainitaan muuan muassa DNA:n kahdentumisen,

proteiinisynteesin ja biotekniikan yhteydessä. Lisäksi entsyymit liitetään lysosomien, peroksisomien ja mitokondrioiden ja virusten toimintaan sekä perinnöllisten tautien hoitoon. Erikseen mainitaan käänteiskopioijaentsyymit ja bakteriofaagien restriktioentsyymit.

3.3.4 Bios

Bios 1 –kirjassa³³ entsyymejä ei suoranaisesti mainita missään vaiheessa. Bios 2 –kirjassa³⁴ entsyymit ovat oleellisena osana solun rakennetta ja toimintaa käsittelevässä kappaleessa. Lisäksi entsyymit mainitaan muuan muassa DNA:n kahdentumisen ja proteiinisynteesin yhteydessä. Bios 3 –kirjassa³⁵ entsyymit mainitaan typen kierron yhteydessä. Lisäksi entsyymit ovat esillä sekä ympäristömyrkyjä että säteilyä käsittelevissä kappaleissa. Bios 4 –kirja³⁶ käsittelee ihmisen biologiaa, ja entsyymit ovat siinä merkittävässä osassa. Entsyymit mainitaan useampaan kertaan sisäisen tasapainon sekä solujen keskinäisen viestinnän yhteydessä. Ruuansulatusta käsittelevän kappaleen yhteydessä entsyymien toimintaa käsitellään hyvin kattavasti. Lisäksi entsyymit mainitaan veren ja elimistön ulkoisen puolustuksen yhteydessä sekä huomioidaan, miten elimistön oikea pH ja lämpötila ovat tärkeitä entsyymien toiminnan kannalta. Bios 5 –kirja³⁷ käsittelee bioteknologiaa, ja entsyymejä käsitellään biotekniikan prosesseja käsittelevissä kappaleissa, kuten lääketieteeseen liittyvien bioteknologisten sovellusten, geenitekniikan ja teollisuusentsyymien käytön yhteydessä. Lisäksi entsyymit mainitaan aineenvaihduntareaktioiden, proteiinisynteesin ja DNA kahdentumisen yhteydessä sekä huomioidaan RNA:n entsyymivaikutus.

3.4 Yhteenveto entsyymeistä opetussuunnitelmissa ja oppikirjoissa

Entsyymit on mahdollista liittää sekä kemian että biologian opetuksessa moniin eri aiheyhteyksiin. Entsyymien käsittely lukion kemiassa eroaa huomattavasti niiden käsittelyssä lukion biologiassa. Biologiassa entsyymejä käsitellään pääosin solutasolta katsottuna kun taas kemiassa keskitytään entsyymien katalyyttiseen vaikutukseen ja lähinnä siihen, miten reaktio tapahtuu. Yhtäläisyytenä näissä on entsyymien hyötykäyttö teollisuudessa, joka käsitellään molempien oppiaineiden osalta melko kattavasti.

Entsyymit ovat näkyvässä osassa niin lukion biologian opetussuunnitelmassa kuin oppikirjoissakin. Sisällöllisesti entsyymejä on mahdollista käsitellä jokaisella kurssilla, koska aihe liittyy erittäin läheisesti biologian eri osa-alueisiin. Vertailemalla kahta eri kirjasarjaa voidaan huomata, että esimerkit ovat hyvin samankaltaisia. Entsyymit mainitaan molemmissa kirjasarjoissa lähes samoissa tilanteissa, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Esimerkiksi Ympäristöekologian kurssilla entsyymit eivät ole aivan oleellisinta asiaa, ja molemmissa kirjoissa entsyymit on huomioitu ympäristömyrkkujen ja säteilyn yhteydessä.

Entsyymien huomioiminen kemian kirjoissa eroaa jonkin verran kirjasarjasta riippuen. Molemmat kirjasarjat käsittelevät entsyymien katalyyttisen vaikutuksen kemiallisena ilmiönä jokseenkin samalla tavoin, mutta eroavaisuus näiden välillä on lähinnä entsyymien toiminnan liittämässä arkielämän ilmiöihin. Reaktio –kirjassa¹⁸⁻²² käytännön esimerkkejä esitetään huomattavasti useammin verrattuna Mooli –kirjaan²³⁻²⁷, vaikka esimerkit ovatkin yleensä vain mainintoja sivulauseessa. Tällaisissa tapauksissa on opettajan valinta, miten tarkasti kyseiset esimerkit käydään läpi opiskelijoiden kanssa. Monissa tapauksissa, sekä Reaktiota²⁸⁻³² että Moolia³³⁻³⁷ koskien, entsyymejä käsitellään lisämateriaaliosiossa, joka usein sivuutetaan opetuksessa jääden vain asiasta enemmän kiinnostuneiden opiskelijoiden opittavaksi.

4 Oppimisympäristö

Entsyymit liittyvät oleellisesti kaikkien eliöiden toimintaan. Tiedon ankkuroiminen arkielämän ilmiöihin auttaa opiskelijoita ymmärtämään opiskeltavien asioiden merkityksen.³⁸ Oppimisympäristöajattelun yhtenä tavoitteena on linkittää koulussa tapahtuva oppiminen koulun ulkopuolella tapahtuvaan oppimiseen.³⁹ Oppimisympäristön määritelmiä on lukuisia, mutta yleisesti ottaen se voidaan määritellä paikaksi, tilaksi, yhteisöksi tai toimintakäytännöksi, jonka tarkoitus on edistää oppimista. Määritelmien keskeinen piirre on, että oppimisympäristö voidaan ajatella fyysisen tai virtuaalisen paikan tai tilan lisäksi myös ihmisten muodostamaksi yhteisöksi, joka muodostaa oppimista tukevan, vuorovaikutuksessa olevan verkoston.⁴⁰ Oppiminen laajenee tällöin perinteisestä

oppilaitosympäristöstä oppijan vapaa- ja työaikaan sulautuvaksi joustavaksi kokonaisuudeksi.⁴¹

Oppimisympäristöjä voidaan tarkastella ainakin kolmesta näkökulmasta. Organisaatiokeskeinen näkökulma korostaa ympäristöä fyysisenä tilana tai koulutusohjelmana/toimintakäytäntönä. Oppijakeskeinen näkökulma tarkastelee yksilökeskipisteenään oppijaa arkipäivässä, opiskelussa ja työssä vastaantulevia oppimisresursseja ja -tiloja. Teknologianäkökulma rakentelee oppimisympäristöt teknisten apuvälineiden varaan, ääritapauksessa jopa tekniikan ”sisään”. Näin ollen oppimisympäristöllä viitataan usein joko fyysiseen tai virtuaaliseen tilaan. Oppimisympäristöä määritellessä on tärkeä ottaa huomioon myös ”henkiset” määreet eli sosiaalinen ilmapiiri ja muoto sekä didaktinen lähestymistapa. Nämä tekijät tekevät edellä kuvailluista tilasta ja paikasta oppimisympäristön.⁴⁰

Oppimisympäristöt voidaan jakaa eri osatekijöihin, joita ovat fyysinen, sosiaalinen, tekninen ja didaktinen ulottuvuus. Oppimisympäristön sosiaalinen ulottuvuus tarkoittaa esimerkiksi ryhmän roolia, vuorovaikutusta, keskinäisen kunnioituksen, yhteistyön ja mielihyvän ilmapiiriä. Fyysinen ilmapiiri kuvaa esimerkiksi pöytien ja tuolien asettelua, valaistusta, istuimien mukavuutta ja yleensä fyysisen ympäristön merkitystä. Erilaisten teknisten ja telemaattisten välineiden opetussovellukset ilmentävät teknistä ulottuvuutta, jonka kriteerejä ovat mm. välineiden helppokäyttöisyys, luotettavuus, edullisuus, nopeus ja ihmisläheisyys. Oppimisympäristön didaktinen ilmapiiri tarkoittaa didaktista lähestymistapaa, jonka varaan opetus ja oppiminen ovat rakennettu.^{40,41} Mikä tahansa ympäristö pitää sisällään kolme ensimmäistä osatekijää, mutta vasta didaktinen ulottuvuus tekee ympäristöstä oppimisympäristön.⁴¹

Toisinaan oppimisympäristö käsitteen yhteydessä voidaan puhua myös opiskeluympäristöstä, joka korostaa oppijan tavoitteellista ja tietoista toimintaa, jonka avulla hän pyrkii hankkimaan, prosessoimaan, muistamaan ja soveltamaan uusia asioita. Opiskeluympäristö painottaa opiskeluprosessia ja siihen tarvittavaa fyysistä tilaa.⁴¹

Oppimisympäristön merkitys huomioidaan myös valtakunnallisissa Opetushallituksen laatimissa opetussuunnitelmissa.^{1,15} Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa¹⁵

oppimisympäristöllä tarkoitetaan ”oppimiseen liittyvää fyysisen ympäristön, psyykkisten tekijöiden ja sosiaalisten suhteiden kokonaisuutta, jossa oppiminen ja opiskelu tapahtuvat”. Opetussuunnitelman mukaan ”oppimisympäristön tulee myös tukea oppilaan kasvua ja oppimista. Sen on oltava fyysisesti, psyykkisesti ja sosiaalisesti turvallinen ja tuettava oppilaan terveyttä. Tavoitteena on tukea oppilaan oppimismotivaatiota ja uteliaisuutta sekä edistää hänen aktiivisuuttaan, itseohjautuvuuttaan ja luovuuttaan tarjoamalla kiinnostavia haasteita ja ongelmia. Oppimisympäristön tulee myös ohjata opiskelijaa asettamaan omia tavoitteitaan ja arvioimaan omaa toimintaansa. Oppimisympäristön tulee tukea myös opettajan ja oppilaan välistä sekä opiskelijoiden keskinäistä vuorovaikutusta. Tavoitteena on avoin, rohkaiseva, kiiretön ja myönteinen ilmapiiri, jonka ylläpitämisestä vastuu kuuluu sekä opettajalle että oppilaille.” Lukion opetussuunnitelman perusteissa¹ mainitaan, että ”lukion on luotava sellaisia opiskeluympäristöjä, joissa opiskelijat voivat asettaa omia tavoitteitaan ja oppia työskentelemään itsenäisesti ja yhteistoiminnallisesti erilaisissa ryhmissä ja verkostoissa.”

Opetushallituksen mukaan oppimisympäristöajattelun tavoitteena on linkittää oppilaitoksen ulkopuolella tapahtuva oppiminen opetussuunnitelmiin, monipuolistaa opetusta ja hyödyntää erilaisia oppimisympäristöjä siten, että ne tukevat oppimista, joka tapahtuu koulujen ja oppilaitosten fyysisen toimintaympäristön ulkopuolella.³⁹ Vuonna 2007 Opetushallitus käynnisti oppimisympäristöjen kehittämishankkeen, jonka tavoitteena on monipuolistaa opetusta kehittämällä opetukseen ja oppimiseen uusia menetelmiä, toimintamalleja ja työtapoja, joita voidaan soveltaa erilaisissa oppimisympäristöissä.⁴² Hankkeita on ideoitu ja perusteltu monipuolisesti useasta näkökulmasta. Hankesuunnitelmat tähtäävät laajuudestaan riippumatta koulukulttuurin syvälliseen muutokseen. Hankkeissa mm. tutkittiin, kokeiltiin ja mallinnettiin tulevaisuuden luokkahuonetta, oppimisympäristöjä, opetusteknologiaa ja opettajuutta. Monet hankkeet valjastivat myös tietotekniikkaa palvelemaan erilaisia oppimistyylejä ja oppijoita.⁴³

5 Tieto- ja viestintäteknologian hyödyntäminen opetuksessa

Tieto- ja viestintäteknologian käyttö nyky-yhteiskunnassa on lisääntynyt huomattavasti viime vuosina. Teknologian käyttötaito ei ole vaatimus vain tietyissä työtehtävissä, vaan sitä tarvitaan lähes kaikilla ammattialoilla. Opetuksen tehtävä on opettaa nuorille kansalaisille yhteiskunnassa tarvittavia perustaitoja, ja nykyisin tietokoneiden käytön hallinta on yksi niistä. Nuorten teknologian käyttö painottuu lähinnä viihdekäyttöön. Tulevaisuuden työtehtävien vaatimuksia silmällä pitäen nämä taidot eivät vielä riitä. Perusopetuksen on pystyttävä tarjoamaan kaikille tasapuoliset teknologian käyttötaidot.³ Tietotekniikka on osa koulujen arkipäivää; sitä käytetään monin eri tavoin opetuksen apuvälineenä.² Tieto- ja viestintäteknikan käyttö ei enää ole erillinen kokeilukenttä, vaan se integroituu kaikkeen koulun toimintaan osaksi fyysisiä, paikallisia, sosiaalisia ja didaktis-pedagogisia oppimisympäristöjä.⁴⁴

5.1 Internet

Internetiä käytetään laajasti muiden opetusvälineiden rinnalla. Tietoverkkojen käyttö voidaan jakaa joko tietoverkoissa tapahtuvaan opetukseen tai tietoverkkoja hyödyntävään opetukseen.² Nämä voidaan liittää myös oppimisympäristöajatteluun, jolloin tietotekniikka mahdollistaa viestinnän ja tiedonkäsittelyn erilaisissa oppimisympäristöissä tai sen avulla voidaan rakentaa erilaisia oppimista tukevia kuvia, ääntä, tekstiä ja vuorovaikutusta sisältäviä ympäristöjä.⁴⁰

Internetin käyttömahdollisuuksiin kuuluvat esimerkiksi materiaalin hankkiminen verkosta, sähköpostin hyödyntäminen kommunikoinnissa, tiedonhakujen tekeminen, verkkolehtien käyttö ja muu vastaava toiminta. Opetuksessa verkkoa käytetään apuvälineenä perinteisiin tiedonlähteisiin ja opetusmenetelmiin - ja välineisiin rinnastettuna. Se voi olla yksin opettajan tiedonlähde, mutta myös opiskelijat voivat verkkoa käyttää opettajan johdolla tai itsenäisesti harjoitusten ja kotitehtävien tekemiseen.²

Opettajan näkökulmasta katsottuna Internet muodostaa kattavan tietolähteen, josta on löydettävissä ajankohtaista ja tuoretta tietoa. Myös yhteydenpito kollegoihin tai

opiskelijoihin sähköpostin, postituslistojen ja keskusteluryhmien avulla edistää oppimistapahtumaa tehokkaasti. Opettajalla on mahdollisuus oppimateriaalin julkaisemiseen verkossa. Myös opiskelijoille Internet on kätevä työkalu tiedonhankintaan tai pienimuotoisten töiden, kuten WWW-sivujen tai esitelmien julkaisemiseen. Tiedonhakuun verkosta on kuitenkin suhtauduttava kriittisesti. Tiedon alkuperän tarkastaminen on tärkeätä, ja lähdekritiikin taitoa tulisi harjaannuttaa alusta lähtien. Vaikka tietoverkot ovat käteviä ja nopeasti saatavilla olevia tiedonlähteitä, olisi kuitenkin tärkeää hallita erityyppisten lähdemateriaalien käyttö mahdollisimman monipuolisesti.²

Internet mahdollistaa luovan ja tutkivan oppimisen. Sen avulla oppija pystyy kommunikoimaan globaalisti, etsiä tietoa ja toimia oma-aloitteisesti ja interaktiivisesti. Materiaalin tuottaminen verkkoon korostaa luovuutta, koska tällöin oppija joutuu ponnistelemaan enemmän ja paneutumaan syvemmälle aiheeseen kuin perinteisessä luokkaopetuksessa.²

5.2 Tieto- ja viestintätekniiikan käyttö Suomen kouluissa

Teknologian tehokas hyödyntäminen koulumaailmassa riippuu teknologiasta, teknologian käyttäjästä ja koulun pedagogisesta kehittämisestä. Koulujen teknologiakäytön ongelmat ratkaistaan usein jollain uudella teknologisella innovaatiolla, kuten atk-luokalla, Internetillä, dokumenttikameralla tai muilla teknisillä apuvälineillä.³ Suomen kouluissa laitekanta on tilastollisesti keskimäärin riittävä, mutta tekniikan integroituminen koulutyöhön on vajavaista. Kouluyhteisöissä on nähtävissä osaamiskuiluja, joissa tieto- ja viestintekniikan opetuskäyttö on sekä ikä- että sukupuolisidonnaista ja syventää koulujen välisiä eroja. Sen sijaan että opetusta kehitettäisiin tietotekniikan avulla, sen käytöllä korvataan rutiineja. Opetuskäytännöt, kuten tehoton tiedonhaku, eivät anna opiskelijoille haastetta.⁴⁵ Rongaksen⁴⁵ mukaan nuorilla tietotekniikan suurkulutus keskittyy lähinnä vapaa-aikaan, se on monipuolista, viihteelliseen seurusteluun tai toimintaan suuntautuvaa. Tämä tekee siitä motivoivaa. Mielekkäät työskentelytavat ovat kuitenkin kateissa: miten tietoa haetaan, tuotetaan ja arvioidaan, miten tekstejä kirjoitetaan ja miten apuvälineitä käytetään tehokkaasti. Suurimmat ongelmat teknologian käytöstä löytyvät koulukulttuurin ja pedagogiikan vähäisestä muutoksesta, sekä siitä, että opettajilla ei ole riittäviä pedagogisia malleja teknologian siirtämiseksi omaan opetukseen. Teknologiaa pystytään hyödyntämään

opetuksessa tehokkaammin, kun huomioidaan teknologisten ongelmien lisäksi käyttäjien näkökulmasta nousevat ongelmat ja liittämään ratkaisut osaksi koulun pedagogista kehittämistä. Koulujen teknologiaratkaisujen suurimpia haasteita on muutosten juurruttaminen pysyviksi. Teknisten kysymysten sijaan täytyisi panostaa koulun rakenteisiin ja pedagogisiin periaatteisiin, jolloin teknologia on muuttuneessa ympäristössä luonnollinen ja arkipäiväinen osa koulun toimintaa.³

Teknologiaa voidaan hyödyntää opetuksessa parhaiten yhdistämällä se erilaisiin työtapoihin. Teknologian opetuskäytölle uusia mahdollisuuksia antavat projektimuotoinen, oppiaineita integroiva, opiskelijoiden keskinäiseen vuorovaikutukseen ja ongelmanratkaisuun perustuvat työtavat. Tällaisissa työskentelymuodoissa teknologiasta tulee luonnollinen työväline tiedon etsintään, muokkaamiseen, prosessointiin ja henkilöiden väliseen vuorovaikutukseen. Opettajien osaamisella ja asenteilla on keskeinen rooli siinä, miten teknologian hyödyntäminen opetuksessa tapahtuu. Työtapojen muuttamisen lisäksi tulisi huomiota kiinnittää opettajien työskentelyn muuttamiseen tiimityöksi. Tulevaisuuden opettajankoulutuksen ja täydennyskoulutuksen tulee huomioida käyttökelpoisten teknologiaa hyödyntävien pedagogisten ratkaisujen levittäminen. Ammattitaitoisen opettajan tulee osata käyttää teknologiaa tehokkaasti erilaisten opiskelijoiden kanssa erilaisissa oppimistilanteissa. Teknisten taitojen lisäksi tarvitaan pedagogista osaamista teknologian mielekkääseen ja opetussuunnitelmaa tukevaan käyttöön.³

6 Opettaja.tv

Opettaja.tv on Opetushallituksen ja Ylen tuottama palvelu, joka on tarkoitettu tukemaan opettajien työtä. Opettaja.tv:n ohjelmistoon kuuluu eri aiheisiin sopivat tv-ohjelmat YLE Teemalla ja monipuolinen verkkosivusto.⁴⁶ Verkkosivusto löytyy osoitteesta <http://opettajatv.yle.fi>. Opettaja.tv lähettää ohjelmaa YLE Teemalta viitenä päivänä viikossa. Ohjelmien aikatauluissa on otettu huomioon myös käyttömahdollisuudet opetusmateriaalina; aamupäivisin näytetään tunneillekin sopivia ohjelmia. Iltapäivisin ohjelmaa tulee opettajan omaksi täydennyskoulutukseksi ja virkistykseksi. Esitettävät ohjelmat käsittelevät kulloinkin meneillään olevia, opettajan ja koulutuksen arkeen liittyviä

puheenaiheita. Opettaja.tv esittää viikoittain studiokeskustelun, jossa opettajuuteen liittyviin seikkoihin paneudutaan eri vieraiden kanssa. Opettaja.tv:n verkkosivusto tarjoaa monipuolisesti materiaalia opettajien käyttöön. Sivustolta löytyvät YLE Teemalla esitetyt ohjelmat sekä 6000 audiovisuaalista oppimisaihiota ja tuntityökalu niiden vaivattomaan käyttöön opetuksessa. Lisäksi verkkopalvelussa on tarjolla opettajille täydennyskoulutuskeskuksen suunnittelemaa virallista koulutusta.⁴⁷

Tässä tutkimuksessa Opettaja.tv:n palveluja hyödynnettiin valitsemalla oppimateriaaleista entsyymien toimintaa käsittelevä video, ja rakentamalla sen ympärille tuntisuunnitelmat kemian ja biologian oppitunneille sekä itseopiskelumateriaaliksi.

7 Video opetuksessa

Video on yhdenlainen havainnollistamismenetelmä. Videon käyttö opetuksessa mahdollistaa opetettavan asian monipuolisen havainnollistamisen. Se myös rikastuttaa oppisisältöjen esittämistä ja saa näillä tavoin opiskelijat kiinnostumaan aiheesta. Video sisältää teknisiä, ilmaisullisia ja sisällöllisiä erityispiirteitä. Videoiden käyttö opetusmateriaalina vaatii, että opettaja on perehtynyt sen hyödyntämiseen etukäteen. Opettajan tulee olla tietoinen varsinkin videon sisällöllisestä annista ja hänen tulisi sen mukaan suunnitella videon käyttö oppitunnille sopivaksi.⁴⁸

Johnstonen kolmitasomallin mukaan kemian tieto rakentuu kolmesta tasosta, joita ovat makrotaso, mikrotaso ja symbolinen taso. Kemian opetus tulisi aloittaa makrotasolta ja siirtyminen muille tasoille tulisi tapahtua vähitellen.⁴⁹ Videon avulla pystytään visualisoimaan kemiallisia ilmiöitä mikrotasolla sekä kuvaamaan erittäin nopeita tai hitaita kehitysprosesseja.⁵⁰ Nykyään tietotekniikkaa käytetään enenevässä määrin havainnollistuksen apuna, koska se tarjoaa paljon erilaisia mahdollisuuksia. Esimerkiksi kemian alalla sitä hyödynnetään laajasti molekyyllimallinnuksessa.

Opetusvideoiden käyttö eroaa viihteellisestä videoiden katselusta ensiksikin sillä, että viihteen vaikutuksia ei tavallisesti pyritä analysoimaan etukäteen, kuten opetusvideoiden

kohdalla toimitaan. Toiseksi, ajanvietteenä käytetyn videon kanssa voidaan olla kahden, mutta opetustilanteessa näin ei tulisi olla, koska opetuksen ydin on sosiaalisessa vuorovaikutuksessa sekä opiskelijoiden välillä että opiskelijoiden ja opettajan välillä. Lisäksi opetukseen käytettävän videon ei tule olla ikävä, mutta ei myöskään liian hauska.⁴⁸

Tikkakosken koulussa vuonna 2005 tehdyssä tutkimuksessa⁵¹ havaittiin, että videon katsominen vahvisti muiden opetusmenetelmien kautta syntyneitä käsityksiä sekä lisäsi opiskeltavan aiheen kokonaishallintaa. Uuden asian omaksumista helpottaa opetuksessa käytetty rikas ja täsmällinen kieli. Opettajan tehtävänä on antaa opiskelijoille mahdollisimman yksiselitteisiä sanoja käsitteitä kuvaamaan. Tästä johtuen videossa käytetty ytimekäs ilmaisutapa ja sanasto auttaa opiskelijoita sisäistämään opetettavan aiheen. Tutkimuksessa todettiin, että opetusvideoon käytetty viisi - kymmenen minuuttia tuotti oppitunnilla huomattavan hyvän tuloksen.

Puukari⁵² on lukioikäisiin kohdistuneessa tutkimuksessaan todennut, että video-ohjelmat toimivat ennen kaikkea opiskelua motivoivana vaihteluna. Tutkimuksen mukaan video-ohjelmien animaatiojaksot edistävät parhaiten monimutkaisten ja vaikeasti havainnoitavien prosessien oppimista. Pelkistetty animaatio auttaa oppijaa kiinnittämään huomioita ilmiön keskeisiin laadullisiin ulottuvuuksiin. Tutkimuksessa todetaan myös, että tehtävät, jotka suuntaavat huomiota opiskeltavan ilmiön tai käsitteen kannalta keskeisiin näkökohtiin, voivat tukea opiskelijoita oppimisessa.

Videon hyväksikäyttö opetuksessa edellyttää suunnittelua ja perehtymistä ennen sen esittämistä oppilaille. Opettajan täytyy ajatella koko opetuksen kokonaisuutta: onko video sopiva kohderyhmälle, sopiiko se opetussisällön havainnollistajaksi ja miten sitä tulisi juuri tässä opetustilanteessa käyttää. Hyvä oppimateriaali vaikuttaa katsojan elämysmaailmaan, ja tätä kautta oppimismotivaatioon, mutta välittää myös tietoa.⁴⁸ Opettajalla on suuri vaikutus siihen, miten paljon opiskelijat siitä hyötyvät. Mitä paremmin opettaja on suunnitellut videoiden käyttöä ja löytänyt sopivan keinon liittää videoiden katselu osaksi opetuksen kokonaisuutta, sitä enemmän opiskelijat siitä hyötyvät. Videoiden käyttö opetuksen irrallisena osana ohjaa opiskelijoita mieltämään sen ajankuluna ilman opetuksellista merkitystä. Myös opettajan asenteilla on vaikutusta opiskelijoihin; opettajan välinpitämätön suhtautuminen videota ja sen sisältöä kohtaan välittyy opiskelijoillekin.⁵³

Opiskelijoilla esiintyy usein virheellisiä tietoja tieteellisistä käsitteistä. Oppilastuntemuksen ja ennakkotietojen kartoituksen myötä opettaja pystyy rakentamaan kuvan opiskelijoiden tietotasosta, jolloin hän voi tietoisesti auttaa opiskelijoita kytkemään videoista omaksuttu aines heidän ennakkotietoihinsa ja kiinnittämään huomiota niihin kohtiin, jotka auttavat korjaamaan virheellisiä tietoja. Opettajan tulisi ohjata opiskelijoita seuraamaan video-ohjelmaa niin, että he aktiivisesti ajattelevat katsomaansa ja pyrkivät hyödyntämään näkemäänsä ja kuulemaansa käsillä olevan aiheen opiskelemisessa.⁵³ Puukarin⁵² tutkimuksen mukaan onnistunut video-ohjelmien käyttö edellyttää opetussuunnitelmaan kytkeytyviä sisältöjä, pedagogisesti, kuvallisesti ja teknisesti toimivia ratkaisuja video-ohjelman sisältöihin ja toteutukseen sekä opettajien aktiivista pedagogista työskentelyä esimerkiksi käyttämällä katsomiseen orientoivia oppimistehtäviä. Lisäksi opiskelijoiden tulisi olla päämääräsuuntautuneita ja valmiita paneutumaan opiskeltaviin asioihin.

Kemian opetuksessa video-ohjelmien käyttöä voi hyödyntää laboratorio-opetuksen yhteydessä. Jotkut reaktiot, jotka opiskelijoiden olisi erittäin hyödyllisiä nähdä käytännössä, ovat usein liian vaarallisia tai tilat ovat puutteelliset sen suorittamiseen. Vaihtoehdoksi valitaan usein opettajajohtoinen demonstraatio. Koe voi kuitenkin olla hyvin aikaa vievää tai tuottaa luokkahuoneeseen myrkyllisiä kaasuja. Demonstraatioiden yhteydessä myös näkyvyys voi olla heikko, esimerkiksi jos koe suoritetaan vetokaapissa.⁵⁴

Laboratoriotyöskentelyn yhteydessä opiskelijoiden on usein haastavaa löytää käytännön työhön liittyvä teoria. Videon käyttöä voi hyödyntää myös tässä yhteydessä; eräässä tutkimuksessa opiskelijoille esitettiin tislauksen perusteisiin liittyvä video ennen varsinaisen tislauksen suorittamista. Videon yhdistäminen muuhun opetukseen kehittää teorian ja käytännön yhteenliittämistaitoja.⁵⁵

Tekniikan käyttäminen opetuksessa tarjoaa erilaisia tapoja havainnollistaa opiskeltavaa ilmiötä, joista yksi on kokeen esittäminen videolla. Tarkoitus ei ole kuitenkaan vaihtaa laboratoriotyöskentelyä videoihin, vaan hyödyntää käyttöä sen vaatimissa tilanteissa.⁵⁴ Videosityys ei voi korvata ajattelevaa ja opiskelijoitaan tarkkailevaa opettajaa. Vaikka hyvä videosityys auttaa opiskelijoita omaksumaan asioita, on silti aina mahdollista, että osa opiskelijoista säilyttää tai omaksuu virheellisiä käsityksiä. Virhekäsitysten muuttaminen

edellyttää, että oppija itse huomaa virheet ja puutteet ja muokkaa niiden tilalle tieteellistä käsitystä vastaavat käsitykset. Jotta opettaja pystyisi muuttamaan virheelliset käsitykset, on hänen hallittava opetettava asia sisällöllisesti sekä tuntea tavat, joilla opiskelijat oppivat parhaiten.⁵³

8 Tutkiva oppiminen

Yhteiskunta on jatkuvan muutoksen kohteena.⁵⁶ Työelämässä korostuvat yhä enemmän tiedonhallintataidot; tarjolla oleva tietomäärä kasvaa ja syvällistä tietämystä sekä asiantuntemusta arvostetaan. Yksilöltä vaaditaan taitoa itse ohjata ja säädellä omia älyllisiä prosessejaan ja tietoon kohdistuvia toimintojaan. Toisaalta työntekijän on pystyttävä oppimaan tehokkaasti muilta; yksilön ei tarvitse osata ja tietää kaikkea, mutta hänen on pystyttävä hyödyntämään muiden osaamista ja ajatuksia. Näin korostuvat yhdessä ajattelemisen ja oman asiantuntijuuden jakamisen taidot.⁵⁷

Suomalainen koulujärjestelmä tuottaa kilpailukykyisiä oppimistuloksia.⁵ Pisa-tutkimuksen⁵⁹ mukaan suomalaisten oppilaiden osaaminen on huipputasoa ja tasaista tutkimuksen kaikilla osa-alueilla. Samaan aikaan kuitenkin merkittävä osa oppilaista kärsii oppimisvaikeuksista, ja monet menettävät kiinnostuksensa oppimiseen jo peruskoulun aikana.⁵ Edellä mainittuun muutokseen sopeutuminen vaatii, että on kehitettävä sellaisia uusia ajattelun ja älykkään toiminnan välineitä, jotka auttavat meitä selviytymään nykyisestä todellisuudesta ja muokkaamaan sitä parempaan suuntaan.⁵⁷ Tutkiva oppiminen on opetusmenetelmä, jonka keskeinen ajatus on vaalia ja kehittää opiskelijoiden kekseliäisyyttä ja luovuutta. Koulunkäynnin tarkoitus ei ole pelkästään lisätä opiskelijoiden tiedon määrää vaan myös innoittaa ja rohkaista heitä oppimaan uusia asioita ja ratkaista monimutkaisia ongelmia.⁵

Psykologisten teorioiden lisäksi tarvitaan laajempaa pohdintaa siitä, miten ihmiset voivat kehittää älykkyyttään, kriittistä ajatteluaan ja luovia ongelmanratkaisutaitojaan. Taidot eivät synny pelkästään yksilön oman ajattelun avulla, vaan vuorovaikutuksessa ja yhteistyössä muiden ihmisten sekä uudenlaisten älykkään toiminnan apuvälineiden kanssa. Ihminen

pystyy asteittain ylittämään rajoituksia tutkivan oppimisen prosessien avulla. On väärin ajatella, että ihminen on suljettu järjestelmä, jonka kohtalo on edeltä käsin määrätty. Tutkivan oppimisen taustalla on systemaattinen teoreettinen käsitys siitä, että hyvin monet asiat, joiden luulemme olevan edeltä käsin määrättyjä ja muuttumattomia, ovatkin ihmisen toiminnan ja ajattelun tuotetta. Yksilön älykäs toiminta rakentuu vuorovaikutuksessa sekä fyysisen että sosiaalisen toimintaympäristön kanssa. Tietoyhteiskunnan asettamiin haasteisiin vastaaminen vaatii, että koulujärjestelmän ja koko yhteiskunnan yksilökeskeinen tapa tarkastella älykkyyttä, oppimista, ajattelua ja tietoa asetetaan kyseenalaiseksi. Samalla tulisi kehittää toisenlaisiin lähtökohtiin perustuvia opettamisen ja oppimisen käytäntöjä. Ei riitä, että löydämme tietoja ja siirrämme sitä paikasta toiseen. On myös pystyttävä tuottamaan omia ideoita, kehiteltävä niitä toteuttamiskelpoisiksi ja pystyttävä arvioimaan niiden merkitystä.⁵⁷

Koulun tehtävä ei ole ainoastaan sopeuttaa opiskelijoita tulevaisuuden yhteiskuntaan ja sen tarpeisiin, vaan myös antaa opiskelijoille edellytykset ja mahdollisuus vaikuttaa tulevaisuuden yhteiskunnan muotoutumiseen. Yleisen tiedonhankkimisen taidon lisäksi keskeistä on myös se, mitä tiedolla tehdään ja mihin ja miten sitä käytetään.⁵ Tutkiva oppiminen kehittää taitoja asettaa ongelmia, luoda ja etsiä ilmiöille selityksiä, kehitellä tiedosta uusia kokonaisuuksia, verrata erilaisia käsityksiä keskenään ja arvioida niiden tueksi esitettyä todistusaineistoa tai perusteluja. On myös tärkeää heittäytyä asioiden konkreettisiin ja käytännölliseen kokeiluun ja oppia siitä. Tutkimustyö ei siis ole vain älyllistä puuhastelua, vaan määrätietoista työskentelyä sosiaalisen yhteisön kohtaamien teoreettisten ja käytännöllisten ongelmien ratkaisemiseksi. Nämä taidot kehittyvät ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa ja yhteisessä toiminnassa.⁵⁷

Tutkiva oppiminen tähtää sellaisen tiedollisen toimijuuden ja siihen liittyvien tiedonkäsittelytaitojen kehittämiseen, jota selviytyminen tulevaisuuden yhteiskunnassa vaatii. Tähän liittyy vastuun ottaminen sekä omasta että sosiaalisten yhteisöjen oppimisesta ja tiedon edistämisestä.⁵⁷

8.1 Tutkiva oppiminen lukion opetussuunnitelman perusteissa

Vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteissa¹ painotetaan opiskelijoiden selviytymistä tulevaisuuden haasteista. Opetussuunnitelmassa sanotaan, että ”lukion tulee antaa valmiuksia vastata yhteiskunnan ja ympäristön haasteisiin sekä taitoa tarkastella asioita eri näkökulmista. Opiskelijaa tulee ohjata toimimaan vastuuntuntoisena ja velvollisuuksistaan huolehtivana kansalaisena yhteiskunnassa ja tulevaisuuden työelämässä”. Opetussuunnitelmien perusteissa on esitetty tavoitteita oppimiselle ja tutkiva oppiminen auttaa toteuttamaan niitä käytännössä.⁵

Lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteet¹ pohjautuvat oppimiskäsitykseen, jonka mukaan ”oppiminen on seurausta opiskelijan aktiivisesta ja tavoitteellisesta toiminnasta, jossa hän vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden, opettajan ja ympäristön kanssa ja aiempien tietorakenteidensa pohjalta käsittelee ja tulkitsee vastaanottamaansa informaatiota”. Koulun tulisi luoda ”opiskelu-ympäristöjä, joissa opiskelijat voivat asettaa omia tavoitteitaan ja oppia työskentelemään itsenäisesti ja yhteistoiminnallisesti erilaisissa ryhmissä ja verkostoissa”. ”Opiskelijaa tulee rohkaista ilmaisemaan eri tavoin omia havaintojaan, tulkintojaan ja esteettisiä näkemyksiään”, mutta olla valmis myös muuttamaan niitä tarvittaessa. Opiskelijan ”opiskelu-, tiedonhankinta- ja -hallinta- ja ongelmanratkaisutaitojaan sekä oma-aloitteisuuttaan tulee kehittää”. Lisäksi koulun on mahdollistettava ”toimintakulttuuri, joka korostaa koko yhteisön jäsenten vastuuta, on avoin yhteistyölle ja vuorovaikutukselle yhteiskunnan kanssa sekä maailmassa tapahtuville muutoksille”.

8.2 Tutkivan oppimisen määritelmä

Tutkivalla oppimisella tarkoitetaan sellaista oppimista, jossa tietoja ei omaksuta valmiina opettajalta tai oppikirjasta, vaan oppija ohjaa omaa oppimistaan asettamalla ongelmia, muodostamalla omia käsityksiään ja selityksiään sekä hakemalla tietoa itsenäisesti ja rakentamalla näin syntyneestä tiedosta laajempia kokonaisuuksia. Opettajan tehtävä on toimia ohjaajana oppimisyhteisön sisällä, jossa tutkimusprosessi jaetaan yhteisön jäsenten kesken. Yhteisön jäsenten keskinäinen vuorovaikutus tukee oppimistulosten saavuttamista. Tutkivan oppimisen periaatteen mukaan aikaisemmin luodun tiedon ymmärtäminen on

psykologisella tasolla samanlainen prosessi kuin uuden tiedon luominen tieteessä ja keksimisessä. Jo keksityn teorian ymmärtäminen vaatii yksilöltä samankaltaisten prosessien läpikäymistä kuin teorian keksijäkin on aikoinaan läpikäynyt. Oppimisyhteisön toiminta onkin tarkoitus organisoida niin, että jäljitellään tieteellisille tutkimusryhmille tyypillisiä tiedonrakentamisen käytäntöjä.⁴

Tutkivan oppimisen periaatteiden mukaan oppimisen tarkoituksena ei ole ainoastaan annettujen tehtävien suorittaminen tai arvosanojen saavuttaminen, vaan oppimisella pyritään ymmärtämiseen ja ilmiöiden selittämiseen. Jotta oppimistuloksia syntyisi, myös opiskelijoiden tulisi asettaa asian ymmärtäminen keskeiseksi tavoitteeksi. Ymmärtäminen ei synny ilmiöiden kuvaamisesta, vaan niiden merkityksen ja keskinäissuhteiden selittämisestä ja oivaltamisesta.⁴

Opettaja toteuttaa usein kyselemiseen pohjautuvaa opetusmenetelmää. Pieni osa koulussa esitetyistä kysymyksistä on kuitenkin opiskelijoiden itsensä asettamia, mikä saattaa johtua siitä, että oppimisprosessin ohjaaminen opiskelijoiden asettamien kysymysten varassa on hitaampaa kuin opettajan laatimien kysymysten varassa etenevä oppiminen. Tyypillinen luokkahuoneen vuorovaikutuksen muoto on kuvailevan tosiasiatiedon vaihtaminen. Opettaja pyrkii aktivoimaan opiskelijoiden tietoja esittämällä kysymyksiä, joihin opiskelijat vastaavat, ja jonka jälkeen opettaja antaa palautetta. Lisäksi opiskelijan vastaus edustaa lähes poikkeuksetta oppikirjassa esitettyä tietoa. Usein opettaja myös odottaa oppikirjan vastausta, vaikka opiskelijoiden omat ajatukset ja käsitykset olisivatkin varteenotettavia.³⁸

Opiskelijoiden omat ennakkokäsitykset ovat tärkeitä lähtökohtia tiedon omaksumisessa. Tutkivassa oppimisessa opiskelijoiden omat käsitykset ja ajatukset otetaan huomioon yhteisten keskustelujen muodossa. Sen sijaan, että uudet sisällöt omaksuttaisiin sellaisenaan, opiskelijoita tulisi ohjata muodostamaan omia käsityksiään asioista, vertaamaan niitä keskenään ja arviomaan niitä suhteessa tieteellisiin teorioihin. Opiskelijoiden olisi tarkoitus huomata mahdolliset ristiriidat omien käsitystensä ja uuden tiedon välillä.⁴ Omien käsitysten esittäminen ei aina ole helppoa koulussa, jossa opiskelijan vastausta verrataan oppikirjassa annettuun, ”oikeaan” tietoon. Oppikirjoissa esitetty tieto käsitellään usein totuutena, jonka omaksumiseen oppiminen tähtää.⁵ Ihmisellä on taipumus omaksua sellaisia toimintastrategioita, jotka ovat tarkoituksenmukaisia lyhyellä aikavälillä sekä tietyssä

ympäristössä. Tenttimenestykseen tähtäävä pinnallinen opiskelu on esimerkki tällaisesta toimintatavasta. Tämä voi olla järkiperaista opiskeluympäristössä, jossa opintosuoritusten kerääminen on tärkeämpää kuin asioiden ymmärtäminen. Ymmärtämiseen pyrkivä ajattelutapa vaatii enemmän ponnistelua kuin ulkoa opettelu, jota myös oppimisympäristö harvoin tukee. Jos opiskelijalla on suoritettavana suuri määrä suppeita ja kapea-alaisia kursseja, pyrkimys asioiden ymmärtämiseen saattaa vaikeuttaa opintosaavutusten hankkimista. Näin ollen ongelma on oppimisympäristöstä johtuva ja koskettaa yksilön lisäksi koko yhteisöä.⁵⁶

Tutkivan oppimisen näkökulmasta oppiminen on ongelmanratkaisuprosessi. Aihetta käsiteltäessä tulisi pohtia ongelmia, joiden ratkaisemiseen sisällön omaksuminen tähtää.⁴ Ulkoa opettelu saattaa heikentää oppimista. Kun asioita ei tarvitse pohtia eikä jäsentää, ei synny tarvetta kehittää omaa ajattelua. Tasokkaat oppimistavat eivät tällöin kehity. Tärkeä oppimisen onnistumisen edellytys on mielekäs täydellisyyden tavoittelu, jolle on luonteenomaista oman suorituksen asteittainen parantaminen, pyrkimys itsensä toteuttamiseen, työskentely omien taitojen ja osaamisen jalostamiseen huippuunsa sekä omien voimavarojen täysipainoinen hyödyntäminen.⁵

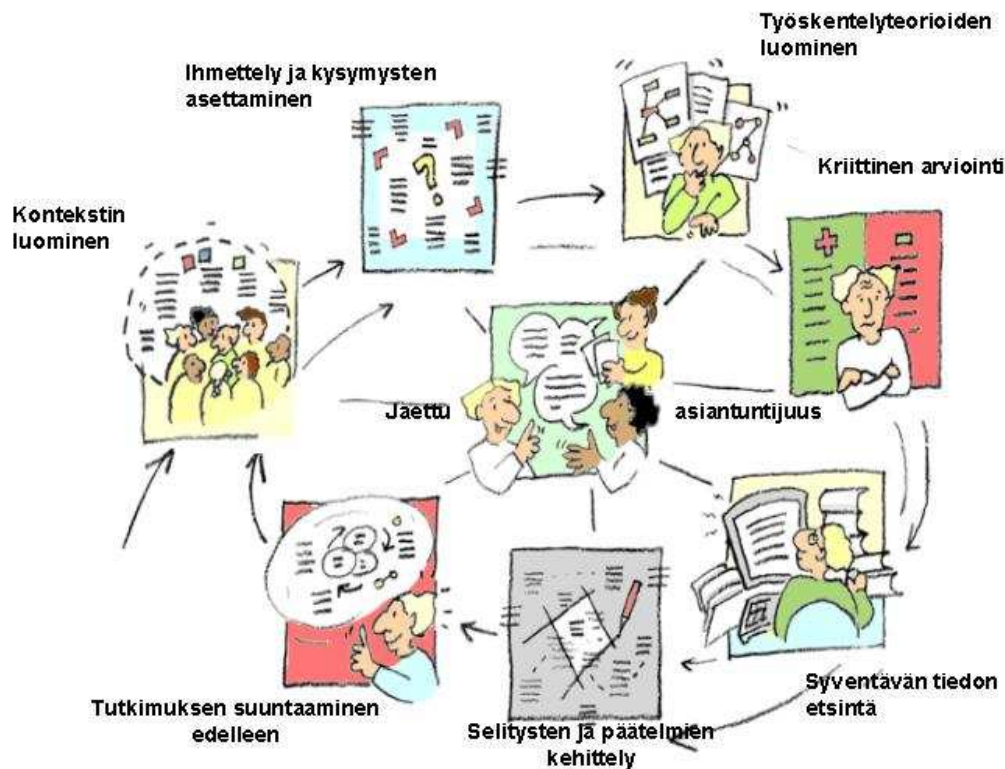
Tutkivan oppimisen kohteena on tiedonalan syvien periaatteiden ja avainkäsitteiden hallinta. Opetuksen tulisi kohdistua opiskelijoiden käsitteellisen ymmärryksen kannalta keskeisiin ilmiöihin sen sijaan, että käytäisiin pinnallisesti läpi monia eri sisältöalueita.⁴ Kokonaisuuksien hahmottaminen ilman yksityiskohtien hallintaa saattaa tuntua haastavalta. Asioiden yhteen liittäminen synnyttää niille usein merkityksen ja se ohjaa käsittelemään niitä kulttuurisessa asiayhteydessään kokonaisuutena. Pikkutarkkojen asioiden omaksumisen ja harjoittelemisen myötä opiskelijat menettävät helposti käsityksensä asioiden merkityksestä ja saattavat turhautua ja kadottaa oppimisen motivaation.⁵

Oppimisprosessin tärkeä osa-alue on yhteisöllinen tiedonrakentelu ja asiantuntemuksen jakaminen muiden yhteisön jäsenten kesken. Jaetusta tiedosta pyritään muodostamaan uusia, vielä kehittyneempiä selityksiä.⁴ Yksittäisen opiskelijan kannalta tutkivan oppimisen mallissa yhdistyy asiasisältöjen oppiminen ja tiedonrakentelutaitojen harjoittelu.⁵⁷ Älyllinen kehitys on luonteeltaan vastavuoroista. Ihmisten mielet eivät rakennu erikseen, vaan rakentuminen perustuu yhteisön osallistumiseen ja sosiaaliseen toimintaan. Yksilön

identiteetti, yhteisöön kuuluminen ja tulevaisuuden osallistumisen näkymät säätelevät merkittävästi oppimisen luonnetta ja syvyyttä.⁵⁶

8.3 Tutkivan oppimisen osatekijät ja prosessimalli

Peruseriaatteiden pohjalta voidaan luoda malli tutkivan oppimisen prosesseista ja sen keskeisistä osatekijöistä.³⁸ Malli on tarkoitettu konkretisoimaan ja tukemaan tutkivan oppimisen toteuttamista. Eri osatekijät ovat prosessin olennaisia osia, mutta eri tilanteissa niiden rooli saattaa vaihdella tai joku vaihe jäädä pois.⁴ Prosessimallia kuvaava kaavio on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Tutkivan oppimisen prosessimalli.^{38, 59}

Kontekstin luominen aloitetaan käsiteltävien ongelmien ankkuroimisella opiskelijoiden aikaisempiin kokemuksiin ja tietoihin tai johonkin todellisiin asiantuntijoiden ratkaisemiin ongelmatapauksiin. Tämä auttaa opiskelijoita ymmärtämään opiskeltavien asioiden merkityksen, sitoutumaan ja motivoitumaan tutkivan oppimisen prosessiin sekä soveltamaan oppimaansa tietoa myös koulun ulkopuolella. Aihealue tulisi valita siten, että

se liittyy opiskelijoiden käsitteellisen ymmärryksen kannalta keskeisten aihepiirien ongelmiin. Jotta mahdollisuudet erilaisille näkökulmille ja lähestymistavoille olisi suotuisat, aihepiirin tulisi olla riittävän monimutkainen ja moniulotteinen.³⁸

Tutkivassa oppimisessa tärkeä prosessin vaihe on ongelmien määrittäminen. Uutta tietoa ei sulauteta suoraan aikaisempiin tietorakenteisiin, vaan se rakennetaan ongelmalähtöisesti, luomalla ja arvioimalla omia teorioita ja selityksiä. Opiskelijoiden itsensä asettamien ongelmien ratkaisemisella on suuri merkitys. Tutkimusprosessi syvenee asteittain jakamalla lähtökohtana oleva suuri ongelma pienempiin ongelmiin, jotka vaativat uuden tiedon hankkimista.³⁸

Keskeinen osatekijä on opiskelijoiden omien työskentelyteorioiden luominen tutkimuksen kohteena olevista ilmiöistä. Opiskelijaa tulisi rohkaista esittämään omia käsityksiään ja tulkintojaan sekä muuntamaan ne tietoisien tarkastelun ja yhteisöllisen pohdinnan kohteiksi. Ennakkokäsitysten esittäminen ennen uuden tiedon hankkimista auttaa tiedostamaan eron oman käsityksen ja uuden tiedon välillä.³⁸

Kriittisen arvioinnin aikana opiskelijat arvioivat oman tutkimusprosessinsa edistymistä ja asettavat uusia tavoitteita. Se tähtää oppimisyhteisön luomien teorioiden kehittämiseen ja parantamiseen nostamalla esiin niiden epäselvyyksiä tai puutteellisuuksia ja asettamalla uuden tiedon hankintaan liittyviä tavoitteita. Tässä vaiheessa on tärkeää arvioida, voidaanko ajatuksia kehittää eteenpäin ja aukaiseeko se uusia näkökulmia tutkimuksen kohteena olevaan ilmiöön.³⁸

Oleellinen tutkivan oppimisprosessin vaihe on tiedon hankkiminen. Tärkeä merkitys on selittävällä tieteellisellä tiedolla, joka auttaa ymmärtämään ja selittämään tutkimuksen kohteena olevia ilmiöitä. Oppimisprosessin onnistumista voidaan arvioida sen perusteella, pystyvätkö opiskelijat luomaan asteittain monimutkaistuvia työskentelyteorioita, luopumaan mahdollisesti omista ennakkokäsityksistään ja löytämään ilmiöiden selittämisen ja ymmärtämisen kannalta merkityksellisiä käsitteitä, malleja ja viitekehyksiä.³⁸

Tutkivan oppimisen tavoitteena on jaettu asiantuntijuus, jossa opiskelijat ohjataan rakentamaan uusia ajatuksia toistensa kehittämien käsitteellisten luomusten varaan. Tiedon

kehittyminen on koko oppimisyhteisön vastuulla, ja koko oppimisyhteisön voimavaroja käytetään tutkimusprosessin edistämässä.³⁸

8.4 Opettaja ohjaajana

Perinteisen ajatusmallin mukaan opettajan rooli on keskittyä omaan perustehtäväänsä eli opiskelijoiden opettamiseen ja kasvattamiseen.⁵ Tutkivan oppimisen prosessissa opettajalla on merkittävä rooli opiskelijoiden ohjaajana.⁵⁹ Lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteissa¹ sanotaan, että opettajan tehtävänä on ohjata opiskelijaa opettamansa oppiaineen opiskelussa sekä auttaa häntä kehittämään oppimaan oppimisen taitojaan ja oppimisen valmiuksiaan.

Projektien toteuttamisessa aihepiiri voi olla opettajan esittämä, mutta suunnittelusta ja toteutuksesta opiskelijat vastaavat itse opettajan ohjauksessa. Sen sijaan että luotettaisiin pelkästään opiskelijoiden luovuuteen ja itseilmaisuun, heitä ohjataan menemään syvemmälle tutkittavien ilmiöiden ymmärtämisessä. Opiskelijoita pyritään ohjaamaan siten, että he itse asettavat ongelmia, luovat omia selityksiä ja etsivät uutta tietoa sekä sitoutuvat tarvittavaan ajattelutyöhön.⁵⁹

Tutkiva oppiminen antaa valmiuksia opettajille ja muille oppimisen ohjaajille sitomaan opiskelijoita asiantuntijalle tyypilliseen, uutta luovaan työskentelytapaan. Opettajan tulisi ohjata opiskelijoita ottamaan itse vastuuta kaikista tutkivan oppimisen osista, kuten tavoitteiden asettamisesta, toiminnan suunnittelemisesta, kysymysten asettamisesta ja asioiden selittämisestä. Opettaminen ei ole tiedon siirtämistä opiskelijoille, vaan heidän kanssa tehtävä yhteinen tutkimusmatka. Myös opettajilla on mahdollisuudet oppia uusia asioita, yhtäläillä kuin opiskelijoillakin. Tutkiva oppiminen merkitsee opettajan roolien, tietojen ja taitojen muuttumista. On muodostettava uudenlaisia laajennettuja oppimisyhteisöjä, jotka yhdistävät opiskelijoita, opettajia, vanhempia, erilaisia asiantuntijoita ja koko paikallisyhteisöä.⁵ Jotta opettaja voisi tehokkaasti toimia opiskelijoiden tutkivan oppimisprosessin ohjaajana, on hänen itsensä omaksuttava oman ammattikäytäntönsä ja alansa tutkijan rooli. Tässä tehtävässä onnistumista tukee yhteistoiminta muiden opettajien kanssa; projektien yhteinen suunnittelu ja toteuttaminen,

kokemusten ja prosessin aikana tunnistettujen hyvien käytäntöjen jakaminen sekä vaikeuksien ja ongelmien yhteinen käsittely.⁵⁹

Tutkivan oppimisen mukainen opetus on haasteellista opettajalle. Esimerkki tällaisesta on tilanteet sellaisten ongelmien ja aihepiirien käsittelyissä, joissa opettaja ei ehkä itse ole kovin vahvoilla. Tavanomaisessa luokkahuonekeskustelussa opettaja esittää kysymyksiä, joihin hän jo etukäteen tietää vastauksen. Tutkivassa oppimisessa opettaja ei voi rajata keskustelua ainoastaan niihin ilmiöihin, jotka hän ennestään tuntee. Hänen tehtävänsä on näyttää asiantuntijan mallia, kuinka johonkin ongelmaan, jota kukaan oppimisyhteisön jäsen ei osaa ratkaista, voidaan tutkimusprosessin avulla löytää ratkaisu. Näin myös opettaja saa mahdollisuuden syventää omia tietojaan käsiteltävästä aihepiiristä. Tutkivan oppimisen käytäntöä ei voi kerralla omaksua, sen käyttäminen edellyttää opettajalta oppimiskulttuurin asteittaista muuttamista ja uusien toimintatapojen periaatteiden selittämistä ja hyödyllisyyden osoittamista opiskelijoille.⁵⁹ Tutkiva oppiminen ei edellytä opettajan perustaitojen poisheittämistä, vaan niiden näkemistä uudessa valossa.⁵ Opettajan tiiviisti ohjaaman ja opiskelijoiden itseohjautuvan oppimisen suhde on ratkaistava kussakin tilanteessa erikseen. Joissain tilanteissa, riippuen sekä opiskelijoiden tiedontasosta että käsiteltävän tiedon sisällöstä, tarvitaan ohjatumpaa ja opettajajohtoisempaa opetusta.⁵⁹

8.5 Tieto- ja viestintätekniiikan käyttö tutkivan oppimisen välineenä

Tutkivan oppimisen toteutuksessa käytäntöä tukemaan tarvitaan työvälineitä ja tukirakenteita. Tieto- ja viestintätekniiikka tarjoaa merkittäviä resursseja toiminnan tutkimuksellisuuden tukemisessa, yhteistyötahojen kehittämisessä ja vanhojen toimintatapojen muuttamisessa. Tutkiva oppiminen on kuitenkin enemmän pedagogiikkaa kuin teknologiaa, joten tieto- ja viestintätekniiikka ei saa olla opetuksen keskipiste. Tieto- ja viestintätekniiikkaa käytetään silloin, kun se on tarkoituksenmukaista ja hyödyttää oppimista tai opettamista.⁵ Tekniikka ei itsestään johda parempiin oppimistuloksiin, vaan ne riippuvat siitä, millaisiin älyllisiin ja sosiaalisiin prosesseihin opiskelijat tietotekniikan tuen varassa osallistuvat ja millaista toiminta- ja oppimiskulttuuria tietotekniikan avulla luodaan.⁵⁶

Tieto- ja viestintätekniiikan pedagoginen merkitys syntyy siitä, että se luo mahdollisuuksia toteuttaa tutkivaa oppimista käytännössä. Se on myös väline opettajalle tukea opiskelijoiden itsenäistä tutkivaa työskentelyä, lisätä heidän omaa vastuutaan oppimisprosessista ja ohjata heidän etenemistään.⁵⁶ Tieto- ja viestintätekniiikan mahdollistamat oppimisympäristöt tarjoavat välineitä tiedon aktiiviselle kehittelylle ja rakentelulle sekä välittävät opiskelijoiden vuorovaikutusta ja yhteisöllistä oppimista. Oppimisyhteisössä työskentelyssä opiskelijan tuottama tieto ei palvele ainoastaan hänen omaa oppimistaan, vaan sitä voidaan käyttää koko oppimisyhteisön tiedon edistämiseksi. Opiskelijoilla on mahdollisuus vertailla erilaisia käsityksiä, selityksiä, johtopäätöksiä ja argumentteja sekä kommentoida toinen toistensa esittämiä ajatuksia ja ideoita. Oppimisympäristöjen avulla myös luokan hiljaisimmat opiskelijat saadaan osallistumaan, koska he voivat esittää ajatuksiaan kirjallisesti tietoverkon välityksellä.⁵⁹

Tieto- ja viestintätekniiikka tarjoaa vahvan tuen tiedonrakentamiselle kehittämällä opiskelijan tiedonhankinta- ja tiedontuottamistaitoja. Tekstinkäsittelyohjelman käyttö saattaa rohkaista opiskelijaa kehittämään käsityksiään kirjoittamalla ja visualisoimalla. Koulussa käsiteltävien asioiden ja ongelmien liittäminen arkielämään on opiskelijoille usein haastavaa. Tietotekniikka on apuväline myös tähän ongelmaan; monimutkaiset todellisuuden ilmiöt saadaan kiinnostavassa ja havainnollisessa muodossa opiskelijoiden ulottuville. Usein multimediallisessa muodossa esitettävä ongelmanratkaisutilanne on helpompi ymmärtää kuin pelkän tekstin tai kuvan muodossa oleva tieto. Tällaiset sovellukset tukevat opiskelijoiden ajattelutaitojen kehittymistä ja käsitteellisen ymmärryksen syvenemistä ohjatessaan heitä asettamaan ongelmanratkaisutavoitteita, tekemään päätelmiä ja selittämään tutkimuksen kohteena olevia ilmiöitä.⁵⁹

Tieto- ja viestintätekniiikka tarjoaa apuvälineitä mallintamiseen ja visualisointiin. Niiden avulla voidaan rakentaa silta abstraktioiden ja opiskelijoiden kokemusten välille. Yksi oppimisympäristöjen tärkeä piirre on, että ne ovat oppijan kontrollissa. Videokuvia tai piirroksia voidaan katsoa useaan kertaan tai niitä voidaan pysäyttää tutkimisen ajaksi. Simulaatiot tarjoavat opiskelijoille pääsyn eräänlaisiin ”pienoismaailmihin”, joissa he voivat manipuloida muuttujia ja tutkia niiden seurauksia välittömästi sekä yrittää ratkaista taustalla olevia sääntöjen lainmukaisuusluonnetta.⁵⁹

Opiskelijoiden omien tuotosten julkaiseminen verkossa mahdollistaa ajatusten välittämisen laajemmalle yhteisölle ja luo siten ympäristön asiantuntijoille tyypilliselle tiedonkäsittelylle. Tekstin tarkastelu lukijan näkökulmasta ohjaa oppijaa arvioimaan sitä useammista näkökulmista ja rohkaisee pyrkimään parempaan tulokseen.⁵⁹

Tieto- ja viestintäteknikka tarjoaa mahdollisuuden koulun ja ulkopuolisen yhteiskunnan välisten raja-aitojen ja tiedonkulun esteiden murtamiselle.⁵⁹ Se tarjoaa hyvät edellytykset ajasta ja paikasta riippumattomien virtuaalisten yhteisöjen luomiselle.⁵⁶ Virtuaalisissa oppimisympäristöissä kohtaavat opiskelijat, opettajat, vanhemmat ja eri alojen asiantuntijat. Kouluoppimisen tueksi on helppo hankkia asiantuntijatietoa, avata pääsy erilaisimpiin tietolähteisiin ja muodostaa yhteyksiä eri alojen asiantuntijoihin. Tietotekniikan avulla koulun kehittyminen, opetussuunnitelma sekä arviointi ja sen perusteet voidaan saada myös opiskelijoiden vanhempien ulottuville.⁵⁹

Tieto- ja viestintekniikan käytössä tutkivan oppimisen apuvälineenä olennaista on, että toiminta tukee syvälliseen tutkivaan oppimiseen osallistumista, jossa tärkeää on aineiston kokoaminen, analysoiminen, selittäminen ja tulkinta.⁵⁹

8.6 Tutkivaa oppimista tukeva oppimisympäristö

Opettaja on vastuussa tutkivaa oppimista tukevan oppimisympäristön luomisesta. Oppimisympäristön tulisi olla sellainen, jossa opiskelijat uskaltavat esittää omia käsityksiään ja sitoutuvat asteittain syvenevään tutkimusprosessiin. Opettajan tulisi rohkaista jokaista opiskelijaa onnistumaan ja kehittämään omia selityksiään ja teorioitaan sekä myös kriittisesti ja rakentavasti arvioimaan ja kommentoimaan toisen käsityksiä. Oppimisympäristössä jokaisen tulisi tuntee olonsa turvalliseksi ja kokea, että käsiteltävänä olevaan aiheeseen liittyvät omat kysymykset ja mielipiteet ovat tervetulleita ja tärkeitä. Rakentavan vuorovaikutuskulttuurin luominen luokkaan on keskeistä, ja myös haastavaa. Jotta tutkivan oppimisen mukainen jaettu ongelmanratkaisu voisi onnistua, opiskelijoiden tulisi oppia keskustelemaan ideoistaan, asettamaan kysymyksiä, vertailemaan vaihtoehtoja ja arvioimaan omaa ja muiden näkökulmaa kriittisesti.^{59, 60}

8.7 Ongelmia tutkivan oppimisen toteutuksessa

Tutkiva oppiminen on opetusmenetelmä, jonka keskeinen ajatus on vaalia ja kehittää opiskelijoiden kekseliäisyyttä ja luovuutta. Koulunkäynnin tarkoitus ei ole pelkästään lisätä opiskelijoiden tiedonmäärää vaan myös innoittaa ja rohkaista heitä oppimaan uusia asioita ja ratkaista monimutkaisia ongelmia. Tutkivassa oppimisessa oleellinen oppimisprosessin vaihe on selitysmallien muuttuminen eli tutkimustulosten yhdistäminen hankittuun, uuteen tietoon sekä omiin ennakkokäsityksiin.⁵ Hartikaisen tutkimuksessa⁶¹ ilmeni, että opiskelijat eivät osaa yhdistää ja verrata hankkimaansa uutta tietoa aiemmin vallinneisiin ennakkokäsityksiin. He eivät myöskään osaa arvostaa omia näkemyksiään. Usein opiskelu on pelkkää suoriutumista eikä niinkään ilmiön ymmärtämistä. Syynä tähän voisi olla opiskelijoille ennestään tuntematon opetusmenetelmä. Ennen opetuksen aloittamista olisi hyvä käydä yhdessä opiskelijoiden kanssa läpi tutkivan oppimisen opetusmenetelmän pohjimmainen tarkoitus sekä toiminnan pelisäännöt. Opiskelijoiden tulisi asettaa omia oppimistavoitteitaan ja pohtia keinoja, joilla ne saavutetaan. Jokaisen opiskelijan tulee sitoutua työskentelyyn siten, että oppimisympäristö tukee tutkivaa oppimista. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että kyseinen opiskelutapa lisäsi ryhmän sisäistä kommunikaatiota. Tutkivaan oppimiseen siirtyminen tulisi tapahtua asteittain harjoittamalla sitä järjestelmällisesti sosiaalisessa ympäristössä.

9 Tutkimus

Tämä tutkimus toteutettiin kehittämistutkimuksena (*engl. design research*). Kehittämistutkimus on kemian opetuksen tutkimuksessa käytetty tutkimusmenetelmä, jonka tavoitteena on opetuksellisten käytäntöjen kehittäminen tutkimusperusteisesti.⁶² Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteena oli tuottaa entsyymien opetukseen liittyvä opetuskokonaisuus, joka soveltuu sekä lukion kemian ja biologia opetukseen että itseopiskelumateriaaliksi. Tutkimuksella haluttiin selvittää tekijöitä, joiden avulla lukion kemian ja biologian opetusta voitaisiin integroida kummankin aineen opetukseen. Tutkimuksen avulla laadittiin kolme erilaista tutkivaa oppimista soveltavaa tuntisuunnitelmaa, joissa jokaisessa käytettiin Opettaja.tv:n verkkosivustolta saatavaa

videota ”Entsyymien toiminta”. Tutkimuksessa pyrittiin analysoimaan tutkivan oppimisen käyttömahdollisuuksia kemian ja biologian opetuksessa sekä videon hyödyllisyyttä opetuskäytössä.

Ennen varsinaisen tutkimuksen aloittamista kemian ja biologian oppiainerajat ylittävän opetuksen tilannetta kartoitettiin opettajille suunnatulla sähköpostikyselyllä. Kysely lähetettiin MAOL Keski-Suomi ry:n sekä Tampereen BMOL ry:n sähköpostilistoille. Opettajille lähetetyt kysymykset on esitetty liitteessä 1. Vastauksia kyselyyn tuli ainoastaan kahdeksan, joista kaksi oli kemian ja kuusi biologian opettajalta.

Kyselyn mukaan opettajat opettavat entsyymejä hyvin pitkälti lukion opetussuunnitelman perusteita¹ ja oppikirjoja mukaillen, jolloin entsyymejä käsitellään niihin sopivissa yhteyksissä.

”Käsite tulee esille aina, kun puhutaan katalyyteistä, eniten ehkä kemian 3. kurssissa. Lisäksi esimerkkeinä, aina sopivissa yhteyksissä kaikilla kursseilla.

Yleisesti ottaen opettajat olivat sitä mieltä, että entsyymit ovat melko helppo asia opettaa. Yhdessä vastauksessa opettaja epäili omia tietojaan. Lisäksi muutamassa vastauksessa todettiin, että vaikka asia opettajalle oli melko helppo, ei opiskelijoiden oppimisesta ollut varmuutta.

”Haastavaa on lähinnä se, että oppilaat tajuaisivat kuinka tärkeästä asiasta on kysymys: jos entsyymit eivät toimi emme mekään toimi.”

”Itse koen entsyymiasiat aika simppeleiksi perusasioiksi. Mutta en ole varma, ovat oppilaat kanssani samaa mieltä.”

Kyselyyn tulleista vastauksista ilmeni, että opettajat käyttävät opetusmateriaalina Internetistä löytyvää materiaalia, kuten animaatioita. Opettajat kaipaavat lisämateriaalia kokeellisiin töihin sekä jonkinlaisia rakennuspalikoita, joilla entsyymien toimintaa voisi havainnollistaa.

”Olen koko urani ajan halunnut biokemian ja kemian välillä olevaan aukkoon täytettä. Siis kemiallisia malleja, miten molekyyalitasolla ja orbitaalien mukaan eri reaktiot etenevät, esim. ihmisen kemiassa/biologiassa.”

Vastauksista ilmeni, että kemian ja biologian integrointikursseja ei monessakaan koulussa järjestetä, vaikka halukkuutta opettajien suunnalta olisikin.

”Voisin kuvitella yhteistyön onnistuvan erityisesti orgaanisen kemian yhteydessä.”

”Olisi varmasti mukavaa yhdistää voimavarat ja tehdä joku suurempi laborointi molempien aineiden puitteissa.”

Vaikka kyselyyn vastanneiden määrä jäi vähäiseksi, vastauksista ilmeni mielenkiintoisia huomioita kemian ja biologian opetuksen yhtenäistämistä sekä entsyymeihin liittyvän opetusmateriaalin tarpeellisuudesta. Kyselyn mukaan oppiainerajat ylittävää opetusta järjestetään vain muutamassa koulussa, vaikka useimmissa tapauksissa opettaja oli siitä kiinnostunut. Entsyymeihin liittyvän opetusmateriaalin tarpeellisuutta kysyttäessä opettajat kaipaivat lähinnä entsyymien toimintaa havainnollistavia rakennuspalikoita tai työohjeita laboratoriotyöskentelyyn. Kyselyn perusteella opettajilla on kiinnostusta eri oppiaineiden väliseen yhteistyöhön, mutta luultavimmin monikaan ei ole valmis siihen itse panostamaan.

9.1 Tutkimuskysymykset

Kehittämistutkimusta ohjasivat seuraavat tutkimuskysymykset:

- 1) Miten kemian ja biologian lukio-opetusta voidaan yhtenäistää entsyymiaiheisen videon avulla?
- 2) Mitä lisäarvoa video tuo opetukseen?
- 3) Miten tutkivaa oppimista voidaan soveltaa kehitetyissä tuntisuunnitelmissa?

10 Video: Entsyymien toiminta

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin Ylen ylläpitämän Opettaja.tv verkkosivuston tarjoamaa opetusmateriaalia. ”Entsyymien toiminta” –video käsittelee happamuuden vaikutusta ruuansulatuskanavan eri osissa vaikuttavien entsyymien toimintaan. Video on pituudeltaan noin neljä minuuttia, ja sen Internet-osoite on <http://opettajatv.yle.fi/artikkeli?id=706>. Videolla tarkastellaan happamuuden vaikutusta entsyymien toimintaan kokeellisen työskentelyn kautta. Ruuansulatuksen kohteista videolla käsitellään suuta, mahaa ja ohutsuolta, joiden sijainti on esitetty ruuansulatuskanavaa kuvaavan piirroksen avulla.

Video alkaa syljen amylaasin tutkimisella. Kokeen avulla on tarkoitus osoittaa, että syljen amylaasi pilkkoo tärkkelystä pienemmiksi osiksi tietyssä pH:ssa, jolloin sen imeytyminen elimistöön mahdollistuu. Esitetyssä kokeessa oli kolme koeputkea, jossa kussakin oli tärkkelysliuosta. Ensimmäiseen putkeen lisättiin laimeaa happoa, jolloin liuoksen pH oli noin kolme. Seuraavaan lisättiin neutraalia liuosta, jolloin sen pH oli noin seitsemän. Kolmanteen koeputkeen lisättiin laimeaa emästä, jolloin sen pH oli noin yhdeksän. Jokaiseen putkeen lisättiin sama määrä syljen amylaasia. Lisäyksen jälkeen liuokset testattiin jodilla kahden minuutin välein neljässä vaiheessa. Jodin avulla voidaan osoittaa tärkkelyksen läsnäolo, jolloin liuos muuttui sinimustaksi. Välittömästi amylaasin lisäyksen jälkeen havaittiin, että jodin lisäyksen seurauksena liuokset muuttuivat sinimustiksi, joten ne sisälsivät tärkkelystä. Kahden minuutin kuluttua liuokset sisälsivät edelleen tärkkelystä. Neljän ja kuuden minuutin jälkeen oli havaittavissa, että pH:ssa seitsemän liuoksen väri oli muuttunut jodin lisäyksestä kellertäväksi. pH:ssa kolme ja yhdeksän väri oli edelleen sinimusta. Tämä osoitti, että syljen amylaasi toimii parhaiten neutraalissa ympäristössä, ja että happamammassa ja emäksisemmässä ympäristössä sen toiminnalla ei ole tärkkelystä hajottavaa vaikutusta.

Seuraavaksi videolla tutkittiin mahassa erittyvää pepsiiniä ja happamuuden vaikutusta sen toimintaan. Kolmessa koeputkessa oli proteiinia munanvalkuaisesta. Ensimmäiseen lisättiin hapanta nestettä, toiseen neutraalia ja kolmanteen emäksistä. Jokaiseen putkeen lisättiin mahan pepsiiniä. Munanvalkuainen muuttui hajotessaan sameasta kirrkaaksi. Munan proteiinin kiinteät osat muuttuivat pienimmiksi, liukoisiksi hiukkasiksi. Neste kirkastui vain siinä koeputkessa, johon lisättiin hapanta liuosta. Näin ollen kokeen perusteella pepsiinin

ihannehappamuudeksi saatiin noin kolme. Mahassa on suolahappoa, jonka vuoksi mahan pH on hapan.

Ruuansulatus jatkuu ohutsuolessa haiman erittämien entsyymien avulla. Yksi näistä entsyymeistä on rasvoja pilkkova lipaasi. Rasvojen hajottamiseen tarvitaan myös sappirakon erittämiä sappisuoloja. Kolmessa koeputkessa oli täysmaitoa. Kaikkiin putkiin lisättiin laimeaa emästä, joka vastaa ohutsuolen happamuutta sekä indikaattoria. Indikaattorina kokeessa käytettiin fenoliftaleiinia, joka on heikon emäksen kanssa punaista. Koeputkiin yksi ja kaksi lisättiin sappea. Koeputkiin kaksi ja kolme lisättiin yhtä paljon lipaasi-entsyymiä. Kokeessa havaittiin, että happamuuden kasvaessa punainen väri hävisi koeputkessa kaksi. Ajan kuluessa myös koeputkessa kolme oli havaittavissa punaisen väri häviämistä. Rasvat hajoavat sulaessaan glyseroliksi ja rasvahapoiksi. Rasvahapot neutraloivat emäksisen nesteen, jolloin pH arvo laskee. Koeputkessa kaksi oli lipaasia ja sappisuoloja, eli ihanteellinen ympäristö rasvan sulamiseksi. Sappisuolat nopeuttavat lipaasin toimintaa pilkkomalla rasvan pieniksi pisaroiksi. Koeputkeen kolme lisättiin lipaasia, joka yksin toimiessaan hajottaa rasvoja hitaasti.

11 Tuntisuunnitelmat

Tässä kehittämistutkimuksessa tuotettiin tuntisuunnitelmat lukion kemian ja biologian tunnille, sekä itseopiskeluun. Tuntisuunnitelmien kehittämisessä hyödynnettiin Opettaja.tv:n tarjoamia oppimateriaaleja käyttämällä ”Entsyymien toiminta” –videota kemian ja biologian opetuksen yhtenäistävänä tekijänä. Kemian tuntisuunnitelma ja videoon liittyvät kysymykset on esitetty liitteessä 2 ja 3. Biologian tuntisuunnitelma, kysymykset, tehtävät ja kokeellisen työn ohje on esitetty liitteissä 4, 5, 6 ja 7. Itseopiskeluun mahdollistava tuntisuunnitelma ja kysymykset ovat liitteissä 8 ja 9. Kappaleissa 11.1-11.3 tuntisuunnitelmien sisällöt on esitetty yksityiskohtaisin selityksin.

11.1 Tuntisuunnitelma kemian tunnille

Esimerkkituntisuunnitelma rakennettiin lukion kemian 5 kurssille, jonka aiheena on ”Reaktiot ja tasapaino”. Lukion opetussuunnitelman perusteiden¹ mukaan kemian 5 kurssin yhtenä tavoitteena on, että ”opiskelija ymmärtää tasapainon merkityksen ja tutustuu tasapainoon teollisuuden prosesseissa ja luonnon ilmiöissä”. Yksi kurssin keskeisistä sisällöistä on puskuriliuokset ja niiden merkitys. Tunti rakennettiin Mooli 5 – kirjan²⁷ pohjalta luvun 3 kappaleeseen ”Puskuriliuokset ja niiden toimintaperiaate”. Keskeinen tutkimusongelma tällä kemian tunnilla on, miten pH:n muutos vaikuttaa kohteen toimintaan. Tunnin tavoitteena on oppia puskuriliuos käsitteenä ja ilmiönä. Arkielämän esimerkkien avulla opitaan ymmärtämään puskuriliuosten toimintaperiaate, millaisia aineita ne ovat ja miten ne pystyvät vastustamaan pH:n muutosta.

Tunnin ensimmäisessä osassa tutustutaan puskuriliuoksiin yleisesti ja kerrataan, mitä aiheesta on opittu jo aikaisemmissa kemian opinnoissa. Lisäksi voidaan miettiä, mitä puskuri – sana mahdollisesti tuo opiskelijoiden mieleen. Ennakkokäsitysten ja –tietojen avulla pystytään hakemaan jonkinasteista mieltymystä sille, mitä puskuriliuokset tarkoittavat. Puskuriliuokset ovat liuoksia, joiden pH ei merkittävästi muutu, kun niihin lisätään pieniä määriä happoa tai emästä. Tämän lisäksi pyritään löytämään puskuriliuosten yhteys arkielämään, kuten kasvien, eläinten ja ihmisten elintoimintoihin. Tunnin alkuosa toimii motivoivana alkukeskusteluna ja johdatuksena aiheeseen.

Seuraavaksi ryhdytään miettimään happamuuden muutoksen vaikutusta kohteen toimintaan, josta ensimmäisenä esimerkkinä käydään läpi säilörehun valmistaminen. A.I. Virtasen Nobelin palkinnolla palkittu keksintö säilörehun valmistuksesta on esimerkki, jossa rehukasvien solujen ja mikrobien entsyymitoiminta saadaan pysähtymään alentamalla nurmiheinän pH:ta tiiviissä säiliössä, jolloin rehun säilymisaikaa voidaan pidentää.⁶³ Toisena käytännön esimerkkinä käydään läpi Opettaja.tv:n arkistosta löytyvä video ”Entsyymien toiminta”. Videon rinnalle on laadittu kysymykset, joihin opiskelijoiden tulisi pohtia ratkaisuja. Kysymykset on listattu taulukkoon 1. Koska video löytyy Internetistä, opiskelijoilla on mahdollisuus palata epäselviksi jääneisiin kohtiin uudelleen.

Taulukko 1. Kemian tunnilla hyödynnettävän videon rinnalle laaditut kysymykset.

Kysymykset ”Entsyymien toiminta” –videon rinnalle:
1. Missä pH:ssa syljen amylaasi pilkkoo tärkkelystä parhaiten?
2. Valkuaisaineita pilkkovaa pepsiniä erittyy mahassa. Mikä on sen toiminnalle oleellinen pH?
3. Millaiset olosuhteet mahassa on ja mikä sen aiheuttaa?
4. Millainen happamuus on ohutsuolessa?
5. Mikä aiheuttaa pH:n laskun ohutsuolessa?
6. Miksi rasvojen pilkkomisessa tarvitaan myös sappisuoloja?

Arkielämään linkitys jatkuu tiedonhakutehtävässä, jossa tavoitteena on tutustua käytännön sovelluksiin. Jokaisen opiskelijan tulisi etsiä esimerkkejä, joissa pH:n muutosta käytetään hyväksi. Tiedonhaku tehdään itsenäisesti eri tietolähteistä, kuten Internetistä tai kirjallisuudesta. Tehtävä saattaa tuntua aluksi haastavalta, koska kysymys on jätetty avoimeksi. Lisäksi jokaiseen käyttötarkoitukseen täytyisi löytyä myös vastaus, miten pH:n muutosta käytetään hyväksi. Esimerkkeinä tilanteista on elintarvikkeiden säilöminen, maaperän viljavuus ja juomaveden laatu.

Opettaminen, oppiminen ja arviointi ovat opettajan ja oppijan välistä vuorovaikutusta. Palautteesta opettaja saa arvokasta tietoa opetuksensa muokkaamiseen ja kehittämiseen, oppija puolestaan oppimisensa tasosta ja sen tehostamismahdollisuuksista.⁶⁴ Kyselyluontoisessa opiskelijoiden tiedon kartoittamisessa ei tule olettaa, että yhden opiskelijan antama tyhjentävä vastaus tarkoittaisi jokaisen opiskelijan pystyvän samaan.⁶⁵ Ennen siirtymistä puskuriliuosten teoreettisempien yksityiskohtien käsittelyyn tulisi opettajan arvioida, miten opiskelijat ovat hahmottaneet laajemman kokonaisuuden ja asiayhteyden arkielämän ilmiöihin. Tämän voi toteuttaa esimerkiksi tiedonhakutehtävän kirjallisella palautuksella opettajalle. Lisäksi tiedonhakutehtävän tuloksista voidaan keskustella ryhmässä. Keskustelussa tulisi pyrkiä löytämään myös asiayhteys tunnilla käsiteltyihin esimerkkeihin, säilörehu ja entsyymien toiminta, tiedonhakutehtävässä löytyneisiin tapauksiin.

Arviointimenetelmän valintaan vaikuttaa se, arvioidaanko keskeisten käsitteiden ja teorian hallintaa vai käsitteiden välisen suhteen ymmärtämistä. Tiedon ymmärtämistä arvioitaessa voidaan arviointimenetelmänä käyttää esimerkiksi kirjoitelmia tai tulkinnallisia ja soveltamistaitoja vaativia tehtäviä.⁶⁴ Kun laajempi kokonaisuus on muodostettu, siirrytään tutkimaan puskuriliuosten toimintaa molekyyalitasolla. Siihen kuuluvat puskuriliuosten valmistaminen, puskurikapasiteetti, puskuriliuosten pH-arvon laskeminen sekä molekyyalitasolla tapahtuvat reaktiot. Tämän osa-alueen käsittelyyn ei tässä tuntisuunnitelmassa puututa, vaan se tulisi käsitellä esimerkiksi seuraavalla oppitunnilla. Puskuriliuosten kokonaisuuden hallintaan kuuluvat sekä tuntisuunnitelmassa käsitellyt asiat että teoreettisemmat yksityiskohdat, sekä niiden linkitys toisiinsa. Lopullisen kokonaisuuden oppimista voidaan arvioida esimerkiksi kurssin lopulla järjestettävällä kurssikokeella.

11.2 Tuntisuunnitelma biologian tunnille

Esimerkkituntisuunnitelma rakennettiin lukion biologian 4 kurssille, joka käsittelee ihmisen biologiaa. Lukion opetussuunnitelman perusteiden¹ mukaan biologian 4 kurssin yksi tavoitteista on, että opiskelija osaa ”kudosten ja elinten rakenteet ja toimintaperiaatteet”. Opiskelijan tulisi ymmärtää myös ”ihmisen kemiallisen tasapainon säätelymekanismeja sekä ulkoisten ja sisäisten tekijöiden vaikutuksia niihin”. Opiskelijan tulisi pystyä tarkastelemaan oppimiaan asioita arkielämän esimerkkien avulla. Tunti rakennettiin Koulun biologia 4 –kirjan³¹, kappaleen 6 ympärille. Tavoitteena on oppia ravintoaineiden pilkkoutuminen ja imeytyminen elimistössä. Oletuksena on, että opiskelijat ovat aikaisemmin kurssilla perehtyneet ruuansulautukseen liittyvien elimien rakenteisiin ja toimintaan. Lisäksi entsyymien toimintaperiaate on tuttua lukion pakolliselta Solu ja perinnöllisyys (BI2) –kurssilta.

Lukion syventäviä biologian kursseja opiskelevat eivät välttämättä ole suorittaneet kemian syventäviä kursseja, joten pH -käsitteen ja happamuus/emäksisyys –käsitteiden kertaus on tarpeen tämän tunnin alussa. Luultavasti osa opiskelijoista on lukenut myös kemiaa, ja kertaus onnistuu helposti käyttäen hyväksi myös heidän tietotaitoaan. Ruuansulatus aihealueena on helppo linkittää arkielämään. Mieliin voidaan palauttaa jo peruskoulussa

kemian ja biologian tunnilla opitut asiat ravintoaineista ja niiden pilkkoutumisesta. Myös lukion terveystiedon kursseilla käsitellään ravintoaineiden tarvetta ja niiden alkuperiä.

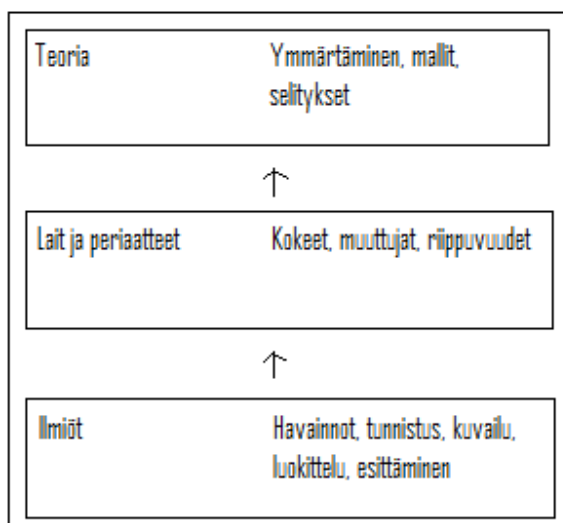
Tämän jälkeen opiskelijat tutustuvat Opettaja.tv:n arkistosta löytyvään videoon ”Entsyymien toiminta”. Video käsittelee ravintoaineiden pilkkoutumista suussa, mahalaukussa ja ohutsuolessa. Videon avulla tutustutaan ruuansulatuksen pääpiirteisiin ja elimistössä vallitsevien erilaisten olosuhteiden merkitykseen. Kuten edellä esitetyllä kemian tunnillakin, myös biologian tunnilla opiskelijoilla on mahdollisuus pohtia videon sisältöä joko ryhmässä tai itsenäisesti ja pohtia annettuja kysymyksiä. Videon rinnalle laaditut kysymykset on esitetty taulukossa 2. Videon avulla opiskelijoille tulisi syntyä kokonaiskuva siitä, miten pH:n muutos vaikuttaa eri ruuansulatusensyymien toimintaan. Opiskelijoiden välillä suoritettava yhteinen kysymysten läpikäynti auttaa opittavan asian ymmärtämistä.

Taulukko 2. Biologian tunnilla hyödynnettävän videon rinnalle laaditut kysymykset.

Kysymykset ”Entsyymien toiminta” –videon rinnalle:
1. Mikä on syljen sisältämän amylaasi-entsyymin tehtävä?
2. Missä pH:ssa se toimii parhaiten?
3. Mikä entsyymi toimii mahassa ja mitä ravintoaineita se pilkkoo?
4. Mikä on pepsiinin toiminnalle ihanteellinen pH?
5. Miksi mahan pH on hapan? Mikä aiheuttaa happamuuden?
6. Miten käy amylaasin toiminnalle mahassa?
7. Missä rasvojen pilkkoutuminen tapahtuu?
8. Mitä tarvitaan rasvojen hajotukseen?
9. Miksi ruoka pitäisi pureskella hyvin ennen sen nielemistä?

Videon tutustumisen jälkeen perehdytään yksityiskohtaisemmin ravintoaineiden pilkkoutumiseen ja niiden imeytymiseen elimistössä. Luonnontieteiden oppiminen etenee vaiheittain kohti teorian ymmärtämistä prosessipainotteisesti. Prosessikaavio on esitetty kuvassa 5. Ensimmäisessä vaiheessa opetuksen lähtökohtana on ympäristön ilmiöiden ja aineiden havainnointi, joiden perusteella niitä voidaan kuvailla, luokitella ja vertailla.

Seuraavassa vaiheessa havaittuja ilmiöitä tutkittaessa ja selittäessä opitaan käyttämään ominaisuuksia kuvaavia suureita ja yksiköitä sekä muuttujien välillä vallitsevia riippuvuussuhteita, jotka yleistyvät laskennallisiksi kaavoiksi tai kemian reaktioyhtälöiksi. Ylimmällä opetuksen tasolla tutustutaan teoreettisiin malleihin, joiden avulla ympäröivää luontoa kuvataan, ja pyritään näin ymmärtämään tutkittua ilmiötä.⁶⁵



Kuva 5. Prosessipainotteinen luonnontieteiden opetus.⁶⁵

Tuntisuunnitelman liitteenä on eri oppikirjoista poimittuja tehtäviä, jotka liittyvät entsyymien toimintaan. Tehtävien tarkoitus on tukea uuden asian oppimista, ja niiden liittäminen sekä teoriaan että käytännön esimerkkeihin edistää oppimista. Tehtävät, jotka kiinnittävät huomiota opiskeltavan ilmiön tai käsitteen kannalta keskeisiin näkökohtiin, tukevat opiskelijoita heidän rakentaessaan asiaa koskevaa ymmärrystä.⁵³ Lisämateriaaliksi tuntisuunnitelmaan on liitetty kaksi opiskelijatyötä; ravintoaineiden imeytyminen ohutsuolessa sekä amylaasin ja lipaasin toiminta.

Yleisesti uskotaan, että opiskelija oppii oman aktiivisen toiminnan kautta. Vaikka tekemällä oppiminen on pedagogisesti arvokas käytäntö, niin yleensä opitaan vain niitä asioita, joihin toiminta kohdistuu. Tämä ei kuitenkaan itsestään johda ymmärryksen syvenemiseen tai yhteisön tiedontason kehittymiseen. Tekemällä oppimiseen tulisi tietoisesti liittää opiskelijoiden käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä tukevia oppimistoimintoja, kuten opiskeltavien ilmiöiden selittämistä.³⁸ Kokeellisten töiden yhteydessä ei ole ainoastaan tärkeää havaita mitä tapahtui, vaan ensisijaista on miettiä, miksi jokin ilmiö tapahtui. Myös

tehtävien yhteydessä täytyisi voimavarat kohdistaa ilmiön tapahtumiseen ja ymmärtämiseen, ei ainoastaan etsiä oppikirjassa esiintyvää, oletettavaa vastausta.

Yksi tapa arvioida opiskelijoiden edistymistä on se, millaisia kysymyksiä he pystyvät aihepiiristä esittämään. Tällöin pystytään osoittamaan, että opiskelijoita voidaan ohjata asettamaan vaativia, heidän omista ymmärtämisen tarpeistaan esiin nousevia kysymyksiä. Ymmärtämisen syvenemistä mittaa se, kuinka paljon opiskelijoille on prosessin aikana noussut uusia kysymyksiä.⁵⁹ Opiskelijoiden oppimista biologian tunnilla voidaan arvioida kyseisellä arviointimenetelmällä. Opettaja saa tällöin varmistuksen, miten oppimisprosessi on edennyt. Tässä vaiheessa on mahdollisuus tarkentaa mahdollisia epäselviksi jääneitä asioita. Palautteen merkitys korostuu varsinkin jo omaksuttujen, virheellisten käsitysten ja väärinymmärrysten korjaamisessa, jossa välitön palautteenanto on tärkeää.⁶⁴

11.3 Tuntisuunnitelma itseopiskeluun

Itseopiskeluun suunnattua materiaalia voi hyödyntää etäkursseilla tai lukion kemian tai biologian syventävillä kursseilla esimerkiksi kotitehtävinä. Joissakin lukioissa järjestetään myös biologian ja kemian integroituja kursseja. Kemian ja biologian valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa painotetaan muun muassa opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun ja nykyaikaisen maailmankuvan kehittymistä. Opetuksen tulisi auttaa ymmärtämään jokapäiväistä elämää, luontoa ja teknologiaa.

Tämän tuntisuunnitelman tavoitteena on, että opiskelijat tutustuvat entsyymien toimintaan erilaisilla pH alueilla ja pH:n muutoksen hyödyntämiseen käytännössä sekä teollisuudessa. Tällä tunnilla ei ole tarkoitus paneutua teoreettisiin yksityiskohtiin, vaan tärkeää olisi hahmottaa kokonaisuus ja yhdistää opitut asiat käytännön elämään eli maailmaan, jonka me näemme ympärillämme. Oleellista on myös pyrkiä näiden ilmiöiden kautta löytämään yhteys kemiallisen ja biologisen tiedon välille. Tieto- ja viestintäteknikka mahdollistaa itseopiskelun esimerkiksi etäkurssin muodossa. Vaikka itseopiskelussa opiskelija työskenteleekin yksin ja ehkä etäisyyksien päässä muista opiskelijoista, on mahdollista luoda erilaisia virtuaalisia oppimisyhteisöjä, joissa tiedon jakaminen pystytään toteuttamaan. Opettaja voi laatia esimerkiksi keskustelufoorumin, jonne jokainen opiskelija voi liittyä. Sähköisessä oppimisympäristössä opiskelijat pystyvät palaamaan omiin

mietteisiin ja käyttämään myös luokkatovereiden verkkotuotoksia oman tiedonrakentamisen resurssina. Ajatukset tulevat näkyviksi ja ne säilyvät myöhempää käyttöä varten. Myös opettajan on helppo ohjata useita ryhmiä samanaikaisesti.⁶¹

Kurssin toteuttamistavoista riippumatta oletuksena on, että opiskelijat ovat opiskelleet kemiaa ja biologiaa vähintään lukion pakolliset kurssit. Koska opiskelijoiden lähtötasot saattavat olla erilaiset, on syytä antaa heille mahdollisuus kerrata happamuuteen sekä entsyymien toimintaan liittyviä asioita. Kertaaminen voidaan toteuttaa tunnin luonteesta riippuen joko ryhmäkeskustelun muodossa tai opiskelijat voivat työskennellä itsenäisesti lukion edellisiä kursseja kerraten. Kertaaminen voidaan toteuttaa keskustelufoorumin välityksellä, jossa jokainen esittää tietojaan ja ennakkokäsityksiään. Tunnin lähtökohtana on Opettaja.tv:n arkistosta löytyvä video, joka käsittelee entsyymien toimintaa. Videon aikana opiskelijat pohtivat vastauksia annettuihin kysymyksiin. Kysymykset on esitetty taulukossa 3. Esimerkkitapauksena on otettu esille säilörehun valmistus, jonka yhteydessä on tarkoitus pohtia, miten pH:n muutosta on siinä käytetty hyväksi. Tiedonhakutehtävässä etsitään arkielämän esimerkkejä, joissa pH:n muutos on käytetty hyväksi. Lisäksi tutustutaan entsyymien hyötykäyttöön teollisuudessa.

Taulukko 3. Itseopiskelumateriaalissa hyödynnettävän videon rinnalle laaditut kysymykset.

Kysymykset ”Entsyymien toiminta” –videon rinnalle:
1. Missä pH:ssa syljen amylaasi pilkkoo tärkkelystä parhaiten?
2. Mikä entsyymi toimii mahassa ja mitä ravintoaineita se pilkkoo?
3. Mikä on mahassa toimivalle entsyymille oleellinen pH?
4. Miten käy amylaasin toiminnalle mahassa ja miksi näin tapahtuu?
5. Millainen happamuus on ohutsuolessa?
6. Miksi rasvojen pilkkomisessa tarvitaan myös sappisuoloja?

Itseopiskelun tuntisuunnitelman hyödyntäminen myös tavallisessa opetuksessa on mahdollista. Esitetyt tehtävänannot on mahdollista antaa esimerkiksi kotitehtäviksi, jolloin

opiskelijat tekevät itsenäistä tutkimustyötä kotona ja tulokset kootaan yhdessä muiden opiskelijoiden kanssa.

Opintojen edistymistä tulee arvioida myös etäopiskelussa, jossa se voidaan toteuttaa esimerkiksi oppimisprosessin tulosten julkaisemisella verkossa. Esittäessään käsityksiään julkisuuteen opiskelijat joutuvat tarkastelemaan tekstiään paljon syvällisemmin ja ottamaan huomioon mahdollisen lukijan näkökulman. Tällöin oppijan täytyy mennä syvemmälle käsiteltävien asioiden ymmärtämisessä.⁵⁹

11.4 Tutkiva oppiminen tuntisuunnitelmissa

Uuden ilmiön ymmärtämiseksi tuntisuunnitelmat on rakennettu siten, että tutkiva oppiminen tukee oppimisprosessia. Tutkivan oppimisen opetusmenetelmän mukaisesti lähtökohtien luomisessa huomioidaan opiskelijan ennakkokäsitykset ja niiden ankkurointi arkielämän ilmiöihin. Yksi oppimisen lähtökohdista on ilmiöön kohdistuvien olettamuksien ja ennakkokäsitysten kehittäminen ja niiden jalostaminen, jonka myötä asian ymmärtäminen saavutetaan.³⁸ Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan oppiminen on oppijan aktiivista kognitiivista toimintaa, jossa hän tulkitsee havaintojaan ja uutta tietoa aikaisemman tietonsa ja kokemuksensa pohjalta. Opetuksen lähtökohtana tulisi olla oppijan olemassa olevat tiedot, käsitykset ja uskomukset.⁶⁷ Tuntisuunnitelmissa pyritään siihen, että ryhmän jäsenten kesken pohditaan ilmiöön liittyviä, jo peruskoulussa opittuja asioita. Lisäksi käsiteltävät ilmiöt liittyvät läheisesti arkielämään, joten näiden asioiden myötä määritetään opiskelijoiden lähtötaso ja alkutiedot käsiteltävistä aiheista. Esimerkiksi biologian tunnin aihe on ruuansulatusentsyymien toiminta, jotka oleellisesti liittyvät elimistömme toimintaan, kuten ruoka-aineiden pilkkoutumiseen ja energian saantiin. Koska opiskelijoiden omat ajatukset ja ennakkotiedot ovat tutkivassa oppimisprosessissa keskeisiä, on olennaista luoda ilmapiiri, joka kannustaa omien ajatusten esittämiseen. Opiskelijoiden tulisi uskaltaa esittää omia käsityksiään opiskeltavasta ilmiöstä.^{59,60} Yhteisellä alkukeskustelulla ja koko oppitunnin aikana vallitsevalla avoimella ilmapiirillä pyritään opiskeluympäristö pitämään kaikille miellyttävänä.

Ongelmien asettaminen on tutkivan oppimisen lähtökohta, jonka avulla ohjataan oppimisprosessia. Opiskelijoiden tulee löytää ongelma, jonka ratkaiseminen vaatii ajattelutyötä, ja jonka kautta syntyy ilmiön ymmärtäminen.³⁸ Jokaisessa tuntisuunnitelmassa on luotu tavoitteet, mitä tunnilla tulisi oppia. Kemian tunnilla tutustutaan puskuriliuoksiin ilmiönä ja opiskellaan käsitettä. Keskeinen tutkimusongelma on, miten pH:n muutos vaikuttaa eliöiden toimintaan, niin eläimissä kuin kasveissakin. Itseopiskeluun ohjaavan tuntisuunnitelman käyttö etäopiskelussa tuo esiin myös muita ratkaistavia ongelmia, kuten tietokoneen ja sähköisen opiskeluympäristön käytön.

Tiedon ankkuroinnin ja ongelmien asettamisen yhteydessä tulisi pyrkiä määrittelemään tutkittavalle ilmiölle omia selityksiä taustatietojen ja ennakkokäsitysten varassa.³⁸ Laadituissa tuntisuunnitelmissa on pyritty siihen, että ryhmäkeskustelujen muodossa jokainen opiskelija uskaltaisi esittää omia näkemyksiään ilmiöstä. Opettajan rooli nousee tärkeäksi tällaisen opiskelukulttuurin luomisessa, koska jokaista opiskelijaa tulisi rohkaista onnistumaan ja kehittämään omia ennakkokäsityksiään. Keskeistä on myös rakentavan vuorovaikutuskulttuurin luominen luokkaan.⁵⁹

Jokaiseen tuntisuunnitelmaan kuuluu entsyymien toimintaa käsittelevä video. Tieto- ja viestintäteknikan käyttö opetuksessa tarjoaa yhden tavan ankkuroida abstraktit ideat konkreettisiin todellisen maailman ilmiöihin esittämällä niitä käsitteleviä videoita tai tapausesimerkkejä. Tutkivassa oppimisessa on tärkeää, että oppijat voivat itse päättää, kuinka tutkia ongelmaa teknologisessa ympäristössä.⁵⁹ Ihminen rakentaa aktiivisesti omaa ymmärrystään ja tulkintojaan. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan tieto ei voi olla tietäjästään riippumatonta, vaan se on aina yksilön itsensä rakentamaa.⁶⁷ Koska video on nähtävillä Internetin kautta, on jokaisella opiskelijalla mahdollisuus omaan työskentelyyn; sitä voi katsoa useaan kertaan tai videokuvan voi pysäyttää niin pitkään, että videon tarjoama informaatio on käsitelty. Videon yhteyteen liitetyt kysymykset ohjaavat kohdistamaan oppimista tavoitteiden mukaisesti.

Tutkivassa oppimismenetyksessä kriittinen arviointi on tärkeää. Oppimisen edistymistä tulisi arvioida koko prosessin ajan ja asettaa uusia tavoitteita. Olennaista on oivaltaa, että mitä asioita tulisi ymmärtää paremmin, että tutkimusongelmat voidaan ratkaista.³⁸ Tuntisuunnitelmissa pyritään siihen, että tilanne kartoitettaisiin esimerkkitapausten

käsittelyn jälkeen. Videon jälkeen opiskelijoilla tulisi olla jonkinlainen käsitys entsyymien toiminnasta eri happamuuksissa. Videolla esitellään ruuansulatuksen toimintaan vaikuttavia entsyymejä. Ruuansulatus on oleellinen osa jokapäiväistä elämää ja ennakkokäsitysten linkittäminen videon tuomaan tietoon tarjoaa uusia näkökulmia aiheesta. Opiskelijoiden välisen, rakentavan vuorovaikutuksen avulla pystytään löytämään jonkinasteisia ratkaisuja ja voidaan miettiä, miten niitä voidaan kehittää eteenpäin.

Kemian ja itseopiskelun tuntisuunnitelmissa syventävän tiedon hankinta tapahtuu tiedonhakutehtävän muodossa. Opiskelijoiden tulisi käyttää monipuolisesti erilaisia tietolähteitä etsiessään tietoa, miten pH:n muutosta käytetään hyväksi esimerkiksi teollisuudessa. Tehtävää suoritettaessa ei ole tarkoituksena löytää pelkkiä tapauksia, vaan oleellista on miettiä, miksi pH:n muutosta hyödynnetään kyseisissä tilanteissa. Tutkivan oppimisen mukaisesti opiskelijoiden ei tulisi pysähtyä ensimmäisen tiedonlähteen löytämiseen, vaan tunnistaa selittävä tieteellinen tieto. Internetissä suoritettu tiedonhankinta vaatii myös kriittisyyttä. Lukion opetussuunnitelman perusteissa¹ viestintä- ja mediaosaaminen on yksi aihekokonaisuus, jota lukiokoulutuksen tulisi toteuttaa oppiaineesta riippumatta. Opiskelijan tulisi oppia mediakriittisyyttä valinnoissaan ja mediatekstien tulkinnessa. Opiskelijan tulee pystyä arvioimaan tiedonlähteen alkuperän luotettavuus ja käyttökelpoisuus. Uuden tiedon avulla pyritään ymmärtämään ja selittämään tutkittavaa ilmiötä. Biologian tuntisuunnitelmassa syventävää tietoa hankitaan tehtävien muodossa. Tehtävien ratkaisuksi ei riitä yksittäinen tieto, vaan useimpiin vaaditaan laajempaa selitystä.

Tiedon ja näkökulmien jakaminen opiskelijoiden kesken on oleellista tutkivassa oppimisessa.³⁸ Tuntisuunnitelmien rakenteissa on pyritty huomioimaan, että opiskelijoilla on mahdollisuus jakaa tietonsa koko ryhmän kesken. Asiantuntemuksen jakaminen synnyttää uutta tietoa ja ymmärrystä, mutta kehittää myös vuorovaikutustaitoja. Opettajalla on tärkeä rooli ohjata opiskelijoita sosiaalisiin vuorovaikutuksiin opiskelijaryhmien sisällä sekä niiden välillä ja myös opettajan ja opiskelijoiden välillä.³⁸ Opiskelijoiden välisestä opetustilanteesta on hyötyä myös jo tiedon omaavalle opiskelijalle, koska selittääkseen käsityksensä toisille, oppijan tulee sitoutua johonkin näkökulmaan, muuntaa omat käsityksensä tietoisiksi sekä organisoida ja uudelleen organisoida omia käsityksiään.⁵⁹

Selittävä tieteellinen tieto auttaa ymmärtämään ja selittämään tutkimuksen kohteena olevia ilmiöitä.³⁸

Itseopiskelumateriaaliksi tarkoitettua tuntisuunnitelmaa voi hyödyntää esimerkiksi etäopiskelussa. Tietotekniikan tarkoituksenmukainen hyödyntäminen edellyttää ennen kaikkea, että oppimisen helpottaminen asetetaan lähtökohdaksi ja perusteluksi tietotekniikan käytölle. Näin ollen opiskelu on mahdollista myös heille, jotka eivät konkreettisesti pääse osallistumaan opetukseen. Virtuaalisissa opiskeluympäristöissä toimiminen tukee monia tutkivaan oppimiseen liittyviä elementtejä, kuten itsenäistä työn suorittamista ja sen jälkeen tapahtuvaa tiedonjakoa muiden osallistujien kesken. Erityisen tärkeäksi verkko-oppimisessa nousee yhteisön tuki, koska ennakkokäsityksen jalostaminen uudella tiedolla ei välttämättä tuota tulosta ilman ryhmän tukea.⁵⁹ Jokaisen tehtävälueen jälkeen opiskelijat voivat keskustella kokoavasti tehtävään liittyvistä asioista eri näkökulmista ja lähtökohdista käsin.

11.5 Videon hyödyntäminen tuntisuunnitelmissa

Tutkimuksessa laaditut tuntisuunnitelmat rakennettiin Opettaja.tv:n verkkosivuilta löytyvän videon ”Entsyymien toiminta” ympärille. Tunnista riippuen videon avulla haluttiin havainnollistaa joko ravintoaineiden pilkkoutumista entsyymien vaikutuksesta tai happamuuden vaikutusta ruuansulatuselimistön eri osissa toimivien entsyymien toimintaan. Videon avulla on tarkoitus vahvistaa muiden opetusmenetelmien kautta syntyneitä käsityksiä ja lisätä opiskeltavan aiheen kokonaishallintaa.⁵¹ Näissä tuntisuunnitelmissa opiskelijan tulisi pystyä linkittämään videon antama informaatio käytännön elämään, tässä tapauksessa happamuuden vaikutus entsyymien toimintaan ja sitä kautta ruuansulatukseen. Videolta ei niinkään ole tarkoitus poimia yksityiskohtaista tietoa, vaan kokonaisvaltaisempi ilmiön hahmottaminen ja elävään elämään liittäminen on tärkeämpää.

Videolla esiintyy jonkin verran hankalia käsitteitä, kuten ruuansulatuselimistön eri osat. Videon tarjoama selkeä kieliasu sekä ytimekäs ilmaisutapa ja sanasto helpottavat asian ymmärtämistä.⁵¹ Koska jokaisella opiskelijalla on mahdollisuus videon itsenäiseen läpikäymiseen, vaikeat kohtaukset voidaan katsoa useita kertoja ja näin omaksua sen tarjoama tieto. Lisäksi pelkistetty animaatio auttaa kiinnittämään huomiota keskeisiin

asioihin.⁵² Tutkimuksessa käytetyssä videossa ruuansulatuselimistön eri osat kuvattiin hyvin yksinkertaisella kuvalla, jonka vuoksi tiettyjen entsyymien toiminnan sijoittaminen ruuansulatuselimistön eri osiin tulisi jäädä hyvin mieleen. Lisäksi videon katsominen henkilökohtaiselta tietokonepäätteeltä lisää vaihtelevuutensa vuoksi opiskelijoiden opiskelumotivaatiota.

Opettajalla on erityisen tärkeä rooli videon opetuskäytössä. Opettajan tulisi ohjata opiskelijoita seuraamaan videota niin, että he ajattelevat katsomaansa ja pyrkivät hyödyntämään näkemäänsä. Opiskelijoiden tulisi pystyä liittämään videolta saamansa tieto ennakkotietoihinsa.^{48, 53} Kun opetuksessa käytetään televisiota tai videoita, on tärkeää, että opettaja ja erityisesti opiskelijat ovat aktiivisesti mukana oppimisprosessissa. Tiedollisesti vaativat tehtävät ohjaavat opiskelijaa kiinnittämään huomion tärkeisiin kohtiin ja näin auttavat käsitteen muodostuksessa.⁵² Tässä tutkimuksessa videon rinnalle laadittiin kysymyslomakkeet. Videoon liitetyillä kysymyksillä ohjaavat siihen, että video ei jäisi tunnilla irralliseksi osaksi, ja että sitä ei katsottaisi vain ajankuluksi. Kysymysten asettelu on laadittu niin, että opiskelijat pystyisivät muodostamaan videon sisältävästä informaatiosta kokonaiskuvan, eivätkä takertuisi liiaksi yksityiskohtiin.

Yleisesti ottaen opettajan tulisi pystyä rakentamaan pedagogisesti, kuvallisesti ja teknisesti toimivat ratkaisun videon käytössä.⁵² Näissä tuntisuunnitelmissa pedagogisesti järkevä toimintamalli on pyritty löytämään liittämällä video kokonaisuudellisesti tunnin sisältöön sekä laatimalla videon rinnalle kysymyslomakkeet. Teknisesti toimivin ratkaisu on hankkia henkilökohtaiset tietokoneet jokaiselle opiskelijalle, mikä mahdollistaa videon läpikäymisen useaan kertaan ja sitä kautta opiskelijat pystyvät parhaiten sisäistämään sen tarjoaman tiedon.

Tutkimuksessa käytetty video rakentuu suurelta osin kokeellisen työn ympärille. On tärkeää muistaa, että videon esittäminen ei saa korvata opiskelijatyöskentelyä. Riippumatta siitä, suoritetaanko kokeellinen työ oppilastyönä vai näytetäänkö se videolta, kemiallisten ilmiöiden visualisointi linkitettyinä mikroskooppiseen animaatioon ja arkielämän esimerkkeihin, auttavat opiskelijoita ymmärtämään paremmin käsiteltävää ilmiötä.⁵⁰

11.6 Kemian ja biologian opetuksen yhtenäistäminen

Kemia ja biologia ovat rinnakkain kulkevia tieteenaloja. Soluissa toimivat entsyymit ovat osa jokapäiväistä elämää, ja vaikka emme pysty sitä silmällä näkemään, opiskelijan tulisi liittää kemiallinen tieto tähän toimintaan. Yksittäiseen oppiaineeseen rajoittuva opetus ei anna riittävää tietoa uuden asian ymmärtämiseksi, ja saattaa lisäksi tuottaa opiskelijoille jonkinasteisia virhekäsityksiä.⁶⁴ Entsyymien opetuksen yhteydessä on mahdollista huomioida sekä kemialliset että biologiset asiat samaan aikaan. Esimerkiksi entsyymien proteiininrakenteen perusteellisempi tarkastelu mikrotasolla liittää yhteen kemiallisen ja biologisen tiedon. Opettajan tulee ohjata opiskelijoita tarkastelemaan asioita molempien aineiden näkökulmasta, jolloin heidän on mahdollista saavuttaa käsiteltävän asian kokonaishallinta ja sitä kautta sen ymmärtäminen.

12 Johtopäätökset ja pohdinta

Tässä pro gradu –tutkielmassa lähtökohtana oli kemian ja biologian opetuksen yhtenäistäminen entsyymiaiheisen videon avulla. Kehittämistutkimuksen tavoitteena oli tuottaa entsyymien opetukseen liittyvää opetusmateriaalia, joka soveltuu sekä lukion kemian ja biologia opetukseen että itseopiskelumateriaaliksi.

Entsyymit on aihe, joka on helppo tuoda sekä kemian että biologian lukio-opetukseen. Vuoden 2003 lukion biologian opetussuunnitelman perusteissa¹ biologian entsyymit kuuluvat yhteen aihekokonaisuuteen, kemian osuudessa entsyymejä ei suoranaisesti mainita. Opetussuunnitelmissa on kuitenkin monia aihekokonaisuuksia, joihin entsyymit voidaan olettaa kuuluvan sekä biologiassa että kemiassa. Lukion biologian oppikirjoissa entsyymit ovat laajasti esillä. Sen sijaan kemian oppikirjoissa on eroja, ja usein entsyymit mainitaan lähinnä sivulauseissa. Huomioitavaa on myös se, että eri aineiden oppikirjoissa entsyymit käsitellään ensisijaisesti oman aineen näkökulmasta.

Opetusmateriaali koostuu kolmesta erilaisesta tuntisuunnitelmasta, joita voi hyödyntää lukion kemian ja biologian oppitunneilla sekä itseopiskelumateriaalina.

Tuntisuunnitelmissa on käytetty kemian ja biologian opetuksen yhtenäistävänä tekijänä entsyymiaiheista videota. Materiaalia laadittaessa on pyritty huomioimaan oppilaslähtöisyys ja tutkiva oppiminen. Tunneilla käytettävät monipuoliset työtavat ottavat huomioon erilaiset oppijat sekä lisäävät opiskelijoiden motivaatiota ja kiinnostusta aiheeseen. Oppimisprosessissa opiskelijoiden tulisi ymmärtää käsiteltävän ilmiö ulkoa opettelun sijaan. Ennen tutkimuksen aloittamista kartoitettiin sähköpostikyselyllä lukion opettajilta kemian ja biologian opetuksen integrointikurssien yleisyyttä. Kyselyyn vastanneiden määrä jäi vähäiseksi, joten tuloksia ei voida kovin luotettavasti yleistää, mutta sen pohjalta voidaan todeta, että kemian ja biologian integroivaa opetusta ei läheskään jokaisessa lukiossa järjestetä. Vastauksista kuitenkin ilmeni, että ainerajat ylittävää opetusta kaivattaisiin opetukseen.

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen mukaan tarkoitus oli tutkia, miten kemian ja biologian lukio-opetusta voidaan yhtenäistää entsyymiaiheisen videon avulla. Kemia ja biologia ovat käsi kädessä kulkevia tieteenaloja. Kaikkien luonnontieteiden kohteena on luonto, sen rakenteet ja ilmiöt. Ekologisten ja fysiologisten tietojen ymmärtämisen edellytyksenä ovat monet kemian ja fysiikan perusasiat, kuten energia ja materia, liuosten pitoisuudet, palamisilmiö sekä entsyymien ja katalyyttien merkitys. Yksittäiseen oppiaineeseen rajoittuva opetus ei anna riittävää tietoa uuden asian ymmärtämiseksi, ja saattaa lisäksi tuottaa opiskelijoille jonkinasteisia virhekäsityksiä.⁶⁴ Jokaisen oppiaineen opettajalla on luonnollisesti oman aineen näkökulma asioihin, mutta uuden asian ymmärtäminen vaatii oppiainerajat ylittävää tietoa. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että sama entsyymien toimintaa käsittelevä video voidaan liittää sekä kemian että biologian opetukseen. Entsyymien toiminta perustuu katalyysiin, jossa reaktiota nopeutetaan aktivaatioenergiaa madaltamalla. Entsyymit ovat elämän biokatalyyttejä, jonka vuoksi entsyymit aiheena on oleellinen sekä biologian että kemian opiskelussa ja tässä tutkimuksessa käytetty video auttaa oppimista molempien aineiden opetuksessa.

Toisen tutkimuskysymyksen avulla oli tarkoitus pohtia, mitä lisäarvoa video tuo opetukseen. Oppimisympäristöajattelun tarkoituksena on monipuolistaa opetusta.⁴² Tieto- ja viestintäteknikka mahdollistaa erilaisten oppimisympäristöjen hyödyntämisen opetuksessa. Tieto- ja viestintäteknikan käyttötaito on nyky-yhteiskunnassa perustaito, joita opetuksen tehtävä on nuorille opettaa. Eräänlainen oppimisympäristö on Ylen

tuottama Opettaja.tv, joka verkkopalveluna tarjoaa oppimateriaaleja opettajien sekä opiskelijoiden käyttöön. Tässä tutkimuksessa oppimateriaalina käytettiin videota ”Entsyymien toiminta”, jonka tuntisuunnitelmiin sisällytettynä on tarkoitus yhtenäistää kemian ja biologian opetusta. Videon avulla pyritään lisäämään opiskeltavan aiheen kokonaishallintaa; kemian tunnilla happamuuden vaikutusta ruuansulatuselimistön entsyymien toimintaan ja biologian tunnilla entsyymien vaikutusta ravintoaineiden pilkkoutumiseen. Video auttaa opiskelijaa liittämään uuden tiedon arkielämän ilmiöihin. Aiheen oppimista auttaa myös videon tarjoama selkeä kieliasu sekä ytimekäs ilmaisutapa ja sanasto. Videon rinnalle laaditut kysymykset saavat opiskelijan kiinnittämään huomion videon olennaisiin kohtiin ja näin auttavat käsitteen muodostuksessa. Kysymykset takaavat myös sen, ettei video jää tunnilla irralliseksi osaksi, vaan sen katsomisesta on hyötyä oppimisen kannalta.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä pohdittiin, miten tutkivaa oppimista voidaan opetuksessa soveltaa, kun laadittuja tuntisuunnitelmia käytetään opetuksen suunnittelussa. Tutkiva oppiminen on opetusmenetelmä, joka painottaa uuden tiedon syvällistä ymmärtämistä ulkoa opettelun sijaan. Tutkimuksessa kehitetyissä tuntisuunnitelmissa pyrittiin huomioimaan tutkiva oppiminen. Uusi aihe on ankkuroitu arkielämän ilmiöön, joka auttaa opiskelijaa oppimisprosessissa. Tuntisuunnitelmissa huomioidaan sosiaaliset vuorovaikutukset ja tiedon jakaminen ryhmän jäsenten keskuudessa. Tunnit on rakennettu siten, että yhteiselle tiedon prosessoinnille on aikaa. Lisäksi tuntisuunnitelmissa painotetaan itsenäistä tiedonhakua. Jos opiskelijoilla on käytössä omat tietokoneet, jokainen voi tutustua videoon omassa tahdissa ja palata epäselviksi jääneisiin kohtiin. On kuitenkin huomioitava, että tutkiva oppiminen on menetelmä, jonka toteuttaminen ei tapahdu yhdessä oppitunnissa. Tutkivaa oppimista on toteutettava järjestelmällisesti ja siihen siirtyminen tulisi tapahtua asteittain. Tutkivan oppimisen käyttö opetusmenetelmänä edellyttää sekä opettajan että opiskelijoiden sitoutumista siihen. Ennen opetuksen aloittamista olisi hyvä käydä yhdessä opiskelijoiden kanssa läpi tutkivan oppimisen opetusmenetelmän pohjimmainen tarkoitus sekä toiminnan pelisäännöt. Oppimisympäristön tulee tukea tutkivaa oppimista, jolloin jokainen sen jäsen on vastuussa avoimen ilmapiirin luomisesta.⁶¹

Kyky toimia ryhmässä on työelämässä keskeinen vaatimus. Nuorten tulee tottua projektimuotoiseen työtapaan ja tiimityöskentelyyn jo koulussa. Usean opettajan

yhteistyönä suunnittelema ja toteuttama opetus antaa mahdollisuuden hyödyntää koko tiimin osaamista ja resursseja. Jotta tämä toteutuisi, koulujen perinteiset raja-aidat tulee murtaa, jolloin voidaan työskennellä moniammatillisissa ja koulujen rajat ylittävissä opetus- ja oppimistiimeissä. Myös teknologian hyödyntäminen opetuksessa on parhaimmilla yhdistettynä tiettyihin työtapoihin. Projektimuotoinen, oppiaineita integroiva, opiskelijoiden keskinäiseen vuorovaikutukseen ja ongelmanratkaisuun perustuva työtapo antaa teknologia opetuskäytölle uusia ulottuvuuksia. Tutkivan oppimisen ja oppiaineet ylittävän opetuksen yhtenäistämällä myös tieto- ja viestintätekniiikan opetuskäyttö on tehokkaimmillaan.³

13 Kirjallisuusluettelo

1. Opetushallitus, *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*, Helsinki: Opetushallitus, 2003. http://www.edu.fi/julkaisut/maaraykset/ops/lops_uusi.pdf
2. A. Haasio, Tietoverkot opetuksen apuvälineinä. Kirjassa: A. Haasio ja J. Piukkula, *Oppiminen verkossa*, BTJ Kirjastopalvelu Oy, Helsinki, 2001, ss. 9 - 22
3. CICERO Learning – selvitysraportti, Tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntäminen opetuksessa ja opiskelussa, Helsingin yliopisto, 2008.
http://www.cicero.fi/documents/CICERO_TVT-selvitysraportti.pdf
4. Tutkiva oppiminen
http://mlab.taik.fi/polut/Yhteisollinen/teoria_tutkiva_oppiminen.html (luettu 3.2.2009)
5. K. Hakkarainen, M. Bollström-Huttunen, R. Pyysalo, K. Lonka, *Tutkiva oppiminen käytännössä – Matkaopas opettajille*, WSOY, Porvoo, 2005, s. 1-24, 28, 198, 199, 202, 204, 205, 268, 269
6. Mikrobien tuottamat entsyymit teollisuudessa
http://www.mm.helsinki.fi/users/LINDSTRO/Opetus/Opetus_2003/Seminaarityot2003K/Katariina_Kojo/ (luettu 26.3.2009)
7. M. K. Campbell, S. O. Farrell, *Biochemistry*, 5th ed., Thomson Brooks/Cole, USA, 2006, ss.131, 135-137, 146.
8. J. Heino ja M. Vuento, *Biokemian ja solubiologian perusteet*, WSOY oppimateriaalit Oy, Porvoo, 2007, ss. 23, 66-72.
9. R. Chang, *Physical chemistry for the chemical and biological Sciences*, 3rd ed., University Science Books, California, 2000, ss. 511–514, 545.
10. C. E. Housecroft and E. C. Constable, *Chemistry*, 3rd ed., Pearson Education Limited, England, 2006, ss. 428-481.
11. J. McMurry and R. C. Fay, *Chemistry*, 3rd ed., Prentice Hall, New Jersey, 2001, ss. 1041–1043.
12. Tietoa terveydestä ja sairauksista www.terveyskirjasto.fi (luettu 5.5.09)
13. R. M. Devlin and F. H. Witham, *Plant Physiology*, 4th ed., PWS Publishers, Boston, 1983, ss. 195–199.
14. W. Nienstedt, O. Hänninen, A. Arstila ja S. Björkqvist, *Ihmisen fysiologia ja anatomia*, WSOY, Porvoo, 2004, ss. 302–303, 308–309, 318, 321, 340.

15. Opetushallitus, *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*, Helsinki: Opetushallitus, 2004.
16. S. Aspholm, H. Hirvonen, J. Hongisto, J. Lavonen, A. Penttilä, H. Saari ja J. Viiri, *Aine ja energia – kemian tietokirja*, 8.-9. painos, WSOY, Porvoo, 2003.
17. S. Turunen, *Biologia – Ihminen*, 5. painos, WSOY, Porvoo, 2005.
18. L. Kaila, P. Meriläinen, P. Ojala ja P. Pihko, *Reaktio 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia*, 1.-3. painos, Tammi, Jyväskylä, 2006.
19. L. Kaila, P. Meriläinen, P. Ojala ja P. Pihko, *Reaktio 2 – Kemian mikromaailma*, Tammi, Jyväskylä, 2005.
20. L. Kaila, P. Meriläinen, P. Ojala ja P. Pihko, *Reaktio 3 – Reaktiot ja energia*, Tammi, Jyväskylä, 2006.
21. L. Kaila, P. Meriläinen, P. Ojala ja P. Pihko, *Reaktio 4 – Metallit ja materiaalit*, Tammi, Jyväskylä, 2006.
22. L. Kaila, P. Meriläinen, P. Ojala ja P. Pihko, *Reaktio 5 – Reaktiot ja tasapaino*, Tammi, Jyväskylä, 2007.
23. K. Lehtiniemi ja L. Turpeenoja, *Mooli 1 – Ihmisen elinympäristön kemia*, 1.-4. painos, Otava, Keuruu, 2006.
24. K. Lehtiniemi ja L. Turpeenoja, *Mooli 2 – Kemian mikromaailma*, 2.-3. painos, Otava, Keuruu, 2006.
25. K. Lehtiniemi ja L. Turpeenoja, *Mooli 3 – Reaktiot ja energia*, Otava, Keuruu, 2005.
26. K. Lehtiniemi ja L. Turpeenoja, *Mooli 4 – Metallit ja materiaalit*, Otava, Keuruu, 2006.
27. K. Lehtiniemi ja L. Turpeenoja, *Mooli 5 – Reaktiot ja tasapaino*, Otava, Keuruu, 2007.
28. M. Leinonen, T. Nyberg, J. Tast, H. Tyrväinen ja S. Veistola, *Koulun biologia 1 – Eliömaailma*, Otava, Keuruu, 2004.
29. M. Leinonen, T. Nyberg, J. Tast, H. Tyrväinen ja S. Veistola, *Koulun biologia 2 – Solu ja perinnöllisyys*, Otava, Keuruu, 2005.
30. M. Leinonen, T. Nyberg, J. Tast, H. Tyrväinen ja S. Veistola, *Koulun biologia 3 - Ympäristöekologia*, Otava, Keuruu, 2005.
31. M. Leinonen, T. Nyberg, J. Tast, H. Tyrväinen ja S. Veistola, *Koulun biologia 4 – Ihmisen biologia*, Otava, Keuruu, 2006.

32. M. Leinonen, T. Nyberg, J. Tast, H. Tyrväinen ja S. Veistola, *Koulun biologia 5 – Bioteknologia*, Otava, Keuruu, 2006.
33. P. Happonen, M. Holopainen, P. Sotkas, A. Tenhunen, M. Tihtarinen-Ulmanen ja J. Venäläinen, *Bios 1 – Eliömaailma*, WSOY, Porvoo, 2004.
34. P. Happonen, M. Holopainen, P. Sotkas, A. Tenhunen, M. Tihtarinen-Ulmanen ja J. Venäläinen, *Bios 2 – Solu ja perinnöllisyys*, 1.-3. painos, WSOY, Porvoo, 2007.
35. P. Happonen, M. Holopainen, P. Sotkas, A. Tenhunen, M. Tihtarinen-Ulmanen ja J. Venäläinen, *Bios 3 – Ympäristöekologia*, WSOY, Porvoo, 2004.
36. P. Happonen, M. Holopainen, P. Sotkas, A. Tenhunen, M. Tihtarinen-Ulmanen ja J. Venäläinen, *Bios 4 – Ihmisen biologia*, WSOY, Porvoo, 2005.
37. P. Happonen, M. Holopainen, P. Sotkas, A. Tenhunen, M. Tihtarinen-Ulmanen ja J. Venäläinen, *Bios 5 – Bioteknologia*, WSOY, Porvoo, 2006.
38. K. Hakkarainen, K. Lonka, L. Lipponen, *Tutkiva oppiminen – Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen*, WSOY, Porvoo, 2001, s. 212.
39. Oppimisympäristöt www.edu.fi/SubPage.asp?path=498,49890 (luettu 13.1.09)
40. J. Manninen, ja S. Pesonen, Uudet oppimisympäristöt, *Aikuiskasvatus*, **1997**, 4, 267–274.
41. J. Manninen, A. Burman, A. Koivunen, E. Kuittinen, S. Luukannel, S. Passi ja H. Särkkä, *Oppimista tukevat ympäristöt – Johdatus oppimisympäristöajatteluun*, Opetushallitus, 2007.
42. Oppimisympäristöjen kehittäminen <http://www.oph.fi/page.asp?path=1,443,86823> (luettu 13.1.09)
43. H. Ylilehto, Oppimisympäristöissä luovuus kukoistaa, *Spektri*, **2008**, 1, 10 - 12.
44. H. Ylilehto, Sosiaalinen media pääosassa ITK-päivillä, *Spektri*, **2008**, 1, 22.
45. H. Ylilehto, Tietotekniikka eriyttää koulukulttuureita, *Spektri*, **2008**, 2, 26–27.
46. T. Bräutigam, Opettaja.tv tukee opettajan arkea, *Spektri*, **2008**, 3, 20.
47. Opettaja.tv <http://opettajatv.yle.fi> (luettu 14.1.09)
48. A. Ollikainen, *Video opetuksen ja kasvatuksen kentällä*, Terveyskasvatuksen keskus, 1984, ss. 3-5.
49. D. Gabel, Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future, *J.Chem. Educ.*, 76(4), **1999**, 548-554.
50. J. W. Russell, R. B. Kozma, T. Jones, J. Wykoff, N. Marx and J. Davis, Use of Simultaneous-Synchronized Macroscopic, Microscopic, and Symbolic

- Representations To Enhance the Teaching and Learning of Chemical Concepts, *J. Chem. Educ.*, 74(3), **1997**, 330-334.
51. K. Eskonen, Fysiikan opetusvideon vaikutus oppimistuloksiin, *Dimensio*, **2006**, 70(4), 18-19.
52. S. Puukari, *Video Programmes as Learning Tools – Teaching the Gas Laws and Behaviour of Gases in Finnish and Canadian Senior High Schools*, University of Jyväskylä, Jyväskylä, 2003.
53. S. Puukari, Videot opetuksessa, *Dimensio*, **1995**, 59(5), 24 - 28.
54. L. H. Laroche, G. Wulfsberg, B. Young, Discovery videos: A Safe, Tested, Time-Efficient Way To Incorporate Discovery-Laboratory Experiments into the Classroom, *J. Chem. Educ.*, **2003**, 80(8), 962 - 966.
55. M. J. Goedhart, H. van Keulen, T. M. Mulder, A. H. Verdonk and W. de Vos, Teaching Distillation Knowledge – A Video Film Bridging a Gap between Theory and Practice, *J. Chem. Educ.*, **1998**, 75(3), 378 - 381.
56. K. Hakkarainen, K. Lonka, L. Lipponen, *Tutkiva oppiminen - Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä*, 6.-7. painos, WSOY, Porvoo, 2005, s.98,124
57. Tutkiva oppiminen www.tutkiva.edu.hel.fi/tutkivaoppiminen.html (luettu 3.2.09)
58. Pisa 2006 – tutkimus <http://www.minedu.fi/OPM/Koulutus/artikkelit/pisa-tutkimus/pisa2006/index.html> (luettu 5.2.2009)
59. K. Hakkarainen, L. Lipponen, L. Ilomäki, S. Järvelä, M. Lakkala, H. Muukkonen, M. Rahikainen, E. Lehtinen. *Tieto - ja viestintäteknikka tutkivan oppimisen välineenä*. Helsingin kaupungin opetusvirasto. Multiprint. Helsinki. 1999 Saatavilla: http://www.helsinki.fi/science/networkedlearning/julkaisut/tvt_tutkivan_oppimisen_valineena.pdf
60. Tutkivaa oppimista edistävä oppimisympäristö www.tutkiva.edu.hel.fi/oppimisymparisto.html (luettu 3.2.09)
61. A. Hartikainen, *Seitsemäsluokkalaisten opiskelijaryhmän interpsykologiset oppimisprosessit tutkivan oppimisen kontekstissa*, Kasvatustieteellisiä julkaisuja N:o 124, Joensuun yliopisto, Joensuu, 2007.
62. D. C. Edelson, Design Research: What We Learn When We Engage in Design, *The Journal of the learning sciences*, 11(1), **2002**, 105-121.
63. Keksintöesittely, AIV-rehu <http://www.yle.fi/teema/tiede/keksinnot/keksinnot.shtml> (luettu 16.3.2009)

64. V. Eloranta, E. Jeronen ja I. Palmberg, *Biologia eläväksi – Biologian didaktikka*, Otava, Keuruu, 2005, ss. 222, 223, 231
65. G. Petty, *Evidence-Based Teaching*, Nelson Thornes Ltd, Cheltenham, United Kingdom, 2006, ss. 176
66. A. Ahtineva ja T. Havonen, Luokkien 5-9 fysiikka ja kemia – Perusopetuksen opetussuunnitelma, *Dimensio*, 67(6), **2003**, 16–18.
67. P. Tynjälä, *Oppiminen tiedon rakentamisen: konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*, Kirjayhtymä, Helsinki, 1999.

Kysely kemian ja biologian opettajille

1. Millä lukion kemian/biologian kurssilla ja missä asiayhteydessä olet opettanut opiskelijoille entsyymeistä?
2. Koetko jotkut entsyymeihin liittyvät asiat haastaviksi opettaa?
3. Kaipaanko jotain apuvälineitä (esim. lisämateriaalia) entsyymien opetukseen? Jos, niin minkätyyppistä?
4. Oletko koskaan tai onko koulussanne tehty yhteistyötä kemian ja biologian opetuksen välillä? Jos on, niin minkälaista ja minkä aiheen puitteissa?

Tuntisuunnitelma kemian tunnille

Kurssi: Reaktiot ja tasapaino (KE5)

Kirja: Mooli 5, kappale 3: Protolyysireaktiot ja vesiliuoksen pH, Puskuriliuokset ja niiden toimintaperiaate

Tavoite: Opitaan puskuriliuos käsitteenä ja ilmiönä. Arkielämän esimerkkien kautta opitaan ymmärtämään puskuriliuosten toimintaperiaate; millaisia aineita ne ovat ja miten ne pystyvät vastustamaan pH: n muutosta.

LOPS: Reaktiot ja tasapaino (KE5) – kurssin yhtenä tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää tasapainon merkityksen ja tutustuu tasapainoon teollisuuden prosesseissa ja luonnon ilmiöissä. Kurssin keskeisiin sisältöihin kuuluu puskuriliuokset ja niiden merkitys.

1. Puskuriliuokset

- Mitä puskuriliuokset ovat? Liuoksia, joiden pH ei merkittävästi muutu, kun niihin lisätään pieniä määriä happoa tai emästä.
- Yhteys arkielämään: Kasvien kasvu ja eläinten ja ihmisten elintoiminnot häiriintyvät, jos pH-arvo ei pysy tietyssä arvossa. Luonnon nesteet, kuten veri, maito ja humushapot sisältävät puskureita.

2. pH:n muutoksen vaikutus

- Miten pH:n muutos vaikuttaa toimintaan?
- Esimerkki 1: säilörehu
(<http://www.yle.fi/teema/tiede/keksinnot/keksinnot.shtml>)
- Esimerkki 2: Video: Entsyymien toiminta.
(<http://opettajatv.yle.fi/artikkeli?id=706>)
Miten happamuus vaikuttaa entsyymien toimintaan? Opiskelijat etsivät videon avulla vastauksia annettuihin kysymyksiin.
- Kootaan yhdessä sekä videon että säilörehu esimerkkien herättämät ajatukset ja pyritään löytämään niiden välinen yhteys.

3. Tiedonhakutehtävä

- Etsi kirjallisuudesta tai internetistä tietoa, miten pH: n muutosta käytetään hyväksi. Pyri löytämään selitys jokaiselle löytämällesi tapaukselle.

4. Teoreettiset yksityiskohdat

- Puskuriliuos voidaan valmistaa joko heikosta haposta ja sen vastinemäksestä tai heikosta emäksestä ja sen vastinhaposta.
- Puskurikapasiteetti
- Puskuriliuosten pH-arvon laskeminen
- Puskuriliuosten toiminta molekyylitasolla

Kysymykset kemian tunnille videon rinnalle

1. Missä pH:ssa syljen amylaasi pilkkoo tärkkelystä parhaiten?
2. Valkuaisaineita pilkkovaa pepsiiniä erittyy mahassa. Mikä on sen toiminnalle oleellinen pH?
3. Millaiset olosuhteet mahassa on ja mikä sen aiheuttaa?
4. Millainen happamuus on ohutsuolessa?
5. Mikä aiheuttaa pH:n laskun ohutsuolessa?
6. Miksi rasvojen pilkkomisessa tarvitaan myös sappisuoloja?

Tuntisuunnitelma biologian tunnille

Kurssi: Ihmisen biologia (BI4)

Kirja: Koulun biologia 4, kappale 6

Tavoite: Opitaan ravintoaineiden pilkkoutuminen ja imeytyminen elimistössä. Opiskelijat ovat edellisellä tunnilla perehtyneet ruuansulatukseen liittyvien elimien rakenteisiin ja toimintaan. Lisäksi entsyymien toimintaperiaate on tuttua lukio pakollisesta Solu ja perinnöllisyys (BI2) – kurssilta.

LOPS: Ihmisen biologia (BI4) - kurssin tavoitteena on, että opiskelija osaa kudosten ja elinten rakenteet ja toimintaperiaatteet. Opiskelijan tulisi ymmärtää myös ihmisen kemiallisen tasapainon säätelymekanismeja sekä ulkoisten ja sisäisten tekijöiden vaikutuksia niihin. Opiskelija tulisi pystyä tarkastelemaan oppimiaan asioita arkielämän esimerkkien avulla.

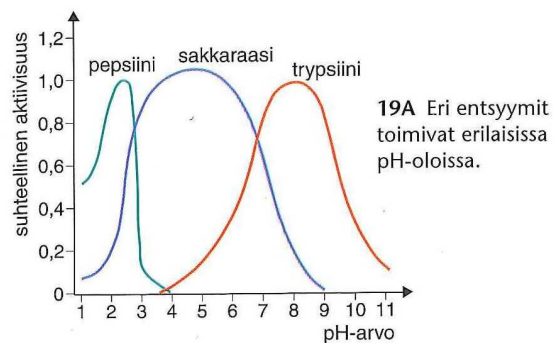
1. Ennakkotietoja ja – käsityksiä pH:sta ja happamuudesta. Kertausta peruskoulusta.
2. Video (4 min): Entsyymien toiminta (<http://opettajatv.yle.fi/artikkeli?id=706>)
 - Ruuansulatuksen entsyymien toimintaa käsittelevä video, jonka yhteydessä opiskelijat vastaavat annettuihin kysymyksiin.
 - Yhteinen koonti
3. Käydään läpi ravintoaineiden pilkkoutumiseen ja niiden imeytymiseen elimistössä liittyvää teoriaa.
4. Videon ja entsyymeihin liittyviä tehtäviä
5. Lisämateriaalina (jos on kaksoistunti tai haluaa käyttää seuraavankin tunnin aiheen ympärillä):
 - Työ 1: Ravintoaineiden imeytyminen ohutsuolessa
 - Työ 2: Amylaasin ja lipaasin toiminta.

Kysymykset biologian tunnille videon rinnalle

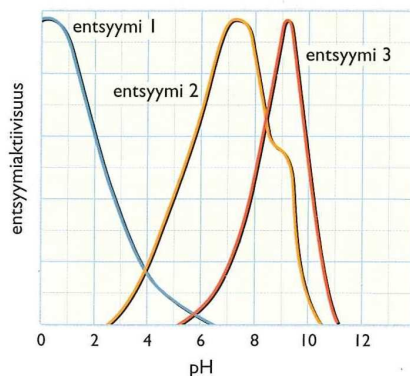
1. Mikä on syljen sisältämän amylaasi-entsyymin tehtävä?
2. Missä pH:ssa se toimii parhaiten?
3. Mikä entsyymi toimii mahassa ja mitä ravintoaineita se pilkkoo?
4. Mikä on pepsiinin toiminnalle ihanteellinen pH?
5. Miksi mahan pH on hapan? Mikä aiheuttaa happamuuden?
6. Miten käy amylaasin toiminnalle mahassa?
7. Missä rasvojen pilkkoutuminen tapahtuu?
8. Mitä tarvitaan rasvojen hajotukseen?
9. Miksi ruoka pitäisi pureskella hyvin ennen sen nielemistä?

Tehtäviä biologian tunnille

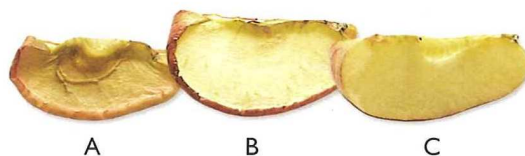
1. a) Missä ruansulatuskanavan osassa toimii entsyymi A? Missä entsyymi B?
Perustele vastuksesi. b) Miksi eri entsyymit toimivat ruansulatuskanavan eri osissa?
(Lähde: Koulun biologia 2 ja 4)



2. Selitä, mitä kuvaajat osoittavat pH:n vaikutuksesta entsyymin toimintaan. (Lähde: Bios 2)



3. Omenalohko C on juuri leikattu. A ja B on leikattu kaksi päivää sitten, mutta B:tä pidettiin minuutti kiehuvässä vedessä heti leikkauksen jälkeen. Selitä, mistä johtuu omenalohkojen A, B ja C erilainen ulkonäkö. (Lähde: Bios 2)



4. Erään entsyymejä sisältävän pyykinpesujauheen pesutehoa tutkittiin. Puuvillakangastilkkuja tahrittiin verellä. Kankaiden puhdistumista testattiin

ravistelemalla tilkkuja erilaisissa liuoksissa (kaikkien liuosten lämpötila 18 °C), saatiin taulukossa A esitetyt tulokset. Lisäksi tutkittiin, onko lämpötilalla vaikutusta pesujauheen tehoon. Tämän tutkimuksen tulokset on esitetty taulukossa B. Selitä taulukoissa esitetyt tutkimustulokset ja perustele selityksesi.

Taulukko A: Erilaisten liuosten tehokkuus veritahrin poistajana

Liuos, jossa kangasta ravisteltiin	Aika (h), jossa veritahra lähti pois
Vesi	Ei lähtenyt 12 h:ssa
1 % entsyymejä sisältävä pyykinpesujauhe	5
1 % entsyymejä sisältävä keitetty pyykinpesujauhe	9
1 % pyykinpesujauhe, joka ei sisällä entsyymejä	10

Taulukko B: Entsyymejä sisältävän pyykinpesujauheen teho eri lämpötiloissa

°C	20	30	40	50	60	70	80
Veritahra poistui (h)	5	2	0,5	0,5	2	3	3

(Lähde: Bios 2)

5. Amylaasi on tärkkelystä hajottava entsyymi. Kokeessa tutkittiin amylaasin aktiivisuutta eri lämpötiloissa.
 - a) Miten ja miksi entsyymin aktiivisuus riippuu lämpötilasta?
 - b) Mitkä muut ympäristötekijät voivat vaikuttaa entsyymien toimintaan ja miten?
 - c) Missä ruuansulatuselimistön osissa amylaasientsyymi toimii?

Lämpötila °C	Tärkkelyksen hajoamisaste (%)
7	4,1
17	10,6
27	17,3
37	22,0
47	18,3
57	8,3

(Lähde: Bios 4)

Kokeellinen työ biologian tunnille

(Lähde Koulun Biologia 4, opettajan materiaali sekä Miia Virtasen pro gradu, molemmat soveltuvin osin)

RAVINTOAINEIDEN IMEYTYMINEN

Välineet ja materiaalit: Huhmare ja hierrin, koeputki, iso ja pieni keitinlasi, lankaa, dialyysiletkua, aluslasi, pipetti, kaasupullo, koeputkipihdit. Erilaisia ruoka-aineita (esim. sokeria, suolaa, keksiä, maitoa), pankreatiinijauhetta, jodiliuosta, Fehlingin liuokset 1 ja 2 ja lakmuspaperia.

1. Pane erilaisia ruoka-aineita huhmareeseen ja hierrä niistä tasa-aineinen massa.
2. Leikkaa dialyysiletkusta 10 cm:n pätkä. Sido sen toiseen päähän pitävä solmu. Kaada hienonnettu ruoka-ainemassa dialyysiletkuun noin 5 cm:n verran ja lisää teelusikallinen pankreatiinijauhetta. Sulje toinen pää langalla ja pese dialyysiletku huolella juoksevan veden alla.
3. Aseta dialyysiletku, joka toimii suolen mallina, lämmintä vettä sisältävään pieneen keitinlasiin. Laita se noin 40-asteista vettä sisältävään isoon keitinlasiin ja anna seistä noin 15 minuuttia. Hae sillä välin aluslasi, pipetti, koeputki, tulitikut, kaasupullo ja koeputkipihdit.
4. Tutki, onko dialyysiletkun sisältöä imeytynyt pienen keitinlasin nesteeseen.
 - a. Ota pipetillä pienen keitinlasin nestettä aluslasille ja tiputa päälle pari tippaa jodiliuosta. Jos se värjäytyy tumman siniseksi, on siinä tärkkelystä.
 - b. Ota pienestä keitinlasista nestettä koeputkeen. Sekoita Fehlingin liuosta 1 ja 2 toisiinsa suhteessa 1:1 ja tiputa muutama pisara koeputkeen. Kuumenna liuosta varovasti pienellä liekillä. Varo, ettei neste kiehu yli eikä koeputken suu osoita kehenkään päin. Jos liuoksessa on sokeria, muuttuu sen väri muutamassa minuutissa keltaisen tai oranssin väriseksi.
 - c. Ota näyte keitinlasin vedestä ja kasta siihen lakmuspaperi. Hapan neste muuttaa lakmuspaperin sinisestä punaiseksi.
5. Selitä kokeesi tulos. Miksi kyseiset reaktiot tapahtuivat?

6. a) Mitä tärkkelykselle täytyy tapahtua ruuansulatuskanavassa, jotta se voisi imeytyä verenkiertoon?
- b) Minkä ruoka-aineen hajoamisen tuotteena syntyy sokeria? Entä aminohappoja? Entä rasvahappoja?
- c) Mikä on saanut ruoka-aineet hajoamaan tekosuolella?

Tuntisuunnitelma itseopiskelumateriaaliin

Tavoite: Tutustutaan entsyymien toimintaan erilaisilla pH alueilla sekä pH-arvon muutoksen hyödyntämiseen arkielämässä että teollisuudessa. Itseopiskelumateriaalia voi hyödyntää esimerkiksi lukion kemian ja biologian syventävillä kursseilla tai niiden integroitukursseilla joko etäopiskelun tai kotitehtävien muodossa. Oletuksena on, että opiskelijat ovat suorittaneet vähintään kemian ja biologian pakolliset kurssit.

LOPS: Sekä kemian että biologian valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa painotetaan luonnontieteellisen ajattelun ja nykyaikaisen maailmankuvan kehittymistä. Opetuksen tulisi auttaa opiskelijaa ymmärtämään jokapäiväistä elämää, luontoa ja teknologiaa sekä ihmisen toiminnan merkitys ympäristössä. Opiskelijan tulisi myös perehtyä nykyaikaiseen teknologiaan teollisuudessa ja ympäristötekniikassa. Opetuksen tulisi luoda perusta ymmärtää biotieteiden tarjoamia mahdollisuuksia edistää ihmiskunnan, muun eliökunnan ja elinympäristöjen hyvinvointia.

1. Ennakkokäsityksiä ja kertausta pH:sta, happamuudesta ja entsyymien toimintaperiaatteesta.
2. Video: Entsyymien toiminta. (<http://opettajatv.yle.fi/artikkeli?id=706>) Pohdi videon avulla vastauksia ohessa oleviin kysymyksiin.
3. Tutustu esimerkkitapauksena AIV-rehun valmistukseen.
(<http://www.yle.fi/teema/tiede/keksinnot/keksinnot.shtml>) Miten pH:n muutosta on siinä käytetty hyväksi?
4. Tiedonhakutehtävä: Etsi kirjallisuudesta tai internetistä tietoa
 - a) Etsi esimerkkejä arkielämän tilanteista, joissa pH:n muutosta on käytetty hyväksi.
 - b) Miten ja miksi entsyymejä hyödynnetään teollisuudessa?

Kysymykset itseopiskelumateriaaliin videon rinnalla

1. Missä pH:ssa syljen amylaasi pilkkoo tärkkelystä parhaiten?
2. Mikä entsyymi toimii mahassa ja mitä ravintoaineita se pilkkoo?
3. Mikä on mahassa toimivalle entsyymille oleellinen pH?
4. Miten käy amylaasin toiminnalle mahassa ja miksi näin tapahtuu?
5. Millainen happamuus on ohutsuolessa?
6. Miksi rasvojen pilkkomisessa tarvitaan myös sappisuoloja?