

VALMISTETAAN VAHALIITUJA!
PÄÄTÖKSENTEKO KOKEELLISEN OPETUKSEN
SUUNNITTELUSSA

Enni Grönlund
Pro gradu -tutkielma
Turun yliopisto
Kemian laitos
Opetuslaboratorio
Syyskuu 2017

Ohjaajat: Veli-Matti Vesterinen ja Ari Lehtonen

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

TURUN YLIOPISTO

Kemian laitos, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

GRÖNLUND ENNI: Valmistetaan vahaliituja! Päätöksenteko kokeellisen opetuksen suunnittelussa

Pro gradu -tutkielma, 65 s., 25 liites.

Kemian opetus

Syyskuu, 2017

Oppilaita aktivoivat ja työelämätaitoja kehittävät työtavat korostuvat opettajantyössä uuden opetussuunnitelman myötä. Jotta opettaja voisi opettaa oppilasta luovassa ongelmanratkaisussa, on hänen myös itse oltava siitä esimerkkinä. Tämän tutkielman tavoitteena on kehittää näihin tarpeisiin vastaava oppilastyö sekä selvittää, minkälaista päätöksenteko on kokeellisen kemianopetuksen suunnittelussa. Suunnittelun luonteesta saatavaa tutkimustietoa voidaan käyttää tukena kehitettäessä opettajankoulutukseen kursseja ja työtapoja, joilla pyritään tukemaan opettajien elinikäistä oppimista.

Tutkielma noudattaa kehittämistutkimuksen metodeja. Kehittämisen kohteena on perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) laaja-alaisia kokonaisuuksia kemianopetukseen integroiva ilmiöpohjainen kokeellinen oppilastyö. Tutkittavana ilmiönä ovat kuvataiteen tunneilta tutut vahaliidut, joiden tuotekehitys on oppilastyön toiminnan sisältönä. Tutkimus alkaa teoreettisesta tarveanalyysistä, joka kehittämisen aikana tapahtuvan empiirisen tarveanalyysin kanssa ohjaa työn ensimmäisen version kehittämistä. Alustavan version jatkokehittämistarpeita selvitetään pilotoimalla kahdesti oppilasryhmän kanssa.

Oppilastyön kehittämisen aikana tapahtunutta ongelmanratkaisua tutkitaan laadullisen aineistopohjaisen sisällönanalyysin menetelmin. Tutkimuksen tuloksena saatiin tietoa siitä, minkälaisia ongelmia suunnittelun aikana kohdattiin ja minkälaista päätöksentekoa suunnittelun eteneminen vaati. Tutkimustuloksena tunnistettiin päätöksenteon vaikuttimia sekä erilaisia ongelmanratkaisun strategioita. Selvisi, että asiantuntijoiden kanssa tehtävä yhteistyö näkyi suunnittelun etenemisessä uusina mahdollisuuksina, asiantietona, uusina ideoina sekä käytännön apuna. Ongelmanratkaisu noudatti kehittämistutkimuksessa aiemmin kehitettyjä malleja.

Asiasanat:

kehittämistutkimus, kemia, kuvataide, opetus, kokeellisuus, ilmiöpohjaisuus, yrittäjäyyskasvatus, päätöksenteko, elinikäinen oppiminen

Sisällysluettelo

1. Johdanto	1
2. Teoreettinen tarveanalyysi	2
2.1. Yrittäjyyskasvatus	2
2.1.1. Mitä yrittäjyyskasvatus on?	3
2.1.2. Yrittäjyyskasvatuksen tavoitteet	5
2.1.3. Yrittäjyyskasvatuksen ja koulun arvomaailma	6
2.1.4. Opettajankoulutus ja yrittäjyyskasvatus	8
2.1.5. Yrittäjyyskasvatus opetussuunnitelmassa	9
2.2. Oppiva kouluyhteisö muutoksen tuottajana	10
2.3. Ongelmanratkaisutaitojen merkitys opetuksessa	11
2.4. Oppilastyön kemian sisällöt	13
2.4.1. Kemian opetuksen tavoitteet opetussuunnitelmassa	13
2.4.2. Vahat	15
2.4.3. Väriaineet	17
2.4.4. Titaanidioksidin rakenteen määrittäminen röntgendiffraktiolla	18
3. Tutkimus	20
3.1. Kehittämistutkimus lyhyesti	20
3.2. Autoetnografinen tutkimus ja aineistopohjainen sisällönanalyysi	22
3.3. Tutkimuskysymykset	23
3.4. Suunnitteluprosessi tutkimuksen kohteena	24
4. Kehittämiskuvaus	26
4.1. Sykli 1: Empiirinen tarveanalyysi ja työn sisällön määrittäminen	26
4.2. Sykli 2: Pilotointi ja jatkokehittäminen	28
4.3. Lopputuloksen kannalta ratkaisevimmat päätökset	33
5. Ongelmanratkaisu suunnittelussa	34
5.1. Tutkimusaineiston käsittely	35
5.2. Suunnittelussa kohdatut ongelmat	36
5.2.1. Hyvin ja heikosti määritellyt ongelmat	37
5.2.2. Ongelmat suunnittelun eri vaiheissa	38
5.3. Päätöksentekoon vaikuttavat seikat	40
5.4. Päätöksenteko suunnittelussa	42

5.4.1. Erilaisia ratkaisuja ongelmiin	42
5.4.2. Suunnittelun eteneminen rajaavan päätöksenteon kautta	44
5.4.3. Miksi lykätä ongelman ratkaisemista?	46
5.5. Asiantuntijoiden vaikutus kehittämiseen	47
5.5.1. Yritysyhteistyö	48
5.5.2. Yrittäjyyskasvatuksen asiantuntijat	49
6. Pohdinta	50
6.1. Johtopäätökset	50
6.1.1. Kehittämistuotos	51
6.1.2. Ongelmanratkaisu suunnittelussa	52
6.2. Luotettavuus	57
6.3. Tutkimuksen ulkopuolelle jäävät seikat	58
LÄHTEET	60
LIITTEET	66

1. Johdanto

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena on selvittää, minkälaista päätöksenteko on kokeellisen kemianopetuksen suunnittelussa. Suunnittelun luonteesta saatavaa tietoa voidaan hyödyntää kehitettäessä opettajankoulutukseen kurseja ja työtapoja, joilla pyritään tukemaan opettajien elinikäistä oppimista. Tutkielma noudattaa kehittämistutkimukselle tyypillistä runkoa. Alussa tehdään tarveanalyysi, joka muodostaa tutkielman teoreettisen viitekehyksen. Sen jälkeen esitellään tutkimusmetodi, jota seuraa kehittämiskuvaus. Tutkimustulokset käsitellään tutkimuskysymyksittäin, ja lopuksi pohditaan tulosten merkitystä.

Suunnittelin kemianalan kokeellisen oppilastyön. Suunnittelun aikana kirjoitin työpäiväkirjaa suunnittelun etenemisestä. Tutkimusaineistona käytän päiväkirjan perusteella koottua dokumenttia suunnittelun aikana tapahtuneesta ongelmanratkaisusta sekä päätöksistä, joiden kautta suunnittelu eteni. Perehdyn luovaan ongelmanratkaisuun suunnittelussa omakohtaisen kokemuksen kautta.

Kuvaan ensin 2. *Tarveanalyysi*-luvussa teoreettisen perustan, joka ohjasi oppilastyön kehittämistä. Perustelen, minkä vuoksi työelämän tarpeet vaativat nykyisin opettajiakin oppimaan uutta ja miksi oppilaiden ongelmanratkaisutaitoja on opetuksen kautta tuettava. Selvennän yrittäjyyskasvatuksen tavoitteita ja merkitystä koulumaailmassa ja oppilastyön kannalta. Kuvaan tiiviisti oppilastyön suunnittelussa tarvitsemäni kemian sisällöt. Lisäksi tarkastelen kussakin alaluvussa teoreettista viitekehystä myös vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (jatkossa OPS) näkökulmasta (Opetushallitus, 2014).

Luvussa 3. *Tutkimus* kerron lyhyesti kehittämistutkimuksesta tutkimusmenetelmänä ja perustelen sen soveltuvuuden tämän tutkielman rungoksi. Esittelen tutkimuskysymykset ja perustelen niiden valinnan. Kuvaan myös lyhyesti tutkimuksen perustana käytettyä suunnitteluprosessia kehittämistutkimuksen näkökulmasta. Tarkastelen tarveanalyysin ja tutkimussuunnitelman merkitystä kehittämistutkimuksessa luovan suunnitteluprosessin kannalta.

Kuvaan kehittämisprosessin luvussa 4. *Kehittämiskuvaus* jaoteltuna kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa kuvaan, miten työn sisällön kehittäminen eteni. Toisessa vaiheessa kuvaan, miten työohjeen rakentaminen ja muokkaaminen eteni sekä

minkälaisia kehittämistä vaativia seikkoja pilotoinnin kautta ilmeni. Poimin myös kehittämistuotoksen kannalta tärkeimmät päätökset tarkasteluun.

Tutkimustulokset käsittelen tutkimuskysymyksittäin luvussa 5. *Ongelmanratkaisu suunnittelussa*. Kuvaan päätöksenteon taustalla vaikuttavat asiat. Tarkastelen päätöksentekoa sekä kohdattujen ongelmien että niiden ratkaisemiseksi tehtyjen päätösten ominaisuuksien näkökulmasta. Lisäksi tarkastelen asiantuntijoiden kanssa tehtävän yhteistyön vaikutuksia suunnittelun etenemiseen ja päätöksentekoon.

Lopuksi kertaan keskeiset tulokset luvussa 6. *Pohdinta*. Esitän mahdollisuuksia jatkotutkimuksille aiheesta. Arvioin tutkimuksen luotettavuutta sekä tutkimustulosten hyödynnettävyyttä. Pohdin myös tutkimustulosten merkitystä opetuksen suunnittelun ja muun tutkimuksen kannalta.

2. Teoreettinen tarveanalyysi

Kehittämistutkimuksen teoreettinen osa koostuu tarveanalyysistä, jossa määritetään, minkälaisia tarpeita ja tavoitteita kehittämisellä on. Kehittämisen kohteena on uusi kokeellinen oppilastyö Turun yliopiston Kemian laitokselle. Oppilastyön suunnittelussa on tarkoitus kokeilla oppivaa opettajuutta.

Opetusaineistojen suunnittelussa on huomioitava, että ne vastaavat opetussuunnitelmien ja kemianopetuksen tavoitteisiin. Suunnittelussa oppilastyössä on huomioitu OPS:n yleisten tavoitteiden ja kemian opetuksen tavoitteiden lisäksi erityisesti laaja-alaisen opetuksen tavoitteita. OPS:n kanta yrittäjyyskasvatukseen, luovan ongelmanratkaisun ja kemian opetuksen toteuttamisessa on kuvattu kunkin kannalta olennaisessa alaluvussa.

2.1. Yrittäjyyskasvatus

”Yrittäjyys on ennen kaikkea ajattelutapa. Siihen kuuluu yksilön motivaatio ja kyky tunnistaa ja pyrkiä toteuttamaan mahdollisuus, joko yksin tai osana organisaatiota, tarkoituksena luoda uutta arvoa tai taloudellista menestystä.”

Euroopan yhteisöjen komissio, Yrittäjyyden vihreä kirja (2003)

2.1.1. Mitä yrittäjyyskasvatus on?

Yrittäjyyskasvatus on kirjattu opetuksen strategia-asiakirjoihin paikallisista opetussuunnitelmista Euroopan yhteisiin suuntalinjoihin saakka. Kirjattujen strategioiden poliittisen tason taustalla on pyrkimys vastata yhteiskunnan muutoksen tarpeisiin (Pihkala & Ruskovaara, 2011). Yrittäjyyskasvatus on osana tavoitetta, jossa pyritään lisäämään EU:n kansalaisten yrittäjyystaitoja ja tätä kautta työllisyyden kasvua Euroopassa. Yrittäjyystietouden lisäksi yrittäjyyteen tarvitaan oikeanlaista asennetta ja yrittäjyystaitoja (Euroopan komissio, 2003).

Opetusministeriön määritelmän mukaan ”Yrittäjyys sisältää luovuuden, innovaatiokyvyn ja riskinoton, kyvyn suunnitella ja johtaa toimintaa tavoitteiden saavuttamiseksi” (Opetusministeriö, 2009). Yrittäjyyskasvatuksella tuetaan yrittäjyydessä tarvittavia ominaisuuksia ja opetetaan yrittäjyydessä tarvittavia taitoja (Kyrö, 2001). Näitä yhteiskunta voi parhaiten tarjota yleissivistävän koulutusjärjestelmän kautta (Euroopan komissio, 2003).

Yrittäjyyskasvatuksen konseptin voi sanoa syntyneen osana kansalaiskasvatusta 1700-luvun valistuksen ajalla, kasvatustieteen synnyn ohessa. Koulutuksen kautta haluttiin lisätä kansan yritteliäisyyttä sekä ymmärrystä ja omaa ajattelua haitallisia uskomuksia ja perinteitä vastaan. Koulutuksen ja yhteiskunnallisten muutosten kautta edistystä saatiinkin aikaan. Yrittäjyys on alun perin historiassa 1700-luvulle saakka nähty ihmisen toimintatapana, joka pyrkii uuden luomiseen. Ekonomisen ajattelun vahvistuessa 1800-luvun alussa siirtyi painopiste ihmisen kykyyn kontrolloida luontoa ja luoda vaurautta yhteiskuntaan, jolloin syntyi myös pääoman ja omistamisen tärkeyttä korostava ajattelumaailma. (Ikonen, 2006, 2007.)

Modernin ajan alusta 2000-luvun vaihteeseen saakka on luonnon rooli vähentynyt, ja yrittäjyyteen liittyvässä keskustelussa ovat tyypillisesti raha ja pääoma aktiivisempia toimijoita kuin varsinainen yrittäjä. Vasta 2000-luvun vaihteessa on palattu tarkastelemaan ihmisen toiminnan merkitystä yrittäjyydessä. Kasvatustieteiden apu yrittäjyyskasvatuksen kehittämisessä on olennainen juuri siksi, että lopulta kyse on inhimillisestä toiminnasta, johon voidaan kasvatuksen avulla vaikuttaa. (Ikonen, 2006, 2007; Kyrö, 2001.)

Suurimman osan 1900-lukua yrittäjyyskasvatus on suuntautunut lähinnä yrittäjien tai yrittäjiksi aikovien kouluttamiseen, mutta 1970–80-luvuilla yrittäjyyskasvatusta laajennettiin myös työttömyysuhan alla olevien kouluttamiseen ja heidän yrittäjyystaitojensa vahvistamiseen. Painopiste oli vielä tässä vaiheessa

liiketalouden osaamisessa. (Kyrö, 2001.) Yrittäjyyskasvatus kirjattiin peruskoulun opetussuunnitelmaan ensimmäistä kertaa 1990-luvulla (Ikonen, 2006). Vielä nykyäänkin on yrittäjyyskasvatuksen pedagoginen tausta heikosti määritelty (Kyrö, 2001). Vaikka yrittäjyyskasvatus on edennyt yrittäjien kouluttamisesta koko kansan asennekasvatuksen suuntaan, on vallitseva kehitys ollut vuosituhannen alkuun saakka lähinnä erilaisten opetusmenetelmien kokeilua. Tämän nähdään johtuvan yrittäjyyskasvatuksen verkoston rakenteesta ja aiheeseen liittyvän kasvatustieteellisen tutkimuksen vähyydestä (Ikonen, 2006).

Yrittäjyys voidaan jakaa sen ilmenemismuotojen perusteella näkökulmaltaan kolmeen osaan: omaehtoiseen, sisäiseen ja ulkoiseen yrittäjyyteen. Omaehtoinen yrittäjyys on yrittäjyyden vanhin muoto ja ilmenee yksilön yrittäjämäisenä asennoitumisena ja toimintana sekä vastuun ottamisena elämän eri osa-alueilla. Sisäinen yrittäjyys ilmenee yksilön tai organisaation kollektiivisena yrittäjämäisenä toimintatapana, kun ulkoinen yrittäjyys taas näkyy yritystoiminnan harjoittamisena eli yrityksen omistamisena ja johtamisena. (Kyrö, 2001; Remes, 2001.)

Yrittäjämäisessä opetuksessa omaehtoinen yrittäjyys sisältyy yksilön toimintaan ja oppimisprosessin itsesäätelyyn, sisäinen yrittäjyys ryhmän vuorovaikutukseen ja ulkoinen yrittäjyys puolestaan oppimistehtävän ulkoisiin ja materiaalsiin rajoituksiin (Lepistö & Rönkkö, 2014). Vastaavalla tavalla voidaan tarkastella myös yrittäjyyskasvatusta kolmesta eri näkökulmasta. Niistä ensimmäisessä oppiminen tapahtuu yrittäjyyttä varten, jolloin painopiste on yksilön yritteliäisyyteen vaikuttavien ominaisuuksien harjoittelussa ja vahvistamisessa. Toinen näkökulma, oppiminen yrittäjyydestä, tarkoittaa yrittäjyyteen liittyvien asioiden oppimista eli yrittämiseen liittyvän tietomäärän kasvattamista. Kolmas näkökulma on oppiminen yrittäjyyden kautta, jolloin opitaan asioita yritystoiminnan harjoittamisen kautta. (Tiikkala, 2014a.)

Yrittäjyyskasvatus on yhdistelmä opetusmetodeja, opetuksen sisältöjä, opettajan ajattelutapaa sekä koulun ja sen yhteistyökumppaneiden toimintakulttuuria. Sille ominaista on kokemuksellisuus ja vuorovaikutteisuus. Yrittäjyyskasvatukseen kuuluu oppilaiden osallistamista, kansalaistaitojen opettelua, yrittäjyyttä ja yritteliäisyyttä, didaktiikkaa sekä pedagogiikkaa. (Lepistö & Rönkkö, 2014.)

2.1.2. Yrittäjyyskasvatuksen tavoitteet

”Much of the economy’s, ability to innovate, diversify, and create new jobs comes from the small business sector. However, if new firm start-ups are to continue to increase, it is necessary to encourage and foster enterprise at an earlier age. This can be effectively actioned through the promotion of enterprise through education.”

Briga Hynes (1996)

Näkökulma, josta yrittäjyyskasvatusta lähestytään, on muuttunut Suomessa yrittäjyyskasvatuksen historian aikana yrittäjäksi kasvattamisesta yritteliäisyyteen kasvattamiseen (Ikonen, 2006; Kyrö, 2001). Lähtökohtana voidaan nähdä oppilaan kasvattaminen sosiaalisesti yritteliäksi kansalaiseksi. Sosiaaliseen yritteliäisyyteen kuuluvat ainakin poliittinen, sivistyksellinen, taiteellinen ja taloudellinen yritteliäisyys, joista ensimmäiseen tähtää kansalaiskasvatuksen kirjoon kuuluva demokratiakasvatus ja viimeiseen samaten kansalaiskasvatukseen kuuluva yrittäjyyskasvatus (Ikonen, 2006).

Yritteliäät ihmiset vievät yhteiskuntaa eteenpäin luovia ratkaisuja ja innovaatioita tehden, toimivat he sitten yrittäjinä tai jossakin toisessa toimenkuvassa (Hartshorn & Hannon, 2005). Näiltä osin yrittäjyyskasvatus on helpointa hahmottaa osana kouluissa tapahtuvaa kansalaiskasvatusta eli vaikuttamista yksilön yrittäjämäiseen käytökseen, taitoihin ja uskomuksiin (Ikonen, 2006; Rytkölä, Kesler, & Karhuvirta, 2011; Seikkula-Leino, 2007).

Yrittäjyyskasvatuksesta saatava tieto on hajanaista, ja opettajien on ollut vaikea hahmottaa sen tavoitteita ja sisältöjä (Seikkula-Leino, 2007a, 2007b). Tämä saattaa osaltaan johtua siitä, että yrittäjyyskasvatus on ollut toistaiseksi lähinnä projektimaista ja opettajien kokemuksen mukaan muusta opetuksesta irrallista. Yrittäjyyskasvatuksen nivoutumista koulumaailmaan voidaan tukea oikeanlaisella järjestäytymisellä ja resursseilla. Opettajien tulisi asettaa itselleen ja opetukselleen selkeitä tavoitteita, jotta yrittäjyyskasvatuksen yhdistäminen muuhun opetukseen helpottuisi. (Pihkala & Ruskovaara, 2011.) Kansalaiskasvatuksen kokonaisuuksia suunniteltaessa opettajien välinen yhteistyö ja keskustelu hyödyttävät tavoitteiden saavuttamista (Rytkölä ja muut, 2011).

Tiedekasvatuksessa painotetaan kokonaisvaltaisen ajattelun merkitystä sekä ongelmanratkaisutaitoja. Monet luonnontieteiden opetuksessa paljon käytetyt työtavat

edistävät yrittäjyyskasvatuksen tavoitteista myös elinikäistä oppimista, yleisiä kansalaistaitoja ja työelämävalmiuksia. Näitä ovat muun muassa ongelmien hahmottaminen ja muotoilu, itseohjautuva tietojen ja taitojen täydentäminen, ongelmanratkaisu, tiedon etsintä ja soveltaminen, tulosten esittäminen, perusteltujen mielipiteiden esittäminen ja tilanteiden arvioiminen. Yrittäjyyskasvatus sopiikin hyvin koulussa jo toteutettavan osallisuuskasvatuksen ja luonnontiedekasvatuksen yhteyteen. Yrityksille välttämättömät innovaatiot vaativat tiedon hyödyntämistä, luovaa ajattelua ja ongelmanratkaisutaitoja, joita myös luonnontiedeopetuksessa harjoitellaan (Kokko, 2007; Rytkölä ja muut, 2011).

2.1.3. Yrittäjyyskasvatuksen ja koulun arvomaailma

YVI-sanakirjan määritelmän mukaan arvot ohjaavat yksilön suhtautumista asioihin sekä käyttäytymistä osana yhteisöä. Koulu ja koulun toimintakulttuuri ovat tärkeitä välineitä yhteiskunnan arvojen välittämisessä oppilaille. Työpaikoilla työntekijöiden arvostetut ominaisuudet kääntyvät yleisiksi työelämän arvoiksi, kun ne on laajalla alueella, esimerkiksi koko maassa tai tietyllä alalla, ja pidemmällä aikavälillä tunnistettu yleisesti toivottaviksi. Työelämässä tunnistetut arvot muovautuvat luonnollisesti samalla yrittäjyyskasvatuksen arvoiksi ja sitä kautta myös koulumaailmassa tavoiteltaviksi arvoiksi. Yrityksimaailmassa työntekijöillä toivotaan olevan monipuoliset ajattelun ja yhteistyön taidot. Monet työelämässä ja yrittäjyyskasvatuksessa tällä hetkellä arvostetuista taidoista ovat sellaisia, jotka auttavat yksilöä selviämään muuttuvassa ja ennakoimattomassa tulevaisuuden työmaailmassa. (Tiikkala, 2013, 2014a; YVI-sanakirja.)

Työelämässä innovaatioiden ja oppimisen on todettu olevan tärkeitä tekijöitä yritysten menestymiselle ja keskenään erottamattomassa vuorovaikutussuhteessa. Oppimista tapahtuu, kun tunnettuja tietoja ja taitoja yhdistellään tai sovelletaan uusin tavoin, mikä on myös innovaatioiden synnyn lähde. Innovaatiot harvoin syntyvät kerralla, vaan ovat useiden pienempien oivallusten tulos. Yritysten innovaatiot kumpuavat mahdollisuudesta yhdistää teollisuuden, teknologian ja tieteen saavutuksia. Innovaatioiden syntymiseen tarvitaan kuitenkin myös oikeanlaiset työntekijät ja työilmapiiri. Uudenlaista oppivan organisaation toimintastrategiaa toteuttavissa yrityksissä työntekijät ja yhteistyö ovat kantavia voimia. Vanhassa tuotantomallissa työntekijät ovat vahvasti erikoistuneita ja toiminnan suunnittelu ja toteutus tapahtuvat erillisinä, kun taas uudessa tuotantomallissa työntekijältä edellytetään monitaitoisuutta,

joustavuutta ja työskentelyn itsesääteilyä. Yritysmaailmassa oppiva organisaatio tuottaa enemmän innovaatioita kuin perinteisellä tuotantomallilla toimiva. (Järvensivu, 2008).

Tony Wagner (2011) on tutkimuksessaan kartoittanut seitsemän tärkeintä taitoa, joita yritysmaailmassa työntekijöiltä toivotaan ja joiden kehittymiseen koululaitoksen tulisi oppilaitaan kasvattaa. Niistä ensimmäisinä on mainittu kriittinen ajattelu ja ongelmanratkaisukyky. Ne auttavat ratkaisemaan ongelmia, joita vääjäämättä tulee vastaan ja joita ehkä kukaan ei ole kohdannut tai ratkaissut aikaisemmin. Aloitteellisuus ja yrittäjämäisyys tuottavat eteenpäin vieviä innovaatioita. Yhteistyö ja johtajuus tehostavat työskentelyä erilaisista toimijoista koostuvissa ja muuttuvissa tiimeissä. Yhteistyötaitoihin kytkeytyy kyky tehokkaaseen suulliseen ja kirjalliseen kommunikaatioon. Terävä-älyisyys ja sopeutumiskyky arvotetaan asiantietoa tai teknistä osaamista tärkeämmiksi taidoiksi alati muuttuvassa työelämässä. Tiedonhankinta ja tiedon arviointi käyvät tiedon määrän lisääntyessä jatkuvasti tärkeämmiksi taidoiksi. Lopulta uteliaisuus ja mielikuvitus tuovat lähelle luovia ja omaperäisiä ratkaisuja. (Wagner, 2011.)

Yrittäjyyskasvatuksella asennekasvatuksena pyritään lisäämään työelämämyönteisyyttä (Opetushallitus, 2014). Moni kokee työelämän turvattomana, kun työura tarkoittaa pätkätöitä, tulostavoitteita tai urakatkoja, jolloin työn jatkuvuus, työntekijöiden välinen luottamus ja yhteistyö ei ole itsestäänselvyys. Toisaalta ne, jotka kykenevät elinikäiseen oppimiseen, oman työnsä kehittämiseen sekä innovatiiviseen toimintaan, ovat haluttua työvoimaa. (Järvensivu, 2008). Oppilaille halutaan yrittäjyyskasvatuksen kautta välittää ymmärrys siitä, että omilla valinnoilla ja asenteilla on todellinen vaikutus työssä pärjäämiseen (Opetushallitus, 2014). Yrittäjyyskasvatuksen tärkeimmiksi arvoiksi ovat tutkimuksissa tarkentuneet yhteistyökyky, vastuun ottaminen, ongelmanratkaisukyky, virheistä oppiminen, kyky sietää muutosta, kyky ottaa riskejä, aloitteellisuus ja sitoutuminen. Kaikki nämä ovat tärkeitä arvoja ja taitoja kaikessa elämässä selviytymisessä. (Tiikkala, 2013, 2014a.)

Koululaitoksen perinteisiä arvoja ovat varmuus, järjestelmällisyys, tieto, johtajuus, turvallisuus ja perinne. Nämä arvot ovat epäyrittäjämäisiä ja jopa ristiriidassa edellä kuvattujen yrittäjämäisten arvojen, kuten aloitteellisuuden, riskinottokyvyn ja virheistä oppimisen kanssa. Yksi yrittäjyyskasvatuksen haasteista koulumaailmassa ja opetukseen integroimisessa onkin nimenomaan yhdistellä sopivissa määrin yrittäjämäisiä ja epäyrittäjämäisiä arvoja. (Tiikkala, 2014a). Uuden OPS:n myötä pyritään muokkaamaan koulun toimintatapoja siten, että opetus tähtäisi enemmän työelämässä kaivattujen taitojen omaksumiseen (Opetushallitus, 2014).

2.1.4. Opettajankoulutus ja yrittäjyyskasvatus

Peruskoulukin voi toimia oppivana organisaationa, jossa opettajien välinen tiimityö mahdollistaa uudenlaisten ratkaisujen löytämisen ja toimintamallien muutoksen. Opettajat voivat kuitenkin onnistuneesti ottaa opetusmenetelminä käyttöön tiimityöskentelyn, epävarmuuden sietämistä vaativat projektit ja avoimen ongelmanratkaisun vasta sitten, kun heillä on niistä omakohtaista kokemusta ja he voivat olla niistä oppilaille mallina. (Nummenmaa, 2006).

Valtakunnallinen opetussuunnitelma on tärkein dokumentti, jonka kautta yhteiskunta vaikuttaa koulutuksen muutokseen. Sen uudistamista ohjaavat yhteiskunnan arvot, ideologiset ja poliittiset päämäärät, yhteiskunnan trendit, kuten globalisaatio tai tekniikan kehitys, sekä eri oppiaineiden asiasisällöissä tapahtuneet muutokset. Yrittäjyyskasvatuksen kirjaaminen valtakunnalliseen opetussuunnitelmaan saa osaltaan aikaan muutoksen koulujen toiminnassa. Koulun ja yrittäjyyskasvatusta toteuttavan opettajan kannalta olennaista on, miten yrittäjyyskasvatuksen toteuttaminen suunnitellaan paikallisesti. Kunnan poliittinen kanta, rehtorin johtaminen, koulun toimintakulttuuri sekä käytävissä olevat rahalliset ja ajalliset resurssit vaikuttavat opetuksen käytännön toteuttamiseen myöskin yrittäjyyskasvatuksen osalta. (Seikkula-Leino, 2007b).

Yrittäjyyskasvatuksen soveltaminen opetuksessa riippuu paljolti opettajan asennoitumisesta yrittäjyyskasvatukseen. Mitä laajempi ymmärrys opettajalla yrittäjyyskasvatuksesta on, sitä positiivisemmin hän siihen myös suhtautuu (Lepistö & Rönkkö, 2014). Moni opettaja saattaa tiedostamattaan paljonkin soveltaa yrittäjyyskasvatuksen periaatteita, sillä ne ovat monen muun pedagogisen menetelmän kanssa yhteisiä. Yrittäjyyskasvatus mielletään edelleen käsittämään lähinnä yritys yhteistyön ja ammatinvalinnan ohjauksen, vaikka se tarkoittaa myös niitä pedagogisia ratkaisuja, jotka kannustavat oppilaista esiin yrittäjämäisiä piirteitä ja kasvattavat itsetuntoa ja motivaatiota. (Ruskovaara, Seikkula-Leino, Hämäläinen, & Hannula, 2014.)

Yrittäjyyskasvattavan opettajan on opittava ensin itse seuraamaan yrittäjämäisen pedagogiikan polkua ja oltava tietoinen siitä, miten opettaa. Opettajankoulutus on turvallinen ympäristö kokeilla uudenlaisia menetelmiä. Jotta voi pätevästi opettaa yrittäjämäistä toimintaa, on uskaltauduttava yrittäjämäiseen toimintaan myös itse. Yrittäjämäistä pedagogiikkaa seuraavan opettajan vaatimuksina ovat siis muun muassa avoimuus, vastaanottavuus, riskinotto, aktiivisuus, kriittisyys, reflektointi ja

kehittyminen. Yrittäjyyskasvattavan opettajan on myös hyvä kyetä luopumaan omasta asiantuntijuudestaan ja siirtyä jaettuun asiantuntijuuteen sekä yhteistyöhön muiden asiantuntijoiden kanssa. (Lepistö & Rönkkö, 2014.)

Jo ammattia harjoittavien opettajienkin kouluttaminen yrittäjyyskasvatukseen on tärkeää. Pätevä opettaja kehittyy yrittäjyyskasvattajana refleктоimalla ymmärryksen, motivaation, käytänteiden ja visioiden kautta. Toisella asteella, erityisesti ammatillisessa koulutuksessa ja ammattikorkeakouluissa, yrittäjyyden taidot ja yrittäjyyskasvatus monissa muodoissaan toteutuvat jo suhteellisen monipuolisesti. Toisen ja korkeamman asteen yrittäjyyskasvatuksen tavoitteisiin pääsemistä tehostaisi kuitenkin yrittäjyyskasvatuksen taitojen vahvistaminen kuhunkin ikäluokkaan sopivalla tavalla jo peruskoulussa. (Tiikkala, 2014a.)

2.1.5. Yrittäjyyskasvatus opetussuunnitelmassa

OPS:n valtakunnallisissa tavoitteissa mainitaan elinikäisen oppimisen ja hyvän elämän edellytysten edistäminen perusopetuksen kautta. Peruskoulun yläluokkien opetuksessa erityisen tärkeänä pidetään mahdollisuuksien luomista oppilaan itsetuntoa vahvistaviin osaamisen ja onnistumisen kokemuksiin. Oppiainekohtaisten tavoitteiden lisäksi tulee opetuksessa välittää oppilaille oppiainerajat ylittävää monialaista osaamista. Tätä tavoitetta tukemaan on oppiainekohtaisten tavoitteiden lisäksi OPS:ssa eritelty laaja-alaisen osaamisen kokonaisuuksia, joiden kehittymistä oppilaissa tulisi jokaisen opettajan opetuksessaan tuettava. Työelämätaitojen edistämiseksi on kirjattu yrittäjyyskasvatuksen laaja-alainen kokonaisuus. (Opetushallitus, 2014.) Suunniteltavan oppilastyön kantavana teemana on laaja-alaisen tavoitteiden huomioiminen kokeellisen kemianopetuksen suunnittelussa. Suunnittelun lähtökohdaksi valittiin ainerajojen ylittäminen ja olennaiseksi sisällöksi nousi jo suunnittelun alkuvaiheessa yrittäjyyskasvatus.

OPS:ssa mainitut työelämätaitojen ja yrittäjyyden tavoitteet tähtäävät yksilön kasvamiseen aktiiviseksi ja tiedostavaksi kansalaiseksi. Tavoitteena on välittää oppilaille myönteistä asennetta sekä kiinnostusta työelämää kohtaan. Yrittäjyyskasvatuksen työtapojen kautta oppilaille hahmottuu oman yritteliäisyyden ja vastuun merkitys osana työyhteisöä ja koko yhteiskuntaa. Myönteisen asenteen lisäksi tavoitteena on vahvistaa oppilaassa työelämässä tärkeitä tietoja ja taitoja, kuten työelämäntuntemusta, ryhmätoimintaa, projektityöskentelyä ja verkostoitumista. Parhaassa tapauksessa yrittäjyyskasvatuksen tavoitteiden yhdistäminen

kouluopetukseen lisää oppilaan motivaatiota muuhunkin opiskeluun. Uudenlaisina taitoina mainitaan yrittäjäyyskasvatuksen yhteydessä epäonnistumisten ja pettymysten kohtaaminen välttämättömänä osana oppimista ja kehittymistä. Yrittäjäyyskasvatuksessa vaikeuksia kohdatessa kannustetaan sisukkuuteen, loppuun jatkamiseen ja työn tulosten arvostamiseen. (Opetushallitus, 2014.)

2.2. Oppiva kouluyhteisö muutoksen tuottajana

Suomen koululaitos on kehitetty teollistumisen aikana. Monet silloin omaksutut toimintamallit ovat edelleen käytössä, vaikka yhteiskunta ja työelämän tarpeet ovat muuttuneet huomattavasti. Koululaitoksen ja opettajan kasvatustyö tähtää kansan tiedollisen sivistämisen lisäksi myös yksilöiden kasvatukseen yhteiskunnan jäseniksi (Ikonen, 2006). Yhteiskunnan toimintaperiaatteiden ja arvomaailman muuttuessa pitäisi koulunkin näin ollen pystyä muuttamaan toimintakulttuuriaan. Tähän saakka muutos on keskittynyt lähinnä opetussisältöihin, vaikka nykyisellään muutostarpeet ovat enemmän opetustapoihin sekä opettajien ja oppilaiden rooliin liittyviä (Väljærvi, 2006).

Koulujen toimintakulttuurin muutos lähtee opettajankoulutuksesta ja hallinnon linjauksista, mutta vaatii myös koko opettajakunnan sitoutumista kehitysohjon, opettajien henkilökohtaista oppimista ja koulun uusien toimintatapojen kehittämistä. Opettajakunnan yhteistyö ja avoin keskustelu opetuksen periaatteista on opettajien arvion mukaan koulujen kehittymisessä suurin este (Kiviniemi, 2000). Toisaalta juuri toisten asiantuntijoiden kanssa tasavertaisesti keskusteleminen on opettajilla todettu tehokkaaksi keinoksi kehittää omaa osaamistaan (Pugach & Johnson, 1990). Opettajan tulisi rohkeasti altistaa omia toimintatapojaan kriittiselle tarkastelulle, jotta uudenlaisten toimintamallien kehittäminen olisi mahdollista. Oppiva kouluyhteisö tarvitsee onnistuakseen opettajien henkilökohtaista oppimista, opettajien toimimista tiimeissä, toiminnan reflektointia ja koko koulun yhteisiä visioita. (Johnson, 2006.)

Yhteiskunnan ja kasvatuskulttuurin muutosten myötä oppilaiden häiriökäyttäytyminen kouluissa on lisääntynyt, ja opettajien keinot hallita ryhmiä tuntuvat liian vähäisiltä. Oppilaat ovat tottuneet nopeatempoisempaan kommunikaatioon kuin mihin perinteisessä opettajavetoisessa kouluopetuksessa on totuttu. Lisäksi oppilaat ovat arkielämässä tottuneet omaehtoiseen etenemiseen ja mahdollisuuteen vaikuttaa asioiden etenemiseen kasvatuskulttuurin muututtua keskustelevämmäksi. (Kiviniemi, 2000.) Mahdollisena ratkaisuna kouluviihtyvyyden lisäämiseksi on uudessa OPS:ssa painotettu erilaisia oppimisympäristöjä ja oppimisen vastuun siirtämistä enemmän oppilaalle.

Lisäksi OPS:n laaja-alaisissa tavoitteissa on painotettu oppimisen ja ongelmanratkaisun taitojen kehittämistä osana peruskoulun opetusta. (Opetushallitus, 2014.)

Koulujen on tarkoitus kasvattaa oppilaista aktiivisia ja osallistuvia kansalaisia, joilla on työelämässä tarvittavia taitoja ja asennetta. Myös jatkuvasti muuttuvassa työelämässä yhteistyötaidot, oppimisen taidot ja omasta toiminnasta vastuun kantamisen taito ovat tärkeitä (Wagner, 2011). Jotta koulu voisi opettaa työelämässä tarvittavaa joustavuutta ja itseohjautuvan oppimisen taitoja oppilaalle, on sen opettajien ja koko koululaitoksen itse toimittava esimerkkinä muutoskyvystä ja oppimisesta. Opettaja ei voi odottaa oppilaalta enempää taitoa kuin hänellä itsellään on. (Johnson, 2006.) Uuden OPS:n mukaista opetusta ja aineistoa suunnitellaan tälläkin hetkellä ympäri maata. Kehittyvän opettajan päätöksenteko opetuksen suunnittelussa on reflektiivistä. Opetuksen suunnittelijan reflektiivisessä päätöksenteossa vaikuttavat opetettava sisältö, oppilasaines, pedagoginen ja didaktinen tieto, konteksti, aiemmat kokemukset, henkilökohtainen arvomaailma ja näkemys sekä toiminnanohjaus. (Colton & Sparks-Langer, 1993.)

Suunnittelu ei etene ilman päätöksentekoa, ja suunnittelun tutkimuksessa on näkökulma siirtymässä ongelmanratkaisun sijaan päätöksentekoon (Eriksson, Johnsson & Olsson, 2008). Päätöksenteossa on paljon samankaltaisuutta, oli se sitten insinöörien, arkkitehtien tai opettajien suunnittelua (Colton & Sparks-Langer, 1993; Eriksson ja muut, 2008; Lawson, 2004). Opettajien päätöksentekoa ja sen tukena käytettyjä periaatteita on aiemmin tutkittu jonkin verran luokkahuonetilanteissa (Aho, Haverinen, Juuso, Laukka, & Sutinen, 2010; Duschl & Wright, 1989), mutta aineiston kehittämisen päätöksenteosta ei vielä löydy kattavaa tutkimustietoa. Yhdysvalloissa tietoa opettajien päätöksenteosta on hyödynnetty siinä, miten ohjattu opetusharjoittelu on toteutettu (Colton & Sparks-Langer, 1993; Westerman, 1991). Vastaavia päätöksenteon malleja on kehitetty paljon insinööritieteissä, ja niiden pohjalta on kehitetty jopa suunnittelua parantavia ohjelmia (Eriksson ja muut, 2008; Hansen & Ahmed, 2002; Hansen & Andreasen, 2004).

2.3. Ongelmanratkaisutaitojen merkitys opetuksessa

Luova ongelmanratkaisu kehittää oppimiskyvyn lisäksi myös oppilaan identiteettiä. Identiteetti kehittyy sosiaalisiin yhteisöihin osallistumisen pohjalta. Osallistavien opetusmenetelmien kautta vahvistetaan oppilaassa ensi sijassa pystyvyyden tunnetta sekä itsetuntoa, jolloin oppilas pystyy ottamaan yhä enemmän vastuuta omasta oppimisestaan. Koulu on suurena vaikuttajana nuoren identiteetin kehittymiselle, ja sillä

on suuri vastuu siitä, mihin suuntaan se nuorten identiteettiä haluaa muokata. (Hakkarainen, Lonka, & Lipponen, 2005.)

Opetuksessa olisi tärkeää jättää tilaa ja vastuuta jokaiselle nuorelle, jotta nämä voisivat harjoitella argumentoinnin ja osallistumisen taitoja. Oppilaita osallistavissa ongelmanratkaisutilanteissa metakognitiiviset tietoon ja ajatteluun liittyvät taidot kehittyvät. Ihminen kykenee yhteistyössä muiden kanssa ratkaisemaan monimutkaisempia ongelmia kuin yksin, kun hän tiedostaa omassa ja muiden ajattelussa erilaisia rakenteita. Myös itsearvioinnin taidot kehittyvät vain sosiaalisissa tilanteissa oman toiminnan kautta, toisten ajatteluun peilaamalla. (Hakkarainen ja muut, 2005.)

OPS:ssa kuvailtu oppimiskäsitys perustuu oppilaan omaan aktiivisuuteen, ja opetuksen suunnittelun selkärankana on oppilaan itseohjautuvuuden tukeminen. Peruskoulun aikana oppilaan tulisi oppia asettamaan itselleen tavoitteita, ratkaisemaan ongelmia sekä itsenäisesti että yhteistyössä muiden kanssa sekä refleктоimaan omaa oppimistaan. Oppimiskäsityksen mukaiseen opetukseen tulisi sisältyä oppimistilanteita, joissa oppilas pääsee käyttämään aistejaan, harjoittelemaan ajattelemista, asioiden suunnittelemista, tekemistä, tutkimista ja oman toiminnan arvioimista yhdessä muiden kanssa, sekä pääsee luomaan uutta. Opettajan tehtävänä on ohjauksellaan vahvistaa oppilaan minäkuvaa ja pystyvyyden tunnetta, jolloin oppilaan motivaatio ja aktiivisuus kasvaa. (Opetushallitus, 2014.) Valitsin oppilaan oman aktiivisen ongelmanratkaisuprosessin tukemisen kantavaksi teemaksi myös suunniteltavalle oppilastyölle.

OPS:ssa oppimiskäsityksen toteuttamista ohjaamaan on kirjattu seitsemän laaja-alaisen osaamisen kokonaisuutta. Laaja-alainen osaaminen on tietojen, taitojen, arvojen, asenteiden ja tahdon muodostama kokonaisuus (Opetushallitus, 2014). Oppilastyön suunnittelua aloittaessani otin lähempään tarkasteluun ajattelun ja oppimaan oppimisen (L1) sekä työelämätaitojen ja yrittäjyyden kokonaisuudet (L6). Oppilastyötä kehittäessäni olen ottanut ajattelun ja oppimaan oppimisen kokonaisuuden huomioon ohjauksen ja työn käytännön toteutuksen suunnittelussa.

Oppimaan oppimisen taitoina on mainittu muun muassa yhdessä toisten kanssa toimiminen, erilaisten vaihtoehtojen ja näkökulmien löytäminen, epäselvän tai ristiriitaisen tiedon kanssa työskentely ja uuden tiedon rakentaminen tunnetun tiedon perusteella. Oppilaiden itsenäistä työskentelyä vahvistetaan antamalla tilaa kysymyksille sekä innostamalla ja ohjaamalla oppilaita tavoitteiden asettamiseen, työskentelyn suunnitteluun, aloitteellisuuteen, ideoimiseen ja oman toiminnan arvioimiseen. Toiminnalliset työtavat, vaihtoehtojen ja näkökulmien etsiminen ja

vuorovaikutussuhteiden tutkiminen edistävät kykyä hahmottaa kokonaisuuksia ja asioiden välisiä yhteyksiä. Argumentoinnin ja ajattelun taitoja sekä motivaatiota vahvistetaan kokeilevalla, tutkivalla ja toiminnallisella työskentelyllä sekä ylittämällä oppiainerajoja. (Opetushallitus, 2014.)

2.4. Oppilastyön kemian sisällöt

Oppilastyön toiminnan sisältönä oli vahaliitujen valmistaminen ja tuotekehitys. Vahaliitujen raaka-aineina käytettiin vahoja ja pigmenttejä. Pigmentit sekoitettiin vahoihin sulattamalla vaha teräsastiaissa sähkölevyllä (Kuva 1). Kaikki työssä käytetyt raaka-aineet ja välineet on listattu taulukossa 1.



Kuva 1. Purkeissa olevien raaka-aineiden punnitus teräsastiaan (oikealla) ja Lasten yliopisto - tapahtuman osallistujia sulattamassa vahaliitumassaa (vasemmalla).

2.4.1. Kemian opetuksen tavoitteet opetussuunnitelmassa

Kemian opetuksen tulee tukea oppilaan luonnontieteellisen maailmankuvan kehittymistä ja kemian ja sen sovellusten merkityksen ymmärtämistä niin arkipäivässä kuin yhteiskunnassakin. Oppilastyössä keskitytään yhden kemianalan työnkuvaan tutustumiseen käytännön kokemuksen kautta. Kemianalalle tyypillistä on uudenlaisten ratkaisujen kehittäminen, ja siinä tuotekehitys toimii yksinkertaisena mallina.

Yläkoulun kemian opetuksessa rakennetaan ymmärrystä kemian ilmiöiden makroskooppisen, submikroskooppisen ja symbolisen tason välillä. Opetuksen lähtökohta on erilaisten kemiaan liittyvien ilmiöiden ja aineiden havainnointi ja tutkiminen. Opetuksen tulisi myös ohjata oppilaita hahmottamaan kemian osaamisen

merkitystä jatko-opinnoissa ja työelämässä. (Opetushallitus, 2014, s. 393–396.) Raaka-aineiden tarkasteleminen kemian näkökulmasta kehittää ymmärrystä kemian teorian ja käytännössä havaittavien ominaisuuksien välillä.

Taulukko 1. Oppilastyössä tarvittavat välineet.

Pigmentit	Muut tarvikkeet
Sinooperinpunainen	Markkinoilla olevia vahaliituja
Karmiinpunainen	Muovinen vesiastia
Preussinsininen	Sulatusastia
Ultramariininsininen	Muotti vahan jähmettämiseen
Kadmiuminkeltainen	Spaatteli vahamassan sekoittamiseen
Krominkeltainen	Spaattelit raaka-aineiden punnitukseen
Titaanivalkoinen	Mustaa kartonkia liidun peittävyuden testaamiseen
Vahat	Muffinssivuoat raaka-aineiden punnitukseen
Steariini	
Parafiini	
Karnaubavaha	
Mehiläisvaha	

Kemian opetuksen tavoitteiden yhteydessä luetellaan yhdeksän keskeistä sisältöaluetta, joista olen huomionnut oppilastyön suunnittelussa erityisesti toisen, kolmannen, neljännen ja viidennen. Toinen sisältöalue on tarkastella arkielämässä vaikuttavia kemian ilmiöitä erityisesti terveyden ja turvallisuuden näkökulmista. Kolmantena sisältönä tarkastellaan yhteiskunnassa, opiskelupaikoissa, työelämässä ja teknologiassa olennaisia kemian tutkimussuuntia, ilmiöitä ja sovelluksia. Tämä yhdistyy luontevasti yrittäjyys-kasvatukseen kemian näkökulmasta. Neljäs sisältöalue on kemia maailmankuvan rakentajana, joka kehittää oppilaan luonnontieteellisen ajattelun taitoja kemian näkökulmasta. Sisältöalueeseen kuuluu myös ajankohtaisiin kemiaan liittyviin ilmiöihin tutustuminen. Viides sisältöalue on aineiden ominaisuudet ja rakenne, joiden ymmärtäminen helpottaa kemian kirjon havaitsemista kaikessa ympäristössämme. (Opetushallitus, 2014.)

Kemian opetuksen tavoitteet ovat kukin kytköksissä keskeisiin sisältöalueisiin ja ohjaavat opetusta toteuttamaan oppimiskäsityksen mukaista oppimista. Tavoitteet tähtäävät kolmeen olennaiseen kehitystyyppiin oppilaassa. Yksi on kemian merkityksen ymmärtäminen sekä oppilaan arvojen ja asenteiden muokkaaminen kemian suhteen. Toinen on lisätä oppilaan tutkimisen taitoja ja kolmas lisätä oppilaan tietoa kemiasta sekä taitoa käyttää oppimaansa tietoa. (Opetushallitus, 2014.) Oppilastyön kautta on tarkoitus kehittää osaltaan kaikkia kolmea kehityksen osa-aluetta oppilaissa.

Tutkimuksellinen ja kokeellinen työtapo sekä oppilaiden osallisuus tutkimuksen suunnittelussa ovat kemialle tyypillisiä tapoja työskennellä. Toiminnallisessa työskentelyssä eriyttäminen tapahtuu oppilaiden erilaisia rooleja, tutkimusten avoimuutta ja ohjauksen määrää säätelemällä. Oppilaiden itseohjautuvuutta tuetaan työtapojen valinnan ja oppilaiden osallistamisen kautta. Reflektointi, rakentava palaute ja itsearviointi kuuluvat oppimiseen ja voivat olla osana arviointia. (Opetushallitus, 2014.)

2.4.2. Vahat

Vahaliitujen raaka-aineena käytettiin mehiläisvahaa, steariinia, karnaubavahaa ja parafiinia (Taulukko 1). Vahoista karnaubavaha on kasviperäistä, mehiläisvaha eläinperäistä, parafiini synteettistä ja steariini joko synteettistä, eläin- tai kasviperäistä. Oppilastyössä käytetty steariini on vaihdellut, mutta on luultavimmin joko öljyperäistä synteettistä tai palmuöljysteariinia.

Mehiläisvaha on mehiläisten pesän rakennusaineeksi erittämää vahaa. Mehiläisvahaa käytetään kaupallisesti useaan tarkoitukseen, joista tyypillisiä käyttökohteita on muun muassa kosmetiikassa, taiteessa ja kynttilänteossa (Bogdanov, 2004). Alun perin englanninkielen sana *wax* eli ”vaha” merkitsi nimenomaan mehiläisvahaa (Tulloch, 1970).

Mehiläisvaha on käytännössä liukenematon veteen, osittain liukenevaa kuumennettuun alkoholiin ja täysin liukenevaa öljyihin (Council of Europe, 2004). Sen jähmettymispiste on 61 ja 66 °C:n välillä (Bogdanov, 2004; Council of Europe, 2004). Mehiläisvahassa on todettu olevan jopa yli 300 erilaista yhdistettä. Seoksessa on enimmäkseen pitkäketjuisten rasvahappojen ja alkoholien estereitä (67 %), pitkäketjuisia hiilivetyjä (14 %), vapaita rasvahappoja (12 %) ja alkoholeja sekä sekalaisia muita yhdisteitä, joiden joukossa on muun muassa tuoksuvia yhdisteitä.

Yhdistekoostumus on vain suuntaa antava, sillä se vaihtelee mehiläislajien ja alueen mukaan. Mehiläisvaha ei muodosta kiderakennetta. (Bogdanov, 2004.)

Mehiläisvahan estereiden joukossa on yksinkertaisten estereiden lisäksi myös hydroksi-, di- ja triestereitä. Yhdisteiden hiilivetyketjut ovat enimmäkseen tyydyttyneitä, mutta seassa on merkittävässä määrin myös tyydyttymättömiä yhdisteitä. Yksi tärkeimmistä yhdisteistä on hydroksipalmitiinihappo. Eri yhdisteryhmien hiilivetyketjujen pituus vaihtelee enimmäkseen 24 ja 30 hiilen välillä, mutta mehiläisvahan tyydyttyneistä estereistä on löydetty jopa yli 50 hiilen ketjuja. Mehiläisten ruokavaliolla on myös todettu olevan tiettyssä määrin vaikutusta vahojen koostumukseen. (Tulloch, 1970.)

Steariini tarkoittaa yhdisteenä steariinihapon triglyseridiä. Steariinista puhuttaessa saatetaan kuitenkin tarkoittaa myös palmuöljysteariinia tai eläinperäistä steariinivahaa. Steariinia saadaan eläinrasvoista tai kasviöljyistä ja se on suoraketjuisten rasvahappojen seos, jonka jähmettymispiste vaihtelee välillä 52 ja 60 °C. Steariinin rasvahappojen seossuhteet vaihtelevat, mutta suurin osa on palmitiini- ja steariinihappoa, joiden joukossa on usein merkittävässä määrin myös oleiinihappoa. Palmusteariini on palmuöljyn kiinteä fraktio, joka koostuu eri rasvahappojen triglyserideistä. Rasvahapot voivat olla tyydyttyneitä tai tyydyttymättömiä. Palmusteariinissa on enemmän oleiinihappoa kuin muissa steariineissa. (Pyörre, 2015).

Karnaubavaha on Brasiliassa kasvavasta trooppisesta *Copernica cerifera* -palmusta eristettyä vahaa. Karnaubavaha koostuu enimmäkseen alifaattisista estereistä, alfa-hydroksiestereistä ja p-metoksikanelihapon ja diolien estereistä. Seoksessa on merkittäviä määriä myös vapaita rasvahappoja, alkoholeja, suoraketjuisia hiilivetyjä ja hartseja. Hiilivetyketjujen pituus vaihtelee 22 ja 34 hiilen välillä. Karnaubavahan jähmettymispiste vaihtelee 80 ja 86 °C:n välillä. Se ei liukene veteen, liukenee osittain kiehuvaan etanoliin, mutta on täysin liukenevaa eetteriin. (The Joint Expert Committee on Food Additives [JECFA], 1998.)

Parafiini koostuu suoraketjuisista tai haaroittuvista tyydyttyneistä hiilivedyistä. Parafiinia voidaan eristää raakaöljystä tai tuottaa synteettisesti hiilestä Fischer–Tropsch-synteetillä. Parafiinivahat voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään. Makrokiteiset parafiinivahat koostuvat enimmäkseen suoraketjuisista tyydyttyneistä 18–30 hiilen pituisista hiilivedyistä ja pienistä määristä isoalkaaneja ja sykloalkaaneja. Mikrokiteisessä parafiinissa on makrokiteistä suurempia määriä isoalkaaneja ja nafteeneja, joilla on myös suurikokoisia alkyylisivuketjuja. Yhdisteiden koko on enimmäkseen 40–55 hiiltä. Makrokiteisten parafiinien jähmettymispiste vaihtelee

koostumuksesta riippuen 40–60 °C:n ja mikrokiteisten parafiinien 60–90 °C:n välillä. (Freund, Csikós, Keszthelyi, & Mózes, 1982.)

2.4.3. Väriaineet

Kehitetyssä oppilastyössä tutustutaan väriainetyyppeihin hyvin yleisellä tasolla ja hyödynnetään vahaliitujen valmistamiseen soveltuvia pigmenttejä käytännössä. Väriaineet käsitteenä sisältää sekä värjäysaineet että pigmentit. Värjäyksessä pienikokoiset väriainemolekyylit ovat liuenneena väliaineeseen, josta ne siirtyvät värjättävän aineen rakenteeseen. Osa väriaineista toimii sekä pigmentin että värjäysaineen tavoin. (Aspland, 1998.)

Pigmenttien partikkelikoko on yleensä huomattavasti suurempi kuin värjäysaineilla (Aspland, 1998). Pigmentit ovat yleensä liukenemattomia ja kemiallisesti pysyviä yhdisteitä aineessa, johon ne on sekoitettu. Väri leviää hienojakoisuutensa vuoksi tasaisesti värjättävään aineeseen, kuten maalin sidosaineeseen tai polymeerin rakenteen lomaan (Lewis, 1998). Pigmentit voidaan jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin pigmentteihin niiden kemiallisen rakenteen perusteella tai synteettisiin ja luonnonväriin niiden alkuperän mukaan. Synteettisten väriaineiden etuina luonnonväriin nähden pidetään niiden puhtautta, värien kestävyyttä ja tuotannon edullisuutta, joskin taidemaalauksessa käytettävillä pigmenteillä on vielä liuta muitakin laatuvaatimuksia (Doerner, 1954). Vahaliituja valmistaessa on mahdollista käyttää kumpaa tahansa väriainetyyppiä. Oppilastyökäyttöön saadut väriaineet ovat pigmenttejä.

Värin määrittäminen on haastava tehtävä, sillä väri tarkoittaa eri asioita tarkasteltaessa sitä fysiikan, kemian, taiteen tai biologian näkökulmasta. Värin voi myös määrittellä eri tavoin, kun sitä ajattelee valoa heijastavan pinnan ja toisaalta havaitsijan näkökulmasta. Ihminen voi havaita saman värin, vaikka värin lähteet olisivat fyysikaalisesti erilaisia, sillä ihmisen näköaisti perustuu kolmen valon aallonpituuksia eri tavoin vastaanottavan reseptorin absorboimiin intensiteettisuhteisiin. (Nassau, 1998.) Eri pigmentit voivat siis heijastaa valoa eri tavoin ja ilmentää silti samaa väriä (Ball, 2003).

Pigmenttejä on käytetty seremoniaalisesti ja taiteessa jo 300 000 vuotta sitten (Hutchings, 1998), ja vanhimmat löydetyt värjätetyt kankaat ovat 4 500 vuotta vanhoja (Aspland, 1998). Väriaineita saatiin vielä 1800-luvulle saakka lähestulkoon vain luonnosta, jolloin ne jaoteltiin kasvi-, hyönteis- ja maaväriin sen perusteella, saatiinko

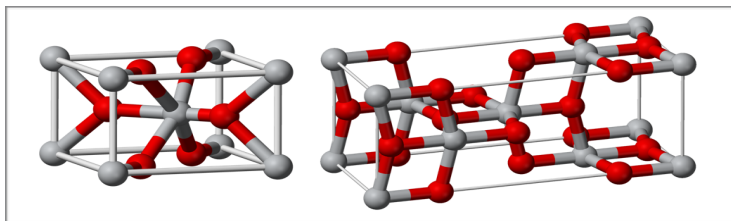
ne kasveista erottamalla, hyönteisten kuorista tai kivistä jauhamalla (Doerner, 1954). Synteettistenkin väriaineiden valmistus alkoi viimeistään Egyptissä 2 500 eaa., mutta yleistyi vasta 1800-luvulla kemiantekniikan kehittymisen myötä (Ball, 2003).

Oppilastyössä käytettiin kahta kunkin kolmen päävärin pigmenttiä sekä valkoista. Pigmentteinä olivat titaanidioksidivalkoinen, karmiinin- ja sinooperinpunainen, kadmiumin- ja krominkeltainen sekä ultramariinin- ja preussinsininen. Nimet kertoivat vain värisävyn, eivätkä viittaa alkuperäisiin värille nimen antaneisiin pigmentteihin. Raaka-aineina käytettävistä pigmenteistä vain valkoinen titaanidioksidi on rakenteeltaan tunnettu.

2.4.4. Titaanidioksidin rakenteen määrittäminen röntgendiffraktiolla

Röntgendiffraktometria perustuu nimensä mukaisesti röntgensäteiden diffraktioon kitehilasta. Se on yleinen menetelmä kiteisen aineen rakenteen ja laadun määrittämisessä niin akateemisessa tutkimuksessa kuin teollisuudessa. Röntgendiffraktometrin toiminnan peruseräite ei ole sen kehittämisen jälkeen muuttunut (Zevin & Kimmel, 1995). Säteilylähde lähettää monokromaattista eli samanvaiheista röntgensäteilyä, joka siroaa kiteen hilasta sen muodon määräämällä tavalla. Osa säteilykvanteista absorboituu aineeseen ja osa jatkaa kiteen läpi osumatta sen atomeihin. Sivutuotteena syntyy jonkin verran absorboitumisen aiheuttamaa fluoresenssisäteilyä (Zevin & Kimmel, 1995). Röntgensäteiden diffraktio kiteen hilasta tapahtuu Braggin lain mukaisesti. Energiahäviöitä ei tapahdu ja aallonpituus on heijastumisen jälkeen sama kuin ennen heijastumista. Sironneen säteilyn osuminen detektorille saa aikaan diffraktiokuvion. (Wilson, 1963.)

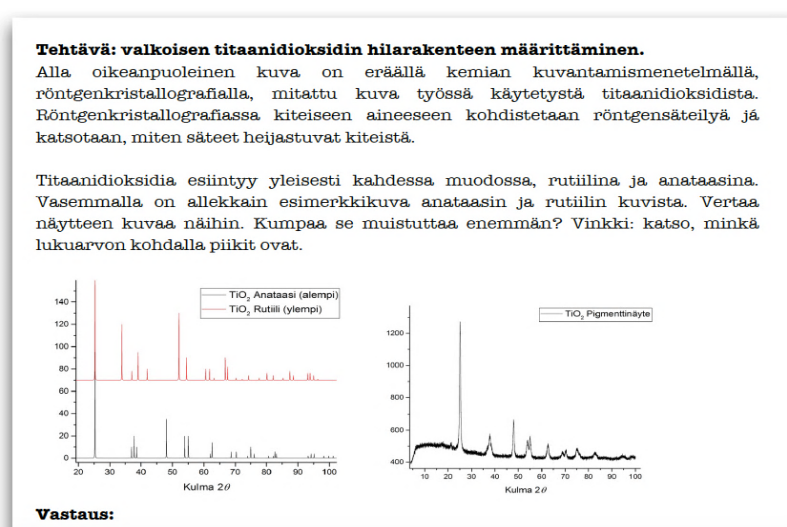
Titaanidioksidin kiderakenne voi olla kolmea eri muotoa, joista rutiili ja anataasi (Kuva 2) ovat fotokatalyyttisesti aktiivisia (*Learn Chemistry*, b). Titaanidioksidia louhitaan kaivoksista, ja malmin puhdistusprosessin haastavuuden vuoksi sen myyntihinta on suhteellisen korkea (*Learn Chemistry*, a). Titaanidioksidilla kaikki uloimpien kuorten elektronit osallistuvat sidoksiin, jolloin se ei absorboi näkyvää valoa. Tällöin kiteinen materiaali heijastaa kaikkia valon aallonpituuksia, eli väri ilmenee valkoisena (Ball, 2001).



Kuva 2. Titaanidioksidin yleisimmät kidemuodot rutiili (vasemmalla) ja anataasi (oikealla).

Titaanidioksidi on nykyään yleisimmin käytetty valkoinen pigmentti. Sen yleisimpiä käyttökohteita ovat maalit, muovit, aurinkovoiteet, hammastahnat ja lääkkeet. Titaanidioksidi muodostaa veden kanssa reagoidessaan hydroksyyliiradikaaleja, minkä vuoksi kiteet pinnoitetaan suojakerroksella. Sitä käytetään myös pinnoittamattomana desinfiointiin, aurinkokennoissa, itsepuhdistuvan lasin pinnoitteena sekä muun muassa sementissä ja maaleissa antibakteeristen vaikutusten aikaansaamiseksi. (*Learn Chemistry, b.*)

Oppilastyössä raaka-aineena käytettiin kiteistä valkoista titaanidioksidijauhetta, jonka kidemuoto oli anataasia. Oppilastyössä hyödynnettiin röntgendiffraktion menetelmää oppilastyössä käytetyn titaanidioksidijauheen kiderakenteen määrittämiseen. Jauheen diffraktiokuvio määritettiin röntgendiffraktometrillä. Anataasin ja rutiilin teoreettiset diffraktiokuviot laskettiin tietokoneen laskentaohjelmalla. Kuvioiden avulla on oppilaiden tehtävänä selvittää käytetyn titaanidioksidin kidemuoto (Kuva 3).



Kuva 3. Röntgendiffraktometriaan tutustuttava tehtävä.

3. Tutkimus

Suunnittelin kehittämistuotoksena syntyvän oppilastyön oppilaskäyttöön Turun yliopiston kemian laitokselle. Sitä on tarkoitus käyttää paitsi tämän pro gradu -tutkielman tutkimusaineiston keräämisessä, myös jatkossa laitoksella vierailevien oppilasryhmien kanssa. Todelliseen tarpeeseen kehitetty työ on mielenkiintoinen tutkimuskohde opettajan suunnittelun luonteen selvittämisessä. Kehittämistutkimus on menetelmänä kehitetty nimenomaisesti uudenlaisten opetuksellisten ratkaisujen suunnittelun tutkimiseen (Pernaa, 2013; Plomp & Nieveen, 2007).

Kehittämistutkimuksessa konteksti on tärkeä osa tutkimusasetelmaa, ja suunnitteluprosessi itsessään sisältää kaikki ympäristön asettamat vaatimukset ja rajoitukset kehittämiselle. Kehittämistutkimusta sovelletaan paljon kokeilevaan opetuksen suunnitteluun (Plomp & Nieveen, 2007). Tässä tutkielmassa sovellan kehittämistutkimusta oppivaa opettajuutta toteuttavaan opetuksen suunnitteluun, joka sisältää muiden kuin perinteisten kemian tavoitteiden integroimista kemianopetukseen.

3.1. Kehittämistutkimus lyhyesti

Opetusalalla kehittämistutkimuksen tavoitteena on kehittää ja tutkia opetusta. Kehittämistutkimuksen avulla etsitään ratkaisuja ongelmiin, joita on vaikea määritellä ja jotka ovat tyypillisesti hyvin avoimia. Tutkimuksen kohteena voi olla uudenlaisten opetuksellisten ratkaisujen tai innovaatioiden kehittäminen, niiden vaikutukset yksilön tai ryhmän oppimiseen tai itse suunnitteluprosessi. Nimitys muilla kielillä viittaa usein designiin, ja nykyisin englanninkielisenä nimenä käytetään yleisimmin termiä *educational design research*. (Pernaa, 2013; Plomp & Nieveen, 2007.)

Kehittämistutkimuksessa kehitetään opetuksellisia ratkaisuja todelliseen käyttöön aidossa kontekstissa. Tyypillisesti kehittämistutkimus tuottaa kehittämistuotoksen ohella myös teoriaa kehittämisprosessista. Tutkimus vastaa aina aitoon tarpeeseen, ja sen vuoksi tutkimuksen ensimmäisenä vaiheena on tarveanalyysi. Tarveanalyysin perusteella kirjoitetaan kehittämissuunnitelma. Tutkimusmenetelmälle tyypillistä on kehittämistavoitteiden ja kehittämissuunnitelman muokkaaminen tutkimuksen edetessä. (Pernaa, 2013; Plomp & Nieveen, 2007.)

Kehittämistutkimuksen eteneminen tapahtuu aina syklisesti. Teoreettisen ja kokeellisen ongelma-analyysin perusteella kehitettyä alustavaa tuotosta testataan aidon opetusryhmän kanssa. Havaittujen puutteiden perusteella kehitetään ratkaisua aina toimivammaksi, kunnes parannuksia ei enää tarvita. (Pernaa, 2013.) Edelsonilainen

malli korostaa kehittämisen syklistä luonnetta, jossa kokeelliset ja teoreettiset vaiheet vuorottelevat (Plomp & Nieveen, 2007). Lawson (2004) puolestaan näkee suunnittelun joustavana ja vaiheittain limittyneenä prosessina, jonka eri osia ei voi luontevasti erottaa toisistaan. Suunnittelun aikana kaikkia ongelmia ei välttämättä ehdi täysin ymmärtää, ennen kuin niihin on jo olemassa ratkaisu (Lawson, 2004).

Kehittämistutkimusta on sovellettu jo pitkään aloilla, joilla suunnitellaan uudenlaisia ratkaisuja. Kehittämiskohteena voi olla esimerkiksi rakennuksen suunnittelu tai palveluiden tuottaminen. Ajattelutyön kommunikointi ja virheetön ymmärtäminen on osoittautunut hyvin haastavaksi erityisesti tutkimuksen kohdistuessa toisten toteuttamaan suunnitteluun, mikä vaikuttaa vahvasti tutkimuksen luotettavuuteen (Lawson, 2004). Menetelmänä kehittämistutkimus on haastava myös siksi, että se sisältää monenlaisia vaiheita, ja dokumentoinnin on tieteellisen luotettavuuden varmistamisen vuoksi oltava monipuolista. (Lawson, 2004; Plomp & Nieveen, 2007.)

Kehittämistutkimuksen etuna on tutkijan oman osaamisen monipuolinen kasvu sekä tuloksen hyödynnettävyys. Koska tutkimus toteutetaan todellisissa opetustilanteissa, on sen antaman kontekstuaalisen tiedon yleistettävyys kyseenalainen. (Plomp & Nieveen, 2007.) Toisaalta tiedetään, että täysin kontrolloidussa tutkimuksessa jää huomioimatta paljon suunnittelun kannalta olennaisia seikkoja (Lawson, 2004). Kontrolloidusti tapahtuvan tutkimuksen ja kehittämistutkimuksen menetelmät pyrkivätkin vastaamaan erityyppisiin kysymyksiin. Kehittämistutkimuksen tavoitteena on kehittää todellisessa tilanteessa toimivaa tutkimustietoa, ja tutkimus suunnitellaan sen mukaisesti. Tutkimuskysymykset on valittava niin, että kerättävän aineiston avulla on mahdollista vastata niihin. (Pernaa, 2013.)

Kehittämistutkimuksessa keskitytään kokonaisuuteen yksittäisten mittarien sijaan, ja tutkimuksen kontekstilla on tärkeä rooli. Tällöin myös tutkimuksen tulosten on tarkoitus olla ensi sijassa suuntaa antavia, ei yksiselitteisiä totuuksia. (Plomp & Nieveen, 2007.) Uudenlaisten opetuksellisten ratkaisujen etsiminen täyttää innovoinnin määritelmän (Ikonen, 2006; Pernaa, 2013), ja kehittämistutkimus on haasteineenkin todettu toimivaksi tutkimusmenetelmäksi opetusalan kehittämisessä (Pernaa, 2013; Plomp & Nieveen, 2007).

3.2. Autoetnografinen tutkimus ja aineistopohjainen sisällönanalyysi

Opetuksen suunnittelu on inhimillistä toimintaa ja sen tutkiminen kuuluu ihmistieteisiin. Tässä tutkielmassa kehittämistutkimus tuottaa kehittämistuotoksen ohella laadullista tutkimustietoa suunnitteluprosessista. Laadullisen tutkimuksen tarkoituksena on ymmärtää tutkittavaa ilmiötä ja kehittää siitä uusia teorioita (Tuomi & Sarajärvi, 2009).

Keräsin tutkimusaineiston soveltaen autoetnografista tutkimusmenetelmää ja jäsenin sitä aineistopohjaisella sisällönanalyysillä. Molempien menetelmien perusajatus on, että inhimilliseen toimintaan liittyvää tutkimusta ei voi tehdä täysin objektiivisesta näkökulmasta. Arvomaailma näkyy tutkimuksenteossa, eikä sitä tai tutkimuksen subjektiivista näkökulmaa pysty erottamaan tutkimusprosessista, jolloin sitä on turha tutkimuksen laadun kustannuksella myöskään erityisesti välttää. Subjektiivisuus tuodaan sen sijaan esiin tutkimuksen pohdinnassa. (Ellis, Adams & Bochner, 2011; Tuomi & Sarajärvi, 2009.)

Autoetnografisessa tutkimuksessa omat kokemukset tutkimuksen aiheesta kirjoitetaan tekstin muotoon, josta sitten etsitään toiminnassa toistuvia kaavoja ja merkityksiä. Havaitut kaavat kuvataan elävästi kuvaillen ja toimintaa peilataan olemassa olevaan tutkimustietoon vastaavasta toiminnasta. Tämän tutkielman tapauksessa kirjoitettu omakohtainen teksti on kehittämiskuvaus, jonka lisäksi menetelmä tuotti paljon lukuun 6. *Pohdinta* päätyneitä oivalluksia. Kirjoitin ensin kehittämisestä kattavan selostuksen, joka sisälsi myös pohdintaa. Tiivistin olennaisimmat vaiheet tutkielman kehittämiskuvausta varten (Luku 4). Karsin tämän tutkielman toteutuksessa menetelmästä pois kaunokirjallisen tyylin vaatimukset. (Ellis ja muut, 2011.) Kehittämiskuvauksen kirjoittamisen aikana hahmotin tiettyjä toistuvia teemoja omassa toiminnassani, mikä ohjasi laadullisen sisällönanalyysin suunnittelua ja toteutusta.

Toiminnassa toistuvia kaavoja etsin tarkemmin listaamalla ja analysoimalla kehittämiskuvauksessa esiintyvää ongelmanratkaisua sisällönanalyysillä. Sisällönanalyysin avulla voidaan järjestää strukturoimaton tutkimusaineisto johtopäätösten tekoa varten. Ensimmäisessä vaiheessa tutkimusaineisto pelkistetään, eli siitä erotetaan tutkimuskysymyksiin liittyvät asiat, joista muodostetaan uusi tarkennettu aineisto. Toisessa vaiheessa tarkennettu aineisto luokitellaan, teemoitellaan tai tyyjitellään. Tässä vaiheessa aineistoa jäsennellään ja siitä kirjoitetaan muistiinpanoja. Tämän tutkielman analyysissä erottelin aineistosta tutkimuskysymyksen teemojen mukaiset erilliset tutkimusaineistot. Ryhmittelin tarkennetun aineiston siinä esiintyvien

ominaisuuksien mukaan erilaisiksi tyypeiksi, jolloin siitä voidaan tehdä yleistyksiä. Aineistopohjaisessa sisällönanalyysissä teoria muodostetaan kolmannessa vaiheessa aineiston analyysin perusteella. Johtopäätösten keksimiseen aineistosta ei ole olemassa opetettavia metodeja, ja tutkijan on omalla ajattelullaan luotava logiikka aineiston tarkasteluun. Jokaisen aineiston analyysi tapahtuu eri tavalla, minkä vuoksi analyysin selkeä raportointi on tärkeää. (Tuomi & Sarajärvi, 2009.)

Tulosten raportoinnin tarkoitus on selittää aineiston analyysi ja saavutetut tulokset ymmärrettävästi muillekin. Laadullisessa tutkimuksessa eri vaiheita ei voi aina selkeästi erottaa toisistaan, eikä teoreettista viitekehystä voi kirjoittaa valmiiksi etukäteen (Lewis, 2004; Tuomi & Sarajärvi, 2009). Tässä tutkielmassa raportoin erikseen oppilastyön suunnittelun etenemisen luvussa 4. *Kehittämiskuvaus*, jonka kautta tulee kuvattua myös tutkimustuloksen asemassa oleva oppilastyö. Suunnitteluprosessin tutkimuksen aineiston analyysi ja tutkimustulokset raportoin omina kokonaisuuksinaan luvussa 5.

3.3. Tutkimuskysymykset

Edelsonin (2002) mallin mukaan kehittämistutkimus voi vastata kolmeen kysymykseen: 1) *Miten kehittämisessä edetään?*, 2) *Millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on?* ja 3) *Millaiseen tuotokseen kehittäminen johtaa?* Kehittämistuotos (3) on välttämätön osa tutkimusta ja tutkimustulos itsessään. Tarveanalyysi (2) toisaalta on välttämätön osa jokaista suunnitteluprosessia, teki sen sitten tiedostamattaan taikka tieteellisten standardien mukaan. Tutkielmassa olen keskittynyt selvittämään itse kehittämisprosessin luonteeseen liittyviä seikkoja (1).

Tämän tutkielman tavoitteena on a) tuottaa eri-ikäisten ja -tasoisten oppilaiden opetuksessa toimiva oppilastyö sekä b) saavuttaa tietoa suunnitteluprosessin etenemisestä. Kehittämistuotoksen myötä tutkimus tuottaa vastauksen kohdan a) kysymykseen:

1. Minkälainen oppilastyö syntyy integroitaessa laaja-alaisia tavoitteita kemianopetukseen?

Opetusaineiston suunnittelun tutkimiseen on kohdistettu paljon vähemmän huomiota kuin itse luokkahuoneopetuksen päätöksentekoon. Tavoitteena on hankkia suuntaa antavaa tietoa siitä, missä määrin aineiston suunnittelun aikainen päätöksenteko noudattaa samoja periaatteita kuin muu luova suunnittelu. Tottunut opettaja toimii automaattisesti monissa rutiininomaisissa tehtävissä, minkä vuoksi tässä tutkielmassa

mielenkiinto kohdistuu erityisesti ongelmiin, joiden ratkaiseminen on tavalla tai toisella haasteellista. Tiedon perusteella voisi kehittää suunnittelua ohjaavia malleja, joita voisi hyödyntää esimerkiksi opettajankoulutuksen järjestämisessä tai tukena omien aineistojen kehittämistä kiinnostuneille opettajille.

Suunnitteluprosessiin eli kohtaan b) liittyvien tutkimuskysymysten asettaminen ei ollut helppoa, sillä tutkimuksen kulku oli kehittämistutkimukselle tyypillisesti alkuvaiheessa vasta suunnitelman asteella. Tutkimuskysymyksiä muokattiin tutkimuksen edetessä, kun suunnitteluprosessia tarkastellessa tarkentui, minkälaisia asioita aineistosta pystyy tutkimaan. Tavoitteena on selvittää, löytyykö päätöksenteon taustalta samoja vaikuttavia tekijöitä kuin Coltonin ja Sparks-Langerin (1993) kuvauksesta.

Etsin suunnittelusta erilaisia päätöksentekoon liittyviä ongelmanratkaisustrategioita tutkimalla kohdattavia ongelmia ja päätöksentekoa. Lisäksi tarkastelen, minkälaista vaikutusta asiantuntijoiden kanssa keskustelemisellä on suunnitteluun. Tulosten perusteella pyrin olemassa olevaan tutkimustietoon vertaamalla tekemään johtopäätöksiä siitä, toimiiko oppivan opettajan suunnittelu samojen periaatteiden mukaisesti kuin luovan suunnittelijan. Lopullisiksi tutkimuskysymyksiksi tarkentuivat seuraavat:

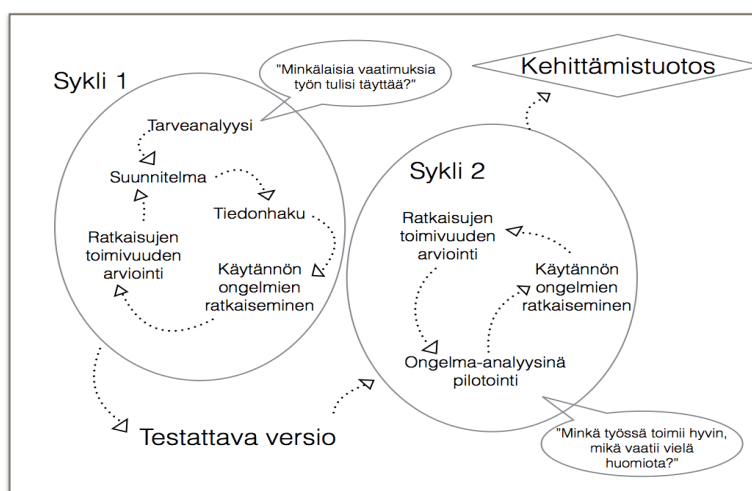
2. *Minkälaisia suunnittelun aikana kohdatut ongelmat olivat?*
3. *Mitkä asiat vaikuttavat päätöksentekoon oppilastyötä suunniteltaessa?*
4. *Minkälaisia päätöksiä suunnittelun eteneminen vaati?*
5. *Miten asiantuntijoiden kanssa keskusteleminen vaikutti suunnittelun etenemiseen?*

Kehittämistuotokseen ja sen syntymiseen liittyvät tulokset on kuvattu luvussa 4. *Kehittämiskuvaus*. Suunnittelun etenemiseen eli tutkimuskysymyksiin 2–5 vastaavat tulokset taas käsitellään luvussa 5. *Ongelmanratkaisu suunnittelussa*.

3.4. Suunnitteluprosessi tutkimuksen kohteena

Oppilastyön kehittäminen tapahtui karkeasti jaotellen kahdessa syklissä (Kuva 4). Ensimmäisessä syklissä kehitettiin oppilastyölle sisältö ja toiminnan runko, jonka pohjalta kirjoitettiin työohjeen ensimmäinen versio. Ensimmäisen syklin suurin työ oli teoria-aineiston ja työn toteuttamisen välineistön kerääminen, sekä lopulta niiden yhdistäminen toimivaksi kokonaisuudeksi. Toinen sykli sisälsi työn pilotoinnin eli

testaamisen oppilasryhmien kanssa sekä työn toteutustavan ja työohjeen muokkaamista toimivammaksi havaittujen puutteiden perusteella. Suunnitteluprosessi on kuvattu tarkemmin luvussa *Kehittämiskuvaus*.



Kuva 4. Kehittämisprosessi syklisesti kuvattuna.

Tutkin kehittämistuotoksen valmistumisen jälkeen omaa suunnitteluprosessiani listaamalla kohtaamiani ongelmia ja suunnittelun aikana tehtyjä päätöksiä aikajärjestyksessä. Tutkimuksen aineistona toimi oppilastyön suunnittelun aikana kirjoitettu työpäiväkirja, sen perusteella oppilastyön valmistuttua kirjoitettu erikoistyöselostus sekä muistin varassa jälkepäin tehdyt täydennykset. Tutkimuksessa on näin käytetty autoetnografisia menetelmiä (Ellis ja muut, 2011). Aineiston pohjalta kokosin taulukon ongelmista, joita kohtasin työn suunnittelun eri vaiheissa, sekä ongelmiin löytyneistä erilaisista ratkaisuista. Täydensin listan uusien ratkaisujen kautta syntyneillä uusilla ongelmilla. Listan pohjalta hahmottelin kaavion suunnittelun etenemisestä erilaisten ongelmien, ratkaisuvaihtoehtojen ja päätösten vuorotteluna.

Suunnittelijat eivät aina itsekään tiedosta kaikkea esimerkiksi taukojen aikana tapahtuvaa ajatustyötä suunnitteluprosessin aikana (Lawson, 2004). Paljon tietoa jää tällöin tarkankin dokumentoinnin jälkeen tiedostamatta. Tutkimuksen kannalta kuitenkin riittää, että aineisto kattaa tutkimuskysymyksiin liittyvää tietoa mahdollisimman aukottomasti. Luotettavuuden parantamiseksi on kaavio koottu useammassa vaiheessa, jolloin mahdollisten virheiden ja puutosten huomaaminen on todennäköisempää. Ennen kuhunkin tutkimuskysymykseen perehtymistä on aineisto käyty läpi aina uudelleen ja erilaisia luokkia on vertailtu myöskin määrällisesti. Tuotosta on testattu usealla ryhmällä ja sen suunnittelu on toteutettu keskustellen alan asiantuntijoiden kanssa.

4. Kehittämiskuvaus

Kehittäessäni uutta opetusmateriaalia halusin kokeilla oppivan opettajan roolia ja astua oman mukavuusalueeni ulkopuolelle laajentaen sitä kautta omaa osaamistani laaja-alaisen opetuksen saralla. Valitsin lähtökohdaksi ainerajat ylittävän, itseäni kiinnostavan aiheen kuvataiteen välineistä. Yhteistyö vahaliituja tuottavan yrityksen kanssa toi suunnitteluun luontevasti mukaan laaja-alaisista opetuksen sisällöistä yrittäjyyskasvatuksen. Kuvaan nyt kehittämisen jaoteltuna kahteen sykliin (Kuva 4).

4.1. Sykli 1: Empiirinen tarveanalyysi ja työn sisällön määrittäminen

Oppilastyön suunnittelua aloittaessani ensimmäinen valitsemani kriteeri oli ainerajat ylittävä opetus. Lähdin liikkeelle kemian ja kuvataiteen aihealueiden yhdistämisestä. Kemia on pohjimmiltaan hyvin materiaallinen tiede, joten kuvataidevälineet tuntuivat sopivalta lähtökohdalta oppilastyölle. Laitoksella oli värien kemian aihepiiristä olemassa muita töitä, ja laitos hyväksyi oppilastyön aiheeksi vahaliidut. Käytin ensimmäiseksi aikaa myynnissä olevien vahaliitujen kemiallisten ominaisuuksien tutkimiseen ja vahaliituja valmistavien yritysten tavoittamiseen. Suomesta löytyi yksi vahaliituja valmistava yritys, joka oli myös kiinnostunut yhteistyöstä.

Sovin yhteistyöyrityksen kanssa Educa-messuille tapaamisen, jonka aikana sain paljon tietoa vahaliitujen ominaisuuksista, raaka-aineista ja jonkin verran valmistusprosessista. Vahaliitujen raaka-aineiden erottaminen toisistaan osoittautui käytössä olevien puitteiden rajoissa mahdottomaksi, joten jouduin hylkäämään kemian erotusmenetelmiin perustuvan ensimmäisen suunnitelmani. Väriaineiden tutkiminen oli toinen ajatukseni, mutta yrityksestä ei osattu olla apuna tässä suhteessa, sillä yrittäjä tilasi väriaineet värikoodien perusteella. Täysin tuntemattomien yhdisteiden koostumuksen selvittäminen ei tuntunut järkevältä.

Internetistä löytyi useita blogikirjoituksia vahaliitujen valmistamisesta kotikonstein. Vahaliitujen valmistaminen raaka-aineistaan tuntui puitteiltaan sopivalta monipuolisesti eri kohderyhmille sovellettavana oppilastyönä. Laitoksen toivomus oli, että työ soveltuisi sekä yläkoulu- että lukioryhmien käyttöön sekä *Lasten yliopisto*-tapahtumaan. Lisäksi toivomuksena oli, että työssä hyödynnettäisiin jollakin tavalla vain yliopistolta löytyviä laitteita tai osaamista.

Raaka-aineiden hankkiminen oli ensimmäinen käytännön ongelma, joka oli kynnyksenä työn suunnittelun etenemiselle. Sovin yrityksen kanssa vierailun tehtaalle, josta saisin työhön sopivia raaka-aineita. Vierailua odottaessani tilasin Kemian laitoksen suostumuksella mehiläisvahaa ja saippuaa alustavia kokeiluja varten, sillä ne olivat monen Internetin blogeista löytyvien vahaliituseptien raaka-aineita. Laitokselta löytyvien välineiden ja punaisen rautaoksidin kanssa oli mahdollista valmistaa periaatteessa toimiva ruskeanpunainen liitu, mutta väri ei ollut kovin kirkas ja liidun rakenne liian pehmeä. Ennen vierailua jatkoin suunnittelua muiden työn toteutukseen liittyvien ongelmien parissa.

Minun piti kehittää hyvin konkreettisen valmistusohjeen lisäksi kemian sisältöjä, joiden kanssa työ olisi sopivan haastava kemian taidoiltaan hyvin erilaisille oppilaille. Lukiolaiselta tai varsinkaan yläkouluikäiseltä ei voi olettaa kovin syvällistä ymmärrystä kiinteän aineen rakentumisesta, mutta aihetta on kuitenkin käsitelty yleisellä tasolla jo seitsemännen kouluvuoden aikana ja sitä voisi syventää. Lisää kemian sisältöjä sain mukaan tarkastelemalla raaka-aineiden ja valmiin tuotteen ominaisuuksia sekä valmistusprosessin vaiheita kemian näkökulmasta. Näkyvien värien selittäminen väriaineiden eli pigmenttien kemiallisilla ominaisuuksilla tuo kemiaa lähemmäksi arkielämää, vaikei värin syntymisen mekanismeista pysty selittämään kuin yleisellä tasolla. Lukiolaisten työohjeen teoriasivuilla käsitelin tätä aihetta syvemmin.

Kun yhteistyö yrityksen kanssa oli varmistunut, halusin saada siitä mahdollisimman paljon irti. Pelkästään kemian tavoitteiden kautta ei ole perusteltua keskittyä muuhun kuin itse valmistamiseen liittyvään kemiaan. Yrittäjyyskasvatus oli Educa-messuilla yhtenä teemana ja jäin pohtimaan, voisinko hyödyntää sitä, vaikei minulta löytynyt asiaan liittyvää osaamista. Yrittäjän kertomukset tuotekehityksen haasteista kiehtoivat minua, ja päädyin lopulta ajatukseen muotoilla oppilastyö tuotekehityksen muotoon. Tarvitsin kuitenkin apua varmistuakseni siitä, että työhön mukaan otettava yrittäjyyskasvatus tosiaan toteuttaa yrittäjyyskasvatuksen tavoitteita ja on mielekkäästi toteutettu.

Kysymällä sain selville yliopistolta löytyvän opettajan, joka on ollut mukana vetämässä yrittäjyyskasvatukseen liittyviä innovaatiotyöpajoja lapsille ja nuorille. Ideoimme yhdessä monenlaisia näkökulmia, joiden avulla tuotekehitykseen saataisiin enemmän tavoitteellisuutta. Sain tapaamisesta selkeämmän käsityksen siitä, minkälaisia tavoitteita yrittäjyyskasvatuksella on, ja monia käyttökelpoisia ideoita tehtäviksi erilaisten tavoitteiden saavuttamiseen. Jäin tapaamisen jälkeen pohtimaan erityisesti ajankäyttöä ja yrittäjyyskasvatukseen liittyvien tehtävien osuutta työhön

kokonaisuudessaan vietetystä ajasta. Koin kuitenkin, että laboratoriossa vietetystä ajasta suurimman osan täytyisi kulua käytännön työskentelyyn ja tähdätä ensi sijassa kemiaan liittyvien kokemusten ja oppimisen vahvistamiseen. Yliopisto-opettaja ohjasi minut ottamaan yhteyttä myös yrittäjyyskasvatusta edistävän YES-verkoston Varsinais-Suomen aluepäällikköön.

Varsinais-Suomen YES-keskuksen aluepäällikkö oli kiinnostunut tapaamisesta kanssani ja piti oppilastyön aihetta toimivana myös yrittäjyyskasvatuksen tavoitteiden kannalta. Tapaamisessa ei tuotekehitystehtävän sisällön muuttamiselle ilmaantunut tarvetta. Aluepäällikkö kehotti minua kirjoittamaan yrityskuvauksen esimerkkinä oppilaille. Sain paljon muitakin vinkkejä projektin laajentamiseksi muun muassa harjoitusyritysprojektiksi, jossa tuotteistamista olisi jatkettu myyntiartikkelin viimeistelyyn, markkinointiin ja myyntiin saakka. Ajatusten kehittäminen oli mielenkiintoista, mutta tämän oppilastyön rajoissa mahdotonta. Lisäsin työohjeen loppuun nopeita työskentelijöitä varten lisätehtäväksi oman yrityksen suunnitteluun liittyvän tehtävän. Tapaamisesta sain lisäksi mukaani kirjallisuutta yrittäjyyskasvatuksesta.

Tein yritysvierailun ohjaajani kanssa, jonka aikana äänitin yrityksen toimitusjohtajan kanssa käydyin haastattelun. Haastattelu toimi pohjana yrityskuvauksen kirjoittamisessa (Liite 5). Toimitusjohtaja näytti vierailun aikana meille yrityksen tilat ja vahaliitujen valmistuksessa käytettävät koneet. Hän kuvaili tuotantoprosessia, tuotekehitystä ja monenlaisia haasteita, joita yrityksen johtamisessa joutuu kohtaamaan. Saimme mukaamme raaka-aineiksi karnaubavahaa, parafiinia, steariinia sekä kahta keltaista ja kahta punaista väriainetta.

Vahaliitujen valmistus päätettiin ottaa mukaan Lasten yliopiston työpajaksi. Kehittelin valmistusohjetta yhdessä työpajan ohjaajien kanssa. Kokeilemalla löysimme mielestämme hyvin toimivan reseptin, jota tapahtumassa käytettiin. Selvisi esimerkiksi, että liitu on hauras, jos kovia vahoja käyttää yli kolmanneksen reseptin kokonaisuudesta. Reseptiä ei käytetty varsinaisessa oppilastyössä, mutta näiden kokeilujen perusteella sain tietoja, joiden avulla pystyin kehittämään työohjetta ja ohjaamaan oppilaiden työskentelyä.

4.2. Sykli 2: Pilotointi ja jatkokehittäminen

Kokosin keräämäni yrittäjyyskasvatuksen ja kemian teorian, tuotekehitystehtävän ja vahaliitujen valmistusohjeen perusteella oppilastyön työohjeen yläkouluikäisille. Työohjeessa kiinnitin huomiota asioiden etenemisjärjestykseen ja jäsentelyyn, selkeisiin

otsikoihin, taulukkoon ja luetteloihin, sekä valmistusohjeen ja lopun tehtävien ymmärrettävyyteen. Työohjeessa keskeisellä sijalla on itse valmistusohje (Kuva 5).

Vahaliidun valmistusohje

1. Aseta punnituspaperi vaa'alle ja nollaa vaaka. Punnitse kukin valitsemasi raaka-aine omalla paperillaan ja merkitse sen massa edellisen sivun taulukkoon.
2. Aseta teräksinen kippo kuumennuslevylle. Valitse ensin ainesosa, jolla on korkein sulamispiste.
3. Laita ainesosa kippoon ja aloita kuumennus. Kuumennus tapahtuu asennossa 1. Varo polttamasta itseäsi! Sulata ainesosa sekoittaen samalla metallisauvan kanssa.
4. Kun ensimmäinen ainesosa on sulanut, lisää seuraava ainesosa. Lisää seuraava aina alenevan sulamispisteen järjestyksessä. Lopeta lämmitys kun olet sulattanut viimeisen aineen.
5. Kun olet saanut kaikki vahat tasaisesti sekaisin, lisää pigmentti. Sekoita, kunnes väri on melko tasainen.
6. Kaada seos muottiin ennen kuin se jähmettyy. Laita muotti kylmään veteen. Anna jähmettyä noin 10 minuuttia.
7. Puhdista lopuksi kippo kuumentamalla sitä ja pyyhi sitten vahojen ja pigmenttien jämät varovasti käsipaperilla.
8. Mitä muutoksia teet seuraavaa erää varten?

Tee nyt toinen erä ryhmäsi suunnittelemin muutoksin eli toista kohdat 1–7.

Tehtävä 3. Arvioi tuotekehityksen onnistumista.

Kuva 5. Vahaliitujen valmistusohje työohjeessa.

Pilotoin oppilastyötä yläkoulun seitsemäsluokkalaisten ryhmän kanssa ja videoin koko oppitunnin. Ensimmäisessä pilotissa ilmeni vielä paljon kehitettävää. Oppilaiden keskittymistä parantamaan muokkasin tavoitteiden asettamisen ohjeistusta selkeämmäksi ja visuaalisesti huomiota herättävämmäksi (Kuva 6). Työssä tarvittavien kemian tietojen aktivointia varten lisäsin tehtävän, joka kertaisi oppilaille avuksi tietoja aineen rakentumisesta ja seoksista. Toteutin tämän aukkotehtävänä, jotta jokainen varmasti keskittyisi siihen. Valmistusprosessin eri vaiheiden havainnollistamiseksi lisäsin kuvasarjan työskentelyvaiheista. Valmistusprosessin aikana täytettävään taulukkoon lisättiin toimintaa ohjaava esimerkkiresepti ja väriaineiden punnitus. Kokeilun kautta ilmeni lisäksi punnitukseen ja sulatusvälineistöön liittyviä käytännön ongelmia, joiden perusteella työn toteutusta muutettiin toimivammaksi.

Totesin työohjeen rakenteen olevan oppilaan kannalta sekava ja rakensin sen uudelleen kokonaisuuksittain etenevään järjestykseen. Ensimmäinen sivu keskittyy aiheen esittelyyn, toinen työskentelyn suunnitteluun, kolmas itse valmistukseen ja oman työskentelyn arviointiin ja lisätehtävät on siirretty viimeiselle sivulle. Työskentelyn ohessa tärkeät tehtävät on kukin sijoitettu työskentelyvaiheen kannalta loogiseen

yhteyteensä; esimerkiksi yrittäjäyyskasvatukseen liittyvä tuotteen hinnan arviointi siirtyi lopusta heti tuotteen valmistuksen perään ja tuotekehitys keskeltä ohjetta omalle sivulleen ohjeen loppuun.

Tehtävä 1. Mikä inheen vahaliitu?
Kokeile markkinoilla olevaa vahaliitua ensimmäiseen testauslaatikkoon. Millaisia ominaisuuksia hyvällä vahaliidulla on?

Teollinen liitu	Oma liitu 1	Oma liitu 2
-----------------	-------------	-------------

Tärkeimmät käsitteet: yhdistä käsite sopivaan määritelmään.

vaha	amorfinen aine
pigmentti	siderakenne
hilarakenne	lämpötila, jossa kiinteä aine muuttuu nesteeksi
sulamispiste	eräs liidun sidosaine
	väriaine
	atomien järjestys kiteessä

Tehtävä 2. Valmista vahaliitu itse.

Kuva 6. Tavoitteiden asettaminen ja tärkeimpien käsitteiden omaksuminen työohjeessa.

Työohjeen viimeistelyn jälkeen oppilastyötä testattiin uudelleen yläkouluryhmillä, tällä kerralla kahdeksaslukulaisten kanssa. Oppilaat osallistuivat työn suoritukseen aktiivisesti ja kerätyn vapaan palautteen perusteella kokivat työn mielenkiintoiseksi. Työvälineiden järjestäminen valmiiksi työpisteittäin, raaka-aineiden jakaminen useammalle punnituspisteelle ja kirjalliseen sekä suulliseen ohjeistukseen tehdyt muutokset todettiin toimiviksi, eikä oppilaiden kannalta työssä ilmennyt enää selkeitä korjaamistarpeita. Ilmeni kuitenkin, että toisten ohjaajien oli vaikea ohjata aukkoitehtävän täydennystä, joten sen tilalle kehitin käsitteiden yhdistämistehtävän.

Kehitettävänä oli vielä yliopistolla tapahtuvan kemian tutkimuksen tutummaksi tuominen työn ohessa, lukiolaisille sopivan ohjeen kehittäminen ja opettajan ohjeen kirjoittaminen. Yliopiston tutkimuksen esilletuomisessa käänsin katseeni vahaliitujen raaka-aineisiin. Vahat ovat monimutkaisia hiilivetyseoksia, joiden tutkimiselle kemian keinoin en löytänyt tarkoituksenmukaista tapaa. Väriaineita on hyvin monenlaisia ja selvittelin, minkälaisia mahdollisuuksia niistä löytyisi.

Vahaliitujen valmistajallakaan ei ollut tiedossa minkään muun vahaliitujen väriaineen kuin Suomessa tuotetun titaanivalkoisen kemiallinen koostumus. Titaanivalkoinen on titaanidioksidiä, jota käytetään muun muassa elintarvikkeissa,

aurinkovoiteissa, peitemaalina ja aurinkokennoissa. Konsultoin Kemian laitoksen henkilökunnalta, minkälaisilla laitteilla titaanidioksidia voisi tutkia. Kiderakenteen karakterisoinnin välineenä esiin nousi röntgendiffraktio. Laitoksella olevalla röntgendiffraktometrillä määritettiin oppilastyössä käytössä olevan titaanidioksidin diffraktiokuvio. Titaanidioksidin kahden yleisimmän muodon, rutiilin ja anataasin, täydelliset diffraktiokuviot määritettiin myös laskennallisesti. Lisäsin oppilastyön viimeiselle sivulle tehtävän, jossa oppilas määrittää käytössä olevan titaanidioksidin rakenteen vertaamalla kokeellisesti määritettyä diffraktiokuvioita laskennallisiin diffraktiokuvioihin (Kuva 3).

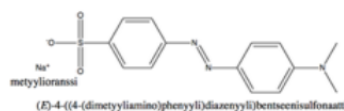
Aloitin oppilastyön muokkaamisen lukiolaisille soveltuvammaksi miettimällä, missä asioissa lukiolaisten kemian tietämys ja työskentelyn taidot ovat kehittyneemmät. Kokemuksieni mukaan lukiolaiset ovat itseohjautuvampia ja avoimessa ongelmanratkaisussa harjaantuneempia. Vähensin lukiolaisille suunnatusta työohjeesta ohjailua ja tavoitteenasettelua. Yläkouluohjeen neljä sivua tiivistyivätkin kahteen sivuun. Tavoitteiden asettaminen jää enemmän kunkin työparin omalle vastuulle ja tehtävät ovat avoimempia. Kemiaan liittyviä tehtäviä olisi voinut kehittää, mutta silloin oppilastyö olisi ollut järkevää sitoa johonkin lukion kurssin sisältöön.

Lukion kemiassa opitaan aineen rakentumisesta jo paljon enemmän, minkä lisäksi osa opiskelee biologiaa ja fysiikkaa, joiden kautta värien havaitsemisen ja ilmentymisen mekanismeja voi ymmärtää jo huomattavasti syvällisemmin. Lisäsin työohjeen alkuun paketin teorian tietoa vahaliitujen raaka-aineista, väriaineista sekä väreistä kemiallisena ja havaittavana ilmiönä (Kuva 7). Oppilastyön alussa nämä asiat käsitellään lukiolaistenkin kanssa hyvin lyhyesti, mutta aiheen kiinnostaessa syventävää tietoa eri aiheista on kuitenkin saatavilla. Lisäksi lisäsin työohjeen loppuun tärkeimmät tietolähteet.

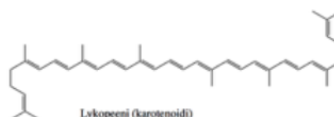
Opettajan ohje rakentui luontevasti lukio-ohjeen varaan. Opettajan mahdollisesti kaipaama teoria ja lähteet ovat jo valmiiksi esiteltyinä samalla kuin lukiolaisellekin. Opettajan ohjeeseen lisäsin luettelon oppimistavoitteista, arvion ajankäytöstä, huomioita työturvallisuudesta sekä pieniä johdatteluja työn ohjaamisen avainkysymyksiin (Kuva 8). Ideoita monialaiseksi projektiksi kehittämistä sijoitin heti opettajan ohjeen alkuun ennen teoriaa. Teoriasivujen ja varsinaisen työohjeen lomaan olen lisännyt huomiolaatikoita, jotka sisältävät opettajalle mahdollisesti tarpeellisia lisätietoja sivulla käsitellyistä asioista.

4. PIGMENTTI

Monet pigmentit ovat **orgaanisia yhdisteitä**. Laajalle leviävä konjugaatio on orgaanisille väriaineille tyypillistä.

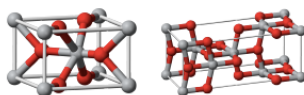


KUVA 4. METYYLIORANSSI JA LYKOPEENI OVAT ORGAANISIA PIGMENTTEJÄ



Metalliyhdisteitä

- Rautaoksidit ja rautahydroksidit voivat atomilajisuhteesta ja hilarankenteen järjestäytymisestä riippuen olla väriltään keltaista, ruskeaa, punaista tai mustaa. Punamullan väriaine on Fe_2O_3 , kun taas FeO on mustaa.
- Kadmiuminkeltainen oli alunperin kadmiumsulfidia CdS .
- Titaanidioksidi TiO_2 on turvallinen valkoinen väriaine, joka 1900-luvulla korvasi pitkään käytetyn myrkyllisen lyijyvalkoisen (lyijykarbonaatin PbCO_3 ja kahden lyijyhydroksidin Pb(OH)_2 seos).



Titaanidioksidissa kaikki metallin ulkoelektronit osallistuvat sidoksiin, eikä virtittyviä "vapaita" ulkoelektroneja siksi ole. Kaikki valon aallonpituudet heijastuvat rakenteesta ja aine on silloin valkoista.

KUVA 5. TITAANIDIOKSIDIN KAHDEN YLEISIMMÄN HILARAKENTEEN MALLIT: RUTILI (5.1., VASEN) JA ANATAASI (5.2., OIKEA).

Kuva 7. Sivu lukiolaisten ohjeeseen lisäystä teoriaosasta.

Oppimistavoitteet:

- vahvistaa oppilaan itseohjautuvuutta
- kehittää oman työskentelyn suunnittelun taitoja
- tukea oppilaan käsitystä kemian merkityksestä tapauksessa taidevälineen valmistamisesta
- oppia arvostamaan työn tuloksia
- kohtaamaan epäonnistumisia osana tutkimusta
- antaa oppilaalle esimerkki yrittäjämäisestä tutkimuksesta ja työelämässä menestyksestä
- kerrata orgaanisen kemian sisältöjä tai
- kerrata rasva- ja vesiliukoisuuden eroa
- oppia väriaineista kemiallisena yhdisteinä
- tutustua röntgendiffraktion menetelmään (käytetään yliopistoissa jalayrityksissä)
- tuoda esille perinteiset ainerajat ylittävien menetelmien käyttöä

Ajankäyttö:

	Tarvittava aika	Työvaihe
1.	10 min	Johdattelu
2.	2 min	Vahaliidun kokeileminen
3.	3 min	Valmistusprosessin päävaiheiden esittely
4.	5-10 min	Reseptin suunnittelu ja

Välineet ja raaka-aineet

Vaaka (olisi hyvä olla 4 kpl: 2 pistettä vahoille ja 2 pistettä väreille)
Punnituspaperit (paperiset muffinssivuorat)
Lämmityslaitteisto (sähkölevy, ei kaasupoltin)
Teräksinen kippo (teräksinen desimitta)
Metallinen sekoitussauva (lasinenkin käy, mutta pesu kuumalla vedellä ja paperilla)
Muotit (silikoniset jääpala- tai konvehtimuotit vahaliidun jäähdyttämiseen)

Vahoja:

- Steariini
- Parafiini
- Karnaubavaha
- Mehiläisvaha

Pigmenttejä:

- Karmiiniinpunainen
- Sinoooperinpunainen
- Ultramariniinsininen
- Preussinsininen
- Kromikeltainen

Mahdolliseen tietyn aihealueen tarkempaan kertaamiseen varattava aikaa erikseen
Keskustellaan vahaliitujen toivotuista ominaisuuksista
Kiinnitetään huomio työturvallisuuteen

Työvaiheessa oppilasparit työskentelevät

Vinkkejä opettajalle esim. turvallisuuden huomioimiseksi löytyy lisää ohjeen lopusta.

Oppilaiden on tarkoitus markkinoilla olevaa liitua kokeilemalla kiinnittää huomiota siihen, miten monenlaisia ominaisuuksia hyvältä vahaliidulta vaaditaan. Tärkeimpinä odotetaan esiin tulevan kovuuden/pehmeuden sopiva suhde, jotta piirtojälki on vahva, liitu ei suttaa, mutta ei myöskään murru liian herkästi. Toinen tärkeä seikka on värin tasaisuus ja peittävyys. Kaikki huomiot ovat arvokkaita ja auttavat oppilaita asettamaan omalle työskentelylleen tavoitteita.

Työn suunnittelun kannalta olisi hyvä myös kiinnittää

Kuva 8. Oppimistavoitteiden, ajankäytön ja huomioitavien seikkojen esilletuonti opettajan ohjeessa.

4.3. Lopputuloksen kannalta ratkaisevimmat päätökset

Tarkastellessani työn suunnittelussa ratkaisemiani ongelmia huomasin, että osa tehdyistä päätöksistä on aiheuttanut ikään kuin uusien kysymysten ja ratkaisujen vyöryn. Näiden päätösten voi perustellusti sanoa olleen suunnitteluprosessissa ratkaisevassa asemassa.

Alussa valitsin etenemissuunnan intuitiivisesti ja jätin itselleni mahdollisuuden vaihtaa suuntaa, mikäli tavoitteiden suhteen tulee liikaa ristiriitoja. Avoimin mielin eteneminen tarkoitti, että ratkaisun saattoi havaita odottamattomista suunnistakin. Suunnitteluprosessin alussa tärkeimmät etenemiseen vaikuttaneet päätökset olivat seuraavat:

1. Kuvataiteen ja kemian yhdistäminen kuvataidevälineen tutkimisen kautta
2. Vahaliidun valitseminen tutkimuskohteeksi
3. Yritysyhteistyön solmiminen
4. Vahaliitujen valmistaminen työn keskeiseksi sisällöksi
5. Yrittäjyyskasvatuksen L6 tavoitteiden toteuttaminen kemianopetuksen kautta
6. Tuotekehityksen valitseminen oppilastyön näkökulmaksi

Kemian ja kuvataiteen aineiden yhdistäminen on helppoa, kun ajattelee kuvataiteen toteutusta kemian näkökulmasta. Kaikki kuvataide toteutetaan materiaalien avulla, joiden toiminta perustuu nimenomaan alustan ja välineen, kuten vahaliidun, kemiaan. Näiden aineiden yhdistäminen oli päätös, jonka tiesin pitävän jo sitä tehdessäni.

Valitsin eri kuvataiteen välineistä tutkittavaksi vahaliidun. Arvelin vahaliitujen raaka-aineiden olevan kemiallisessa mielessä mielenkiintoisempia kuin esimerkiksi vesivärien. Valitun välineen olisin voinut vaihtaakin, mutta vahaliituihin perehtymisen kautta törmäsin moniin ongelmiin, jotka ratkaisemalla opin huomattavasti enemmän kuin jokin tutumpi aihepiiri olisi mahdollistanut.

Yritysyhteistyö sai alkunsa, kun vahaliitujen tutkiminen kemian keinoin ei onnistunut. Kysyin vahaliituvaikeuksista apua ja opin paljon liitujen raaka-aineista, valmistusprosessista sekä valmistamisen haasteista. Yhteistyö sai myöhemmin myös muita muotoja. Yrittäjän tietotaito oli laajinta valmistusprosessiin ja tuotekehitykseen liittyvissä kysymyksissä. Totesin, että pystyisin hyödyntämään yhteistyön parhaiten, jos vaihtaisin työn keskeisimmän sisällön vahaliitujen tutkimisesta niiden valmistamiseen.

Yrittäjyyskasvatuksen sisällyttäminen oppilastyöhön alkoi myös yritysyhteistyön alettua, joka tyypillisesti ajatellaan osana yrittäjyyskasvatusta. Halusin kyetä hyödyntämään mahdollisimman paljon solmittua yhteistyösuhdetta. Arvelin, että tämä onnistuisi parhaiten lisäämällä työhön yrittäjyyskasvatuksen tavoitteita. Tukea omalle oppimiselleni hain yrittäjyyskasvatuksen asiantuntijoilta.

Tässä vaiheessa tuotekehitys näkökulmana oppilastyölle tuntui hyvinkin luontevalta valinnalta useammasta syystä. Vahaliitusestejä löytyy Internetistä monenlaisia, ja yrittäjä kertoi juuri hyvien ominaisuuksien kehittämisen olevan suuri haaste vahaliitujen valmistamisessa. Kemian alalla moni yritys tähtää erilaisten tuotteiden tai ominaisuuksien kehittämisen, jolloin tuotekehitys yhdistää kemianopetusta ja yrittäjyyskasvatusta työelämässä yleisen toimenkuvan kautta.

Suunnittelussa piti myöskin valita työlle didaktisia tavoitteita ja selvittää, miten kehitetty työ ja sen ohjaaminen toimii oppilaiden kanssa. Oppilaiden ja ohjaajan roolin määrittäminen vaikuttaa ratkaisevasti oppilastyön työohjeen lopulliseen ilmiasuun, ja sen päättämässä hyödynsin omia kokemuksiani opettamisesta.

Yliopiston tutkimusta tuli esitellä työn kautta, joten työohje ei vielä ensimmäisen pilotoinnin jälkeen ollut täysin valmis. Titaanidioksidi oli ainoana puhtaana tunnettuna raaka-aineena luonteva lähtökohta tälle tehtävälle. Sen rakenteen määrittämisestä laitteella, jota Kemian laitoksella myös todellisuudessa käytetään, sai sopivan mittaisen tehtävän.

7. Ongelmanratkaisun avoimuuden asteen määrittäminen
8. Titaanidioksidin rakenteen määrittäminen yliopiston röntgendiffraktometrin avulla.

Nämä kaksi päätöstä syntyivät vasta oppilastyön kehittämisen ollessa jo pitkällä. Ne määrittivät enemmänkin työn käytännön toteutusta, kun taas edellä esitellyt kuusi päätöstä rajasivat mahdollisuuksien ikkunaa ja määrittivät lähtökohtia, joista itse oppilastyötä lähdin suunnittelemaan.

5. Ongelmanratkaisu suunnittelussa

Tässä luvussa esittelen tutkimuskysymyksiin 2–5 liittyvät tulokset. Kuvaan ensin, miten olen tehnyt laadullisen aineistopohjaisen sisällönanalyysin. Kuvaan sitten kuhunkin tutkimuskysymykseen liittyvät tulokset omissa alaluvuissaan. Tarkennan vielä kunkin tutkimuskysymyksen kohdalla, miten erityisesti siihen liittyvät tulokset on aineistosta johdettu.

5.1. Tutkimusaineiston käsittely

Päätöksenteon tutkimisen aloitin pelkistämällä tutkimusaineiston luettelomalla kohtaamiani ongelmia kehittämisen aikana kertyneiden dokumenttien pohjalta. Näitä olivat kirjoittamani työpäiväkirja, käymäni sähköpostikeskustelut, työohjeiden eri versiot ja valokuvat. Pyrin listaamaan tunnistamani ongelmat ensin aikajärjestyksessä. Taulukoin ongelmien vierelle niihin löytyneet ratkaisut sekä ratkaisujen kautta syntyneet uudet ongelmat (Taulukko 2). Samaan ongelmaan vastasi muutamia kertoja useampi erillinen ratkaisu. Moneen ongelmaan löytyi myös useita vaihtoehtoisia ratkaisuja, joista toteutettiin vain yksi. Yleisesti myös ratkaisusta saattoi syntyä yksi tai useampia uusia ongelmia.

Taulukko 2. Ongelmanratkaisun tutkimisessa käytetty taulukko.

Päätös	Ongelma	Ratkaisu	Ratkaisun tuottamat uudet ongelmat	Yleisiä huomioita
Päätös	Ongelma	Ratkaisu	Ongelma	Huomio
128 kpl	149 kpl	167 kpl

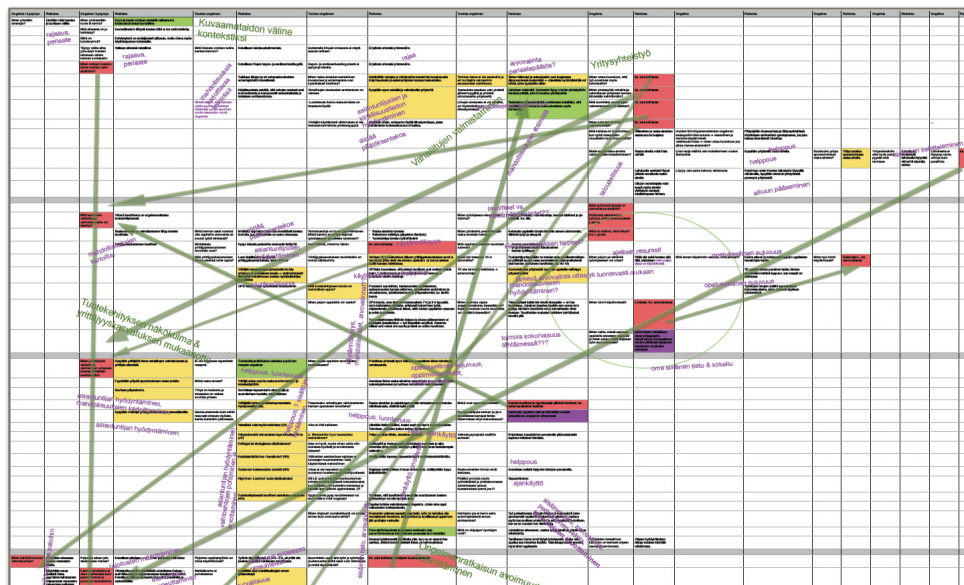
Jatkoin tutkimusta kirjoittamalla taulukkoon alkuperäisten ongelmien vierelle niiden ratkaisemiseksi tehdyt päätökset. Kävin päätösten kirjoittamisen tueksi myös uudelleen läpi alkuperäisen aineiston. Koodasin taulukon soluista keltaisella ne, joissa yrittäjyyskasvatuksen vaikutus näkyy ratkaisuissa. Sinisellä koodasin sellaiset ratkaisut, jotka ovat kytköksissä suurempaan kokonaisuuteen ja vihreällä sellaiset, jotka eivät vaikuttaneet muuhun päätöksentekoon.

Kokonaiskuvan hahmottaminen suurta taulukkoa tarkastelemalla oli hankalaa, ja arvioin kontekstin olevan tärkeä osa päätöksentekoa ja ongelmanratkaisua. Kokosin suunnittelun etenemisestä myös prosessikaavion, jossa suunnittelu etenee ongelmien ja ratkaisujen vuorotteluna (Kuva 9 ja Liite 1). Koko prosessi lähti käyntiin yhdestä alkuperäisestä ongelmasta, josta ongelmanratkaisu pian lähti laajenemaan tehdyn rajaavan päätöksen aiheuttaessa lukuisia uusia tarkentavia ongelmia, joille mahdollisesti löytyi useampia vaihtoehtoisia ratkaisuja ja niin edelleen. Kohdattuja ongelmia oli lopullisessa kaaviossa 149 kappaletta. Merkitsin prosessikaavioon huomioita eri vaiheissa tapahtuneen toiminnan tarkoituksesta ja värjäsin yrittäjyysyhteistyöhön liittyvät vaiheet keltaisella.

Päätösten tutkimista alustin taulukoimalla ratkaisut ja päätökset omana kokonaisuutenaan. Ongelmiin löytyneitä ratkaisuja kertyi luetteloon yhteensä 167, joista 128 sisälsi päätöksen. Lisäsin jokaisen päätöksen kohdalle ensin perustelut sille, miksi päätös oli tehty, ja sen jälkeen käsitteellistetyt päätökseen vaikuttaneet seikat (Taulukko 3).

Taulukko 3. Päätösten ominaisuuksien tarkastelussa käytetty taulukko.

Ratkaisu	Onko päätös?	Päätös	Päätöksen perustelut	Päätökseen vaikuttavat seikat
Ratkaisu	Kyllä / Ei	Päätös	- Perustelu - Perustelu	Seikka
...



Kuva 9. Prosessikaavion ensimmäinen puolikas.

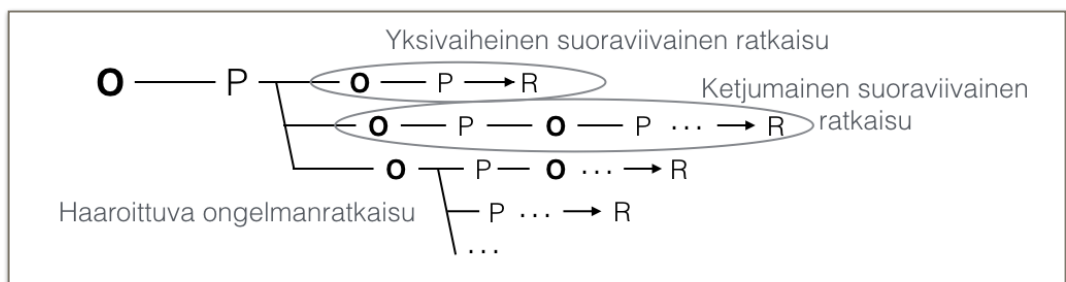
5.2. Suunnittelussa kohdatut ongelmat

Tarkastelin ongelmanratkaisun etenemistä prosessikaavion (Kuva 9) haaroittumista tarkastelemalla. Huomasin, että ongelmanratkaisu saattoi edetä usealla eri tavalla. Vertasin prosessikaavion haarautumista taulukkoon 2 ongelman ratkaisemisesta koottuihin tietoihin. Huomasin eroja siinä, miten olin ratkaissut konkreettisia käytännön toimintaan liittyviä ongelmia ja toisaalta monitahoisia kokonaisuuteen liittyviä ongelmia. Lisäksi tarkastelin taulukosta, minkälaisia ongelmia olin suunnittelun missäkin vaiheessa kohdannut.

5.2.1. Hyvin ja heikosti määritellyt ongelmat

Kohtaamiani ongelmia tarkastellessani huomasin, että ongelmien ja ratkaisujen pareja oli monenlaisia. Lukuisat ongelmat olivat hyvinkin suoraviivaisia ja selkeitä. Kutsun näitä ongelmia hyvin määritellyiksi ongelmiksi, sillä niiden merkitys koko prosessin kannalta on selvä. Pigmentin laskeutuminen massaa jähmettäessä muotin pohjalle on esimerkiksi hyvin määritelty ongelma. Suurin osa tehdyistä päätöksistä liittyi määriteltyjen ongelmien ratkaisemiseen. Lähes jokaisen ongelmanratkaisuketjun päässä oli käytännön ongelmia, joiden kautta ratkaisu sai lopullisen muotonsa.

Hyvin määritellyistä ongelmista moni voitiin ratkaista yhdellä päätöksellä tai suoraviivaisen ongelmanratkaisuketjun tuloksena. Ketjumaisessa ongelmanratkaisussa ongelmaa ei jaeta osiin, mutta vaaditaan useampi vaihe, ennen kuin lopullinen ratkaisu saavutetaan. Ongelmanratkaisuketju voi hyvin määriteltyjenkin ongelmien kohdalla olla haaroittuva. Silloin toiminta ongelman ratkaisemiseksi joko johtaa uusien ongelmien syntymiseen tai vaatii useamman päätöksen, mahdollisesti kumpaakin (Kaavio 1).



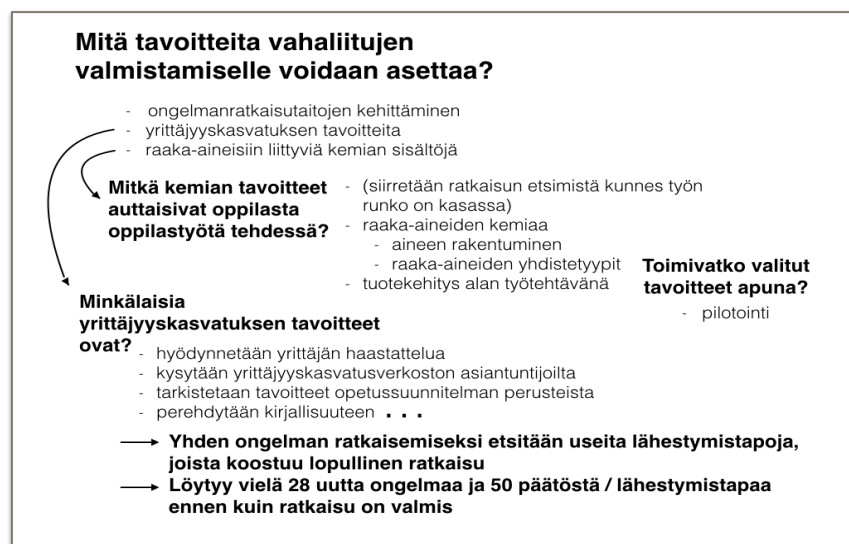
Kaavio 1. Määritellyn ongelman ratkaisujen eri tyypit. Kaaviossa ongelmien (O) ratkaisemiseksi tehdään päätöksiä (P), joista seuraa mahdollisesti uusia ongelmia tai lopullinen ratkaisu (R).

Käytännölliset periaatepäätökset ratkaisevat joissakin tapauksissa myös heikosti määriteltyjä ongelmia yksivaiheisesti, ja osa käytännöllisin perustein tehdyistä päätöksistä ratkaisee useitakin ongelmia samanaikaisesti. Eräs useita ongelmia ratkaissut käytännön syistä tehty päätös oli jättää saippuamassa pois työn raaka-aineiden joukosta. Samalla tuli ratkaistua sekä oppilaiden ohjaamiseen että vahaliitujen ominaisuuksiin liittyviä haastavia ongelmia.

On myös olemassa ongelmia, joita ei voi erottaa kokonaisuudesta. Monien kohdalla erilaiset vaihtoehdot ratkaisut ohjaavat työtä erilaisiin suuntiin ja vaikuttavat suunnittelussa muuhunkin kuin vain ratkaistavaan ongelmaan. Tällaisia ongelmia kutsun heikosti määritellyiksi. Heikosti määritellyille ongelmalle ei ole olemassa valmiita ratkaisumalleja tai edes määrättyä tapaa, jolla ratkaisua lähdetään etsimään (Lawson, 2004).

Prosessikaaviota tutkimalla hahmottelin erilaisia tapoja heikosti määritellyn ongelman ratkaisemiseksi. Myös heikosti määritelty ongelma ratkesi joissakin tapauksissa yksivaiheisesti. Lähes poikkeuksetta heikosti määritellyn ongelman ratkaiseminen oli monivaiheisempaa ja haaroittuvampaa kuin hyvin määritellyn ongelman ratkaiseminen. Ongelmien määrittelyn aste voi olla missä tahansa ääripäiden välillä, ja se näkyy myös ongelmanratkaisuketjun pituudessa. Joissakin tapauksissa ongelman ratkaiseminen yhdistyi jonkin toisen ongelman ratkaisemiseen, kun niitä yhdisti jokin yhteinen olennainen seikka. Koska heikosti määritellyt ongelmat eivät ole yksiselitteisesti ratkaistavissa, vaativat ne erilaista päätöksentekoa kuin hyvin määritellyt ongelmat.

Esimerkkinä voidaan tarkastella oppilastyön tavoitteenasettelun ongelmaa (Kuva 10). Useissa haastavissa ongelmissa ensimmäisen päätöksen jälkeen ongelma jakaantui sarjaksi pienempiä ongelmia, joiden ratkaiseminen kävi jo alkuperäistä suoraviivaisemmin. Monen haastavan ongelman ratkaisemista lykkäsin myöhäisemmäksi, jotta ehdin hankkia enemmän tietoa päätösten tueksi. Heikosti määritellyjen ongelmien ratkaisemisstrategioihin palaan tarkemmin luvussa 5.4. *Päätöksenteko suunnittelussa.*

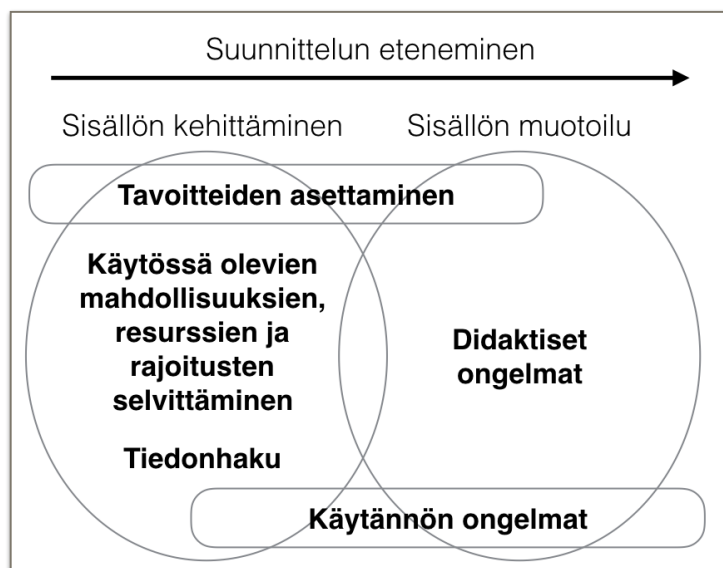


Kuva 10. Esimerkki heikosti määritellyn eli haastavan ongelman ratkaisemisesta.

5.2.2. Ongelmat suunnittelun eri vaiheissa

Tarkastellessani kehittämistä kokonaisuutena tunnistin prosessikaaviossa ja taulukon 2 mukaisesti listatuissa ongelmissa toistuvia aihepiirejä. Tarkastelin ongelmia listaamalla

ne uudelleen aikajärjestyksessä ja käsitteellistämällä niitä sen perusteella, mihin työn kehittämiseen liittyvään suurempaan kokonaisuuteen kukin kuuluu (Kuva 11).



Kuva 11. Kohdattujen ongelmien laatu suunnittelun edetessä.

Suuri osa alkuvaiheen ongelmista liittyi resurssien selvittämiseen ja aiheeseen liittyvän tiedon kerryttämiseen. Alussa tein paljon aihetta rajaavia ja eri tahojen kanssa tehtävään yhteistyöhön liittyviä päätöksiä, joiden kautta asetin suunniteltavalle oppilastyölle raamit ja selvitin käytettävissä olevat resurssit. Kun olin etsinyt riittävästi aiheeseen liittyvää tietoa ja selvittänyt toteuttamiseen liittyviä mahdollisuuksia, oli mahdollista lähteä rajaamaan suunnittelua.

Jo alkuvaiheessa aloitin työn tavoitteiden määrittämisen, joka jatkui läpi koko suunnittelun. Kehittämisen alussa asetin tavoitteita yleisellä tasolla ja tarkensin niitä kehittämisen edetessä yksityiskohtaisempiin ratkaisuihin. Pohdin muun muassa minkälaista oppimista ja mitä taitoja työn kautta tavoitellaan. Käytin ensisijaisesti tukena OPS:a (Opetushallitus, 2014), jonka yleisistä tavoitteista, laaja-alaisen opetuksen tavoitteista sekä kemian opetuksen tavoitteista rakensin työhön sopivan kehyksen. Tämän vaiheen päätöksenteko sisälsi paljon opetuksen arvoihin sekä eri tavoitteiden tärkeysjärjestykseen liittyviä päätöksiä, jotka vaikuttivat oppilastyön sisällön muotoiluun.

Käytännön ongelmien ratkaisemista tapahtui myös koko suunnitteluprosessin aikana. Työn jo hahmottuessa ratkaisin työn suorittamiseen liittyviä käytännön ongelmia ensin yksin, Lasten yliopiston ohjaajien ja myöhemmin oppilasryhmän kanssa kokeilemalla. Käytännön ongelmiin kuului esimerkiksi välineistön suunnittelu,

konkreettisia valmistusprosessiin liittyviä ongelmia sekä ohjeistukseen ja työohjeen seuraamiseen liittyviä didaktisia ongelmia, joita ilmeni etenkin pilottivaiheessa.

5.3. Päätöksentekoon vaikuttavat seikat

Kuten luvussa 5.1. *Tutkimusaineiston käsittely* kuvasin, tarkastelin päätöksiin vaikuttaneita asioita listaamalla ensin syitä sille, miksi kukin päätös tehtiin (Taulukko 3). Merkitsin myös prosessikaavioon kussakin vaiheessa olennaisia päätöksenteon tarkoituksiin liittyviä huomioita, koska tilannekonteksti hahmottuu kaaviosta paremmin kuin taulukosta ja tukee käsitteellistämistä. Tunnistin käsitteellistämisen kautta yhteensä 20 päätöksiin vaikuttanutta seikkaa, joista suurin osa esiintyi toistuvasti suunnittelun aikana (Taulukko 4).

Taulukko 4. Suunnittelun aikana päätöksentekoon vaikuttaneet asiat.

Tavoitteet	Oman asiantuntijuuden kehittäminen
	Sisällön tiedolliset tavoitteet
	Sisällön taidolliset tavoitteet
	Pedagogiset tavoitteet
	Kemian laitoksen asettamat vaatimukset
	Kemianopetuksen ja laboratoriotyöskentelyn normit
Käytännöllisyys	Helppous
	Toteutettavuus
	Tehokkuus
	Didaktinen toimivuus
	Turvallisuus
	Selkeys
	Esteettisyys
	Työn nopeampi edistyminen
	Virheiden välttäminen
	Turhan sisällön karsiminen
	Resurssit
Käytettävissä olevat välineet	
Rahalliset resurssit	
Ylimääräisten työvaiheiden välttäminen	

Alkuvaiheessa tavoitteiden asettaminen ja oman tietomäärän lisääminen olivat yleisiä vaikuttimia. Suunnittelun edetessä lisääntyi konkreettisten ratkaisujen tarve, ja samalla myös päätöksiin vaikuttavien käytännön seikkojen määrä kasvoi. Haastavien ongelmien ratkaisemisessa sisäisellä kokemuksellisella tiedolla, arvomaailmalla ja henkilökohtaisilla kiinnostuksen kohteilla oli vaikutusta. Näistä tosin kaksi ensimmäistä eivät näy suunnittelussa suoraan, vaan tavoitteiden, didaktisten ratkaisujen ja käytännön valintojen kautta. Arvot vaikuttivat ratkaistaessa monta haastavaa ongelmaa, jotka liittyivät työn tavoitteisiin, pedagogiseen sisältöön tai sisältöjen opettamisen tapaan.

Jaottelin tunnistetut päätöksenteossa vaikuttavat seikat kolmeen yläluokkaan. Suurin osa tunnistetuista päätöksiin vaikuttavista seikoista liittyivät valitun vaihtoehdon käytännöllisyyteen työn ja suunnittelun kannalta. Käytännöllisellä ratkaisulla on muihin ratkaisuihin verrattessa jokin etu, kuten helppo toteutettavuus, toimivuus, taloudellisuus, turvallisuus tai työn nopeampi edistyminen. Resurssikysymykset ja työlle asetetut tavoitteet ohjasivat epäsuorasti myös sitä, minkälaisia käytännön ratkaisuja tarvittiin. Käytännölliset syyt olivat vaikuttimena lähes jokaisen ongelmanratkaisuketjun jossakin vaiheessa, tyypillisimmin loppuvaiheen muotoilukysymyksissä.

Oppilastyön suunnittelun varhaisimman vaiheen päätöksenteossa painottui oppilastyölle asetettujen tavoitteiden vaikutus. Tavoitteet jakaantuivat niihin, joita asetin itselleni ja kehittämiseksi sekä niihin, joita asetin kehitettävän työn sisällölle ja oppilaan oppimiselle. Näistä oman osaamisen kehittämisen tavoitteet vaikuttivat työn sisällön tavoitteiden valintaan. Itselle asettamani tavoitteet olivat uuden OPS:n laaja-alaisten tavoitteiden, ilmiöpohjaisen työn suunnittelun sekä yrittäjyyskasvatuksen periaatteiden parempi hallinta (Opetushallitus, 2014).

Kehittämisessä tavoitteiden vaikutus näkyi sekä ongelmanratkaisun alkuvaiheen sisällön määrittelyssä että myöhemmin sisällön tarkemmassa muotoilussa. Oppilastyön opetuksellisten tavoitteiden taustalla oli erityisesti uuden OPS:n mainitsemia oppilaslähtöisen oppimisen taitoja, yrittäjyyskasvatuksen oppimistavoitteita sekä vahaliitujen kemian tuominen oppilaille tutummaksi (Opetushallitus, 2014). Opetukselliset tavoitteet ohjasivat lopullisten käytännön ratkaisujen valintaa. Didaktisten ja pedagogisten ratkaisujen valinnassa tavoitteiden välillä joutui joskus tekemään haastavaakin arviointia niiden vaikutuksista työn toimivuuteen. Tavoitteiden väliseen keskusteluun perustuvat päätökset olivat usein tasapainottelua erilaisten oppilastyön tavoitteiden kuin myös niiden käytännön toteuttamistapojen välillä.

5.4. Päätöksenteko suunnittelussa

Tutkin päätöksentekoa listaamalla kaikki suunnittelun aikana kirjaamani ratkaisut ja päätökset taulukkoon 3 sekä määrittämällä prosessikaaviosta, minkälaiseen toimintaan ne suunnittelussa liittyivät. Vertailin hyvin ja heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemisen päätöksentekoa. Huomasin, että heikosti määritettyjen ongelmien kohdalla päätöksenteko vaati toistuvasti tiedonhakuun ja suunnittelun etenemissuunnan rajaamiseen liittyviä päätöksiä.

5.4.1. Erilaisia ratkaisuja ongelmiin

Tyypittelin ratkaisuvaihtoehdot sen perusteella, mitkä taulukkoon listatuista ratkaisuista olivat päätöksiä, mihin liittyvää ongelmaa ne ratkaisivat ja minkälaisin perustein ne oli tehty. Tunnistin 11 päätöstyyppiä (Taulukko 5), joista monen päätöksen kohdalla toteutui useampikin samanaikaisesti. En jatkanut käsitteellistämistä, koska tyypit eivät ole toisensa poissulkevia. Tarkastelen lyhyesti erilaisia tunnistettuja ratkaisutyyppisiä, joista heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemisen strategioihin perehdytään seuraavissa alaluvuissa tarkemmin.

Tavoitteena oli, että oppilastyö olisi kokonaisuudessaan hyvin toimiva, minkä vuoksi moni ratkaisu toteutettiin samanaikaisesti useita odotuksia. Toisin sanoen esimerkiksi didaktisissa valinnoissa on otettu huomioon niin työn käytännön toimivuuteen kuin tavoitteiden toteutumiseenkin liittyviä vaatimuksia. Didaktisten työhöjien uudelleenjärjestelyyn liittyvien päätösten kautta tuli ratkaistua oppilaiden keskittymiseen liittyviä haastavia ongelmia. Päätös on tällöin samanaikaisesti sekä käytännöllinen että tavoitteita toteuttava.

Hyvin ja heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemisessa tehdyt päätökset erosivat toisistaan selvästi. Heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemiseen ei ole suoralta kädeltä olemassa mallia tai tapaa, miten ongelman ratkaisemiseksi edetään. Halusin selvittää, minkälaista toimintaa ja päätöksentekoa tarvitaan, jotta heikosti määritellyn ongelman ratkaisemisessa päästään eteenpäin. Tähän paneudun seuraavassa alaluvussa.

Taulukko 5. Päätökset suunnittelun aikana.

Päätöksen tarkoitus	kpl
Didaktiset päätökset	54
Tavoitteiden valinta	9
Periaatteelliset päätökset	12
Tavoitteet toteuttavan ratkaisun valitseminen	22
Vaihtoehdon hylkääminen	11
Käytännölliset päätökset	40
Vaihtoehdon toimivuuden kokeileminen	15
Mahdollisuuksien ja rajoitusten kartoittaminen	23
Asiaan liittyvän tiedon kartuttaminen	17
Päätöksenteon siirtäminen myöhemmäksi	4

Hyvin määriteltyjen ongelmien kohdalla tapahtuu suoraan toimintaan liittyvää päätöksentekoa. Kun toiminnan suunta on aivan selvä, ei siihen liittyvä päätöksenteko ole erityisen mielenkiintoista. Osa ongelmista ratkaistiin vain yhdellä toimivaksi todetulla päätöksellä, kun taas toisten ratkaisemisessa vaiheita toimivimman ratkaisun löytämiseksi vaadittiin useita. Ratkaisu eteni silti suoraviivaisesti, eikä syvällisempää analyysiä eri vaihtoehtojen välillä tarvinnut tehdä. Esimerkiksi päätös käyttää vahaliitujen jähmettämässä vain silikonisia muotteja on selvästi käytännön havaintoihin perustuva päätös.

Ratkaisuista muita kuin päätöksiä oli yhteensä 39. Nämä ratkaisut veivät suunnittelua eteenpäin muulla kuin päätöksenteolla. Pohdinta on ollut tietyissä suunnittelun ongelmakohdissa välttämätön välivaihe, joka tarkoittaa esimerkiksi tavoitteiden merkitystä tietyn kehitettävän asian suhteen ja tuottaa perustelun myöhempien päätösten tueksi. Osa ratkaisuista taas on toisilleen vaihtoehtoisia tapoja edetä, joiden välillä on jollakin perusteella tehtävä valinta. Muutaman kerran sain suunnittelun aikana tietoa, jonka johdosta hahmottui täysin uusia ongelmia. Esimerkiksi yrityksen kiinnostus yhteistyöhön ja raaka-aineiden lahjoittaminen oppilastyön käyttöön ovat mahdollistaneet suunnittelun etenemisen tiettyyn suuntaan, josta ei aiemmin ollut varmuutta.

5.4.2. Suunnittelun eteneminen rajaavan päätöksenteon kautta

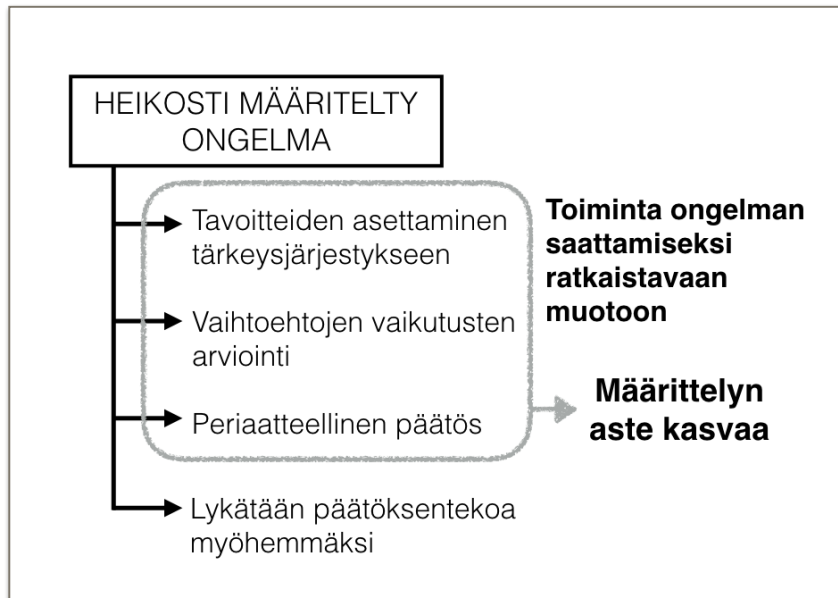
Tarkastelin prosessikaaviosta, miten työn kokonaisuuteen laajalti vaikuttavien ongelmien eli heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaiseminen oli edennyt. Vertasin prosessikaavion haaroittumista ja laajuutta taulukon 3 tietoihin päätösten luonteesta sekä taulukon 2 tietoihin ongelmien verkottuneisuudesta.

Huomasin, että verkottuneiden ja ratkaisuisaan monimutkaisesti haaroittuvien ongelmien luonne muuttui tarkentuessaan ongelmanratkaisun edetessä helpommin ratkaistaviksi. Rajaavia päätöksiä syntyi tilanteissa, joissa jokin päätös oli tehtävä, jotta asian suunnittelu voisi ylipäättään edetä. Niitä esiintyi paljon suunnittelun alkuvaiheessa ja silloin, kun useimmat käytännön toimintaan liittyvät ongelmat oli jo ratkaistu ja piti uudelleen tarkentaa sisältöön liittyviä kysymyksiä työohjetta kirjoittaessa.

Tyypittelin uudelleen heikosti määriteltyjen ongelmien kohdalla tehtyjä päätöksiä. Tunnistin nyt ratkaisustrategioina kolmentyyppisiä päätöksiä, joiden kautta ongelmien määrittelyn aste kasvoi, sekä päätöksiä siirtää päätöksentekoa myöhemmäksi. Päätöksen lykkäämisen strategiaa käsitellään erikseen alaluvussa 5.4.3. *Miksi lykätä ongelman ratkaisemista?* Heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemiseksi vaadittiin mahdollisuuksia rajaavia periaatepäätöksiä, tavoitteiden välisen tärkeysjärjestyksen arviointia tai ratkaisun vaikutuksen arviointia kokonaisuuden kannalta (Kaavio 2). Tarkastelen nyt tarkemmin näitä kolmea ongelmaa määrittävää päätöstyyppiä.

Periaatteelliset päätökset

Heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemiseksi tehtävät periaatteelliset päätökset rajasivat suunnittelun etenemistä tai muuten pienensivät toiminnan mahdollisuuksien ikkunaan. Ainerajojen ylittäminen oli ensimmäinen arvomaailmaan perustuva rajaava päätös, josta lähdin liikkeelle. Rajattomasta määrästä arkielämän ilmiöitä oli valittava jokin, eikä vaihtoehtoja voinut arvottaa keskenään. Kuvataidevälineistä jälleen oli valittava sellainen, joka olisi kemiallisessa mielessä riittävän monipuolinen. Rajaavan periaatteellisen päätöksen jälkeen suunnittelua oli mahdollista paloitella pienempiin osiin ja määrittää uusia kehittämisessä ratkaistavia ongelmia. Kerran päätettyjä etenemisperiaatteita ei muutettu suunnittelun aikana.



Kaavio 2. Heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisustrategiat.

Periaatteellinen päätös voi olla paitsi keskenään tasa-arvoisten vaihtoehtojen väliltä valitseminen, myös didaktinen linjaus. Esimerkiksi tuotekehityksessä valmistettavien vahaliitujen määrän avoimeksi jättäminen oli periaatepäätös, joka ratkaisi haastavan eriyttämiseen liittyvän ongelman. Etenemistä rajaava päätös voi samalla toimia avaimena useankin käytännön ongelman ratkaisemiseen, ja käytännön seikoilla voi olla suurikin vaikutus rajaavan päätöksen syntymiseen.

Heikosti määriteltyjen ongelmien tarkastelussa tuli esiin, että niiden ratkaiseminen on useimmissa tapauksissa monivaiheista, mutta joissakin tapauksissa myös yksi- tai kaksivaiheista. Jälkimmäisissä, nopeasti ratkaistavissa tapauksissa ratkaisun avaimena on periaatteellinen päätös, joka määrittää joko tavoitteita tai asiasisältöä valitsemalla yhden etenemistavan. Kaksivaiheisissa ratkaisuisissa periaatteellisen päätöksen jälkeen ongelma muuttuu heikosti määritellystä konkreettiseksi eli hyvin määriteltyksi, yksivaiheisissa päätös sisältää ratkaisun itsessään.

Tavoitteiden asettaminen tärkeysjärjestykseen

Tavoitteiden tärkeysjärjestykseen asettamista tapahtui tilanteissa, joissa oli rajattava sitä, mitä kaikkea oppilastyön aikana tehdään. Syitä oli esimerkiksi rajallinen aika, jonka vuoksi oli arvioitava tarkkaan, miten paljon oppilastyössä keskitytään kemian ja toisaalta yrittäjyyskasvatuksen sisältöihin. Didaktisten ratkaisujen valitsemisessa, kuten oppilaan ohjeistamisen suunnittelussa tai oppilaan roolia määrittäessä, oli myös otettava

huomioon työn tavoitteet. Laskettakoon tavoitteisiin myös työn käytännöllisyys ja motivoivuus. Pohdin eri tavoitteiden tärkeyttä useimmissa päätöksissä niin oppilastyön kehitettävän osan kuin kokonaisuudenkin kannalta.

Vaihtoehtojen vaikutusten arviointi

Tiettyjä ongelmia ratkaistessa koin järkevimmäksi kartoittaa erilaisia suunnittelun etenemismahdollisuuksia ennen lopullisen päätöksen tekemistä. Kun kyseiset mahdollisuudet olivat vaihtoehtoisia ratkaisuja haastaviin ongelmiin, ei niitä voinut kokeilla. Niiden toimivuutta oli arvioitava sen kautta, miten vaihtoehdon valitseminen vaikuttaa työn kokonaisuuteen ja kehittämisen etenemiseen.

Asiantuntijoiden kanssa keskustellessa syntyi paljon tietoa ja ideoita, jotka olivat myöhemmin ongelmia ratkaistessa mahdollisia etenemissuuntia. Kehittämisen aikana syntyneistä ideoista oli hylättävä monia hyviä aiheita, jotta työ toimisi kokonaisuutena ja mahtuisi sille varattuun aikaan. Eettisyyden tai ekologisuuden näkökulman esiintuominen hylättiin, koska se ei istunut kokonaisuuteen yhtä hyvin kuin tuotekehitys.

5.4.3. Miksi lykätä ongelman ratkaisemista?

Ongelman rajaamisen lisäksi heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemisesta löytyi strategia siirtää päätöksentekoa myöhemmäksi. Tarkastelin siirtämisen syitä taulukosta 3 ja selvitin prosessikaaviosta, milloin ja miten ongelmaan on lopulta löytynyt ratkaisu. Päätöksenteon siirtämisestä tein päätöksiä ainoastaan suunnittelun alkuvaiheessa. Ymmärrettävästi loppuvaiheessa kaikki tarvittava tieto päätöksenteon tueksi oli jo olemassa, jolloin siirtämiselle ei ollut enää aihetta.

Päätöksenteon lykkääminen oli tarkoituksenmukaista kolmenlaisissa tilanteissa suunnittelun alkuvaiheessa. Ensinnäkin tietyissä tilanteissa päätöksenteko oli järkevää vasta, kun olin ehtinyt selvittää kattavasti suunnittelun mahdollisuuksia ja kehittää omaa asiantuntemustani oppilastyön sisällön suhteen. Toiseksi lykkäämistä tapahtui tilanteissa, joissa vaihtoehtojen ratkaisujen toimivuutta piti arvioida hankkimalla niiden toteuttamiskelpoisuudesta ensin lisätietoa joko kokeilemalla tai arvioimalla laatua, jolla vaihtoehto toteuttaa oppilastyölle asetettuja tavoitteita. Kolmanneksi oli ongelmia, joiden kohdalla päätöksenteko kannatti jättää odottamaan, sillä ratkaisu syntyi suunnittelun myöhemmässä vaiheessa jonkin toisen ongelman ratkaisemisen kautta.

Monesta ongelmanratkaisuketjusta löytyy vaihe, jossa päätän etsiä lisätietoa asiasta tai keskustella asiantuntijoiden kanssa ennen ongelman ratkaisemista. Lisätiedon hakemisesta tein päätöksen, kun tarvitsin tietoa yrittäjyyskasvatuksesta, vahaliiduista ja mahdollisuuksista hyödyntää yritysyhteistyötä, sekä kun halusin asiantuntijoilta näkökulmaa ajatuksilleni. Tähän luokkaan sijoitin myös päätökset kokeilla erilaisia käytännön ratkaisuja, sillä kokeilemisen kautta sain lisätietoa vaihtoehdon toimivuudesta. Suunnittelulle asetettujen ulkoisten rajoitusten ja käytettävissä olevien resurssien selvittäminen sekä erilaisten etenemismahdollisuuksien kartoittaminen keskustelemalla aiheesta asiantuntijoiden kanssa on myös kehittämiseen liittyvää tiedonhakua.

Oppilastyön kehittämisen aikana ilmeni käytännön ongelmia, joiden ratkaisemiseen löytyi monia vaihtoehtoisia tapoja. Vaihtoehtoisten ratkaisujen toimivuuden arviointi tapahtui joko kokeilemalla niitä käytännössä tai arvioimalla, miten kattavasti ja laadukkaasti vaihtoehto toteuttaa tavoitteita.

Siirtämällä sellaisen ongelman ratkaisemista myöhemmäksi, johon liittyviä muita asioita on vielä ratkaisematta, oli mahdollista kehittää muut asiat ensin valmiiksi ja saavuttaa yhdellä kertaa niiden kaikkien suhteen toimiva kokonaisuus. Tällöin odottamaan jätettyyn ongelmaan ei tarvinnut välttämättä enää edes myöhemmin palata. Esimerkiksi oppilastyöhön sopivia kemian tiedollisia tavoitteita valitaan vasta, kun työlle on kehitetty käytännön toiminnan runko. Mikäli kemian tavoitteet valittaisiin heti suunnittelun alussa, määrittäisivät ne työn kehittämistä eikä työlle valittu ilmiö niitä, mikä olisi ollut ristiriidassa ilmiöpohjaisuuden periaatteiden kanssa. Ilmiöpohjaisuus perustuu siihen, että käytännön tarpeista kumpuavat kysymykset motivoivat oppilasta omaksumaan kemian teoriaa oppimisen tueksi tehokkaammin kuin teorian pohjalta luotu ongelma.

5.5. Asiantuntijoiden vaikutus kehittämiseen

Oppilastyön suunnittelun monissa vaiheissa hyödynsin ulkopuolisilta asiantuntijoilta saatavaa osaamista. Näistä tärkeimmät olivat yrittäjän asiantuntemus ja yrittäjyyskasvatuksen asiantuntijat. Tutkin näiden vaikutusta suunnitteluun merkitsemällä listaamistani ratkaisuksista (Taulukko 2) keltaisella värillä kaikki ne, joissa tunnistin asiantuntijoiden kanssa tehdyn yhteistyön vaikuttaneen tavalla tai toisella. Samalla tavalla merkitsin keltaisella myös suunnittelun prosessikaaviossa (Kuva 9) kaikki ne osat, joissa vaikutus näkyy. Näin pystyin tarkastelemaan, missä vaiheissa suunnittelua yhteistyö on vaikuttanut kehittämiseen ja käsitteellistänyt vaikutuksen

tyyppejä. Kuvaan tulokset erikseen yritys yhteistyön ja yrittäjäyyskasvatusverkoston kanssa tehdyn yhteistyön osalta.

5.5.1. Yritys yhteistyö

Yhteistyöstä vahaliituja valmistavan yrityksen kanssa oli hyötyä työn alkuvaiheessa, jolloin selvittelin erilaisia mahdollisuuksia vahaliitujen kanssa työskentelylle. Yritys lahjoitti oppilastyön käyttöön soveltuvia raaka-aineita, ja yrityksen toimitusjohtajalta sain paljon käytännön tietoa vahaliitujen valmistamisesta, joista oli hyötyä monen käytännön ongelman ratkaisemiseen.

Yrittäjän kanssa keskusteleminen aivan työn suunnittelun alkuvaiheessa nopeutti vahaliitujen valmistamisen valitsemista oppilastyön keskeiseksi sisällöksi. Yksin olisin käyttänyt useamman päivän varmistuakseni siitä, ettei liitujen yksittäisen ainesosan erottaminen ja tutkiminen ole käytännössä mahdollista. Yrittäjä kuvasi vahaliitujen tuotekehityksen moninaisia haasteita, ja ne jäivät minuakin askarruttamaan. Siitä lähti idea tuotekehityksestä vahaliitujen valmistamisen kontekstina.

Yrittäjäyyskasvatuksen asiantuntijoiden kehotuksesta kysyin toimitusjohtajalta luvan haastatteluun ja yrityskuvauksen kirjoittamiseen. Tein yritykseen vierailun, jossa sain tutustua tuotantolaitteistoon ja haastatella yrittäjää. Vierailun, haastattelun ja yrityksen kotisivuilta löytyvien tietojen perusteella koostin yläkouluikäisille tarkoitettun kuvauksen siitä, minkälaista on pyörittää vahaliituja tuottavaa yritystä.

Sain yritys vierailulla paljon tietoa vahaliitujen valmistusprosessista. Tuotekehityslaitteisto soveltui lähes sellaisenaan oppilastyöhön, ja teollisen valmistusprosessin tunteminen auttoi jäljelle jäävien käytännön ongelmien ratkaisemisessa järkevällä tavalla. Esimerkiksi valmiin liitumassan jähmettäminen kylmässä vedessä on ideoitu tältä pohjalta. Paras tapa puhdistaa valmistusvälineet selvisi myös vierailun aikana.

Yrittäjä suostui näkyvyyttä vastaan lahjoittamaan vahoja ja pigmenttejä oppilastyökäyttöön. Tämä vähensi huomattavasti työn suunnittelun kustannuksia ja säästi suunnittelu-aikaa raaka-aineiden valinnan tapahtuessa ohjatusti. Sain tietoa käytetyistä vahoista ja pigmenteistä, kuten mehiläisvahan puhdistuksesta ja allergiariskeistä. Pigmenttien turvallisuusluokituksen lisäksi sain niistä tietooni vain valkoisen pigmentin alkuperän, minkä kautta oli mahdollista kehittää yliopistoon liittyvä tehtävä.

Suunnitteluprosessissa yritysyhteistyö näkyi siis monella tavalla. Asiantuntijan kanssa keskustelu tuki työn haasteiden hahmottamista niin kemian kuin yrittäjyyskasvatuksenkin osalta. Mahdollisuuksien kartoittaminen kävi siksi nopeasti ja sisältö hahmottui vauhdikkaasti. Toisaalta sain ideoinnin pohjaksi vahaliiduista ja yrittäjyydestä laajan tietopohjan. Se sisälsi monenlaista tietoa, jota en etukäteen edes tiennyt tarvitsevani. Lisäksi saamani käytännön neuvot ja raaka-aineiden lahjoittaminen oppilastyökäyttöön ohjasivat kehittämisessä kohtaamieni ongelmien ratkaisemista. Tämä pätee niin raaka-aineiden hankkimiseen ja valintaan kuin valmistusprosessiinkin liittyviin ongelmiin.

5.5.2. Yrittäjyyskasvatuksen asiantuntijat

Yhteistyöstä yrittäjyyskasvatuksen asiantuntijoiden kanssa sain ennen kaikkea paremman käsityksen siitä, minkälaisia taitoja yrittäjyyskasvatuksella pyritään nuorisossa lisäämään ja minkälaisin keinoin. Työskentelyn tavoitteellisuuden ja oppilaan aktiivisen roolin painottaminen vaikutti työn sisällön muotoiluun. Keskustelujen vaikutus näkyy myös työohjeen ohjeiden avoimuuden asteessa ja yrittäjyyskasvatuksen tehtävien kehittämisessä.

Kemian laitoksen työntekijän kanssa tehdystä ideointityöstä sain paljon vaihtoehtoja toteutuksen näkökulman kehittelyyn. Sain tietoa siitä, minkälaiset arvot koetaan yleisesti yrittäjyyskasvatuksessa tärkeimmiksi. Suunnittelun edetessä valitsin kontekstiin ja työn kokonaisuuteen parhaiten soveltuvat ideat eteenpäin kehitettäväiksi. Esimerkiksi oppilastyön alkuvaiheessa tehtävä tuotekehityksen tavoitteiden asettaminen ja reseptin kehittämisen jälkeen tehtävä tuotteen hinnan arvioiminen syntyivät tämän tapaamisen vaikutuksesta. Oppilaan oman aktiivisuuden korostaminen koko prosessin alusta loppuun saakka vaikutti huomattavasti siihen, miten halusin työtä ohjaavan opettajan toimivan, sekä siihen, miten muotoilin ohjetta ohjaamaan oppilasta eteenpäin työskentelyssä. Oman toiminnan merkityksen ymmärtämiseksi työn lopussa on yhteinen palaute- ja reflektiohetki.

YES-verkoston aluepäällikön vaikutus sisältyy vahvimmin oman yrittäjyyskasvatuksen tuntemukseni ja oman asiantuntijuuteni vahvistumisena, mutta näkyy myös osaltaan niissä valinnoissa, joita tein työohjeen kehittämisen aikana. Konkreettisin vaikutus oli saamani kehoitus kirjoittaa oppilaille yhteistyöyrityksestä lyhyt kuvaus, joka toimii oppilaille esimerkkinä yrittäjyydestä ja lisätiedon antajana aiheesta. Kehitin ideoiden pohjalta työohjeen loppuun vahaliitujen tuotteistamisesta

lisätehtävän. YES-verkoston lainaama kirjallisuus toimi lähdemateriaalina oman asiantuntijuuteni rakentamisessa ja yrittäjyyskasvatuksen tarveanalyysin kokoamisessa.

6. Pohdinta

Alaluvussa *6.1. Johtopäätökset* kertaan ensin tärkeimmät tutkimustulokset, pohdin niiden hyödyntämisen mahdollisuuksia ja esitän eräitä ajatuksia tutkimuksen jatkamiseksi. Lisäksi esitän pohdintaa tulosten hyödyntämismahdollisuuksista. Alaluvussa *6.2. Luotettavuus* pohdin tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavia seikkoja. Esitän vielä muutamia omasta mielestäni kiintoisia, mutta varsinaisiin tutkimuskysymyksiin liittymättömiä huomioita alaluvussa *6.3. Tutkimuksen ulkopuolelle jääneet seikat*.

6.1. Johtopäätökset

Tämän tutkielman tarkoituksena oli kokeilla itselle uudenlaisen opetuksen suunnittelua. Avoimen ongelmanratkaisun prosessin läpikäymisen kautta pyrin selvittämään, minkälaisia ongelmia uudenlaisen oppilastyön suunnittelussa tulee vastaan sekä minkälaisia ratkaisuja ongelmiin löytyi. Hyödynsin oppilastyötä suunnitellessani myös muiden asiantuntemusta ja tutkin, miten asiantuntijoiden kanssa tehtävä yhteistyö näkyy suunnittelussa.

Tutkielma toteutettiin kehittämistutkimuksena, jossa aineiston keräämisessä ja käsittelyssä hyödynnettiin autoetnografisia ja laadullisen sisällönanalyysin menetelmiä. Käytettyä autoetnografista menetelmää sovelletaan useimmiten perinteisessä kulttuurin tutkimuksessa, eivätkä sen vahvuudet pääse syvällisimmällä tasollaan oikeuksiinsa vuorovaikutukseltaan näin yksinkertaisessa toiminnassa. Se soveltuu kuitenkin tapahtuneen toiminnan kuvaukseen hyvin.

Kehittämissuunnitelma ja varhaisin tarveanalyysi liittyivät konkreettisiin resursseihin sekä uudistuvan OPS:n tarpeisiin vastaamiseen, joista laaja-alaiset tavoitteet oli valittu tärkeimmiksi. Tarveanalyysi tarkentui suunnittelun edetessä, jolloin sekä alkuperäiset että prosessin myötä syntyneet tavoitteet osaltaan muokkasivat suunnittelun etenemistä. Sain monesta asiasta paljon laajemman tietopohjan kuin mitä lopulta työssä sovelsin.

Suunnittelun aikana kehittäminen tuntui etenevän tiedonhaun rytmittämästä päätöksestä toiseen, eikä suunnitteluprosessin mallien tuntemus auttanut alkuun

pääsemisessä, kun lopputulos tai etenemistapa ei ollut vielä tiedossa. Jälkeenpäin tarkasteltuna kehittämistoimintaa pystyi kuitenkin kuvaamaan kehittämistutkimukselle kehitetyn syklisen mallin mukaan (Kuva 5). Tämän tutkielman suunnittelu tapahtuikin Lawsonin (2004) kuvaamalla tavalla, jossa suunnittelun eri osia ei voi erottaa toisistaan, vaan ne tapahtuvat kiinteässä vuorovaikutuksessa keskenään. Suunnittelun prosessia jälkeenpäin tarkastelemalla oli mahdollista hahmotella sitä myös Edelsonilaisen mallin tapaan kehittämisen vaiheiden edetessä pienempien ja suurempien syklien kautta. (Edelson, 2002; Lawson, 2004.)

Yleisen määrittelyn mukaan kehittämistutkimuksen tuloksena syntyy kehittämisen kohteena oleva todellisessa käytössä toimiva kehittämistuotos, tietoa sen kehittämisestä sekä kontekstuaalista tietoa sen toimivuudesta oppilaiden kanssa (Pernaa, 2013; Plomp & Nieveen, 2007). Tässä tutkielmassa kehittämistuotoksena syntyi kokeellinen oppilastyö sekä tietoa kehittämisen aikana tapahtuneesta ongelmanratkaisusta. Suunnitteluprosessin kautta omaksuin paljon uutta tietoa luovasta ongelmanratkaisusta suunnittelussa, vahaliitujen kemiasta sekä yrittäjäyyskasvatuksen soveltamisesta opetuksessa. Näiltä osin voi todeta kehittämisen saavuttaneen sille asetetut tavoitteet. Asiantuntemukseni uuden OPS:n soveltamisessa käytännössä ja kehittämistutkimuksen metodologiasta on kehittynyt roimasti.

6.1.1. Kehittämistuotos

Kehittämistutkimuksen tuloksena syntyi oppilastyö, joka soveltuu niin yläkoulu-, alakoulu- kuin lukio-opetukseenkin. Oppilastyö on mahdollista toteuttaa myös kemian laitoksen ulkopuolella itsenäisesti opettajan ohjeen perusteella yksinkertaisten hankintojen jälkeen. Lähtökohtana oli perinteiset kemian oppiainerajat ylittävä tutkimuskohde. Näiden lisäksi suunnittelun edetessä tarveanalyysin myötä tarkentuivat kuvataiteen ja kemian yhdistämisen, yritysysteistyön, yrittäjäyyskasvatuksen, oppivan opettajuuden ja oppilaan itseohjautuvuuden tukemisen tavoitteet.

Suunnittelun aikana huomasin OPS:n laaja-alaisten aihekokonaisuuksien L1 ja L6 olevan kiinteästi toisiinsa kytköksissä ja sisältävän useita yhteisiä tavoitteita kemian opetuksen tavoitteiden kanssa. Kemian opetuksen kehittäminen oli työn päätavoitteena, mikä vaikutti kemian sisältöjen valintaan. Raaka-aineiden ominaisuuksien tarkastelu aineen rakentumisen kautta vahvistaa OPS:ssa mainittujen kemian tiedollisten tavoitteiden saavuttamista. (Opetushallitus, 2014.) Samalla arkielämän ja kemian välisiä yhteyksiä hahmotettiin tarkastelemalla arjesta tuttuja raaka-aineita kemiallisina yhdisteinä. Oppilastyön käytännön toteutuksessa on huomioitu oppilaan aktiivinen rooli

työskentelyn etenemisessä ja ratkaisun etsimisessä, eikä oikeaa etenemistapaa tai muitakaan vastauksia ole annettu ennalta. Työskentelyn lopussa reflektoidaan työskentelyn onnistumista ja sen aikana tapahtunutta ongelmanratkaisua. Tässä oppilastyö toteuttaa luvussa 2.2. kuvattuja OPS:n oppimiskäsitystä sekä yleisiä tavoitteita ja kehittää oppilaiden ongelmanratkaisutaitoja (Hakkarainen ja muut, 2005; Opetushallitus, 2014).

Oppilastyö tarjoaa murrosikäiselle helposti hahmotettavan mallin kemianalallakin yleisestä tuotekehityksen työtehtävästä. Oppilastyön puitteet ovat todellisesta työnkuvasta yksinkertaistettuja, ikätason taidot ja oppilastyölle käytettävissä oleva aika huomioiden. Ongelmanratkaisutaitojen, epävarmuuden sekä virheiden sietämisen ja luovan ajattelun kehittäminen ovat yrittäjäyyskasvatuksessa tärkeinä pidettyjä tavoitteita, joita oppilastyöllä pyrittiin oppilaissa kehittämään (Opetushallitus, 2014; Tiikkala, 2013, 2014). Tuotekehityksessä myös epäonnistuminen auttaa lähemmäksi lopullista ratkaisua, ja oppilaita ohjataan lopun reflektoinnissa kaiken työpanoksen arvostamiseen.

Kehittämistuotoksen kannalta ratkaisevimmat päätökset olivat ainerajojen ylittäminen, yritysysteistyöhön ryhtyminen, yrittäjäyyskasvatuksen sisällyttäminen työn tavoitteisiin sekä muutama työn sisällön valintaan liittyvä päätös. Oppilastyön kehittämistä voisi jatkaa selvittämällä haastattelulla, kyselyllä tai testillä, missä määrin oppilaiden käsitykset omasta oppimisestaan tai kemian merkityksestä arkipäivässä muuttuvat oppilastyön aikana. Olisi myös mielenkiintoista saada tietoa siitä, missä määrin yrittäjäyyskasvatuksen tavoitteet oppilaan näkökulmasta tosiasiaassa toteutuvat oppilastyössä.

6.1.2. Ongelmanratkaisu suunnittelussa

Päätöksenteosta ja ongelmanratkaisustrategioista saatu tutkimustieto voi auttaa suunniteltaessa opettajankoulutukseen opettajaa luovan ongelmanratkaisun kehittämisessä tukevia työtapoja. Huomio voidaan ohjata siihen, mitä suunnittelun aikana tapahtuu, jotta suunnitteluprosessin avoimuus olisi helpompi kohdata.

Jälkeenpäin tarkastellen olisi sisällönanalyysi kannattanut tehdä vielä nykyistäkin rajatummin. Liian suurta ja merkityksessään monitahoista aineistoa käsitellessä johdonmukaisuudesta kiinni pitäminen oli vaikeaa varsinkin, kun ongelmiin ja päätöksiin liittyvät tutkimuskysymykset linkittyvät niin kiinteästi toisiinsa. Rajatummalla aineistolla analyysiin käytettävissä ollut aika olisi myös tuntunut riittävämmältä.

Sisällönanalyysissä aineiston koodaaminen eli siinä olennaisten asioiden merkitseminen olisi myös kannattanut tehdä tarkemmin. Huomasin tutkimuksen edetessä puutteita erityisesti navigoinnissa prosessikaavion ja erilleen kootun teema-aineiston välillä. Muokkasin listoja ja kaaviota osittain samanaikaisesti, minkä vuoksi alkuun kehitetty taulukon ruutuihin viittaamisen systeemi ei toiminut. Laajemmassa tutkimuksessa tähän olisi välttämätöntä kehittää selkeä systeemi.

Suunnittelussa kohdatut ongelmat

Suunnittelun aikana ilmenneet ongelmat oli mahdollista jakaa heikosti ja tarkasti määriteltyihin ongelmiin sen perusteella, vaikuttivatko ne oppilastyön kokonaisuuden tai sen osan kehittämiseen laajemmin vai eivät. Jaottelu vastaa Lawsonin (2004, s. 6–20) kuvausta haastavista ongelmista (*wicked problem*). Kohdatut ongelmat asettuivat jonnekin määrittelyn ääripäiden välille. Kohdatut ongelmat hahmottuivat paremmin, kun niitä tarkasteli niiden ratkaisemisen kautta, sillä ongelman määrittelyn aste vaikutti sen ratkaisemisen tapaan. Ilmeisesti myös opetuksen suunnittelun tutkiminen kannattaa toteuttaa päätöksenteon tutkimisen kautta, kuten Eriksson ja muut (2008) tuotesuunnittelun tutkimuksessa suosittelevat.

Tarkasti määriteltyjen ongelmien ratkaiseminen eteni yleisimmin toimintaan liittyvän päätöksenteon kautta, mikä on linjassa aiemman tutkimuksen kanssa (Colton, 1993; Eriksson ja muut, 2008). Ongelman ratkaiseminen saattoi vaatia sen jakamista osiin, mutta ratkaisu eteni sen jälkeen suoraviivaisesti. Mitä enemmän ongelma oli verkottunut kehitettävään kokonaisuuteen, sitä enemmän se vaati jakamista osiin, joita ratkaisin erillisinä. Ratkaisuja peilasin ennalta asetettuja, tärkeinä pidettyjä kriteerejä sekä työn kokonaiskuvaa vasten ja lopulta pienet ratkaisut muodostavat ehyen kokonaisuuden. Myös moni käytännön päätös tasapainotteli erilaisten ratkaisujen välillä, joiden seurauksia ei voi varsinaisesti asettaa paremmuusjärjestykseen. Osa päätöksistä ratkaisi useamman kuin yhden ongelman kerralla.

Ongelmanratkaisun vaiheiden tutkimisessa ei ilmennyt yllättäviä tuloksia, eikä tarvetta tutkimusten jatkamiselle silloin ole. Ongelmien aihepiirit eri suunnittelun vaiheissa näyttävät toistavan kehittämistutkimuksissa kehitettyjä malleja (Plomp & Nieveen, 2007). Opetuskokonaisuuksien suunnittelun aikana ilmenevän ongelmanratkaisun haaroittumista olisi sen sijaan mielenkiintoista tutkia lisää. Millä tavalla eri opettajien tavat käsitellä samankaltaisia ongelmia eroavat toisistaan? Pätevätkö samat mallit sekä luonnontieteiden, kielten, taito- että taideaineiden opetuskokonaisuuksien suunnittelussa? Minkälaisia ongelmia syntyy, kun eri aineiden opettajat suunnittelevat

yhdessä monialaisia kokonaisuuksia, ja minkälaiset strategiat ovat tehokkaita ilmenevien ongelmien ratkaisemisessa kaikkien kannalta tyydyttävästi? Tuloksia voisi hyödyntää ainerajat ylittävän ilmiöpohjaisen opetuksen suunnittelua tukevilla lisäkoulutuksissa ja materiaaleissa.

Päätöksentekoon vaikuttavat seikat

Päätöksiin vaikuttavia seikkoja tunnistettiin 20, jotka liittyivät työn resursseihin (4), toiminnan käytännöllisyyteen (10) tai työlle asetettuihin tavoitteisiin (6). Työn edistymiseen ja toimivuuteen liittyvät perusteet vuorottelivat tavoitteisiin pyrkimisen kanssa. Coltonin ja Sparks-Langerin (1993) luettelemista päätöksentekoon vaikuttavista seikoista kaikki olivat läsnä, vaikka oma luokitteluni onkin tehty eri näkökulmasta. Esimerkiksi arvomaailma, toiminnanohjaus ja aiemmat kokemukset sisältyvät joko käytännön vaikuttimiin tai tavoitteisiin, ja resursseihin liittyvät vaikuttimet voisi luokitella kontekstiin. On huomattava, että yksittäiseen päätökseen vaikutti monesti useampi seikka samanaikaisesti. Myös Lewisin (2004) havaintojen mukaan näennäisesti toisistaan irralliset ratkaisut ovat aina vuoropuhelussa keskenään, kun suunnittelussa on suurempi kokonaisuus.

Tulokseksi saatua tietoa hyödynnettiin ongelmanratkaisun tutkimisen tukena ja näkökulmana siihen, missä määrin suunnittelu etenee käytännön ja toisaalta tavoitteiden ehdoin, ja milloin niiden kompromissina. Päätöksiin vaikuttavat seikat ovat tässä tutkielmassa kontekstisidonnaista tietoa. Yleisempien ja toimintaa ohjaavien tulosten saamiseksi vaihtoehtojen luokittelujen vertailu useammista kehittämisprosesseista olisi tarpeen.

Päätöksenteko suunnittelussa

Heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemista tarkastelemalla oli mahdollista tunnistaa erilaisia ratkaisustrategioita. Näitä olivat päätöksenteon siirtäminen myöhemmäksi, periaatteelliset kehittämisen mahdollisuuksia rajaavat päätökset, tavoitteiden merkityksen pohtiminen ja erilaisten ratkaisuvaihtojen vaikutusten arvioiminen.

Heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemisen strategioista ensimmäinen oli päätöksenteon siirtäminen myöhemmäksi. Päätöksen lykkääminen ei jarruttanut työn etenemistä, vaan arvioin sen paremmaksi vaihtoehdoksi kuin päätöksen tekeminen, jotta päätöstä ei tarvitse turhaan myöhemmin muokata tai muuttaa. Tällä välin oli mahdollista hankkia päätöksen tueksi tarpeellista tietoa tai, kuten joissakin tapauksissa,

ongelma ei enää myöhemmässä vaiheessa ollut ajankohtainen tai se ratkesi itsestään muun kehittämistoiminnan kautta.

Suurin osa heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemiseksi tehtävistä päätöksistä rajasi suunnittelun etenemistä tai muuten pienensi etenemisen mahdollisuuksien ikkunaan. Tällaisten rajaavien päätösten seurauksena ongelma enemmänkin muutti muotoaan helpommin ratkaistavaan muotoon kuin tuli suoraan ratkaistuksi. Loput strategioista liittyivät kehittämistä rajaavaan päätöksentekoon.

Toinen strategia oli tehdä periaatteellinen päätös, jonka kautta ongelman määrittelyn aste kasvaa. Tämän voi nähdä osana Lawsonin (2004) kuvaamaa suunnittelutoimintaa, jossa ongelma hahmottuu kunnolla vasta ratkaisunsa kautta. Näin ollen voi ajatella myös ongelmaan löytyneen ratkaisun olevan osittain määrittelemätön. Tavoitteiden arvottaminen tärkeysjärjestykseen oli kolmas strategia, jonka kautta heikosti määriteltyjä ongelmia saatettiin ratkaistavaan muotoon. Viimeinen strategia oli mahdollisten etenemisvaihtoehtojen vaikutusten arviointi kokonaisuuden ja kehitettävän oppilastyön osan kannalta.

Rajaavat päätökset määrittivät työn sisältöä tai vaikuttivat toteuttamisen muotoon. Ne ratkaisivat useita ongelmia, jotka olivat niin avoimia, että mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja oli rajattomasti. Aiheen määrittelyyn liittyviä ongelmia ja niitä ratkaisevia rajaavia päätöksiä esiintyi paljon suunnittelun alussa, jolloin ei vielä ollut mitään suuntaa määritettynä. Lisäksi rajaavia päätöksiä tarvittiin viimeistelyvaiheessa, kun piti uudelleen tarkentaa sisältöön liittyviä kysymyksiä työohjetta kirjoittaessa.

Määriteltyjen ongelmien ratkaisun strategioista löytyy paljon tietoa, mutta vastaavia heikosti määriteltyjen ongelmien ratkaisemisen strategioita ei ole ilmeisesti vielä tutkittu opetuslalla. Edellä kuvatut tässä kehittämissuunnitelmassa toimiviksi osoittautuneet ongelmia päätösten kautta ratkaisevat strategiat sopivat malleihin, joita suunnittelun päätöksenteosta on kehitetty tuotekehityksen saralla, joskin näkökulma on huomattavasti rajatumpi (Eriksson ja muut, 2008; Hansen & Andreasen, 2004). Opettajien päätöksentekoa ja sen tukena käytettyjä periaatteita on aiemmin tutkittu kyllä luokkahuonetilanteissa (Aho ja muut, 2010; Duschl & Wright, 1989), mutta aineiston kehittämisen päätöksenteosta ei vielä löydy kattavaa tutkimustietoa. Voisikin olla mielenkiintoista tutkia sitä vastaavasti kuin insinööritieteissä ja kehittää opetusaineiston suunnittelussa toimivia malleja sen tehostamiseksi (Eriksson ja muut, 2008; Hansen & Andreasen, 2004).

Tutkimusta voisi jatkaa selvittämällä, pätevätkö vastaavat ratkaisustrategiat muidenkin opettajien suunnittelussa, löytyykö niitä vielä muitakin, sekä onko olemassa

korrelaatiota tietynkaltaisten heikosti määriteltyjen ongelmien ja strategioiden valinnan välillä. Tutkimusta olisi järkevää toteuttaa vertaamalla eri opettajien suunnittelua vaihtelevin kehittämiskohtein, jotta tulos olisi paremmin yleistettävissä.

Asiantuntijayhteistyön vaikutus suunnitteluprosessiin

Kehittämisen aikana tein yhteistyötä yrityksen ja alueellisen YES-verkoston asiantuntijan kanssa. Yritysyhteistyöstä oli kehittämisessä apua käytännön järjestelyihin, tiedonhakuun, mahdollisuuksien kartoittamiseen sekä ideointiin. YES-verkoston kanssa tehdystä yhteistyöstä oli apua kehittämisen ideoinnissa, yrittäjyyskasvatuksen tavoitteiden sisäistämässä sekä tiedonhaussa. Asiantuntijoiden kanssa keskusteleminen vahvisti omaa osaamistani ja tuki päätöksenteossa. Konkreettisesti vaikutus näkyy työhöön yrittäjyyskasvatuksen tehtävissä ja yleisesti sisällön esiintuomisen tavassa. Yrittäjyyskasvatus on työssä punainen lanka ja didaktisten valintojen kulmakivi.

Yritysyhteistyön tärkein apu oli vahaliitujen valmistamiseen liittyvän tietotaidon välittäminen. Toisella tavalla tärkeää oli käytännön apu raaka-aineiden toimittamisessa. Yhteistyö ohjasi työn suunnittelua vahvasti etenkin alkuvaiheessa ja käytännön asioiden järjestämisessä. Yrittäjyyskasvatuksen asiantuntijat auttoivat tarkentamaan näkökulmaa ja kehittämään käytännön tehtäviä, joilla tuettiin yrittäjyyskasvatuksen tavoitteisiin pääsemistä oppilastyössä. Sain myös tukea omille ajatuksilleni yrittäjyyskasvatuksen sisällön määrittämisessä. Kemian suhteen luotin omaan asiantunemukseeni ja määritin sisällöt ja tavoitteet itsenäisesti. Asiantuntijayhteistyön tärkeimpänä vaikutuksena itse pidän konkreettisen avun lisäksi saamaani tukea asiantuntijuuteni kehittämisessä, mikä takaa parhaiten kemian ja yrittäjyyskasvatuksen ristiriidattoman kokonaisuuden kehittämisen. Pugachin ja Johnsonin (1990) tutkimuksen tapaan voin todeta asiantuntijayhteistyön antaneen käytännön avun lisäksi ensi sijassa tukea asiantuntijuuden kehittämisessä.

Yrittäjyyskasvatustaitojen lisäämistä opettajakunnassa voisi toteuttaa erillisellä kehittämistutkimuksella aiheesta. Tutkimusten mukaan vain omakohtainen kokemus yrittäjyyskasvatuksesta murtaa epäluuloja opettajakunnassa (Tiikkala, 2014b). Kehittämistutkimuksen menetelmin kehitetty harjoittelupaketti voisi olla hyödyllinen opettajien lisäkoulutuksessa yrittäjyyskasvatukseen, sillä oppiva opettajuus on kehittyvän koulujärjestelmän tulevaisuutta (Johnson, 2006). Oppivan opettajuuden haasteita opettajan työssä olisi myös järkevää tutkia tarkemmin esimerkiksi ajankäytöllisestä näkökulmasta ja kollegiaalisen yhteistyön malleja kehittäen.

6.2. Luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuuden kannalta on huomioitava, että koko tutkimus nojaa yhden henkilön ajattelutyön ja kokemuksen varaan. Oman ajatustyön tutkimisen ongelmana on, että ulkopuolisten tekemä kriittinen tarkastelu jää vähemmälle ja mahdolliset ajatusvirheet jäävät huomaamatta. Toisaalta etuna on, että eri henkilöiden välisen kommunikaation katkoksilta vältytään. Dokumentoinnin puutteistakin huolimatta uskon, ettei ulkopuolinen tutkija olisi pystynyt kuvaamaan toimintaani yhtä tarkasti ja monipuolisesti kuin minä itse oman ajatteluni asiantuntijana. Toimintaani kuvaavista listoista eteenpäin tutkimuksen olisi voinut tehdä kuka tahansa, jolloin tutkijan oma käsitys analyysin käytännön toteuttamisesta vaikuttaa siihen, miltä tulokset näyttävät.

Tutkimuksen luotettavuuden kannalta suunnittelun etenemisen dokumentointi oli siis ratkaiseva vaihe. Tutkimuskysymyksiä on vaikea valita tuntematta tutkimusprosessin etenemistapaa ja tavoitteita. Toisaalta tutkimuksen kannalta merkittävien seikkojen valitseminen dokumentointiin on käytännössä mahdotonta, ellei tiedä, mitä tutkitaan. Dokumentointia vaikeutti se, että oppilastyön suunnittelu tuntui arkiselta. Paljonko reflektointia on järkevää kirjoittaa muistiin? Aineistoa olisi voinut kerryttää loputtomiin. Luotettavuuden parantamiseksi pyrin kuvaamaan kehittämisvaiheet mahdollisimman tarkasti, jolloin kaavioon päätyi paljon tietoa, jota ei lopulta tutkimuksessa edes tarvittu.

Kehittämiskuvauksen kirjoittamisen jälkeen oli yllättävän haastavaa eritellä suunnittelussa kohdatut ongelmat. En suunnittelun aikana aina tiedostanut tarkkaan, minkälaisia ongelmia olin ratkaisemassa. Usea erillinen ongelma, joka prosessikaavioon on päätynyt, onkin ollut osana jotakin käytännöllistä ratkaisua, eikä ole esiintynyt itsenäisenä ennen kuin se on kiteytetty paperille. Tämän näkee myös siitä, että sama ratkaisu saattaa toistua useamman ongelman kohdalla. Lawsonin (2004) mukaan tämä kuitenkin kuuluu asiaan ratkaistaessa määrittelemättömiä ongelmia. Ongelman tai ratkaisun kaikkien ulottuvuuksien määrittäminen olisi useimmiten tarpeetonta ja tapahtunut suunnittelun tehokkuuden kustannuksella.

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa on pidettävä mielessä, että tutkimuksen luokittelut perustuvat omaan käsitykseni mahdollisimman toimivasta tarkastelusta. Joku toinen olisi valikoinut erilaiset suuntalinjat, edennyt ratkaisuissaan toisenlaisia polkuja ja päätynyt erilaiseen lopputulokseen. Päätökset voisi jakaa muillakin tavoilla kuin tässä tutkielmassa tein. Yksivaiheisista ratkaisuista varmasti monetkin olisi voinut jakaa eri perusteilla välivaiheisiin, tai monta monivaiheista ratkaisuketjua olisi voinut kuvata

toteutettua tapaa yksinkertaisemmin kertomalla vain alkuperäinen ongelma ja sen lopullinen ratkaisu. Ongelmien ja päätösten luokitteluun käytetty aika oli rajallinen, mikä saattoi vaikuttaa jossakin määrin luokkien valinnan laatuun. Edellä kuvatut luokitteluun liittyvät haasteet kuitenkin pätevät kaikkeen laadulliseen inhimillistä toimintaa kuvaavaan tutkimukseen (Tuomi & Sarajarvi, 2009, s. 96). Tämän tutkielman tulosten on tarkoitus olla ensi sijassa laadullisia ja antaa riittävällä tarkkuudella suuntaa siitä, miten luova ongelmanratkaisu opetuksen suunnittelussa etenee.

6.3. Tutkimuksen ulkopuolelle jäävät seikat

Tutkimuksessa sain suunnitteluprosessista paljon sellaista tietoa, jota en tässä tutkielmassa hyödyntänyt. Poissuljin monia vaihtoehtoja jo selvitysvaiheessa ja ideoita kysytellessä, ennen varsinaista päätöksentekoa. Koskei kaikkien poissuljettujen vaihtoehtojen luetteleminen ole tutkimuksen lopputuloksen kannalta kovin merkityksellistä, päätyi tutkimusaineistoon lähes pelkästään voimaan jääneitä päätöksiä. Alkuvaiheen ajatuksista moni muokkautui vahvasti, kuten ajatus eristää jokin vahaliitujen ainesosa ja tutkia sitä. Tämä vaihtui vahaliitujen valmistamiseen raaka-aineista. Muutoin ajatusten muokkaamista ei kehittämisen aikana paljon tapahtunut, vaan etenin suunnittelussa vahvasti eteenpäin.

Sain omille ajatuksilleni vauhtia ja syvyyttä keskustellessani kokeneempien ja eri aihepiireihin perehtyneiden opettajien kanssa. Asiantuntijayhteistyön kuvauksessa tätä yhteistyötä ei näy, sillä tutkimuskohteen rajaamisessa on aineenopettajien välinen yhteistyö jätetty tutkielman ulkopuolelle. Ajankäytön asettamien rajoitusten vuoksi ei aineenopettajayhteistyötä voitu toteuttaa kovin perusteellisesti eikä laajassa mittakaavassa. Aineenopettajien välisestä yhteistyöstä ilmiöpohjaista opetusta kehittäessä riittäisi mielenkiintoista tutkittavaa usean itsenäisen tutkimuksen aineistoksi.

Olisin voinut tarkastella kehittämisen aikana kohdattuja didaktisia ongelmia enemmänkin. Niistä osa oli hyvinkin konkreettisia, eikä niiden ratkaisemiseksi tarvinnut ottaa huomioon muita työhön vaikuttavia seikkoja. Suuri osa ongelmista oli luonteeltaan monimutkaisia, mutta ratkaistavissa yksi- tai useampivaiheisilla periaatteellisilla tai käytännön toimivuuteen perustuvilla päätöksillä. Hypoteesina on, että useimmissa tapauksissa tulos ei ollut ristiriidassa muiden ongelmien ratkaisujen kanssa, koska tavoitteiden merkitystä oli pohdittu ratkaisun ja kokonaisuuden kannalta. Kokemukseni mukaan ratkaisut erilaisiin, mutta toisiinsa kytköksissä oleviin ongelmiin syntyivät ikään kuin yhdessä erilaisia seurauksia punnitessa ja niistä kokonaisuuden suhteen harmonisimpia valitessa. Ilmiöpohjaisten oppilastöiden suunnittelussa ilmeneviä

didaktisia päätöksiä voisi tutkia ja verrata jo olemassa olevaan tietoon opettajan päätöksenteosta.

Arvomaailman vaikutuksen arvioimiselle suunnittelussa olisi kenties voinut kehittää oman tutkimuksensa. Arvomaailma ei näy päätöksissä tai lopputuloksessa suoraan, vaan sen tutkimiseen pitäisi kehittää omat mittarinsa ja strategiansa. Työn suunnitteluun vaikuttavia arvoja voisi tunnistaa tutkimalla pedagogisia valintoja ja tavoitteiden välisen tärkeysjärjestyksen tai useamman mahdollisen ratkaisun seurausten välillä tasapainoilua. Niiden ratkaisemiseksi minun oli reflektoitava työn tavoitteiden välisiä suhteita, tavoitteiden tärkeysjärjestystä ja eri oppimistavoitteiden taustalla olevia arvoja suhteessa oppilastyöhön kokonaisuutena. Arvojen tietoisien tarkastelun vaikutusta opettajan työskentelyn tapaan voisi myös olla mielenkiintoista tutkia.

LÄHTEET

- Aho, E., Haverinen, H.-L., Juuso, H., Laukka, S. J., & Sutinen, A. (2010). Teachers' principles of decision-making and classroom management; a case study and a new observation method. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 9, 395–402.
- Aspland, R. J. (1998). Colorants: Dyes. Teoksessa K. Nassau (toim.), *Color for Science, Art and Technology, Vol. 1* (s. 313–344). Amsterdam, Hollanti: Elsevier Science B.V.
- Ball, P. (2003). *Kirkas Maa — Miten värit syntyivät* (luku 4). Helsinki: Terra Cognita.
- Bogdanov, S. (2004). Quality and Standards of Pollen and Beeswax. *APIACTA*, 38, 334–341.
- Colton, A. B., & Sparks-Langer, G. M. (1993). A Conceptual Framework to Guide the Development of Teacher Reflection and Decision Making. *Journal of Teacher Education*, 44(1), 45–54.
- Council of Europe (2004). *European Pharmacopeia* (5th Edition 5.0). European Directorate for the Quality of Medicines.
- Doerner, M. (1954). *Maaliaineet ja niiden käyttö taidemaalauksessa* (8. painos). Turku, Lounais-Suomen Kirjapaino Oy: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Duschl, R. A., & Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), 467–501.
- Edelson, D. C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- Ellis, C., Adams, T. E., & Bochner, A. P. (2011). Autoethnography: An Overview. *Historical Social Research*, 36(4), 273–290.
- Eriksson, J., Johnsson, S., & Olsson, R. (2008). Modelling Decision-Making in Complex Product Development. *Proceedings of DESIGN 2008, the 10th International Design Conference, Dubrovnic, Croatia*, 1129–1138.
- Euroopan yhteisöjen komissio (2003). *Vihreä kirja — Yrittäjyys Euroopassa* (verkkojulkaisu, s. 6, 9 ja 14). Bryssel. Lainattu 8.9.2016, saatavilla: <http://docplayer.fi/836237-Euroopan-yhteisöjen-komissio-vihrea-kirja-yrittäjyys-euroopassa-original-en-komission-esittama.html>
- Freund, M., Csikós, R., Keszthelyi, S., & Mózes, G. (1982). *Developments in Petroleum Science 14: Paraffin Products. Properties, Technologies, applications* (s. 11–140). Hungary: Elsevier Scientific Publishing Company.

- Hakkarainen, K., Lonka, K., & Lipponen, L. (2005). *Tutkiva oppiminen. Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä* (s. 218–237). Porvoo: WSOY.
- Hansen, C. T., & Ahmed, S. (2002). An Analysis of Design Decision-Making in Industrial Practice. *Proceedings of DESIGN 2002, the 7th International Design Conference, Dubrovnic, Croatia*, 145–150.
- Hansen, C. T., & Andreasen, M. M. (2004). A Mapping of Design Decision-Making. *Proceedings of DESIGN 2004, the 8th International Design Conference, Dubrovnic, Croatia*, 1409–1418.
- Hartshorn, C., & Hannon, P. (2005). Paradoxes in entrepreneurship education: chalk and talk or chalk and cheese. *Education + Training*, 47(8/9), 616–627.
- Hietanen, L. (2014). Yrittäjyyskasvatus vaihtoehtoisena pedagogisena ratkaisuna: Luokanopettajakoulutuksen kehittämiskokeilu ja yleissivistävän koulutuksen mallinnus. Teoksessa J. Seikkula-Leino, A. Tiikkala, & L. Yöntilä (toim.), *Yrittäjyyskasvatusta suomalaiseseen opettajankoulutukseen ja opetukseen! YVI-hankkeen hedelmiä vuosilta 2010–2014* (s. 71–88). Raisio: Newprint Oy.
- Hutchings, J. B. (1998). Color in Anthropology and Folklore. Teoksessa K. Nassau (toim.), *Color for Science, Art and Technology, Vol. 1.* (s. 195–208). Amsterdam, Hollanti: Elsevier Science B. V.
- Hynes, B. (1996). Entrepreneurship Education and Training — Introducing Entrepreneurship into Non-Business Disciplines. *Journal of European Industrial Training*, 20(8), 10–17.
- Ikonen, R. (2006). *Yrittäjyyskasvatus. Kansalaisen taloudellista autonomiaa etsimässä.* Helsinki / Jyväskylä: Minerva-kustannus Oy.
- Ikonen, R. (2007). Yrittäjyyskasvatuksen historiallista taustaa. Teoksessa P. Kyrö, H. Lehtonen, & K. Ristimäki (toim.), *Yrittäjyyskasvatuksen monia suuntia.* Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy.
- Johnson, P. (2006). Opettajat yhtenäisen perusopetuksen rakentajina. Teoksessa A-R. Nummenmaa, & J. Välijärvi (toim.), *Opettajan työ ja oppiminen* (s. 49–61), Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
- Jones, B. & Iredale, N. (2010). Enterprice education as pedagogy. *Education + Training*, 52(1), 7–19.
- Joint Expert Committee on Food Additives (1998). *Food and Nutrition Paper 52 Add 6.* Lainattu 2.7.2017, saatavilla: <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/Additive-109.pdf>
- Järvensivu, A., & Koski, P. (2008) Työelämäsuuntautuneen oppimisen tutkimus innovaatioaallon harjalla. Teoksessa T. Heiskanen, M. Leinonen, A. Järvensivu, & S.

Aho (toim.), *Kohti uutta työelämää? Tutkimuksen näköala työelämän kehitykseen* (s. 17–45). Tampere: Juvenes Print, Tampereen yliopistopaino Oy.

Kiviniemi, K. (2000). *Opettajan työtodellisuus haasteena opettajankoulutukselle*. Helsinki: Hakapaino Oy.

Kokko, I. (2006). *Into — YRITTÄJYYTEEN! Ohjaajan vinkkivihko*. Helsinki: Yksityisyrittäjien säätiö.

Kokko, I. (2007). *Katso kaleidoskooppiin – ideoita yrittäjyyskasvatukseen*. Vammala: Kerhokeskus – koulutyön tuki ry.

Kyrö, P. (2001). Yrittäjyyskasvatuksen pedagogisia lähtökohtia pohtimassa. *Aikuiskasvatus*, 21(2), 92–101.

Lawson, B. (2004). *What Designers Know*. Jordan Hill, Oxford: Architectural Press, Elsevier.

Learn Chemistry (a): *Manufacture of Titanium Dioxide*. The Royal Society of Chemistry & Wolfson Foundation. Lainattu 30.7.2017, saatavilla: <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00001267/tio2-photocatalysis-manufacture-of-titanium-dioxide?cmpid=CMP00002617>

Learn Chemistry (b): *Uses of Titanium Dioxide*. The Royal Society of Chemistry & Wolfson Foundation. Lainattu 30.7.2017, saatavilla: <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00001268/tio2-photocatalysis-uses-of-titanium-dioxide?cmpid=CMP00002618>

Lepistö, J. (2011). Tarvitseeko opettajankoulutus yrittäjyyskasvatusta vai yrittäjyyskasvatus opettajankoulutusta? Teoksessa T. Rytkölä, E. Ruskovaara, M-R. Järvinen (toim.), *Yrittäjyyskasvatus perus- ja toisella asteella — näkökulmia pedagogiikan kehittämiseen* (s. 13–30). Sastamala: Kerhokeskus — koulutyön tuki ry.

Lepistö, J., & Rönkkö, M-L. (2014). Opettajaopiskelijoiden käsitykset yrittäjyyskasvatuksesta. Teoksessa J. Seikkula-Leino, A. Tiikkala, & L. Yöntilä (toim.), *Yrittäjyyskasvatusta suomalaisen opettajankoulutukseen ja opetukseen! YVI-hankkeen hedelmiä vuosilta 2010–2014* (s. 42–54). Raisio: Newprint Oy.

Lewis, P. A. (1998). Colorants: Organic and Inorganic Pigments. Teoksessa K. Nassau (toim.), *Color for Science, Art and Technology, Vol. 1* (s. 283–312). Amsterdam, Hollanti: Elsevier Science B.V.

Nassau, K. (1998). Fundamentals of Color Science. Teoksessa K. Nassau (toim.), *Color for Science, Art and Technology, Vol. 1*. (s. 1–30), Amsterdam, Hollanti: Elsevier Science B.V.

Opetushallitus (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014* (Määräykset ja ohjeet 2014:96). Tampere: Juvenes Print — Suomen yliopistopaino Oy.

Opetusministeriö (2009): *Yrittäjyyskasvatuksen suuntaviivat* (Opetusministeriön julkaisuja 2009:7). Helsinki: Yliopistopaino.

Opetus- ja kulttuuriministeriö (2010). *Perusopetus 2020 – yleiset valtakunnalliset tavoitteet ja tuntijako* (Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2010:1). Helsinki: Yliopistopaino Oy.

Pernaa, J. (2013). Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla* (s. 9–26). Juva: PS-kustannus, Bookwell Oy.

Pihkala, T., & Ruskovaara, E. (2011). Yrittäjyyskasvatusjärjestelmä opettajan tukena. Teoksessa T. Rytkölä, E. Ruskovaara, M-R. Järvinen (toim.), *Yrittäjyyskasvatus perus- ja toisella asteella — näkökulmia pedagogiikan kehittämiseen* (s. 43–60). Sastamala: Kerhokeskus — koulutyön tuki ry.

Plomp, T., & Nieveen, N. (2010). *An Introduction to Educational Design Research* (3. painos). Alankomaat: Netzdruk, Enschede.

Pugach, M. C., & Johnson, L. J. (1990). Fostering the Continued Democratization of Consultation through Action Research. *Teacher Education and Special Education*, 13 (3–4), 240–245.

Pyörre, K. (2015). *Palmupohjaisten raaka-aineiden soveltuvuus lämpökynntilä-materiaaliksi*. Kandidaatintyö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lappeenranta.

Remes, L. (2001). Yrittäjyyskasvatus pedagogisessa toimintatehtävässä. *Kasvatus*, 32(4), 368–381.

Ruskovaara, E., Seikkula-Leino, J., Hämäläinen, M., & Hannula, H. (2014). Yrittäjyyskasvatus opettajankouluttajien toiminnassa. Teoksessa J. Seikkula-Leino, A. Tiikkala, & L. Yöntilä (toim.), *Yrittäjyyskasvatusta suomalaiseen opettajankoulutukseen ja opetukseen! YVI-hankkeen hedelmiä vuosilta 2010–2014* (s. 13–27). Raisio: Newprint Oy.

Rytkölä, T., Kesler, M., & Karhuvirta, T. (2011). Yrittäjyys-, kansalais- ja tiedekasvatus yhteisen sateenvarjon alla. Teoksessa T. Rytkölä, E. Ruskovaara, M-R. Järvinen (toim.), *Yrittäjyyskasvatus perus- ja toisella asteella — näkökulmia pedagogiikan kehittämiseen* (s. 125–144). Sastamala: Kerhokeskus — koulutyön tuki ry.

Sahlberg, P., Meisalo, V., Lavonen, J., & Kolari, M. (1994). *Luova ongelmanratkaisu koulussa*. Helsinki: Opetushallitus ja FINISTE.

Seikkula-Leino, J. (2007a). *Opetussuunnitelmauudistus ja yrittäjyyskasvatuksen toteuttaminen* (Opetusministeriön julkaisuja 2007:28). Helsinki: Yliopistopaino.

Seikkula-Leino, J. (2007b): Yrittäjyyskasvatuksen kehittyminen opetussuunnitelmauudistuksessa. Teoksessa P. Kyrö, H. Lehtonen, & K. Ristimäki (toim.),

Yrittäjyyskasvatuksen monia suuntia (Yrittäjyyskasvatuksen julkaisusarja 5/2007, s. 104–127). Hämeenlinna: Tampereen yliopistopaino Oy, Juvenes Print.

Seikkula-Leino, J., Ruskovaara, E., Ikävalko, M., Mattila, J., & Rytkölä, T. (2010). Promoting entrepreneurship education: the role of the teacher? *Education + Training*, 52(2), 117–127.

Tiikkala, A., & Seikkula-Leino, J. (2011). Yrittäjyyskasvatuksen arviointi sen kehittämisen näkökulmasta. Teoksessa T. Rytkölä, E. Ruskovaara, M-R. Järvinen (toim.), *Yrittäjyyskasvatus perus- ja toisella asteella — näkökulmia pedagogiikan kehittämiseen* (s. 161–171). Sastamala: Kerhokeskus — koulutyön tuki ry.

Tiikkala, A. (2013). *Yrittäjyyskasvatuksen arvoja etsimässä*. Väitöskirja. Turku: Turun yliopiston julkaisuja C-368.

Tiikkala, A. (2014a). Yritteliäisyyteen kasvattaminen. Teoksessa J. Seikkula-Leino, A. Tiikkala, & L. Yöntilä (toim.), *Yrittäjyyskasvatusta suomalaiseen opettajankoulutukseen ja opetukseen! YVI-hankkeen hedelmiä vuosilta 2010–2014* (s. 272–283). Raisio: Newprint Oy.

Tiikkala, A. (2014b). Yrittäjyyskasvatus opetussuunnitelmissa ja käytännössä opettajan näkökulmasta. Teoksessa J. Seikkula-Leino, A. Tiikkala, & L. Yöntilä (toim.), *Yrittäjyyskasvatusta suomalaiseen opettajankoulutukseen ja opetukseen! YVI-hankkeen hedelmiä vuosilta 2010–2014* (s. 112–126). Raisio: Newprint Oy.

Tulloch, A. P. (1970). The Composition of Beeswax and Other Waxes Secreted by Insects. *Lipids*, 5, 247–258.

Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Valkama, P., & Järvensivu, A. (2008). Verkostomainen toimintatapa työelämän tutkimuksen lähestymistapana ja tuotoksena. Teoksessa T. Heiskanen, M. Leinonen, A. Järvensivu, & S. Aho (toim.), *Kohti uutta työelämää? Tutkimuksen näköala työelämän kehitykseen* (s. 165–183). Tampere: Juvenes Print, Tampereen yliopistopaino Oy.

Väljjarvi, J., *Kansankynttilästä tietotyön ammattilaiseksi*. Teoksessa Nummenmaa, A.-R., Väljjarvi, J. (toim.) *Opettajan työ ja oppiminen* (s. 9–26), Koulutuksen tutkimuslaitos, Jyväskylän yliopistopaino, Jyväskylä 2006.

Wagner, T. (2011). Rigor Redefined. Overcoming the Global Achievement Gap. Teoksessa T. Rytkölä, E. Ruskovaara, M-R. Järvinen (toim.), *Yrittäjyyskasvatus perus- ja toisella asteella — näkökulmia pedagogiikan kehittämiseen* (s. 107–124). Sastamala: Kerhokeskus — koulutyön tuki ry.

Westerman, D. A. (1990). Expert and Novice Teacher Decision Making. *Journal of Teacher Education*, 42(4), 292–305.

Wilson, A. J. C. (1963). *Mathematical Theory of X-Ray Powder Diffractometry*. Eindhoven, Alankomaat: N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken.

YVI-Sanakirja. *Arvo (value)*. Lainattu 25.7.2017, saatavilla: <http://www.yvi.fi/sanakirja>

Zevin, L. S., & Kimmel, G. (1995). *Quantitative X-Ray Diffractometry*. New York: Springer Verlag.

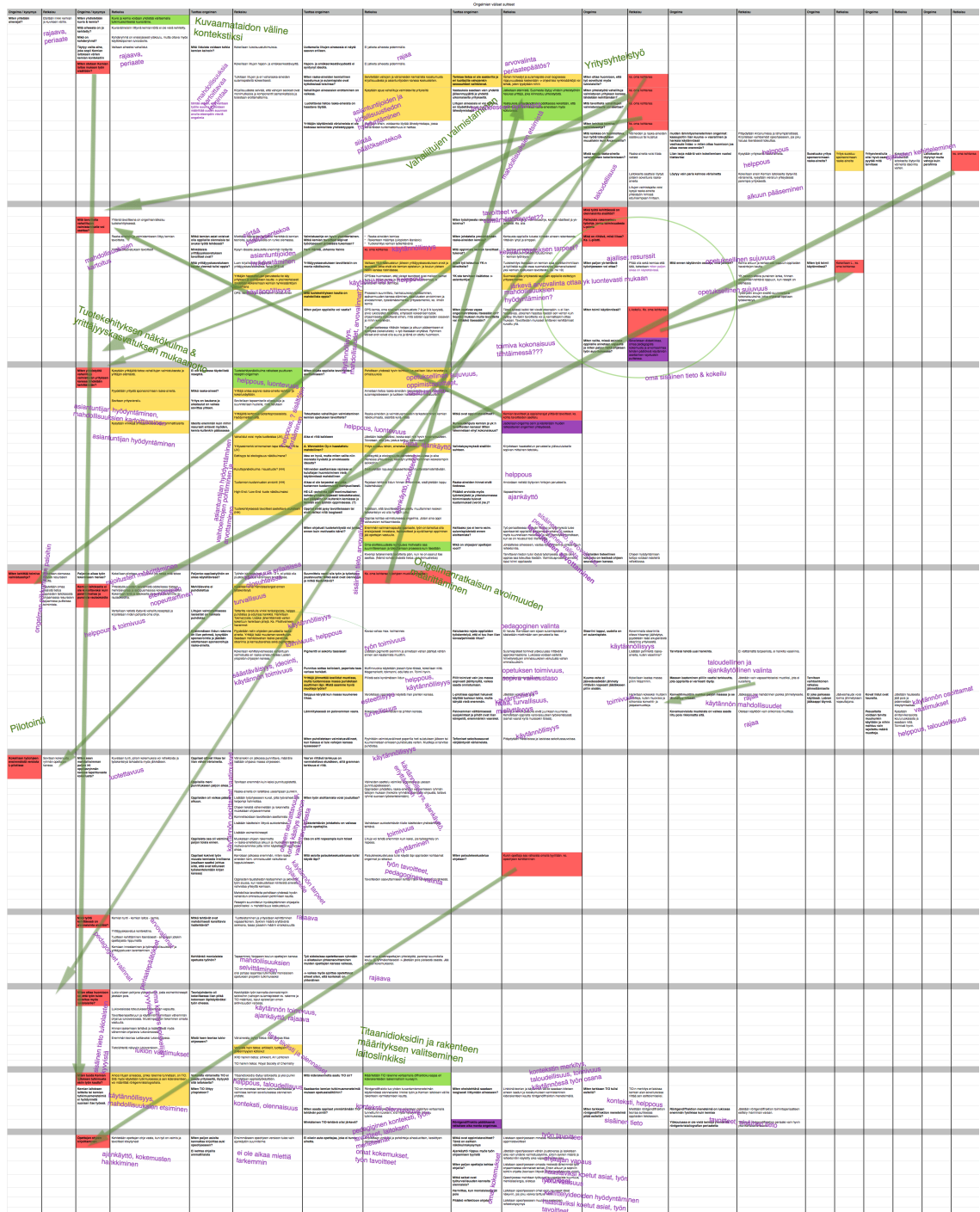
Muut kuin omat kuvat:

Kuva 3. Anataasi: By Benjah-bmm27 - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2095098> [Ladattu 30.7.2017]

Kuva 3. Rutiili: By Ben Mills - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2036065> [Ladattu 30.7.2017]

LIITTEET

Liite 1. Suunnittelun prosessikaavio, 1 s.



Liite 2. Työohje yläkoulu, 4 s.

Työohje – Vahaliitujen valmistaminen

Vahaliituja on valmistettu Suomessa 1930-luvulta lähtien. Silloin niitä alettiin valmistaa Porvoon teknillisellä tehtaalla, jossa oli saksalainen vahapohjaisten tuotteiden valmistukseen perehtynyt tekninen johtaja. Hänen tuotekehityksensä tuloksena saatujen reseptien pohjalta valmistetaan edelleen Porvoon öljyväriliituja.⁽¹⁾



(1) <http://www.porvoon.com/fi/tytuote>

Tehtävä 1. Mikä ihmeen vahaliitu?

Kokeile markkinoilla olevaa vahaliitua ensimmäiseen testauslaatikkoon. Millaisia ominaisuuksia hyvällä vahaliidulla on?

Teollinen liitu

Oma liitu 1

Oma liitu 2

Tärkeimmät käsitteet: yhdistä käsite sopivaan määritelmään.

vaha	amorfinen aine
pigmentti	siderakenne
hilarakenne	lämpötila, jossa kiinteä aine muuttuu nesteeksi
sulamispiste	eräs liidun sidosaine
	väriaine
	atomien järjestys kiteessä

Tehtävä 2. Valmista vahaliitu itse.

Sinut on taidokkaana tekijänä palkattu kehittämään uusi tuote. Tuotekehityslaboratoriosta löytyy vahaliitujen valmistuksessa käytettäviä raaka-aineita ja erilaisia muotteja, joihin liidut voi valaa. Koe-erät tehdään teräksisessä desimitassa. Tuotteen pitää olla turvallinen käyttää, siksi kaikki ainesosat on valittu etukäteen.



Työn vaiheet: Vahojen ja pigmenttien punnitseminen, vahojen sulatus ja pigmentin sekoittaminen, tuotteen jähmettäminen kylmässä hauteessa ja valmiin tuotteen testaus.

Välineet

Vaaka
Punnituspaperit
Lämmityslaitteisto
Teräksinen kippo
Metallinen sekoitussauva

Jäähdytysmuotti
Jäävesiastia
Raaka-aineet

Raaka-aineet**Vahoja:**

Steariini
Parafiini
Karnaubavaha
Mehiläisvaha

Pigmentejä:

Karmiininpunainen
Sinooperinpunainen
Preussinsininen
Ultramariininsininen
Kromikeltainen
Kadmiumkeltainen
Titaanivalkoinen

RAAKA-AINE	SULAMIS-PISTE °C	HINTA €/kg	MASSA (g), esimerkkiresepti	MASSA (g), erä 1	MASSA (g), erä 2
parafiini	54–60	6	2,00		
steariini	72	5	2,50		
karnaubavaha	82	15	0,50		
mehiläisvaha	64	11			
pigmentti (pun.)		50	0,02		
Pigmentti (sin.)		76	0,02		
pigmentti (kelt.)		20	0,05		
pigmentti (valk.)		70	0,02		

Valikoi yksi kehitettävä asia alta ja kirjoita suunnitelma siitä, mihin pyrit ja miten muokkaat perureseptiä. Millaisen tuotteen haluat kehittää? Tuleeko siitä sesonkituote vai myydäänkö sitä jatkuvasti? Etsitkö kenties täydellistä väriä? Esiittele suunnitelma opettajalle ennen aloittamista.

Kehitettävä asia (valitse yksi tai keksi oma) ja oma suunnitelmasi

- __ Hinta-laatusuhde eli pigmentin sopivan määrän etsiminen
__ Kiilto ja pehmeys eli karnaubavahan sopivan määrän etsiminen.
__ Mehiläisvahan määrä raaka-aineena.
__ Valitsemasi värin kehittäminen sekoittamalla pääväreistä ja valkoisesta.

Vahaliidun valmistusohje

1. Aseta punnituspaperi vaa'alle ja nollaa vaaka. Punnitse kukin valitsemasi raaka-aine omalla paperillaan ja merkitse sen massa edellisen sivun taulukkoon.
2. Aseta teräksinen kippo kuumennuslevylle. Valitse ensin ainesosa, jolla on korkein sulamispiste.
3. Laita ainesosa kippoon ja aloita kuumennus. Kuumennus tapahtuu asennossa 1. Varo polttamasta itseäsi! Sulata ainesosa sekoittaen samalla metallisauvan kanssa.
4. Kun ensimmäinen ainesosa on sulanut, lisää seuraava ainesosa. Lisää seuraava aina alenevan sulamispisteen järjestyksessä. Lopeta lämmitys kun olet sulattanut viimeisen aineen.
5. Kun olet saanut kaikki vahat tasaisesti sekaisin, lisää pigmentti. Sekoita, kunnes väri on melko tasainen.
6. Kaada seos muottiin ennen kuin se jähmettyy. Laita muotti kylmään veteen. Anna jähmettyä noin 10 minuuttia.
7. Puhdista lopuksi kippo kuumentamalla sitä ja pyyhi sitten vahojen ja pigmenttien jämät varovasti käsipaperilla.
8. Mitä muutoksia teet seuraavaa erää varten?

Tee nyt toinen erä ryhmäsi suunnittelemin muutoksin eli toista kohdat 1–7.

Tehtävä 3. Arvioi tuotekehityksen onnistumista.

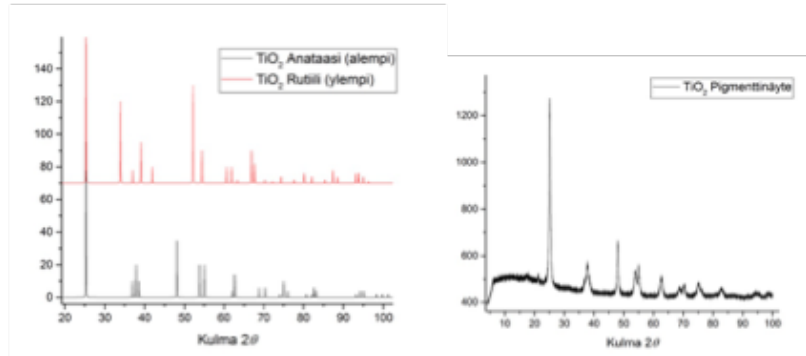
Kokeile valmiita tuotteita ensimmäisellä sivulla oleviin testauslaatikoihin. Millaisia liiduista tuli? Kumpi erä onnistui paremmin?
Vertaa omien liitujesi ominaisuuksia markkinoilla olevan liidun ominaisuuksiin.
Miten jatkaisit vielä tuotekehitystä?

Tehtävä 4. Laske. Mikä yhden yhteensä 6 gramman liidun hinnaksi tulee omalla reseptilläsi?
Paljonko lisähintaa voi laittaa tuotantokustannusten päälle?

Tehtävä: valkoisen titaanioksidin hilarakenteen määrittäminen.

Alla oikeanpuoleinen kuva on eräällä kemian kuvantamismenetelmällä, röntgenkristallografialla, ajettu kuva työssä käytetystä titaanioksidista. Röntgenkristallografiassa kiteiseen aineeseen kohdistetaan röntgensäteilyä ja katsotaan, miten säteet heijastuvat kiteistä.

Titaanioksidia esiintyy yleisesti kahdessa muodossa, rutiilina ja anataasina. Vasemmalla on allekkain esimerkkikuva anataasin ja rutiilin kuvista. Vertaa näytteen kuvaa näihin. Kumpaa se muistuttaa enemmän? Vinkki: katso, minkä lukuarvon kohdalla piikit ovat.



Vastaus:

Lisätehtävä: Tuotantoprosessin suunnittelu

Kuvittele tuottavasi vahaliituja teollisesti oman reseptisi pohjalta. Suunnittele itsellesi yritys vastaamalla esimerkiksi seuraaviin kysymyksiin.

- Mihin tarkoitukseen liitu tulee?
- Millaisia liituja valmistat?
- Minkälaisia määriä teet?
- Teetkö kaiken yksin vai palkkaatko työntekijöitä?
- Miten valmistat liidut, kun teet isompia määriä?
- Miten pakkaat ne?
- Millaisissa pakkauksissa niitä myyt?
- Millä hinnalla niitä myyt?
- Miten hoidat markkinoinnin?



Liite 3. Työohje lukio, 7 s.

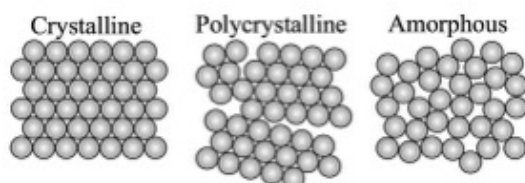
VAHALIITUJEN KEMIAA

Tässä työssä valmistetaan ja tuotteistetaan vahaliituja. Tuotekehityksen suunnittelun tukena käytetään vahoihin ja väriaineisiin liittyviä kemian teoreettisia tietoja. Liituja valmistetaan useampi erä.

OLENNAISIMMAT KÄSITTEET:

1. KIIINTEÄN AINEEN RAKENTUMINEN

Kiinteä aine voi rakentua usealla tavalla. Yleisin jaottelu on kiteisiin ja amorfisiin aineisiin. Kiteisen aineen atomit ovat järjestyneet jaksollisesti, amorfisen aineen eivät.



KUVA 1. RAKENNEOSASTEN JÄRJESTÄYTYMINEN KITEISESSÄ, MONIKITEISESSÄ JA AMORFISESSA AINEESSA

- A. Hiilirunkoiset molekyylit polymeroituvat muodostamalla kovalenttisiä sidoksia rakenneyksiköiden välille (esim. selluloosa, keratiini). Polymeerit järjestyvät vierekkäin sitoutuen toisiinsa vetysidosten ja dispersiovoimien avulla ja muodostavat erikokoisia kiteisiä ryhmiä.
- B. Joidenkin aineiden, kuten timantin ja grafiitin atomit järjestäytyvät hilaan kovalenttisin sidoksin.
- C. Metallisidoksessa metalliatomit muodostavat säännöllisen hilaan. Atomien uloimmat orbitaalit muodostavat rakenteessa jatkuvan elektronipiilven.
- D. Joidenkin kiteisten metallioksidien säännöllisessä hilarakenteessa on metalli- ja molekyyliorbitaalien kaltaisia jatkuvia elektronipiilviä (esim. TiO_2 , katso s. 4).
- E. Suolojen hilarakenne pysyy koossa sähköisin voimin (esim. NaCl).
- F. Osa kiinteistä aineista pysyvät koossa vetysidosten tai jopa pelkkien dispersiovoimien avulla. Vahat kuuluvat tähän ryhmään ja ne luokitellaan amorfiseksi aineeksi. Pitkaketjuiset hiilyhdisteet muodostavat muokkaantuvan, enemmän tai vähemmän vahvan verkoston. Vastaavasti lasin rakenteessa metallioksidit muodostavat verkoston, jonka rakenne ei ole tarkasti määritelty.

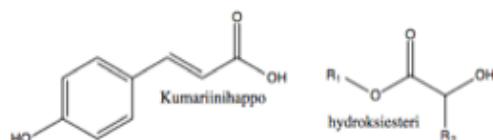
2. VAHAT

Vahat ovat yleensä pitkäketjuisten alkoholien ja karboksyylihappojen muodostamia estereitä. Ne ovat siis luokiteltavissa rasvoiksi. Vahan estereissä olevien hiiliketjujen pituus, kaksoissidosten määrä (tydyttyneisyys) sekä ketjujen haaroittuneisuus vaikuttavat vahan ominaisuuksiin.

- Mitä suuremmista ketjuista vaha koostuu, sitä enemmän Van der Waalsin voimia siinä on. Kaksoissidokset ja pitkät sivuketjut tekevät ketjuun mutkan.
- Mitä enemmän OH-ryhmiä hiiliketjuihin on liittynäänä, sitä enemmän vetysidoksia aineessa on.

Karnaubavaha^[1]

- Koostuu lähinnä suoraketjuisista estereistä ja hydroksiestereistä (kuva 2), mutta seassa on myös vapaita rasvahappoja ja alkoholeja, hiilivetyjä sekä kumariinihappoa (kuva 2).
- Hiilivetyketjujen pituudet vaihtelevat 22 ja 34 hiilen välistä. Yhdessä esterissä on siis yleensä 54–62 hiiltä.



KUVA 2. KAKSI ERIKOISEMPAA KARNAUBAVAHAN KOMPONENTTIA.

Parafiini

- Hiilivetyjen seos. Hiiliketjujen pituus on keskimäärin n. 30 hiiltä, mutta vaihtelee 20 ja 40 hiilen välillä.

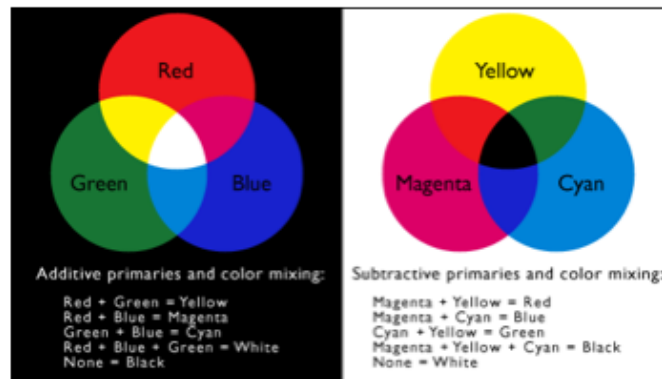
Mehiläisvaha

- Koostuu enimmäkseen n. 30-hiilisten rasvahappojen ja 18-hiilisten alkoholien estereistä. Osa hiilivedyistä on tyydyttymättömiä.
- Joukossa on myös diestereitä ja jonkin verran triestereitä.
- Seassa on myös vapaita rasvahappoja, hydroksiestereitä ja hiilivetyjä

3. VÄRI

Värin syntyperiaate:^[2]

Lähetetyt valon aallonpituudet osuvat silmässä oleviin reseptoreihin. Osa valon aallonpituuksista absorboituvat aineeseen ja loput heijastuvat. Heijastuvat aallonpituudet osuvat silmään ja aiheuttavat näköaistimuksen.



KUVA 3. ADDITIIVINEN JA SUBSTRAKTIIVINEN VÄRIEN SEKOITTAMINEN.

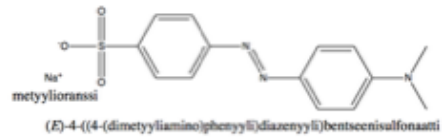
Mikä ero on oranssilla keltaisen ja punaisen valon yhdistelmänä vs. keltaisen ja punaisen pigmentin yhdistelmänä?

Miksi kannattaa enemmän valita suoraan oranssi pigmentti kuin sekoittaa punaista ja keltaista?

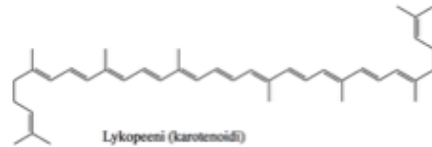
Värin absorptio: Molekyylirakenteessa kunkin atomin orbitaalit ovat sulautuneet laajemmiksi ja monimutkaisemmiksi molekyyliorbitaaleiksi. Valon fotonin osuessa orbitaalilla olevaan vapaaseen elektroniin, elektroni virittyy eli siirtyy omalta paikaltaan jollekin toiselle orbitaalissa olevalle paikalle. Siirtyminen näiden välillä vaatii energiaa tasan fotonin antaman määrän (joka aallonpituudella eli värillä on oma energiansa).

4. PIGMENTTI

Monet pigmentit ovat **orgaanisia yhdisteitä**. Laajalle leviävä konjugaatio on orgaanisille väriaineille tyypillistä.

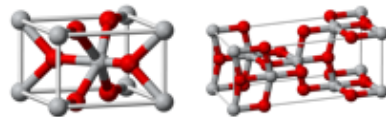


KUVA 4. METYYLIORANSSI JA LYKOPEENI OVAT ORGAANISIA PIGMENTTEJÄ



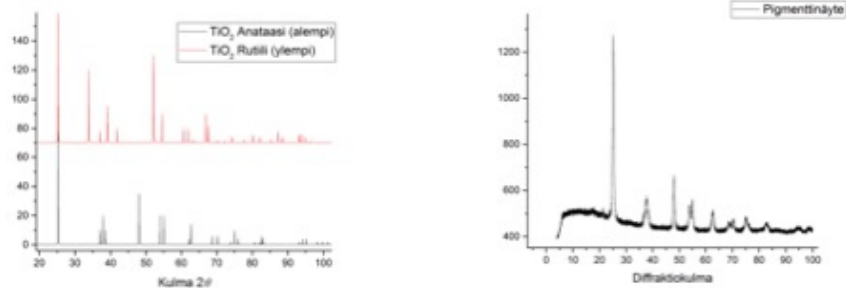
Metalliyhdisteitä

- Rautaoksidit ja rautahydroksidit voivat atomilajisuhteesta ja hilarakenteen järjestäytymisestä riippuen olla väriltään keltaista, ruskeaa, punaista tai mustaa. Punamullan väriaine on **Fe₂O₃**, kun taas **FeO** on mustaa.
- Kadmiuminkeltainen oli alunperin kadmiumsulfidia **CdS**.
- Titaanidioksidi **TiO₂** on turvallinen valkoinen väriaine, joka 1900-luvulla korvasi pitkään käytetyn myrkyllisen lyijyvalkoisen (lyijykarbonaatin **PbCO₃** ja kahden lyijyhydroksidin **Pb(OH)₂** seos).



Titaanidioksidissa kaikki ulkoelektronit osallistuvat sidoksiin, eikä virittyviä "vapaita" ulkoelektroneja siksi ole. Kaikki valon aallonpituudet heijastuvat rakenteesta ja aine on silloin valkoista.

KUVA 5. TITAANIDIOKSIDIN KAHDEN YLEISIMMÄN HILARAKENTEEN MALLIT: RUTIILI (5.1., VASEN) JA ANATAASI (5.2., OIKEA).



KUVAAJA 1. RUTIILIN JA ANATAASIN LASKETUT RÖNTGENDIFFRAKTIOKUVAAJAT SEKÄ PIGMENTTINÄYTTEESTÄ AJETTU RÖNTGENDIFFRAKTIOKUVAAJA.

Onko käytetty pigmentti rutililla vai anataasia?

VAHALIITUJEN VALMISTUS

Vahaliituja on valmistettu Suomessa 1930-luvulta lähtien. Silloin niitä alettiin valmistaa Porvoon teknillisellä tehtaalla, jossa oli saksalainen vahapohjaisten tuotteiden valmistukseen perehtynyt tekninen johtaja. Hänen tuotekehityksensä tuloksena saatujen reseptien pohjalta valmistetaan edelleen Porvoon öljyväriliituja.^[3]



Tuotekehitys

1. Tavoiteltavat ominaisuudet?

Kokeile markkinoilla olevaa vahaliitua. Millaisia ominaisuuksia hyvällä vahaliidulla on?

Välineet ja raaka-aineet

Vaaka	Pigmentejä:
Punnituspaperit	Karmiinipunainen
Lämmityslaitteisto	Sinoperipunainen
Teräksinen kippo	Ultramariininsininen
Metallinen sekoitussauva	Preussinsininen
Muotit	Kromikeltainen
Vahoja:	Kadmiumkeltainen
Steariini	Titaanivalkoinen
Parafiini	
Karnaubavaha	
Mehiläisvaha	

RAAKA-AINE	SULAMIS-PISTE °C	HINTA €/kg	MASSA (g), erä 1	MASSA (g), erä 2	MASSA (g), erä 3
parafiini	54-60	6			
steariini	72	5			
karnaubavaha	82	15			
mehiläisvaha	64	11			
pigmentti (pun.)		50			
pigmentti (sin.)		76			
pigmentti (kelt.)		20			
pigmentti (valk.)		70			
			vahaa n. 5 g, väriä 0,02 g.		

Valikoi yksi kehitettävä asia ja kirjoita suunnitelma siitä, mihin pyrit ja miten muokkaat perureseptiä. Millaisen tuotteen haluat kehittää? Minkälaisia ominaisuuksia tavoittelet? Mikä väri liidulla tulisi olla?

Vahaliidun valmistusohje

1. Aseta punnituspaperi vaa'alle ja nollaa vaaka. Punnitse kukin valitsemasi raaka-aine omalla paperillaan ja merkitse sen massa edellisen sivun taulukkoon. Yhden liidun massa on n. viisi grammaa.
2. Aseta teräksinen kippo kuumennuslevylle. Valitse ensin ainesosa, jolla on korkein sulamispiste.
3. Laita ainesosa kippoon ja aloita kuumennus. Kuumennus tapahtuu asennossa 1. Varo polttamasta itseäsi! Sulata ainesosa sekoittaen samalla metallisauvan kanssa.
4. Kun ensimmäinen ainesosa on sulanut, lisää seuraava ainesosa. Lisää seuraava aina alenevan sulamispisteen järjestyksessä. Lopeta lämmitys kun olet sulattanut viimeisen aineen.
5. Kun olet saanut kaikki vahat tasaisesti sekaisin, lisää pigmentti. Sekoita, kunnes väri on melko tasainen.
6. Kaada seos muottiin ennen kuin se jähmettyy. Laita muotti kylmään veteen. Anna jähmettyä noin 10 minuuttia.
7. Puhdista lopuksi kippo kuumentamalla sitä ja pyyhi sitten vahojen ja pigmenttien jämmät varovasti käsipaperilla.

Mikä yhden liidun hinnaksi tulee omalla reseptilläsi?

Paljonko lisähintaa voi laittaa tuotantokustannusten päälle?

Tuotantoprosessin suunnittelu

Kuvittele tuottavasi vahaliituja teollisesti oman reseptisi pohjalta. Suunnittele itsellesi yritys pohtimalla mm. tuotannollisia valintoja ja markkinointiin liittyviä haasteita.

Lähteet:

[1] https://www.e-education.psu.edu/geog486/11_p11.html

[2] Philip Ball: Kirkas Maa – Miten värit syntyivät?; Terra Cognita, 2003.

[3] www.awennstrom.fi/yrittysinfo

Kuvat:

Kuva 1. By Cristal_ou_amorphe.svg: CdangEverything else: Sbyrnes321 - Cristal ou amorphe.svgCrystalline polycrystalline amorphous.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17676267>

Kuva 2. ja Kuva 4. Enni Grönlund

Kuva 3. Pennsylvania State University, College of Earth and Mineral Science, Department of Geography, Course Cartography and Visualization: https://www.e-education.psu.edu/geog486/11_p11.html

Kuva 5.1. By Ben Mills - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2036068>

Kuva 5.2. By Benjah-bmm27 - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2095098>



Yhteistyössä: A. Wennström Oy

Liite 4. Opettajan ohje, 11 s.

VAHALIITUJEN KEMIAA

Oppimistavoitteet:

- vahvistaa oppilaan itseohjautuvuutta oppimisprosessissa
- kehittää oman työskentelyn suunnittelun taitoja
- tukea oppilaan käsitystä kemian merkityksestä monen kaupallisen tarvikkeen valmistuksessa, tässä tapauksessa taidevälineen valmistusprosessin kautta
- oppia arvostamaan työn tuloksia
- kohtaamaan epäonnistumisia osana tutkimustyötä ja oppimisprosessia
- antaa oppilaille esimerkki yrittäjämäisen toiminnan (laajassa merkityksessään) merkityksestä tutkimuksessa ja työelämässä menestymiselle
- kerrata orgaanisen kemian sisältöjä tai tutustuttaa niihin
- kerrata rasva- ja vesiliukoisuuden ero
- oppia väriaineista kemiallisena yhdisteryhmänä
- tutustua röntgendiffraktion menetelmään yhtenä tapana tutkia kemiallisten aineiden rakennetta (käytetään yliopistoissa ja yrityksissä)
- tuoda esille perinteiset ainerajat ylittävän oppimisen edut ja tarpeellisuus kemian alalla

Ajankäyttö:

	Tarvittava aika	Työvaihe	Lisähuomioita
1.	10 min	Johdattelu	Mahdolliseen tietyn aihealueen tarkempaan kertaukseen varattava aikaa erikseen
2.	2 min	Vahaliidun kokeileminen	Keskustellaan vahaliitujen toivotuista ominaisuuksista
3.	3 min	Valmistusprosessin päävaiheiden esittely	Kiinnitetään huomio työturvallisuuteen
4.	5-10 min	Reseptin suunnittelu ja raaka-aineiden punnitus	Työvaiheessa oppilasparit työskentelevät yhteistyössä päättäen omat tavoitteensa ja suunnitellen toimintaansa. Tähän menee eri pareilta hyvin vaihteleva määrä aikaa.
5.	5-10 min	Vahamassan valmistus	
6.	10 min	Vahaliidun jähmettyminen	Jäävedessä jähmettyminen käy nopeasti, mutta rakenne voi olla hauraampi. Voidaan edetä myös suoraan kokeilemaan erilaista raaka-aineyhdistelmää ja vertailla valmiita, hitaammin jähmettyneitä liituja vasta lopuksi.
7.	5 min	Tuotteen testaaminen ja uuden syklin suunnittelu	Syklejä voidaan tehdä useampiakin, toistetaan kohtia 4.–7.

Ennen aloittamista:

Tavoitteena on mahdollisimman itsenäinen ja luova työskentely. Vapautta kuuluukin olla paljon. Työn voi tehdä korkeammin tai matalammin tavoittein, sillä jokainen kykenee tavoitteiden asettamiseen, suunnittelutyöhön ja tutkimuksen toteuttamiseen omalla tavoitetasollaan. Johdattelevalla keskustelulla annetaan eväät omien hypoteesien tekemiseen suunnitteluvaiheessa.

Ennen aloittamista kannattaa tutkia olemassa olevia liituja, esitellä raaka-aineet, työvälineet sekä valmistusprosessi mahdollisimman lyhyesti. Miksi eri vahoilla on erilaiset sulamispisteet? Tärkeimmät kemialliset käsitteet ovat sulaminen ja kiteytyminen, amorfinen aine, vaha ja pigmentti. Nämä voidaan läpikäydä joko ennen aloittamista tai vasta lopussa työskentelyn jälkeen, kun oppilaille on havaintopohjaisia kokemuksia aiheesta.

Parafiinilla pelkät Van der Waalsin voimat pitävät rakennetta koossa, mehiläisvahalla on tyydyttymättömiä hiilidoksia, jotka mutkistavat rakenteita, kun karnaubavahassa on paljon suoraketjuisia rasvahappoja ja estereitä, jolloin vetysidosten määrä on suuri ja sulamispiste on korkeammalla. Lisää huomioita työn vaiheista löytyy työohjeesta olennaisista kohdista.

Väriainestimuksen syntymisen periaate on myöskin kiintoisa kysymys, joka yhdistelee useampaa tieteenalaa, erityisesti biologiaa, fysiikkaa ja kemiaa.

Työturvallisuus:

Mehiläisvahaa saa käyttää vain, jos joukossa ei ole mehiläisallergisia (ellei käytössä ole puhdistettua mehiläisvahaa). Muut raaka-aineet ovat kaikki turvallisia käyttää, sillä niitä käytetään myös lapsille suunnatuissa vahaliiduissa. Raaka-aineet ovat periaatteessa riittävän turvallisia jopa syödä.

Työturvallisuuden kannalta olennaisinta on työskennellä rauhallisesti. Oikein tehtynä työssä kuumien lämpötila on vain hieman yli 80 celsiusastetta, eli vakavien palovammojen syntyminen on epätodennäköistä. Vahojen sulaminen tapahtuu reilusti alle 100 celsiusasteen lämpötiloissa, eli työn voi tehdä myöskin vesihauteella, jollei sähkölevyjä ole käytössä. Tulta käyttäessä erityinen varovaisuus työskentelyssä on tietysti tarpeen.

Oppilaita kannattaa varoittaa kaatamasta sulaa vahaa pöydälle. Punnitus on syytä tehdä ennen sulattamisen aloittamista, jotta kaikki tarvittava on työskennellessä käden ulottuvilla eikä kiirettä tule. Punnitus tehdään muffinssivuoilla, koska vahajäämiä on ikävä puhdistaa esim. kellolasilta. Pienet kontaminaatiot eivät vaikuta työn onnistumiseen millään tavalla.

Lopuksi:

Sulan vahan saa helposti pyyhittyä pinnoilta paperiin. Välineiden puhdistus tapahtuukin parhaiten käsipaperiin pyyhkimällä, kun välineet ovat vielä kuumat. Mikäli oppilaat yrittävät tiskata välineitä, tästä saa aikaiseksi opettavaisen keskustelun työn päätyttyä.

Kannattaa lopuksi keskustella työn onnistumisesta luokan kanssa. Minkälaisia ongelmanratkaisutilanteita kukin kohtasi ja miten niihin reagoi? Jokainen varmasti osasi kiertää ongelman ja keksiä vaihtoehtoja, jos jokin ei toiminut. Missä kaikkialla vastaavia taitoja tarvitaan? Miten työ liittyykään kemiaan ja miten kemiasta on työssä hyötyä?

Ideoita monialaisuuteen:

Yrittäjyyden, kiinteän aineen tai värien kontekstit tarjoavat paljon mahdollisuuksia tehdä yhteistyötä oppiaineiden välillä. Eri opettajat voivat työskennellä aiheen parissa omilla oppitunneillaan tai saman aiheen eri näkökulmia voi käsitellä yhtenä kokonaisuutena, johon kehitetään kokonaisvaltaisia tehtäviä oppilaille. Yrittäjyyskasvatusta voi soveltaa kaikissa koulun oppiaineissa.

Kuvaamataito: Enkaustiikkatekniikka, pääsiäismunien vahakoristelu, väriteoria, väriaineet kuvataiteilijan näkökulmasta ja taidehistoriassa, design, myyntipakkauksen suunnittelu ja toteutus

Musiikki: mainosbiisin melodian ja sanoituksen kehittäminen.

Biologia: väriaistimuksen syntyminen silmässä, luonnon värit ja esimerkiksi kukkien tai lintujen sulkapeitteen värikkyyden tarkoitus.

Fysiikka: värit fysikaalisena ilmiönä, kiinteään aineeseen liittyviä seikkoja fysiikan näkökulmasta

Matematiikka: esim. yksinkertaisten muottien tilavuus, tuotantoerien tehokkaaseen hyödyntämiseen tähtäävä laskeminen, verojen laskeminen, reseptin hinnan optimointi jne.

Historia: värit kulttuurihistoriassa, teollistuminen, innovaatioiden historia, tieteen ja keksintöjen merkitys eri aikakausina.

Yhteiskuntaoppi: yrittäjyyteen liittyviä seikkoja, yhteiskuntavastuu, työntekijän työllistämiseen liittyvät seikat, verotus.

Uskonto: värien symboliset merkitykset eri kulttuureissa.

Kieliaineet: mainostekstin, liiketoimintasuunnitelman tai muun aiheeseen liittyvän tekstilajin kirjoittamisen harjoittelu tai kääntäminen. Vieraissa kielissä esimerkiksi yrittäjyyden, teollisuuden tai värien sanastoa sekä väriihin liittyvät sanonnat.

VAHALIITUJEN KEMIAA

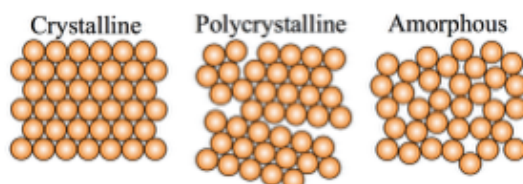
Tässä työssä valmistetaan ja tuotellistetaan vahaliituja. Tuotekehityksen suunnittelun tukena käytetään vahoihin ja väriaineisiin liittyviä kemian teoreettisia tietoja. Liituja valmistetaan useampi erä.

Opettaja voi halutessaan painottaa seuraavia teoriaosuuksia (1–4) ja laajentaa aiheen käsittelyä haluamaansa suuntaan. Teollisuudesta, yrittäjyydestä, väreistä, yritysverotuksesta, vahataiteesta jne. työhön liittyvistä lukuisista teemoista on myös helppo laajentaa työskentelyä monialaiseksi muiden opettajien kanssa.

OLENNAISIMMAT KÄSITTEET:

1. KIINTEÄN AINEEN RAKENTUMINEN

Kiinteä aine voi rakentua usealla tavalla. Yleisin jaottelu on kiteisiin ja amorfisiin aineisiin. Kiteisen aineen atomit ovat järjestyneet jaksollisesti, amorfisen aineen eivät.



KUVA 1. RAKENNEOSASTEN JÄRJESTÄYTYMINEN KITEISESSÄ, MONIKITEISESSÄ JA AMORFISESSA AINEESSA

- Hiilirunkoiset molekyylit polymeroituvat muodostamalla kovalenttisia sidoksia rakenneyksiköiden välille (esim. selluloosa, keratiini). Polymeerit järjestyvät vierekkäin sitoutuen toisiinsa vetysidosten ja dispersiivoimien avulla ja muodostavat erikokoisia kiteisiä ryhmiä.
- Joidenkin aineiden, kuten timantin ja grafiitin atomit järjestäytyvät hilaan kovalenttisin sidoksin.
- Metallisidoksessa metalliatomit muodostavat säännöllisen hilan. Atomien uloimmat orbitaalit muodostavat rakenteessa jatkuvan elektronipilven.
- Joidenkin kiteisten metalloksidien säännöllisessä hilarakenteessa on metalli- ja molekyyliorbitaalien kaltaisia jatkuvia elektronipilviä (esim. TiO_2 , katso s. 4).
- Suolojen hilarakenne pysyy koossa sähköisin voimin (esim. NaCl).
- Osa kiinteistä aineista pysyvät koossa vetysidosten tai jopa pelkkien dispersiivoimien avulla. Vahat kuuluvat tähän ryhmään ja ne luokitellaan amorfiseksi aineeksi. Pitkäketjuiset hiiliyhdisteet muodostavat muokkaantuvan, enemmän tai vähemmän vahvan verkoston. Vastaavasti lasin rakenteessa metalloksidit muodostavat verkoston, jonka rakenne ei ole tarkasti määritelty.

2. VAHAT

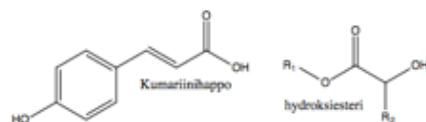
Vesipakoisuuden, sulamisen ja kiteytymisen käsitteet voi kerrata, samoin kuin amorfisen aineen määritelmän. Vahoista kannattaa mahdollisesti kerrata taululle piirtämällä tyydyttynyt ja tyydyttymätön hiilivety, rasvahappo sekä esterisidos. Mitä tarkoittaa di- ja triesteri (rakenteessa useampi esterisidos)?

Vahat ovat yleensä pitkäketjuisten alkoholien ja karboksyylihappojen muodostamia estereitä. Ne ovat siis luokiteltavissa rasvoiksi. Vahan estereissä olevien hiiliketjujen pituus, kaksoissidosten määrä (tyydyttyneisyys) sekä ketjujen haaroittuneisuus vaikuttavat vahan ominaisuuksiin.

- Mitä suuremmista ketjuista vaha koostuu, sitä enemmän Van der Waalsin voimia siinä on. Kaksoissidokset ja pitkät sivuketjut tekevät ketjuun mutkan.
- Mitä enemmän OH-ryhmiä hiiliketjuihin on liittyneenä, sitä enemmän vetysidoksia aineessa on.

Karnaubavaha^[1]

- Koostuu lähinnä suoraketjuisista estereistä ja hydroksiestereistä (kuva 2), mutta seassa on myös vapaita rasvahappoja ja alkoholeja, hiilivetyjä sekä kumariinihappoa (kuva 2).
- Hiilivetyketjujen pituudet vaihtelevat 22 ja 34 hiilen välistä. Yhdessä esterissä on siis yleensä 54–62 hiiltä.



KUVA 2. KAKSI ERIKOISEMPAA KARNAUBAVAHAN KOMPONENTTIA.

Parafiini

- Hiilivetyjen seos. Hiiliketjujen pituus on keskimäärin n. 30 hiiltä, mutta vaihtelee 20 ja 40 hiilen välillä.

Mehiläisvaha

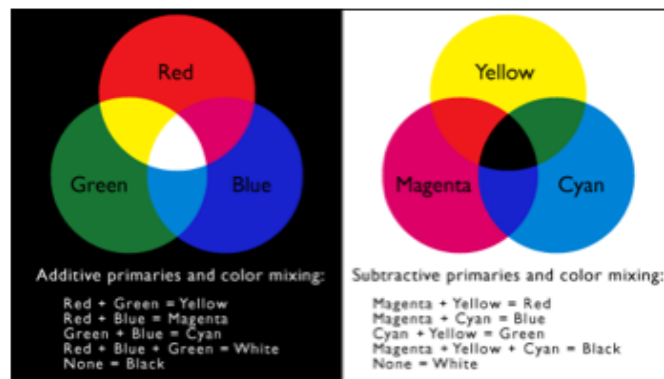
- Koostuu enimmäkseen n. 30-hiilisten rasvahappojen ja 18-hiilisten alkoholien estereistä. Osa hiilivedyistä on tyydyttymättömiä.
- Joukossa on myös diestereitä ja jonkin verran triestereitä.
- Seassa on myös vapaita rasvahappoja, hydroksiestereitä ja hiilivetyjä.

Mehiläisvaha ja karnaubavaha ovat luonnonvahoja, kun taas steariini ja parafiini synteettisiä vahoja (parafiini ei määritelmän mukaan ole vaha ollenkaan). Parafiini, joskus myös steariini valmistetaan öljystä eli uusiutumattomista raaka-aineista. Raaka-aineen valinnassa on otollinen väli keskustella esim. teollisuuden ja yrittäjän valintojen vaikutuksista ympäristölle.

3. VÄRI

Värin syntyperiaate:^[2]

Lähetetyt valon aallonpituudet osuvat silmässä oleviin reseptoreihin. Osa valon aallonpituuksista absorboituvat aineeseen ja loput heijastuvat. Heijastuvat aallonpituudet osuvat silmään ja aiheuttavat näköaistimuksen.



KUVA 3. ADDITIIVINEN JA SUBSTRAKTIIVINEN VÄRIEN SEKOITTAMINEN.

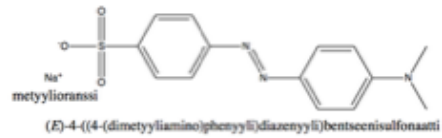
- Mikä ero on oranssilla keltaisen ja punaisen valon yhdistelmänä vs. keltaisen ja punaisen pigmentin yhdistelmänä?
- Miksi kannattaa ennemmin valita suoraan oranssi pigmentti kuin sekoittaa punaista ja keltaista?

Värin absorptio: Molekyylirakenteessa kunkin atomin orbitaalit ovat sulautuneet laajemmiksi ja monimutkaisemmiksi molekyyliorbitaaleiksi. Valon fotonin osuessa orbitaalilla olevaan vapaaseen elektroniin, elektroni virittyy eli siirtyy omalta paikaltaan jollekin toiselle orbitaalissa olevalle paikalle. Siirtyminen näiden välillä vaatii energiaa tasan fotonin antaman määrän (joka aallonpituudella eli värillä on oma energiansa).

Pigmenttien sekoittamisessa saadaan kyllä toivottu värisävy, mutta yleensä likaisempaa tai tummempaa kuin kirkas suoraan toivotun värinen pigmentti. Tämä johtuu siitä, että kumpikin sekoitettava pigmentti absorboi osittain myös niitä aallonpituuksia, joita toinen heijastaa. Tällöin sekoitetusta pigmentistä heijastuu vähemmän valoa kuin puhtaasta pigmentistä.

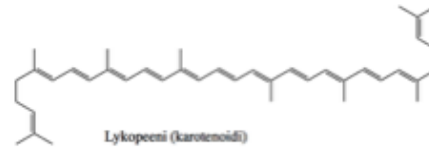
4. PIGMENTTI

Monet pigmentit ovat **orgaanisia yhdisteitä**.
Leajalle leviävä konjugaatio on orgaanisille väriaineille tyypillistä.



Metalliyhdisteitä

- Rautaoksidit ja rautahydroksidit voivat atomilajisuhteesta ja hilarankenteen järjestäytymisestä riippuen olla väriltään keltaista, ruskeaa, punaista tai mustaa. Punamullan väriaine on **Fe₂O₃**, kun taas **FeO** on mustaa.

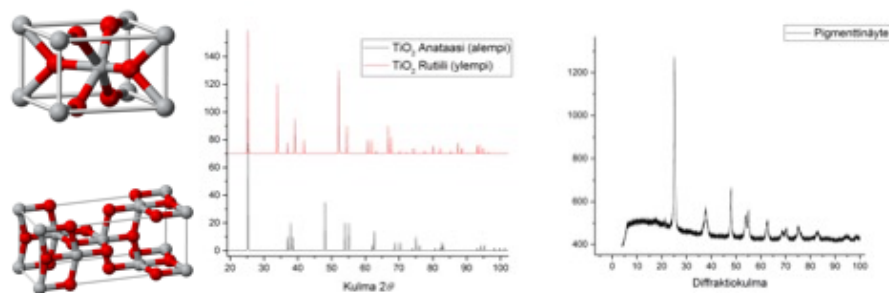


KUVA 4. METYYLIORANSSI JA LYKOPeeni OVAT ORGAANISIA PIGMENTTEJÄ

- Kadmiuminkeltainen oli alunperin kadmiumsulfidia **CdS**.

- Titaanidioksidi **TiO₂** on turvallinen valkoinen väriaine, joka 1900-luvulla korvasi pitkään käytetyn myrkyllisen lyijyvalkoisen (lyijykarbonaatin **PbCO₃** ja kahden lyijyhidroksidin **Pb(OH)₂** seos).

Titaanidioksidissa kaikki metallin ulkoelektronit osallistuvat sidoksiin, eikä virittyviä "vapaita" ulkoelektroneja siksi ole. Kaikki valon aallonpituudet heijastuvat rakenteesta ja aine on silloin valkoista.



KUVA 5. TITAANIDIOKSIDIN KAHDEN YLEISIMMÄN HILARAKENTEEN MALLIT: RUTIILI (5.1., YLEMPI) JA ANATAASI (5.2., ALEMPI).

KUVAAJA 1. RUTIILIN JA ANATAASIN LASKETUT RÖNTGENDIFFRAKTIOKUVAAJAT SEKÄ PIGMENTTINÄYTTEESTÄ MITATTU RÖNTGENDIFFRAKTIOKUVAAJA.

Onko käytetty pigmentti rutililla vai anataasia?

Röntgendiffraktiossa kiteiseen aineeseen kohdistetaan röntgensäteilyä. Se heijastuu hilarakenteesta Braggin lain mukaisesti ja heijastuskulmien perusteella voidaan laskemalla päätellä kiteen hilarakenne. Käytetyn titaanidioksidin rakenne on anataasia. Oikeanpuoleisen kuvan piikkien huiput löytyvät samoista kohdista kuin vasemman kuvan alemmat piikit (noin kohdassa 25, 38, 48, 55 jne.).

VAHALIITUJEN VALMISTUS

Vahaliituja on valmistettu Suomessa 1930-luvulta lähtien. Silloin niitä alettiin valmistaa Porvoon teknillisellä tehtaalla, jossa oli saksalainen vahapohjaisten tuotteiden valmistukseen perehtynyt tekninen johtaja. Hänen tuotekehityksensä tuloksena saatujen reseptien pohjalta valmistetaan edelleen Porvoon öljyväreiliituja.^[3]



Tuotekehitys

1. Tavoiteltavat ominaisuudet?

Kokeile markkinoilla olevaa vahaliitua. Millaisia ominaisuuksia hyvällä vahaliidulla on?

Välineet ja raaka-aineet

- Vaaka (olisi hyvä olla 4 kpl: 2 pistettä vahoille ja 2 pistettä väreille)
- Punnituspaperit (paperiset muffinssivuoat)
- Lämmityslaitteisto (sähkölevy, ei kaasupoltin)
- Teräksinen kippo (teräksinen desimitta)
- Metallinen sekoitussauva (lasinenkin käy, mutta pesu kuumalla vedellä ja paperilla)
- Muotit (silikoniset jääpala- tai konvehtimuotit vahaliidun jähmettämiseen)

Vahoja:

- Steariini
- Paraffini
- Karnaubavaha
- Mehiläisvaha

Pigmenttejä:

- Karmiininpunainen
- Sinooperinpunainen
- Ultramariniinsininen
- Preussinsininen
- Kromikeltainen
- Kadmiumkeltainen
- Titaanivalkoinen
(=titaanidioksidi TiO₂)

Oppilaiden on tarkoitus markkinoilla olevaa liitua kokeilemalla kiinnittää huomiota siihen, miten monenlaisia ominaisuuksia hyvältä vahaliidulta vaaditaan. Tärkeimpinä odotetaan esiin tulevan kovuuden/pehmyyden sopiva suhde, jotta piirtojälki on vahva, liitu ei suttaa, mutta ei myöskään murre liian herkästi. Toinen tärkeä seikka on värin tasaisuus ja peittävyys. Kaikki huomiot ovat arvokkaita ja auttavat oppilaita asettamaan omalle työskentelylleen tavoitteita.

Työn suunnittelun kannalta olisi hyvä myös kiinnittää oppilaiden huomio vahojen sulamispisteen ja rakenteen pehmyyden yleiseen riippuvuussuhteeseen. Keltainen väriaine on heikompaa kuin muut, niitä tarvitsee käyttää kaksin- tai kolminkertainen määrä punaiseen tai siniseen verrattuna.

Oppilaita kannattaa vaatia esittelemään suunnitelma ennen työskentelyn aloittamista. Onko kehittämiskohde realistinen? 7-9 lk ohjeessa on annettu esimerkkiresepti, jota voi vapaasti muuttaa omien hypoteesien ja ideoiden mukaan. Sen on tarkoitus vain antaa suuntaa. Mikäli aikaa on paljon käytössä, vahaliituja voi kehittää enemmänkin kuin kaksi erää.

RAAKA-AINE	SULAMIS-PISTE °C	HINTA €/kg	MASSA (g), erä 1	MASSA (g), erä 2	MASSA (g), erä 3
parafiini	54-60	6			
steariini	72	5			
karnaubavaha	82	15			
mehiläisvaha	64	11			
pigmentti (pun.)		50			
pigmentti (sin.)		76			
pigmentti (kelt.)		20			
pigmentti (valk.)		70			
			vahaa n. 5 g, väriä 0,02 g.		

Valikoi yksi kehitettävä asia ja kirjoita suunnitelma siitä, mihin pyrit ja miten muokkaat perureseptiä. Millaisen tuotteen haluat kehittää? Minkälaisia ominaisuuksia tavoittelet? Mikä väri liidulla tulisi olla?

Vahaliidun valmistusohje

1. Aseta punnituspaperi vaa'alle ja nolaa vaaka. Punnitse kukin valitsemasi raaka-aine omalla paperillaan ja merkitse sen massa edellisen sivun taulukkoon. Yhden liidun kokonaismassa on n. viisi grammaa.
2. Aseta teräksinen kippo kuumennuslevylle. Valitse ensin ainesosa, jolla on korkein sulamispiste.
3. Laita ainesosa kippoon ja aloita kuumennus. Kuumennus tapahtuu asennossa 1. Varo polttamasta itseäsi! Sulata ainesosa sekoittaen samalla metallisauvan kanssa.
4. Kun ensimmäinen ainesosa on sulanut, lisää seuraava ainesosa. Lisää seuraava aina alenevan sulamispisteen järjestyksessä. Lopeta lämmitys kun olet sulattanut viimeisen aineen.
5. Kun olet saanut kaikki vahat tasaisesti sekaisin, lisää pigmentti. Sekoita, kunnes väri on melko tasainen.
6. Kaada seos muottiin ennen kuin se jähmettyy. Laita muotti kylmään veteen. Anna jähmettyä noin 10 minuuttia.
7. Puhdista lopuksi kippo kuumentamalla sitä ja pyyhi sitten vahojen ja pigmenttien jämät varovasti käsipaperilla.

Mikä yhden liidun hinnaksi tulee omalla reseptilläsi?
Paljonko lisähintaa voi laittaa tuotantokustannusten päälle?

Tuotantoprosessin suunnittelu

Kuvittele tuottavasi vahallituja teollisesti oman reseptisi pohjalta. Suunnittele itsellesi yritys pohtimalla mm. tuotannollisia valintoja ja markkinointiin liittyviä haasteita.

Raaka-aineet on punnittu grammoina ja hinnat annettu €/kg, joten ensin on tehtävä yksikönmuunnos jompaan kumpaan suuntaan.

Verratkaa oppilaiden omia yrityksiä A. Wennström Oy:n todelliseen tarinaan. Mitä eroavaisuuksia huomaatte? Mikä yllättää ja miksi?

Lähteet:

[1] https://www.e-education.psu.edu/geog486/11_p11.html

[2] Philip Ball: Kirkas Maa – Miten värit syntyivät?; Terra Cognita, 2003.

[3] www.awennstrom.fi/yrittajainfo

Kuvat:

Kuva 1. By Cristal_ou_amorphe.svg: CdangEverything else: Sbyrnes321 - Cristal ou amorphe.svgCrystalline polycrystalline amorphous.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17676267>

Kuva 2. ja Kuva 4. Enni Grönlund

Kuva 3. Pennsylvania State University, College of Earth and Mineral Science, Department of Geography, Course Cartography and Visualization: https://www.e-education.psu.edu/geog486/11_p11.html

Kuva 5.1. By Ben Mills - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2036065>

Kuva 5.2. By Benjah-bmm27 - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2095098>



Yhteistyössä: A. Wennström Oy

Liite 5. Yrityskuvaus, 2 s.

A. Wennström Oy:n historia

on värikäs ja monivaiheinen. Se alkoi Venäjän Jekaterinburgissa vuonna 1922, kun **Andrej Wennström** aloitti vesivärien valmistuksen. Yritys sai silloin nimen A. Wennström Oy. Yrityksen nimi on pysynyt samana, vaikka toimipaikka ja omistaja on vaihtunut monta kertaa.

Yritys siirtyi Venäjältä Helsinkiin vuonna 1931 ja **Artjärvelle** 1970-luvun alussa. Nykyisellä omistajalla yritys on ollut vuodesta 1981 saakka. Porvoon teknillinen tehdas siirtyi Artjärvelle A. Wennström Oy:n omistukseen vuonna 1992. Samalla sen tuotteet ja niiden valmistamisessa tarvittava tietotaito siirtyi sen mukana.

Teknillinen tehdas on toiminut Porvoossa vuodesta 1907 alkaen. Ensimmäinen tärkeä myyntiartikkeli olivat **taululiidut**. 1930-luvulla tehtaalla oli saksalainen, vahoihin erikoistunut tekninen johtaja, joka teki paljon **tuotekehitystä**. Tuotekehityksen perusteella valmistettiin mm. **muovailuvahaa ja kuuluisat Porvoon öljyvahaliidut**. Alkuaikana käytettyjä koneita voi käydä katsomassa **Porvoon teknillisessä museossa**.

Tuotekehityksen tuloksena syntynyt reseptikirja oli kenties yrityksen arvokkain omaisuus ennen tietokoneaikaa. Esimerkiksi sodan pommituksissa tuhoutuneita raaka-aineita voitiin aina hankkia lisää, mutta reseptien kehittäminen uudelleen olisi ollut valtava työ. Pommitusten sattuessa reseptikirja otettiin aina mukaan, kun lähdettiin suojaan.

Vuonna 2016 A. Wennström Oy työllisti viisi henkeä. Se lienee ainoa kokonaan suomalainen yritys, joka valmistaa laadukkaita, mutta edullisia kuvataideopetuksessa tarvittavia välineitä koko kansalle. Tuotteina on muun muassa **vesivärejä, vahaliituja, hiilikyiniä ja fiksatiivia**.

Asiakkaina ovat koulujen ja päiväkotien lisäksi esimerkiksi metsurit ja muut yritykset, joiden käytössä vahaliidut toimivat



parhaiten. Vahaliiduilla voi merkitä esimerkiksi puuta, kiveä, betonia, paperia ja muovia.

Toimitusjohtaja kertoo, että hän etsii aina uusia markkinarakoja. **Silmät ja korvat on pidettävä auki**, sillä koskaan ei tiedä, missä ja milloin uusi mahdollisuus syntyy. Nykymaailmassa yritystä ei voi jättää yhden tuotteen varaan.

Vahaliitujen valmistus

on edelleen melko yksinkertaista. Raaka-aineet tilataan enimmäkseen ulkomailta. Vahat **sulatetaan** 200 litran kokoisessa kattilassa. **Niihin sekoitetaan** kattilassa myös **väriaineet ja muut raaka-aineet**. Kerralla voi valmistaa vain yhtä väriä. Vahamassaa sekoitetaan kattilassa useita tunteja ja sen annetaan sitten jähmettyä levyksi.

Vahalevy murskataan ja sulatetaan uudelleen toisessa laitteessa. Siinä **sulatettu vahamassa ajetaan paineella pyöreän suuttimen läpi veteen**, jolloin se jähmetty nopeasti. Syntyy pitkä liitu, joka **katkaistaan myytävän mittaisiksi pätkiksi**. Katkaistujen liitujen kärjet teroitetaan ja **liidun ympärille liimataan etiketti**. Nykyään käytössä on etikettikone. Valmiit liidut **pakataan myymistä varten** pakkaukseen, joka painetaan muovista erityisellä koneella. Yritys on itse suunnitellut myyntipakkauksen.

Tuotteen kehittämisessä on monia haasteita.

Tuotekehitys tapahtuu hyvin samalla tavalla kuin oppilastyössä. Raaka-aineet sekoitetaan teräsastiassa lämmitettävällä sekoituslevyllä. Kehitetyn koeliidun ominaisuuksia arvioidaan aistinvaraisesti. Tuotekehitys on hidasta, koska lopulliset ominaisuudet eivät näy heti. Jotkin ainesosat etsivät paikkaansa liidun kiteytyessä. Valmis tuote muuttuu ominaisuuksiltaan vielä jopa parinkin viikon päästä valmistuksen päätyttyä.

Reseptin kehittäminen on monivaiheista yrityksen ja erehdyksen kautta kokeilemista, vaikka muuttaisikin vain yhtä ainesosaa kerrallaan. Yhden aineen ominaisuudet ovat usein erilaisia kuin sen vaikutus koko seoksen ominaisuuksiin. Väriaineet ovat raaka-aineista kalleimpia. Siksi niiden määrä, hinta ja laatu on tärkeää arvioida tarkkaan. Väriaineiden on myös oltava käytössä turvallisia, kestäviä ja laadukkaita.

Liiduissa käytetään monia muitakin aineita kuin vain vahoja ja väriaineita. Niitä tarvitaan parantamaan liitujen ominaisuuksia. Esimerkiksi titaanidioksidia tarvitaan vahvistamaan värin peittävyttä. Joskus jonkin raaka-aineen valmistaja lopettaa toimintansa tai sitä ei muusta syystä enää saa. Uuden korvaavan raaka-aineen etsiminen voi olla vaikeaa. Lisäksi raaka-aineen vaihtaminen saattaa muuttaa valmiin vahaliidun ominaisuuksia paljonkin. Silloin pitää taas ryhtyä kehittämään reseptiä.

Toimitusjohtaja on tuotantoa kehittäessään kysynyt neuvoja vahojen asiantuntijalta Saksassa. Hän kertoo, että yhteistyötä voi tehdä ainakin muiden asiantuntijoiden, kemistien, toisten yrittäjien, markkinoinnin ja talouden asiantuntijoiden ja teollisten muotoilijoiden kanssa.

Yrittäjän arkeen kuuluu monenlaista työtä.

Tuotteiden markkinointi, kustannusten laskeminen ja myynnin järjestäminen ovat tärkeä osa toimintaa. **Brändin luominen** ei ole helppoa. **Riittävän katteen** saamiseksi joutuu tekemään paljon työtä. Asiakkaan on sitouduttava riittävän suuriin ostomääriin, jotta myytävän tuotteen kappalehinta on kannattava. Myynti on siksi järkevää järjestää **alihankkijoiden** kautta.

Turvallisuusvaatimukset ovat EU-aikana tiukentuneet paljon. Esimerkiksi päiväkodit vaativat **käyttöturvatieltoja**. Niiden laatiminen vaatii toimitusjohtajalta paljon aikaa ja vaivaa. Ne joutuu myös kirjoittamaan uudelleen joka kerta, kun valmistuksen resepti muuttuu.

Hyvän vahaliidun kriteerejä:

- **Drop test.**
Hajoaako liitu, kun sen pudottaa lattialle?
- **Värin levittyminen.**
Onko piirtojälki tasaista?
- **Värin laatu.**
Onko piirtojälki peittävä?
- **Valonkestävyys.**
Muuttuuko liitu tai piirroksen väri, jos sitä säilytetään suorassa auringonvalossa?
- **Lämmönkestävyys.**
Toimiiko liitu hyvin myös kuumassa ja kylmässä?

Vahaliitujen valmistuksesta löytyy mielenkiintoisia videoita esimerkiksi Crayolan tehtaalta. Siellä valmistetaan paljon suurempia määriä kerralla ja sen vuoksi koneet hoitavat valmistusprosessissa lähes kaiken, liitujen lajitteluun ja pakkaamiseen saakka. Voit etsiä videota tai kuvia esimerkiksi hakusanoilla "How to make Crayons" tai "Crayola".