

Matilda Juselius

VIRTUAALILABORATORION KÄYTTÖ KEMIAN OPETUKSESSA

Kehittämistutkimus

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Riikka Lahtinen
Toukokuu 2023

TIIVISTELMÄ

Matilda Juselius: Virtuaalilaboratorion käyttö kemian opetuksessa
Virtual laboratories in chemistry teaching
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Tekniikan ja luonnontieteiden Ttk-tutkinto-ohjelma, teknis-luonnontieteellinen
Toukokuu 2023

Laboratoriotyöskentely ja -oppiminen on tärkeä osa kemian opetusta. Virtuaalilaboratorio voi koostua teoriapohjaisista videoista, valokuvista ja tekstistä, mutta virtuaalilaboratorioita on myös erilaisia, kuten todellisia tilanteita simuloiva virtuaalilaboratorio. Tutkimuksessani tarkastellaan virtuaalilaboratorioita ja niiden käyttöä kemian opetuksessa. Tutkimukseni on kehittämistutkimus ja tarkoitus on saada Tampereen yliopiston virtuaalilaboratorio aktiivisemmaksi osaksi kemian opetusta. Kandidaatintyössäni on tarkoitus saada tuloksena kehittämistuotos, joka on valmis käytettäväksi opetukseen. Tämän tutkimuksen kehittämistuotos on tehty orgaanisen kemian työkurssille.

Tutkimuksessani tehdään teoreettinen ja empiirinen ongelma-analyysi. Teoreettisessa ongelma-analyysissä tutkittiin yleisesti virtuaalilaboratorioita ja niiden käyttöä kemian opetuksessa. Teoreettisessa ongelma-analyysissä tarkasteltiin myös erilaisia virtuaalilaboratorioita sekä virtuaalilaboratorioiden hyviä ja huonoja puolia. Virtuaalilaboratorioita on puhtaasti teoriapohjaisia tai sitten niissä voi tehdä kokeita. Teoriapohjaisia virtuaalilaboratorioita voi käyttää myös kurssialustana. Empiirisessä ongelma-analyysissä haastatellaan orgaanisen kemian työkurssin opettajaa virtuaalilaboratorion käytöstä kyseisellä kurssilla ja siitä mihin sitä jatkossa kannattaisi sekä hahmottaa käyttöä kurssilla. Empiirisessä ongelma-analyysissä esitellään myös Tampereen yliopiston virtuaalilaboratorio ja orgaanisen kemian työkurssi.

Kehittämistuotosta arvioitiin ja muokattiin kehityssyökljen aikana. Tutkimuksessani kehittämistuotoksesta tehtiin kolme versiota. Kehittämistuotos oli virtuaalilaboratorion avulla ratkaistavia tehtäviä orgaanisen kemian työkurssille. Tehtäviä muokattiin, poistettiin ja lisättiin opettajalta sekä opiskelijoilta saadun palautteen mukaan. Palaute kerättiin haastattelulla sekä kyselyiden avulla. Kehittämistuotoksen lopullisessa versiossa on tehtäviä, joita tehdään virtuaalilaboratorion avulla ja ne ovat suunniteltu kertaustehtäviksi orgaanisen kemian työkurssin tenttiin.

Opiskelijoille teetetyn kyselyn tulokset olivat positiivisia tehtävien suhteen. Tutkimuksen luotettavuutta vahvistettiin tekemällä tutkimus kehittämissykleissä ja dokumentoimalla jokainen tutkimuksen vaihe. Tutkimuksen dokumentointi vahvistaa myös tutkimuksen toistettavuutta. Tutkimusta toistaessa täytyy kuitenkin muistaa, että tämän tutkimuksen otokoot ovat pieniä, mikä vaikuttaa tulosten yleistettävyyteen. Tutkimus onnistui melko hyvin ja tutkimuksen kehittämistuotos on valmis käyttöön otettavaksi orgaanisen kemian työkurssille.

Avainsanat: Virtuaalilaboratorio, kemian opetus, laboratorio-opetus, virtuaalilaboratorion käyttö opetuksessa, kehittämistutkimus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. KEHITTÄMISTUTKIMUS	3
2.1 Kehittämistutkimus menetelmänä.....	3
2.2 Kehittämistutkimuksen luotettavuus	4
2.3 Tämän työn kehittämissyklit	5
3. TEOREETTINEN ONGELMA-ANALYYSI	7
3.1 Virtuaalilaboratorio oppimisympäristönä.....	7
3.2 Virtuaalilaboratorioiden käyttö kemian opetuksessa	8
4. EMPIIRINEN ONGELMA-ANALYYSI	10
4.1 Virtuaalilaboratorion esittely	10
4.2 Orgaanisen kemian työt -opintojakso	11
4.3 Opettajan haastattelu virtuaalilaboratorion käytöstä	12
5. KEHITTÄMISPROSESSI	13
5.1 Kehittämisprosessin aloittaminen	13
5.2 Opettajan palaute kehittämistuotokseen.....	13
5.3 Opiskelijoille tehty kysely	14
6. KEHITTÄMISTUOTOS.....	16
6.1 Kehittämistuotoksen kehittäminen ja muokkaaminen	16
6.2 Lopullinen kehittämistuotos	16
6.3 Lopullisen kehittämistuotoksen arviointi ja jatkotutkimus kohteet	17
7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	19
LÄHTEET	20
LIITTEET.....	22

1. JOHDANTO

Laboratorio-oppiminen ja laboratoriokurssit ovat kemian opetussuunnitelman ydinosa [1] ja ne ovat tärkeä osa kemian opiskelua [2]. Ne ovat olleet pitkäaikainen osa opetusta [1]. Laboratorio-oppiminen on usein sidottuna myös aikaan ja paikkaan eli laboratorioon [3]. Laboratorio on monimutkainen oppimisympäristö, koska se edellyttää opiskelijalta opittujen taitojen ja tiedon siirtämistä todelliseen ympäristöön. Laboratorio-oppimisen monimutkaisuutta luo eri osatekijöiden yhdistäminen sekä niiden käyttäminen erilaisissa tilanteissa. [4]

Virtuaalilaboratorio on vuorovaikutteinen ympäristö, jossa voi suorittaa todellisia tilanteita matkivia tutkimuksia. Nämä tehdään tietokoneiden avulla. Virtuaalilaboratorioissa siis luodaan opiskelijalle illuusio siitä, että hän olisi työskentelemässä oikeassa laboratoriossa. [4, 5] Virtuaalilaboratorio voi perustua kuviin varsinaisista oppilaslaboratorioista. Virtuaalilaboratorio voi koostua myös vain teoriapohjaisista videoista, valokuvista ja tekstistä. [3]

Tutkimukseni keskittyy virtuaalilaboratorioihin ja niiden käyttöön kemian laboratorioopetuksessa. Tarkoitus on selvittää, miten virtuaalilaboratorion saisi aktiiviseksi osaksi kemian opetusta Tampereen yliopistossa. Tutkimuksessani pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1. Miten virtuaalilaboratoriota käytetään kemian opetuksessa?
2. Missä tarkoituksessa virtuaalilaboratoriosta olisi eniten hyötyä kemian opetuksessa?
3. Miten voidaan yhdistää virtuaalilaboratorio osaksi Tampereen yliopiston kemian opetusta?

Luvussa kaksi käsitellään kehittämistutkimusta menetelmänä ja sen luotettavuutta menetelmänä. Luvuissa kolme ja neljä käsitellään ensin teoreettinen ongelma-analyysi ja sitten empiirinen ongelma-analyysi. Teoreettisessa ongelma-analyysissä käsitellään virtuaalilaboratoriota oppimisympäristönä ja sen käyttöä opetuksessa. Empiirisessä ongelma-analyysissä esitellään Tampereen yliopiston virtuaalilaboratorio ja orgaanisen kemian työkurssi sekä käsitellään opettajan haastattelua virtuaalilaboratorion käytöstä. Lu-

vussa viisi käsitellään kehittämisprosessia ja luvussa kuusi kehittämistuotosta. Kehittämisprosessissa käsitellään opiskelijoille tehtyä tehtävää ja palautetta kehittämistuotoksista. Lopuksi luvussa seitsemän on johtopäätökset ja yhteenveto.

2. KEHITTÄMISTUTKIMUS

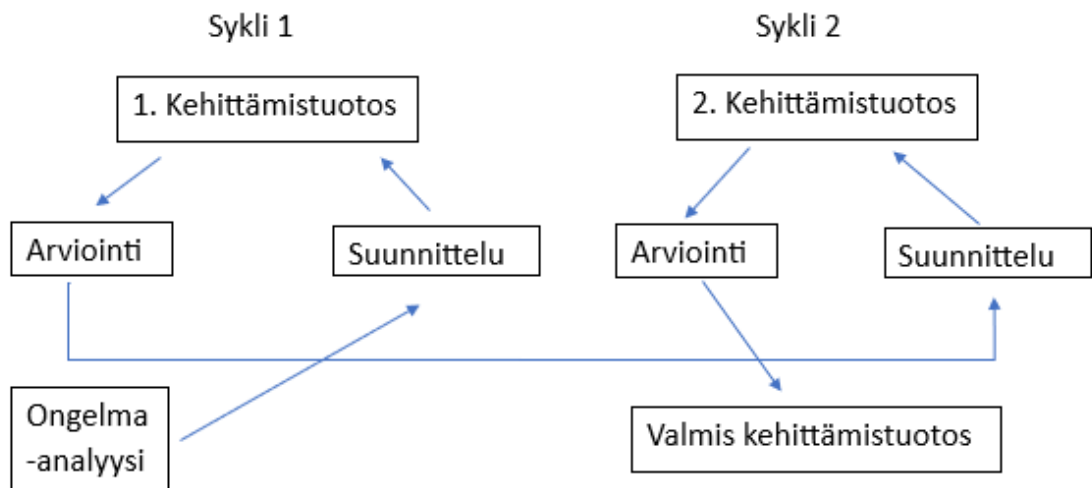
2.1 Kehittämistutkimus menetelmänä

Kehittämistutkimus (design-based research) on 1990-luvulla kehitetty tutkimusmenetelmä. Se on tarkoitettu opetuksen tutkimiseen. Kehittämistutkimuksen ensimmäisenä julkaisuna pidetään 1992 vuoden artikkelia, jonka on kirjoittanut Ann Brown. Brownin artikkelissa käsiteltiin teoreettisia ja metodologisia haasteita, joita kohdataan, kun kehitetään ja tutkitaan opetusta sekä oppimista luokkatilanteissa. [6] Kehittämistutkimus oli sen kehittämisen jälkeen 90-luvulla suhteellisen tuntematon tutkimusmenetelmä ja julkaisuita ei tehty kuin joitakin kymmeniä ennen 2000-luvun alkua. Menetelmän tunnettuus alkoi kasvaa 2000-luvun puolella, ja samalla kiinnostus kehittämistutkimusta kohtaan nousi, mikä näkyy julkaisumäärien nousuna. Nykyään kehittämistutkimus on vakiintunut opetuksen tutkimisessa. [6, 7]

Kehittämistutkimus on laadittu todellisten opetustilanteista nousevien tarpeiden täyttämiseksi ja sen avulla kehitetään opetusta tutkimuspohjaisesti. Kehittämistutkimuksessa tehdään teoriaan pohjautuvaa kehittämistä, jota arvioidaan ja iteroidaan paremman lopputuloksen saamiseksi. Kehittämistutkimusta tehdään todellisissa tilanteissa ja hyödynnetään tutkimukseen osallistujia. Kehittämistutkimuksessa on myös enemmän muuttujia kuin perinteisessä tutkimuksessa.[6]

Kehittämistutkimuksen ensimmäinen vaihe on ongelma-analyysi, koska kehittäminen lähtee todellisesta tarpeesta tai ongelmasta. Ongelma-analyysissä analysoidaan kehittämisen tarpeet, mahdollisuudet ja haasteet. Tämä voi olla empiirinen tai teoreettinen ongelma-analyysi tai yhdistelmä molempia. Empiirisessä ongelma-analyysissä tehdään kysely lopullisista tarpeista, kun taas teoreettisessa ongelma-analyysissä tehdään kirjallisuusanalyysi. [6, 8, 9] Ongelma-analyysin jälkeen tavoitteet ja kehittämiskohteet selkeytyvät. Näiden saavuttamiseksi tehdään alustava kehittämissuunnitelma, jota päivitetään tutkimuksen edetessä. [6]

Kehittämistutkimuksen käytännön toteutus tehdään kehittämissykleissä. Kuvassa 1 on kuvattu kehittämissyklejä. Nämä syklit ovat tutkimuksen mukaan toteutettavissa pienessä ja suuressa mittakaavassa. Kehittämissyklissä on kehittämis-, arviointi- ja raportointivaihe, joita toistetaan, kunnes ollaan tyytyväisiä lopputuotokseen. [6, 8, 9]



Kuva 1. Kehittämistutkimuksen syklit. Muokattu lähteestä [6].

Kehittämistutkimuksen sykleissä siis jatkuvasti suoritetaan arviointia, syvennetään ongelma-analyysiä, muokataan haasteet uusiksi tavoitteiksi, testataan uudelleen ja kehitetään edelleen. Kehittämistutkimus on iteratiivista, ja tuotosta arvioidaan sekä kehitetään jatkuvasti kokeellisesti ja teoreettisesti. Kehittämistutkimuksessa siis syklien kehittämissivaiheet ovat hyvin vahvasti vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. [6, 8, 9]

2.2 Kehittämistutkimuksen luotettavuus

Kehittämistutkimuksen luotettavuustarkastelussa tärkeitä seikkoja ovat sen monimutkaisuus ja avoimuus, mutta ne tekevät rajaamisesta ja raportoinnista hankalaa. Siksi yleistyksien tekeminen on vaikeaa. Vaikeutta aiheuttavat sosiaaliset tapahtumat ja niiden ainutlaatuisuus. Ainutlaatuisuutta aiheuttavat sosiaalinen hierarkia ja ainutkertainen kehittämiskonteksti. [6, 10]

Kehittämistutkimuksen heikkoutena on arvostelijoiden mielestä pienet otoskoot, mikä ei kuvaa perusjoukkoa niin hyvin kuin kvantitatiiviset tutkintomenetelmät odottavat korkeatasoiselta tutkimusmenetelmältä. Kehittämistutkimuksen puolustajien mielestä yleistettävyys ja selitysvoima on juuri kehittämistutkimuksen vahvuus. Niiden luotettavuutta ei kuitenkaan pystytä todistamaan tilastollisesti merkittäväksi. [6, 8]

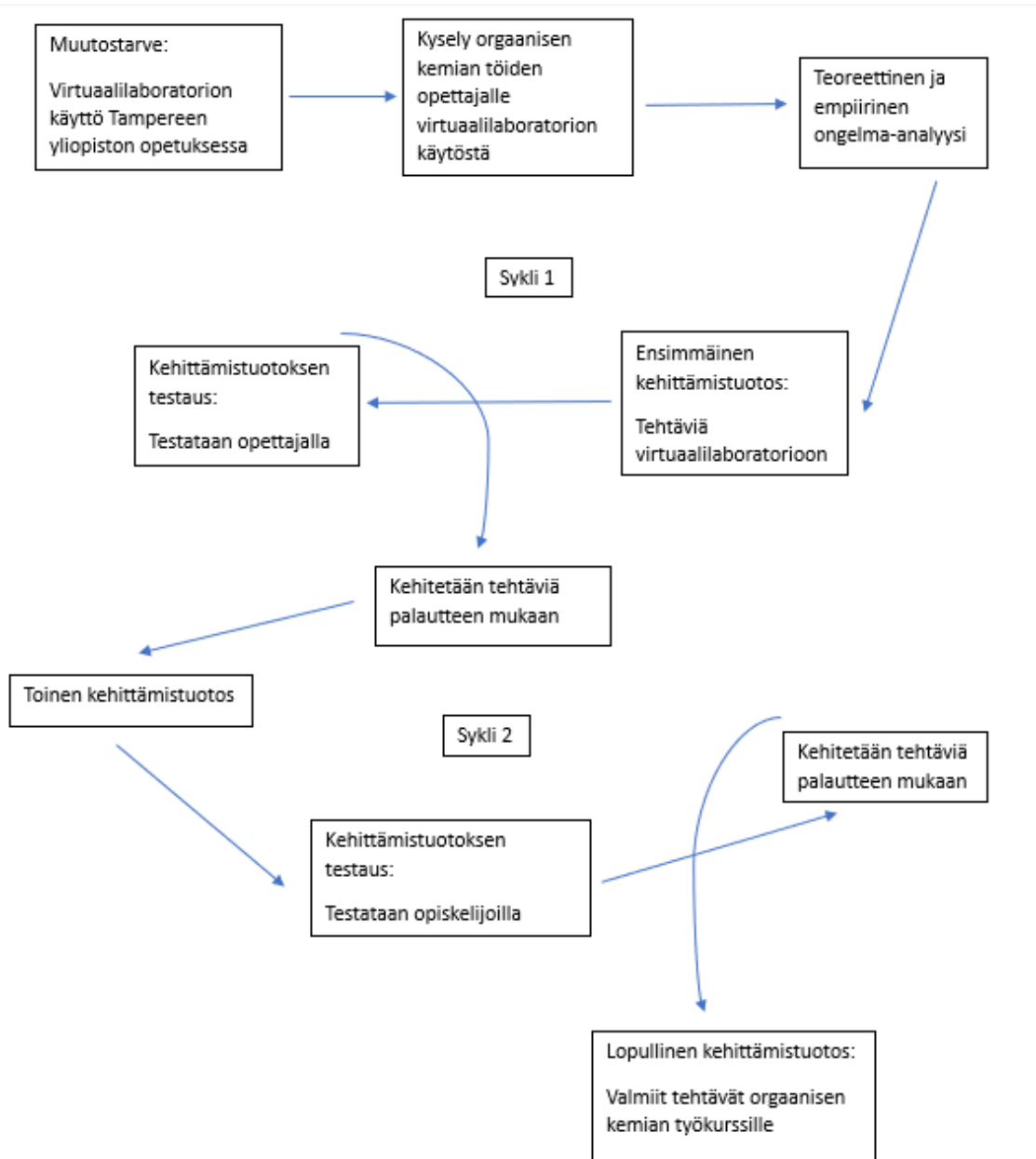
Muita kehittämistutkimuksen vahvuuksia on kvantitatiivisten ja kvalitatiivisten tutkimusmenetelmien samanaikainen käyttö. Tätä kutsutaan monimenetelmäiseksi tutkimukseksi. Sen avulla voidaan tukea laadullisia havaintoja määrällisillä mittauksilla. Näin ilmiöstä voidaan saada kokonaisvaltaisempi kuva ja sen luotettavuus paranee, kun tulokset konvergoituvat (triangulaatio). Tämä vie enemmän aikaa ja tutkijan pitää hallita monia tutkimusmenetelmiä, mutta tutkimusmenetelmä antaa mahdollisuuden tehdä laajempia yleistyksiä. [6, 11]

Kehittämistutkimuksen luotettavuuden varmistamiseksi tutkimuksen tulee edetä sykleissä ja sitä pitää kehittää sekä arvioida jatkuvasti. Näin pyritään vahvistamaan tutkimuksen uskottavuutta sekä pyritään varmistamaan sen vahvistettavuus. Tämän takia myös kehittämissyklit tulee dokumentoida tarkasti ja kehittämisprosesseihin täytyy sisältyä testaamista. Kehittämistutkimuksen tulee olla siirrettävä opetustilanteisiin ja opettajien käyttöön, joten työssä täytyy pyrkiä teorioihin, jotka ovat ohjaavia sekä kuvailevia teorioita ja malleja. Näin pystytään lisäämään myös tutkimuksen uskottavuutta ja siirrettävyyttä. [6, 12, 13]

2.3 Tämän työn kehittämissyklit

Tämän työn kehittämissyklit näkyvät kuvassa 2. Kehittämissykli lähtee muutostarpeesta, joka tämän työn kohdalla on virtuaalilaboratorion käyttö opetuksessa. Tarkemmin virtuaalilaboratorio halutaan aktiivisemmaksi osaksi Tampereen yliopiston kemian opetusta. Tässä työssä kehittämissyklejä tehdään kaksi.

Työssä tehdään teoreettinen ja empiirinen ongelma-analyysi virtuaalilaboratorion käytössä kemian opetuksessa. Empiirinen ongelma-analyysi tehdään kyselynä opettajalle. Ongelma-analyysien pohjalta tehdään ensimmäinen kehittämistuotos eli tehtäviä virtuaalilaboratorioon. Nämä tehtävät tehtiin orgaanisen kemian työkurssille. Nämä tehtävät testataan orgaanisen kemian työkurssin opettajalla.



Kuva 2. Tässä työssä käytetty kehittämissykli

Opettajan testattua tehtävän ja annettua palautetta haastattelussa, tehtäviä voitiin kehittää ja muokata toiseksi kehittämistuotokseksi. Tämä on osana toista sykliä. Toinen kehittämistuotos esitellään opiskelijoille ja palaute saadaan kyselyn avulla. Kyselystä saadun palautteen mukaan tehtäviä muokataan lopulliseksi kehittämistuotokseksi, joka voidaan ottaa osaksi orgaanisen kemian työkurssia.

3. TEOREETTINEN ONGELMA-ANALYYSI

3.1 Virtuaalilaboratorio oppimisympäristönä

Tavallisin virtuaalilaboratorion määritelmä on se, että virtuaalilaboratorio on vuorovaikutteinen ympäristö ja siellä pystyy suorittamaan erilaisia todellisia tilanteita matkivia simulaatioita ja tutkimuksia. Nämä aktiviteetit suoritetaan tietokoneella, tableteilla tai älypuhelimilla. Tällaisissa simulaatioissa luodaan oppilaille illuusio oikeasta laboratoriosta. [4, 14] Virtuaalilaboratoriot voivat olla myös ongelmaratkaisu-ympäristöjä tutkijoille, että he pystyvät työskentelemään etäällä yhteisen projektien parissa. Oleellista kuitenkin on, että virtuaalilaboratoriossa on todellisen laboratorion laitteita ja koejärjestelyjä virtuaalimuodossa. [4, 5]

Internetistä löytyy täysin ilmaisia virtuaalilaboratorioita. Niitä pystyy käyttämään vapaasti, mutta suurimmassa osassa virtuaalilaboratorioita ei ole kunnon ohjeita niiden käyttöön tai tehtäviä, joita niiden avulla voisi tehdä. Virtuaalilaboratoriota kurssilla tai tunneilla käytettäessä, opettajat joutuvat tekemään tehtävät ja harjoitteet virtuaalilaboratorioon.[4] Tehtävät voivat olla esimerkiksi ennakkotehtäviä ennen kokeellista työtä tai pieniä aktiviteetteja niiden lomassa [4, 14]. Toisaalta perinteiset käsiteharjoitteet, jotka tehdään kynän ja paperin avulla, voidaan korvata vuorovaikutteisilla simulaatioilla, koska luonnonilmiöitä pystytäisiin tarkastelemaan yksinkertaistettuina [4, 5]. Virtuaalilaboratorioiden suurimpana ongelmana on yleensä ohjeistuksen ja tehtävien puuttuminen.

Virtuaalilaboratoriot ovat saavuttamassa suosiota monin tavoin. Ensinnäkin virtuaalilaboratoriot ovat opiskelijakeskeisiä ja kysymyspohjaisia, mikä edistää ajattelua ja sen säilymistä korkeammalla tasolla. Joissain virtuaalilaboratorioissa opiskelijat saavat myös välitöntä palautetta. [2, 15, 16] Virtuaalilaboratorion luominen ja käyttö kuitenkin vaatii huomattavia taloudellisia resursseja, eikä virtuaalilaboratorio korvaa täysin todellista kokeellista työskentelyä [3] ja tosielämän laboratoriokoulutusta. Näiden kahden menetelmän yhdistämisellä on saavutettu parhaimmat oppimistulokset. [4, 14] Esimerkiksi kokonaan on hyvä tutustua laitteeseen tai menetelmään ennen varsinaista työtä. Virtuaalilaboratorion käyttöä voi jaksottaa myös osaksi todellisessa laboratoriossa työskentelyä. [4]

3.2 Virtuaalilaboratorioiden käyttö kemian opetuksessa

Virtuaalilaboratorioita pidetään edullisena vaihtoehtona laboratoriokokeisiin verrattuna. Kokeet, jotka ovat liian kalliita (tarvikkeiden takia), monimutkaisia tai vaarallisia, voidaan luoda turvallisesti virtuaalilaboratorioissa. Myös kokeisiin menevä aika lyhenee ja tulosten käsittelyt muuttuisivat vähemmän monimutkaisiksi. [2, 17, 18] Tämä voi toki johtaa opiskelijoiden asenteen muuttumiseen eli virtuaalilaboratoriossa tehtävät kokeet voivat poistaa opiskelijoiden vakavuutta ja varovaisuutta [3].

Virtuaalilaboratorioita voidaan käyttää myös laboratoriokurssien täydentämiseen [2, 19, 20]. Tällöin opiskelijat käyttävät virtuaalilaboratoriota todellisen laboratorion kanssa. Opiskelijat pääsevät virtuaalilaboratoriossa oppimaan asioita omaan tahtiin ennen todelliseen laboratorioon menoa. [2, 21] Virtuaalilaboratoriot voivat myös simuloida ja visualisoida monimutkaisia tieteellisiä käsitteitä. Opiskelijat siis voivat lisätä tietämystään havaitsemattomissa molekyyliatasojen ilmiöissä ja saavat parempaa käsitteellistä ymmärrystä aiheesta. [2, 22, 23]

Opiskelijat suhtautuvat myönteisesti tietokoneiden käyttöön oppimisessa. Heidän mielestään laboratoriot tehtävien simulointi motivoi ja luo paljon kokemusta. Simulaatiot tukevat opiskelijoita kognitiivisten tehtävien suorittamisessa ja tehostavat heidän oppimisprosessiaan. [2, 24]. Yliopiston kemian opetukseen olevat virtuaalilaboratoriot soveltuvat yleensä epäorgaanisen ja orgaanisen kemian opetukseen. [2] Virtuaalilaboratorio voi myös olla laboratorioturvallisuusalusta (AALTOLAB) [25]. Yleinen laboratorioturvallisuuskurssi on monipuolinen ja se on auki milloin tahansa ja kenelle tahansa. Tämä mahdollistaa tehokkaan ja mielenkiintoisen toteutuksen. Virtuaalilaboratorioalusta on mahdollistanut myös helpon tavan kehittää materiaaleja erityyppisille opiskelijoille. [3]

Keskimääräinen palaute AALTOLAB virtuaalilaboratoriosta (laboratorioturvallisuuskurssin kurssipohja) opiskelusta Viitaharjun ynnä muut [3] mukaan on hyvää, mutta perusongelmana ilmeni vaikeus seurata, missä eri huoneissa ja tiloissa on käynyt. Opiskelijat voivat liikkua toimipisteillä ja opiskella laboratorioturvallisuuteen liittyviä aiheita diaesitysten, opetusvideoiden sekä kysymyksien, valokuvien ja minipelien kanssa. Opiskelijoiden oli kuitenkin vaikea seurata, missä tiloissa he olivat käyneet ja mitä aiheita he olivat jo opiskelleet virtuaalilaboratoriossa. Tämä ilmeni myös virtuaalilaboratorioon palatessa, koska oikean tiedon etsiminen oli työlästä. Oppimisen näkökulmasta tämä edistäisi oppimista, koska opiskelijat joutuvat lukemaan materiaalin useampaan kertaan, mikä voi johtaa tiedon parempaan muistamiseen. Epäselväksi kuitenkin jäi, kuinka paljon opiskelijat lukivat materiaalia uudelleen etsiessään oikeaa tietoa. [3]

Opiskelijoiden yksi näkökulma virtuaalilaboratorioista ja sen eduista on sen mahdollistama itsenäinen opiskelu. He voivat siis opiskella ja oppia omaan tahtiin, kun heillä on aikaa. Tämän mahdollistamiseksi oppimismateriaalit täytyy suunnitella huolellisesti ja virtuaalilaboratorion käytön tulee olla selkeää sekä käyttäjäystävällistä. Tähän kannattaa panostaa jo virtuaalilaboratorion suunnitteluvaiheessa. [3]

4. EMPIIRINEN ONGELMA-ANALYYSI

4.1 Virtuaalilaboratorion esittely

Tampereen yliopiston käytössä oleva virtuaalilaboratorio on luotu yhdessä Tampereen ammattikorkeakoulun, Metropolian ja Turun ammattikorkeakoulun kanssa (<https://app.visuon.com/player/@tuni-chem/virtual-lab>) [26]. Virtuaalilaboratoriota alettiin kehittämään vuonna 2016 Tampereen ammattikorkeakoulu ja Tampereen teknillinen yliopisto (nykyisin Tampereen yliopisto). Metropolia liittyi mukaan 2017 ja Turun ammattikorkeakoulu vuonna 2018.

Virtuaalilaboratorio luo uudenlaisen ympäristön oppia laboratorioturvallisuusasioita ja laboratorion työtavoista sekä menetelmistä. Opiskelijat näkevät virtuaalilaboratoriossa 360-kuvaa todellisesta laboratoriosta. Tämä virtuaalilaboratorio koostuu erilaisista huoneista, jotka ovat lajiteltu aiheiden mukaan. Huoneiden aiheina on esimerkiksi kemian laboratorio tai liuotinvarasto (kuva 3.). Tässä työssä keskitytään kemian laboratorioihin ja niissä löytyviin aktiviteetteihin.

Kuvassa kolme näet kemian laboratorio yksi -huoneen näkymän. Huoneessa pystyy kiertämään 360 astetta ja aktiviteetteja löytyy joka puolelta huonetta. Kuvasta 3 nähdään, että huoneessa on erilaisia aktiviteetteja, jotka voivat olla esimerkiksi laboratorioturvallisuuteen tai tietyn laitteen käyttöön liittyvää teoriaa. Aktiviteettiä painamalla avautuu näkymä kyseisen aiheen teoria osioon (Kuva 4). Teoriaosio voi koostua tekstistä, kuvista sekä videoista.



Kuva 3. Virtuaalilaboratorion huoneen kemianlaboratorio 1 näkymä.



Kuva 4. Virtuaalilaboratorion aktiviteetit

Tätä virtuaalilaboratoriota voidaan käyttää kurssien teorian oppimiseen. Siellä saa hyvän kuvan todellisissa laboratorioissa käytettävistä laitteista ja tekniikoista, kun myös laborioturvallisuudesta ja siitä, miten toimia laboratoriossa.

4.2 Orgaanisen kemian työt -opintopakso

Orgaanisen kemian työkurssi on laboratoriotyökurssi. Kurssin esitietovaatimuksena on Orgaaninen kemia ja Kemian perustyöt laboratoriossa. Myös laboratoriotyöturvallisuus ja -työtavat kurssi täytyy olla suoritettu. Kurssialustana käytetään Moodle-sivustoa. Opintopakso alkaa pakollisella aloitusluennolla, jossa käydään läpi kurssin suoritusta ja työturvallisuutta. Seuraavaksi täytyy suorittaa demo, teoriaosuus sekä exam-tentti ja lopuksi on varsinaiset laboratoriopäivät. Demossa harjoitellaan kokoamaan sekä käyttämään laitteistoja, joita käytetään varsinaisia laboratoriopäivinä.

Opintopaketin teoriaosio koostuu tehtäväpaketeista, jotka täytyy tehdä ja palauttaa opettajalle joko paperisina tai tiedostoina. Tehtäväpakettia tehdessä sinulla on käytössä opetusvideoita ja niissä käytetyt kalvot sekä työtapamoniste. Teoriaosiin kuuluu myös IR-spektroskopiotehtävä, minkä apuna on opetusvideo ja kalvoja. Opintopaketilla seuraavaksi täytyy tehdä valvotussa tilassa tehtävä sähköinen exam-tentti. Tentti täytyy olla läpäistynä ennen laboratoriopäiviä. Tentti koostuu Tehtäväpaketin aihealueista ja siinä on samantapaisia kysymyksiä kuin tehtäväpaketissa. Tentin tehtävät ovat lyhyitä selitystehtäviä. Orgaanisen kemian laboratoriopäiviä on yhdeksän. Toisena laboratorio päivänä täytyy palauttaa täytetty käyttöturvallisuustiedoite synteesikemikaaliesta.

Laboriopäivät aloitetaan funktionaalisten ryhmien osoitusreaktioiden tekemisellä. Nämä työt tehdään ja käydään tarkastuttamassa opettajalla, että on saatu haluttu tulos tai reaktio näkyviin. Näiden töiden jälkeen tehdään orgaaninen analyysi. Orgaanisessa

analyysissa saat liuoksen, jossa on kaksi yhdistettä eetteriin liuotettuna. Yhdisteet ensin erotetaan toisistaan, sen jälkeen osoitetaan funktionaaliset ryhmät ja määritetään fysikaaliset vakiot sekä tunnustetaan yhdisteen IR-spektrin avulla.

Lopuksi kurssilla tehdään neljä synteesiä Fischerin esteröinti, Cannizzaron reaktio, Grignardin reaktio ja aldolikondensaatio. Ennen työn 14. aldolikondensaatio tekemistä tehdään ohutlevykromatografia, jossa harjoitellaan TLC-levyjen käyttöä. Näissä töissä käytetään edellisinä laboratoriopäivinä opeteltuja asioita ja sovelletaan niissä saatuja tietoja. Raporttikaavake täytetään töiden jälkeen.

4.3 Opettajan haastattelu virtuaalilaboratorion käytöstä

Haastattelin tässä työssä Tampereen yliopiston kemian opettajaa. Kyseinen opettaja opettaa kemian perustyöt ja orgaanisen kemian työt -laboratorio kursseja. Hän on myös apuna polymeerikemian työt -laboratorio kurssilla. Haastattelussa kysyin liitteen 1 kysymykset.

Orgaanisen kemian työt -kurssilla virtuaalilaboratorion käyttö on ollut vapaaehtoista ja virtuaalilaboratorio mainittiin lyhyesti kurssin aloitusluennolla, muuten virtuaalilaboratoriosta ei kerrota kurssilla enempää. Virtuaalilaboratorion linkki on kuitenkin kurssilla käytettävällä Moodle-oppimisalustalla, mutta muuten sitä ei ole hyödynnetty kurssilla. Tämän takia ei ole myöskään tietoa siitä ovatko opiskelijat käyttäneet virtuaalilaboratoriota kurssilla ja jos he ovat käyttäneet, niin kuinka paljon ja mihin he ovat sitä käyttäneet.

Opettajan näkemyksen mukaan suurin ongelma Tampereen yliopiston virtuaalilaboratoriossa on se, että tietoa ei ole tarpeeksi kurssin aiheista eikä se tieto, mitä siellä on, mene tarpeeksi syvälle aiheeseen. Virtuaalilaboratoriosta myös puuttuu kokonaan joitakin orgaanisen kemian työkurssille kuuluvia aiheita. Näiden huomioiden takia virtuaalilaboratoriota ei voida tällä hetkellä käyttää ainoana kurssimateriaalina vaan se on ollut vapaaehtoisena lisänä opiskelijoille. Opettajan mielestä virtuaalilaboratoriota voisi käyttää edelleen vapaaehtoisena lisänä kurssilla esimerkiksi tenttiin kertaukseen.

5. KEHITTÄMISPROSESSI

5.1 Kehittämisprosessin aloittaminen

Aloitin tutkimaan teoreettisen ongelma-analyysin pohjalta virtuaalilaboratorioiden puutteita ja suurimpia ongelmakohtia. Tarkastelin myös, mitä hyvää virtuaalilaboratorioista löytyy. Tein myös empiiristä ongelma-analyysin opettajan haastattelulla. Näiden pohjalta lähdin kehittämään ideoita, mitä voitaisiin tehdä, että virtuaalilaboratorio saataisiin osaksi kemian opetusta Tampereen yliopistossa.

Teoreettisessa ongelma-analyysissä nousi suurimmaksi ongelmaksi virtuaalilaboratorioiden tehtävien puutteen. Muita löytyneitä ongelmakohtia ovat virtuaalilaboratorioiden ohjeistuksen puute ja vaikeus seurata, mitä aiheita on jo opiskellut. Empiirisen ongelma-analyysin perusteella suurin ongelma virtuaalilaboratoriossa orgaanisen kemian työkursin näkökulmasta on tehtävien puute virtuaalilaboratoriossa. Tähän asti virtuaalilaboratorio on ollut kurssilla vain vapaavalintaisena tutustumisena. Tehtävät auttaisivat opiskelijoita käyttämään virtuaalilaboratoriota ja mahdollisesti suurempi osa opiskelijoista käyttäisi virtuaalilaboratoriota, jos sinne on tehtäviä.

Tein tähän työhön virtuaalilaboratoriota käyttäviä tehtäviä liite 2. Nämä tehtävät suunniteltiin orgaanisen kemia työt -laboratorio kurssille sopiviksi. Nämä tehtävät ovat työn kehittämistuotos, jota muokataan saadun palautteen mukaan. Tehtäviä oli kahdentyyppisiä. Ensimmäinen tehtävätyyppi oli kertaustehtävät ennen tenttiin menoa ja toinen tehtävätyyppi oli laboratoriossa käytettävistä laitteista ja laboratorion turvallisuuteen liittyviä kysymyksiä.

5.2 Opettajan palaute kehittämistuotokseen

Opettajalle tekemässäni haastattelussa kysyin myös palautetta tehtäviin, joita olin tehnyt virtuaalilaboratorioon orgaanisen kemian työkurssia ajatellen. Hän oli toinen kurssin pääopettajista. Tekemäni tehtävät olivat opettajan mielestä hyviä.

Opettaja piti enemmän kertaustehtävistä kuin laboratorion laitteista ja turvallisuudesta olevista tehtävistä. Opettajan mielestä laboratorion laitteista sekä turvallisuudesta olevien tehtävien sisältöä ei välttämättä muista, jos ne on tehty viikkoa tai paria aikaisemmin kuin laitetta käyttää laboratoriossa. Kertaustehtävät olivat kuitenkin hyviä ja sopivat kurssille sekä sen sisältöön.

Opettajan mielestä tehtävät olivat ihan selkeitä ja ymmärrettäviä. Malliratkaisut olivat myös selkeitä sekä ymmärrettäviä, mutta niissä olisi voinut olla enemmän selitystä aiheesta ja laajemmat vastaukset. Tehtävissä ei ollut myöskään päällekkäisiä kysymyksiä kurssin jo olemassa olevaan materiaaliin, mutta samoja aiheita on käsitelty eri tavalla ja eri näkökulmasta, mikä on hyvä asia kertaustehtäviin.

Toiveena on tehtäviä liittyen laboratoriotöiden turvallisuuteen, mutta aiheesta ei ollut paljoa virtuaalilaboratoriossa. Opettajan mielestä yleisesti kertaustehtäviä voisi olla jopa enemmän, mutta kaikkia kurssin asioita ei ole virtuaalilaboratoriossa.

5.3 Opiskelijoille tehty kysely

Esittelin toisen version kehittämistuotoksesta (liite 3) orgaanisen kemian opiskelijoille ja teetin heille kyselyn (liite 4). Kerroin ensin opiskelijoille kandidityöni aiheen ja mihin tarkoitukseen nämä tehtävät ovat. Esittelin heille myös lyhyesti Tampereen yliopiston virtuaalilaboratorion, että heillä on käsitys, minkälaiseen ympäristöön tehtävät oli tarkoitus tehdä. Tämä jälkeen esittelin heille tehtävät lukemalle ne heille sekä kertomalla tekemäni mallivastauksen.

Kyselyyn vastasi viisi opiskelijaa orgaanisen kemian työkurssilta. Kyselyn ensimmäisen kysymyksen perusteella opiskelijat tietävät virtuaalilaboratorion olemassaolosta, koska kaikki vastaajat tiesivät virtuaalilaboratorion olemassaolosta. Toisen kysymyksen perusteella tässä otoksessa olevat opiskelijoista neljä ei ollut käyttänyt virtuaalilaboratoriota orgaanisen kemian työkurssilla.

Kolmanteen kysymykseen kolme viidestä vastasi, että he olisivat tehneet tehtäviä, jos ne olisivat olleet tarjolla kurssilla ja perusteluita oli hyvää kertausta. Tosin yksi olisi tehnyt tehtäviä vain, jos ne olisi esitetty ennen muita tehtäviä tai jos ne olisivat olleet pakollisia tehtäviä kurssia ajatellen. Kaksi viidestä opiskelijoista ei olisi tehnyt tehtäviä ja perusteluita heidän vastauksilleen oli laiskuus sekä tentin hyvä tulos.

Yksi opiskelijoista piti tehtäviä hyödyllisinä ja yksi ei kokenut hyödyllisenä. Kolme opiskelijoista piti tehtäviä kuitenkin vähän hyödyllisenä eli suurin osa opiskelijoista piti tehtäviä jossain määrin hyödyllisenä. Kaikki opiskelijat pitivät kysymyksiä ja niiden malliratkaisuja ymmärrettävinä ja selkeinä. Kolme opiskelijaa pitivät niitä erittäin selkeinä ja loput kaksi pitivät niitä selkeinä. Kaikkien kyselyyn vastanneiden mielestä tehtävässä on sopivamäärä kysymyksiä.

Kyselyn pohjalta voidaan päätellä, että osa opiskelijoista olisi kiinnostuneita tekemään tehtäviä, vaikka ne olisivat vapaaehtoisia kurssilla. Osa opiskelijoista kuitenkin eivät

tekisi tehtäviä tällöin joko heidän oman laiskuutensa tai ajan puutteen vuoksi. Osa opiskelijoista myös ei tekisi tehtäviä, koska ne koskevat samoja asioita kuin aiemmat tehtävät ja he kokevat, että he osaavat nämä asiat tarpeeksi hyvin. Suurin osa kuitenkin piti tehtäviä jokseenkin hyödyllisenä.

Kyselyn pohjalta voidaan myös päätellä, että tehtävät ovat selkeitä sekä ymmärrettäviä ja luultavammin kukaan ei jättäisi tekemättä tehtäviä niiden epäselvyyden vuoksi. Uskoisin, että parasta olisi, jos tehtävät ovat vapaaehtoisia kurssilla, koska kaikki opiskelijat eivät koe niitä itselleen hyödyllisenä, näin heillä on vaihtoehto tehdä tai olla tekemättä tehtävät oman kokemuksen tai tuntemuksen mukaan. Kyselyn perusteella tehtävät eivät kaipaa radikaaleja muutoksia.

6. KEHITTÄMISTUOTOS

6.1 Kehittämistuotoksen kehittäminen ja muokkaaminen

Ensimmäisessä kehittämistuotoksessa (Liite 2) on mukana kahdentyyppisiä tehtäviä. Ensimmäinen tehtävätyyppi on kertaustehtäviä, joita on tarkoitus tehdä ennen orgaanisen kemian työkurssin tenttiä. Toinen tehtävä tyyppi on tehtäviä todellisen laboratorion laitteista, niiden turvallisuudesta sekä niiden käytöstä. Tein myös malliratkaisut tehtäville. Ensimmäisen tehtävätyypin tehtävät ovat avoimia kysymyksiä ja toisen tehtävä tyyppin tehtävissä on mukana avoimia kysymyksiä, mutta suurin osa kysymyksistä ovat monivalinta kysymyksiä. Kumpiakin tehtävätyypin tehtäviä on kahdeksan.

Opettajan haastattelussa saadun palautteen pohjalta aloin kehittämään ja muokkaamaan toista kehittämistuotosta (Liite 3). Päädyin poistamaan kokonaan toisen tehtävätyypin ja lisäämään yhden kysymyksen muokattuna toisesta tehtävätyypistä ensimmäiseen, koska se sopi myös kertaustehtäväksi. En kuitenkaan päätenyt lisäämään muita uusia kysymyksiä toiseen kehittämistuotokseen, koska halusin palautetta myös opiskelijoiden näkökulmasta tehtävien määrään.

Opiskelijoille teettämäni kyselyllä pystyin keräämään palautetta toiseen kehittämistuotokseen. Palautteen perusteella toinen kehittämistuotos ei tarvitse radikaaleja muutoksia. Tein pientä hienosäätöä osaan malliratkaisusta.

6.2 Lopullinen kehittämistuotos

Lopullinen kehittämistuotos sisältää yhdeksän kysymystä orgaanisen kemian työkurssille liittyvistä aiheista (Kuva 5). Kehittämistuotoksen tehtävät ovat tarkoitettu orgaanisen kemian työkurssille vapaaehtoisiksi kertaustehtäviksi ennen kurssin tenttiä. Nämä tehtävät ovat muokattu ja parannettu opettajalta sekä opiskelijoilta saadun palautteen avulla.

Lopullisessa kehittämistuotoksessa käsitellään neljää eri aihetta. Aiheet ovat pyöröhaihdutin, refluksointi, uuttaminen ja tislauk. Näistä aiheista ainoastaan pyöröhaihdutin on laite laboratoriossa ja muut aiheet ovat menetelmiä, joita käytetään orgaanisen kemian työkurssilla. Aiheista on eri määrä kysymyksiä sen mukaan, kuinka paljon tietoa aiheesta löytyy Tampereen yliopiston virtuaalilaboratoriosta.

Lopullisen kehittämistuotoksen kertaustehtävät:

1. Mihin pyöröhaihdutinta käytetään?
2. Mitä tarvitet refluksointi laitteiston kokoamiseen?
3. Mikä on pystyjäähdyttimen tarkoitus refluksoinnissa?
4. Mihin uuttaminen perustuu?
5. Miten emulsion voi poistaa?
6. Mihin tislauk perustuu?
7. Mitä tislamalla tehdään?
8. Mitä turvallisuus seikkoja pitää ottaa huomioon tislauksessa?
9. Mitä tarvitet tislauslaitteiston kokoamiseen?

Tehtävän kysymykset ovat tehty niin, että ne ovat samantyyllisiä kuin kurssin tentin ja tehtäväpaketin tehtävien kysymykset. Tehdyn tehtävän kysymyksissä ei kuitenkaan pitäisi olla päällekkäisiä kysymyksiä jo olemassa oleviin tehtäviin. Tehtävät ovat tehty nimenomaan virtuaalilaboratorioon, joten kaikkia orgaanisen kemian työkurssin asioita ei käsitelty tehtävissä.

Kehittämistuotos (Liite 5) sisältää myös malliratkaisut tehtäviin. Ne ovat tehty virtuaalilaboratorion avulla. Malliratkaisuissa on myös virtuaalilaboratorion huone sekä aktiviteetti, mistä tieto malliratkaisuihin on löydetty. Malliratkaisut ovat hieman suppeita, mutta Tampereen yliopiston virtuaalilaboratoriossa ei ole aiheista kaikkea tietoa, niin käytin sitä tietoa, mitä sieltä löytyy tällä hetkellä.

Tehtävät voisi tarjota orgaanisen kemian laboratorio -kurssilla Moodle-tehtävänä, jossa malliratkaisut saadaan tehtävän palauttamisen jälkeen. Toisaalta myös word-tiedosto voisi toimia, koska silloin opiskelija voisi ladata tiedoston ja vastata kysymyksiin siihen suoraan. Koska tehtävät ollaan ajateltu vapaaehtoisiksi, niin ne olisivat itsetarkastettavia kummassakin vaihtoehdoissa.

6.3 Lopullisen kehittämistuotoksen arviointi ja jatkotutkimus kohteet

Tutkimukseni luotettavuutta vahvistettiin tekemällä tutkimus kehittämissykleissä ja dokumentoimalla jokainen tutkimusvaihe. Tutkimuksen dokumentointi vahvistaa myös tutkimuksen toistettavuutta. Tässä tutkimuksessa on ollut käytössä pienet otoskoot, jotka heikentävät tutkimuksen luotettavuutta. Pienten otoskokojen vuoksi myös tutkimuksen tulokset voivat vaihdella tämän työ tuloksista.

Lopullinen kehittämistuotos on testattu kehittämissykliden aikana opettajalla ja opiskelijoilla. Heiltä saatiin palautetta kehittämistuotokseen kyselyiden avulla. Tutkimus onnistui melko hyvin ja lopullinen kehittämistuotos on siirrettävissä suoraan orgaanisen kemia työkurssille opiskelijoille vapaaehtoiseen käyttöön.

Mielestäni virtuaalilaboratoriot tarvitsevat jatkotutkimusta. Jatkotutkimus voisi kohdistua virtuaalilaboratorion aktiivisempaan käyttöön useammalla kemian kurssilla ja miten virtuaalilaboratoriosta saataisiin käyttöön opettajille opetusvälineenä eikä vain vapaaehtoisena lisänä kursseilla. Jatkotutkimuksissa olisi hyvä saada myös laajempi mielipide opiskelijoilta. Jatkotutkimuksissa olisi hyvä suorittaa useampi kehittämissykli ja tarjota erilaisia vaihtoehtoja virtuaalilaboratorion käytön lisäämiseen tai kehittämiseen.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Kandidaatintyöni tarkoitus oli saada virtuaalilaboratorio aktiivisemmaksi osaksi Tampereen yliopiston kemian opetusta. Työssäni tarkastelin yleisesti sekä Tampereen yliopiston näkökulmasta virtuaalilaboratorioiden käyttöä kemian opetuksessa.

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseeni, miten virtuaalilaboratoriota käytetään kemian opetuksessa, saatiin vastaus teoreettisesta ongelma-analyysistä tehdessä. Virtuaalilaboratorioita käytetään moneen eri tarkoitukseen sen perusteella, millainen kyseinen virtuaalilaboratorio on. Virtuaalilaboratorioita voidaan käyttää teoriamateriaalina, kuten Tampereen yliopiston virtuaalilaboratoriota, tai sitä voi käyttää kurssipohjana ja kurssi toteutetaan itsenäisesti siellä. Osassa virtuaalilaboratorioissa voi myös tehdä laboratoriokokeita.

Toiseen tutkimuskysymykseen, missä tarkoituksessa virtuaalilaboratoriosta olisi eniten hyötyä kemian opetuksessa, saatiin vastaus virtuaalilaboratorioiden hyödyllisyydestä. Virtuaalilaboratoriosta olisi eniten hyötyä kemian opetuksessa itseopiskelupohjana tai kurssialustana. Tällöin opiskelijat pystyvät opiskelemaan, kun heillä on aikaa sekä he pystyvät opiskelemaan heidän omassa tahdissaan. Kurssialustana virtuaalilaboratorio säilyy ja he voivat käyttää sitä myös kurssin loputtua. Virtuaalilaboratorioita on hyödyllistä käyttää täydentämään laboratorio-oppimista.

Kolmanteen tutkimuskysymykseeni, miten voidaan yhdistää virtuaalilaboratorio osaksi Tampereen yliopiston kemian opetusta, saatiin vastaus tehtävien avulla. Opettajilla ei tällä hetkellä ole tietoa siitä, onko virtuaalilaboratoriota käytetty, koska se on vapaaehtoisena osana orgaanisen kemian työkurssia. Virtuaalilaboratoriossa on voinut käydä tutustumassa laitteisiin ja niiden käyttöön, mutta opiskelijoilla ei ole mitään ohjeistusta tai tehtäviä, mitä he voisivat tehdä siellä. Siksi tehtävät voisivat saada yhä useamman opiskelijan käyttämään Tampereen yliopiston virtuaalilaboratoriota.

Näiden vastausten perusteella virtuaalilaboratoriot ovat tärkeitä oppimisympäristöjä, mutta niitä täytyy edelleen kehittää. Siksi virtuaalilaboratorioita ja niiden käyttöä kannattaa tutkia, että niistä saadaan oppilaille mielekkäitä ja informatiivisia oppimisympäristöjä. Tampereen yliopiston virtuaalilaboratorio saadaan aktiivisempaan käyttöön, kun laboratorio kursseilla olisi opiskelijoille tehtäviä sinne. Tampereen yliopiston virtuaalilaboratoriossa on tällä hetkellä rajallisesti tietoa ja sitä olisi hyvä saada lisää, että opiskelijat koki-sivat sen hyödyllisenä, ja että tulevaisuudessa sitä voisi mahdollisesti käyttää kurssien yhtenä päämateriaaleista.

LÄHTEET

- [1] Smetana L. K. & Bell R. L. Computer simulations to support science instruction and learning: a critical review of the literature, *International Journal of Science Education*, vol. 34, no. 9, 2012, pp. 1337–1370.
- [2] Bortnik B, Stozhko N, Pervukhina I, Tchernysheva A. and Belysheva G. Effect of virtual analytical chemistry laboratory on enhancing student research skills and practices, *Original research article*, 2017
- [3] Viitaharju P, Yliniemi K, Nieminen M, Karttunen A. J. Learning experiences from digital laboratory safety training, *Education for chemical engineers*, vol. 34, 2021, pp. 87-93
- [4] Telenius M. Virtuaalilaboratoriot kemian opetuksessa, *LUMAT International Journal on Math Science and Technology Educatio*, 2(2), 2014
- [5] Waldrop M. M. The Virtual Lab. *Nature*, 499, 268–270, 2013
- [6] Pernaa J. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä, *Kehittämistutkimus opetuslalla*, PS-kustannus, Jyväskylä, 2013
- [7] Anderson T. & Shattuck J. Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(Jan/Feb.), 2012, pp. 16-25.
- [8] Edelson D. C. Design research: What we learn when we engage in design, *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 2002, pp. 105-121
- [9] Edelson D. C. What we learn when we engage in design: Implications for assessing design research, J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen, 14 *Educational Design Research*. Abingdon, Oxon: Routledge, 2006, pp.156-165
- [10] Kelly A. E. Design research in education: Yes, but is it methodological, *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 2004, pp.115-128
- [11] R. B. Johnson & A. J. Onwuegbuzie, Mixed method research: A Research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7), 2004, pp.14-26
- [12] Design-Based Research Collective, Design-based research: An Emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 2003
- [13] Tuomi J. & Sarajärvi A. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*, Jyväskylä, Tammi, 2009
- [14] Nedic Z, Machotka J. & Nafalski A. Remote Laboratories versus Virtual and real Laboratories, 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Session T3E 1-6, 2003
- [15] Stone D. Teaching chromatography using virtual lab exercises, *Journal of Chemical Education*, vol. 84, no. 9, 2007, pp. 1488–1496.

- [16] Achuthan K. & Murali S. S. A comparative study of educational laboratories from cost & learning effectiveness perspective, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 349, 2015, pp. 143–153.
- [17] Basher H. A. & Isa S. A. On-campus and online virtual laboratory experiments with LabVIEW, *IEEE SoutheastCon*, Memphis, TN, 2006, pp. 325–330.
- [18] Diwakar S. Complementing education via virtual labs: implementation and deployment of remote laboratories and usage analysis in South Indian villages, *International Journal of Online Engineering*, vol. 12, no. 3, 2016, pp. 8–15.
- [19] A. Mejías Borrero A. & Andújar Márquez J. M. A pilot study of the effectiveness of augmented reality to enhance the use of remote labs in electrical engineering education, *Journal of Science Education and Technology*, vol. 21, no. 5, 2012, pp. 540–557
- [20] Borrás-Linares I. Development of a virtual laboratory experiment for chemistry students, *3rd International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN)*, Barcelona, Spain, 2011, pp. 3134–3139.
- [21] Chiu J. L., Dejaegher C. J. & Chao J. The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students understanding of gas properties, *Computers and Education*, vol. 85, 2015, pp. 59–73.
- [22] Kollöffel B. & de Jong T. Conceptual understanding of electrical circuits in secondary vocational engineering education: combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab, *Journal of Engineering Education*, vol. 102, no. 3, 2013, pp. 375–393.
- [23] Josephsen J. & Kristensen A. K., Simulation of laboratory assignments to support students learning of introductory inorganic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 7, no. 4, 2006, pp. 266–279
- [24] Kolb D. A., Boyatzis R. E. & Mainemelis C. Experiential learning theory: previous research and new directions, in: *Perspectives on Thinking, Learning, and Cognitive Styles*, vol. 1, 2001, pp. 227–247
- [25] AALTOLAB: <https://lab.aalto.fi/>, katsottu 24.5.2023
- [26] Tampereen yliopiston virtuaalilaboratorio: <https://app.visuon.com/player/@tuni-chem/virtual-lab>, katsottu 24.5.2023

LIITTEET

Liite 1

Kysymykset haastatteluun

Kerättyä tietoa hyödynnetään kandidyössä, jossa on tarkoitus saada virtuaalilaboratoriot aktiiviseksi osaksi kemian opetusta Tampereen yliopistossa. Tietoa kerätään muistiinpanojen avulla.

1. Minkälaisia laboratorio jaksoja opetat?
2. Oletko käyttänyt Tampereen yliopiston virtuaalilaboratoriota opetuksessa? Miksi, Miksi et?
3. Millä tavalla virtuaalilaboratoriota on hyödynnetty opetuksessa?
4. Koetko, että orgaanisen kemian työkurssilla olisi hyödyllistä käyttää virtuaalilaboratoriota? Miksi, Miksi ei?
5. Millä tavalla virtuaalilaboratoriota sopisi mielestäsi käytettäväksi orgaanisen kemian työkurssilla? (Esim. Ennen tenttiä kertaamiseen, ennen laboratorioon tuloa laitteisiin tutustumiseen) Mitä haasteita tähän liittyy?
6. Koetko, että tekemäni tehtävät olisivat hyödyllisiä orgaanisen kemian työkurssille? (Miksi, Miksi ei?)
7. Onko mielestäsi toinen tehtävätyyppi hyödyllisempi orgaanisen kemian työkurssille? (kertaustehtävät ennen tenttiä vai tehtävät ennen labraan menoa)
8. Oliko tekemässäni tehtävissä päällekkäisiä kysymyksiä jo olemassa oleviin kysymyksiin?
9. Oliko tehtävän kysymykset selkeitä ja ymmärrettäviä?
10. Oliko tehtävien mallivastaukset riittävän ymmärrettäviä ja selkeitä?
11. Onko sinulla parannusehdotuksia tai kehitysideoita tehtäviin?

Liite 2

Tehtävä virtuaalilaboratoriossa

Kertaustehtävät laitteista ennen tenttiä

Nämä tehtävät ovat kertaustehtäviä ennen tenttiä. Etsi vastaukset virtuaalilaboratorion avulla.

1. Mihin pyöröhaihdutinta käytetään?
2. Mitä tarvitset refluksointi laitteiston kokoamiseen?
3. Mikä on pystyjäähdyttimen tarkoitus refluksoinnissa?
4. Mihin uuttaminen perustuu?
5. Miten emulsion voi poistaa?
6. Mihin tislauks perustuu?
7. Mitä tislaamalla tehdään?
8. Mitä turvallisuus seikkoja pitää ottaa huomioon tislauksessa?

Tehtäviä laitteista ennen laboratorioon menemistä

Nämä tehtävät ovat ennen laboratorioon menoa tehtäviä harjoituksia laitteiden käytöstä ja turvallisuudesta.

1. Missä näistä pitää käyttää kiehumakiviä?
 - Pöyröhaihdutin eli rotapori
 - Refluksointi
 - Tislauks
 - Uuttaminen

2. Mitä näistä tarvitset tisluslaitteiston kokoamiseen?
 - kolvi
 - lämpöhaude
 - vesikierto
 - hissi
 - tislusosa
 - sitomisputki
 - liebig-jäähdytin
 - pystyjäähdytin
 - lämpömittari
 - keräyskolvi
 - kaksikaulakolvi

3. Mitä näistä tarvitset refluksointi laitteiston kokoamiseen?
 - kolvi
 - lämpöhaude
 - vesikierto
 - hissi
 - tislusosa
 - sitomisputki
 - liebig-jäähdytin
 - pystyjäähdytin
 - lämpömittari
 - keräyskolvi
 - kaksikaulakolvi

4. Kuinka täyteen tisluskolvin saa täyttää?
 - < 1/2
 - < 2/3
 - < 1/3
 - < 3/4

5. Mitä refraktiometrillä mitataan?

6. Miten epäpuhtaudet vaikuttavat sulamispisteen määrittämiseen?

7. Mihin sulamispisteen määrittämistä käytetään?

8. Miten seossulamispiste määritetään?

Ratkaisut

Kertaustehtävät laitteista ennen tenttiä

Nämä tehtävät ovat kertaustehtäviä ennen tenttiä. Etsi vastaukset virtuaalilaboratorion avulla.

1. Mihin pyöröhaihdutinta käytetään?

Pyöröhaihdutinta käytetään matalan kiehumispisteen liuotinten poistamiseen synteesituotteesta. (Kemian laboratorio 2, Rotavapori)

2. Mitä tarvitset refluksointi laitteiston kokoamiseen?

Laitteistoon kuuluu palautusjäähdytin, pyörökolvi, lämmityshaude, hissi ja vesikierto. (Kemian laboratorio 2, Refluksointi)

3. Mikä on pystyjäähdyttimen tarkoitus refluksoinnissa?

Pystyjäähdytin estää kuumenevan nesteen haihtumisen, koska höyryt tiivistyvät jäähdyttäjässä ja valuvat nesteenä takaisin kolviin. (Kemian laboratorio 2, Refluksointi)

4. Mihin uuttaminen perustuu?

Uuttaminen perustuu aineiden liukoisuuteen. (Kemian laboratorio 2, Uuttaminen ja refluksointi)

5. Miten emulsion voi poistaa?

Emulsio voidaan poistaa:

- lisätään jotakin seoksessa jo olevaa liuotinta
- lisätään vähän asetonia, etanoli tms.
- kyllästetään kiinteällä NaCl:lla
- heilutetaan pyörittäen (ei ravistelua)
- annetaan erotussupilon seistä esim. yön yli

(Kemian laboratorio 2, Uuttaminen ja refluksointi)

6. Mihin tislaukset perustuu?

Tislaukset perustuu aineiden erilaisiin kiehumispisteisiin. (Kemian laboratorio 2, Tislaukset)

7. Mitä tislamalla tehdään?

Tislaamalla voidaan erottaa toisiinsa sekoittuneet, homogeenisen seoksen muodostaneet, nesteet.
(Kemian laboratorio 2, Tislaus)

8. Mitä turvallisuus seikkoja pitää ottaa huomioon tislauksessa?

Tislauksessa huomioitavia turvallisuus seikkoja:

- Tislauskolvin täyttö: < 3/4 kolvin tilavuudesta
 - Tislausnopeus: ≤ 1 tippa /s, jotta tislattavat aineet ehtivät erottua.
 - Tislauskolvia ei saa tislata tyhjäksi (räjähdysvaara).
 - Tislauslaitteistoa ei saa tukkia kokonaan!
 - kuumennushauteen lämpötilan oltava $20\text{ °C} > k.p.$
- (Kemian laboratorio 2, Tislaus)

Tehtäviä laitteista ennen laboratorioon menemistä

Nämä tehtävät ovat ennen laboratorioon menoa tehtäviä harjoituksia laitteiden käytöstä ja turvallisuudesta.

1. Missä näistä pitää käyttää kiehumakiviä?

- o Refluksointi
- o Tislaus

(Kemian laboratorio 2, Rotavapori, Refluksointi, Uuttaminen ja refluksointi, Tislaus)

2. Mitä näistä tarvitset tisluslaitteiston kokoamiseen?

- o kolvi
- o lämpöhaude
- o vesikierto
- o hissi
- o tislusosa
- o sitomisputki
- o liebig-jäähdytin
- o lämpömittari
- o keräyskolvi

(Kemian laboratorio 2, Tislaus)

3. Mitä näistä tarvitset refluksointi laitteiston kokoamiseen?

- o kolvi
 - o lämpöhaude
 - o vesikierto
 - o hissi
 - o pystyjäähdytin
- (Kemian laboratorio 2, Refluksointi)

4. Kuinka täyteen tislaukolvin saa täyttää?

- < 2/3
- (Kemian laboratorio 2, Tislaus)

5. Mitä refraktiometrillä mitataan?

Refraktometri on taitekertoimen mittauslaite. Laite mittaa pienimmän kulman, jolla valonsäde heijastuu kokonaan tutkittavan nesteen ja lasiprisman rajapinnasta ja muuntaa sen taitekertoimen arvoksi. (Kemian laboratorio 1, Refraktometri)

6. Miten epäpuhtaudet vaikuttavat sulamispisteen määrytykseen?

Epäpuhtaudet alentavat sulamispistettä ja leventävät sulamisväliä. (Kemian laboratorio 1, Refraktometri)

7. Mihin sulamispisteen määrittystä käytetään?

- puhtauden tarkistukseen
- tuntemattoman yhdisteen identifioimiseen eli tunnistamiseen uuden yhdisteen karakterisointiin

(Kemian laboratorio 1, Sulamispisteen määrittäyslaitte)

8. Miten seossulamispiste määritetään?

- Otetaan tuntematonta yhdistettä ja vertailuainetta yhtä suuret määrät.
- Komponentit sekoitetaan huolellisesti jauhamalla ne kuivassa huhmaressa.
- Määritetään sulamispistelaiteella samanaikaisesti tuntemattoman aineen sulamispiste ja seossulamispiste.
- (Kemian laboratorio 1, Sulamispisteen määrittäyslaitte)

Liite 3

Tehtävä virtuaalilaboratoriossa

Kertaustehtävät laitteista ennen tenttiä

Nämä tehtävät ovat kertaustehtäviä ennen tenttiä. Etsi vastaukset virtuaalilaboratorion avulla.

1. Mihin pyöröhaihdutinta käytetään?
2. Mitä tarvitset refluksointi laitteiston kokoamiseen?
3. Mikä on pystyjäähdyttimen tarkoitus refluksoinnissa?
4. Mihin uuttaminen perustuu?
5. Miten emulsion voi poistaa?
6. Mihin tislaukseen perustuu?
7. Mitä tislauksella tehdään?
8. Mitä turvallisuus seikkoja pitää ottaa huomioon tislauksessa?
9. Mitä tarvitset tislaukselaitteiston kokoamiseen?

Ratkaisut

Kertaustehtävät laitteista ennen tenttiä

Nämä tehtävät ovat kertaustehtäviä ennen tenttiä. Etsi vastaukset virtuaalilaboratorion avulla.

1. Mihin pyöröhaihdutinta käytetään?

Pyöröhaihdutinta käytetään matalan kiehumispisteen liuotinten poistamiseen synteetitilanteesta. (Kemian laboratorio 2, Rotavapori)

2. Mitä tarvitset refluksointi laitteiston kokoamiseen?

Laitteistoon kuuluu palautusjäähdytintä, pyörökolvi, lämmityshaude, hissi ja vesikierto. (Kemian laboratorio 2, Refluksointi)

3. Mikä on pystyjäähdyttimen tarkoitus refluksoinnissa?

Pystyjäähdytintä estää kuumenevan nesteen haihtumisen, koska höyryt tiivistyvät jäähdyttäjässä ja valuvat nesteenä takaisin kolviin. (Kemian laboratorio 2, Refluksointi)

4. Mihin uuttaminen perustuu?

Uuttaminen perustuu aineiden liukoisuuteen. (Kemian laboratorio 2, Uuttaminen ja refluksointi)

5. Miten emulsion voi poistaa?

Emulsio voidaan poistaa:

- lisätään jotakin seoksessa jo olevaa liuotinta
- lisätään vähän asetonia, etanoli tms.
- kyllästetään kiinteällä NaCl:lla
- heilutetaan pyörittäen (ei ravistelua)
- annetaan erotussuppilon seistä esim. yön yli

(Kemian laboratorio 2, Uuttaminen ja refluksointi)

6. Mihin tislauksen perustuu?

Tislauksen perustuu aineiden erilaisiin kiehumispisteisiin. (Kemian laboratorio 2, Tislauksen)

7. Mitä tislamalla tehdään?

Tislaamalla voidaan erottaa toisiinsa sekoittuneet, homogeenisen seoksen muodostaneet, nesteet.
(Kemian laboratorio 2, Tislaus)

8. Mitä turvallisuus seikkoja pitää ottaa huomioon tislauksessa?

Tislauksessa huomioitavia turvallisuus seikkoja:

- Tislauskolvin täyttö: $< \frac{3}{4}$ kolvin tilavuudesta
- Tislausnopeus: ≤ 1 tippa /s, jotta tislattavat aineet ehtivät erottua.
- Tislauskolvia ei saa tislata tyhjäksi (räjähdysvaara).
- Tislauslaitteistoa ei saa tukkia kokonaan!
- kuumennushauteen lämpötilan oltava $20\text{ °C} > \text{k.p.}$
(Kemian laboratorio 2, Tislaus)

9. Mitä tarvitset tislauslaitteiston kokoamiseen?

- kolvi
- lämpöhaude
- vesikierto
- hissi
- tislausosa
- sitomisputki
- liebig-jäähdytin
- lämpömittari
- keräyskolvi
(Kemian laboratorio 2, Tislaus)

Liite 4

Kysely opiskelijoille

Kyselyä hyödynnetään kandityössä, josta virtuaalilaboratorio yritetään saada osaksi Tampereen yliopiston kemian opetusta. Kysely on täysin anonyymi.

Yhteystiedot: oma, matilda.juselius@tuni.fi
ohjaaja, riikka.lahtinen@tuni.fi

Tiesitkö, että Tampereen yliopistolla on virtuaalilaboratorio? *

Kyllä

Ei

Oletko käyttänyt virtuaalilaboratoriota orgaanisen kemia työkurssilla? *

Kyllä

Ei

Jos esittetyt tehtävät olisivat olleet tarjolla kurssilla, olisitko halunnut tehdä tehtävät? *

Kyllä

Ei

Perustele vastauksesi edelliseen kysymykseen

Kuinka hyödyllisenä pitäisit virtuaalilaboratoriossa tehtäviä kertaustehtäviä orgaanisen kemian työkursilla? *

	1	2	3	4	5	
En koe hyödyllisenä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Todella hyödyllisenä

Kuinka selkeinä pidit tehtävien kysymyksiä? *

	1	2	3	4	5	
En ymmärtäny kysymyksiä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Kysymykset ovat selkeitä

Kuinka selkenä pidit mallivastauksia? *

	1	2	3	4	5	
En ymmärtänyt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Selkeät mallivastaukset

Oliko tehtävässä kysymyksiä ...? *

	1	2	3	4	5	
Liikaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Liian vähän

Vapaa sana tehtävistä

Liite 5

Tehtävä virtuaalilaboratoriossa

Kertaustehtävät laitteista ennen tenttiä

Nämä tehtävät ovat kertaustehtäviä ennen tenttiä. Etsi vastaukset virtuaalilaboratorion avulla.

1. Mihin pyöröhaihdutinta käytetään?
2. Mitä tarvitset refluksointi laitteiston kokoamiseen?
3. Mikä on pystyjäähdyttimen tarkoitus refluksoinnissa?
4. Mihin uuttaminen perustuu?
5. Miten emulsion voi poistaa?
6. Mihin tislauks perustuu?
7. Mitä tislaamalla tehdään?
8. Mitä turvallisuus seikkoja pitää ottaa huomioon tislauksessa
9. Mitä tarvitset tisluslaitteiston kokoamiseen?

Malliratkaisut

Kertaustehtävät laitteista ennen tenttiä

Nämä tehtävät ovat kertaustehtäviä ennen tenttiä. Etsi vastaukset virtuaalilaboratorion avulla.

1. Mihin pyöröhaihdutinta käytetään?

Pyöröhaihdutinta käytetään matalan kiehumispisteen liuotinten poistamiseen synteesisuotteesta. (Kemian laboratorio 2, Rotavapori)

2. Mitä tarvitet refleksointi laitteiston kokoamiseen?

Laitteistoon kuuluu palautusjäähdytin, pyörökolvi, lämmityshaude, hissi ja vesikierto. (Kemian laboratorio 2, Refleksointi)

3. Mikä on pystyjäähdyttimen tarkoitus refleksoinnissa?

Pystyjäähdytin estää kuumenevan nesteen haihtumisen, koska höyryt tiivistyvät jäähdyttäjässä ja valuvat nesteenä takaisin kolviin. (Kemian laboratorio 2, Refleksointi)

4. Mihin uuttaminen perustuu?

Uuttaminen perustuu aineiden liukoisuuteen. (Kemian laboratorio 2, Uuttaminen ja refleksointi)

5. Miten emulsion voi poistaa?

Emulsio voidaan poistaa:

- lisätään jotakin seoksessa jo olevaa liuotinta
- lisätään vähän asetonia, etanoli tms.
- kyllästetään kiinteällä NaCl:lla (natriumkloridi eli ruokasuola)
- heilutetaan pyörittäen (ei ravistelua)
- annetaan erotussupilon seistä esim. yön yli

(Kemian laboratorio 2, Uuttaminen ja refleksointi)

6. Mihin tislauk perustuu?

Tislauk perustuu aineiden erilaisiin kiehumispisteisiin. (Kemian laboratorio 2, Tislauk)

7. Mitä tislamalla tehdään?

Tislaamalla voidaan erottaa toisiinsa sekoittuneet, homogeenisen seoksen muodostaneet, nesteet.
(Kemian laboratorio 2, Tislaus)

8. Mitä turvallisuus seikkoja pitää ottaa huomioon tislauksessa?

Tislauksessa huomioitavia turvallisuus seikkoja:

- Tislauskolvin täyttö: $< \frac{1}{3}$ kolvin tilavuudesta (riippuu aineesta)
- Tislausnopeus: ≤ 1 tippa /s, jotta tislattavat aineet ehtivät erottua.
- Tislauskolvia ei saa tislata tyhjäksi (räjähdysvaara)
- Tislauslaitteistoa ei saa tukkia kokonaan!
- kuumennushauteen lämpötilan oltava $20\text{ °C} >$ kiehumispisteen lämpötila
(Kemian laboratorio 2, Tislaus)

9. Mitä tarvitset tislauslaitteiston kokoamiseen?

- o tislauskolvi
- o lämpöhaude
- o vesikierto
- o hissi
- o tislausosa
- o sitomisputki
- o liebig-jäähdytin
- o lämpömittari
- o keräyskolvi

(Kemian laboratorio 2, Tislaus)