

# AVOIN KOKEELLINEN TUTKIMUS KEMIAN OPETUSMENETELMÄNÄ

Pro gradu -tutkielma

Henri Korkeaniemi

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

10.3.2022

## TIIVISTELMÄ

Tutkielman kirjallisessa osassa tarkastellaan avoimen kokeellisen tutkimuksen tietoteoreettista taustaa ja avoimelle kokeelliselle tutkimukselle olennaisia ominaisuuksia sekä oppimisen että opetuksen menetelmänä. Aiheen tutkimusten perusteella kartoitettiin menetelmän opetuskäytössä ominaisia hyötyjä ja menetelmän toteuttamisen haasteita. Kirjallisessa osassa valmistaudutaan teoreettisesti myös kokeellisen osan opetuskokeiluun.

Sekä kotimaisten että kansainvälisten opetusta ja oppimista tutkivien julkaisujen perusteella avoimella kokeellisella tutkimuksella voisi olla erityisesti tutkimuksellisten taitojen harjoittamisessa tärkeä rooli tiedollisen oppimisen lisäksi. Avoimelle kokeelliselle tutkimukselle nähdään merkityksellinen tehtävä tasapainoisena osana luonnontieteiden opetuksen menetelmäpalettia.

Kokeellisessa osassa tuotettiin avoimen kokeellisen tutkimuksen periaatteiden mukainen yläkoulun kemian aiheen käyttövalmis opetusmateriaalipaketti. Opetusmateriaalipaketin aiheena on reaktionopeuteen vaikuttavien tekijöiden tutkiminen. Tutkimuksen kokeellisessa osassa tehtiin opetuskokeilu, jonka yhteydessä kehitettiin laadittua opetusmateriaalia kehittämistutkimuksen keinoin. Opetuskokeilussa selvitettiin kokemuksia ja tuntemuksia avoimen kokeellisen tutkimuksen suorittamisesta opettajan näkökulmasta haastattelututkimuksen, ja oppilaan näkökulmasta kyselytutkimuksen avulla.

Opetuskokeilua varten laadittua avoimen kokeellisen tutkimuskokonaisuuden opetusmateriaalia kehitettiin yhteistyössä omien oppilasryhmiensä kanssa opetuskokeilun toteuttaneen opettajan kanssa. Opetuskokeilun opettajan haastattelututkimuksesta saatiin kirjallisen osan suuntaviivoja vastaavia tuloksia. Opetuskokeilussa todennetaan menetelmän käytössä kirjallisuuskatsausta vastaavia hyötyjä ja käytön haasteita esimerkiksi tutkimuksellisten taitojen käyttämisessä ja oppilasryhmien työskentelyssä, sekä opettajan uudenlaiseen rooliin asettumisen ja ajankäytön haasteissa. Avoimen kokeellisen tutkimuksen opetusmenetelmän ominaisuuksia ja käyttöä tulevaisuudessa pohditaan käytännön kokemuksen perusteella esimerkiksi opettajien tarvitseman tuen ja kehittämistutkimuksen keinoin tuotetun materiaalin jatkokehittämisen kannalta.

## ESIPUHE

Tämä tutkielma on tehty Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella vuosien 2020–2022 aikana. Tutkielman kirjallista osaa aloitettiin syksyllä 2020 ja kokeellisen osan opetuskokeilu suoritettiin keväällä 2021. Aineiston analysointi, tulosten tarkastelu ja tutkielman viimeistely tehtiin syksyllä 2021 ja alkutalvella 2022. Tutkielman tekemistä ohjasi FT, KM, yliopistonopettaja Jouni Välisaari.

Olen mielestäni ollut koko yliopisto-opintojeni ajan yhä enemmän pedagogisesti orientoinut. Mielenkiinto avoimen kokeellisuuden kautta opettamiseen heräsikin jo varhaisessa vaiheessa minulle ja vertaisilleni tarjotun luonnontieteitä pedagogisesti tutkivan ja kokeellisuutta painottavan opetuksen ansiosta kemian laitoksella ja Norssilla.

Erityiset kiitokset matkaavat kemian laitoksella Piia Valtolle, joka olit minulle korvaamaton apu, kun hankalasta tilanteesta lähdettiin vetämään kelkkaa kohti valmistumista, sekä ohjaaja Jounille, joka olet ollut minulle opetuksen tutkijana inspiraatio ja ennen kaikkea kärsivällinen ja ymmärtäväinen tuki lähestyessä valmistumista. Erityiset kiitokset myös tutkimukseni opetuskokeiluun osallistuneelle opettajalle ja oppilaille. Uskalsitte tarttua rohkeasti uudenlaiseen haasteeseen, vaikka kansainvälinen pandemiakin aiheutti arjelle jo valmiiksi omia rajoitteitaan!

Opintojeni matka tähän asti on ollut pitkä ja vaikeuksiltaan värikäs. Matkalla on koettu monia pettymyksiä ja isoja haasteita, joita onnistuttiin selättämään vasta yhdessä minua tukeneen henkilökunnan ja läheisten kanssa. Monta kertaa matkalla on kaaduttu, kuljettu harhaan ja uitu syvissä vesissä, jolloin oma kotiväki on ollut järkkymätön tuki ja turva taustalla jokaisessa pettymyksessä ja vastaan tulleessa haasteessa.

Esipuheen luulisi aidosti vapaamuotoisimpana tekstinä olevan helpoin osa näin pitkää prosessia. Palautan ja viimeistelen kuitenkin tutkielmaani samana päivänä 10. maaliskuuta, jolloin varhain aamulla rakas mummini nukkui levollisesti pois. Luopuminen tekee kipeää, mutta pitkästä ja hyvästä elämästä jäävät hyvät muistot, lämpimät halaukset ja mummin keittiö, jossa lapsenlapsia hemmoteltiin lätyillä ja itse tehdyllä rieskalla. Lepää mummi rauhassa, tämän tutkielman itseni näköisenä omistan sinulle.

Jyväskylässä 10.3.2022

Henri Korkeaniemi

## SISÄLLYSLUETTELO

|   |     |
|---|-----|
| TIIVISTELMÄ .....   | i   |
| ESIPUHE .....   | ii  |
| SISÄLLYSLUETTELO .....  | iii |
| <br>  |     |
| 1 JOHDANTO .....  | 1   |
| 2 OPPIMINEN JA TIEDON RAKENTUMINEN .....  | 2   |
| 2.1 Oppimisen perusteet ja konstruktivistinen tiedon rakentuminen .....         | 2   |
| 2.2 Bloomin taksonomia .....  | 4   |
| 3 AVOIMEN KOKEELLISEN TUTKIMUKSEN OMINAISUUKSIA .....                           | 7   |
| 3.1 Avoimen kokeellisen tutkimuksen määritelmä tässä tutkielmassa .....         | 7   |
| 3.2 Avoimen tutkimuksellisuuden tarve ja menetelmän hyötyjä koulutuksessa ..... | 8   |
| 3.3 Luova, innovatiivinen ja kriittinen ajattelu .....                          | 10  |
| 3.4 Kysymysten esittämisen tärkeys .....  | 11  |
| 3.5 Pienryhmätyöskentely ja avoin tutkimuksellisuus .....                       | 15  |
| 3.6 Oppituntisuunnittelu ja scaffolding-ajattelu .....                          | 17  |
| 3.7 Yhtenäinen opetus ja ainerajojen ylittäminen .....                          | 19  |
| 3.8 Haasteita avoimen kokeellisuuden hyötyjen saavuttamisessa .....             | 20  |
| 3.9 Avoin kokeellinen tutkimus opetusmenetelmänä .....                          | 23  |
| 4 KOKEELLISEN TYÖSKENTELYN ARVIOINTI .....                                      | 28  |
| 4.1 Koulutuksen vaikuttavuus ja arviointi .....                                 | 28  |
| 4.2 Oppilaan arvioinnin näkökulmia .....  | 30  |
| 4.3 Kemian arviointi perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa 2014 .....   | 32  |
| 4.4 Kokeellisen työskentelyn arvioinnin menetelmiä .....                        | 34  |
| 5 OPETUKSEN TUTKIMUS JA TUTKIMUSMENETELMIÄ .....                                | 39  |
| 5.1 Opetuksen tutkimuksen piirteitä .....                                       | 39  |
| 5.2 Haastattelututkimus ja teemahaastattelu tutkimusmenetelmänä .....           | 40  |
| 5.3 Kyselytutkimus ja tilastollisen analyysin keinoja .....                     | 41  |
| 5.4 Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä .....                                | 43  |
| 6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET .....                             | 45  |
| 7 TUTKIMUSMENETELMÄT .....  | 46  |
| 8 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TUTKIMUSAINEISTO .....                                | 47  |

|  |    |
|--|----|
| 9 OPETUSKOKEILUUN VALMISTAUTUMINEN JA OPETUSMATERIAALI<br>LAATIMINEN .....           | 48 |
| 9.1 Laadittavan opetusmateriaalin lähtökohdat ja tavoitteet .....                    | 48 |
| 9.2 Tutkimustehtävän aiheen valintaperusteet .....                                   | 49 |
| 9.3 Tutkimustehtävän rakenne ja yksityiskohtaiset materiaaliin tehdyt valinnat ..... | 49 |
| 10 OPETUSKOKEILUN TULOKSET JA TULOSTEN ANALYYSI .....                                | 52 |
| 10.1 Opetuskokeilun perusteella tehty opetusmateriaalin kehittäminen .....           | 52 |
| 10.2 Opettajan kokemus ja tuntemuksia opetuskokeilusta .....                         | 54 |
| 10.3 Oppilaiden tuntemuksia opetuskokeilusta kyselytutkimuksen perusteella .....     | 57 |
| 11 POHDINTAA TUTKIMUKSESTA .....   | 64 |
| 11.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin .....  | 64 |
| 11.2 Tulosten luotettavuuden arviointi .....   | 65 |
| 11.3 Tutkimuksen eettinen tarkastelu .....   | 66 |
| 11.4 Jatkotutkimusaiheita .....  | 66 |
| 11.5 Loppusanat .....  | 67 |
| 12 KIRJALLISUUSLUETTELO .....  | 68 |
| LIITTEET   |    |
| Liite 1: Kehittämistutkimuksessa päivitetty opetusmateriaali                         |    |
| Liite 2: Oppilaiden sähköisen kyselylomakkeen kysymykset                             |    |

## 1 JOHDANTO

Ajat muuttuvat ja nykyaika vaatii työelämässä ja työelämään valmistautuessa, eli koulussa, kykyä vastata ajan tarpeisiin ja haasteisiin. 2020-luvun työelämän ja yhteiskunnan arki vaatii enenevässä määrin ongelmien ja tehtävien käsittelyä monialaisina kokonaisuuksina, analyyttistä tiedonhankinnan ja tieto- tai esitystekniikan osaamista, sekä ryhmätyöskentelyn sosiaalisia taitoja.

Ajatus avoimen kokeellisen tutkimuksen tutkimisesta oppimis- ja opetusmenetelmänä heräsi ja vahvistui jo aiemmassa kandidaatintutkielmassa.<sup>1</sup> Monelle uudenlainen näkökulma kemian opetukseen perinteisen kokeellisen työskentelyn lisänä kuulosti mielenkiintoiselta aiheelta, sekä oman tukemaan tulevaa opettajan työtä, mutta mahdollisesti myös muille opettajille hyödyllisenä aiheena. Kandidaatintutkielman kyselystä kävi myös ilmi, että vaikka ”perinteisiä” kokeellisen työskentelyn muotoja, eli työhjepohjaisia oppilastoita ja opettajan suorittamia demonstraatioita, käytetään opetuksessa suhteellisen usein, on avoin kokeellinen tutkimus lähes kaikille vastanneille vieras menetelmä.<sup>1</sup> Kuitenkin menetelmän kuvaus ja pohdinta kyselyssä herätti useissa vastaajissa kiinnostusta, ja erityisesti valmiille materiaalipaketeille olisi tilausta.<sup>1</sup>

Kandidaatintutkielman ideoiden pohjalta kiinnostus uudenlaisen menetelmän tutkimiselle laajentuikin nopeasti mahdollisuutena käyttää menetelmää perinteisen arvioinnin tukena, mutta tuottaa menetelmän mukainen oppimateriaalipaketti, sekä opettajan että oppilaan työskentelyn tueksi johonkin yläkoulun kemian aiheeseen. Myöhemmin kokeellisen osan tutkimuskysymyksistä tuleekin ilmi, kuinka avoimeen kokeelliseen tutkimukseen voidaan ottaa erilaisia näkökulmia, muun muassa arvioinnin, oppimateriaalin tarkastelun kautta. Tarkastelua voidaan myös tehdä oppilaan mahdollisten hyötyjen ja haasteiden kautta, mutta yhtä lailla myös ”perinteiseen”, opettajajohtoiseen opetukseen tottuneen opettajan kohtaamien vaatimuksien ja haasteiden kautta, joita menetelmän käyttäminen asettaa.

## 2 OPPIMINEN JA TIEDON RAKENTUMINEN

### 2.1 Oppimisen perusteet ja konstruktivistinen tiedon rakentuminen

Konstruktivismi oppimisen näkökulmana tarkoittaa ajatusta, että oppija rakentaa uuden saamansa tiedon pohjalta jonkinlaisen merkityksellisyyden, joka yhdistyy jo aiemman opitun tiedon merkitykseen. Toisin sanoen konstruktivistinen ajattelu kuvaa uuden tiedon yhdistämistä jo olemassa olevaan tietoon ja näin ollen uuden tiedon rakentamista vanhan pohjalle. Näin ollen oppimisen voidaan ajatella olevan jatkuva prosessi, jossa kaikki vastaanotettava tieto sekä kasaantuu että yhdistetään olemassa olevaan. Oppiminen on siis pohjimmiltaan yksilökohtainen, sosiaalinen jatkumo, jossa tietoa rakennetaan oman pohjatiedon perusteella määrittelemällä uusia tilanteita ja asioita. Konstruktivistiselle ajattelulle voidaankin nähdä kaksi selkeyttävää peruseriaatetta:<sup>2</sup>

1. Olennaisinta on oppijan ajatusmaailman ymmärtäminen ja sen oikeasuuntaisen kehityksen tukeminen, eli opetettavaa aihetta on opetettava oppijan mukaisesti
2. Mikään tieto ei ole itsenäistä tai muusta tiedosta irtonaista, tiedon merkityksellisyys tulee nimenomaan sen sitoutumisesta muuhun opittuun tietoon.

Kun ajatellaan isommassa kehityksessä oppimista, on hyvä ottaa lähtökohdaksi joitakin käytännöllisesti lähestyttäviä oppimisen peruseriaatteita. Jaotteluja on olemassa monenlaisia, vaikkakin niissä yleensä kulkevat mukana samanlaiset elementit. Hein<sup>2</sup> esittää konstruktivistisen, sekä yhtä lailla sitä laajentavan tiivistyksen oppimisen peruseriaatteista:<sup>2</sup>

1. Oppiminen on aina aktiivinen prosessi, eli oppija ottaa jatkuvasti vastaan tietoa erilaisten aistihavaintojen kautta. Saatava tieto ei ole irtonaista, vaan liittyy ja merkityksensä kautta yhdistyy jotenkin oppijaa ympäröivään maailmaan.
2. Oppimista tapahtuu myös oppimisen sisällä. Oppimisprosessissa on käynnissä sekä prosesseja hakea yksittäisille asioille merkitystä omassa tietokehyksessä, mutta myös prosesseja hakea merkitystä erilaisille järjestelmille tai tiedon lokeroinnille sen merkityksen mukaisesti.
3. Tärkein tiedon rakentumisen prosessi tapahtuu mentaalisenä prosessina. Vaikka fyysinen toiminta ja itse tekeminen ovat oppimisen kannalta tärkeitä, vaatii oppiminen aina mentaalisen käsittelyn, jotta tiedon yhdistämisen prosessi saadaan vietyä loppuun asti.

4. Oppimiseen liittyy olennaisesti käytetty kieli ja puhe. Empiirisesti on todettu, että erilaisille oppijoille on luonnollista esimerkiksi puhua itsekseen tehtävää miettiessään ja suorittaessaan. Kieli kommunikaation tärkeimpänä välineenä on myös tärkeä sosiaalisuuden väline.
5. Oppiminen on sosiaalista toimintaa. Kaikenlainen oppiminen on tiiviisti yhteydessä ympäröiviin ihmisiin, esimerkiksi opettajiin, muihin oppijoihin, läheisiin tai muihin ohimenevämpiin sosiaalisiin kontakteihin.
6. Oppiminen on kontekstisidonnaista, eli opitut asiat liittyvät aina osina isompiin kokonaisuuksiin. Kyseessä on aina asioiden välisten yhteyksien löytämisestä ja sen sovittamisesta omaan tietoon ja käsityksiin asioista, mukaan lukien omiin ennakkokäsityksiin tai pelkoihin.
7. Oppimiseen tarvitaan aina sopiva pohjatieto, johon uutta tietoa voidaan yhdistää. Mitä enemmän siis tiedetään, sitä enemmän voidaan oppia, eli opettava asia täytyy olla sellaista, johon oppijalla on samaistuttavaa pohjatietoa.
8. Oppiminen vie aikaa, eikä ole siis välittömästi tapahtuva prosessi. Taattua ymmärrystä varten, täytyy opittua kerrata, pohdiskella, kokeilla itse ja käyttää käytännössä. Todellinen asioiden ymmärtäminen vaatii siis valmistelua ja toistoa.
9. Oppiminen ei tapahdu ilman motivaatiota, eli tietoa siitä, mihin uutta opittavaa asiaa voi käyttää. Jos uuden asian merkitystä tai tärkeyttä ei ymmärrä, eli oppijalle ei vastata kysymykseen ”miksi”, voi oppimisprosessi helposti jäädä pinnalliseksi tai unohtua kokonaan.

Luonnontieteellisten aineiden kannalta oppimisen konstruktivisuus näkyy erilaisissa uusissa tilanteissa hyvin selkeästi. Konstruktivismissa esiintyy juuri luonnontieteille olennaisia piirteitä. Koska luonnontieteissä tutkitaan vahvasti ympäristössä havaittavia ilmiöitä, on oppijoilla olemassa usein jotain ideoita ja omien käsitystensä pohjalta perusteltavia ennakkokäsityksiä ympäristönsä ilmiöistä. Oppilaiden pohjatieto voi olla tällöin joko oikein ymmärrettyä tai hoksattua tieteellistä tietoa tai omiin kokemuksiin perustuvia, mahdollisesti virheellisiä käsityksiä. Pedagogisesti ajatellen konstruktivistinen haaste onkin rakentaa uutta opittavaa tietoa oikealle pohjalle, ja kääntää oikeiksi virheellisiä käsityksiä. Virheellisten käsitysten korjaamiseksi ja luonnontieteiden oppimisen kannalta on mahdollista yksinkertaisesti hyödyntää tiedon konstruktivistista luonnetta yksinkertaisella POE-mallisella kierrolla (*predict, observe, explain*). Oppilaiden ennakkokäsityksistä päästään selville tekemällä perusteltu hypoteesi testattavasta ilmiöstä, jonka jälkeen oppilaat pääsevät omin silmin havainnoimaan ilmiötä. Lopuksi vertaillaan oppilaiden tekemää hypoteesia todelliseen selitykseen ja havaitaan virheelliset palat pohjatiedossa, joiden paikoille opitaan tulevan selitetty, oikea tieto. Opittavan tiedon voidaan siis nähdä löytävän paikkansa pohjatiedon uutena osana eri tavoin, joko

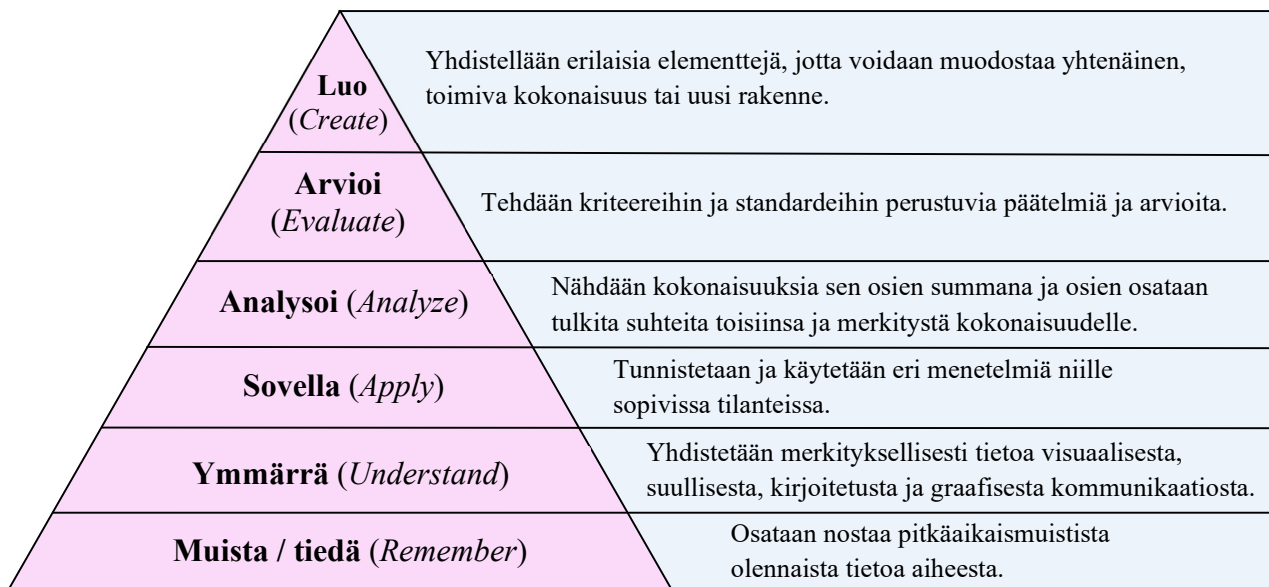


”puhtaalta pöydältä”, eli uutena tietona, joka sopii yhteen aiemman tiedon kanssa, tai virheellistä aiempaa tietoa korvaavana, tai täydentävänä tietona.<sup>3</sup>

## 2.2 Bloomin taksonomia

Bloomin taksonomia on yhden päävaikuttajansa Benjamin Bloomin mukaan nimetty, jo 1950-luvulla esitetty malli, jossa luokitellaan oppimisprosessin aikana tapahtuvaa tiedon rakentumista yksinkertaisilla avainsanoilla.<sup>4</sup> Mallia on täydennetty myöhemmin erityisesti Lorin Andersonin tutkijaryhmän toimesta 2001. Täydennetyssä Bloomin taksonomiassa erotetaan kaksi eri ulottuvuutta, joilla oppimista käsitellään ja jotka leikkaavat toisiaan; kognitiivisen prosessin, eli oppimisen ulottuvuus (*cognitive process dimension*) ja tiedon ulottuvuus (*knowledge dimension*).<sup>5</sup>

Bloomin taksonomian oppimisen tasoja kuvataan usein yksinkertaisempien oppimisen tasojen pohjalle rakentuvana kolmiona, jossa syvimpien läpikäytävien kognitiivisten prosessien tasot löytyvät siis kapenevan kolmion huipulta. Kuvassa 1 on esitetty Bloomin taksonomian oppimisen tasot yleisesti käytettynä kolmiona, sekä tasojen kohtaan lisätty lyhyet kuvaukset kunkin tason oppimisen prosesseista.<sup>4-5</sup>



**Kuva 1:** Oppimisen tasot lyhyillä kuvauksilla Bloomin taksonomian uudistetun version mukaisesti<sup>4-5</sup>

Oppimisen eri tasoilla on luokiteltavissa myös esimerkkejä erilaisista kognitiivisista prosesseista, jotka kuvaavat tason oppimisen haastavuutta. Alimmalla, muistamisen eli yleistietämisen tai käytännössä ulkoa muistamisen tasolla avainsanoja oppimisprosesseille ovat esimerkiksi asian tunnistaminen ja yhdistäminen johonkin ennalta tunnettuun, muistettavaan asiaan.<sup>4</sup> Ymmärtämisen tason oppimisprosesseja kuvaavat esimerkiksi laajemman, valmiin kokonaisuuden tulkitseminen ja tiivistäminen, esimerkkien antaminen, vastaavanlaisten asioiden vertaileminen, asioiden luokittelu tai tietopohjaisesti asioiden selittäminen ja perusteleminen.<sup>4</sup> Soveltamisen tason prosesseja ovat esimerkiksi annetun ohjeen tai mallin mukaan itse tekeminen, sekä erilaisten menetelmien käyttötärpeiden tunnistaminen.<sup>4</sup> Analysoimisen tason prosesseja ovat esimerkiksi olennaisen ja epäolennaisen tiedon erottelu ja perustelujen ja argumenttien organisointi, joko puolesta tai vastaan.<sup>5</sup> Samoin analysoinnin tasolle kuuluu eri näkökulmien ja ominaisuuksien tarkastelu, esimerkiksi kirjoittajan tai lukijan omaan perspektiivi aiheesta lähestyessä.<sup>5</sup> Arvioinnin tason prosesseja kuvaavat esimerkiksi olemassa olevan tiedon tai julkaisujen kriittinen tarkastelu ja faktojen tarkistaminen, tai eri menetelmien vertailu ongelmaa ratkaistessa.<sup>5</sup> Luomisen tason prosesseja kuvaavat esimerkiksi hypoteesien muodostaminen perustuen johonkin samankaltaiseen tai suoraan aiheeseen tunnetusti liittyvään havaintoon tai tietoon.<sup>5</sup> Vastaavasti kokonaisen tutkimusprojektin suunnittelu kaikki tarvittavat näkökulmat ja menetelmät huomioiden, sekä sen toteuttaminen ja sitä kautta tulosten tuottaminen kuuluvat ylimmän tason oppimisen prosesseihin. Tiedon taso on mallissa jaoteltu neljälle eri tasolle, jotka kuvaavat opittavan tiedon luonnetta ja oppilaan osaamista aiheesta.<sup>5</sup>

- Pinnallisimpana tiedon tasona faktatiedon taso (*factual knowledge*) kuvaa aiheen tuntemisen peruselementtejä, joita oppilas tarvitsee ollakseen jollakin tavalla sisällä aiheessa ja ratkoakseen yksinkertaisia ongelmia tietonsa avulla. Esimerkiksi aiheelle erityisten termien tai tarkkojen pistemäisten elementtien tietäminen kuuluvat faktatiedon tasolle.
- Käsitetiedon tasolla (*conceptual knowledge*) oppilas ymmärtää aiheen peruselementtien merkitystä osana laajempia kokonaisuuksia ja näkee yhteyksiä, millä kokonaisuudet liittyvät toisiinsa. Esimerkiksi erilaiset ylä- ja alakäsiteluokittelut, laajemmin pätevät periaatteet tai yleistyksen sekä kokonaisuudet erilaisista teorioista, malleista ja aineellisista tai aineettomista rakenteista kuuluvat käsitetiedon piiriin.
- Menettelytapatiedon taso (*procedural knowledge*) kuvaa tietoa, kuinka asioita tehdään käytännössä. Tieteellisen tutkimuksen keinojen ja kriteerien tunteminen, sekä tutkimustaitojen, tai muiden käytännön menetelmien käyttäminen kuvaavat menettelytapatietoa. Esimerkiksi tiettyihin aiheisiin liittyvien, sille ominaisten taitojen,

tekniikan ja menetelmien tunteminen, sekä perusteltu arviointi, millaisia menetelmiä kussakin tilanteessa tulisi käyttää ovat menettelytapatason tietoa.

- Syvimpänä osaamisen tasona metakognitiivinen taso (*meta-cognitive knowledge*) kuvaa tiedon taso, jolloin oppija on itse tietoinen omasta oppimisestaan ja oppimisen luonteesta. Esimerkiksi oppimisen strateginen suunnittelu, itsensä tunteminen oppijana, sekä oppimisen osoittamisen keinojen ymmärtäminen kuuluvat metakognitiivisen tiedon tasolle.

### 3 AVOIMEN KOKEELLISEN TUTKIMUKSEN OMINAISUUKSIA

#### 3.1 Avoimen kokeellisen tutkimuksen määritelmä tässä tutkielmassa

Avoim kokeellinen tutkimus on opetus- ja oppimismenetelmänä mahdollista määritellä usealla eri tavalla. Kansainvälisesti menetelmän yhteinen perusidea tunnetaan yleisesti nimillä ”*inquiry-based learning*”, ”*inquiry-based instruction*” tai ”*open inquiry*”. Eri määritelmien merkittävimmät eroavaisuudet ovat havaittavissa siinä, kuinka kapea, tai vastaavasti laaja, on oppilaille tutkimusprojektia aloitettaessa annettu tehtävänanto. Vastaavasti erilaisissa määritelmissä vaihtelee menetelmässä oppilaiden omatoimisuuden määrä tutkimusta tehdessä, eli toisin sanoen opettajan rooli suhteessa työskentelyyn. Tässä tutkielmassa, ja erityisesti sen kokeellisessa osassa, käytetään avoimen kokeellisen tutkimuksen opetus- ja oppimismenetelmän määritelmänä niin kutsuttua fokusoidun tutkimuksen (*focused inquiry*) määritelmää (vastaavasti muualla esimerkiksi ohjatun tutkimuksen nimellä<sup>6</sup>). Fokusoidun tutkimusprojektin alussa oppilaille osoitetaan valmis tutkimuskysymys, ongelma tai ilmiö, ja oppilaat suunnittelevat ja perustelevat itse käyttämänsä tutkimusmenetelmän, sekä tutkimuksensa tulokset ja johtopäätökset. Fokusoitua tutkimusta ohjaava opettaja toimii enemmän fasilitaattorina kuin tekemisen ohjaajana.<sup>6-7</sup>

Määritelmä on perusteltu valinta, sillä fokusoitua tutkimusta kapeampi määritelmä, eli jäsenneilty tutkimus (*structured inquiry*), jossa oppilaat saavat valmiina sekä tutkimuskysymyksen, tutkimusmenetelmän ja ohjeet siihen, sekä mahdollisesti jopa tiedon lopputulemasta, joka olisi tarkoitus saavuttaa.<sup>7</sup> Jäsenneilty tutkimus siis vaikuttaa vastaavalta kuin millä tavalla valmiiseen työohjeeseen perustuvia kokeellisia oppilastöitä ovat monet oppilaat tottuneet kemian tunneilla tekemään ja useat opettajat käyttämään opetuksensa tukena. Vastaavasti fokusoitu tutkimus tarjoaa oppilaille merkittävällä tavalla uudenlaista haastetta kokeellisen työskentelyn menetelmänä ja mahdollistaa monialaisia hyötyjä avoimen kokeellisen tutkimuksen erityispiirteiden takia.

Avoimen kokeellisen tutkimuksen ominaisuuksia, joita tässä tutkielmassa erityisesti tutkitaan ovat ainakin:<sup>7</sup>

- Opettajan rooli pikemminkin fasilitaattorina ja ohjaajana oppilaiden työskentelylle.
- Oikeiden kysymysten esittämisen ja oppilaiden omaavan tai itse hankkivan tiedon pohjalle rakentava ideoiden ruokkiminen opettajan pääasiallisina ohjaamisen keinoina.<sup>8</sup>

- Oppilaiden toiminta pienryhmissä ja ryhmätyöskentelyn sosiaaliset taidot.
- Avoin kokeellinen tutkimus monialaisena oppimisena.
- Avoin kokeellinen tutkimus sekä oppimisen, että opetuksen menetelmänä.
- Avoimen kokeellisen tutkimuksen mahdollisuudet osana kemian arviointia.

### **3.2 Avoimen tutkimuksellisuuden tarve ja menetelmän hyötyjä koulutuksessa**

Kehittyneen ja yhä hioutuvan informaatioyhteiskunnan asettamat vaatimukset haastavat perinteisiä käsityksiä sekä opetuksen järjestämisestä että nykyajan yhteiskunnassa tarvittavien taitojen tarjoamisesta koulujen opetuksella.<sup>7</sup> Yksi kulmakivi nimenomaan ajan haasteisiin vastaavaan koulutuksen kehittämiseen on lähestyä aktiivista oppimista annetuista tai havaituista ongelmista alkavan päättelyn, eli oikeiden, stimuloivien kysymysten kautta.<sup>9</sup> Oppilaan kannalta avoin kokeellinen tutkimus oppimismenetelmänä vastaakin oikein hyvin edellä mainittuihin haasteisiin. Kuitenkin menetelmään kuuluu olennaisena osana opettajan rooli ohjaajana fasilitoiden oppilasryhmien työskentelyä, mikä haastaa useita opettajia poikkeamaan opettajan perinteisestä roolista luokkahuoneessa. Menetelmän tuomille hyödyille on siis tarvetta ja tilausta nykyajan koulutus kentällä, mutta on tärkeää myös tarkastella menetelmää sekä oppilaan, että opettajan näkökulmasta.

Oppimismenetelmänä avoin kokeellinen tutkimus tarjoaa oppilaille useita sekä tiedollisen että taidollisen kehittymisen mahdollisuuksia. Tieteen oppimisen ja opetuksen luonteeseen ja siinä parhaimpiin onnistumisiin kokonaisvaltaisesti on havaittu olevan useiden eri tutkimusreittien yhdistelmät. Vaihtelevien aktiviteettien kautta tapahtuva opetus vastaa oppilaiden vaihteleviin oppimisen tarpeisiin. Peilaten tutkielman määritelmään fokusoidusta tutkimuksesta ovat nämä ominaisuuksia, jotka toteutuvat tai ovat vähintäänkin mahdollisia harjoittaa oppilasryhmien toteuttaman avoimen kokeellisen tutkimusprojektin kautta.<sup>8</sup>

Menetelmän avulla oppimalla oppilaat tutustuvat myös itse tekemällä ja kokeilemalla muun muassa varsinaisen tieteellisen tutkimuksen tekemisen vaiheisiin, aina suunnittelusta ja aikataulutuksesta, toteutuksen ja suunnitelmallisen etenemisen kautta raportointiin ja esittämiseen saakka. Omatoimiseen tiedonhakuun ja tutkimuksen tekemiseen nojaava oppiminen mahdollistaa myös harjaantumista oppilaiden ajattelun rakentumisessa ja käsitysten järjestelmällisessä

muodostamisessa. Lisäksi menetelmän luonteen takia kaikille oppilaille mahdollinen omien havaintojen ja tutkimuksen kautta tekemien hoksaamisten ja ideoiden syntyminen, ei ole useinkaan yhtä todennäköistä tai edes mahdollista valmiina annetun tiedon kautta oppiessa.<sup>10</sup>

Aiemmin on jo todettu, että opettajan lähtökohta avoimen kokeellisen tutkimuksen käyttämiseen opetusmenetelmänä saattaa olla haasteellinen muun muassa siksi, että opettajan antaessa oppilaille enemmän tilaa omatoimiseen työskentelyyn ja tutkimuksen tekemiseen, tarkoittaa se opettajan roolin muuttumista yksinkertaistettuna ”johtajasta ohjaajaksi”. Erilaisen roolin omaksumisen lisäksi opettajan haasteeksi saattaa muodostua oikeanlaisen, riittävän hyödyn ottaminen irti menetelmän käytöstä.<sup>10</sup> Monenlaiset tarjolla olevat ja oppilaille mahdollisesti tarjottavat pedagogiset hyödyt ja näkökulmat voi kuitenkin nähdä positiivisena seikkana ja mahdollisuutena opettajalle kehittää omia pedagogisia taitojaan ja haastaa oman opetuksensa ”perinteisiä” menetelmiä.

Pienryhmässä työskentelyllä ja pienryhmäoppimisella on todettu olevan tilastollisesti merkittäviä positiivisia vaikutuksia luonnontieteiden, matematiikan, teknologian ja tekniikan insinöörialojen opiskelun tuloksissa (*SMET = Science, Mathematics, Engineering and Technology*). Pienryhmäoppimisella havaittiin myös olevan positiivisia, sosiaalisia vaikutuksia muun muassa opiskelijoiden välisissä suhteissa ja ryhmäytymisessä. Opiskelijoiden myönteisempi suhtautuminen kyseisten tieteidenalojen opiskeluun havaittiin myös runsaampana suuntautumisena alojen kursseille. Vaikka kyseinen tilastollinen näyttö onkin tulosta tutkimuksesta ensimmäisten vuosien yliopisto-opiskelijoiden parissa, voidaan pienryhmätyöskentelyn hyödyt ja samalla ryhmäytötaitojen kartuttaminen nähdä pedagogisesti pätevänä hyötynä myös nuoremmille oppilaille.<sup>11</sup>

Avoimen kokeellisen tutkimuksen filosofian ytimessä ovat myös ajatus ongelmalähtöisyydestä, ja nimenomaan käytännönläheisestä ongelmalähtöisyydestä. Vaikka avoin tutkimuksellisuus ei ole suoraan yksinkertaistettavissa ongelmakeskeisyydeksi, ovat näiden tavoitteet lähellä toisiaan. Pyrittäessä ratkaisemaan käytännönläheisiä ongelmia, antavat tarvittavat toimenpiteet tilaa luovalle ja innovatiiviselle ajattelulle, jotka ovat nyky-yhteiskunnassa ja työelämässä arvostettuja taitoja, ja jotka ovat myös tutkimuksellisesta näkökulmasta olennaisia.<sup>8</sup>

### 3.3 Luova, innovatiivinen ja kriittinen ajattelu

Jotta opettaja voisi laajentaa opetuksessaan käytettävien, enemmän avoimeen tutkimuksellisuuteen nojaavien menetelmien käyttöä, täytyy oppijoita totuttaa ja ohjata ajattelemaan tehtävien, ja erityisesti tutkimuksellisten tehtävien kanssa innovatiivisesti, mutta ennen kaikkea kriittisesti esimerkiksi itsereflektoinnin keinoin. Sama pätee luonnollisesti opettajan omaan kriittiseen ajatteluun omaa opetusta suunnitellessa. Opettajalle olennaista ymmärtää, millaisia erilaisia oppimista tukevia, perustavanlaatuisia ajattelun tai tiedon prosessoinnin taitoja innovatiivinen ja kriittinen ajattelu vaatii oppijoilta.<sup>8</sup>

*Fokusoinnin taidot (focusing skills)* takaavat oppijalle valmiuksia vastaanotetun tiedon jäsentämiseen. Esimerkiksi ilmiöiden määrittelemisen, ydinasioiden ja pääkäsitteiden tunnistaminen, ongelmakohtien tunnistaminen, sekä tavoitteiden asettaminen edustavat fokusoinnin taitoja. Havainnointi, tiedon hankkiminen, kysymysten muodostaminen ja asioiden selkeyttäminen tutkimuksellisin keinoin edustavat *tiedon keräämisen taitoja (information-gathering skills)*, joilla pyritään pääsemään selvyteen aiheen sisällöstä. *Muistamisen taitoihin (remembering skills)* lasketaan esimerkiksi ymmärrys kertaamisen, visualisoinnin, muistisääntöjen tai muiden muistitekniikoiden hyödyntämisestä. Muistamisen taidoilla pyritään parantamaan uuden tiedon omaksumisen ja olemassa olevan tiedon mieleen palauttamisen taitoja. Kyvyt vertailla, luokitella tai kategorisoida, järjestellä ja esitellä tietoa kuuluvat *organisoinnin taitoihin (organizing skills)*, joilla pyritään tiedon esittelyyn tai ymmärrettävyyden tehostamiseen.<sup>8</sup>

*Analysoinnin taidot (analyzing skills)* tähtäävät sekä tiedon luokitteluun että tiedon komponenttien ja suhteiden ymmärtämiseen, eli analysointi onkin kulmakivi kriittiselle ajattelulle. Esimerkiksi ominaisuuksien ja kokonaisuuksien osien tunnistaminen, yksityiskohtien tarkastelu, erilaisten rakenteiden ja asioiden välisten suhteiden tunnistaminen, sekä virheiden tunnistaminen ovat tärkeitä analysoinnin taitoja. *Tuottamisen tai muodostamisen taidot (generating skills)* pyrkivät pohjatietoon nojaten lisäämään konstruktivisesti yhteyksiä uusiin ilmiöihin. Esimerkiksi uusien ideoiden yhdistäminen teoriakehykseen, yhtäläisyyksien ja eroavaisuuksien tunnistaminen, ennustaminen tai ilmiön yksityiskohtainen tarkastelu tukevat uusien merkitysten yhdistämistä tietoon. Myös esimerkiksi vertauskuvien tai analogisten yhteyksien muodostaminen, selitysten tuottaminen tai mielikuvien ja mentaalisten mallien muodostaminen ovat korkeatasoisia, tuottamisen taitojen prosesseja. Yhteenvedojen muodostaminen, tiedon koostaminen, ymmärrys poistaa ylimääräistä tai

tarpeetonta tietoa tai graafinen tiedon organisointi ovat esimerkkejä *yhdistämisen tai integroimisen taidoista (integrating skills)*, joilla pyritään yhdistämään tietoa ja muodostamaan kokonaisuuksia, sekä ratkaisemaan ongelmia ja muodostamaan toimintaperiaatteita tai perusteluja. *Arvioinnin taidot (evaluating skills)* tähtäävät järkeistämään ja arvioimaan ideoiden ja teorioiden arvoa. Esimerkiksi kriteeristöjen ja ehtojen laatiminen tai tiedon todistaminen tai oikeaksi vahvistaminen ovat tyypillisiä arvioinnin taitoja.<sup>8</sup>

### 3.4 Kysymysten esittämisen tärkeys

Avoimen kokeellisen tutkimuksen voidaan menetelmänä nähdä usealla tavalla pohjautuvan kysymysten esittämiseen. Avoin tutkimustehtävä alkaa esitetyllä tutkimuskysymyksellä tai ongelmalla sekä kysymyksellä siitä, miksi ongelmaan kannattaa etsiä ratkaisua tai selitystä. Oppilaiden oma tutkimus etenee asteittain kysymällä tutkimuskysymyksen alta pienempiä kysymyksiä välietappeina, lähestyen varsinaisen tutkimuskysymyksen vastauksia. Menetelmä antaa oppilaille paljon vapautta myös valita omaa lähestymistapaansa ja kysymyksiään aiheeseen.<sup>12</sup>

Oppilaiden tutkimustehtävänsä aikana esittämiä kysymyksiä voidaan käsitellä ja havainnoida kolmessa eri vaiheessa; tutkimustehtävän alussa, keskivaiheilla ja lopussa. Kysymysten esittämisen määrän voidaan myös todeta vähenevän sitä enemmän, mitä pidemmälle tutkimustehtävässä edetään, eli hankitun tiedon määrä kasvaa ja tutkittavat asiat selkenevät. Kysymysten sisältöä tutkien, tutkimustehtävän alku- ja loppuvaiheilla on havaittu korostuvan erityisesti ryhmän tehtävien jakamiseen ja organisointiin liittyvät, mutta yhtä lailla itse tutkimukseen liittymättömät, ylimääräiset kysymykset. Toisaalta erityisesti tehtävän keskivaiheilla on oppilaiden esittämien kysymysten havaittu olevan kaikkein eniten orientoituneita varsinaiseen tutkittavan aiheen tieteseen, eli tutkimustehtävän keskivaiheen voidaan sen perusteella sanoa olevan tärkein ja kiivain aiheesta oppimisen vaihe. Varsinaiseen aiheen tieteseen liittyviä kysymyksiä, esimerkiksi tutkimusmenetelmiin ja tiedon kontekstisidonnaisuuteen liittyviä kysymyksiä on havaittu kuitenkin esiintyvän tasaisesti myös tutkimustehtävän alku- ja loppuvaiheissa, vaikkakin siis hiukan vähemmän kuin keskivaiheilla. Näin ollen esitettyjen kysymysten avulla voidaan todentaa avoimen tutkimustehtävän olevan tärkeä oppimisprosessi koko projektin ajan. Koska kyseessä on pienryhmien työskentelyyn perustuva, sosiaalinen menetelmä, on luonnollista, että oppilaat esittävät myös asiaan



liittymättömiä kysymyksiä, tutkimustehtävän etenemistä edistävien kysymysten lisäksi. Huomion arvoista on myös, että kysymykset voivat olla osoitettu joko ryhmän muille oppilaille tai opettajalle.<sup>12</sup> Esimerkiksi Pöntinen *et al.*<sup>12</sup> esittelevät tutkimustaan, jossa kerättiin esimerkkikysymyksiä ja kategorioitiin oppilaiden esittämiä kysymyksiä heidän suorittamansa avoimen tutkimustehtävän aikana. Tutkimustehtävä suoritettiin pienryhmissä ja kysymysten tyylin ja kohdistumisen jaottelun lisäksi seuratiin myös niiden esittämisen määriä pääkategorioittain. Seuraavalla sivulla Taulukossa 1 on esitetty tutkimusryhmän havainnollinen kokoelma tutkimustehtävän aikana havainnoiduista kysymyksistä.<sup>12</sup>

**Taulukko 1:** Oppilaiden esittämien kysymysten sisällöt ja määrät<sup>12</sup>

| Pääkategoria   | Yleisen tason teemat                          | Alakategoria  | Esimerkkikysymyksiä  |  |
|--|---|---|--|--|
| <i>Ryhmätyön koordinointi</i><br>(669 oppilaskysymystä)                        | Vastuun ottaminen ja jakaminen                | Varmistetaan ja kerrataan tutkimusaihe  | "Mitä meidän oli tarkoitus tutkia?",<br>"Mikä oli Annan aihe?"   |  |
|  |   | Vuorotellaan tutkimuksen tekemisen toiminnoissa   | "Saanko minä käyttää tietokonetta nyt?",<br>"Haluatko sinä värittää Venuksen?",<br>"Pitäisikö meidän lisätä tähän tuo koko tarina, koska muuten teksti jää lyhyeksi?"                            |  |
|  | Jaettujen vastuiden ja etenemisen seuraaminen | Varmistetaan, että ryhmä saavuttaa asetetut tavoitteet  |  |  |
|  |   | Varmistetaan, että ryhmä etenee ja tekee tutkimusta   | "Pitäisikö alkaa hommiin?"   |  |
|  |   | Varmistetaan, mitä tutkimuksen osia ryhmäläiset tekevät   | "Mitä pitäisi tehdä seuraavaksi?", "Mitä Anna tekee?"  |  |
| <i>Tutkimuksen tekeminen</i><br>(1004 oppilaskysymystä)                        | Tiedonhaun suunnittelu ja toteuttaminen       | Suunnitellaan tiedonhakua   | "Miten voimme hakea tietoa?"   |  |
|  |   | Tunnistetaan tiedonhaun ongelmia  | "Mikä sen kirjan nimi oli?"  |  |
|  |   | Arvioidaan tiedonlähteitä   | "Mitä siinä sanotaan planeetta Maasta?"  |  |
|  |   | Varmistetaan tieteellisiä faktoja   | "Onko Marsilla ilmakehää?"   |  |
|  |   | Vahvistetaan oletettua tieteellistä tietoa  | "Auringon päätehtävä on lämmittää Maata, eikö?"  |  |
|  | Tulkitaan hankittua tietoa                    | Syvennetään tieteellistä osaamista (tietoa)   | "Miksi se (musta aukko) vetää kaikkea puoleensa?"  |  |
|  |   | Kysytään selityksiä itseltään ja ryhmältä   | "Mitä sinä luulet, että mustassa aukossa on?"  |  |
|  |   | Muodostetaan esitystä tutkimusaiheen mukaisesti   | "Pitäisikö meidän myös laittaa mukaan kuva mustan aukon rakenteesta?"  |  |
|  |   | Esityksen suunnittelu ja valmistelu   | Tarkennetaan esityksen asettelua   | "Mikä olisi sopiva fonttikoko?"                                      |
|  |   |   | Kirjoitetaan tieteellisesti  | "Kirjoitetaanko 'aurinkokunta' isolla vai pienellä alkukirjaimella?" |
| <i>Resurssien organisointi</i><br>(568 oppilaskysymystä)                       | Fyysisen oppimisympäristön järjesteleminen    | Päätetään, missä työskennellään   | "Mihin mennään tekemään?"  |  |
|  |   | Päätetään, mitä välineitä käytetään   | "Käytetäänkö me iPadeja?"  |  |
|  | Fyysisten oppimisvälineiden käyttäminen       | Kysytään apua teknisissä ongelmissa ja välineiden käyttämisessä   | "Kuinka tätä muistitikkuä käytetään?"  |  |
|  |   | Kysytään apua ongelmissa liittyen kyniin ja kirjoihin   | "Onko kukaan nähnyt minun kynääni?"  |  |
| <i>Käytetyn tietotekniikan organisointi</i><br>(281 oppilaskysymystä)          | Käytetyn tietotekniikan suunnitteleminen      | Punnitaan vaihtoehtoja, mitä ohjelmia käytetään   | "Mihin kirjoitetaan meidän tuotokset?"   |  |
|  |   | Varmistetaan käytetyt ohjelmat  | "Käykö sinulle Powerpoint?"  |  |
|  | Tietotekniikan käyttäminen                    | Kysytään apua tietotekniikan käyttämisessä  | "Miten tähän lisätään uusi sivu?"  |  |
| <i>Tutkimuksen tekemiseen liittymättömät kysymykset</i> (389 oppilaskysymystä) | Kysymykset eivät liity oppimisen aiheeseen    | Kysymyksiä harrastuksista, musiikista, televisio-ohjelmista, kavereista, perheestä ja elämästä ylipäätään | "Miten teidän jalkapallo-ottelunne meni viikonloppuna?", "Mitkä ovat sinun suosikkilaulajiasi tai -bändejäsi?", "Millä luokalla sinun pikkusiskosi on?", "Silmät kostuu, kun haukottelee, eikö?" |  |

Toimiva, kysymyksiin perustuva oppimisympäristö vaatii oikeanlaista orientoitumista tietysti oppilailta, mutta myös erityisesti opettajalta.<sup>13</sup> Suurin vaikutus on kuitenkin sillä, miten opettaja suhtautuu ja rakentaa tietä etenemiselle nimenomaan oppilaiden esittämien kysymysten mukaisesti.<sup>13</sup> Opettajan näkökulmasta tutkimuksen etenemisen kannalta tärkeää onkin ohjata oppilaiden kysymyksiä takaisin aiheen pariin tai ”oikeaan suuntaan”, jos uhkana on ajautua tarpeettomalle sivuraiteelle tai toiselta kannalta antaa arvoa oppilaiden oikean suuntaisille kysymyksille ja näin pönkittää oppilaiden motivaatiota ja onnistumisen kokemuksia.<sup>13</sup> Opettajalle ei ole myöskään kannattavaa tarttua ja rakentaa ihan jokaisen oppilaiden esittämän kysymyksen päälle, sillä aktiivisella ja uteliaalla ryhmällä saattaa esitettyjen kysymysten määrä mielenkiintoisen tutkimusprojektin aikana olla huomattavan suuri.<sup>12-13</sup>

Opettajalle kysymysten kautta ohjaaminen on myös käytännön keskittymistehtävä, jossa täytyy olla todella hyvin hallussa tieto oppilaiden tutkimasta ilmiöstä ja sen teoriasta. Jos opettajalla ei ole tarpeeksi vankka käsitys oppilaiden tutkimasta aiheesta, vaikeutuu oikeiden kysymysten esittäminen ja oppilaiden oikeaan suuntaan ohjaaminen huomattavasti. Opettajalla on käytännössä useampia vaihtoehtoja, joilla hän pystyy vastaamaan oppilaiden esittämiin kysymyksiin ja etenemään esitetystä kysymyksestä eteenpäin. Kuitenkin riippuen opettajan tilannetajusta ja käytännön ymmärryksestä sekä etenemisen tavoitehakuisuudesta, erilaisilla vastauksilla saattaa olla erilaisia vaikutuksia.<sup>13</sup>

Seuraavassa on esitetty useampia eri vaihtoehtoja opettajan etenemiselle oppilaan kysymyksen jälkeen. Luettelossa voi nähdä alkupään olevan vastaustapoja, joissa opettaja rakentaa oppilaan kysymyksen päälle vähän tai ei juuri ollenkaan ja näin etenee kysymyksestä, kun taas vastaavasti luettelon loppupäässä opettaja rakentaa vahvasti oppilaan kysymyksen varaan ja sitä ruokkimalla etenee oppilaan kysymyksestä.<sup>14</sup>

- Opettaja sivuuttaa oppilaan kysymyksen, vaihtaa aihetta ja etenee.
- Opettaja antaa oppilaalle suoran, tällä hetkellä käytännöllisimmän vastauksen, varmistaa, vastasiko oppilaan mielestä riittävästi kysymykseen ja etenee.
- Opettaja palauttaa kysymyksen takaisin oppilaalle esittämällä saman kysymyksen takaisin esimerkiksi kysymällä; ”mitä olet tästä itse mieltä?”, ja näin palauttaa kysymysten kontrollin itselleen ja etenee.
- Opettaja kääntää oppilaan kysymyksen empiirisesti testattavaksi kysymykseksi tai muuten oppilaiden jo hankkimalla tiedolla vastattavaksi kysymykseksi ja näin etenee.

### 3.5 Pienryhmätyöskentely ja avoin tutkimuksellisuus

Korkeakouluopiskelijoita tutkiessa on havaittu tarvetta opetuksen jatkotutkimukselle ja kehittämislle vahvistamaan opiskelijoiden tutkimustaitoja ja vahvaa tietopohjaa jo varhaisessa vaiheessa. Yhtenä keinona näiden harjaantumislle on havaittu olevan pienryhmissä toteutetut, pienetkin tutkimusprojektit ja muu kokeellinen työskentely jo hyvissä ajoin ennen korkeakouluja.<sup>11</sup> Pienryhmätyöskentelyn on havaittu vahvistavan akateemista kyvykkyyttä muun muassa motivaation ja tunnepohjaisten vaikutusten, mutta myös kognitiivisten vaikutusten kautta.<sup>11</sup> Työskentely yhdessä muiden ryhmäläisten kanssa yhteisen ryhmän parhaaksi on osoittautunut tehokkaaksi motivaatioksi tavoitella parempia suorituksia.<sup>11</sup> Vastaavasti, jos tunnetasolla ryhmässä on hyvä yhteishenki ja ryhmäläisillä on turvallinen ympäristö oppia, paranevat myös tulokset.<sup>11</sup> Ryhmätyöskentelyn sosiaalinen kanssakäyminen ryhmäläisten välillä aiheeseen liittyen, eli asioista keskusteleminen, vastakkaiset mielipiteet, väittely, omien kantojen perustelevminen ja toisten perustelujen kuuleminen taas ruokkivat yksilöiden kognitiivista kehitystä.<sup>11</sup> Pienryhmässä toimiessa erilaiset ryhmäläisten ajatusmallit ja niiden ilmaiseminen tukevat koko ryhmän työskentelyn etenemistä.<sup>15</sup>

Tutkimuksellisten taitojen kehittämisen tarpeeseen jo varhaisemmassa vaiheessa vastaavat erityisesti nimenomaan avoimen kokeellisen tutkimuksen kaltaiset, ongelmalähtöiset ja tutkimukselliset ryhmätehtävät. Tutkimuksellisia menetelmiä voidaankin tuoda opetukseen jo varhaisissa vaiheissa alakoulusta lähtien, koska kunhan tutkimukselliset tiedot ja taidot rakentuvat oppijoille vastaavasti konstruktiiivisesti, kuten kaikki muukin opittava.<sup>15</sup>

Pienryhmätyöskentelyn käyttäminen asettaa opettajan roolin haastavaan tilanteeseen. Mikäli opettaja haluaa saada irti pienryhmässä, oppilaiden keskenään työskentelyn hyötyjä, on opettajan asetuttava välillä enemmän keskustelua kevyemmin oikeaan suuntaan ohjaavaan fasilitaattorin rooliin. Mille tahansa pienryhmille annettavat avoimet tehtävänannot tai tutkimuskysymykset on syytä miettiä huolellisesti, jotta niiden avulla saadaan ongelmalähtöisestä ryhmätyöskentelystä paras mahdollinen hyöty irti. Seuraavassa on annettu esimerkkejä huomioitavista avainkysymyksistä miettiessä pienryhmille annettavia, avoimia tehtävänantoja:<sup>16</sup>

- Kattaako tehtävänanto, tai kattaako ratkaisujen löytämiseksi kerättävä tieto ne aihealueet, joita ryhmätehtävällä halutaan opittavan?

- Onko tehtävänanto suoraan tai muuten helposti liitettävissä johonkin todelliseen ilmiöön tai arjen tilanteeseen? Tämä auttaa tehtävän aloittamista ja motivoi tehtävän suorittamista.
- Onko tehtävänanto tarpeeksi laaja tai tarpeeksi fokusoitunut? Kapea tehtävänanto rajaa helposti tehtävää, laajempi mahdollistaa avoimempaa ja tutkimustaitoja korostavaa tekemistä, mutta mahdollistaa myös aiheesta eksymistä.
- Vastaako tehtävän vaativuus oppilaiden tieto- ja taitotasoa, eli onko oppilailla riittävät pohjatiedot aiheen tutkimiseen?
- Harjaannuttaako tehtävä oikeasti tekijöitään tutkimustaitojen monipuoliseen kartuttamiseen, eli vastaamaan tieteellisen tutkimuksen tiedonhankinnan ja ongelmanratkaisun vaatimuksia?

Tehtävänannon huolellisen valinnan ja edellisten kysymysten mukaisesti muuan muassa riittävien pohjatietojen kartoittamisen lisäksi oppilaiden otetta tutkimukselliseen oppimiseen, mutta myös opettajan toteuttamaa fasilitointia ryhmien työskennellessä helpottaa merkittävästi, jos myös oppilailla on tiedossa jonkinlainen, edes suurpiirteinen teoria avoimen kokeellisen tutkimuksen piirteistä ja lähtökohdista.<sup>16</sup> Ideaalisin tilanne tutkimuksellisen tehtävän aloittamiselle luonnollisesti olisi, jos jonkinlainen tuntemus avoimen tutkimuksellisuuden menetelmistä ja lähtökohdista olisi oppilailla olemassa muun pohjatiedon mukana. Tilanne todella on tällainen, jos avoin tutkimuksellisuus on oppilaille jo tuttu tapa oppia aiemmista ryhmätehtävistä.

Tutkimuksilla, joissa uuden opittavan aiheen oppimista on havainnoitu tarkasti sekä pienryhmässä että perinteisesti, eli opettajajohtoisesti suuremmassa ryhmässä, on todennettu pienryhmä oppimisella olevan positiivisempia tuloksia sekä aiheen ymmärtämisessä että passiivisempien oppilaiden lisääntyneenä aktiivisuutena. Tuomela ja Hähkiöniemi<sup>17</sup> esittävät tuloksia tutkimuksesta, jossa tutkittiin nimenomaan oppilaiden toimintaa pienryhmissä, joihin oli jaoteltu vastaavasti eri tasoisia oppilaita. Ryhmille annettiin tehtäväksi ratkaista yhtälöitä ja sen jälkeen soveltaa oppimaansa ja itse rakentaa yhtälöitä, niiden käsittelyn sääntöjen mukaisesti. Tutkijat havaitsivat tehtävien ratkaisun aikana oppilasryhmillä kahdenlaista selkeää muutosta ryhmän toiminnassa. Oppilaat innostuivat tehtävän aikana siirtymään itsenäisestä pohdiskelusta ja ratkaisusta jakamaan ajatuksiaan ja ideoitaan, eli ratkomaan tehtäviä yhteistyössä. Toisaalta ryhmässä myös useampi alussa passiivisemmista oppilaista rohkaistui huomattavasti aktiivisemmiksi tehtävän tekemisen aikana. Tutkijat näkivätkin merkittäväksi tekijäksi muutoksille ja ryhmien toiminnalle juuri annettujen tehtävien aiheen laajuuden, tai tässä tapauksessa pistemäisyyden. Ryhmät onnistuivat tehtävissä hyvin keskenään ja onnistuivat kehittymään kokonaisvaltaisesti työskentelyn aikana, vaikka opettajan rooli

asiantuntijana ja tarvittaessa fasilitaattorina oli tutkimuksen ryhmätöissä tarkoituksella mahdollisimman pieni.<sup>17</sup>

Pienryhmässä ja vertaisilta oppiminen ovat ihmiselle luonnollinen tapa oppia. Luonnollista oppimisen keinoa onkin mahdollista hyödyntää oppimisen tukena silloin, kun sitä erityisistä syistä tarvitaan enemmän. Oppilaiden toimiessa pienryhmissä, eli osittain itsenäisesti vertaisryhminä, ja opettajan tarjotessa juuri kyseisen ryhmän tarvitsemaa tarkempaa ohjausta, on pienryhmätyöskentelyä mahdollista siis hyödyntää myös erityisopetuksen keinona. Pienryhmätyöskentelyn on todettu edistävän oppimista, on oppilaan erityisopetukseen syynä sitten keskittymisvaikeudet, oppimisvaikeudet, käyttäytymishäiriöt tai viivästynyt koulunkäynnin aloittaminen. Huomion arvoista on, että jos pienryhmässä oppimisesta on selkeästi havaittu olevan hyötyä eri tasoisen erityisopetuksen piiriin kuuluville oppilaille, ovat vastaavat hyödyt varmasti merkittäviä myös muille oppilaille.<sup>18</sup>

### **3.6 Oppituntisuunnittelu ja scaffolding-ajattelu**

Yksi opettajan kannalta tärkeitä osia avoimen kokeellisen tutkimuksen toteuttamisesta opetusmenetelmänä on tutkimuksellisuuden huomioiminen opetuksen ja oppituntien suunnittelussa, sekä avoimuuden eri tasojen tuominen oppilaiden työskentelyyn.

Lähestyttäessä avoimen tutkimuksellisuuden huomioimista opetuksen valmistelussa, voidaan olennaisimpana suunnitteluun vaikuttavana tekijänä pitää opettajan pätevyyden lisäksi erityistä kompetenssia (*competence*), nimenomaan liittyen avoimen tutkimuksellisuuden vaatimukseen. Avoimen tutkimuksellisuuden lähtökohtana täytyy olla opettajalla näkemys, millaisia sekä mentaalisia että materiaalisia vaatimuksia työskentelyllä on oppilaille. Opettajalla tulisi siis olla jo etukäteen visio siitä, millaisilla keinoilla ja mistä lähteistä oppilaat hakevat tietoa tutkimuksensa aikana. Avoimen tutkimuksen aihevalinnan lisäksi juuri käytettävät tiedonlähteet ja ohjatut tiedonhankinnan keinot vaikuttavat myös tutkimuksen aikana tapahtuvan oppimisen kiinnittymiseen oppijoiden käsitykseen ympäristöstään ja arkielämästä. Jos siis tutkimuksessa käytetyt keinot ja tiedonlähteet ovat oppilailla käytettävissä myös muualla, kuin vain luokkatilanteessa, ovat opitut tiedonhaun taidot ja keinot oppilaille enemmän käytännönläheisiä, koska niitä voi hyödyntää myös omatoimisesti.<sup>10</sup>

Avoimen tutkimuksen aiheen valitsemisella on merkitystä ennen kaikkea sen oppilaiden muuhun työskentelyyn ja etenevään oppimiseen liittymällä. Aiheen tulee olla avoimen tutkimuksellisuuden luonteen vuoksi riittävän rajattu kokonaisuus, jotta oppilasryhmät voivat helpommin edetä menetelmän mukaisesti. Toisaalta aiheen ei tule olla liian irrallinen kokonaisuus muusta esimerkiksi edellisten tai seuraavien oppituntien aiheista, sillä mitä enemmän tutkimuksen aihe sisältyy oppilaiden muuhun kehittyvään tietokokonaisuuteen, sitä paremmin avoimen tutkimuksellisuudesta voidaan saada hyötyjä irti vaikuttamaan positiivisesti, myös muuhun oppimiseen ja asioiden ymmärtämiseen.<sup>10</sup>

Avointa tutkimuksellisuutta tulisi harjoittaa sillä tavalla, että se varmasti tukee oppilaiden oppimista opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti, mutta myös siten, että oppimäärän kokonaistavoitteet varmasti saavutetaan. Tämä on olennaista huomioida oppituntien ja suurempien aihekokonaisuuksien suunnittelussa, sillä avoin tutkimuksellisuus voi sitoa aikataulutuksen lisäksi erityisesti opettajan resursseja eri tavalla, kuin tavallinen opetus. Opettajan tulee olla oppilaiden tiedollisten ja taidollisten valmiuksien lisäksi varma suunnittelemiensa avoimen tutkimuksellisuuden menetelmien toimivuudesta, jotta menetelmän käyttö palvelee opetuksen tarkoitusta.<sup>10</sup>

”*Scaffolding*” kuvastaa yksinkertaisimmillaan kognitiivista tiedon rakentumista, mutta tarkastellen asioita myös käytännöllisesti, eli esimerkiksi opetuksen- ja oppituntisuunnittelun näkökulmasta. Alkuperäiseltä, englanninkieliseltä nimeltään ”*cognitive scaffolding*” eli vapaasti suomennettuna ”kognitiiviset tuet”, tai ”rakennustelineet”, kuvastaa menetelmää, jossa opetuksen tuki sovelletaan kunkin oppijan omien tarpeiden mukaiseksi.<sup>19-20</sup> Tarvittavan tuen määrä on suurempi tutkimusprojektin, tai pienemmänkin kokonaisuuden ongelmanratkaisun hankalimmissa vaiheissa. Tuen tarpeen määrä vähenee, kun ongelmanratkaisu etenee. Menetelmän perusajatuksena on auttaa yksilöä selviytymään ongelmista, joista tämä ei luontaisesti, ilman apua pystyisi suoriutumaan. Menetelmän avulla tarjottava tuki on monialaista, eikä välttämättä asetu pelkästään opettajan tehtäväksi, sillä oppijan tueksi voidaan laskea myös esimerkiksi ryhmässä vertaisilta saatu tuki. *Scaffolding*-ajattelun mukainen oppimisen tukeminen tapahtuu usein luonnollisesti käyttämällä vaihtelevasti erilaisia tekemisen ja oppimisen muotoja. Esimerkiksi sosiaalinen vertaisten kanssa oppiminen, tekemällä oppiminen asiantuntijan ohjauksessa tai mentorointimallien ohjaaminen eri pituisissa oppimisprosesseissa sisältävät vahvoja elementtejä menetelmän mukaisesta tuesta. Ylipäätään menetelmässä olennaista on se, että oppimisen ajan tukena ja taustalla on aina olemassa enemmän tietoa omaava opastaja, on tämä sitten opettaja tai muuten enemmän osaava tai tietoinen oppilas.<sup>19</sup>

*Scaffolding*-ajattelun hyödyntäminen oppituntien suunnittelussa voi tarkoittaa käytännössä opettajan tekemää valmistelutyötä, jossa avataan opetettavaa aihetta ja rakennetaan oletus aiheeseen liittyvän teorian rakentumisesta, ennustetaan millaisen päättelyketjun oppilaat käyvät läpi, jos he omaksuvat täysin aiheeseen liittyvän tiedon. Asteittain, loogisesti rakentuvaa oppitunnin suunnitelmaa voi ajatella myös perinteisten, oppilaille teetettävien muistiinpanojen avulla, sillä niissäkin halutaan saada sekä loogisesti että visuaalisen etenemisen kannalta aikaan nousujohteisesti etenevä tiedon rakentumisen järjestys. Tällainen oppitunnin, tai useamman oppitunnin kokonaisuuden mittainen tiedon rakentumisen tarina (*lesson story line*) voi myös suuresti avustaa opettajaa pitämään kiinni etenemisen aikataulusta ja tukea ikään kuin käsikirjoituksena opettajan fasilointia oppilaiden itse työskennellessä ja hakiessa ratkaisuja ongelmiin. Oppituntisuunnitelmaa tiedon kertymisen tarinana voidaan myös helposti esittää visuaalisesti, esimerkiksi yksinkertaisena nuolikaaviona esittäen ydinkäsitteiden rakentumista ja yhteyksiä toisiinsa. Vastaavasti visuaalinen esitys voi olla myös vapaamuotoinen oppituntisuunnitelmakaavio, jossa kuvataan oppitunnille tavoite ja lähtökohdat sekä korostetaan tärkeimpiä avainkäsitteitä ja niihin päätymistä. Strukturoituun oppituntisuunnitelmaan on myös helppo implementoida muistiinpanoina ja muistutuksina olennaisia tieteellisen tutkimuksen vaiheita, esimerkiksi pienten hypoteesien ja niiden perustelun kohdat oppitunnin etenemisessä.<sup>20</sup>

### 3.7 Yhtenäinen opetus ja ainerajojen ylittäminen

Alkuperäinen, englanninkielinen käsite ”*integral education*”, eli vapaasti suomennettuna ”yhtenäinen opetus”, käsittää opetuksen monialaisena kokonaisuutena.<sup>21</sup> Käsite mielletään yleisesti tarkoittamaan ainerajoja ylittävää opetusta ja eri aineiden tietojen yhdistämistä ja soveltamista käytännön toteutuksiin asti. Avoimen kokeellisen tutkimuksen kannalta voidaan yhtenäinen opetus kuitenkin nähdä myös erilaisten tai eri teemaisten oppimisen menetelmien muodostamana uudenaikaisena kokonaisuutena. Esimerkiksi erilaisia tiedonhankinnan, tiedonkäsittelyn ja vaikkapa tuotosten esittelyn menetelmiä sekä erilaisia ryhmätyöskentelyn menetelmiä yhdistämällä saadaan aikaan ihan uudenlainen oppimisen kokonaisuus. Erilaisia avoimen kokeellisen tutkimuksen tiedonhankinnan, tulosten esittämisen, tai nimenomaan käytännön kokeellisen tekemisen tutkimuksia pystytään usein tekemään hyvin erilaisilla tavoilla ja silti päätyään samaan lopputulokseen.<sup>3,21</sup>

Yhtenäisen opetuksen ajattelemisen erilaisten menetelmien kokonaisuutena lähteekin useiden eri tutkimusreittien tapauksessa kysymyksestä; ”mikä teoria, tai mikä menetelmä on paras?”<sup>3</sup> Tähän



vastaus ei ole useinkaan helposti todettavissa, eikä absoluuttisen vastauksen hakeminen välttämättä ole edes kannattavaa.<sup>3</sup> Esimerkiksi avoimen kokeellisen tutkimuksen tapauksessa, jos useammalla tutkimusryhmällä on sama tutkimuskysymys ja ryhmät ovat päässeet samaan lopputulokseen, mutta ovat tehneet sen eri menetelmillä ja eri tutkimusreittejä pitkin edeten, ja vielä esittelevät lopputuloksensa eri tavoilla, on koko ryhmän tutkimusprojektin kokonaisuus monipuolinen ja ryhmien eri menetelmistä riippumatta onnistunut.

Ainerajojen ylittämisen ja eri menetelmien käyttämisen lisäksi yhtenäinen opetus voidaan nähdä myös nykyisin laajasti saatavilla olevan tietoteknisen välineistön käyttämisenä opetuksen osana, ei pelkästään erityismausteena. Oikein käytettynä tietotekniset välineet esimerkiksi simulaatioiden, videomateriaalin tai muiden mallinnusten avulla tarjoavat oppilaille mahdollisuuksia myös visualisoida ilmiöitä.<sup>15</sup>

Opettajan pedagoginen osaaminen tietotekniikan hyödyntämiseen opetuksessa voidaan tiivistää ajatella olevan tulosta kolmen erilaisen alan tiedon yhdistämistä palvelemaan yhtä tarkoitusta. Sujuva ja aidosti tarkoituksenmukainen tietotekniikan hyödyntäminen vaatii opettajalta sekä pedagogista osaamista (*pedagogical knowledge*), sisällöllistä osaamista (*content knowledge*) että teknologista osaamista (*technological knowledge*). Näitä osaamisaloja yhdistäessä tavoitteena onkin siis saada esitettyä aihe tai käsite teknisillä apuvälineillä, siten että esitys jollain tapaa tehostaa oppimisen tavoitteiden saavuttamista. Sisällöllisen osaamisen tuote halutaan siis esittää teknologisen osaamisen avulla, siten että esityksellä tähdätään pedagogisen osaamisen hyödyntämiseen.<sup>3</sup>

### **3.8 Haasteita avoimen kokeellisuuden hyötyjen saavuttamisessa**

Aiemmin on useammassa kohdassa sivuttu, että vaikka avoimella kokeellisella tutkimuksella opetusmenetelmänä on luontaisesti saavutettavissa useita, opetuksen kannalta pedagogisia ja oppimisen kannalta kognitiivisia etuja, saattaa menetelmän käyttämisessä tai sen käytön kokeilemisessä olla haasteita.

Tzou *et al.*<sup>22</sup> ovat analysoineet asiaa osaavan ja menetelmää tottuneesti käyttävän opettajan avoimeen kokeelliseen tutkimukseen perustuvaa opetusta menetelmän haasteiden ja hankalien kohtien kautta. Tutkimustaan ja omia havaintojaan tutkijat täydensivät myös kyseisen opettajan omilla havainnoilla ja reflektiolla luokkatilanteista. Tutkijoiden lähtökohtana oli pureutua tarkemmin muutamaan

keskeiseen haasteeseen, joita avointa kokeellisuutta harrastavat opettajat kohtaavat usein oppitunneillaan.<sup>22</sup>

Ensimmäisenä näkökohtana tutkijat nostavat tasapainoilun oppilaiden omien oivallusten hyväksymisen ja tunnustamisen, sekä olennaisimpien asioiden löytämisen ja ymmärryksen takaamisen kanssa. Opettajan tehtävänä on kuitenkin sekä tukea oppilaiden esittämiä hypoteeseja ja teorioita, mutta yhtä aikaa varmistaa, että ne muodostetaan tieteellisin perustein. Toisaalta opettaja haluaa luoda oppilaista sellaisia ryhmätyöskentelijöitä ja yhteisön jäseniä, jotka uskaltavat esittää ajatuksiaan ja hypoteesejaan ääneen. Opettajan tehtävänä on myös varmistaa, että kaikki oppilaat ymmärtävät mihin hypoteesi perustuu, eli hypoteesien on perustuttava sellaiseen tieteelliseen tietoon, jota oppilailla on jo hallussaan.<sup>22</sup>

Toisena haasteena tutkijat tuovat esiin on oppilaiden luontainen taipumus perustaa hypoteesejaan ja vastauksiaan herkemmin omiin kokemuksiinsa, jolloin hypoteesien muodostamisen lisäksi myös sitä tukevat selitykset ovat kokempohjaisia. Pelkästään hypoteesien tekemiseen rohkaisu ei siis opettajalta riitä, vaan haasteena on niiden perustuminen muuhun kuin tieteelliseen tietoon hypoteesin selityksenä. Tutkimuksen esimerkkiopettajan mukaan keinoja ongelmien välttämiseen ja oppilaan ohjaamiseen oikeaan suuntaan ovatkin esimerkiksi mielikuvaesimerkit samankaltaisesta tilanteesta, jolloin selityksen täytyy kuitenkin perustua oikeille faktoille. Samoin jatkamalla oppilaan esittämän kommentin mukaiseen suuntaan, voi opettaja antaa oppilaan kontribuutiolle arvoa, mutta ohjata myös muodostamaan seuraavia hypoteeseja oikealle pohjalle.<sup>22</sup>

Kolmantena laajempaa haasteena tutkijat tuovat esiin välillä haastavan rajanvedon opettajajohtoisen ja oppilasjohtoisen avoimen tutkimuksellisuuden välillä. Opettajan haasteena on yhtä aikaa tukea oppilaiden ideoita ja ehdotuksia, mutta yhtä aikaa pitää kiinni koko oppimiskokonaisuuden etenemisestä ja tavoitteiden saavuttamisesta. Tiukkoja tilanteita voi tulla vastaan esimerkiksi, jos oppilailla tulee erimielisyyttä asioiden ja teorioiden oikeudesta tai oppilas ei ymmärrä toisen oppilaan käsitystä tai perustelua aiheesta, perustuvat oppilaiden käsitykset sitten faktoihin tai omaan kokemukseen asiasta, syntyvä konflikti voi asettaa haastetta etenemiselle.<sup>22</sup>

Zion ja Mendelovici<sup>23</sup> ovat punninneet avoimen kokeellisuuden haasteita lähestyen aihetta avoimuuden, eli oppilaskeskeisyyden laajuuden kautta. Määritellen avoimen tutkimuksellisuuden (*inquiry*) avoimuudelle yleiseen tapaan esimerkiksi kolme eri laajuutta, voidaan punnita menetelmällä saavutettavia hyötyjä ja ennen kaikkea haasteita toteutuksessa nimenomaan

saavutettavien hyötyjen mukaan. Tähän vertailuun määritellään avoimuudelle tasot tutkijaryhmän mukaan strukturoitu tutkimus (*structured inquiry*), ohjattu tutkimus (*guided inquiry*) ja avoin tutkimus (*open inquiry*). Näistä strukturoitua tutkimusta oppilaat tekevät opettajan antaman kysymyksen tai muun tehtävänannon mukaisesti käymällä tutkimuksessa läpi ennalta määrätyt vaiheet tarkkojen ohjeiden mukaisesti. Ohjatussa tutkimuksessa oppilaat saavat strukturoidun tutkimuksen tapaan opettajalta tutkimuskysymyksen tai -ongelman, johon suunnittelevat itse tutkimuksensa, esimerkiksi tiedonhankinnan, koejärjestelyn ja raportoimisen toteuttamisen. Ylipäätään oppilaat johtavat itse ohjattua tutkimusta ja opettajan rooli on fasilitoida oppilasryhmien etenemistä sopivilla ohjaavilla kysymyksillä. Avoimessa tutkimuksessa vastaavasti opettaja tarjoaa yleisemmän aiheen tai tietokokonaisuuden, jota oppilasryhmät lähtevät tutkimaan muodostaen itse sekä tutkimuskysymyksensä, tavoitteensa että menetelmänsä.<sup>23</sup>

Tutkijaryhmän mukaan täysin avoin tutkimuksellisuus, joka siis mallintaa eniten oikeaa, tieteellistä tutkimusta tekevien toimintaa, tarjoaa oppilaille eniten valmiuksia ja arvokasta kokemusta tutkimuksellisten taitojen harjoittamisesta. Yhtä aikaa suurimpien potentiaalisten hyötyjen mukana kulkee käytännössä isoja haasteita, sekä opettajan fasilitoinnin että käytössä olevan ajan kanssa. Tutkijat kokevat nimenomaan opettajan fasilitoivan ohjauksen olevan ratkaisevaa avoimen tutkimuksellisuuden hyötyjen saavuttamiseksi. Oppilaiden oikeanlainen osallistumisen aktivoiminen korostuu, kun oppilaiden tehtävänä olisi muodostaa itse eteenpäin vievät kysymykset ja opettajan ohjata oppilaita nimenomaan tekemään valintoja tutkimuksen etenemisestä. Jotta opettaja pystyy tällaiseen ohjaukseen, täytyy hänellä olla hyvä käsitys tiedon rakentumisesta ylipäätään, sekä tutkittavassa aiheessa, mutta myös kyseisten oppilaiden kognitiivisista valmiuksista.<sup>23</sup>

Ylipäätään, juuri tarkan rakenteen mukaisesta ja ohjeiden seuraamiseen perustuvan, strukturoidun tutkimuksellisuuden koetaan olevan helpointa järjestää ja varmistaa asiantiedon oppiminen, mutta itse tutkimuksellisuuden tavoitteet, eli tutkimukselliset taidot ja tieteellisen tutkimuksen tekemisen luonne jäävät osaltaan ohuemmaksi sisällöksi. Tätä avoimemmat tutkimuksellisen oppimisen muodot (ohjattu tai avoin) ovatkin haastavampia opetusmenetelmiä ohjata, mutta niiden on todettu olevan kattavampia oppimisen muotoja käsittäen sekä asiasisältöjen että tutkimuksellisten taitojen kartuttamista. Avoimemman tutkimuksellisuuden kautta oppiminen edustaakin laajemmassa pedagogisessa kehyksessä siirtymistä ohjeistuksesta ja mallin seuraamisesta (*instructionism*) sosiaalisempaan oppimiseen ja osaamisen rakentumiseen (*social constructivism*).<sup>23</sup>

### 3.9 Avoin kokeellinen tutkimus opetusmenetelmänä

Kun tutkitaan avointa kokeellista tutkimusta opetusmenetelmänä, vertaillaan sitä usein sekä perinteisiin, opettajajohtoisiin opetusmenetelmiin, mutta välillä myös muunlaisiin menetelmiin. Sola ja Ojo<sup>24</sup> ovat tutkineet kemian tasotesteillä oppilaiden suorituksia vertaamalla eri menetelmillä opetettujen oppilasryhmien tuloksia. Tutkimuksen menetelmistä perinteistä opetusta edustaa luento-demonstraatiomenetelmä (*lecture-demonstration method, LDM*) ja tästä eroavia menetelmiä projektimenetelmä (*project method, PRM*), sekä avoimen kokeellisen tutkimuksen menetelmä (*inquiry method, IQM*).<sup>24</sup>

Tutkimuksen menetelmistä avoin kokeellinen tutkimus (IQM) kulkee vahvasti käsi kädessä projektimenetelmän (PRM) kanssa sekä etenemiseltään, menetelmiltään että myös määrämittaisen luonteensa takia. Määrämittaisella tässä tarkoitetaan tehtävän määritettyä alkua tehtävänannosta ja vastaavasti yhden kokonaisuuden päättymistä, kun tutkimuksen lopputulemaan on päädytty, sekä tutkimus on raportoitu ja esitelty. Merkittävä ero menetelmien välillä kuitenkin on, että projektimenetelmän eteneminen ja tutkimuksellisuus toteutettiin oppilaiden omalla ajalla ja omaan tahtiin raportoiden opettajalle etenemisestään määräajoin. Vastaavasti avoimen kokeellisuuden oppitunnit ja ryhmien eteneminen tehtiin luokkahuoneessa oppitunneilla siten että avointen tutkimustehtävien aiheet olivat samoja kuin projektimenetelmää toteuttavan ryhmän. Luento – demonstraatiomenetelmän oppilasryhmä käsitteli samat aiheet opettajajohtoisesti.<sup>24</sup>

Tutkimuksen lopputulemana tutkijat havaitsivat, että testatun aiheen testeissä projektimenetelmällä (PRM), eli omalla ajallaan ja omatoimisesti aiheesta oppineet oppilaat pärjäsivät testissä merkittävästi paremmin kuin muut tutkitut opetusryhmät (LDM ja IQM), jotka taas keskenään pärjäsivät lähes yhtä hyvin. Tutkijoiden pohdintoja tuloksista on esimerkiksi, että ajankäyttö rajoittaa esimerkiksi avoimen tutkimuksellisuuden menetelmän saavuttamia tuloksia verraten projektimenetelmään, sillä luokkahuoneessa käytetty oppitunti on suhteessa lyhyt, kun oppiminen tapahtuu oppilaiden omaan tahtiin. Lisäksi projektimenetelmällä kukin oppilas joutuu itse tekemään itsenäisesti töitä oppimisensa eteen, mikä näkyy tuloksissa.<sup>24</sup>

Tutkijoiden lopputulemana avoimeen kokeelliseen tutkimukseen ja projektioppimiseen ylipäätään on, että monipuolisuus käytetyissä menetelmissä tuottaa kokonaisuutena parhaita tuloksia. Toisin sanoen, vaikka avoimeen tutkimuksellisuuteen perustuvilla menetelmillä on todennettu olevan

lukuisia, menetelmille luontaisia etuja oppimisen laaja-alaisuuden ja erilaisten taitojen harjoittamisen kannalta, on tärkeintä kuitenkin kaikenlaisilla menetelmillä tasapainoinen kokonaisuus ja taitavat opettajat hyödyntävätkin samalla oppitunnillakin hyödyllisiä osia eri menetelmistä.<sup>24</sup>

Huomion arvoista on myös, että perinteisilläkin menetelmillä on mahdollista tuottaa hyviä oppimistuloksia. Esimerkiksi samaa aihetta opiskellessa saattavat avoin kokeellinen tutkimus tai vastaavasti tarkemmin strukturoitu, valmiiseen työohjeeseen perustuva kokeellinen työskentely tuottaa yhtä hyviä oppimistuloksia.<sup>25</sup> Useamman tutkimuksen pohjalta voidaan kuitenkin olettaa, että avoin kokeellinen tutkimus johtaa strukturoitua kokeellista työskentelyä varmemmin siihen, että oppilaalla on työskentelyn jälkeen käsitys tieteellisen tutkimuksellisuuden luonteesta tai keinoista.<sup>24</sup> Lisäksi tutkimusten mukaan, vertaillen erityisesti strukturoitua kokeellista työskentelyä ja avointa kokeellista tutkimusmenetelmää toteutettuna samasta aiheesta, oli oppilailla havaittavissa eroavaisuuksia nimenomaan kokeellisen työskentelyn kautta hankituissa, dynaamisissa tutkimustaidoissa. Dynaamisilla tutkimustaidoilla tarkoitetaan esimerkiksi kahdenlaisia työskentelyyn kuuluvia taitoja; reagoitua tutkimuksen aikana tarpeellisiin muutoksiin, sekä kokeellisten menetelmien ja työvaiheiden ymmärtämistä.<sup>25</sup>

Avointa kokeellista tutkimusta on myös tutkittu näkökulmana ohjeistaa ja tukea opettajia menetelmän käytössä. Tseng *et al.*<sup>26</sup> tiivistävät artikkelissaan menetelmän ominaisuuksia ja tutkittavia kokonaisuuksia. Artikkelin jaossa tiivistetään menetelmän olennaisia piirteitä jakamalla kolmeen eri teemaan. Ensimmäisenä teemana on menetelmän taustan ja yleisemmän filosofian merkitys, eli erityisesti avoimen kokeellisen tutkimuksen tavoitteellisuuden, ja avoimen oppimisen prosessin tunnistaminen. Oppilaskeskeisyys ja erityisesti opettajan fasilitoiva vuorovaikutus oppilaiden kanssa ovat myös menetelmän tärkeitä elementtejä, ylipäätään avoimen oppimisen taustalla. Ensimmäiseen teemaan kuuluu myös ajatus ja tavoite oppilaiden aktiivisesta roolista ja tutkimuksellisesta toiminnasta. Artikkelin tutkimuksen mukaan menetelmän taustan ymmärtämisessä eniten olennaista ovatkin juuri opettajan ymmärrys menetelmän tarkoituksesta, oppilaiden tutkimuksellinen toiminta, sekä opettajan alkuunpanijan ja prosessin aikana ohjaajan rooli oppilaille.<sup>26</sup>

Toiseksi teemaksi artikkelin tutkimuksessa nostetaan opettajan eri keinot ja strategiat menetelmän toteuttamisessa. Opettajan keinoja voi käytännössä ajatella kolmen asian jatkumona, suunnittelusta toteutukseen ja toteutuksesta arviointiin. Oppituntien ja kokonaisuuksien suunnittelu, sisältäen huomion kiinnittämistä olennaisimpiin uusiin asioihin ja tavoitteiden pohtiminen tärkeimpien asioiden hallitsemiseksi on ensimmäinen opettajien tärkeimmistä keinoista. Toteutusvaiheessa, eli

itse luokkahuoneessa opettajalle on olennaista ohjata oppilaita juuri menetelmälle tärkeiden keinojen suuntaan, eli oppilaiden tutkimuksellisten taitojen harjoittamisen tukeminen. Opettajan alkuohjeistus ja ohjaaminen prosessin aikana on tärkeää suunnata asettamaan oppilaille yhtä aikaa riittäviä tutkimushaasteita, mutta myös tunnistaa onnistumisia ja rakentaa oppilaiden tutkimusmotivaatiota. Arvioinnin kannalta opettajalle keinot ovat moninaiset, sillä avoimen kokeellisuuden kanssa arvioitavissa ovat tulosten lisäksi myös prosessin aikana tehty työ ja käytetyt keinot sekä osoitetut tutkimukselliset taidot. Lisäksi menetelmälle, joka sisältää ryhmätyöskentelyä on hedelmällistä teettää arviointia laajemmin sisältäen itsearviointia, ryhmä- tai kaveriarviointia sekä vaikkapa portfolioimaisten tuotosten kokoamista arvioitavaksi.<sup>26</sup>

Kolmantena teemana artikkelissa nostetaan näkökulmia menetelmän käyttöä aloittelevien opettajien tueksi. Tärkeä tutkittava näkökulma on aloittelevan opettajan motivaatio ja tarkoitus tutkia menetelmän käyttöönottoa. Yleisimmäksi syyksi menetelmän käytölle koetaan olevan halu tarjota oppilaille mahdollisuuksia näyttää omaa osaamistaan ja tukea opetusmenetelmän kautta oppilaiden tutkimuksellisia ja ongelmanratkaisemisen taitoja, sekä oppilaiden motivaatiota tutkimuksellisuuteen ja oppimiseen. Toisena mainittuna tuen muotona aloitteleville opettajille on itse menetelmästä oppiminen, esimerkiksi videoitujen, tai oikeiden opetustilanteiden seuraaminen ja havainnointi, kirjallisuus aiheesta, tai yksinkertaisesti kokeilemalla oppiminen. Kolmannen teeman laajimmaksi ja ehkä hajanaisimmaksi kokonaisuudeksi artikkelissa mainitaan menetelmän toteuttamisen vaikeuksista selviytyminen ja esteiden ylittäminen. Tähän keinoja ja vinkkejä on siis suurin piirtein yhtä paljon kuin niitä vastaavia haasteita ja vastaantulevia tilanteita. Artikkelin kootut keinot liittyvät vahvasti avoimen kokeellisen tutkimuksen aiheen valitsemiseen. Sopivan rajattu tai jopa pistemäinen aihe auttaa sekä ajankäytössä ja prosessin sujuvassa etenemisessä, että oppikirjan tai muun helposti saatavilla olevan materiaalin hyödyntämisessä. Oppikirjan mukaiset aiheet takaavat myös, että oppilaiden tietotaso on avoimelle tutkimukselle sopivalla tasolla. Menetelmän ja oppilasryhmien etenemisen haasteisiin vastaa myös oppilaiden oikea sijoittelu tasaisiin ryhmiin, sekä avoin kommunikaatio oppilaiden tuntemuksista erilaiseen oppimiseen sekä itsereflektiona, että yleisesti oppimisena. Yksi merkittävimpiä keinoja vastata avoimen kokeellisuuden useisiin yleisluontoisiin haasteisiin on myös pohtia asiaa ja kysyä apua ja mielipiteitä muilta menetelmää harjoittavilta.<sup>26</sup>

Rautiainen<sup>27</sup> on tutkinut kokeellista kemian opiskelua ongelmalähtöisen työskentelyn kautta. Rautiainen määrittelee ongelmalähtöisen oppimisen (*problem-based learning*, PBL) oppimisprosessina, jossa tutkimalla haetaan ratkaisua käytännön ongelmaan yhteisöllisesti työskentelemällä. Menetelmälle tärkeitä ominaisuuksia ovat oppijoiden aktiivinen tiedonhankinta,

vuorovaikutteinen ryhmätyöskentely, ryhmän itse määrittelemät oppimistarpeet, omakohtaisten kokemusten merkityksellisyys, yhteistoiminnallisuus sekä opettajan rooli ennen kaikkea ohjaajana. Rautiainen tiivistää ongelmalähtöiselle oppimisprosessille alan tutkimusten perusteella seitsemän etenemisen askelta, alkaen opiskelijaryhmälle annettavasta *virikkeestä*, eli tutkittavaan aiheeseen johdannosta, esimerkiksi jokin esimerkkitalanne, skenaario tai kuvaus ilmiöstä tai ongelmasta.<sup>27</sup>

1. *Käsitteiden selventäminen*, eli esitettyyn virikkeeseen liittyviin epäselviin käsitteisiin tutustuminen, jotta mahdollisilta väärinkäsityksiltä vältytään työskentelyn jatkuessa.
2. *Ongelman määrittäminen*, eli virikkeen perusteella muodostettavan, ratkaisua vaativan ongelman määrittely, joka on siis ryhmän itse muodostettavissa.
3. *Aivoriihi*, eli ongelmaan liittyvien mahdollisimman laaja-alaisten ideoiden kerääminen. Aivoriihin runsaalla ideoinnilla pyritään aktivoimaan osallistujien aikaisempaa tietoa aiheesta.
4. *Ongelman analysointi ja selitysmallin rakentaminen*, eli aivoriihen pohjalta esiin tulleiden ajatusten pohjalta muodostetaan yhteyksiä aiheen käsitteiden ja ongelmalle tärkeiden mekanismien välillä.
5. *Oppimistavoitteiden muodostaminen*, eli ryhmän jäsenten keskenään sopimien oppimistavoitteiden muodostaminen, mikä helpottaa seuraavia itsenäisen opiskelun vaiheita. Oppimistavoitteiden on tarkoitus kohdistua tietoon, jota osallistujilla ei vielä ongelmaan liittyen ole.
6. *Itsenäinen opiskelu*, eli ennemmin asioiden ymmärtämiseen, kuin muistamiseen tähtäävä vaihe, jossa nimenomaan yhdessä sovitut oppimistavoitteet ohjaavan itseopiskelun ja tiedonhaun suuntaa.
7. *Purku ja arviointi*, eli tapahtuma, jossa ryhmä käy läpi oppimansa asiat ja arvioi vastasiko ryhmien oppiminen asetettuja oppimistavoitteita.

Vaikka ongelmalähtöisen oppimisen menetelmä onkin avointa kokeellista tutkimusta strukturoidumpi, on siinä useampia, merkittävän samankaltaisia piirteitä, mitä tulee esimerkiksi yhteistoiminnallisuuteen ja opettajan rooliin ohjaajana.

Rautiaisen<sup>27</sup> tutkimuksessa ongelmalähtöistä oppimismenetelmää käytettiin korkeakouluopiskelijoiden kemian opiskelussa ja oppimiskokonaisuutta kehitettiin kehittämistutkimuksen keinoin. Tutkimuksen haastattelujen mukaan opiskelijat kokivat ongelmalähtöisen kokeellisen oppimisympäristön hyödylliseksi ja lisäävän kiinnostusta

laboratoriotöihin. Kasvaneen kiinnostuksen myötä opiskelijat kokivat myös motivaationsa laboratoriotyöskentelyyn vahvistuneen. Opiskelijat pitivät menetelmässä myös ryhmätyöskentelyn aspektista, sekä arvostivat käytännönläheisiä ongelmia menetelmän ja näin työskentelyn keskiössä. Tutkimus osoitti ongelmalähtöisen kokeellisen oppimisen valmentavan erityisesti ammattikorkeakouluopiskelijoita myöhemmin opinnoissaan vastaantuleviin, selkeästi projektilähtöisiin opintoihin. Vastaavasti yliopisto-opiskelijoille ongelmalähtöinen kokeellinen työskentely tarjosi opiskeluun tarvittavaa vaihtelua ja tiedon soveltamisen mahdollisuuksia nimenomaan käytännön ongelmiin.<sup>27</sup>



## 4 KOKEELLISEN TYÖSKENTELYN ARVIOINTI

### 4.1 Koulutuksen vaikuttavuus ja arviointi

*Koulutuksen vaikuttavuus* on monitahoinen käsite, jolla kuvataan yksilön oppimisen vaikutuksia yksilön valmiuksina toimia ympäristössään. Tavallisia, helpommin mitattavia koulutuksen vaikuttavuuden ulottuvuuksia ovat sen taloudellinen ja tekninen vertailu, eli karkeasti koulutuksen ”tuottavuus”, esimerkiksi verratessa saavutettuja oppimistuloksia käytössä olleisiin resursseihin. Vastaavasti vaikuttavuuden ulottuvuuksia ovat yksilön määrällisesti mitattavan kasvun ja saavutusten lisäksi yksilön laadulliset henkiset valmiudet edistävät kehitystä kulttuurissa, yhteiskunnassa tai työelämässä. Koulutuksen siis tulisi tarjota yksilölle valmiuksia rakentaa yhteiskuntaa paremmaksi. Koulutuksen sisällä vaikuttavuuden mittareina voivat toimia esimerkiksi opetukselle ja oppimiselle asetetut tavoitteet. Kuitenkin on huomion arvoista, että vaikuttavuuden kannalta merkittäviä oppimistuloksia voidaan saavuttaa, vaikka kaikkiin oppimiselle asetettuihin tavoitteisiin ei päästäisikään. Yhteiskunnalliseen vaikuttavuuteen liittyy myös mahdollisuus nähdä vaikuttavuus koulutuksen sisäisen tuotoksen, esimerkiksi oppimistulosten ja saavutetun osaamisen arvioimisena ulkoisten kriteerien kautta, eli esimerkiksi työelämän tieto- ja taitovaatimusten. Koulutuksen vaikuttavuuden takaamiseksi nimenomaan arviointi onkin tärkeä yksilöille tasapuolinen, mutta reilu ja oppimista tukeva keino. Vaikuttavuuden rakentamisen keinoista arvioinnin tarkoituksena on siis tukea koulutuksen päätarkoitusta eli tähdätä parantamaan edellytyksiä oppimiselle ja hyvinvoinnille.<sup>28</sup>

Koulutuksen arviointia voidaan katsoa ainakin kolmesta erilaisesta näkökulmasta. Vaikka keinoja voidaan nähdä yleisesti tarjottavan koulutuksen arviointina, on huomion arvoista, että useat vastaavat keinot ja tyylit tehdä arviointia pätevät myös yksilön oppimisen arviointiin. Arviointi voidaan nähdä *tulosvastuun arviointina*, jolloin arvioidaan koulutuksen tuotosten tehokkuutta suhteessa koulutukseen osoitettuihin resursseihin. Koulutuksen tulosvastuullinen arviointi tähtää selvittämään arvioitavasta kohteesta riippumatonta, luotettavaa ja objektiivista tietoa. Tulosvastuuarviointi itsessään keskittyy siis eniten lopputuloksen arviointiin, eikä niinkään oppimisprosessin tai muiden olosuhteiden arviointiin. Puhdas tulosvastuuarviointi ei siis huomioi esimerkiksi yksilöiden osaamisen kehittymistä koulutuksen aikana, tai arvioitavan oppilaitoksen tai organisaation kehitystä lähtötasoon nähden prosessin aikana, vain ja ainoastaan saavutetun lopputuloksen. Pelkästään tulosvastuullinen arviointi on siis tehokasta mittaamaan perinteisiä, toistamiseen perustuvia ja eniten

tieto-osaamiseen tähtäävien oppimismenetelmien tuloksia, mutta ei niinkään niistä poikkeavien, laaja-alaisempaan oppimiseen tähtäävien menetelmien tuloksia.<sup>29</sup>

*Tietotuotantoarviointi* keskittyy opetuksen käytännön arviointiin, esimerkiksi tutkimalla itse koulutusjärjestelmää, opetusohjelmia tai selityksiä saavutetuille tuloksille. Oppimisvaikeuksien ja muiden taustatekijöiden, tai vaikkapa tietotekniikan hyödyntämisen vaikutus oppimistuloksiin ovat esimerkkejä koulutuksen tietotuotannollisen arvioinnin kohteista. Vaikka arvioinnin kohteet ovat teemallisen luonteensa vuoksi mahdollisesti kapea-alaisia, pyritään tietotuotannollisella arvioinnilla tuottamaan yleistettävissä olevaa, pätevää ja objektiivista tietoa, eli tutkimuksellisen tiedon kriteeristöt täyttävää tietoa koulutuksen tueksi.<sup>29</sup>

*Kehittämisarviointi* tähtää suoraan parantamaan koulutusjärjestelmää, erityisesti opetussuunnitelmien tai muiden opetuksen suunnittelussa tehtävien ratkaisujen kautta. Kehittämisarvioinnin keinoin pyritään mittaamaan kokonaisen koulutusorganisaation tai yksittäisten menettelytapojen tuloksellisuutta ja toimivuutta. Kolmesta erilaisesta koulutuksen arvioinnin näkökulmasta kehittämisarvioinnin tulokset ovat usein vähiten objektiivisia tai yleistettäviä, sillä arvioinnin kohteena ovat yksittäisen instanssin omat, sisäiset toimintatavat. Tämä ei kuitenkaan tee arvioinnin tuloksista hyödyttömiä, sillä nimenomaan kyseisen kohteen sisäisten prosessien arviointitieto voi olla nimenomaan kyseisen kohteen kehittymiselle äärimmäisen arvokasta.<sup>29</sup>

Huomion arvoista on, että nämä koulutuksen arvioinnin näkökulmat eivät sulje välttämättä toisiaan pois, vaan niiden kohteet ja keinot leikkaavat toisiaan useassa kohtaa. Kattavimmat koulutuksen arvioinnit ja tutkimuksen keinot muodostuvatkin yhdessä useamman erilaisen arvioinnin tuotoksena, jolloin eri tyylliset arvioinnit täydentävät toisiaan. Esimerkiksi perinteisen, pisteytetyn koetuloksen pistemäärään perustuva, tulosvastuullinen arviointi täydentyy luonnollisesti itsearviointilla, joka puolestaan on enemmän subjektiiviseen suuntaan nojaavana arviointina kehittämisarvioinnin keinoja.<sup>29</sup>

Erilaiset tavat arvioida koulutusta tekevät jatkuvana prosessina työtä muovatakseen sivistyksellistä ympäristöämme. Koulutuksen arvioinnissa tulee siis huomioida yhteiskunnalliset arvot, jotka ohjaavat arviointia, mutta myös välttämättömät näkökulmat, joista tarkastelua vaaditaan, jos mitä vain muutosta halutaan saada aikaan. Muutoksen saaminen aikaan vaatii huomiota sekä viestinnällisiin, psykologisiin, että sosiaalisiin tekijöihin yhteisön sisällä. Koko yhteiskunnan näkökulmasta koulutus on kuitenkin vain yksi toimiala, jonka arvioimisesta saatava tieto hyödyttää

kokonaisuuden kehittymistä. Merkityksellistä onkin miten koulutuksen ja muiden yhteiskunnan toimialojen päämäärät käyvät yksiin. Luonteensa vuoksi koulutus kuitenkin juuri vaikuttavuuteen tähtäämisen ja esimerkiksi arvioinnin osaamisen vuoksi tärkeä osa yhteiskuntaa.<sup>28</sup>

Vaikuttavuuden osoittaminen absoluuttisesti on aina hankalaa, ellei mahdotonta. Tätä voidaan kuitenkin kompensoida sekä arvioinnin selkeillä tavoitteilla, jotta arvioinnin hyötyjä voidaan paremmin yksilöidä, mutta myös tarkastelemalla vaikuttavuutta riittävän erilaisista näkökulmista. Kuten edellä erilaisten arvioinnin tyylien mukaisesti, kannattaa koulutuksen yleistä vaikuttavuutta siis tarkastella yhtä aikaa sekä oppimistuloksina, yksilöiden tai organisaation käytäntöjen muutoksina, tai subjektiivisina, välittöminä kokemuksina ja tuntemuksina oppimiseen ja koulutukseen liittyen.<sup>28</sup>

Arvioinnin kehittymisen kannalta tärkeää on tunnistaa mihin toimintatapojen tai ajattelun muutoksiin ovat vaikuttaneet arvioinnin tuotokset. Sekä yksilöä, yksittäistä koulutusorganisaatiota tai valtakunnallisia koulutuksen linjoja koskevat muutokset voivat myös aiheuttaa muutoksia omassa ympäristössään. Olennaiset paikalliset vaikutukset ja muutosprosessit käynnistyvät yleensä itsearvioinnin seurauksena, sillä näin todellinen muutoksen tarve saadaan paikallisesti tietoon. Arviointi itsenäisenä aiheena kaipaa myös lisää sekä teoreettista että empiiristä tutkimustietoa. Arvioinnin tutkimustiedolla on tarkoitus vakiinnuttaa arvioinnin käsitteistöä eri aloilla, mutta myös merkitys koulutuksen eri tasojen laadun takaajana, sillä koulutusjärjestelmä nojaa oppimisen tason määrittämiseen arvioinnin keinoin. Vahvempi arviointiosaaminen ja kehittyvät arviointimenetelmät tukevat siis suomalaisten koulutusorganisaatioiden korkealaatuisuutta.<sup>28</sup>

## **4.2 Oppilaan arvioinnin näkökulmia**

Arviointi määritellään jonkin ilmiön arvon määrittämisenä suhteutettuna johonkin kriteeristöön. Arviointi on myös välttämätön osa suomalaista, formaalia koulutusta, jonka asema koulutuksessa on säädetty lakiasetuksilla. Arviointi voidaan filosofisesti nähdä myös yleisesti kontrollin ja vallan välineenä, mutta sen oikea tavoite koulutuksessa on nimenomaan oppimisen ja yksilön kehittymisen tukeminen. Oppilaan arvioinnin tarkoitusta ja näin ollen näkökulmasta riippuvia käytäntöjä voidaan nähdä useammista erilaisista näkökulmista.<sup>30</sup>

Oppilaan arviointia voidaan ajatella hallinnollisena tai oikeammin byrokraattisena toimintana, jossa arviointi tarkoittaa eräänlaista päätöksentekoa, josta jää konkreettisena jälkenä dokumentointia. Olennaisimmiksi dokumenteiksi nousevat esimerkiksi yhtenäiset, eli määrämuotoiset ja määräajoin tuotettavat todistukset. Todistuksen yhtenäisyyttä luovat erityisesti yhteisesti käytössä oleva todistuskaava sekä yhteinen arvosana-asteikko. Koulutuksessa todistus pitää sisällään tiedon siitä, millainen on oppilaan etenemisen tilanne ja suhde kouluorganisaatioon. Todistus määrittää esimerkiksi, milloin oppilas on suorittanut tietyn oppimäärän ja milloin oppilas on kelvoinen siirrettäväksi luokka-asteelta seuraavalle. Määräajoin todistukseen kirjattava arviointi onkin kiinteä osa luokka-asteisiin perustuvaa koulutusorganisaatiota, jossa seuraavalle luokalle siirtäminen ja vastaavasti luokalta jättäminen ovat todistuksen määrittämän tiedon soveltamisesta seuraavia hallinnollisia toimenpiteitä. Oppilaan arviointi byrokraattisesta näkökulmasta on siis oppilaan aseman määrittämistä suhteessa koko koulutusorganisaatioon sekä yhtenäisellä asteikolla yhteisiin koulutuksen standardeihin.<sup>30</sup>

Oppilaan arviointia voidaan tulkita myös tiettyyn päämäärään perustuvana, eli tavoitteellisen prosessin arviointina. Tästä näkökulmasta arviointia voidaan kutsua välineelliseksi, jolloin arvioinnissa huomioidaan sekä oppimiselle asetetut tavoitteet ja saavutetut lopputulokset, mutta myös erilaiset arvioinnin menetelmät, sekä edelleen arvioinnista saatava tieto seuraavien tavoitteiden asettamista varten. Välineellisessä arvioinnissa tähdätään siis muutoksen aikaansaamiseen määrittämällä arvioinnin kohteen vallitsevaa tilannetta, jonka perusteella voidaan suunnitella sopivia kasvatuksellisia toimenpiteitä. Tällaisella, mahdollisimman kattavalla arvioinnilla oppilas on arvioinnin kohteena intensiivisesti tarkasteltavana sekä määrittämisen ja seurannan kohteena, mutta myös muutokseen tähtäävien kasvatustoimenpiteiden kohteena. Välineellinen arviointi tähtää siis kokonaisuutena ennen kaikkea myös yksilön kasvun ja kehittymisen tukemiseen.<sup>30</sup>

Arviointia voidaan miettiä byrokraattisen ja välineellisen tarkastelun lisäksi näkökulmasta, jossa kyseenalaistetaan itsestäänselvyyksinä pidettyjä arvioinnin lähtökohtia sekä tutkitaan mahdollisuuksia vakiintuneimpien arvioinnin keinojen lisäksi. Tällainen vakiintuneita arvioinnin keinoja kyseenalaistava lähestymistapa voi tähdätä laajemmassa mittakaavassa esimerkiksi koulutusjärjestelmän kehittämiseen ja uudistamiseen, tai pohtia arvioinnilla saatavan tiedon tai arvioitavien kasvatusilmiöiden luonnetta. Byrokraattisen arviointinäkökuvan perustuessa siis luokka-asteittaiseen koulutukseen ja yhtenäiseen arviointiin perustuviin arviointidokumentteihin, ja välineellisen näkökulman perustuessa arviointiprosessin muutoshakuisuuteen ja välineluonteeseen, haastaa arvioinnin kyseenalaistaminen juuri edellisten peruseriaatteita. Vakiintuneiden, perinteisten

arviointikeinojen kyseenalaistaminen perustuu siis ajatukselle, että koulua organisaationa ja koulutusta voidaan järjestää, sekä vastaavasti yksilöä arvioida moninaisilla tavoilla.<sup>30</sup>

### 4.3 Kemian arviointi perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa 2014

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014 jaottuvat lakisääteisesti asetettujen koulutuksen tavoitteiden lisäksi seitsemän laaja-alaisen tavoitteen (L1-L7) ympärille. Laaja-alaiset tavoitteet ovat kaikille oppiaineille yhteiset määrittävät teemat, vaikkakin kullekin oppiaineelle on niille määritetty omanlaisensa tulkinnat ja tarkemmat tavoitteet. Laaja-alaisista tavoitteista ensimmäisenä on määritelty *”ajattelu ja oppimaan oppiminen”* (L1), jonka tarkoituksena on rakentaa perusta yleisesti osaamisen kehittymiselle ja elinikäisen oppimisen filosofialle. *”Kulttuurinen osaaminen, vuorovaikutus ja ilmaisu”* (L2) tavoittelee kasvattamaan oppilaita kulttuurillisesti, kielellisesti ja katsomuksellisesti moninaiseen maailmaan. Kolmas laaja-alainen tavoite, *”itsensä huolehtiminen ja arjen taidot”* (L3), tähtää tukemaan oppilaiden edellytyksiä tulevaisuudessa selviytymiseen esimerkiksi terveyden, turvallisuuden, henkilökohtaisen talouden ja teknologisen arjen suhteen. *”Monilukutaito”* (L4) asettaa tavoitteen opettaa taitoja, jotka auttavat oppilaita monimuotoisen kulttuurisen viestinnän ymmärtämisessä, sekä monilukutaidon kehittymisellä erilaisten tietoaalojen ilmaisun ja esitystapojen osaamista ja hallintaa. *”Tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen”* (L5) tähtää tärkeänä kansalaistaitona, tieto- ja viestintäteknologian hyödyntämisen ja peruskäsitteiden hallintaan sekä oppimisen välineenä että kohteena. Olennaista on, että kaikilla oppilailta on mahdollisuus näiden taitojen harjoittamiseen. *”Työelämätaidot ja yrittäjyys”* (L6) tavoittelee kiinnostuksen, sekä myönteisen asenteen edistämistä ja tarjoaa valmiuksia työelämään liittyen. Esimerkiksi ryhmätyöskentely, verkostoituminen ja projektityöskentely ovat työelämätaidojen ja yrittäjyyskasvatuksen tavoitteissa mainittuja keinoja. Laaja-alaisissa tavoitteissa viimeisessä, *”osallistuminen, vaikuttaminen ja kestävän tulevaisuuden rakentaminen”* (L7), määritellään tavoitteeksi opettaa vastuullista suhtautumista tulevaisuuteen, sekä esimerkiksi tarjota oppilaille edellytykset heräävälle kiinnostukselle omaa kouluyhteisöä tai yhteiskuntaa kohtaan.<sup>31</sup>

Kemian oppiaineen tarkoitukseksi opetussuunnitelman perusteissa määritellään yksinkertaisesti luonnontieteellisen ajattelun ja maailmankuvan kehittymisen tukeminen, erityisesti kemian tiedon ja sovellusten ymmärryksen kautta muun muassa arkipäivissä ilmiöissä ympäristössä, yhteiskunnallisesti tai teknologiassa. Sekä kemian opetuksen tavoitteet vuosiluokilla 7–9, että myös kemian päättöarvioinnin kriteerit on jaoteltu kolmeen teemaan: *”Merkitys, arvot ja asenteet”*,

*”Tutkimisen taidot”* ja *”Kemian tiedot ja niiden käyttäminen”*. Kemian vuosiluokille 7–9 määritellyt sisältöalueet (S1-S6) heijastavat myös erityisesti näiden teemojen sisältöä.<sup>31</sup>

- S1 *”Luonnontieteellinen tutkimus”*, eli tutkimusprosessin eri vaiheiden tunteminen ja esimerkiksi tieto- ja viestintäteknologian käyttömahdollisuudet tutkimuksen eri vaiheissa.
- S2 *”Kemia omassa elämässä ja elinympäristössä”*, eli lähiympäristön ilmiöihin tutustuminen, sekä erityisesti terveyden ja turvallisuuden näkökulmien huomioiminen työskentelyssä.
- S3 *”Kemia yhteiskunnassa”*, eli erityisesti ihmiskunnan hyvinvoinnin kannalta valikoitujen ilmiöiden tutkiminen esimerkiksi luonnonvarojen kestävän kulutuksen näkökulmasta. S3 sisältää myös tutustumista erilaisiin yhteiskunnan aloihin, joissa kemian tietoa tarvitaan.
- S4 *”Kemia maailmankuvan rakentajana”*, eli tutustumista kemian luonteeseen tieteenä, aineen ja energian säilymiseen, luonnon mittasuhteisiin, sekä nykypäivän kemian tutkimukseen ja uutisiin.
- S5 *”Aineiden ominaisuudet ja rakenne”*, eli esimerkiksi seosten ja puhtaiden aineiden ominaisuuksien tutkimista, ja alkuaineiden ominaisuuksien perusteella muun muassa aineen rakentumiseen atomeista, jaksolliseen järjestelmään ja hiilen kemiaan muun muassa ravintoaineiden kautta.
- S6 *”Aineiden ominaisuudet ja muutokset”*, eli energian ja aineiden muutokseen tutustumista esimerkiksi reaktionopeuden, hiilen kiertokulun, pitoisuuden, happamuuden, sekä kemian merkkikielen ja reaktioyhtälöiden avulla.

Erityisesti kemian arvioinnissa opetussuunnitelman perusteet kehottavat monipuoliseen arviointiin jäsentämällä arvioitavaa työskentelyä pienemmiksi kokonaisuuksiksi esimerkiksi kokeelliseksi työskentelyksi tai projekteiksi. Kokeellisen työskentelyn arvioinnista annetaan esimerkki työskentelyn hierarkkisesta arvioinnista, eli työskentelyn eri näkökulmien nousujohteisesta huomioimisesta, esimerkiksi sekä turvallisen työskentelyn periaatteiden noudattamisen että taitotehtävistä suoriutumisen arviointia. Toinen hierarkkinen näkökulma kokeelliseen työskentelyyn arviointiin on mainittu erityisesti liittyen tutkimustehtävien luonteeseen, eli esimerkiksi rajattujen (suljettujen) ja vastaavasti avointen tutkimustehtävien kanssa. Arvioinnin tulisi ylipäättään perustua lopputuotosten lisäksi myös työskentelyn aikana havainnoitaviin tapahtumiin. Opetussuunnitelman perusteissa on havainnoitavan arvioinnin kohteiksi mainittu muun muassa kokeellisen tai tutkimuksellisen työskentelyn opiskeluprosessista esimerkiksi kysymysten muodostaminen, tiedonhaku, näkökulmien perusteleminen, sekä käsitteiden (asiatiedon) käyttäminen, jotka siis käyvät

hyvin yhteen avoimen kokeellisen tutkimuksellisuuden periaatteiden kanssa. Arvioinnin täydentämiseksi voidaan suosituksen mukaisesti käyttää myös oppilaiden vertaispalautetta, itsearviointia tai muita oppilaan ja opettajan välisiä keskusteluja.<sup>31</sup>

Oppiaineiden päättöarviointi sijoittuu lukuvuoteen, jolloin aineen opiskelu päättyy kaikille yhteisenä oppiaineena. Opetussuunnitelman perusteissa päättöarvioinnin kriteeristö on oppiaineittain esitetty kuvaamaan hyvää osaamista, eli arvosanan 8 arvoista osaamista, peruskoulun oppimäärän päättyessä. Huomion arvoista on, että kriteeristön annetuissa tavoitteissa voidaan kompensoida heikompia osa-alueita vahvemmillä. Opetukselle määritettyjä tavoitteita vastaavat niiden toteutumista kuvaavat, päättöarvioinnissa huomioitavat arviointikohdat. Kemian päättöarvioinnin kriteereissä teeman *”Merkitys, arvot ja asenteet”* alla on annettu arvioinnin kohteina oppilaan tavoitteellisen työskentelyn ja oppimaan oppimisen taitojen arviointia, kemian merkityksen ymmärtämisen arviointia, esimerkiksi omassa elinympäristössä, sekä kemian kannalta kestävän kehityksen sekä tiedollisen että taidollisen osaamisen arviointia. Teeman *”Tutkimisen taidot”* alla annetut päättöarvioinnin arviointikohdat noudattavat vastaavaa linjaa, kuin useat aiemmin mainitut yleisesti kemian arviointikohtien suositukset. Kysymysten muodostaminen, tutkimuksen tai muun toiminnan suunnittelu ja kokeellinen toteuttaminen, sekä tulosten esittäminen ja arvioiminen ovat päättöarvioinnissa huomioitavia arvioinnin kohtia. Lisäksi myös tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen, sisältäen sekä käytännön osaamista että yhteistyötä teknologisten ongelmien ratkaisemisessa ovat arvioinnin kohtia. *”Kemian tiedot ja niiden käyttäminen”* – teeman alla arvioinnin kohtia ovat sekä mallien että käsitteiden käyttäminen ja niiden jäsentymisen hahmottaminen, mutta myös tiedonlähteiden hyödyntäminen, sekä argumentoinnin taidot. Myös luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärtäminen on oma päättöarvioinnin arviointikohta. Lisäksi teeman alle kuuluvat kemian tiedollisten valmiuksien omaaminen jatko-opintoja varten, sekä kemian tiedon ja opittujen taitojen soveltaminen erilaisissa tilanteissa erillisinä päättöarvioinnin kohtina.<sup>31</sup>

#### 4.4 Kokeellisen työskentelyn arvioinnin menetelmiä

Ahtineva<sup>32</sup> on pohtinut käytännön kokeellisen työskentelyn arvioinnin näkökulmia sekä artikkelin julkaisuaikaan voimassa olleen lukion opetussuunnitelman perusteiden valossa että esimerkiksi käytännössä hierarkkisen taitotason arvioinnin muodossa. Artikkelissa tiivistetään opetussuunnitelman perusteiden mukaista, kokeellisen tiedonhankinnan ja tiedonkäsittelytaitojen kehittymiseen tähtäävien arviointikohteiden sisältöä, jotka kuvaavat hyvin tieteellisen tutkimuksen

suunnittelun vaiheita ja olennaisia kokeellisia toimenpiteitä. Havaintojen tekeminen ja niistä edelleen mittausjärjestelyn ja kokeellisen tutkimuksen suunnitteleminen ja toteuttaminen kokeellisen työskentelyn arviointikohteina vastaavat erittäin hyvin tieteellisen tutkimuksen suunnittelulle ominaisia piirteitä. Samoin työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttäminen, ovat erittäin konkreettinen arviointikohde kokeelliseen työskentelyyn. Arviointikohteissa korostuu kuitenkin selkeästi peruskoulussa ja lukiossa ehkä hiukan heikommalle osuudelle jäävät teemat kokeellisessa työskentelyssä, nimittäin tulosten käsittelyyn liittyvät asiat. Sekä tulosten esittäminen kirjallisesti tai suullisesti että tulosten mallintaminen, tulkinta ja niiden arviointi, mutta myös saaduista tuloksista johtopäätöksien tekeminen ja tehtyjen johtopäätösten soveltaminen ovat tulosten käsittelyyn liittyviä arviointikohtia. Ylipäätään merkittävä argumentti kokeellisen työskentelyn harjoittamisen ja myös sen kattavan arvioinnin puolesta on, että moninainen arviointi on opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti kemiassa velvoitettua. Kuitenkin kokeellisen työskentelyn arviointia tehdään Ahtinevan<sup>32</sup> mukaan kouluissa vaihtelevasti, erityisesti lukiossa, jossa kurssimalliset oppimiskokonaisuudet asettavat omia haasteita.<sup>32</sup>

Ahtineva<sup>32</sup> tiivistää myös hyvin kokeellisen työskentelyn taidollisen arvioinnin eri piirteitä. Esimerkiksi kokeellista työskentelyä tehdessä, nimenomaan käytännön tekemisen arviointia ja oppilaiden työskentelyn taitoja voidaan yksinkertaisimmassakin oppilastöissä arvioida helposti useammalta eri suunnalta. Oppilaan perustiedot ja taidot ovat arvioitaessa muun muassa käytetyn välineistön ja reagenssien nimien ja käyttötarkoituksen tuntemisen näkökulmasta. Vastaavasti rinnakkain voidaan arvioida turvallisen työskentelyn periaatteiden toteutumista käytännön työskentelyssä, esimerkiksi kuumennusvälineiden, avotulen tai reagenssien käsittelyn kanssa. Vastaavasti vuorovaikutukselliset ja ryhmässä toimimisen taidot ja osallistuminen ovat edellisten kanssa rinnakkainen arvioinnin mahdollisuus.<sup>32</sup>

Ahtineva<sup>32</sup> esittää myös, että yksinkertaisellakin tutkimustehtävällä voidaan arvioida oppilaiden osaamista yksinkertaisen tutkimusprojektin toteuttamisesta. Esimerkiksi itse laadittu tutkimussuunnitelma ja sen mukaisesti toteutettu kokeellinen tutkimustehtävä ovat jo käyttökelpoinen alku arvioitavalle kokonaisuudelle. Tätä voidaan jatkaa lopputulosten esittelemisellä ja havaintojen selittämisellä joko kirjallisesti tai suullisesti. Yksinkertaisillakin vaiheilla voidaan siis saada aikaan käytännössä tieteellisen tutkimuksen kaarta mukaileva tehtävä arvioitavaksi.<sup>32</sup>

Kokeellisen työskentelyn arviointia miettiessä on olennaista tutkimuksellisten taitojen arvioinnin lisäksi huomioida myös kokeellisella työskentelyllä tapahtuvan oppimisen merkitystä. Abrahams ja



Reiss<sup>33</sup> ovat esitelleet tutkimustaan, jossa he tutkivat muun muassa kokeellisen työskentelyn kautta oppimisen arviointia luonnontieteellisissä aineissa (kemia, fysiikka, biologia). Tutkijat myös hahmottelivat kokeellisen työskentelyn yhteydessä tapahtuvan oppimisen tehokkuutta suhteuttamalla toiminnallisuuden ja oppimisen suhteessa tehtyihin havaintoihin ja aiheen käsitetiedon hyödyntämiseen. Tätä he kuvasivat nelikenttämatriisina, joka on esitetty englannin kielestä suomeksi käännettynä Taulukossa 2.<sup>33</sup>

**Taulukko 2:** Kokeellisen työskentelyn oppimisen tehokkuuden arvioinnin nelikenttämatriisi<sup>33</sup>

| <b>Oppimisen tehokkuus</b>      | Havaintojen tekeminen ja käytännön osaaminen   | Käsitteellinen osaaminen   |
|---------------------------------|--|--|
| Käytännössä tekeminen           | Oppilaat osaavat rakentaa tarvittavan laitteiston, käyttää välineitä ja kerätä tuloksia ohjeiden mukaan.   | Oppilaat käyttävät tehtävää tehdessä tieteellistä sanastoa ja osaavat yhdistää tehtävän tarkoituksen oikeisiin käsitteisiin.   |
| Käytännön tekemisestä oppiminen | Oppilaat osaavat kuvailla, mitä tehtävässä tutkittiin, mitä välineitä käytettiin, mitä väleillä tehtiin, mitä tutkimuksessa havaittiin. Oppilaat osaavat myös tarvittaessa toistaa tehtävän myöhemmin uudelleen. | Oppilaat osaavat soveltaa tehtävän käsitteisiin liittyviä havaintoja ja tietoa muihin tilanteisiin ja osaavat yhdistää oman tutkimuksensa tuloksia oikeaan tieteelliseen teoriaan. |

Tutkijat esittivät nelikenttämallilla kokeellisen työskentelyn kautta saatavalle taidolliselle ja tiedolliselle osaamiselle kaksi eri tasoa, eli havaintojen tekemisen ja käytännön tekemisen osaamisen tason (vasen sarake), sekä käsitteellisen osaamisen tason (oikea sarake). Vastaavasti käytännössä oppimiselle nelikentässä on myös kaksi tasoa, eli käytännössä tekemisen taso (ylempi rivi) ja tekemisestä oppimisen taso (alempi rivi).<sup>23</sup>

Taulukossa 3 on esitetty suomennettuna tutkijoiden antamat esimerkit nelikentän eri tasoisesta oppimisesta esimerkillä, jossa oppilasryhmät tutkisivat eri värien erottamista kromatografisesti.<sup>33</sup>

**Taulukko 3:** Kokeellisen työskentelyn oppimisen tehokkuuden arvioinnin nelikenttämatriisi, esimerkkinä väriaineiden kromatografinen erottelu<sup>33</sup>

| Oppimisen tehokkuus             | Havaintojen tekeminen ja käytännön osaaminen  | Käsitteellinen osaaminen  |
|---------------------------------|---|---|
| Käytännössä tekeminen           | Oppilaat osaavat rakentaa ohjeen mukaisen kromatografialaitteiston ja havaitsevat miten väripisarat liikkuvat suodatinpaperilla nesteen mukana.   | Oppilaat ilmaisevat, että väriaineet liikkuvat paperilla eri nopeuksilla, eri näyteväreissä on mukana useita eri aineita, eli värinäytteet ovat seoksia.  |
| Käytännön tekemisestä oppiminen | Oppilaat osaavat rakentaa kromatografialaitteiston. Oppilaat osaavat selittää, että väriseoksia voidaan erottaa komponentteihin kromatografisesti ja väriaineita voidaan myös näin tunnistaa. | Oppilaat osaavat selittää, että eri aineet liikkuvat kromatografialaitteistossa eri nopeuksilla, eli menetelmällä voidaan tutkia, onko väriaineessa useampia komponentteja. Oppilaat osaavat selittää, että kromatografiaa voidaan käyttää erotusmenetelmänä. Oppilaat osaavat yhdistää, että tunnettuja näytteitä vertaamalla voidaan selvittää, sisältääkö tuntematon näyte samoja aineita. |

Taulukoiden 2 ja 3 nelikenttämatriisit eivät siis sinällään sovellu suoraan kokeellisen työskentelyn arviointiin, mutta kuten edellä on mainittu, kuvaavat yksinkertaisella tavalla oppimisen tehokkuutta kokeellisen työskentelyn kautta.<sup>33</sup>

Valmis arviointimatriisi oikeilla sisällöillä vaikuttaisi kuitenkin olevan mahdollinen väline myös käytännössä kokeellisen työskentelyn arviointiin.<sup>34</sup> Näsäkkälän, Flinkmanin ja Akselan artikkelissa<sup>34</sup> ”*Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa*” on esitetty alun perin biologian kokeelliseen työskentelyyn arviointiin käytetty arviointimatriisi, joka on artikkeliin lainattu alkuperäisestä oppikirjalähteestä (Hiisivuori, C., Jeronen, E. ja Lappalainen, A., *Eliöt ja elämä / Vesien vuosi*, Opettajan opas ja työkortit, 1994, Weiling & Göös.). Taulukossa 4 on esitetty tätä mukaileva arviointimatriisi, joka yleisen muotonsa vuoksi on helposti sovellettavissa muidenkin luonnontieteiden kokeelliseen työskentelyyn.<sup>34</sup>

**Taulukko 4:** Eräs peruskoulun kokeellisen työskentelyn arviointimatriisi<sup>34</sup>

| Arvioinnin kohde                          | Arvosanat   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   | Erinomainen   | Hyvä  | Välttävä  | Heikko  |
| Kokeen suunnittelu ja suunnitelman kuvaus | Suunnitelma on johdonmukainen ja tarkka.  | Suunnitelmassa on parantamisen varaa. Kokeen kuvaus on pääosin selkeä.  | Suunnitelmasta puuttuu yksityiskohtaisuutta tai suunnitelman yhteys ongelmiin on epäselvä.                            | Suunnitelma on heikko, tai se ei liity tutkittaviin ongelmiin.  |
| Kokeellinen työskentely                   | Työskentely on sujuvaa ja omaehtoista. Laitteiston käyttäminen on tarkoituksenmukaista.   | Työskentely onnistuu vähäisen ohjauksen avulla.   | Laitteiden ja välineiden käytössä tarvitaan runsaasti ohjausta.   | Työskentely on huolimaton, ja/tai ohjeita ei noudateta.   |
| Havaintojen ja muistiinpanojen tekeminen  | Havainnot ovat oikeita ja tarkkaavaisia. Muistiinpanot ovat huolellisia.                  | Havainnot ovat kokeen mukaisia, muistiinpanoissa on puutteita, tai ovat virheellisiä.                           | Havainnot ja muistiinpanot ovat epätasällisia tai virheellisiä.   | Havainnot ovat epätarkkoja tai epäselviä. Muistiinpanot ovat virheellisiä tai puuttuvia.                              |
| Selittäminen ja tulkinta                  | Selitykset ovat johdonmukaisia. Tulosten pohdinta ja arviointi on ongelmiin suhteutettua. | Selitykset ovat riittäviä, mutta tulkinnat niistä ovat osittain virheellisiä, tai eivät täysin liity ongelmaan. | Tulosten selitykset tai niiden arviointi ovat puutteellisia. Tulosten selittäminen onnistuu pääosin ohjauksen kanssa. | Tulosten selitykset ovat epäjohdonmukaisia. Tulosten selittäminen ja tulkinta jää ohjauksenkin kanssa epämääräiseksi. |

## 5 OPETUKSEN TUTKIMUS JA TUTKIMUSMENETELMIÄ

### 5.1 Opetuksen tutkimuksen piirteitä

Opetuksen tutkimukselle on perinteisesti nähty tietynlaisia piirteitä, joiden paikkaansa pitävyyttä opetuksen tutkijat yleisesti pitävät totena. Opetuksen tutkimuksen pidetään olevan ei-kvantitatiivista tutkimusta, eli sitä nähdään sekä rinnakkaisena, mutta toisaalta vastakkaisena kehitykseen pyrkimisenä verraten perinteisesti vallalla olevaan ja usein esimerkiksi tilastolliseen analyysiin perustuvaan koulutuksen ja oppimisen kvantitatiiviseen tutkimukseen. Opetuksen tutkimuksessa on tärkeää, että tutkimus tapahtuu kiinteässä kontaktissa luokkatilanteen ja oikean opetuksen kanssa. Tällöin tutkimukselle tärkeitä osallistujia tai tutkijoita itse ovat nimenomaan opettajat, jotka opetusta järjestävät. Myös opetuksen tutkimuksen tarkoituksiksi voidaan nimetä tietyt yleisesti hyväksytyt teemat. Opetuksen tutkimuksessa tähdätään usein joko vahvistamaan opettajan käsitystä itsestään opetuksen ammattilaisena, tai parantamaan joko yksittäisen opettajan tai laajemmin opettajien tarjoaman opetuksen laatua.<sup>35</sup>

Vaikka edelliset näkökulmat opetuksen tutkimiseen ovat yleisesti kuvaavat ja opetuksen tutkijoiden yleisesti tunnustamat opetuksen tutkimuksen näkökulmat, haastavat kuitenkin esimerkiksi Lankshear ja Knobel<sup>39</sup> näitä laajentamalla kvantitatiivisuuden ja tutkijoiden henkilöitymisen näkemyksiä. Opetuksen tutkimuksen ei-kvantitatiivisessa suuntautumisessa ei sinänsä nähdä ilmiselviä haittoja, mutta esimerkiksi opettajan oman opetuksen erityisesti systemaattista seurantaan pitemmällä ajalla tukevat erittäin hyvin myös opettajan oma, kvantitatiivinen tutkimusdata. Opetuksen määrittäminen ja kuvaaminen esimerkiksi numeerisilla keinoilla onkin usein erittäin havainnollista, vaikka kaipaakin lisäksi tarkastelua esimerkiksi sosiaalisista näkökulmista. Aiemmin on myös todettu, että opetuksen tutkimus perustuu yleisesti luokkahuoneessa ja oikeassa opetustilanteessa tapahtuvaan empiiriseen tutkimukseen. Kuitenkin opetuksen tutkimukselle voi yksittäisenkin opettajan näkökulmasta olla hyödyllistä irrottaa opetus tutkimuskohteena välillisesti käytännöstä, eli lähestyä aihetta enemmän teoreettisena. Opettajan tekemä teoreettinen pohdiskelu esimerkiksi historiallisista, antropologisista, sosiologisista tai psykologisista lähtökohdista ei ole suoraan kytköksissä empiiriseen opetuksen tutkimiseen, mutta voi silti tarjota opettajalle arvokkaita ideoita ja näkökulmia opetuksen kehittämiseen. Vastaavasti opetuksen ja opetuksen tutkimuksen ympäristönä luokkahuoneessa ja oppitunnilla tapahtuva toiminnan havainnointi ei ole ainoa tapa opettajalle reflektoida omaa opetustaan ja käyttämiään menetelmiä. Koulun formaalin oppimisympäristön lisäksi

vapaamuotoisemmatkin oppimisympäristöt mahdollistavat opettajalle havainnointia ja ideoiden poimimista. Tarkoituksena on kuitenkin joka tapauksessa tukea opettajan oman ammattitaidon kehittymistä.<sup>35</sup>

Vaikka opettajalla on koulutuksessa elintärkeä rooli kasvattajana ja tiedollisena asiantuntijana, voi opettajalla olla siis rooli myös opetuksen tutkijana. Opettaja on kuitenkin käytännön tekemisen asiantuntijana avainasemassa osallistua nimenomaan käytännönläheiseen opetuksen tutkimukseen. Muodollisen pätevyyden lisäksi opettajalle voidaankin nähdä olennaiseksi opetuksen tutkimuksellisuudelle tarvittavia ominaisuuksia, joita opettaja tarvitsee työssään tietyllä tavalla pätevyytensä ”jatkona” (*extended professionalism*). Opettaja tarvitsee työssään avointa asennetta ja uskallusta arvioida opetustaan, mutta myös kyseenalaistaa antamaansa opetusta ja käyttämiään opetusmenetelmiä. Tämä luo opettajalle pohjan kehittää antamaansa opetusta ja käyttämiään menetelmiä. Lisäksi opettajan tulee omata sekä tahtoa että taitoja tutkia omaa opettamistaan myös objektiivisesti. Opettajan tulee uskaltaa myös ideoida ja muodostaa uudenlaisia tai paranneltuja käytännön menetelmiä opetukseen ja ennen kaikkea myös kokeilla käytännössä uusia ideoita.<sup>35</sup>

## 5.2 Haastattelututkimus ja teemahaastattelu tutkimusmenetelmänä

Tutkimusmenetelmänä *haastattelu* on joustava tiedonkeruumenetelmä, joka perustuu suoraan, kielelliseen vuorovaikutukseen tutkittavan kanssa. Vaikka itse haastattelutilanne olisikin vapaamuotoisemman keskustelun kaltainen, tutkimusmenetelmänä haastattelulla pyritään keräämään informaatiota suunnitelmallisesti ja päämäärähakuisesti. Haastattelun joustavuutta tutkimusmenetelmänä kuvaa hyvin pyrkimys tuottaa suoraa tutkimuksellista tietoa, mutta myös tietoa motiiveista vastausten taustalla, eli sekä konkreettista että filosofista tietoa samasta aiheesta. Haastattelu tarjoaa tutkijalle mahdollisuuksia myös säätää tiedonhankinnan suuntaa haastattelun aikana säätämällä esitettävien kysymysten järjestystä tai keskittymällä tarkemmin tiettyihin kohtiin kysymyksiä.<sup>36</sup>

Haastattelututkimuksessa halutaan korostaa ihmisen näkemistä tutkimustilanteessa aktiivisena toimijana, jolla on mahdollisuus nostaa esiin itseään koskevia asioita mahdollisimman vapaasti ja näin luoda itse merkityksiä tutkimuksen aiheeseen. Vaikka tutkijalla olisikin tutkittavaan aiheeseen hypoteeseja, on saatavia vastauksia kuitenkin vaikea etukäteen kartoittaa, eli haastattelun vastauksiin

liittyy aina etukäteen tuntemattomuuden lähtökohta. Ylipäätään haastattelututkimuksella halutaan sijoittaa haastateltavan kokemukset ja näkemykset johonkin aiheen laajempaan kontekstiin. Haastattelulla pyritään myös kartoittamaan annetuille vastauksille perusteluja, eli näin syventää saatua tutkimustietoa osana tutkijan analyysiä.<sup>36</sup>

Erityisesti vuorovaikutustilanteena haastattelulla voidaan nähdä olevan muutamia olennaisia piirteitä. Haastattelu on ennen kaikkea tutkimustilanne, jolloin tutkijalla, eli haastattelijalla, on tavoitteena saada kerättyä juuri tutkimukselle olennaiseen tutkimusongelmaan tai aiheeseen liittyvää tietoa. Vuorovaikutustilanne on siis ennalta suunniteltu ja haastattelijalla tuntee haastateltavasta tutkimukselle olennaiset asiat sekä teoriassa että käytännössä.<sup>36</sup>

Haastattelutilanteelle on tyypillistä, että se on haastattelijan toimesta aloitettu ja haastattelijan ohjaama. Lisäksi haastattelua ohjaavana osapuolena, vastaa haastattelijalla myös haastateltavan motivoimisesta tutkimustilanteen aikana. Ohjaavana osapuolena haastattelijalla tuntee oman asemansa ja roolinsa vuorovaikutustilanteessa, kun taas haastateltava oppii oman roolinsa haastattelun aikana. Vuorovaikutuksellisenä ja henkilökohtaisena tutkimusmenetelmänä, on haastateltavalle myös tärkeää luottaa annettujen tietojen luottamukselliseen käsittelyyn.<sup>36</sup>

Erilaisista haastattelututkimuksen lajeista *teemahaastattelu (focused interview)* keskittyy tutkimaan jotain tiettyä, haastateltavan tiedetyksi kokemaa aihetta tai tilannetta. Teemahaastattelulle olennaista onkin, että haastattelijalla on tietoinen tutkittavan ilmiön taustoista ja teoriasta, joiden perusteella hänellä on olemassa tietyt teoreettiset oletukset aiheen ominaisuuksista ja niiden seurauksista. Aiheen tuntemuksen perusteella haastattelijalla osaa laatia kyseisen aiheen teemahaastattelulle haastattelurunon ja tavoitteita kerättävälle tiedolle. Teemahaastattelulla halutaan siis tietoa haastateltavien subjektiivisista kokemuksista liittyen aiheeseen, jota tutkija (haastattelijalla) on aiemmin tutkinut ja analysoinut teoreettisesti tai muiden empiiristen tutkimusten perusteella.<sup>36</sup>

### **5.3 Kyselytutkimus ja tilastollisen analyysin keinoja**

*Kyselytutkimuksella (survey)* voidaan kerätä monipuolisesti ja moniulotteisesti tietoa esimerkiksi erilaisista yhteiskunnallisista ilmiöistä tai ihmisten toimintaan, mielipiteisiin, asenteisiin tai arvoihin liittyvistä aiheista. Tutkimuksellisenä tiedonkeräämisen menetelmänä kyselytutkimuksessa tutkija

esittää vastaajalle kysymyksiä kyselylomakkeen avulla. Kyselytutkimuksen ja haastattelututkimuksen avulla pyritään siis usein keräämään samanlaista tietoa, sillä olennaisella erolla, että kyselytutkimuksessa kysymykset siis esitetään kyselylomakkeen avulla, eli tutkimuksesta puuttuu haastattelijan suora vuorovaikutus vastaajan kanssa. Kyselytutkimukselle olennaista on siis, että kyselylomake toimii itsenäisenä tiedonkeräämisen välineenä ilman tutkijan suoraa kosketusta itse tiedonkeruutilanteeseen.<sup>37</sup>

Kyselytutkimukselle olennaista on, että tutkimus on suurimmaksi osaksi määrällistä, eli tutkimusdatan analyysissa voidaan soveltaa helposti tilastollisia menetelmiä. Kyselytutkimuksella on helppo kerätä asteikollisilla kysymyksillä numeerista tietoa, joiden tilastollisella analyysillä saadaan tutkimuksesta helposti yleistettävää tietoa. Vastaavasti avoimiin kysymyksiin pyydettävillä sanallisilla vastauksilla saadaan yhtä aikaa numeerisia vastauksia tukevaa ja selittävää tietoa. Kyselytutkimuksessa käytettävä kyselylomake voidaankin rakentaa monipuolisesti yhdistelemällä erilaisia kysymystyyppejä, jotta saadaan kyselyn tuloksina aiheesta monelta eri kannalta analysoitavaa tietoa. Erilaisia vastausvaihtoehtojen ja kysymyksen asetelun tyylejä ovat esimerkiksi järjestysasteikollinen kysymys, jossa vastaukselle vaihtoehtoja ovat esimerkiksi tyypillinen, viisiportainen *Likert-asteikko*, jossa ainakin portaiden ääripäille annetaan vastaajaa ohjaava kuvaus. Yleisiä kyselytutkimukselle tyypillisiä kysymystyyppejä ovat myös yksinkertaiset kyllä–ei-kysymykset tai avoimet kysymykset, joihin vastaajalta halutaan siis sanallinen vastaus.<sup>37</sup>

Perustavanlaatuisia tilastollisen analyysin keinoja ovat keskeisten tunnuslukujen *keskiarvon (mean)* ja *keskihajonnan (standard deviation)* tarkastelu. Keskiarvo, tai oikeammin aritmeettinen keskiarvo, kuvaa numeerisesta datajoukosta laskettua tunnuslukua, jossa alkioden summa jaetaan niiden lukumäärällä. Tutkimusdatan keskiarvon tarkastelua tukee myös keskihajonnan tarkastelu. Keskihajonta kuvaa keskimääräistä eroa tutkimusdatan odotusarvoon, eli todennäköisimpään arvoon, jos dataa tarkastellaan jakaumana.<sup>37</sup>

Kyselytutkimuksen tuloksia voidaan usein esitellä tunnuslukujen lisäksi graafisesti. Joko pysty- tai vaakasuuntaiset pylväskaaviot ovat havainnollisia kuvaamaan esimerkiksi asteikollisten vastausten jakautumista kunkin annetun vastauksen frekvenssin, eli kyseisen vastauksen lukumäärän mukaisesti. Myös kunkin vastauksen suhteellinen frekvenssi, eli lukumäärän esittäminen prosentteina koko vastausmäärästä tukevat hyvin graafista esitystä.<sup>37</sup>

## 5.4 Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä

Kehittämistutkimuksella pyritään rakentamaan syklinen prosessi, jossa tutkimuksella on tarkoitus kehittää systemaattisesti tutkimuksen kohteen toimintaa. Kehittämistutkimukselle voidaan määritellä kolme olennaista piirrettä:<sup>38</sup>

1. Muutoksen tarpeeseen pohjautuva aiheen iteratiivinen, eli toistuva kehittäminen.
2. Kehitysprosessin tuloksena syntyvä tai päivitettävä, käytettävä tuotos.
3. Kehittäminen tähtää opetuksen parantamiseen ja edistämiseen.

Kehittämistutkimuksella voidaan nähdä olevan pyrkimyksenä vastata yhdellä menetelmällä erilaisen tyyliin kysymyksiin. Kehittämistutkimuksella voidaan ajatella olevan käytännössä kolme erilaista ydinosa-alueita. Ydinosa-alueissa voidaan tarkastella itse kehittämisprosessin etenemisistä ja kokonaisuutta tai vastaavasti kehittämisen haasteita, tarpeita ja mahdollisuuksia, eli tehdä ”ongelma-analyysiä”. Samoin kehittämistutkimuksella voidaan tarkastella erityisesti kehitysprosessin mukaisesti tuotettavan tai päivitettävän tuotoksen ominaisuuksia ja käytettävyyttä.<sup>38</sup>

Pernaa<sup>38</sup> selittää edellä mainittujen ydinosa-alueiden tarkoitusta ja niiden tarkastelun tuottamaa tietoa kehitystutkimuksen aiempien tutkimusten ja vallitsevan teorian mukaisesti. Ydinosa-alueista ensimmäinen, eli kehittämistutkimuksen *kehittämisprosessin* tarkastelu liittyy itse kehityksen etenemisen, sekä esimerkiksi kehittämisprosessin käytännön toteuttamiseen tarvittaviin resursseihin. Kehittämisprosessia tarkastelemalla saadaan tietoa ja voidaan tuottaa koko prosessia ohjaavia kehittämisen malleja.<sup>38</sup>

Kuten aiemmin on tiivistetty, *ongelma-analyysi* tarkastelee kehittämisen syklissä kohdattavia haasteita, kehittämisen tarvetta, sekä kehittämisen tavoitteita. Ongelma-analyysi kehittämistutkimuksen osa-alueena tuottaa käytännön tietoa tutkimussyklin lopputulokseen pääsemiseen johtaneista keinoista. Ongelma-analyysissä voidaan hyödyntää siis sekä teoreettista että empiiristä tietoa muodostuvan tuotoksen testaamisessa ja arvioinnissa.<sup>38</sup>

Kolmantena ydinosa-alueena kehittämistutkimuksella on konkreettisen *kehittämistuotoksen* tarkastelu. Kehittämistuotoksen tarkastelu sisältää prosessissa siis toistuvaa tuotoksen päivittämistä ja konkreettisten ratkaisujen hakemista tuotoksen käytännöllisyyden haasteisiin tuotoksen kehittäjien,



eli tutkijoiden toimesta. Kehittämistuotoksen tarkastelulla pyritään siis tietona tuottamaan konkreettista toimintaa ohjaavia ja opetusta tukevia malleja. Esimerkiksi tiettyyn aiheeseen ja tietyn ilmiöön opetukseen soveltuva opetusmateriaali on eräänlainen kehittämistutkimuksen tuotoksena tuotettu toimintaa ohjaava malli.<sup>38</sup>

Opetusmateriaalille olennaista on punnita, millaisia ominaisuuksia kyseiselle materiaalille pidetään tärkeimpänä.<sup>13</sup> Opetusmateriaalin yhtenä tärkeänä ominaisuutena voidaan nähdä mahdollisimman laaja ja kattava sisältö aiheesta.<sup>13</sup> Toisaalta kapeammalla kärjellä voidaan opetusmateriaalista koota yksittäiseen aiheeseen tarkka, mutta rajattu sisältö, jolla pyritään tarjoamaan oppilaille mahdollisuuksia syvempään asian ymmärtämiseen.<sup>13</sup> Joka tapauksessa siis kehittämistutkimuksen keinot ja erityisesti toistuvaan testaamisen pohjalta toteutettuun päivittämiseen ja uuteen testaamiseen perustuva sykli ovat kaikenlaisen opetusmateriaalin kehittämiseksi hyödyllisiä tutkimusmenetelmiä.<sup>38</sup>

## 6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän opinnäytteen kokeellisessa osassa tutkittiin avoimen kokeellisen tutkimuksen käyttöä tuottamalla menetelmän mukainen opetusmateriaali sisältäen erillisiä toteuttamisen ohjeita sekä oppilaille että opettajalle. Opetusmateriaalin ja avoimen kokeellisen tutkimustehtävän aiheeksi valittiin reaktionopeuden tutkiminen ja kohdeluokka-asteeksi peruskoulun seitsemäs luokka. Opetusmateriaalia myös päivitettiin kokeellisen osan aikana kehittämistutkimuksen keinojen mukaisesti. Opetusmateriaalin laatimisen ja päivittämisen lisäksi opetuskokeilua ennen, sen aikana ja sen jälkeen kartoitettiin oppilaiden tuntemuksia lyhyellä sähköisellä kyselyllä, sekä opettajan kokemuksia opetuskokeilusta vapaamuotoisten haastattelujen muodossa.

Tutkimuksessa käytettiin seuraavia tutkimuskysymyksiä jaettuna kolmeen erilaiseen teemaan:

1. Mitä hyötyjä avoimella kokeellisella tutkimuksella voidaan saavuttaa?
2. Millaisilla keinoilla opetuksessa voidaan näitä hyötyjä maksimoida?
3. Millaisia haasteita avoimen kokeellisen tutkimuksen käyttäminen asettaa opettajalle?
4. Millaisilla asioilla voidaan tukea opettajia avoimen kokeellisen tutkimuksen laajemmassa käyttöönotossa?
5. Miten kemian arviointia voidaan kehittää avoimen kokeellisen tutkimuksen avulla?
6. Millaisena oppilaat kokevat avoimen kokeellisen tutkimuksen kautta oppimisen?

Tutkittava aihe on tutkijalle kiinnostava nimenomaan laajemmassa käytössä uudenlaisena opetusmenetelmänä, josta halutaankin useiden erilaisten ensikertojen summana keskittyä useampaan, sekä teoreettiseen että kokeelliseen näkökulmaan, sekä opettajan että oppilaan näkökulmasta.

## 7 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimuksessa tuotettiin ja kehitettiin kehittämistutkimuksen<sup>38</sup> periaatteiden mukaisesti avoimen kokeellisen tutkimuksellisuuden opetusmateriaalipakettia peruskoulun 7. luokan kemian oppilaille ja opettajalle aiheella ”reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät”. Opetusmateriaalia kehitettiin tutkimuksen aikana sekä tutkijan toimesta opinnäytteen kirjallisuuskatsauksen perusteella, opetuskokeilussa testaamisen avulla että opetuskokeiluun osallistuneen opettajan ja opinnäytteen ohjaajan antaman palautteen perusteella. Opetuskokeilussa mukana olleet oppilaat osallistuivat opetusmateriaalin kehittämiseen epäsuorasti opettajan teemahaastattelun kautta. Kehittämistutkimuksessa tuotettu opetusmateriaali on esitetty liitteessä 1.

Opetuskokeiluun osallistuneen opettajan teemahaastattelulla<sup>36</sup> selvitettiin opettajan kokemuksia ja suhtautumista avoimeen kokeelliseen tutkimukseen opetusmenetelmänä. Opettajaa haastateltiin sekä opetuskokeiluun valmistautuessa että opetuskokeilun jälkeen.

Tutkimuksessa tehtiin opetuskokeiluun osallistuneille oppilaille kyselytutkimus<sup>37</sup>, jossa kartoitettiin oppilaiden kokemuksia avoimen kokeellisen tutkimuksellisuuden menetelmällä oppimiseen liittyen opetuskokeilun aikana. Kyselytutkimuksessa käytetty kyselylomake on esitetty liitteessä 2.

## 8 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TUTKIMUSAINEISTO

Opetuskokeilussa käytetyn opetusmateriaalin laatimista ja kehittämistä varten pidettiin kokeiluun osallistuneen opettajan kanssa kolme etäyhteyksillä toteutettua teemahaastattelua. Haastattelutapaamisia pidettiin ennen opetuskokeilua kaksi, joissa keskityttiin erityisesti opetusmateriaalin ja opetuskokeilun valmisteluun. Vastaavasti opetuskokeilun jälkeen pidettiin yksi haastattelutapaaminen, jossa teemahaastattelu oli hiukan laajempi ja keskittyi erityisesti opettajan kokemuksiin opetuskokeilusta.

Opetuskokeilun oppitunnit piti opetusryhmille ryhmien oma opettaja huhtikuussa 2021. Kaikki opetusryhmät olivat saman yläkoulun rinnakkaisia 7. luokka-asteen opetusryhmiä. Rinnakkaisia opetusryhmiä oli opetuskokeilussa mukana kolme, joista kaikki ryhmät osallistuivat kolmen oppitunnin mittaiseen opetuskokeiluun.

Opetuskokeilun päätteeksi oppilaiden vastasivat sähköiseen kyselylomakkeeseen, josta vastauksia saatiin ensimmäisestä 12, toisesta 12 ja kolmannelta 13. Sähköisen kyselylomakkeen vastauksista tehtiin aineistolähtöinen sisältöanalyysi tutkimuskysymyksille olennaisista teemoista. Kyselylomakkeen vastauksista Likert-asteikollisia vastauksia analysoitiin sekä graafisesti että laskemalla tuloksista suhteelliset frekvenssit ja keskiarvo ja keskihajonta. Useamman valittavan vastauksen monivalintakysymyksistä saatuja vastauksia analysoitiin teemoittamalla vastauksia ja vertailemalla vastausten frekvenssejä ja niiden suhteellisia frekvenssejä. Avoimista vastauksista analysoitiin vastausten teemoja ja eri teemojen esiintymistä vastauksissa.<sup>37</sup>

Opetuskokeilussa oppilaat käyttivät myös opetusmateriaalin osana tuotettuja, täytettäviä taulukkopohjia, jotka kuitenkin laskettiin tutkimuksen tarkastelussa aineistoanalyysin ulkopuolelle. Opinnäytteen laajuus huomioiden olennaisimpana opetusmateriaalin kehittämisen tiedonlähteenä käytettiin nimenomaan opettajan haastatteluista saatua palautetta, joiden kautta myös oppilaiden käyttämiin taulukkopohjiin liittyvä palaute saatiin tietoon epäsuorasti.

## 9 OPETUSKOKEILUUN VALMISTAUTUMINEN JA OPETUSMATERIAALIN LAATIMINEN

### 9.1 Laadittavan opetusmateriaalin lähtökohdat ja tavoitteet

Kokeellisessa tuotettavalle opetusmateriaalille asetettiin jo ennen aiheen valitsemista selkeät tavoitteet. Opetusmateriaalista haluttiin tuottaa sellainen, että se voisi olla matalan kynnyksen apu opettajalle, joka olisi kiinnostunut kokeilemaan sekä itselleen että oppilaille uudenlaista avointa kokeellista tutkimusta opetusmenetelmänä. Tästä lähtökohdasta opetusmateriaalista haluttiin tuottaa yksi valmis paketti ja oppituntikokonaisuus. Käytännössä materiaalista haluttiin tuottaa myös sellainen, että halutessaan materiaali olisi tulostettavissa vihkoseksi, joka sisältää seuraavat asiat:

- Sekä opettajaa että oppilaita varten lyhyt johdanto, joka kertoo avoimen kokeellisen tutkimuksen luonteesta.
- Tavoite ja oppilaille mahdollisuus tehdä tiedonhakua myös internetissä.
- Oppilaille avoimen kokeellisen tutkimuksen periaatteiden mukaiset ohjeet, jotka sisältävät:
  - Lyhyen kertauksen tutkimuksen aiheeseen tarvittavasta pohjatiedosta.
  - Tutkimuskokonaisuudelle asetetut valmiit tavoitteet.
  - Tutkimuskokonaisuuden läpikulkuohje, sisältäen kevyesti strukturoidun etenemisen ohjeistuksen, kuitenkin niin, että avoimelle tutkimukselle todella jää tilaa.
- Opettajalle menetelmän toteuttamista tukeva ohjepaketti, joka sisältää:
  - Tiivistelmä tutkimustehtävän onnistumisen kannalta tärkeimmistä asioista, jotka oppilaiden tulisi hoksata.
  - Ehdotus tutkimuskokonaisuuden vaiheiden etenemisestä ja tuntisuunnitelma sisältäen aika-arviot oppilasryhmien etenemisestä.
  - Erityishuomioita opettajalle tutkimuskokonaisuuden etenemisen eri vaiheista, jotka opettajana ohjeena peilaavat oppilaiden tutkimusohjetta. Erityishuomioissa kiinnitetään huomiota esimerkiksi ohjaamisen mallikysymysten avulla myös etenemisen kohtiin, joiden arvioidaan aiheuttavan eniten hankaluuksia.
  - Ohjeita opettajalle tutkimuskokonaisuuden loppukoontiin.
  - Opettajalle valmis arviointikaavake oppilasryhmien kokeellisen työskentelyn pisteytettyä arviointia varten. Arviointikaavakkeen kohtia peilataan myös tutkimuskokonaisuuden eri vaiheisiin.

## 9.2 Tutkimustehtävän aiheen valintaperusteet

Tutkimuskokonaisuuden aihetta pohdittiin yhdessä opetuskokeiluun osallistuvan opettajan kanssa. Osallistuvalla opettajalla oli lukujärjestyksessään kemian opetusryhminä kaikkia yläkoulun luokka-asteita 7–9, joten aihetta varten kysyttiin opettajalta suuntaa antavasti yksi toiveaihe jokaiselle luokka-asteelle. Tutkimuskokonaisuuden aiheeksi valittiin lopulta yksi opettajan ehdottamista, eli 7. luokan sisällöistä *reaktionopeuteen vaikuttavien tekijöiden* tutkiminen. Aiheen valintaa tuki useampi eri perustelu.

”Reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät” on aiheena rajallinen kokonaisuus, jonka tutkimista varten tarvittava pohjatieto on loppujen lopuksi hyvin vähäistä. Lisäksi reaktionopeuden tutkimiseen tarvittavat välineet ja ilmiön todentamiseen vaadittavat koejärjestelyt esimerkiksi laimeaa suolahappoa ja metalleja tutkimalla ovat hyvin yksinkertaisia. Myös reaktionopeuden tutkimiseen yleensä esimerkiksi oppikirjojen oppilastöissä käytettävät reagenssit ovat hyvin yksinkertaisia. Aiheena reaktionopeus on myös 7. luokan kemiassa suoraan osa oppiaineen sisältöä luokka-asteella, eli aihe on sopiva osa myös kemian muiden aiheiden kokonaisuudessa.

## 9.3 Tutkimustehtävän rakenne ja yksityiskohtaiset materiaaliin tehdyt valinnat

Alkuperäisenä pyrkimyksenä oli teettää oppilailla mahdollisimman avoin tutkimuskokonaisuus mahdollisimman vähän strukturoidulla lisämateriaalilla. Reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät valittuna aiheena kuitenkin määrittä muutamalta kannalta laadittavan opetusmateriaalin rakennetta. Vaikka aihe sinällään on rajattu ja teorialtaan yksinkertainen, koostuu aiheen teoria kuitenkin useammasta pienemmästä osasesta. Toisin sanoen myös kokeellisesti todennettavia vaikuttavia tekijöitä on useampia. Tässä nähtiin mahdollisen sekaannuksen riskejä oppilaiden kootessa yhteen oman tiedonhaun perusteella useasta pienestä osasesta koostuvaa teoriaa omien koejärjestelyjen suunnittelua varten. Lisäksi huomioitiin, että osallistuvat oppilasryhmät ovat kuitenkin vasta alle vuosi sitten aloittaneet yläkoulun, ja todellisen luonnontieteiden opiskelun, eli oppilaiden tutkimuksellisten taitojen tasosta ei ole juurikaan takeita. Lisäksi kyseiset opetusryhmät olivat aloittaneet ylipäättään kemian opiskelun vasta vajaa kaksi kuukautta ennen opetuskokeilua.

Edellä mainituista syistä koettiin siis tarve jonkinlaiselle strukturoidulle avulle tutkimuksen teorian, suunnitelmien ja tulosten kokoamisessa, kun huomioitavien asioiden määrä kasvoi valitun aiheen takia. Opetusmateriaaliin päätettiin laatia mukaan koontia auttava kaaviopohja, jonka opettaja saa tulostaa oppilaille työskentelyn avuksi. Oppilaille laaditun kaaviopohjan ohessa tuotettiin myös opettajalle avuksi kaaviosta täytetty malliversio. Lisäksi kaaviopohjan käyttäminen huomioitiin sekä oppilaiden että opettajan ohjeissa ja myös opettajan arviointipohjassa.

Kaaviopohjaa hyväksi käyttäen muodostettiin oppilaiden etenemistä varten hieman strukturoitu kokonaisuus, joka koostuisi kolmesta eri tehtävänannosta:

1. Tiedonhakutehtävä, jolla kartoitetaan ilmiön teoria
2. Koejärjestelyn suunnittelutehtävä kaaviopohjan avustuksella. Suunnittelutehtävän yhteydessä annetaan myös lista käytössä olevista välineistä ja reagensseista.
3. Suunniteltujen koejärjestelyjen toteuttaminen, hypoteesien tekeminen, havainnointi ja havaintojen kirjaaminen muistiin kaaviopohjan avulla.

Toinen rajoite, jonka valittu aihe asetti tutkimuskokonaisuudelle, oli reaktionopeuden tekijöistä katalyytin vaikutuksen todentaminen. Katalyytin merkitystä voi olla 7.-luokkalaisten tiedolla hankala ymmärtää, varsinkin jos sen olemassaolo ja vaikutus pitäisi todentaa itse suunnitellulla koejärjestelyllä. Tutkimuskokonaisuudesta haluttiin kuitenkin saada koottua yhtenäinen kokonaisuus, eli myös katalyytin havainnoiminen ja siitä oppiminen haluttiin pitää kokonaisuudessa mukana. Katalyytin suhteen päädyttiin lopulta järjestelyyn, jossa tutkimuskokonaisuuden osaksi liitettiin opettajan suorittama, katalyyttiin perustuva demonstraatio, johon valmistautuen oppilaat kuitenkin tekevät erikseen määritellyn, hieman tarkemmin strukturoidun tiedonhakutehtävän. Katalyyttidemonstraatioksi valittiin yksinkertainen mutta näyttävä ”elefantin hammastahna”, joka toteutettaisiin vetyperoksidilla, astianpesuaineella ja katalyytillä. Opetusmateriaaliin lisättiin siis myös mukaan opettajalle demonstraation läpivientiin ohjeet ja oppilaiden tutkimusohjeeseen ylimääräinen vetyperoksidiin liittyvä tutkimustehtävä ja huomautus yhteen reaktionopeuteen vaikuttavista tekijöistä olevan hankalampi todentaa kuin muiden, joten opettaja tulisi näyttämään sen vaikutuksen ryhmien työskentelyn päätteeksi tutkimuskokonaisuuden lopussa. Lopulliseksi tutkimuskokonaisuuden rakenteeksi muodostui siis oppilaille neljä tehtävää:

1. Tiedonhakutehtävä, jolla kartoitetaan ilmiön teoria

2. Tiedonhakutehtävä erityisesti vetyperoksidiin liittyen. Valmistautumista lopussa nähtävään katalyyttidemonstraatioon.
3. Koejärjestelyn suunnittelutehtävä kaaviopohjan avustuksella. Suunnittelutehtävän yhteydessä annetaan myös lista käytössä olevista välineistä ja reagensseista. Huomautus yhden vaikuttavan tekijän käsittelystä yhdessä opettajan demonstraation kautta.
4. Suunniteltujen koejärjestelyjen toteuttaminen, hypoteesien tekeminen, havainnointi ja havaintojen kirjaaminen muistiin kaaviopohjan avulla.

Kun katalyytin suhteen päädyttiin huomioimaan sen vaikutus demonstraation kautta, aukesi tutkimuskokonaisuudelle mahdollisuus toteuttaa koejärjestelyjä vielä yksinkertaisemmin. Huomioiden, että sekä todellisen opetuskokeilun, mutta myös ylipäättään opetusmateriaalin potentiaalinen kohderyhmä, ovat hyvin aloittelevia kemistejä päätettiin tutkimusta yksinkertaistaa muuttamalla tutkittavat reaktiot suolahapon ja metallien välillä liukenemisen tutkimiseksi. Nyt reagensseiksi riittäisivät pelkästään hanavesi eri lämpötiloissa, sekä suola ja sokeri, joista sokeri sekä hienona sokerina että palasokerina. Tällä valinnalla haluttiin madaltaa entisestään oppilaiden kynnystä innostua kokeilemaan itse ilmiöiden toteutumista.

Opettajan ohjetta varten päädyttiin oppilasryhmien onnistumisen takaamiseksi nostamaan kahta olennaista tekijää, joista toinen liittyi teoriataustan huolelliseen selvittämiseen ja toinen kokeellisen osan onnistumiseen. Vaikka aiheen teoria onkin rajattu, on siinä monta pientä osaa, joten eri vaikuttavien tekijöiden hahmottaminen, selittäminen ja niiden avulla koejärjestelyjen suunnitteleminen on syytä tehdä huolella. Vastaavasti kokeellisessa osassa vaikuttavia tekijöitä voidaan havainnoida yksinkertaisilla kahta vierekkäistä astiaa vertaavilla koejärjestelyillä erittäin helposti, jos omissa koejärjestelyissä maltetaan muuttaa vain yhtä asiaa kerrallaan vertailua varten. Opettajan ohjeissa päädyttiin korostamaan erityisesti näitä kahta seikkaa oppilasryhmien tutkimuksen onnistumisen edellytyksinä.

Viimeisenä osiona opetusmateriaaliin koottiin yksinkertainen arviointitaulukko, jolla oppilasryhmien työskentelyä voisi arvioida valmiilla 0–6 pisteen skaalalla, johon ryhmän pisteet muodostuvat tutkimuskokonaisuuden eri vaiheisiin sijoittuvien arviointikohtien pisteytyksen mukaisesti. Arviointitaulukko laadittiin viimeisenä, että arviointikohdat voivat peilata tutkimuskokonaisuuden vaiheita ja rakennetta. Arviointikohtien teemoihin haettiin mallia myös yläkoulun kemian arviointikohdista (perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014).<sup>31</sup> Opetuskokeilun ja kehittämistutkimuksellisen analyysin perusteella päivitetty opetusmateriaali on esitetty liitteessä 1.



## **10 OPETUSKOKEILUN TULOKSET JA TULOSTEN ANALYYSI**

### **10.1 Opetuskokeilun perusteella tehty opetusmateriaalin kehittäminen**

Opetuskokeiluun osallistuneelle opettajalle avoin kokeellinen tutkimus kemian opetusmenetelmänä oli tässä yhteydessä ensimmäistä kertaa käytössä. Opettajan kokemukset ja ideat menetelmän aloittamisesta opetuksessa olivat hyvin samoilla linjoilla kirjallisuuskatsauksen tuloksien kanssa. Menetelmästä kiinnostuneiden opettajien alkuun pääsemistä menetelmän kokeilemisessa tukee aiheesta internetissä saatavilla oleva tutkimustieto käytännön vinkkeineen, sekä esimerkiksi muiden avointa tutkimuksellisuutta harjoittavien opettajien kanssa verkostoituminen. Sekä avoimen kokeellisen tutkimuksen ohjaamista että sen suunnittelua ja sopivien aiheiden valitsemista kuitenkin oppii menetelmän mukaisen avoimen tutkimuksellisuuden kokeilemista oikeiden oppilasryhmien kanssa, esimerkiksi aloittamalla ensin enemmän strukturoiduista tutkimustehtävistä ja suppeammista tutkimuskokonaisuuksista. Vastaavasti sekä kirjallisuuskatsauksen että opettajan haastattelun perusteella tässä tutkimuksessa tuotetun opetusmateriaalin kaltaiset kokonaisuudet voisivat helpottaa opettajien alkuunpääsyä uuden opetusmenetelmän kanssa.

Kokonaisuudessaan opetusmateriaaliin tehtiin hyvin vähän päivityksiä ja lisäyksiä opetuskokeilun jälkeisen opettajan palautteen perusteella. Päivitykset liittyivät eniten lisähuomautusten lisäämiseen, sekä satunnaisten kirjoitusvirheiden tai ulkoasun korjailuun. Seuraavassa on kerrottu opettajan haastattelujen perusteella opetusmateriaaliin tehdyistä muutoksista. Opetuskokeilun jälkeen lisättiin materiaaliin opettajan haastatteluissa ilmenneen toiveen perusteella lyhyt opettajalle tarkoitettu johdanto-osio, jossa avattiin hieman enemmän avoimen kokeellisen tutkimuksen filosofiaa, sekä orientoivaa ohjetta, joka muistuttaa, kuinka kokemattomia työskentelemään lähtevät 7.-luokkalaiset oppilaat kemian opiskelijoina ovat. Opettajan ohjeeseen lisättiin myös opettajan opetuskokeilun aikana keksinä avausesimerkki kaakaon tekemisestä mahdollisimman nopeasti. Opettaja tällaisen käytännössä kaikille oppilaille tutun käytännön esimerkin olevan tehokas aloitusesimerkki ja johdantokysymys oppilaiden orientoitumiseen kyseiselle tutkimuskokonaisuudelle, erityisesti, kun käytetyt välineet ja reagenssit ohjasivat tutkimaan nimenomaan liukenemistä. Ylipäätään tässä tutkimuksessa tuotettuun opetusmateriaaliin kokonaisuutena oltiin tähän opetuskokeiluun osallistuneen opettajan taholta tyytyväisiä.

*”Kokonaisuus oli kyllä hyvä ja erityisesti demonstraatio-ohje oli kiva bonus, jos se ei ole ennestään tuttu. Tekstiä oli kyllä ainakin riittävästi, mutta ei silti tuntunut liian raskaalta.”*

Opetusmateriaalissa mukana ollut arviointitaulukko jäi tämän opetuskokeilun toteutuksessa testaamatta. Tähän syynä oli, että ensimmäistä kertaa uutta menetelmää testatessa kului opettajan mukaan paljon aikaa ja annettua huomiota oppilasryhmien ohjaamiseen ja ryhmien mukana pysymiseen. Opettaja kuitenkin koki, että pystyi hyvin seuraamaan oppilaita työskentelyn aikana, eli ryhmien arviointi olisi mahdollista myös jälkikäteen toteutettuna. Opettaja myös mainitsi, että arviointi ryhmien työskentelyn ohessa olisi varmasti jo mahdollisempaa seuraavilla kerroilla, kun menetelmän kaltaisen työskentelyn ohjaamiseen olisi enemmän tottunut.

Työvälineenä opettaja koki arviointitaulukon olevan hyvä tapa helpottaa arviointia pilkkomalla kokonaisuutta pienempiin kokonaisuuksiin. Opettajan mielestä olisi myös reilua näyttää myös oppilaille arviointikohdat ennen arvioitavaa kokeellista työskentelyä. Opettaja näki myös mahdollisuuksia arviointitapojen laajentamisessa nimenomaan kokeellisen työskentelyn arvioinnissa.

*”Itsearviointi tai vertaisarviointi olisi varmasti myös hyvä täydennys opettajan arviointiin, kun puhutaan kokeellisesta.”*

Kirjallisuuskatsauksen tulokset arviointiin liittyen ovat samoilla linjoilla opettajan näkemysten kanssa. Avoin kokeellinen tutkimus voi menetelmänä osaltaan tarjota kemian arviointiin muun muassa opetussuunnitelman perusteiden velvoittamaa laaja-alaisuutta. Menetelmän sisältäessä sekä ryhmätyöskentelyä että mahdollisuuksia monenlaisten tieteellisen tutkimuksen osa-alueiden harjoittamiseen, tarjoaa menetelmän mukaisen tutkimustehtävän ajattelemisen arvioitavana kokonaisuutena myös oppilaille mahdollisuuksia näyttää sellaista osaamista, jota esimerkiksi perinteinen, kirjalliseen tuotokseen perustuva ja tulosorientoitunut arviointi ei välttämättä tuo ilmi. Kokeellisen työskentelyn arviointi ylipäätään tarjoaa myös luontaisia mahdollisuuksia täydentää opettajan tekemää arviointia esimerkiksi itse- tai vertaisarvioinnilla.

Opetusmateriaalissa tehtyihin valintoihin liittyen opettaja koki yksinkertaisilla aineilla aloittamisen olevan monella tapaa hyvää harjoitusta kokeelliseen työskentelyyn. Toisaalta opettajan mielestä kyseisen ilmiön tutkiminen olisi ihan mahdollista oikeillakin aineilla ja voisi tuoda työskentelylle lisää merkitystä oppilaiden silmissä.

Kehittämistutkimuksena tässä tuotetun opetusmateriaalin läpikäymä kehittämiskaari oli hyvin lyhyt ja materiaalia käytti testaamis- ja palautteen antamisen tarkoituksessa vain yksi opettaja. Materiaalin laatimisessa ja päivittämisessä noudatettiin kuitenkin kehittämistutkimuksen tyylistä materiaalin valmistelua ja kehittämistä.

## 10.2 Opettajan kokemus ja tuntemuksia opetuskokeilusta

Kirjallisuuskatsauksen perusteella avoimen kokeellisen tutkimuksen tai sen variaatioiden tai muiden menetelmän kaltaisten opetusmenetelmien käytöllä on mahdollista saavuttaa laaja-alaisia hyötyjä, joihin perinteinen, opettajajohtoinen opetus ei välttämättä oppijoita valmenna.<sup>8-11</sup> Myös opettajan haastattelussa nousi esiin merkittävässä määrin samoja teemoja, vaikka opettajalla ei aiheesta erityisempää tutkimustietoa ollut tutustuttavana etukäteen. Erityisesti korkeakoulutasolla tarpeellisia, mutta myös puutteelliseksi havaittuja tutkimuksellisia taitoja olisi mahdollista kartuttaa avoimen kokeellisen tutkimuksen menetelmillä jo peruskouluvaiheessa. Lisäksi, koska avoin kokeellinen tutkimus oppimismenetelmänä perustuu myös pienryhmässä toimintaan, tarjoaa menetelmä myös tukea oppijan sosiaalisten taitojen kehittymiselle. Pienryhmässä työskentely laaja-alaisesti oppimista myös muun muassa mahdollistamalla ja kannustamalla vertaisoppimiseen.<sup>11,16</sup> Koska avoimen tutkimuksellisuuden menetelmät erityisesti kemiassa ja muissa luonnontieteissä sisältävät tieteen luonteen vuoksi innovatiivista ongelmanratkaisua ja kokeellista työskentelyä, tarjoaa avoin kokeellinen tutkimus myös oppilaille mieluisaa vaihtelua oppimiseen.

Vaikka avoimella kokeellisella tutkimuksella on mahdollisesti tarjolla monenlaisia hyötyjä erityisesti sellaisissa taidoissa, joiden harjoittaminen perinteisesti jää pienemmälle huomiolle, on menetelmän käyttölaajuus tavallisella koulukentällä verrattain vähäistä.<sup>22-26,32</sup> Myös opetuskokeiluun osallistunut opettaja oli käyttämässä vastaavalla tavalla avointa menetelmää opetuksessaan ensimmäistä kertaa. Niin kuin minkä tahansa muun uuden menetelmän, myös avoimen kokeellisen tutkimuksen käyttöön ottaminen ja säännöllinen käyttäminen opetuksessa vaatii menetelmään tutustumista teorian ja opetuksen suunnittelun kannalta. Vaikka opettaja olisikin menetelmän suhteen asiansa tunteva, täytyy menetelmästä saatavien hyötyjen maksimoimiseksi myös oppilaiden olla oikein asennoituneita ja omatoimisen tutkimuksen tekemiseen tottuneita, jotta voidaan sanoa menetelmän olevan täyshyötyisesti käytössä.<sup>22-23,35</sup>

Opettajan haastattelujen perusteella opetuskokeiluun osallistunut opettaja oli kaiken kaikkiaan hyvin innostunut tällaiseen opetuskokeiluun ja opetusmateriaalin kehittämiseen osallistumisesta. Opettaja piti myös mielenkiintoisena oppilasryhmien etenemisen seuraamista tällaisen tutkimuskokonaisuuden aikana. Erityisesti tutkimuskokonaisuuden kokeellisen osan aikana oppilaiden innostuksen havainnointi oli opettajan mieleen. Vaikka oppilasryhmät opettajan mielestä etenivät yleisesti sujuvasti, esittivät oppilaat kuitenkin aktiivisesti kysymyksiä, eli opettaja sai mielestään tehdä jatkuvasti ohjaustyötä oppilasryhmien työskentelyn aikana. Opettajan mukaan myös aihe oli työskentelyyn sopivan helppo, mikä tarjosi erilaisten ryhmien ohjaamiseen joustavuutta.

*”Helpon aiheen kanssa hyvät [ryhmät] pärjäävät enemmän omillaan ja heikommille (ryhmille) pystyy ohjaamaan enemmän tarvittavaa tukea.”*

Ryhmien etenemisen suhteen opettaja piti tärkeimpänä ytimekästä aloitusta sekä yhteiselle työskentelylle että yksittäisten ryhmien alkuun pääsemiselle. Tutkimuskokonaisuuden purku lopussa osoittautui opettajan mielestä haastavaksi, kun ryhmien työskentely valmistui hiukan eri aikaan. Ajankäytön suhteen opettaja koki onnistuneensa opetuskokeilun kolmen oppitunnin kokonaisuudessa ihan hyvin, mutta koki selkeästi tällaisen menetelmän vaativan suunnittelua ajan suhteen sekä suunnittelussa että tutkimuskokonaisuuden toteuttamisessa. Opettaja myös huomioi tekemisessä ”oikeaa tutkijan meininkiä” tietyllä ajallisella takarajalla, mutta oman tahtisella etenemisellä. Opettaja koki myös tarvittavan ajan arvioimisen suhteen, että menetelmän sujuvaan käyttämiseen johtava totuttelemine vie varmasti aikaa.

Hankalimmaksi puoleksi opetuskokeilussa opettaja koki ohjaajan ja fasilitaattorin rooliin asettumisen ja pitäytymisen liian suorasta ohjaamisesta ja vastausten paljastamisesta. Tässä opettaja koki haastavaksi paineeksi myös oppimisen laadulliset tavoitteet.

*”Hankalinta on olla sanomatta ja ohjaamatta liian suoraan, kun pitäisi maaliin kuitenkin päästä.”*

Opettaja koki myös, että vastaavanlainen avoin kokeellinen tutkimuksellisuus olisi ehdottomasti sovellettavissa myös muissa kemian aiheissa. Tosin opettaja mainitsi myös, että kemian aiheet myös mutkistuvat merkittävästi ylemmillä luokka-asteilla, mikä hankaloittaa tällaiselle menetelmälle aiheiden valintaa. Myös fysiikkaa opettavana opettaja koki, että monet fysiikan aiheet voisivat helposti soveltua vastaavanlaiselle käsittelylle. Opettajan mukaan tällaisen menetelmän kanssa tarvittava aika on varmasti enemmän kuin, jos aihetta käsitteisi ”perinteisesti”.

Myös kirjallisuuskatsauksen mukaan menetelmän käyttö voi asettaa opettajalle muutamia haasteita, joita opettaja oli opetuskokeilun aikana havainnut tai joita tuli ilmi haastattelujen aikana.<sup>22–26</sup>

Avoimen kokeellisen tutkimuksen periaatteiden mukaisesti opettajan rooli on antaa oppilasryhmien vuorovaikutteiselle etenemiselle ja ideoinnille tilaa. Tällainen taustalta tarvittaessa ohjaaja tai oppilasryhmää oikeaan suuntaan fasilitoiva keskustelun ohjaaja eroaa perinteisesti opettajan opetustilannetta ja oppimisen etenemistä täysin johtavan asiantuntijan roolista, joten avoimen kokeellisen tutkimuksen ohjaaminen voi olla opettajalle luontaisesti hankala ottaa omaksi rooliksi.<sup>12–</sup>

<sup>14</sup> Samoin menetelmän mukainen oppilasryhmien omaan tahtiin eteneminen vaatii yleensä huomattavasti enemmän aikaa kuin saman asian käsittely perinteisesti opettajan johdolla. Vastaavasti opettajan valmistautuminen avoimen kokeellisen tutkimuksen käyttämiseen opetuksessa vaatii eri tavalla resursseja. Sekä aikataulutusta että oppitunnit vaativat erityistä suunnittelua, varsinkin jos opettaja on vasta aloittelemassa menetelmän käyttöä.<sup>19–20,22–26</sup>

Opettaja havaitsi oppilasryhmillä suurimpia hankaluuksia yleisesti alkuun pääsemisessä, mutta alkukankeuden jälkeen homma tuntui sujuvan lähes kaikilla ryhmillä oikein hyvin. Opettaja mainitsi myös muutamalla ryhmällä käyttäneensä aloitusesimerkkina lämpötilaa, joka toimi ryhmille avainsanana, jonka jälkeen tekeminen alkoi sujua. Opettaja havaitsi samanlaista ensimmäisen kohdan kankeutta myös koejärjestelyjen suunnitteluvaiheessa.

*”Ensimmäisen koejärjestelyn keksiminen näytti hankalalta, mutta sen jälkeen muut sujuivat jo helpommin.”*

Opettajan mukaan tutkittavista vaikuttavista tekijöistä oppilasryhmille vaikutti hankalimmalta käsittää väkevyyden tai aineen määrän vaikutus reaktionopeuteen. Opettaja havaitsi kyllä oppilaiden ymmärtävän mitä ”väkevyys” tai ”aineen määrä” tarkoittavat, mutta niiden yhdistämisessä reaktionopeuteen vaikuttavina asioina tuntui olevan ikään kuin liiankin itsestään selvää ja siksi hankalaa yhdistää.

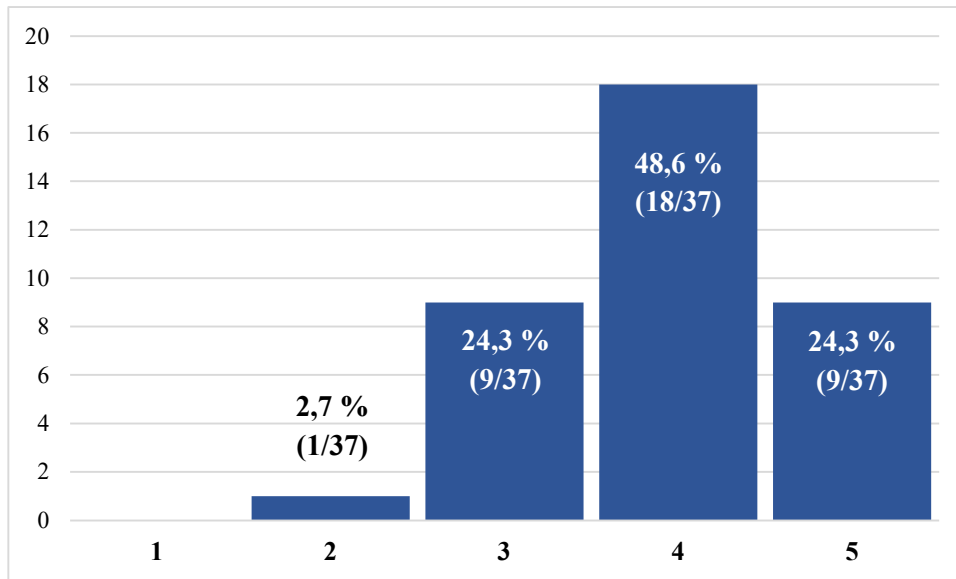
Myös kirjallisuuskatsauksen tulokset tukevat opettajan havaintoja oppilaiden mahdollisiin haasteisiin liittyen. Oppilaan näkökulmasta haasteeksi avoimen kokeellisen tutkimuksen kautta oppimisessa voi muodostua helpoiten ja yhtä aikaa yksinkertaisesti osaamisen tai tiedon puute.<sup>15–16,22–23</sup> Avoin tutkimuksellisuus nojaa tutkimuksellisten taitojen käyttämiseen ja loogisesti etenevän ajatusprosessin mukaisesti etenemiseen. Näiden käyttäminen oppimisessa on harjoittelun tulosta, eli ilman näihin treenattuja valmiuksia voi menetelmän mukainen oppiminen aiheuttaa oppilaille haasteita. Olennaista

menetelmälle on myös aiheeseen liittyvän pohjatiedon varaan rakentaminen. Opittavan tiedon muodostuessa konstruktiiivisesti, tarjoaa avoin kokeellinen tutkimus kuitenkin tiedon konstruktion myös vahvan sosiaalisen komponentin ryhmätyöskentelyn ja vertaisoppimisen kautta.<sup>11,16–17,22–23</sup> Jos tutkittavalle aiheelle löydetään omaan tietoon liittyen faktapohjainen konteksti ja oppija omaa riittävät sosiaaliset ja tutkimukselliset taidot, on avoimen kokeellisen tutkimuksen kanssa menestyminen mahdollista. Oppilaan kannalta on siis huomion arvoista, että avoimen kokeellisen tutkimuksen harjoittaminen ei välttämättä takaa tiedollisen osaamisen kautta parempia oppimistuloksia, mutta menetelmää oikein käyttämällä on oppilaalla mahdollisuus kartuttaa osaamistaan laaja-alaisemmin.<sup>8–11</sup>

### **10.3 Oppilaiden tuntemuksia opetuskokeilusta kyselytutkimuksen perusteella**

Oppilaiden opetuskokeilun lopussa täyttämän kyselyn ensimmäisenä varsinaisena kysymyksenä pyydettiin oppilaita arvioimaan, kuinka hyvin he mielestään oppivat tutkimuskokonaisuuden päätteeksi reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät ja selitykset vaikutusten taustalla. Käytetty kyselylomake on esitetty liitteessä 2.

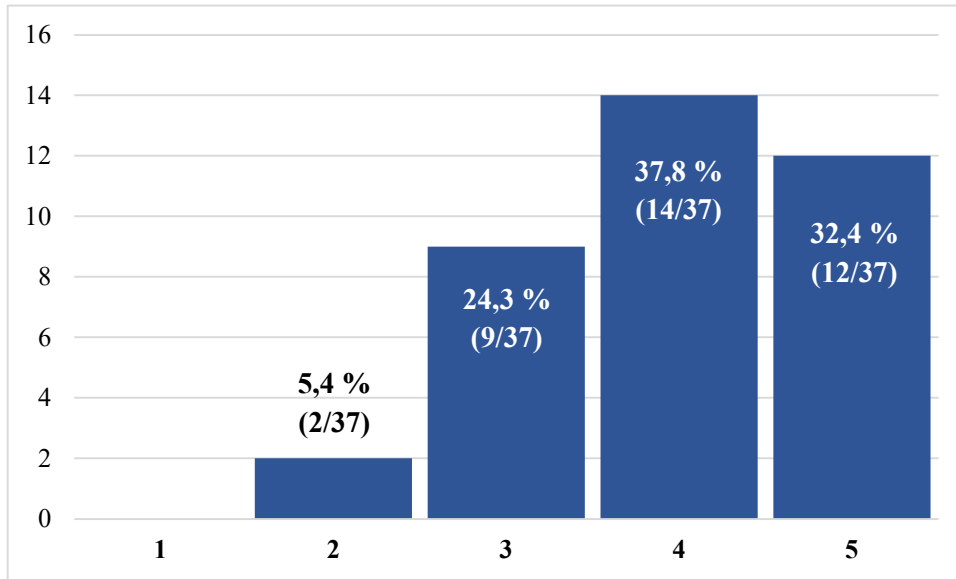
Kysymyksessä 2 asiaa selvitettiin kysymällä: ”Opitko mielestäsi hyvin reaktionopeuteen vaikuttavista tekijöistä ja niiden selityksistä?” Oppilaat vastasivat kysymykseen asteikolla 1–5, missä numeroa 1 kuvattiin saatteella; ”en tiedä, mitä tutkimuksessa tehtiin, enkä osaa sanoa opinko mitään” ja numeroa 5 kuvattiin saatteella, ”tiedän nyt mitkä tekijät vaikuttavat reaktionopeuteen”. Kuvassa 2 on esitetty graafisesti pylväsdiagrammilla kysymyksen 2 vastausten jakautuminen.



**Kuva 2:** Oppilaiden vastausjakauma kysymykseen 2:  
Opitko mielestäsi hyvin reaktionopeuteen vaikuttavista  
tekijöistä ja niiden selityksistä?

Vastausten keskiarvoksi (ka) ja keskihajonnaksi (kh) määritettiin Microsoft Excelillä: ka = 3,95 ja kh = 0,77. Vastauksista siis Likert-asteikolla 1–5 yhteensä yli 70 % vastaajista valitsi asteikon huipulta 4 tai 5, ja vastausten keskiarvo saa arvoksi hieman alle 4, kuitenkin alle yhden yksikön keskihajonnalla odotusarvosta. Voidaan siis todeta, että oppilaiden omasta mielestä he oppivat tutkimuskokonaisuuden aikana hyvin aiheesta tavoiteltavia asiat.

Kysymyksessä 3 kysyttiin: ”Piditkö tällaisesta tavasta tutustua uuteen aiheeseen itse tehdyllä tiedonhauulla ja koejärjestelyillä?”. Asteikolla 1–5, alapäässä numeroa 1 kuvasi saate: ”en pitänyt, teki oppimisesta vaikeampaa” ja yläpäässä numeroa 5 kuvasi saate: ”pidin, oppiminen onnistui tällä tavalla hyvin.” Kuvassa 3 on esitetty graafisesti pylväsdiagrammilla kysymyksen 3 vastausten jakautuminen.



**Kuva 3:** Oppilaiden vastausjakauma kysymykseen 3:  
 Piditkö tällaisesta tavasta tutustua uuteen aiheeseen  
 itse tehdyllä tiedonhaulla ja koejärjestelyillä?

Vastausten keskiarvoksi (ka) ja keskihajonnaksi (kh) määritettiin Microsoft Excelillä: ka = 3,97 ja kh = 0,88. Vastauksista siis Likert-asteikolla 1–5 hieman yli 70 % vastaajista valitsi asteikon huipulta 4 tai 5, ja vastausten keskiarvo saa arvoksi hieman alle 4, kuitenkin alle yhden yksikön keskihajonnalla odotusarvosta. Vaikka vastaukset jakautuivat hieman saman tyylliseen edelliseen kysymykseen verraten hiukan eri tavalla, voidaan tässäkin todeta, että huomattava oppilaista piti tutkimuskokonaisuuden tyyllisestä tiedonhakuun ja omaan koejärjestelyyn perustuvasta oppimisesta.

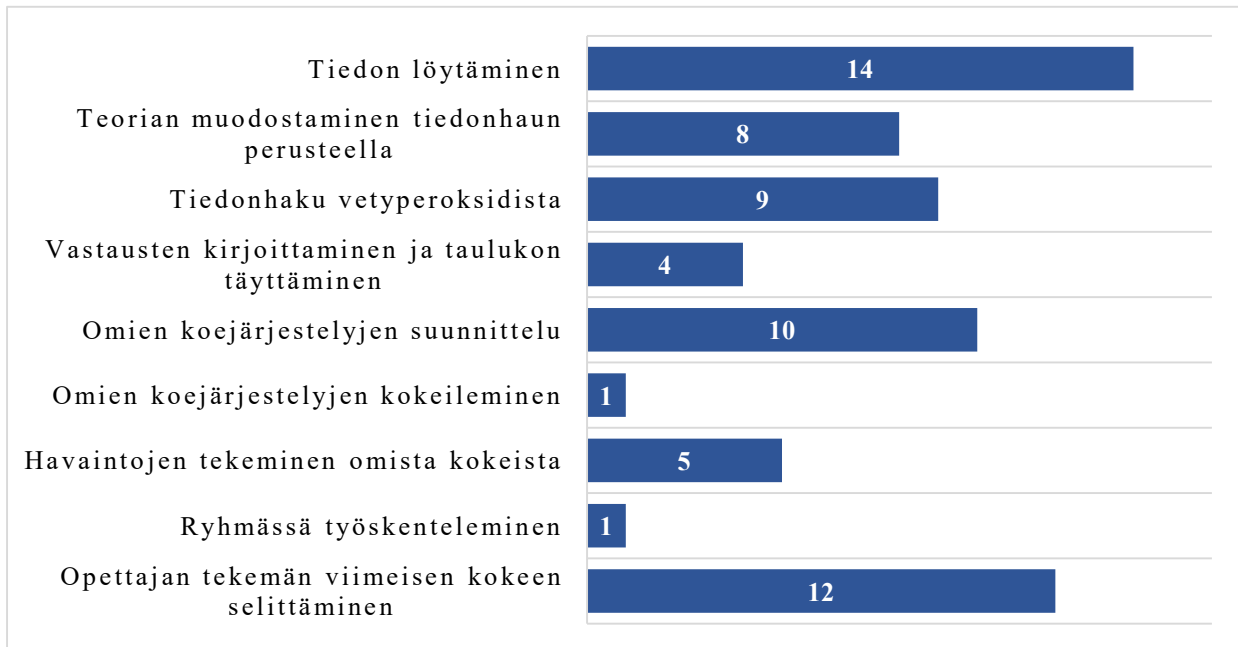
Kysymyksessä 4 kysyttiin yksinkertaisesti: ”Haluaisitko joskus muulloinkin oppia uutta tällä tavalla avoimella tutkimuksella ryhmän kanssa?”. Oppilaista merkittävä enemmistö, eli 83,8 % (31/37) vastasi kyllä ja loput 16,2 % (6/37) vastasi ei. Toisin sanoen suurin osa oppilaista olisi halukas oppimaan avoimen kokeellisen tutkimuksen keinoin tulevaisuudessakin.

Kysymyksessä 5 kartoitettiin oppilaiden mielestä vaikeimpia vaiheita tai osia toteutetusta tutkimuksesta pyytämällä oppilaita valitsemaan vaihtoehtoja kaksi omasta mielestä hankalinta. merkittävä osa vastaajista ei kuitenkaan noudattanut ohjetta, vaan vastasi kysymykseen valitsemalla joko yhden tai useamman kuin kaksi vastausta. Yksittäinen vastaaja ei kuitenkaan voinut vastata samaa vastausta useammin kuin kerran. 37 vastaajasta kysymykseen 5 oli valittu yhteensä 64 vastausvaihtoehtoa. Vaikka osa vastaajista ei toiminut ohjeen mukaisesti, voidaan vastauksista silti



tehdä analyysi, josta havaitaan useimpien oppilaiden mielestä haastavimmiksi kokemiaan osia tutkimuskokonaisuudessa.

Kysymyksessä vaihtoehtoiksi annettiin: ”tiedon löytäminen”, ”teorian muodostaminen tiedonhaun perusteella”, ”tiedonhaku vetyperoksidista”, ”vastausten kirjoittaminen ja taulukon täyttäminen”, ”omien koejärjestelyjen suunnittelu”, ”omien koejärjestelyjen kokeileminen”, ”havaintojen tekeminen omista kokeista”, ”ryhmässä työskenteleminen”, ”opettajan tekemän viimeisen kokeen selittäminen”. Kuvassa 4 on esitetty graafisesti kysymyksen 5 vastaukset ja Taulukossa 5 taas on esitetty vastausten suhteelliset frekvenssit verraten vastausmääriä todelliseen, 37 vastaajan määrään.



**Kuva 4:** Oppilaiden hankalimmaksi kokemat osat tutkimuskokonaisuudessa (frekvenssit)

**Taulukko 5:** Oppilaiden hankalimmaksi kokemat osat tutkimuskokonaisuudessa

| Oppilaan mielestä hankala asia                    | Frekvenssi | Prosenttiosuus (x/37) / % |
|---|------------|---------------------------|
| Tiedon löytäminen                                 | 14         | 37,8                      |
| Teorian muodostaminen tiedonhaun perusteella      | 8          | 21,6                      |
| Tiedonhaku vetyperoksidista                       | 9          | 24,3                      |
| Vastausten kirjoittaminen ja taulukon täyttäminen | 4          | 10,8                      |
| Omien koejärjestelyjen suunnittelu                | 10         | 27,0                      |
| Omien koejärjestelyjen kokeileminen               | 1          | 2,7                       |
| Havaintojen tekeminen omista kokeista             | 5          | 13,5                      |
| Ryhmässä työskenteleminen                         | 1          | 2,7                       |
| Opettajan tekemän viimeisen kokeen selittäminen   | 12         | 32,4                      |

Oppilaiden vastauksista kysymykseen 5 voidaan erottaa muutamia teemoja, joita oppilaat pitivät tutkimuskokonaisuudessa hankalimpina osina. Ensimmäisenä teemana voidaan erottaa tiedonhakuun liittyvät asiat, eli esimerkiksi ”tiedon löytäminen” (37,8 % (14/37)) ja ”tiedonhaku vetyperoksidista” (24,3 % (9/37)). Vastaavasti toisena teemana myös tätä seuraava vaihe tutkimuskokonaisuudessa, eli ”teorian muodostaminen tiedonhaun perusteella” (21,6 % (8/37)) erottuu vastauksissa hieman. Kolmantena teemana on tuloksista erotettavissa itse teorian ja käytännön yhdistämiseen liittyvät asiat tutkimuskokonaisuudessa, eli ”omien koejärjestelyn suunnittelu” (27,0 % (10/37)) ja ”opettajan tekemän viimeisen kokeen selittäminen” (32,4 % (12/37)).

Viimeisessä kysymyksessä (6) kysyttiin avoimen vastauksen mahdollisuudella ”Mikä oli mielestäsi parasta, kun uutta asiaa opittiin tällä tavalla? Mistä asiasta tai vaiheesta pidit eniten?”. kaikista 37 vastaajasta avoimeen kysymykseen vastasi yhteensä 32 vastaajaa, joista 5 vastausta ei sisältänyt kysymyksen kannalta oikeaa informaatiota ja yksi vastaus kuului yksinkertaisesti ”ei mitään!”.

Asetettuun avoimeen kysymykseen siis saatiin vastaajista yhteensä 70,3 % (26/37) analyysin kannalta informatiivisia vastauksia.

Näistä oppilaiden antamat avoimet vastaukset olivat ylipäättään erittäin positiivisia, edellä mainitut yksittäiset riitasoinnut huomioon ottaen. Seuraavassa on poimittu avoimista vastauksista muutamia hallitsevia vastausten teemoja, sekä numeerisesti kuvattu vastausten esiintymistä verrattuna avoimeen kysymykseen vastanneiden vastaajien määrään (32).

Oppilaat pitivät työskentelyssä muun muassa omaan tahtiin etenemisestä (3/32), sekä siitä, että tutkimukselle oli käytettävissä riittävästi aikaa (4/32). Merkittävästi eniten oppilaita miellytti omien koejärjestelyjen suunnitteleminen ja testailu (13/32).

*”Sai kokonaan tehdä ja oli mielenkiintoista tietää, miten oma suunnitelma toimii.”*

Oppilailta kehuja sai myös useammassa vastauksessa ryhmässä toimiminen (4/32). Oppilaat nostivat myös esiin tyytyväisyyttä aidon tutkimuksen tekemiseen, esimerkiksi oman tiedon avulla päättämiseen (1/32), kokeiden havainnoimiseen (3/32), sekä ylipäättään oman vaikuttamisen ja näkemyksen tuomiseen mukaan työskentelyyn (4/32).

*”Pidin siitä, miten pystyin itse päättämään vastauksia aiemmin kuullun perusteella.”*

*” Tutkimus oli kiva. Se oli hyvän pitkä, että kesti koko tunnin, muttei liian pitkä tai työläs.”*

Oppilaita viehätti työskentelyssä myös tekemisen vapaus ja hauskuus verrattuna tavalliseen oppituntiin tai normaaliin työskentelyyn (3/32). Myös opettajan suorittama demonstraatio (elefantin hammastahna), tai sen havainnointi oli jäänyt useamman oppilaan mieleen ja se mainittiin avoimissa vastauksissa (4/32).

Oppilaiden vastauksista on tehtävissä kirjallisuuskatsauksen tuloksia vastaavia havaintoja. Oppilaat pitivät opetuskokeilussa hankalimpina asioina esimerkiksi tiedon hakemista ja sen avulla teorian muodostamista sekä omien koejärjestelyjen suunnittelemista. Nämä ovat juuri sellaisia tutkimuksellisia teemoja ja taitoja, joihin perinteisten opetusmenetelmien on todettu valmentavan heikommin, mutta joiden harjaannuttamista avoimella kokeellisella tutkimuksellisuudella voitaisiin tukea paremmin.<sup>8-11</sup> Vastaavasti oppilaat myös kokivat oppineensa aiheesta suurimmaksi osaksi

hyvin, vaikka oppimisen menetelmä oli erilainen. Opetuskokeilussa saavutettiin siis tiedollista oppimista, mutta myös avoimen tutkimuksellisuuden menetelmän ansiosta tutkimuksellisten taitojen harjaannuttamista.<sup>8-11</sup> Tämä on erittäin olennaista, sillä sekä tiedollinen osaaminen että tutkimuksellinen osaaminen ovat opetuksen tavoitteita ja arvioinnin kriteerejä myös opetussuunnitelman perusteissa.<sup>31</sup>

Vaikka samat asiat nousivat oppilailta esiin hankalimmiksi kokeminaan asioina, pitivät oppilaat samaan aikaan parhaina osina opetuskokeilua nimenomaan tutkimuksellisuuteen ja itsenäisesti ryhmissä toimimiseen liittyviä asioita. Vastaavat asiat ovat myös kirjallisuuskatsauksen mukaan menetelmälle tärkeitä ominaisuuksia.<sup>8-11</sup> Positiiviset kokemukset omatoimisesta, ryhmätyöskentelyyn perustuvasta tutkimuksellisesta työskentelystä ovat myös asioita, joiden on havaittu tukevan oppilaiden motivaatiota ja kiinnostusta luonnontieteellisiä aineita kohtaan myöhemmillä koulutuksen tasoilla.<sup>9,11</sup>

## 11 POHDINTAA TUTKIMUKSESTA

### 11.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

Avoimella kokeellisella tutkimuksellisuudella opetusmenetelmänä voidaan saavuttaa erityisiä hyötyjä erityisesti tutkimuksellisten taitojen harjoittamisessa.<sup>8-11</sup> Avoimella tutkimustehtävällä edetessä avoimesta tehtävänannosta itse tehtävään tiedonhakuun ja edelleen todentamalla itse suunnitelluilla koejärjestelyillä tehdyt hypoteesit, voidaan käydä läpi yksinkertainen tieteellisen tutkimuksen kaari. Vertaisryhmissä suoritettava avoin kokeellinen tutkimus tarjoaa tutkimuksellisten taitojen harjaannuttamisen lisäksi tukea yhteisöllisten ja sosiaalisten taitojen harjaantumiseen.<sup>16-18</sup>

Avoimen kokeellisen tutkimuksen hyötyjen saavuttamista voidaan maksimoida varmistamalla, että käytettäessä opetuksessa avoimen kokeellisen tutkimuksen menetelmää, on sekä opettajalla että oppilailla riittävät tiedolliset valmiudet sekä menetelmän että tutkimuskokonaisuuden aiheen käsittelyyn. Mitä enemmän menetelmän tyylistä tutkimuksellisuutta harjoitellaan, sitä enemmän sekä opettaja että oppilaat orientoituvat menetelmän ohjaamiseen ja menetelmällä oppimiseen.<sup>22-23,35</sup>

Avoin kokeellinen tutkimus voi aiheuttaa opettajalle haasteita avoimen tutkimuskokonaisuuden suunnittelussa esimerkiksi ajankäytön ja tutkimusaiheen valinnassa. Vastaavasti opettajan asettuminen erilaiseen, enemmän taustalta ohjaavan ja erityisesti oppilasryhmien omaa työskentelyä, ideoita ja hypoteeseja tukevaan, fasilitaattorin rooliin voi aiheuttaa sopeutumisen vaikeuksia.<sup>12-14,22-23,25-26</sup>

Opettajia voidaan tukea avoimen kokeellisen tutkimuksen opetusmenetelmän laajemmassa käyttöönotossa esimerkiksi valmiiden, menetelmän mukaisten opetusmateriaalikonaisuuksien muodossa. Lisäksi opettajille verkostoitumisen mahdollisuuksien tarjoaminen esimerkiksi internetin kautta auttaa rohkaisemaan opettajia erilaisen menetelmän kokeilemistä käytännössä.<sup>22-23,26</sup>

Kemian arvioinnin tueksi avoin kokeellinen tutkimus tarjoaa mahdollisuuksia laaja-alaiseen oppilaan arviointiin ja oppilaan kannalta mahdollisuuksia osoittaa osaamista erilaisilla tavoilla. Tiedollisen osaamisen lisäksi esimerkiksi erilaisten tutkimuksellisten ja ryhmätyöskentelyn taitojen osaamista on luonnollista tuoda esiin tieteellistä tutkimusta mallintavan kokeellisen työskentelyn kautta. Lisäksi

avoin kokeellinen tutkimus tarjoaa luonteensa ansiosta helppoja mahdollisuuksia yhdistää opettajan tekemään arviointiin esimerkiksi itsearviointia tai vertaisarviointia pienryhmissä.<sup>30-32</sup>

Tutkimuksen perusteella oppilaat kokevat ylipäättään kokeellisen työskentelyn mielenkiintoisena ja erityisesti avoimen kokeellisen tutkimuksellisuuden kautta oppimisen suurimmaksi osaksi positiivisena tapana oppia, sekä mukavana vaihteluna ja itsensä toteuttamisen keinona verraten normaaliin oppimiseen.<sup>8-11,30,32</sup>

## 11.2 Tulosten luotettavuuden arviointi

Monet tutkimuksessa esiin nousevat ilmiöt ja esimerkiksi avoimen kokeellisen tutkimuksellisuuden menetelmän periaatteet perustuvat pohjimmiltaan yllättävän yksinkertaisille teorioille tulkita tiedon rakentumista ja oppimista. Lisäksi esimerkiksi useat kirjallisen osan tutkimukset, vaikka niitä tässä tutkimuksessa tulkitaankin eri näkökulmista, antavat usein vastaavia tuloksia sekä menetelmän potentiaalisista hyödyistä että käytännössä koetuista haasteista.<sup>22-26</sup> Samoin kokeellisen osan tulokset, erityisesti opetuskokeiluun osallistuneen opettajan näkökulmasta, vastaavat erittäin hyvin kirjallisessa osassa esitettyjä teoreettisia ja empiirisiä havaintoja aiheesta. Tutkimuksen tuloksia voidaan siis yleisesti pitää sekä luotettavina että yleistettävänä.

Aiemmin todettiin jo, että tässä kehittämistutkimuksessa tuotteen kehittämiskaarta lyhensi merkittävästi opinnäytteen laajuus, sekä tavoite saada useasta eri näkökulmasta uudenlaisen menetelmän opetuskokeilusta irti samalla myös muunlaista tietoa. Käytettävän opetusmateriaalin laatu paranee jokaisella kehittämisellä ja käytännössä sen arvioinnin kierroksella, eli materiaalista vastaan palautteen vastaan ottaminen jatkossa takaisi lisää materiaalin käyttöarvoa.<sup>38</sup> Toisaalta on huomioitava myös, että laadittuun materiaaliin oltiin suurimmaksi osaksi hyvin tyytyväisiä läpi opetuskokeilun vaiheiden, mistä syystä tutkimuksen aikana tehdyt muutokset olivat suhteellisen kevyitä.

### 11.3 Tutkimuksen eettinen tarkastelu

Kokeellisen osan toteutuksessa päädyttiin tutkijan kannalta täysin etätyöskentelyyn. Osasyynä täydelle etävälinelinjalle olivat luonnollisesti keväällä 2021 laajasti voimassa olleet pandemiarajoitukset. Toisaalta, kun tutkimuksen kokeellisen osan yhtenä tarkoituksena oli kartoittaa menetelmää käyttäneen opettajan kokemusta ja tuntemuksia menetelmästä, on tulosten kannalta objektiivisempaa, että opetuskokeilua opetusryhmille pitää ryhmän oma opettaja, joka ei ole aiemmin menetelmää kokeillut. Lisäksi, kun tutkimuksen opetuskokeilun kohteena olivat alaikäiset koululaiset, on tutkimuksen eettisyyden ja osallistuneiden oppilaiden anonymiteetin kannalta myös sopivaa, että osallistuneet oppilaat asioivat vain oman opettajansa kanssa, vaikka opettaja toteuttikin tutkijan tuottamaa opetuskokonaisuutta. Myös oppilaille tehtyä kyselyä analysoidessa pystyttiin yksittäiset vastaajat tunnistamaan tutkijan toimesta pelkästään opetusryhmän koodin perusteella. kaiken kaikkiaan tutkimukseen osallistuneiden alaikäisten oppilaiden yksityisyyttä suojattiin tätä tutkimusta tehdessä hyvin. Vastaavasti myös opinnäytteessä julkaistavien tulosten analyysin ja liitteiden sisällöstä on muutettu anonymiksi myös opetuskokeilussa mukana olleen opettajan nimi, sekä koulun nimi. Tutkimuksessa siis noudatettiin ihmistieteiden eettisen tutkimuksen periaatteita.<sup>39</sup>

### 11.4 Jatkotutkimusaiheita

Jatkotutkimuksen kannalta tutkimuksessa käsiteltävistä aiheista erityisesti kokeellisen työskentelyn arviointiin olisi varmasti tilausta sitä tukevalle materiaalille. Moninaisilla arvioinnin keinoilla ja laaja-alaisen koulukasvatuksen mittarina, uudenaikaisilla arvioinnin tavoilla voisi olla kysyntää. Esimerkiksi kemian arvioinnissa, nimenomaan monipuolisuus arvioinnissa on vahvasti kirjoitettu ei vain ohjeena, vaan määritettynä velvoitteena opetussuunnitelman perusteisiin.<sup>31</sup> Samoin isompien tai pienempien opetusmateriaalikokonaisuuksien ”kierrättäminen”, eli materiaalien käytännön kokemuksen perusteella kehittämisen ajatus on kiinnostava ja tutkijan mielessä rinnastuu filosofisesti esimerkiksi käsitykseen elinikäisestä oppimisesta ja opettajan kehittymisestä työssään.

Oppilaskyselyn tuloksiin viitaten oli tutkijalla jonkinlainen käsitys, että oppilaat voisivat pitää vapaammasta ja erityisesti kokeellisuuteen perustuvasta oppimisesta. Samoin etukäteen oli tuntu, että myös opettaja tulisi pitämään mahdollisuudesta käyttää ja testata valmista opetusmateriaalia. Kuitenkin molemmissa tapauksissa positiivinen vastaanotto yllätti tutkijan useammassa vaiheessa.

Sekä oppilaiden että opettajan positiivinen vastaanotto, sisältäen kuitenkin aiheellista kriittistä suhtautumista menetelmän käyttämiseen, antaa kuitenkin tulevaisuudelle selkeää signaalia, että avoimelle kokeellisuudelle olisi suomalaisessa koulussa lisätilausta. Tutkijan näkökulmasta yksittäiseen aihekokonaisuuteen keskittyvät valmiit opetusmateriaalit vinkkeineen ja ohjeineen tämän tutkimuksen yhteydessä tuotetun opetusmateriaalin tapaan olisivat yksi myös pitemmälle tähtäävä tapa tukea menetelmän laajempaa jalkautumista.

Opetusmateriaaliin ei tehty mittavia sisällön muutoksia, koska seuraavaa varsinaista testikierrosta ei ole tiedossa. Seuraavassa kuitenkin muutamia pohdintoja mahdollisista suuremmista päivityksistä. Materiaalissa käytetty kaaviopohja sai ylipäätään hyväksyvän vastaanoton, mutta osallistuneen opettajan kanssa loppuhaastattelussa mietittiin myös kaaviossa käytetyn rakenteen muuttamista esimerkiksi strukturoimalla etenemisen yleinen kaavio etenemään eri järjestyksessä. Esimerkiksi selkeästi empiirisempi lähestymistapa, eli peruskäsitteen tutkimiseksi suunniteltaisiin saman tien tehtävä koejärjestely, josta seuraisi hypoteesi, jota seuraisi havainto, jonka perusteella viimeisenä todennettaisiin teoria. Tällainen eri tavalla strukturoitu lähestyminen voisi olla joillekin oppilaille helpompi ymmärtää. Kaavion nykyisen mallin järjestys, joka perustuu tiedonhaun perusteella muodostettavaan teoriaan, joka sen jälkeen todennetaan kokeellisesti ohjaa tarkoituksella tiettyyn etenemiseen järjestykseen. Toisaalta nykyinen versio on nimenomaan avoimen kokeellisen tutkimuksen periaatteiden mukainen eteneminen, joten edellä esitetty pohdinta empiirisemmästä lähestymistavasta jätettiin nimenomaan pohdinnaksi.

## **11.5 Loppusanat**

Loppujen lopuksi, vaikka tässä tutkimuksessa keskitytään tarkemmin opetusmenetelmistä juuri avoimeen kokeelliseen tutkimukseen, on olennaisimpia asioita tutkimuksessa useampaan kertaan siellä täällä päätään nostava kehoitus tasapainoon erilaisten opetusmenetelmien hyödyntämisessä. Hyvän opettajan käyttämien menetelmien työkalupakin sisällön tulisi olla monipuolinen, ja avoin kokeellinen tutkimuksellisuus tuntuukin erittäin sopivalta, monelle uudelta työkälulta kenen tahansa luonnontieteitä opettavan menetelmien repertuaariin.



## 12 KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Korkeaniemi, H., *Avoim kokeellinen tutkimus kemian opetusmenetelmänä*, kandidaatintutkielma, Jyväskylän yliopisto, kemian laitos, Jyväskylä, 2020.
2. Hein, G. E., Constructivist Learning Theory, *International Committee of Museum Educators Conference*, Jerusalem, Israel, 1991. (<https://www.exploratorium.edu/education/ifi/constructivist-learning>) (7.3.2022)
3. Örnek, F. ja Saleh, I. M., *Contemporary Science Teaching Approaches: Promoting Conceptual Understanding in Science*, Information Age Publishing, Charlotte, USA, 2012. ([https://www.researchgate.net/publication/283538777\\_Contemporary\\_Science\\_Teaching\\_Approaches\\_Promoting\\_Conceptual\\_Understanding\\_in\\_Science\\_Dr\\_Funda\\_Ornek\\_Bahrain\\_Teachers\\_College\\_University\\_of\\_Bahrain\\_Dr\\_Issa\\_M\\_Saleh\\_Bahrain\\_Teachers\\_College\\_in\\_Univers](https://www.researchgate.net/publication/283538777_Contemporary_Science_Teaching_Approaches_Promoting_Conceptual_Understanding_in_Science_Dr_Funda_Ornek_Bahrain_Teachers_College_University_of_Bahrain_Dr_Issa_M_Saleh_Bahrain_Teachers_College_in_Univers)) (7.3.2022)
4. Bloom, B. S.; Engelhart, M. D.; Furst, E. J.; Hill, W. H. ja Krathwohl, D. R., *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals: Handbook. 1, Cognitive Domain*, Edwards Bros., Ann Arbor, USA, 1956.
5. Anderson, L. W.; Krathwohl, D. R.; Airasian, P. W.; Cruikshank, K. A.; Mayer, R. E.; Pintrich, P. R.; Raths, J. ja Wittrock, M. C. A., *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Abridged Edition*, Addison Wesley Longman, USA, 2001.
6. Lister, C. A. P., *A Framework for Implementing Inquiry-Based Learning in the Elementary Classroom*, University of Victoria, Victoria BC, Canada, 2015. ([https://dspace.library.uvic.ca/bitstream/handle/1828/6950/Lister\\_Christopher\\_MEd\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.library.uvic.ca/bitstream/handle/1828/6950/Lister_Christopher_MEd_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)) (7.3.2022)
7. Conole, G., *Designing for Learning in an Open World*, Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies Vol. 4, Springer Science+Business Media, New York, USA, 2013. (<https://link-springer-com.ezproxy.jyu.fi/book/10.1007%2F978-1-4419-8517-0>) (7.3.2022)
8. Adams, D. ja Hamm, M., *Teaching Math, Science, and Technology in Schools Today: Guidelines for Engaging Both Eager and Reluctant Learners*, 2. painos, Rowman & Littlefield Education, Plymouth, United Kingdom, 2014. (<https://vdoc.pub/documents/teaching-math-science-and-technology-in-schools-today-guidelines-for-engaging-both-eager-and-reluctant-learners-12bhvva6eb70>) (7.3.2022)
9. Blessinger, P. ja Carfora, J. M., *Inquiry-Based Learning for Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Programs: A Conceptual and Practical Resource for Educators*, Innovations in Higher Education Vol. 4, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, United Kingdom, 2015. (7.3.2022)
10. Dostal, J., *Inquiry-Based Instruction - Concept, Essence, Importance and Contribution*, Palacky University, Olomouc, Czech Republic, 2015. ([https://www.researchgate.net/publication/278406129\\_Inquiry-based\\_instruction\\_concept\\_essence\\_importance\\_and\\_contribution](https://www.researchgate.net/publication/278406129_Inquiry-based_instruction_concept_essence_importance_and_contribution)) (7.3.2022)

11. Springer, L.; Stanne, M. E, ja Donovan, S. S., Effects of Small-Group Learning on Undergraduates in Science, Mathematics, Engineering, and Technology: A Meta-Analysis, *Review of Educational Research*, **1999**, *69* (1), 21-51.  
(<https://kopernio.com/viewer?doi=10.3102%2F00346543069001021&token=WzIzOTgyODYsIjEwLjMxMDIvMDAzNDY1NDMwNjkwMDEwMjEiXQ.HjqisH3OoNJW2CMEIVAWCat9Of0>) (7.3.2022)
12. Pöntinen, S.; Kärkkäinen, S.; Pihlainen, K. ja Rätty-Záborszky, S., *Pupil-Generated Questions in a Collaborative Open Inquiry*, University of Eastern Finland, Joensuu, 2019.  
([https://www.researchgate.net/publication/333986938\\_Pupil-Generated\\_Questions\\_in\\_a\\_Collaborative\\_Open\\_Inquiry](https://www.researchgate.net/publication/333986938_Pupil-Generated_Questions_in_a_Collaborative_Open_Inquiry)) (7.3.2022)
13. Rop, C. J., The Meaning of Student Inquiry Questions: A Teacher's Beliefs and Responses, *International Journal of Science Education*, **2002**, *24* (7), 717-736.  
([https://kopernio.com/viewer?doi=10.1080%2F09500690110095294&token=WzIzOTgyODYsIjEwLjEwODAvMDk1MDA2OTAxMTAwOTUyOTQiXQ.EFqkR3Jl52PDV\\_tMZtY8kwsgP\\_w](https://kopernio.com/viewer?doi=10.1080%2F09500690110095294&token=WzIzOTgyODYsIjEwLjEwODAvMDk1MDA2OTAxMTAwOTUyOTQiXQ.EFqkR3Jl52PDV_tMZtY8kwsgP_w)) (7.3.2022)
14. Watts, M., Alsop, S., Gould, G. ja Walsh, A., Prompting Teachers' Constructive Reflection: Pupils' Questions as Critical Incidents, *International Journal of Science Education*, **1997**, *19*, 1025–1037.  
([https://kopernio.com/viewer?doi=10.1080%2F0950069970190903&token=WzIzOTgyODYsIjEwLjEwODAvMDk1MDA2OTk3MDE5MDkwMyJd.CbDbPonwdFCYswnfOC9Jiv\\_FiyQ](https://kopernio.com/viewer?doi=10.1080%2F0950069970190903&token=WzIzOTgyODYsIjEwLjEwODAvMDk1MDA2OTk3MDE5MDkwMyJd.CbDbPonwdFCYswnfOC9Jiv_FiyQ)) (7.3.2022)
15. Froschauer, L., *Bringing STEM to the Elementary Classroom*, NSTA Press, Arlington VA, USA, 2016. (7.3.2022)
16. Westberg, J. ja Hilliard, J., *Fostering Learning in Small Groups: A Practical Guide*, Springer Publishing, New York, USA, 1996. (7.3.2022)
17. Tuomela, D. ja Hähkiöniemi, M., Variation of Student Engagement Between Different Algebra Tasks, *Proceedings of the 42nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 4, Uumaja, Ruotsi, 2018, ss. 307-314.  
(<https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/65519/nbnfi-fe201901101875.pdf?sequence=1&isAllowed=y>) (7.3.2022)
18. Jokinen, K., *The Road to Learning via Small Group in Elementary School*, University of Jyväskylä, Kokkola University Consortium Chydenius, Kokkola, 2010.  
(<https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/25939/978-951-39-4203-8.pdf?sequence=1&isAllowed=y>) (7.3.2022)
19. Quintana, C.; Reiser, B. J.; Davis, E. A.; Krajcik, J.; Fretz, E.; Duncan, R. G. ja Soloway, E., A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry, *The Journal of the Learning Sciences*, **2004**, *13* (3), 337-386.  
([https://kopernio.com/viewer?doi=10.1207%2Fs15327809jls1303\\_4&token=WzIzOTgyODYsIjEwLjEyMDcvczE1MzI3ODA5amxzMTMwM180II0.AP\\_ujroQU2wOgsSvoj6J41TVN88](https://kopernio.com/viewer?doi=10.1207%2Fs15327809jls1303_4&token=WzIzOTgyODYsIjEwLjEyMDcvczE1MzI3ODA5amxzMTMwM180II0.AP_ujroQU2wOgsSvoj6J41TVN88)) (7.3.2022)
20. Klentschy, M. ja Thompson, L., *Scaffolding Science Inquiry Through Lesson Design*, Heinemann, Portsmouth, USA, 2008.
21. Esbjörn-Hargens, S., Reams, J. ja Gunnlaugson, O., *Integral Education: New Directions for Higher Learning*, State University of New York Press, Albany, USA, 2010. (7.3.2022)

22. Tzou, C.; Reiser, B. J. ja Spillane, J. P., *Managing Dilemmas in Inquiry Science Teaching*, University of Washington Bothell, Northwestern University, USA, 2015.  
([https://www.researchgate.net/publication/266420743\\_Managing\\_Dilemmas\\_in\\_Inquiry\\_Science\\_Teaching](https://www.researchgate.net/publication/266420743_Managing_Dilemmas_in_Inquiry_Science_Teaching)) (7.3.2022)
23. Zion, M. ja Mendelovici, R., Moving from Structured to Open Inquiry: Challenges and Limits, *Science Education International*, **2012**, 23 (4), 383-399. (<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1001631.pdf>) (7.3.2022)
24. Sola, A. O. ja Ojo, O. E., Effects of Project, Inquiry and Lecture-Demonstration Teaching Methods on Senior Secondary Students' Achievement in Separation of Mixtures Practical Test, *Educational Research and Reviews*, **2007**, 2 (6), 124-132.  
([http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1379595943\\_Sola%20and%20Ojo.pdf](http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1379595943_Sola%20and%20Ojo.pdf)) (7.3.2022)
25. Sadeh, I., ja Zion, M., The Development of Dynamic Inquiry Performances Within an Open Inquiry Setting: A Comparison to Guided Inquiry Setting, *Journal of Research in Science Teaching*, **2009**, 46 (10), 1137-1160.  
(<https://kopernio.com/viewer?doi=10.1002%2Ftea.20310&token=WzIzOTgyODYsIjEwLjEwMDIvdGVhLjIwMzEwIl0.TDXFPRnoJc2lwVWY6fmZa6CNmdE>) (7.3.2022)
26. Tseng, C.-H.; Tuan, H.-L. ja Chin, C.-C., *How to Help Teachers Develop Inquiry Teaching: Perspectives from Experienced Science Teachers*, Springer Science+Business Media, verkkojulkaisu, 2012. (<https://kopernio.com/viewer?doi=10.1007%2Fs11165-012-9292-3&token=WzIzOTgyODYsIjEwLjEwMDIvdGVhLjIwMzEwIl0.TDXFPRnoJc2lwVWY6fmZa6CNmdE>) (7.3.2022)
27. Rautiainen, J., *Kehittämistutkimus: Ongelmalähtöinen kokeellinen kemian korkeakouluopetus*, väitöskirja, Helsingin yliopisto, kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos, Helsinki, 2012.  
(<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/35090/kehittam.pdf?sequence=1&isAllowed=y>) (7.3.2022)
28. Korkeakoski, E. ja Tynjälä, P., *Hyötyä ja vaikuttavuutta arvioinnista*, Koulutuksen arviointineuvoston verkkojulkaisu, Jyväskylä, 2010. ([https://karvi.fi/app/uploads/2014/09/KAN\\_50.pdf](https://karvi.fi/app/uploads/2014/09/KAN_50.pdf)) (7.3.2022)
29. Välijärvi, J. ja Kupari, P., *Koulutuksen arvioinnin näkökulmat ja arviointien hyödyntäminen*, *Hyötyä ja vaikuttavuutta arvioinnista*, osa II Koulutuksen arviointineuvoston verkkojulkaisua, (s. 21 - 30) Jyväskylä, 2010. ([https://karvi.fi/app/uploads/2014/09/KAN\\_50.pdf](https://karvi.fi/app/uploads/2014/09/KAN_50.pdf)) (7.3.2022)
30. Vääntinen, M., *Oikeasti hyvä numero. Oppilaiden arvioinnin totuudet ja totuustuotanto rinnakkaiskoulusta yhtenäiskouluun*, väitöskirja, Itä-Suomen yliopisto, Joensuu, 2011.  
([https://epublications.uef.fi/pub/urn\\_isbn\\_978-952-61-0514-7/urn\\_isbn\\_978-952-61-0514-7.pdf](https://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0514-7/urn_isbn_978-952-61-0514-7.pdf)) (7.3.2022)
31. Opetushallitus, *Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2014*, s. 20–24, 280–285, 393–398.  
([https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2014.pdf](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf)) (7.3.2022)
32. Ahtineva, A., *Kokeellisen työskentelyn kriteeriperustainen arviointi kemiassa*, LUMAT, **2014**, 2, 113–123. (<https://journals.helsinki.fi/lumat/article/download/1060/1053/>) (7.3.2022)

33. Abrahams, I. & Reiss, M., Practical Work: Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, **2012**, 49(8), 1035-1055.  
([https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10011605/1/Abrahams\\_Reiss\\_2012\\_Effectiveness\\_of\\_practical\\_work\\_Journal\\_of\\_Research\\_in\\_Science\\_Teaching.pdf](https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10011605/1/Abrahams_Reiss_2012_Effectiveness_of_practical_work_Journal_of_Research_in_Science_Teaching.pdf)) (7.3.2022)
34. Näsäkkälä, E.; Flinkman, M. ja Aksela, M., *Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa*, Opetushallitus, 2001.  
([https://www.researchgate.net/publication/242573056\\_LUONNONTIETEELLISEN\\_TUTKIMUKSEN\\_TEKEMINEN\\_KOULUSSA](https://www.researchgate.net/publication/242573056_LUONNONTIETEELLISEN_TUTKIMUKSEN_TEKEMINEN_KOULUSSA)) (7.3.2022)
35. Lankshear, C. ja Knobel, M., *A Handbook for Teacher Research : From Design to Implementation*, Bell & Bain, Glasgow, United Kingdom, 2004. (7.3.2022)
36. Hirsjärvi, S. ja Hurme, H., *Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*, Gaudeamus Helsinki University Press, 2008. (7.3.2022)
37. Vehkalahti, K., *Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät*, Helsingin yliopisto, 2019.  
(<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/305021/Kyselytutkimuksen-mittarit-ja-menetelmat-2019-Vehkalahti.pdf?sequence=1>) (7.3.2022)
38. Pernaa, J., *Kehittämistutkimus: Tieto- ja viestintätekniikkaa kemian opetukseen*, väitöskirja, Helsingin yliopisto, kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos, Helsinki, 2011.  
(<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/28007/kehittam.pdf?sequence=1&isAllowed=y>) (7.3.2022)
39. Kohonen, I., Kuula-Luumi, A. ja Spoof, S-K., *Ihmistieteiden eettisen ennakoarvioinnin ohje*, Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 3/2019, 2019. (<https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/ihmistieteiden-eettisen-ennakoarvioinnin-ohje>) (7.3.2022)

## LIITTEET

**LIITE 1:** Kehittämistutkimuksessa päivitetty opetusmateriaali

## **Reaktionopeuden avoin tutkimus – opetusmateriaali**

### **Sisällys:**

|                                       |         |
|---------------------------------------|---------|
| Lukijalle                             | 1       |
| Oppilaan työohje ja tehtävämateriaali | 2–3     |
| Ohjeita ja vinkkejä opettajalle       | 4–5     |
| Katalyytti – demonstraatio-ohje       | 6       |
| Arviointitaulukko opettajalle         | 7       |
| Tyhjä tutkimustaulukko                | Liite 1 |
| Täytetty tutkimustaulukko             | Liite 2 |



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Pro Gradu – tutkielma, kehittämistutkimus  
16.4.2021 (päiv. 10.3.2022)  
Henri Korkeaniemi  
Ohjaaja: Jouni Välisaari

## Lukijalle

Tervehdys avoimesta tutkimuksellisuudesta kiinnostunut opettaja!

Tässä opetusmateriaalipaketissa lähestytään reaktionopeuteen vaikuttavien tekijöiden tutkimista avoimen kokeellisen tutkimuksen keinoin. Avoimen tutkimuksellisuuden perusajatuksena on saavuttaa perinteisiä opetusmenetelmiä vastaavia tiedollisia oppimistuloksia, mutta menetelmän keinoin harjoittaa aiheoppimisen lisäksi myös tutkimuksellisia taitoja. Tutkimuksellisten taitojen, eli esimerkiksi tiedon hankkimisen, teorioiden muodostamisen, koejärjestelyjen suunnittelun ja oman tutkimuksen tulosten raportoinnin osaamisen merkitys korostuu erityisesti korkeakouluopinnoissa. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että tuossa vaiheessa voitaisiin vahvemmillä tutkimuksellisilla taidoilla saada opinnoista irti suurempaa akateemista hyötyä jo varhaisemmassa vaiheessa opintoja. Tutkimuksellisten taitojen järjestelmällinen kartuttaminen on hyvä aloittaa siis jo paljon aiemmin koulutuspolun aikana.

Avoin kokeellinen tutkimus oppimisen menetelmänä perustuu muutamalle perusominaisuudelle, jotka mahdollistavat juuri näiden arvokkaiden, tutkimuksellisten taitojen harjoittamista uhraamatta kuitenkaan tiedollisen osaamisen laatua. Avoimen tutkimuksellisuuden kulmakivi on oppilaiden toiminta vertaisryhmissä, joissa he saavat itsenäisesti tehdä oikeaa tutkimustyötä ja edelleen laatia omatoimisesti koejärjestelyjä, jolla voivat empiirisesti todentaa oppimaansa teoriaa. Opettajaa menetelmä haastaa toimimaan taustalla ohjaajana, oppimisen laadunvalvojana ja ryhmien omien ideoiden tukijana.

Reaktionopeus tämän tutkimuskokonaisuuden aiheena on moninainen ja osuu kohderyhmän oppilaiden kannalta mielenkiintoiseen vaiheeseen heidän oppimisensa polulla. Reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät asettuvat kemian oppimäärässä hyvin lähelle seiskaluokan alkua, eli heti alkupäähän vaihetta, jolloin oppilaat vasta kunnolla pääsemässä todellisten luonnontieteiden äärelle. Huomion arvoista on kuitenkin, että tämän tutkimusaiheen tullessa vastaan, voivat oppilaiden tutkimukselliset taidot olla vasta odottamassa kukkaan puhkeamista. Tähän materiaaliin onkin koottu kattava kokoelma ajatuksia ja vinkkejä nimenomaan alkuun pääsemisen tueksi orastaville tutkijan aluille pulpetin takana, mutta yhtä lailla orastaville avoimen tutkimuksellisuuden ohjaajille open pöydän ääressä!

## Reaktionopeuden avoin tutkimus

*Tervehdys seiskaluokkalaiset kemistit!*

*Luonnontieteellinen tutkimus lähtien pienistä, yksinkertaisista ilmiöistä, aina maailmanluokan, huipputekniseen tutkimukseen, noudattaa aina suurin piirtein samanlaista etenemistä. Alkutiedosta tai havainnosta lähdetään liikkeelle, haetaan siihen liittyvää tietoa ja muodostetaan teoria siitä, mitkä asiat ilmiön taustalla vaikuttavat. Teorian pohjalta suunnitellaan koejärjestely, jolla pystytään havainnollistamaan itse omilla kokeilla saman ilmiön toteutumista. Tässä muutaman oppitunnin kokonaisuudessa harjoitellaan ryhmissä juuri samoja vaiheita tutkimalla kemiallisen reaktion nopeutta. Tsemppiä ryhmätyöskentelyyn ja tervetuloa oikean tieteellisen tutkimuksen maailmaan!*



*Terveisin:*

*Henri Korkeaniemi,*

*tuleva kemian, fysiikan ja matikan ope*

### Johdanto

Aiemmin on opittu, että kemiallisessa reaktiossa eri aineet reagoivat keskenään ja muodostavat uusia aineita. Yhdiste muodostuu useammasta eri alkuaineesta, jotka ovat liittyneet toisiinsa kemiallisella sidoksella. Reaktioyhtälö kuvaa kemiallisen reaktion tapahtumista. Reaktioyhtälön alussa ja lopussa on yhtä monta atomia, pelkästään niiden järjestäytyminen muuttuu.

Joka puolella ympärillämme tapahtuu jatkuvasti kemiallisia reaktioita, toiset hitaammin ja toiset nopeammin riippuen muun muassa reaktion olosuhteista ja reagoivista aineista. Kemiallisia reaktioita ovat myös kaikille tutun kuuloiset ilmiöt, kuten palaminen tai liukeneminen. Seuraavaksi haetaan tietoa ja kokeillaan itse ryhmissä asioita, jotka vaikuttavat kemiallisen reaktion nopeuteen.

### Tutkimustehtävän tavoitteet lyhyesti:

1. Kootaan taulukko tekijöistä, jotka vaikuttavat reaktion nopeuteen ja selitetään, millainen on tekijöiden vaikutus reaktionopeuteen.
2. Suunnitellaan kullekin tekijälle oma koejärjestely, millä pystytään näyttämään todeksi kukin nopeuteen vaikuttava tekijä.
3. Toteutetaan omat koejärjestelyt ja todennetaan selvitetty reaktion nopeuteen vaikuttavat tekijät.

## Tutkimuksen suorittaminen:

### Tehtävä 1

Selvittäkää ryhmän kanssa mitkä asiat vaikuttavat kemiallisen reaktion nopeuteen (taulukossa ”*Vaikuttava tekijä*”). Etsikää myös lyhyt selitys tai esimerkki, millä tavalla kyseinen asia vaikuttaa reaktion nopeuteen (taulukossa ”*Tekijän vaikutus*”). Käyttäkää tiedonhaussa sekä oppikirjaa, että internetiä, mutta kirjoittakaa johonkin ylös, mistä tiedot on löydetty.

### Tehtävä 2

Tutustukaa lyhyesti aineeseen nimeltä vetyperoksidi ( $H_2O_2$ ) ja vastatkaa lyhyesti kysymyksiin:

- Mihin vetyperoksidia voidaan käyttää? (muutama yleinen asia riittää)
- Millainen on vetyperoksidin yleinen, itsestään tapahtuva reaktio ja mitä siinä syntyy?
- Mitä voidaan sanoa vetyperoksidin reaktionopeudesta?

### Tehtävä 3

Suunnitelkaa koejärjestelyt, millä voitte testata reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä. Ennen suunnittelua muistakaa tarkistaa alempaa mitä aineita on käytössä. Miettikää koejärjestelyistä mahdollisimman yksinkertaisia, esimerkiksi muuttamalla kerrallaan vain yhtä tutkittavaa asiaa! Miettikää myös, miten aineiden jätteet voidaan hävittää ja mitä täytyy huomioida työturvallisuudessa. Esitelkää koejärjestelyjen suunnitelmat opettajalle, ennen kuin aloitatte seuraavaa tehtävää!

### Käytössä on seuraavia aineita ja välineitä:

- Keitinlaseja ja pikkulusikoita
- Vettä hanasta
- Suolaa
- Palasokeria
- Hienoa sokeria



**HUOM!** Vaikuttavista tekijöistä yksi on yhtä tärkeä kuin muut, mutta se on kemiallisesti merkittävästi monimutkaisempi kokeilla, joten opettaja näyttää lopussa sen vaikutuksen. Miettikää yhdessä, mikä tekijä on mielestänne hankalin todentaa?

### Tehtävä 4

Toteuttakaa suunnittelemanne koejärjestelyt ja pyrkikää havaitsemaan reaktionopeuteen vaikuttavien tekijöiden vaikutuksia. Tehkää ennen jokaista koetta yksinkertainen hypoteesi, eli ennuste siitä, mitä tulotte kokeessa havaitsemaan. Muistakaa kirjoittaa havaintoja muistiin!



## Ohjeita opettajalle:

Oppilaiden onnistumiseen tarvitsemat ydinhoksaamiset tässä tutkimuksessa ovat yllättävän yksinkertaiset:

- Alkuunpääsyn tueksi voi käyttää johdantoesimerkkinä kysymystä: ”Miten saat kotona tehtyä nopeimmin kaakaon?”
- Tiedonhaun ja teorian kokoaminen, eli reaktionopeuteen vaikuttavien tekijöiden nimeäminen ja niiden vaikutuksen selittäminen.
- Koejärjestelyssä vain yhden asian muuttaminen kerrallaan.

## Tutkimuskokonaisuuden vaiheet ja tuntisuunnitelman aika-arvioita:

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>1. oppitunti:</b> | Alkuorientaatio, pienryhmien jako ja pohjatiedon kertaus (5 min)<br>Työohjeiden ja materiaalin jako, ohjeeseen tutustuminen (10 min)<br>Tiedonhaku ja teorian muodostaminen, tehtävä 1 ja 2 (20 min)<br>Koejärjestelyjen suunnittelu, tehtävä 3 (10 min) |
| <b>2. oppitunti:</b> | Koejärjestelyjen suunnittelu, tehtävä 3 (20 min)<br>Koejärjestelyjen toteuttaminen, tehtävä 4 (25 min)   |
| <b>3. oppitunti:</b> | Koejärjestelyjen toteuttaminen, tehtävä 4 (15 min)<br>Katalyytti – demonstraatio (10 min)<br>Loppuyhteenvedo havaituista tuloksista (15 min)<br>Palautekyselyyn vastaaminen (5 min)<br>Palautekysely: <linkki>   |

## Huomioita etenemisen eri vaiheissa:

**Ennen tehtävää 1**, eli heti työskentelyä aloittaessa on tärkeää kerrata yhdessä mitä kemiallinen reaktio yleisesti tarkoittaa, että oppilailla on mielessä pohjatieto, jota lähtevät mielessään jalostamaan. Materiaalipaketissa on mukana sekä tyhjä, että valmiiksi täytetty taulukko. Näitä voi käyttää joko jakamalla jokaiselle oppilaalle täytettäväksi oman, tai täytettäväksi yhden ryhmän kesken (voi tulostaa vaikkapa A3-kokoisena, niin helpottaa kirjoittamista ja antaa tilaa muistiinpanoille). Samoin oman harkinnan mukaan, voi oppilaille lopuksi jakaa täytetyn taulukon, jotta kaikkein materiaalissa löytyvät varmasti oikeat asiat.

**Tehtävässä 1** ei ole merkitystä löydettyjen tekijöiden järjestyksellä, mutta mitä enemmän kuvaavat oppilaiden löytämät nimet ”*Vaikuttaville tekijöille*” ovat, sitä helpompi on tuloksia käydä läpi. Tässä tehtävässä paras tiedonlähde on todennäköisesti oppikirja.

**Tehtävä 2** ohjaa oppilaita tutustumaan hiukan katalyytti - demonstraation aiheeseen ja pyrkii valaisemaan oppilaille, miksi katalyyttiä ei tällä kertaa varsinaisesti kokeilla itse, sillä se on usein monimutkaisempaa kemiaa. Katalyytistä reaktionopeuteen vaikuttavana tekijänä riittääkin tässä pintapuolisempi ymmärrys.

**Tehtävää 3** aloitettaessa tulee oppilailla olla selvillä, että katalyyttiä ei reaktionopeuden tekijöistä tarvitse itse todentaa, vaan koejärjestelyt suunnitellaan muille viidelle ominaisuudelle. tehtävässä 3 myös kehoitetaan miettimään, mitä ominaisuutta näistä ei testata itse, eli oppilaiden kannattaa antaa kertoa mietintänsä, ennen kuin varmistetaan, että katalyytti todennetaan opettajan johdolla.

Vaikka tutkimuksessa käytetään harmittomia reagensseja, eikä myöskään oikeaa lämmityslaitteistoa tarvita, kannattaa oppilaille silti vaatia normaalisti **suojatakit ja -lasit** päälle, jotta niiden käyttöön harjaannutaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Samoin kannattaa muistuttaa laboratoriotyöskentelyn perussäännöistä, esimerkiksi, että **mitään ei laiteta suuhun**, vaikka reagenssit ovatkin vaarattomia.

### **Tärkeitä kysymyksiä suunnitellessa omia koejärjestelyjä:**

- Mitä oikeasti tutkitaan? Tarvitseeko nopeutta mitata, että eroa voidaan havaita?
- Miten voidaan havaita, että toinen reaktio on nopeampi kuin toinen mittaamatta nopeuksia?
  - o Yhden astian reaktionopeutta ei tarvitse mitata, jos laitetaan vierekkäin kaksi reaktiota tapahtumaan yhtä aikaa!
- Milloin kahdessa eri astiassa olevia reaktioita voidaan verrata luotettavasti?
- Milloin eri reaktioilla on täsmälleen samat olosuhteet?
  - o Olosuhteita astioissa ovat veden määrä ja lämpötila
  - o Näiden lisäksi kolmas tekijä on astiaan lisättävä aine
  - o Kahdessa eri astiassa siis muutetaan vain yhtä kolmesta kerrallaan, että saadaan selville sen yhden muutoksen vaikutus!

**Kun oppilasryhmät käsittävät, miten käytännössä yhden asian muuttaminen näissä koejärjestelyissä toimii, myös seuraavien päättelyminen pitäisi helpottaa huomattavasti.**

**Tehtävää 4 aloittaessa** voi eri oppilasryhmiä ohjata aloittamaan eri tekijöiden koejärjestelyistä, jolloin ajan loppuessa mahdollisesti kesken, on edes jollain oppilasryhmällä esittää muulle ryhmälle havaintoja kaikista tekijöistä.

Kokeellisen osion loppuun ajateltu **katalyytti - demonstraatio** pitäisi olla lyhyt ja yksinkertainen suorittaa, mutta ajan säästämiseksi siihen kannattaa opettajan etsiä välineet jo valmiiksi, kun oppilaat vielä suorittavat omia koejärjestelyjään.

Loppuyhteenvedossa voi käyttää valmiiksi täytettyä taulukkoa, jonka voi myös jakaa oppilaille lopuksi, jotta kaikilta löytyvät varmasti oikeat tiedot täytettynä.

## Demonstraatio: Vetyperoksidin katalysointi (elefantin hammastahna)

### Välineet ja reagenssit:

- Korkea ja kapea reaktioastia, esim. 250 ml mittalasi
- Vetyperoksidi (30 %) (huomio: hapettavaa, syövyttävää ja ärsyttävää, säilytetään yleensä jääkaapissa!)
- Astianpesuainetta
- Katalyyttiainetta (jauhe tai kylläinen liuos toimivat molemmat), esim. kaliumjodidi (KI) tai mangaanidioksidi ( $MnO_2$ ), myös hiiva tai kuivahiiva pitäisi toimia myös ihan hyvin.

**Huom!** Demo voi tehdä sotkua, eli kannattaa suorittaa vähintään lavuaarissa tai jopa vetokaapissa, jos roiskuu. Ennen suoritusta muista kysyä oppilailta hypoteeseja, kun tiedetään, että todennetaan katalyytin käyttöä!

### Suoritus:

- Lisätään mittalasiin n. 10 ml vetyperoksidia (30 %).
- Lisätään sen jälkeen mittalasiin hiukan astianpesuainetta.
- Lisätään mittalasiin viimeisenä hiukan katalyyttiainetta nopeasti kaataen.

### Teoriaa ja purkukysymyksiä:

Mikä on katalyytin tarkoitus reaktiossa?

*Katalyytti nopeuttaa reaktiota, mutta ei varsinaisesti osallistu itse reaktioon.*

Millainen on vetyperoksidin itsekseen tapahtuva, tavallinen reaktio?

*Vetyperoksidi reagoi itsekseen hitaasti hajoamalla vedeksi ja hapeksi:  $2 H_2O_2 \rightarrow 2 H_2O + O_2$ .*

Mitä tiedetään hapesta? Voiko happikaasua nähdä ilmassa?

*Happi on normaaleissa lämpötiloissa kaasua, jota ei voi haistaa tai nähdä.*

Lisättäessä katalyyttiä mittalasiin, syntyy nopeasti paljon vaahtomaista, kuplivaa ainetta.

Mitä vaahtossa on ja miksi se yhtäkkiä kuplii voimakkaasti?

*Hajoamisessa syntyy kaasua, ja katalyytin ansiosta sitä syntyy nopeasti paljon. Koska astiassa on mukana astianpesuainetta, saa nopeasti syntyvä happikaasu aikaan paljon vaahtoa ja kuplia.*

*Katalyyttiaine siis nopeuttaa hajoamisreaktiota todella paljon, ja astianpesuaine auttaa havaitsemaan muodostuvaa kaasua.*

**Esimerkkivideoita**, tosin aina myös kannattaa kokeilla etukäteen itse omalla aineyhdistelmällä:

<https://peda.net/kyyjarvi/nopolankoulu/ainesivut/valinnaisaineet/luva2/luva-2018-2019/kemia/ty%C3%B6t/eh/nopolan-elefantit/elefanttitahna2>

<https://peda.net/kyyjarvi/nopolankoulu/ainesivut/valinnaisaineet/luva2/luva-2018-2019/kemia/ty%C3%B6t/eh/nopolan-elefantit/ehwa>

## Reaktionopeuden avoin tutkimus – arviointi

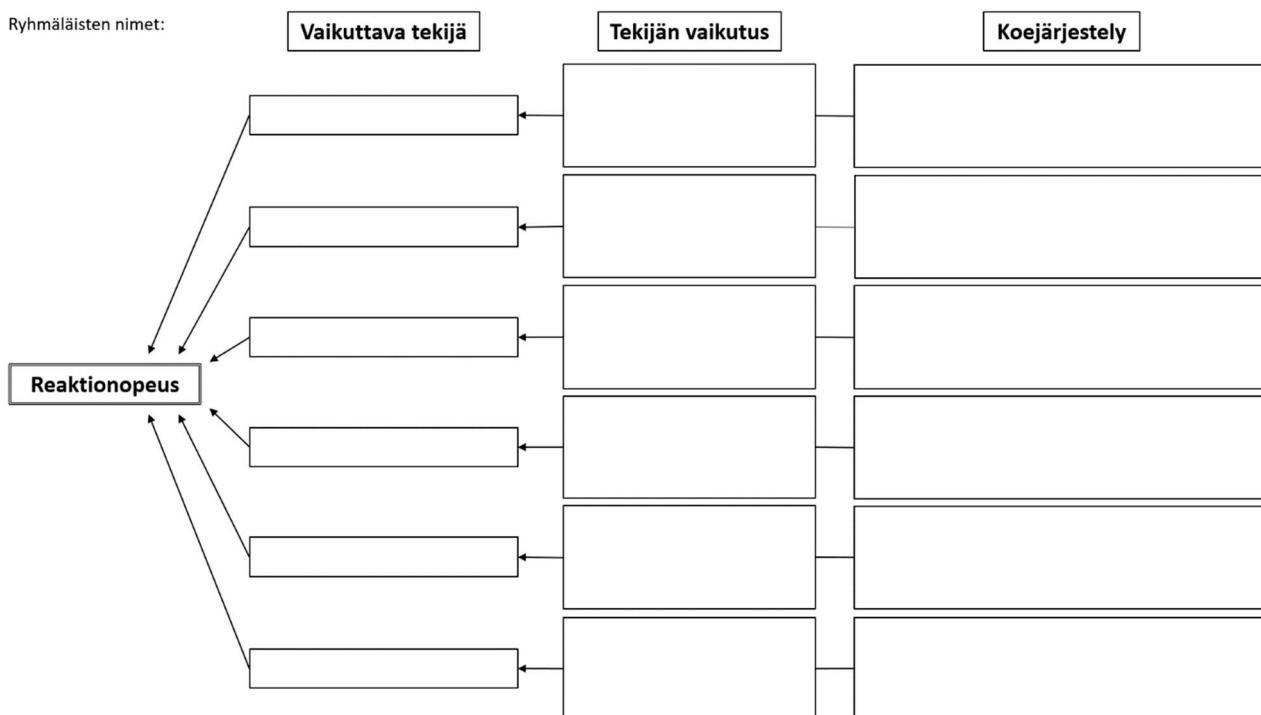
Ryhmien työskentelyä tutkimuksen aikana voi arvioida oheisen arvostelumatriisitaulukon avulla. Arviointitaulukossa laadittu pisteytysmalli 6 pisteelle, eli yleisesti yhtä koetehtävää vastaavaksi.

### Ryhmän jäsenet:

| Arviointikohta                             | Arvioinnissa huomioitavaa  | Pisteet        |
|--|--|----------------|
| Ryhmätyöskentely:<br>Osallistuminen        | Kaikki ryhmän jäsenet osallistuvat tiedonhakuun, keskusteluun ja työskentelyyn.  | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Ryhmätyöskentely:<br>Osallistaminen        | Ryhmän jäsenet huomioivat toisiaan työskentelyn reiluudessa. Jokaiselle ryhmäläiselle annetaan tilaa osallistua.   | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Tiedonhaku:<br>Tiedonlähteet               | Ryhmä käyttää annettua materiaalia, sekä mainittuja tiedonlähteitä. Ryhmäläiset vertailevat löytämiään tietoja keskenään.  | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Tiedonhaku:<br>Tuottaminen                 | Ryhmäläiset tuottavat taulukkoon ytimekkäitä selityksiä eri tekijöistä. Ryhmällä on tiedossa, mistä lähteistä selitykset ovat peräisin ja käsittelee tietoa sopivilla termeillä. | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Tiedonhaku:<br>Yhteenveto                  | Ryhmä muodostaa teoriasta useamman osan kokonaisuuden. Ryhmä käsittelee tutkimuksen osia yhtenä jatkumona tieteellisen tutkimuksen mukaisesti.                                   | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Suunnittelu:<br>Käytännöllisyys            | Ryhmäläiset ymmärtävät, mitä ominaisuuksia tutkivat. Suunnitellut koejärjestelyt vastaavat käytössä olevia laitteita ja reagensseja.   | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Suunnittelu:<br>Vertailutestit             | Ryhmäläiset ymmärtävät kahden astian vertailun käyttämisen ja yhden ominaisuuden muuttamisen kerrallaan suunnitellessaan koejärjestelyjä.  | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Kokeellinen työskentely:<br>Turvallisuus   | Ryhmäläiset käyttävät suojalaseja ja -takkeja, sekä käsittelevät välineitä ja reagensseja huolellisesti. Ryhmäläiset siivoavat jälkensä.   | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Kokeellinen työskentely:<br>Aikaansaaminen | Ryhmäläiset onnistuvat havaitsemaan omalla koejärjestelyllään ainakin osan teoriansa mukaisista ilmiöistä.   | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Kokeellinen työskentely:<br>Havainnointi   | Ryhmäläiset tekevät hypoteeseja koejärjestelyjensä osana. Ryhmäläiset osaavat havainnoida samaa ominaisuutta, mitä koejärjestelyllään tutkivat.                                  | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Kokeellinen työskentely:<br>Asenne         | Ryhmäläiset osoittavat kiinnostusta koejärjestelyjen testaamiseen ja oma-aloitteisuutta työskentelyn etenemisessä.   | 0 / 0,25 / 0,5 |
| Demonstraatio:<br>Osallistuminen           | Ryhmäläiset muodostavat hypoteeseja ja osallistuvat demon seuraamiseen tutkimuksen osana. Ryhmällä on tiedonhausta jonkinlainen alkukäsitys ilmiöstä.                            | 0 / 0,25 / 0,5 |

## Opetusmateriaalin Liite 1:

Ryhmäläisten nimet:



## Opetusmateriaalin Liite 2:

Ryhmäläisten nimet:



## LIITE 2: Oppilaiden sähköisen kyselylomakkeen kysymykset



## Reaktionopeuden avoin tutkimus -

Luokka / opetusryhmä \*

- 7 A/B
- 7 C/D
- 7 M/U

Opitko mielestäsi hyvin reaktionopeuteen vaikuttavista tekijöistä ja niiden selityksistä? \*

1 2 3 4 5

En tiedä, mitä tutkimuksessa tehtiin, enkä osaa sanoa opinko mitään

Tiedän nyt mitkä tekijät vaikuttavat reaktionopeuteen

Piditkö tällaisesta tavasta tutustua uuteen aiheeseen itse tehdyllä tiedonhaulla ja koejärjestelyllä? \*

1 2 3 4 5

En pitänyt, teki oppimisesta vaikeampaa

Pidin, oppiminen onnistui tällä tavalla hyvin

Haluaisitko joskus muulloinkin oppia uutta tällä tavalla avoimella tutkimuksella ryhmän kanssa? \*

Kyllä

Ei

Mitkä olivat mielestäsi kaksi vaikeinta vaihetta tutkimuksessa? \*

- Tiedon löytäminen
- Teorian muodostaminen tiedonhaun perusteella
- Tiedonhaku vetyperoksidista
- Vastausten kirjoittaminen ja taulukon täyttäminen
- Omien koejärjestelyjen suunnittelu
- Omien koejärjestelyjen kokeileminen
- Havaintojen tekeminen omista kokeista
- Ryhmässä työskenteleminen
- Opettajan tekemän viimeisen kokeen selittäminen

Mikä oli mielestäsi parasta, kun uutta asiaa opittiin tällä tavalla? Mistä asiasta tai vaiheesta pidit eniten?

Your answer

---

Submit

Clear form