

Tutkiva oppiminen kemian opetuksen ja oppimisen välineenä

Kemian aineenopettaja
LuK-tutkielma

Laatija:
Laura Alakiikonen

25.4.2024
Turku

Kandidatutkielma

Oppiaine: Kemia

Tekijä(t): Laura Alakiikonen

Otsikko: Tutkiva oppiminen kemian opetuksen ja oppimisen välineenä

Ohjaaja(t): Veli-Matti Vesterinen

Sivumäärä: 19 sivua

Päivämäärä: 25.4.2024

Kemian opetuksen tavoitteena on tukea luonnontieteellisen ajattelun ja lukutaidon kehittymistä ja samalla antaa oppilaalle valmiudet osallistua yhteiskunnalliseen keskusteluun ja globaalien ongelmien ratkaisuun tulevaisuudessa (Opetushallitus, 2019). Tässä tutkielmassa tarkastellaan tutkivaa oppimista välineenä kemian opetuksen tavoitteiden saavuttamiselle identifioimalla siihen liittyviä hyötyjä ja erittelemällä tutkivan oppimisen haasteita sekä opettajan että oppilaan näkökulmasta.

Tutkiva oppiminen on opetusmenetelmä, jossa oppilaalla on aktiivinen rooli. Oppilaalta vaaditaan mm. kykyä asettaa kysymyksiä, suunnitella ja toteuttaa kokeellista työskentelyä ja muodostaa malleja kerätyn tiedon perusteella (Jegstad, 2023). Tutkivan oppimisen on monesti todettu vaikuttavan oppimistuloksiin positiivisesti (Jegstad, 2023). Suuresta suosiosta huolimatta siihen liittyy myös paljon haasteita ja sitä on kritisoitu mm. oppilaan työmuistin liiallisen kuormittumisen ja opettajan tarjoaman minimaalisen tuen takia (Kirschner et al., 2006).

Tutkiva oppiminen vaatii sekä oppilaalta että opettajalta enemmän kuin perinteinen opettajalähtöinen opetus. Onnistuessaan se tarjoaa kuitenkin mahdollisuuden opettaa kemiaa monipuolisesti ja oppilaan kiinnostusta herättävällä tavalla.

Avainsanat: tutkiva oppiminen, tulevaisuuden taidot, kemian opetus

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
2	Tutkiva oppiminen	6
2.1	Määrittelyn moninaisuus	6
2.2	Erilaisia tutkivan oppimisen malleja	7
2.2.1	5E-malli	7
2.2.2	Prosessisuuntautunut tutkiva oppiminen	7
2.2.3	Argumentoiva tutkiva oppiminen	8
2.2.4	Ongelmalähtöinen oppiminen	9
3	Tutkivan oppimisen hyödyt	10
3.1	Vaikutus oppimistuloksiin	10
3.2	Laaja-alainen osaaminen	10
3.2.1	Kriittinen ajattelu	11
3.2.2	Vuorovaikutustaidot ja ryhmässä toimiminen	11
3.2.3	Ongelmanratkaisukyky	11
3.2.4	Oppimistaidot ja opiskelumotivaatio	12
4	Tutkivaan oppimiseen liittyvät haasteet opettajan näkökulmasta	13
4.1	Opettajan omien ennakkokäsitysten vaikutus opettamiseen	13
4.2	Suunnitteluvaiheen haasteet	14
4.3	Haasteet opetustilanteessa	14
4.4	Arvioinnin haasteet	15
5	Tutkivaan oppimiseen liittyvät haasteet oppilaan näkökulmasta	16
5.1	Työmuistin kapasiteetti ja sen yhteys pitkäaikaiseen muistiin	16
6	Johtopäätökset	17
	Lähteet	18

1 Johdanto

Lukion opetussuunnitelmassa kemian ”opetuksen keskeisiin lähtökohtiin kuuluu havainnointi ja tutkiminen” (Opetushallitus, 2019). Myös perusopetuksen opetussuunnitelmassa korostetaan kemian oppiaineen kohdalla tutkimuksellisen lähestymistavan tukevan käsitteiden sisäistämistä ja luonnontieteiden luonteen hahmottamista (Opetushallitus, 2014). Tutkiva oppiminen on pitkään käytössä ollut opetusmenetelmä ja se on noussut yhdeksi keskeisimmistä tiedeopetuksen opetussuunnitelmien teemoista maailmanlaajuisesti (Jegstad, 2023).

Alati muuttuva maailman tilanne asettaa koulutukselle yhteiskunnallisen vastuun kasvattaa taitavia ja kilpailukykyisiä nuoria (Ananiadou et al., 2009). Viime vuosikymmenet ovat muuttaneet tiedeopetuksen, ja samalla kemian opetuksen, painopistettä niin, että enää tavoitteena ei ole opettaa tiedettä tuleville tieteilijöille vaan tuleville kansalaisille (Jegstad, 2023). Opetuksen on lisättävä ymmärrystä tiedon arvioimisen kriteereistä ja korostettava tieteellisiä toimintatapoja (Jegstad, 2023). Tutkiva oppiminen on yksi mahdollinen tapa vastata näihin vaatimuksiin.

Tutkivaa oppimista on tutkittu paljon, mutta sen määrittely ja siitä käytetyt termit eivät aina ole yhdenmukaisia. Yhteistä kaikille määritelmille on korostaa oppilaan omaa aktiivista osallistumista opetukseen ja oppilaalta vaaditaankin usein kysymysten asettamista, kokeiden suunnittelua ja toteuttamista sekä mallien muodostamista kerätyn datan perusteella (Akuma & Callaghan, 2019; Jegstad, 2023). Useimmat tutkimukset ovat todenneet tutkivan oppimisen olevan tehokas opetusmenetelmä (Jegstad, 2023).

Tämän tutkielman tavoitteena on identifioida tutkivaan oppimiseen liittyviä hyötyjä sekä haasteita. Hyötyjä tarkastellaan oppimistulosten ja opetussuunnitelman yleisten sekä laaja-alaisten oppimistavoitteiden kautta ja haasteita eritellään sekä opettajan että oppilaan näkökulmasta. Lähdemateriaalia aiheesta on saatavilla paljon ja tutkielmassa käytetyt päälähteet löytyvät taulukoituna taulukosta 1.

Taulukko 1. Tutkielman pääasiallisina lähteinä käytetyt artikkelit, niiden julkaisuvuosi sekä kirjoittajat

Tutkimusartikkelin otsikko	Julkaisuvuosi	Kirjoittaja
Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-based, Experiential, and Inquiry-based Teaching	2006	Paul A. Kirschner, John Sweller & Richard E. Clark
Scaffolding and Achievement in Problem-based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark	2007	Cindy E. Hmelo-Silver, Ravit Golan Duncan & Clark A. Chinn
Problem-based Learning <i>Is</i> Compatible with Human Cognitive Architecture: Commentary on Kirschner, Sweller and Clark	2007	Henk G. Schmidt, Sofie M. M. Loyens, Tamara van Gog & Fred Paas
A Systematic Review Characterizing and Clarifying Intrinsic Teaching Challenges Linked to Inquiry-based Practical Work	2018	Fru Vitalis Akuma & Ronel Callaghan
Inquiry-based Chemistry Education: A Systematic Review	2023	Kirsti Marie Jegstad

2 Tutkiva oppiminen

Tutkiva oppiminen on opetusmenetelmä, jossa oppiminen tapahtuu todellisten tieteellisten käytäntöjen ja oppilaan oman pohdinnan kautta (Akuma & Callaghan, 2019). Tällaisia käytäntöjä ovat esimerkiksi kysymysten asettaminen ja niiden tutkiminen, erilaisten teoreettisten mallien muodostaminen sekä tulosten esittäminen. Tutkivan oppimisen tavoitteena on kehittää tutkimustaitoja ja opettaa sekä tieteellistä päättelykykyä että kriittistä ajattelutaitoa (Hmelo-Silver et al., 2007). Tutkivaan oppimiseen liittyville ongelmille ominaista on niiden uutuus oppijalle ja Hakkarainen et al (2004) määrittelevätkin tutkivan oppimisen prosessina ”jonka aikana haetaan järjestelmällisesti vastausta sellaiseen ongelmaan, jota ei voida ratkaista aikaisemmin hankitun tiedon varassa”. Monissa tutkimuksissa on todettu tutkivan oppimisen parantavan oppimistuloksia (Akuma & Callaghan, 2019; Hmelo-Silver et al., 2007; Jegstad, 2023), vaikka opetusmenetelmää on myös kritisoitu (Kirschner et al., 2006).

2.1 Määrittelyn moninaisuus

Erimielisyydet tutkivan oppimisen tehokkuudesta saattavat johtua siitä, että tutkivan oppimisen määrittely ei ole aina yhdenmukaista ja sillä voidaan tarkoittaa eri asioita (Rönnebeck et al., 2016). Tutkimuksista on löydettävissä kaksi merkittävää näkökulmaa tutkivan oppimisen määrittelylle: 1) opetuksen avoimuus ja 2) tutkimukselliset työskentelytavat, joita oppilaat toteuttavat.

Opetuksen avoimuudella tarkoitetaan opettajan tarjoaman tuen ja opetuksen määrää. Tutkiva oppiminen ja opetus voidaan jakaa avoimuuden perusteella eri tasoihin, joita ovat jäsenelty (structured inquiry), ohjattu (directed/guided inquiry) ja avoin (open inquiry) (Akuma & Callaghan, 2019; Jegstad, 2023). Tasot eroavat toisistaan siinä, millainen on opettajan ja oppilaan rooli tutkimuskysymyksen asettamisessa ja työskentelymetodien valinnassa (taulukko 2). Lisäksi voidaan nimetä nk. 0-taso eli tutkittavan asian todentaminen (confirmation), jossa oppilaat työskentelevät tutkimuksellisesti, mutta täysin opettajalähtöisesti.

Taulukko 2. Tutkivan oppimisen eri tasot (Jegstad, 2023)

Taso	Tutkimuskysymyksen lähde	Työskentelymetodien valinta
Jäsenelty	Opettaja	Opettaja
Ohjattu	Opettaja	Oppilas
Avoin	Oppilas	Oppilas

Kirschner et al (2006) määrittelevät tutkivan oppimisen minimaalisen tuen opetusmenetelmäksi, jossa oppilaiden on itse löydettävä ja muodostettava tietoa sen sijaan, että uusi käsite tai ilmiö opetettaisiin opettajalähtöisesti. Tämä määritelmä on linjassa aiemmin esitettyyn tutkivan oppimisen määrittelyyn opetuksen avoimuuden kautta. Toisen vallitsevan näkökulman mukaan tutkiva oppiminen voidaan

määritellä opetustilanteena, jossa oppilaat yhdessä tutkivat kysymyksiä tai ilmiöitä kokeellisesti, keräävät tietoa ja kehittävät johtopäätöksiä (Hmelo-Silver et al., 2007). Opettajan rooli on kuitenkin ohjata oppimistilannetta, tarjota tukeaan ja auttaa oppilaita kehittämään tutkimustaitojensa lisäksi tieteellisen ajattelun taitoa.

Täysin avoimen tutkivan oppimisen ei olla todettu parantavan oppimistuloksia (Jegstad, 2023; Jerrim et al., 2019; Kirschner et al., 2006), mutta ohjatun tutkivan oppimisen on (Hmelo-Silver et al., 2007; Jegstad, 2023). On myös huomattu, että pelkkä tutkivaan oppimiseen perustuva opetus ei paranna oppimistuloksia (Jegstad, 2023). Tämä saattaa johtua siitä, että tutkiva oppiminen vie aikaa muilta tehokailta opetusmenetelmiltä.

2.2 Erilaisia tutkivan oppimisen malleja

Tutkivaa oppimista on mahdollista soveltaa opetuksessa monella eri tavalla, ja seuraavissa kappaleissa esitellään malleista muutama.

2.2.1 5E-malli

5E-malli (5E-model) on nimetty viiden sitä kuvaavan englanninkielisen termin mukaan: *engage* (osallistaa), *explore* (tutkia), *explain* (selittää), *elaborate* (täsmentää) ja *evaluate* (arvioida) (Jegstad, 2023).

5E-mallissa oppilaille esitellään ensimmäisenä aihe ja se linkitetään johonkin aiemmin koettuun tai opittuun asiaan. Tämän jälkeen aiheita tutkitaan (esimerkiksi suorittamalla laboratorioskoe) ja se pyritään selittämään. Selityksen löydyttyä sitä täsmennetään ja linkitetään myös muihin konteksteihin ymmärryksen parantamiseksi. Arvioijina oppimisprosessissa toimivat sekä opettaja että oppilas itse (Jegstad, 2023). Arviointia oppilaan ymmärryksestä opeteltavan asian suhteen tehdään koko ajan.

5E-mallista johdettu 7E-malli painottaa erityisesti aiemman osaamisen ja tiedon hyödyntämistä (*elicit*) uusissa yhteyksissä (*extend*) (Jegstad, 2023).

2.2.2 Prosessisuuntautunut tutkiva oppiminen

Prosessisuuntautuneessa tutkivassa oppimisessa (process-oriented guided inquiry, POGIL) oppilaat työskentelevät itsenäisesti pienissä ryhmissä (Eberlein et al., 2008). POGILissa opettaja ohjaa toimintaa, mutta ei anna suoria vastauksia kysymyksiin, joihin oppilaiden on mahdollisuus löytää vastaukset itse. POGILissa kaikilla pienryhmän jäsenillä on oma roolinsa (Eberlein et al., 2008) ja roolien avulla oppilaat oppivat uuden asian lisäksi myös ongelmanratkaisu-, päättely- ja kommunikaatiotaitoja. POGILia on käytetty erityisesti kemian ja biologian opetuksessa (Eberlein et al., 2008).

POGIL voidaan luokitella avoimuuden tasoltaan ohjatuksi, sillä oppilaille annetaan tutkittavaan aiheeseen liittyviä kysymyksiä, joiden avulla he työskentelevät (Eberlein et al., 2008). Nämä tarkoin muodostetut kysymykset seuraavat usein kolmivaiheista oppimissykliä (learning cycle) ja ohjaavat oppilasta oikeaan lopputulokseen. Oppimissyklin vaiheet ovat tutkimus (exploration), käsitekehitys (concept invention) ja soveltaminen (application).

Tutkimusvaiheessa oppilaat tutkivat uutta mallia ja annetut kysymykset ohjaavat tekemään hypoteeseja ja selittämään mallissa havaittavia ilmiöitä. Seuraavassa vaiheessa oppilaille esitellään malliin liittyvä käsite tai termi, jota heidän on käytettävä selittämään havaittuja ilmiöitä. Sovellusvaiheessa käsitteet liitetään vielä johonkin toiseen tilanteeseen tai malliin. (Eberlein et al., 2008; Jegstad, 2023).

2.2.3 Argumentoiva tutkiva oppiminen

Argumentoiva tutkiva oppiminen (argument-driven inquiry, ADI) painottaa kirjoitustaidon tärkeyttä laboratoriotyön ohella (Sampson et al., 2013). ADI auttaa opettajia tekemään laboratoriotyöskentelystä todenmukaisempaa ja opettavaisempaa, sillä tutkimustulosten kirjaaminen ja niiden esittäminen on osa luonnontieteellistä käytäntöä. Argumentoivan tekstin kirjoittaminen vaatii monenlaisia ajattelun taitoja, joten se auttaa oppilasta ymmärtämään opeteltavan asian syvällisemmällä tasolla (Sampson et al., 2013).

ADI voidaan jakaa kahdeksaan eri vaiheeseen (Jegstad, 2023; Sampson et al., 2009), jotka ovat:

- 1) opiskeltavan aiheen esittely ja tutkimuskysymyksen antaminen
- 2) kysymyksen tutkiminen pienryhmissä kokeellisesti
- 3) kerätyn datan analysointi ja todisteisiin perustuvan väitteen muodostaminen
- 4) väitteiden jakaminen muiden pienryhmien kanssa
- 5) työselostusten laatiminen
- 6) muiden ryhmien laatimien selostusten vertaisarviointi
- 7) työselostuksen paranteleminen saatujen kommenttien perusteella
- 8) refleктоiva keskustelu koko luokan kanssa

Opettaja toimii jokaisessa vaiheessa oppilaiden apuna ja määrittelee esimerkiksi kokeellisessa työskentelyssä tarvittavat materiaalit etukäteen (Sampson et al., 2009). Hän voi myös johdatella oppilaita oikeaan suuntaan kyselemällä tarkentavia kysymyksiä tarpeen tullen. Tutkimuksesta kirjoitettu työselostus sisältää tutkimuksen tavoitteen, käytetyt menetelmät ja hyvin perustellun lopputuloksen (Sampson et al., 2009).

2.2.4 Ongelmalähtöinen oppiminen

Ongelmalähtöisen oppimisen (problem-based learning, PBL) juuret ovat lääketieteen opiskelussa (Eberlein et al., 2008; Jegstad, 2023), ja sitä on sovellettu laajalti myös kemian opetuksessa. Ongelmalähtöisessä oppimisessa oppilaat työskentelevät pienryhmissä heille esitettyjen ongelmien parissa ennen kuin riittävät tiedot niiden ratkaisemiseksi on opetettu (Eberlein et al., 2008). Opettaja toimii pienryhmien tuutorina ja hänen tehtävänsä on ohjata keskustelua oikeaan suuntaan (Schmidt et al., 2007).

Ongelmalähtöisen oppimisen ongelmat tai tapaukset voidaan usein liittää todellisuuteen ja ensimmäisessä pienryhmätapaamisessa ongelmaan pyritäänkin löytämään ratkaisu aikaisemmin muodostetun tiedon pohjalta (Schmidt et al., 2007). Avointen kysymysten tarkoitus on motivoida oppilasta olemaan itseohjautuva ja pienryhmissä tapahtuvan työskentelyn lisäksi oppilaat tutustuvatkin aiheeseen itsenäisesti eri lähteiden avulla (Schmidt et al., 2007). Pienryhmässä esiin nousseita kysymyksiä käytetään apuna oleellisen tiedon etsinnässä. Ongelmien tulisi aina olla sopivan vaikeita oppilaiden tasoon nähden, jotta oppilaan aikaisemmasta tiedosta on hyötyä uuden asian oppimisessa (Schmidt et al., 2007).

3 Tutkivan oppimisen hyödyt

Pineda (2019) on selvittänyt tutkimuksessaan tutkivan oppimisen olevan tehokasta kemian oppimisen kannalta. Tutkiva oppiminen myös parantaa oppilaan suhdetta opiskeltavaan tieteeseen ja auttaa pitämään opiskelumotivaatiota yllä (Akuma & Callaghan, 2019). Tutkivan oppimisen on myös huomattu parantavan oppimisvaikeuksien kanssa kamppailevien oppilaiden oppimistuloksia (Anderson, 2002).

Kuten jo aiemmin on mainittu, vain ohjatun tutkivan oppimisen on todettu vaikuttavan positiivisesti oppimistuloksiin (Hmelo-Silver et al., 2007; Jegstad, 2023). Ohjaus tarkoittaa opettajan tapoja tukea oppilasta oppimisprosessissa ja niitä ovat esimerkiksi aiheeseen johdattelevat kysymykset ja juuri oikeaan aikaan annettu lisätieto aiheesta (Hmelo-Silver et al., 2007). Ohjaus vähentää oppilaan kognitiivista kuormaa ja ohjattu tutkiva oppiminen mahdollistaa monimutkaisten, oppilaiden nykyisten taitojen ulkopuolella olevien asiakokonaisuuksien käsittelyn (Hmelo-Silver et al., 2007).

3.1 Vaikutus oppimistuloksiin

Jegstad (2023) tarkasteli 102:a tutkivaan oppimiseen liittyvää artikkelia kemian opetuksessa ja näiden tutkimustulosten perusteella huomasi tutkivan oppimisen pääosin parantaneen oppilaiden oppimistuloksia. Oppimistulosten parantumisen lisäksi POGILiin osallistuneilla oppilailla oli opetetusta asiasta vähemmän väärinymmärryksiä, eritasoisten oppilaiden erot osaamisessa vähenivät ja aikaisemmin heikoimmin pärjänneet oppilaat paransivat oppimistuloksiaan eniten. Hmelo-Silver et al (2007) kirjoittaa erityisesti ongelmalähtöisestä oppimisesta ja on huomannut sen lisäävän oppilaiden oppiman tiedon määrää verrattuna perinteisessä opetuksessa olleisiin oppilaisiin. Jegstad (2023) jatkaa vielä, että myös PBL:n on huomattu vähentävän asioiden väärinymmärrystä.

Tutkivalle oppimiselle on tyypillistä opiskeltavan asian uutuus (Hakkarainen et al., 2004) ja on huomattu, että aikaisemman tiedon aktivointi pienryhmäkeskusteluiden avulla auttaa uuden asian ymmärtämisessä ja muistamisessa (Schmidt et al., 2007). Tämä pätee myös silloin, kun aikaisemman tiedon osaamisella ei ole suurta merkitystä uuden asian oppimisen kannalta.

3.2 Laaja-alainen osaaminen

Lukion opetussuunnitelmassa (Opetushallitus, 2019) mainitaan yhtenä oppimistavoitteena ainekohtaisten oppimäärien lisäksi laaja-alainen osaaminen. Laaja-alaiseen osaamiseen kuuluu kuusi osa-alueita ja jokaisen oppiaineen tulisi ottaa nämä osa-alueet huomioon tieteenalan käytänteiden ja lähtökohtien mukaisesti. Opetushallituksen (2019) asettamat laaja-alaiset osaamisalueet ovat:

- hyvinvointiosaaminen
- vuorovaikutusosaaminen
- monitieteinen ja luova osaaminen

- yhteiskunnallinen osaaminen
- eettisyys ja ympäristöosaaminen
- globaali- ja kulttuuriosaaminen

Laaja-alaisesta osaamisesta käytetään kansainvälisesti käsitettä *21st century skills* (Ananiadou et al., 2009) ja Suomessa joskus käsitteitä tulevaisuuden taidot tai 2000-luvun taidot (Harju, 2015). Seuraavaksi tarkastellaan, kuinka tutkivalla oppimisella voidaan saavuttaa näitä erilaisia tulevaisuuden taitoja.

3.2.1 Kriittinen ajattelu

Kriittinen ajattelutaito voidaan sitoa laaja-alaisen osaamisen osa-alueeseen monitieteinen ja luova osaaminen, sillä sen tarkoituksena on ”vahvistaa kykyä arvioida tiedon luotettavuutta” eli kehittää oppilaan lähdekriittisyyttä (Opetushallitus, 2019). Tutkivassa oppimisessa oppilaan kognitiivinen kuorma on suurempi kuin perinteisessä opettajavetoisessa opetuksessa, mikä johtaa korkeampien ajattelun taitojen tarpeeseen ja niiden kehittymiseen (Eberlein et al., 2008).

Jegstad (2023) huomasi erityisesti ADI:n lisäävän oppilaiden osallistumista keskusteluun opiskeltavasta aiheesta ja keskusteluiden sisältävän enemmän vasta-argumentteja aiheeseen liittyen, mikä kertoo aiheen syvästä ymmärryksestä. Kaksi Jegstadin (2023) valitsemista 102 artikkelista keskittyi erityisesti tutkimukselliseen työskentelyyn ja oppilaiden kykyyn tehdä johtopäätöksiä kerätyistä tuloksista. Molemmissa huomattiin oppilaiden kriittisten ajattelutaitojen lisääntyneen, sillä oppilaat pyrkivät ymmärtämään tehtyä harjoitustyötä syvällisemmin ja osasivat erottaa esimerkiksi ensisijaisen (itse kerätyn) ja toissijaisen tiedon hyvät ja huonot puolet.

3.2.2 Vuorovaikutustaidot ja ryhmässä toimiminen

Vuorovaikutusosaaminen sisältää mm. sosiaalisia taitoja, yhteistyökykyä ja ryhmässä oppimisen taitoa (Opetushallitus, 2019). Tutkiva oppiminen tapahtuu aina pienryhmissä, joten sen yhtenä tavoitteena on opettaa vuorovaikutustaitoja (Hmelo-Silver et al., 2007) ja esimerkiksi PBL-opetussuunnitelmiin kuuluu ryhmässä toimimisen taitojen harjoittelu ennen varsinaista ryhmätyöskentelyä (Schmidt et al., 2007). Smithin (2012) tutkimuksen mukaan ongelmalähtöinen laboratoriotyöskentely paransi oppilaiden ryhmätyö- ja vuorovaikutustaitoja.

3.2.3 Ongelmanratkaisukyky

Aiemmin on esitetty tutkivalle oppimiselle määritelmä, jonka mukaan se on prosessi, jossa haetaan ratkaisua johonkin uuteen ongelmaan (Hakkarainen et al., 2004). Tämän perusteella ongelmanratkaisukykyyn voi siis sanoa olevan yksi keskeisimmistä tutkivaan oppimiseen liittyvistä taidoista. Tutkivan oppimisen tapa ohjata aiheen ymmärtämiseen johdattelevien kysymysten avulla

suorien vastausten sijaan tekee oppilaista parempia ongelmanratkaisijoita (Hmelo-Silver et al., 2007). Ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen on osa lukion opetussuunnitelman yleisiä tavoitteita (Opetushallitus, 2019).

3.2.4 Oppimistaidot ja opiskelumotivaatio

Tutkivan oppimisen on huomattu nostavan oppilaiden opiskelumotivaatiota (Jegstad, 2023) ja se edistää oppilaiden itsenäisen opiskelun taitoja (Hmelo-Silver et al., 2007). Lukio-opetuksen yleisiin tavoitteisiin kuuluu oppimaan oppiminen ja laaja-alaisen osaamisen osa-alue monitieteinen ja luova osaaminen pitää sisällään oppimistaitojen kehittämistä sekä motivaatiota oppimiseen (Opetushallitus, 2019).

Jegstadin (2023)meta-analyysi koski erityisesti tutkivan oppimisen käyttöä kemian opetuksessa, ja tulosten perusteella tutkiva analyysi myös lisäsi oppilaiden kemiakiinnostusta. Myös Hmelo-Silver et al. (2007) raportoivat tutkivan kemian oppimisen lisäävän oppilaiden sitoutumista ja motivaatiota. Smithin (2012) tutkimuksen mukaan oppilaat pitivät ongelmalähtöistä oppimista perinteistä opetusta mielekkäämpänä.

4 Tutkivaan oppimiseen liittyvät haasteet opettajan näkökulmasta

Tutkivan oppimisen hyödyistä ja positiivisesta vaikutuksesta oppimiseen on paljon näyttöä, mutta opettajat kokevat kuitenkin tutkivan oppimisen mukaisten oppituntien suunnittelun hankalaksi (Akuma & Callaghan, 2019; Crawford, 2007). Kouluympäristöllä, johon kuuluvat kollegat, rehtori ja oppilaat, on suuri vaikutus opettajien haluun ja mahdollisuuksiin toteuttaa tutkivaa oppimista opetuksessaan (Crawford, 2007). Tutkivaan oppimiseen liittyy myös turvallisuuskysymyksiä, ajankäytön rajoituksia ja arvioinnin haasteita, joista opettaja saattaa kantaa huolta (Akuma & Callaghan, 2019).

Opettajan rooli tutkivassa oppimisessa nähdään usein pienenä (Crawford, 2000; Kirschner et al., 2006) ja siitä on käytetty esimerkiksi kuvauksia ”opettaja fasilitaattorina” tai ”opettaja ohjaajana” (Crawford, 2000). Crawfordin (2000) tutkimuksen mukaan opettajan rooli on kuitenkin monimutkaisempi kuin pelkkänä ohjaajana toimiminen ja saattaa vaatia jopa enemmän osallistumista kuin perinteisessä opettajalähtöisessä opetuksessa. Useilla opettajilla on haasteita luoda luokkaympäristö, joka kehittää oppilaiden käsityksiä tieteellisestä tutkimuksesta ja luonnontieteiden luonteesta (Crawford, 2007).

Opettajien kohtaamat haasteet tutkivan oppimisen opetusmenetelmän soveltamisessa voivat olla joko ulkoisia (kouluympäristön vaikutus) tai sisäsyntyisiä (Akuma & Callaghan, 2019). Akuma & Callaghan (2019) ovat tutkineet erityisesti opettajien sisäsyntyisiä haasteita tutkimuskirjallisuuden avulla ja jakaneet haasteet neljään eri kategoriaan. Sisäsyntyiset haasteet liittyvät aina aukkoihin opettajien omassa osaamisessa. Kategoriat on jaoteltu eri opetuksen vaiheisiin ja sisältävät haasteita sekä opetuksen suunnittelussa, toteutuksessa ja oppilaan arvioinnissa. Neljäs kategoria liittyy opettajan kykyihin toteuttaa tutkivaa oppimista ja esimerkiksi käsitykseen luonnontieteiden luonteesta (Akuma & Callaghan, 2019).

4.1 Opettajan omien ennakkokäsitysten vaikutus opettamiseen

Opettajien näkemys tutkimuksellisen työskentelyn hyödyistä ja tarkoituksesta vaikuttavat usein valittuun opetustapaan (Akuma & Callaghan, 2019; Crawford, 2007). Esimerkiksi opettaja, joka näkee tutkimuksellisen työskentelyn välineenä jo opetettujen tieteen käsitteiden ja teorioiden todentamiseen, valitsee usein aiemmin mainitun ”0-tason”. Mikäli opettaja kokee tutkimuksellisuuden mahdollisuutena oppia uutta käytännön kautta, valitsee hän opetusmenetelmäkseen ennemmin jonkun muun tutkivan oppimisen tasoista (jäsenneily, ohjattu, avoin). Erityisesti tutkivaa kemian opetusta tutkinut Jegstad (2023) on myös löytänyt yhteyden opettajan uskomusten ja opetusmenetelmän valinnan välillä.

Vaikka opettaja uskoisikin tutkivan oppimisen tavoitteisiin ja hyötyihin, saattaa hänen mielestään olla tärkeämpää opettaa teoriasisältöä kuin tutkimustaitoja (Akuma & Callaghan, 2019).

Lisäksi tutkivan oppimisen käyttämistä saattaa estää kokemuksen ja itseluottamuksen puute. Huomionarvoista on myös se, että kulttuuri ja perinteiset näkemykset opettajan ja oppilaan välisestä suhteesta saattaa vaikuttaa tutkivan oppimisen sivuuttamiseen opetusmenetelmänä (Jegstad, 2023).

4.2 Suunnitteluvaiheen haasteet

Oppilaille sopivien tutkimusaiheiden ja avointen tutkimuskysymysten asettaminen saattavat aiheuttaa opettajille ongelmaksi tutkivan oppimisen suunnittelussa (Akuma & Callaghan, 2019). Lisäksi opettajilla saattaa olla vaikeuksia suunnitella luotettavia ja toistettavia työmenetelmiä, jotta tehty työ antaisi mahdollisimman luotettavan tuloksen. Harjoitustöihin liittyvien kemikaalien ja reagenssien saaminen voi osoittautua ongelmaksi niiden hinnan tai saatavuuden takia. Akuma ja Callaghan (2019) huomasivat myös, että opettajan motivaatio keksiä ja suunnitella harjoitustöitä voi estää tutkivan oppimisen käyttöä.

4.3 Haasteet opetustilanteessa

Uuden asian oppiminen on konstruktivistinen prosessi (Hmelo-Silver et al., 2007) ja uutta tietoa opitaan aina vanhan tiedon päälle. On kuitenkin yleistä, että opettajat eivät anna oppilaille tarpeeksi aikaa linkittää tutkimuksellisen työskentelyn uutta aihetta ja käsitteistöä vanhaan, jo opittuun tietoon (Akuma & Callaghan, 2019). Oppilaiden olisi myös tärkeä saada itse kysyä kysymyksiä, muodostaa hypoteeseja sekä suunnitella kysymysten selvittämiseen tarvittavia koeasetelmia, mutta opettajat harvoin antavat tähän mahdollisuuden.

Usein tutkimuksellinen työskentely painottuu datan keräämiseen ja opettajilla on hankaluuksia varmistaa, ovatko oppilaat oikeasti ymmärtäneet käsitellyn asian (Akuma & Callaghan, 2019). On myös huomattu, että oppilaiden kysymyksiin vastaaminen on yksi tutkivan oppimisen opetukseen liittyvistä haasteista. Lisäksi vaikeuksia aiheuttaa tuen antaminen oikealla hetkellä ja sopivien aiheeseen ja oppimiseen johdattelevien kysymysten asettaminen oppilaiden avuksi (Akuma & Callaghan, 2019).

Monilla opettajilla on vääristynyt kuva siitä, mitä tutkimuksellisuus tai kokeellinen työskentely on (Anderson, 2002; Crawford, 2007). Tutkimuksellisen työskentelyn onnistunut opettaminen vaatiikin opettajalta syvää ymmärrystä tieteen käytänteistä ja osaamista tutkimuksen tekemisessä, sillä kuten oppilaidenkin toiminnan, niin myös opettajan käytöksen tulisi mallintaa tieteentekemisen todellisuutta (Crawford, 2000, 2007).

Erilaisiin tutkivan oppimisen malleihin kuuluu yleensä lopuksi vaihe, jossa opettajan johdolla käydään läpi tehtyä työtä ja siihen liittyvää käsitteistöä ja teoriaa. Mikäli tutkimuksellisen työn suorittamiseen kuluu enemmän aikaa kuin siihen on suunniteltu, saattaa teorian käsittelyyn jäädä suunniteltua vähemmän aikaa (Akuma & Callaghan, 2019). Oppilaita tulisi kokeellisen työskentelyn aikana haastaa selittämään, perustelemaan ja miettimään vaihtoehtoisia selityksiä havaituille asioille.

Tämä on usein vaikeaa erityisesti niille opettajille, joille tutkiva oppiminen on uusi opetusmenetelmä (Akuma & Callaghan, 2019).

4.4 Arvioinnin haasteet

Osaan tutkivan oppimisen malleista kuuluu jatkuva arviointi. Se saattaa parantaa opettajien tietoisuutta oppilaiden tuen tarpeesta ja osaamisesta (Akuma & Callaghan, 2019). Tutkimuksellisen työskentelyn aikana esitetyt kysymykset saattavat näin auttaa opettajia hahmottamaan oppilaidensa ymmärrystä ja oppimista, mutta mikäli luokassa on samaan aikaan useampia ryhmiä, voi opettajalle muodostua haasteeksi kaikkien kysymyksiin vastaaminen ja rakentavan palautteen antaminen oppitunnin aikana (Akuma & Callaghan, 2019). Monet opettajat kokevat myös haasteelliseksi kokeellisen työskentelyn arvioinnin ja arvosanan antamisen (Akuma & Callaghan, 2019).

5 Tutkivaan oppimiseen liittyvät haasteet oppilaan näkökulmasta

Osassa tutkimuksissa ei olla huomattu tutkivan oppimisen vaikuttavan positiivisesti oppimistuloksiin. Sen lisäksi, että tutkiva oppiminen ei paranna oppimistuloksia, on myös todisteita siitä, että sillä on negatiivinen vaikutus oppimiseen (Kirschner et al., 2006). Kirschner et al perustavat väitteensä tutkivan oppimisen haitallisuudesta ja toimimattomuudesta siihen, että se jättää huomiotta ihmisen tiedonkäsittelyyn ja kognitioon liittyvät rajoitteet.

Myös Jegstad (2023) huomauttaa meta-analyysissään, että vaikka tutkimustulokset usein puoltavat tutkivaa oppimista, niin sen käyttöön liittyy haasteita. Nämä haasteet liittyvät usein siihen, että oppilaat eivät ole tottuneet tai eivät ole valmiita tutkivan oppimisen kaltaiseen opetukseen.

5.1 Työmuistin kapasiteetti ja sen yhteys pitkäaikaiseen muistiin

Työmuisti on ihmisen tarkkaavaisuusjärjestelmä, jossa tietoinen ajattelu tapahtuu (Hakkarainen et al., 2004). Työmuistilla on rajoituksensa ja työmuistia käyttäessä ihminen ei pysty tiedostamaan pitkäaikaisessa muistissa olevaa valtavaa informaatiomäärää (Kirschner et al., 2006).

Työmuistin kapasiteetti on hyvin rajoittunut, kun käsittelyssä on uusi asia (Kirschner et al., 2006). Työmuistissa voidaan säilöä uutta tietoa vain noin 30 sekunnin ajan ja samaan aikaan käsittelyssä voi olla ainoastaan neljästä seitsemään toisistaan riippumatonta elementtiä tai hahmotusyksikköä (Hakkarainen et al., 2004; Kirschner et al., 2006). Jos näitä elementtejä tai hahmotusyksiköitä on tarkoitus prosessoida syvemmin pelkän säilömistä sijaan, saattaa työmuistin kapasiteetti laskea jopa kahteen tai kolmeen. Mikäli siis oppimistilanne vaatii useamman uuden asian käsittelyä yhtäaikaaisesti, johtaa se työmuistin kuormitukseen ja oppimisen estymiseen (Kirschner et al., 2006).

On kuitenkin huomattava, että työmuistin kapasiteetin rajoitukset koskevat vain uutta tietoa (Kirschner et al., 2006). Asiantuntijat pystyvät ratkomaan (uusiakin) ongelmia muita nopeammin ja työmuistiaan kuormittamatta, sillä he pystyvät tuomaan työmuistiinsa jo opittua tietoa pitkäaikaisesta muistista. Sille tietomäärälle, jonka ihminen pystyy pitkäaikaisessa muistissaan säilömään ja sieltä tuomaan työmuistin käyttöön, ei ole tunnettuja rajoitteita (Kirschner et al., 2006).

Ihmisen pitkäaikainen muisti sisältää siis valtavan tietopohjan, joka toimii perustana kaikille tietoiselle tekemisellemme (Kirschner et al., 2006). Opetuksen ja oppimisen tarkoitus on luoda uutta tietoa, joka muokkaa tätä tietopohjaa ja näin luo pohjan taas uudelle tiedolle. Kirschner et al (2006) määrittelevätkin oppimisen pitkäaikaisessa muistissa tapahtuvana muutoksena ja kritisoivat kaikkia niitä opetusmalleja, jotka eivät ota huomioon työmuistin kapasiteetin rajoituksia. Heidän mielestään tutkivan oppimisen kaltainen minimaalisen tuen opetusmenetelmä ei pysty muokkaamaan pitkäaikaista muistia.

6 Johtopäätökset

Tutkivan oppiminen on vaativa, mutta onnistuessaan tehokas tapa opettaa kemiaa ja muita luonnontieteitä. Sen tavoitteet vastaavat hyvin lukion kemian opetuksen tavoitteita, joita ovat mm. luonnontieteellisen ajattelun ja lukutaidon kehittyminen sekä yhteiskunnalliseen keskusteluun ja globaalien ongelmien ratkaisuun tarvittavien valmiuksien antaminen (Opetushallitus, 2019). Monet tutkimukset ovat raportoineet sen parantavan oppimistuloksia, edistävän tulevaisuuden taitojen osaamista ja lisäävän oppilaiden opiskelumotivaatiota ja kemiakiinnostusta.

Vaikka tutkivaa oppimista pidetään yleisesti hyvänä opetusmenetelmänä tiedeopetukseen, on sillä vastustajansa. Kirschner et al. (2006) eivät usko tutkivan oppimisen olevan hyödyllistä, sillä se ei anna opettajille tarpeeksi mahdollisuuksia tukea ja ohjata oppilaita. Tutkiva oppiminen ei kuitenkaan ole minimaalisen tuen opetusmenetelmä, kuten Kirschner et al. (2006) artikkelissaan väittävät. Opettajan roolia ja haasteita tutkineet Akuma ja Callaghan (2019) ovat selvittäneet tutkivan oppimisen vaativan opettajalta monenlaisia taitoja ja erityisesti osaamista oppilaiden tukemisessa juuri oikeaan aikaan. Erot tutkimustuloksissa tutkivan oppimisen vaikutuksesta oppimistuloksiin johtuvatkin mitä suurimmassa määrin opetusmenetelmän määrittelyn laajasta kirjosta, kuten Rönnebeck et al. (2016) ovat esittäneet.

Opettajat kohtaavat tutkivaa oppimista soveltaessaan monenlaisia haasteita aina opetuksen suunnittelusta oppituntien toteuttamiseen ja arviointiin liittyen. Oppilaiden kokemat haasteet tutkivassa oppimisessa taas liittyvät oppimisen estymiseen työmuistin kuormittumisen seurauksena. On perusteltua väittää, että opettajan epäonnistuminen tutkivan oppimisen toteutuksessa heijastuu oppilaidenkin kokemukseen lisäten työmuistin kuormaa, mikäli opettaja ei onnistu tuen antamisessa oikealla hetkellä.

Koska tutkivan oppimisen on usein todistettu parantavan oppimistuloksia, on ehkäpä väärin kysyä, kuten Hmelo-Silver et al. (2007) toteavat, että onko tutkiva oppiminen toimiva opetusmenetelmä. Tärkeämpää olisi keskittyä siihen, miten tutkivaa oppimista tulisi soveltaa ja millaisia taitoja se opettaa oppilaille ja kuinka siihen liittyvät haasteet saataisiin minimoitua. Yhteenvetona voisikin todeta, että tutkiva oppiminen tarjoaa onnistuessaan innostavan tavan opettaa kemiaa ja herättää oppilaiden mielenkiintoa, mutta parhaiden tulosten toivossa on käytettävä muitakin opetusmenetelmiä.

Lähteet

- Akuma, F. V., & Callaghan, R. (2019). A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work. In *Journal of Research in Science Teaching* (Vol. 56, Issue 5, pp. 619–648). John Wiley and Sons Inc.
<https://doi.org/10.1002/tea.21516>
- Ananiadou, K., Claro, M., & Magdalan Claro, oecdorg. (2009). *21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries DIRECTORATE FOR EDUCATION 21ST CENTURY SKILLS AND COMPETENCES FOR NEW MILLENNIUM LEARNERS IN OECD COUNTRIES EDU Working paper no. 41*. <https://doi.org/10.1787/218525261154>
- Anderson, R. D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says About Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1023/A:1015171124982>
- Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916–937. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200011\)37:9<916::AID-TEA4>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200011)37:9<916::AID-TEA4>3.0.CO;2-2)
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613–642. <https://doi.org/10.1002/tea.20157>
- Eberlein, T., Kampmeier, J., Minderhout, V., Moog, R. S., Platt, T., Varma-Nelson, P., & White, H. B. (2008). Pedagogies of engagement in science: A comparison of PBL, POGIL, and PLTL. In *Biochemistry and Molecular Biology Education* (Vol. 36, Issue 4, pp. 262–273). <https://doi.org/10.1002/bmb.20204>
- Hakkarainen, K., Lonka, K., & Lipponen, L. (2004). *Tutkiva oppiminen - Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä*. WSOY.
- Harju, V. (2015). Tulevaisuuden taidot oppimisen lähtökohtana. In H. Niemi & J. Multisilta (Eds.), *Rajaton luokkahuone* (pp. 36–49). PS-kustannus.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). In *Educational Psychologist* (Vol. 42, Issue 2, pp. 99–107). Routledge.
<https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Jegstad, K. M. (2023). Inquiry-based chemistry education: a systematic review. *Studies in Science Education*. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2248436>
- Jerrim, J., Oliver, M., & Sims, S. (2019). The relationship between inquiry-based teaching and students' achievement. New evidence from a longitudinal PISA study in England. *Learning and Instruction*, 61, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.12.004>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and

- inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*.
- Opetushallitus. (2019). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019*. www.oph.fi
- Pineda, L. A. (2019). Progressive-Guided Inquiry in Chemistry: Effects on Students' Knowledge-Building Practices. *Alipato: A Journal of Basic Education*, 10, 48–67.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas. *Science Education*, 97(5), 643–670.
<https://doi.org/10.1002/sce.21069>
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009). Argument-Driven Inquiry. *The Science Teacher*, 78(8), 42–47.
- Schmidt, H. G., Loyens, S. M. M., Van Gog, T., & Paas, F. (2007). Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). In *Educational Psychologist* (Vol. 42, Issue 2, pp. 91–97). Lawrence Erlbaum Associates Inc. <https://doi.org/10.1080/00461520701263350>
- Smith, C. J. (2012). Improving the school-to-university transition: Using a problem-based approach to teach practical skills whilst simultaneously developing students' independent study skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 490–499.
<https://doi.org/10.1039/c2rp20096a>