



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Metakognitiivisen säätelyn hetket kokeellisessa työskentelyssä

Evita Itkonen

Kemian opettaja
Pro gradu -tutkielma
Laajuus: 20 op

02.09.2025

Turku

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

Pro gradu -tutkielma

Pääaine: Kemia

Tekijä: Evita Itkonen

Otsikko: Metakognitiivisen säätelyn hetket kokeellisessa työskentelyssä

Ohjaaja: Veli-Matti Vesterinen

Sivumäärä: 36 sivua + liitteet 15 sivua

Päivämäärä: 02.09.2025

Metakognitiivinen säätely on metakognition osa-alue, joka viittaa tilannesidonnaisiin strategioihin, joita oppija käyttää ajattelu- tai oppimisprosessin aikana. Metakognitiivista säätelyä tapahtuu sekä yksilöllisellä että yhteisöllisellä tasolla. Tässä tutkimuksessa keskityttiin erityisesti sosiaalisesti jaettuun metakognitiiviseen säätelyyn, joka tarkoittaa ryhmän ajatusprosessien kollektiivista säätelyä. Tällainen sosiaalisesti jaettu säätely nähdään tutkimuksessa yhteisöllisen oppimisen indikaattorina.

Yhteisöllisessä oppimisessa oppijat pyrkivät muodostamaan vuorovaikutteisesti yhteisen ymmärryksen aiheesta tai ongelmasta. Se vaatii oppijoilta omien ajatusten jäsentämistä sekä näiden sanallista ilmaisua muille ryhmän jäsenille. Tämän seurauksena pienryhmätyöskentely mahdollistaa monimutkaisempien asioiden käsittelyn ja oppimisen kuin oppijan itsenäisesti prosessoimana.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pienryhmien toimintaa haastavassa kokeellisessa työssä. Tavoitteena oli selvittää, mitä metakognitiivisen säätelyn muotoja lukiolaisryhmillä esiintyy ja kuinka suuri osa niistä on sosiaalisesti jaettu. Lopuksi tarkasteltiin, mihin tilannesidonnaiseen kontekstiin sosiaalisesti jaetut hetket kohdistuivat eli liittyikö ryhmäläisten käymä dialogi työn kokeelliseen, teoreettiseen vai näitä yhdistävään vaiheeseen. Kokeelliset hetket sisälsivät havaintojen tekemistä ja laitteiston kokoamista, teoreettiset hetket työohjeeseen perehtymistä ja laskemista sekä yhdistelmähetkissä opiskelijat liittivät työstä tekemiään havaintoja teoriaan esimerkiksi reaktioyhtälön muodostamisessa tai virheen syyn ratkaisemisessa.

Tutkimus toteutettiin Turun normaalikoululla ja sen aineisto kerättiin lukion KE4-opintojakson aikana. Tutkimusdata koostui kahden eri ryhmän videoista, joissa opiskelijat määrittivät kaasuvakion kokeellisesti. Videoaineistot litteroitiin, jonka jälkeen tekstimuotoisesta datasta koodattiin metakognitiivisen säätelyn dialogit, joita löytyi ensimmäiseltä ryhmältä 39 ja toiselta 34 kappaletta. Näiden prosentuaalinen osuus tutkittavasta ajanjaksosta oli 20,0 ja 23,0 prosenttia.

Näistä hetkistä sosiaalisesti jaettu oli 15 ja 17 dialogia, jotka vastasivat 13,0 ja 17,0 prosenttiosuuksia tutkittavasta ajanjaksosta. Ensimmäisellä ryhmällä suurin osa (53,3 %) sosiaalisesti jaetuista hetkistä oli kokeellisia hetkiä, 33,3 % teoreettisia hetkiä ja 13,4 % yhdistelmähetkiä. Toisella ryhmällä esiintyi eniten yhdistelmähetkiä 47,1 %, seuraavaksi eniten kokeellisia hetkiä 29,4 % ja vähiten teoreettisia hetkiä 23,5 %.

Tutkimuksen tuloksena sosiaalisesti jaettu metakognitiivisen säätelyn hetkiä esiintyi kaikissa kokeellisen työn vaiheissa. Tutkimuksen sivutuotteena päädyttiin kehittämään luokittelutapa, joka mahdollistaa sosiaalisesti jaettujen hetkien tarkemman kuvaamisen kemian laboratorioympäristössä.

Tämän luokittelutavan perusteella yhdistelmähetkiä esiintyi eritoten silloin, kun opiskelijat kokivat työn vaiheen haastavaksi ja he tarvitsivat toistensa apua ratkaisuun pääsemiseen. Yhdistelmähetket ovat kemian oppimisen kannalta laadukkaimpia hetkiä, koska silloin ryhmän jäsenet omaksuvat uutta tietoa yhdistäen sen kokemusmaailmaansa. Tämän tutkimuksen nojalla kokeellisen työskentelyn suunnittelussa on huomioitava, että se tarjoaa tarpeeksi haastetta ryhmäläisille.

Avainsanat: sosiaalisesti jaettu metakognitiivinen säätely, kokeellinen työskentely, kemian oppiminen

Sisällys

1	JOHDANTO	1
2	METAKOGNITIO	4
2.1	KOGNITIIVINEN OSA.....	4
2.2	METAKOGNITIIVINEN SÄÄTELY	6
3	KEMIAN OPPIMINEN	9
3.1	KEMIALLISEN TIEDON LUONNE	9
3.2	KEMIAN KOLMITASOMALLI	10
3.3	LABORATORIO OPPIMISYMPÄRISTÖNÄ.....	11
3.4	METAKOGNITIIVINEN SÄÄTELY KOKEELLISESSA RYHMÄTYÖSKENTELYS- SÄ	13
4	TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	14
5	TUTKIMUSMENETELMÄ	15
5.1	OSALLISTUJAT JA TUTKIMUSYMPÄRISTÖ.....	15
5.2	KYSELYLOMAKKEEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	15
5.3	KOKEELLISEN TYÖN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	17
5.4	VIDEOINNIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	19
5.5	AINEISTON ANALYYSI.....	19
6	TULOKSET	21
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	29
7.1	TULOSTEN TARKASTELU	29
7.2	TUTKIMUKSEN MERKITYS	32
7.3	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	33
8	LÄHTEET	37
9	LIITTEET	41
9.1	LIITE 1: ALKUKYSELY	
9.2	LIITE 2: TUTKIMUKSESSA KÄYTETTY TYÖOHJE	
9.3	LIITE 3: KAASUVAKION MÄÄRITYS (MAOL ²)	
9.4	LIITE 4: YLEISEN KAASUVAKION MÄÄRITYS (TURUN YLIOPISTO)	

1 Johdanto

Konstruktivisen oppimiskäsityksen mukaan oppiminen on oppijan aktiivista toimintaa, jossa hän rakentaa tietoa. Kemian oppiminen vaatii oppijan aktiivista toimintaa kaikilla kemiallisen tiedon kolmella tasolla Johnstonen kolmitasomallin mukaisesti. Kemian yhtenä erityispiirteenä on siis, että oppijat tarkastelevat tutkittavia ilmiöitä makro- ja mikroskooppisesta sekä symbolisesta näkökulmasta. (Reid, 2021)

Kemiallinen tieto ei koostu ainoastaan sisältötiedosta vaan myös siitä, miten uutta tietoa tehdään ja minkälaista tieteellinen toiminta on (Bell, 2009). Tämä tiedon moniulotteisuus kuvaa samoin luonnontieteellisen tiedon luonteen moninaisuutta. Tieteen luonteen opettaminen on kirjattu opetussuunnitelmaan, ja sen merkitys korostuu myös siksi, että se vahvistaa oppijoiden toimijuutta. Oppijat oppivat, miten tietoa voidaan rakentaa ja todistaa tieteellisin menetelmin, mikä puolestaan tukee heidän omien käsitemalliensa kehittymistä (Thomas & Anderson, 2014).

Toisena kemian erityispiirteenä pidetään laboratoriotyöskentelyä. Kemian oppiminen ei ole siis ainoastaan käsitteellistä vaan myös kokeellista. Laboratoriossa toteutettava kokeellinen työskentely (engl. *practical work*) on olennainen osa kemian opetusta ja oppimista sekä tieteen luonteen että opetussuunnitelman nojalla (Hofstein & Hugerat, 2021; Opetushallitus, 2019). Kokeellinen työskentely tarjoaa oppijalle mahdollisuuden ymmärtää ympäröivää maailmaa omakohtaisten kokemusten ja toimijuuden kautta.

Kemian oppiminen vaatii siis oppijalta jatkuvaa oppimisprosessien säätelyä ja aktiivista toimijuutta, jotta tietoa voidaan omaksua eri tiedon tasoilta ja moninaisista oppimisympäristöistä. Oppimisen säätelyyn liittyen metakognition käsite on keskeinen. Metakognitiolla tarkoitetaan arkikielessä usein ”ajattelua ajattelusta” tai ”tietoa tietoisuudesta”. Tarkemman mallin mukaan käsite rakentuu kognitiivisesta osasta, joka käsittelee metakognitiivisia tietoja sekä metakognitiivisen säätelyn osasta, joka ohjaa oppimisprosessin eri vaiheita (Roebbers, 2017).

Metakognitiota on tutkittu paljon ja sen kehittämisellä on monia suoria hyötyjä oppimiseen. Näitä ovat esimerkiksi parantunut autonomian kokemus, tiedonkäsittely, oppimistulokset ja merkityksellinen oppiminen (Mathabathe & Potgieter, 2017; Thomas & Anderson, 2014).

Metakognitiota on tärkeää tutkia myös jatkossa, koska metakognitiivisella ajatteluprosessilla on löydetty yhteys korkeatasoiseen oppimiseen (Iiskala, 2016) ja sen mielletään olevan vahva ennustaja menestyksekkäälle oppimiselle (Donker ym., 2014). Toisaalta koulumaailman näkökulmasta metakognitiota on merkittävää tutkia, koska opiskelijoiden ajatusprosessien tunteminen on askel kohti laadukkaampaa opetusta (Aksela ym., 2012).

Metakognition kehittäminen edellyttää sekä metakognitiivisten tietojen että metakognitiivisen säätelyn vahvistamista. Yhtenä ratkaisuna on esitetty opettajalähtöinen tietojen ja säätelyn harjoittaminen, jolloin tehtävän haastavuustaso palautuu Vygotskyn teorian mukaan lähikehityksen vyöhykkeelle (Vygotsky, 1978). Metakognitiivisen säätelyn harjoittelu osana oppimisprosessia jää monesti taka-alalle lukiokoulutuksessa opettajan rajallisten resurssien ja suuren opettavan sisältötiedon määrän vuoksi (Schumacher & Stern, 2023).

Kuitenkin myös ryhmätyöskentely ja oppimisen yhteissäätely voivat palauttaa oppijat lähikehityksen vyöhykkeelle ilman, että opettajan jo ennestään rajalliset resurssit kuormittuvat. Tämä lähestymistapa perustuu siihen, että ryhmätyöskentelyssä yksilöiden jakamat ajatusprosessit muodostavat niin sanotun superposition, jonka vaikutus voi olla joko ajattelua vahvistava tai sitä hiljentävä vuorovaikutuksen laadusta riippuen. Kaikkia näitä tilanteita kuitenkin yhdistää se, että ajattelu on jaettua oppijoiden kesken. Nämä sanallistetut ajatukset luovat yhteyksiä ryhmäläisten välille, jotka mahdollistavat monimutkaisempien asioiden ja ilmiöiden käsittelyn kuin oppijan itsenäisesti prosessoimana.

Tässä tutkimuksessa opiskelijoiden suoriutumista haastavasta kokeellisesta tehtävästä edesautettiin opettajan avun sijaan ryhmäläisten yhteisöllisen metakognitiivisen säätelyn avulla. Tutkimuksen aineisto kerättiin videoimalla yhteisöllisen oppimisen asetelmaa kemian kokeellisen työskentelyn aikana. Tästä koodattiin Iiskalan ja muiden (2021) luoman analyysikehikon avulla metakognitiivisen säätelyn yksilölliset ja yhteisölliset muodot. Lopuksi tehtiin myös tarkempaa analyysia siitä, missä työn vaiheissa metakognitiivisen säätelyn sosiaalisesti jaettuina hetkiä esiintyy kehittämällä uusi luokittelutapa. Tutkimuskohteena on siis yksilöllisen tason sijaan yhteisöllisen tason metakognitiivinen säätely, koska siitä on toistaiseksi tehty hyvin rajallisesti tutkimusta (Mathabathe & Potgieter, 2017).

Tutkielman toisessa luvussa esitellään metakognition, metakognitiivisen säätelyn ja yhteisöllisen oppimisen käsitteet. Kolmannessa luvussa perehdytään kemian oppimiseen ja kokeelliseen työskentelyyn sekä linkitetään nämä toisen luvun aihepiireihin. Näiden pohjalta muodostetaan neljännessä luvussa tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset. Viidennessä luvussa siirrytään kuvailemaan Turun normaalikoululla tehtyä tutkimusta. Saadut tulokset ja niistä tehdyt johtopäätökset esitetään kuudennessa ja seitsemännessä luvussa. Tämän lisäksi seitsemännessä luvussa kuvataan pohdintoja ja jatkotutkimusaihioita tutkimusaiheeseen ja -menetelmään liittyen.

2 Metakognitio

Tässä osiossa aloitetaan tutkimuksen keskeisimpien käsitteiden määrittely ja teoreettisen viitekehyksen rakentaminen.

Metakognitiosta puhutaan yleensä ”ajattelua ajattelusta” tai ”tietoa tietoisuudesta”. Käsitteenä se on hyvin abstrakti ja haastavasti tutkittava, jonka takia esiintyykin useita eriäviä määrittelytapoja. Metakognition käsitteelle ei ole siis yksiselitteistä määritelmää, jota käytetään yhtenäisesti koko tutkimuskentällä (Thomas & Anderson, 2014).

Annevirran ja Iiskalan (2003) mukaan metakognitio tarkoittaa yksinkertaisimmillaan tietoisuutta omasta ajattelusta ja sen prosesseista, joita voidaan hyödyntää oppimisessa. Roebbers (2017) määrittelee metakognition korkeamman tason kognitiivisena prosessina, joka koostuu kahdesta osa-alueesta. Nämä osa-alueet ovat kognitiivinen osa, joka sisältää metakognitiivisia tietoja sekä metakognitiivisen säätelyn osa, joka käsittelee metakognitiivista tietoa (Masatoshi, 2022). Tässä tutkielmassa metakognition käsitettä tarkastellaan Roebbersin mallin mukaisesti.

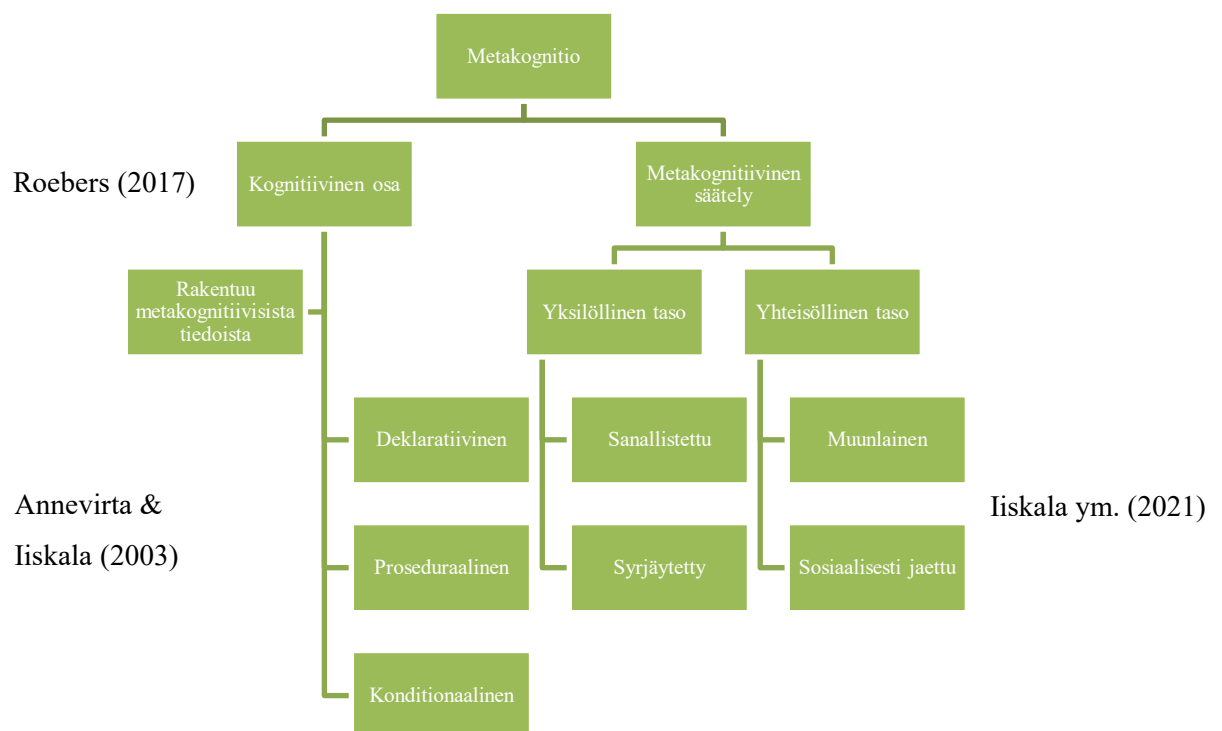
2.1 Kognitiivinen osa

Kognitiivinen osa ja metakognitiivinen tieto jaetaan edelleen kolmeen alakategoriaan. Tutkimusintressien perusteella jako voidaan tehdä kahdella tavalla. Mikäli halutaan korostaa metakognitiivisen tiedon eri luonteita, puhutaan persoona-, tehtävä- tai strategiatiedosta (Flavell, 1979). Persoonatieto tarkoittaa oppijan tietoa itsestään ja muista tiedonkäsittelijöinä. Tehtävätieto on oppijan tietoa siitä, miten jokin tehtävä suoritetaan. Mikäli oppijalla on strategiatietoa niin hän tietää strategioita, jotka ovat tehokkaita jonkin asian oppimiseen tai tavoitteeseen pääsemiseen.

Jos halutaan korostaa oppimisen prosessia, voidaan metakognitiivinen tieto jakaa deklaratiiiviseen, proseduraaliseen ja konditionaaliseen tietoon. Deklaratiivinen tieto on oppijan tietoa mitä oppimisen strategioita on olemassa, kun taas proseduraalinen tieto on oppijan ymmärrystä, miten näitä strategioita voidaan toimeenpanna. Jos oppija on sisäistänyt, miksi näitä oppimisen strategioita käytetään niin hänellä on myös konditionaalista tietoa. Nämä tiedon tasot ovat kumuloituvia eli oppijalla tulee ensin olla deklaratiiivista tietoa ennen

kuin hänellä voi olla proseduraalista ja edelleen konditionaalista tietoa. (Annevirta & Iiskala, 2003)

Tässä tutkielmassa käytetään Annevirran ja Iiskalan mallia kuvaamaan metakognitiivista tietoa, sillä se tukee myöhemmin esiteltäviä datan luokitteluperusteita parhaiten. Alla olevassa kaaviossa on esitelty metakognition käsitteen rakentuminen tämän tutkimuksen valossa (Kaavio 1). Seuraavassa alaluvussa syvennyttään tarkemmin kuvassa esiintyvään metakognitiivisen säätelyn käsitteeseen.



Kaavio 1. Metakognition osa-alueet

Metakognitiota on tutkittu paljon 80-luvulta tähän päivään asti, koska sen kehittämällä on monia suoria hyötyjä oppimiseen. Näitä ovat esimerkiksi parantunut autonomian kokemus, tiedonkäsittely, oppimistulokset ja merkityksellinen oppiminen (Mathabathe & Potgieter, 2017; Thomas & Anderson, 2014). Metakognition tutkiminen on edelleen ajankohtaista, sillä nopeasti muuttuvassa maailmassa on entistä tärkeämpää ymmärtää oppijoiden ajattelu- ja oppimisprosesseja. Tämän ymmärryksen avulla voidaan tarjota tarkoituksenmukaista tukea metakognitiivisten tietojen kehittymiselle koulukontekstissa. Metakognition roolia

oppimisessa voidaankin pitää keskeisenä, sillä sen on osoitettu olevan merkittävä tekijä onnistuneen oppimisprosessin kannalta (Iiskala, 2016).

2.2 Metakognitiivinen säätely

Metakognition toinen osa-alue on siis metakognitiivinen säätely, joka tarkoittaa oppijan käyttämiä tilannesidonnaisia strategioita ajattelu- tai oppimisprosessin aikana (Moshman, 2018).

Metakognitiivista säätelyä tapahtuu sekä yksilöllisellä että yhteisöllisellä tasolla.

Yksilöllisellä tasolla oppija säätelee ainoastaan omia ajatuksiaan ja oppimisprosessejaan.

Yhteisöllisen tason säätely vaatii useamman henkilön osallistumista metakognitiiviseen säätelyyn. Seuraavassa taulukossa on esitelty Iiskalan ja muiden koostama luokittelu näille tasoille (Taulukko 1). (Iiskala ym., 2021)

Taulukko 1. Metakognitiivisen säätelyn muodot (Iiskala ym., 2021)

Metakognitiivisen säätelyn muoto	Sanallistettu	Syrjäytetty	Muunlainen	Sosiaalisesti jaettu
Määritelmä	Oppija säätelee ja viittaa vain omia ajatusprosessejaan ”Miten minun oma ajatteluni etenee?”	Oppija pyrkii säätelemään ryhmän ajatusprosesseja, mutta muut ryhmän jäsenet jättävät sen huomiotta.	Yksi tai useampi oppija säätelee yhden tai useamman ryhmän jäsenen ajatusprosesseja. Vuorovaikutus epäsymmetristä. ”Miten X:n ajattelu etenee?”	Vähintään kaksi oppijaa osallistuu ryhmän ajatusprosessien säätelyyn. ”Miten ryhmämme ajattelu etenee?”

Taulukossa esiintyviä yksilötason muotoja ovat sanallistettu metakognitiivinen itsesäätely (engl. *verbalized metacognitive self-regulation*, VMSR) ja syrjäytetty metakognitiivinen säätely (engl. *ignored metacognitive regulation*, IMR). Eritoten sanallistettu säätely on puhtaasti yksilötason prosessi, mutta syrjäytetyssä säätelyssä oppija pyrkii yhteisölliseen säätelyyn, mutta vuorovaikutus jääkin itsepuheluksi.

Vaikka tämä tutkimus keskittyykin yhteisöllisen tason metakognitiiviseen säätelyyn niin oppijan on ensin kyettävä säätelemään omaa oppimistaan ja ajatteluprosessejaan ennen kuin hän kykenee säätelemään ryhmän ajatusprosesseja. Yksilötason metakognition tutkimuksilla on ollut merkittävä rooli siksi, että niiden perusteella on havaittu yhteys oppijoiden yksilöllisen metakognitiivisen säätelyn ja hyvien oppimistulosten välillä luonnontieteissä (Iiskala ym., 2021). Lisäksi on osoitettu, että aloittelevat oppijat eivät kykene metakognitiivisesti säätelemään omaa oppimisprosessiaan, kun taas konkarioppijat hallitsevat tämän taidon (Iiskala, 2016). Samankaltaisia tuloksia on myös saatu Masatoshin (2022) tutkimuksessa, jonka mukaan taitava oppija hyödyntää useita erilaisia metakognitiivisen tiedon tai säätelyn strategioita lomittain oppimisprosessin eri vaiheissa.

Loput taulukossa 1 esiintyvät metakognitiivisen säätelyn muodot edustavat yhteisöllistä tasoa. Näitä ovat siis muunlainen metakognitiivinen säätely (engl. *metacognitive other regulation*, MOR) sekä sosiaalisesti jaettu metakognitiivinen säätely (engl. *socially shared metacognitive regulation*, SSMR). Näissä on siis kyse ryhmäläisten yhteissäätelystä. Muunlaisessa metakognitiivisessä säätelyssä eräs ryhmän oppija pyrkii säätelemään muiden oppijoiden ajattelua ja oppimista. Mikäli on kyseessä sosiaalisesti jaettu metakognitiivinen säätely niin oppijat osallistuvat kollektiivisesti ryhmän ajatteluprosessien säätelyyn. Jotta yhteisöllisen tason metakognitiivista säätelyä voi esiintyä niin oppijoiden tulee siis toimia vuorovaikutteisesti ryhmässä, yhteisöllisen oppimisen kontekstissa. (Iiskala ym., 2021)

Yhteisöllisessä oppimisessa (engl. *collaborative learning*) pyritään oppimaan ryhmässä vuorovaikutteisesti muodostamalla yhteinen ymmärrys aiheesta tai ongelmasta (Haataja ym., 2022). Tämä näkemys pohjautuu Vygotskyn teoriaan lähikehityksen vyöhykkeestä, jonka mukaan annetun tehtävän tulee olla liian haastava yksittäiselle oppijalle ratkaistavaksi, mutta kuitenkin sellainen, että vuorovaikutuksen ja kommunikaation myötä ryhmän oppijat saavuttavat ratkaisun yhdessä (Vygotsky, 1978). Aiempien tutkimusten mukaan haastetason tulee olla tarpeeksi korkea, jotta yhteisöllisen tason metakognitiivista säätelyä saadaan esiintymään (Iiskala ym., 2011; Tang ym., 2023).

Yhteisöllisellä oppimisella on monia hyötyjä metakognition näkökulmasta. Se kehittää oppijoiden metakognitiivista säätelyä esimerkiksi siten, että se edellyttää omien ajatusten jäsentämistä ja niiden verbaalista ilmaisua muille ryhmän jäsenille. Toisaalta myös

kognitiivinen kuorma yksilötasolla on pienempi, joka mahdollistaa paremman ryhmän keskinäisen metakognitiivisen säätelyn (Mathabathe & Potgieter, 2017). Ryhmäasetelma siis mahdollistaa monimutkaisempien asioiden käsittelyn ja oppimisen kuin oppijan itsenäisesti prosessoimana.

Jotta saavutetaan yhteisöllistä oppimista, niin ryhmäläisten tulee siis valvoa oppimisprosessia. Myös muiden alan tutkijoiden mukaan sosiaalisesti jaettua metakognitiivista säätelyä esiintyy silloin, kun ryhmäläiset jakavat ajatuksiaan ja edistävät oppijoiden toimintaa yhtenä ryhmänä (Haataja ym., 2022; Tang ym., 2023). Tässä tutkimuksessa yhteisöllisen oppimisen indikaattorina toimii sosiaalisesti jaettu metakognitiivinen säätely.

Vain murto-osa metakognitiivisen säätelyn tutkimuksesta on toteutettu yksilötason sijaan yhteisöllisen oppimisen kontekstissa (Mathabathe & Potgieter, 2017). Vasteena tälle aukolle tutkimuskentässä tässä tutkimuksessa lähdettiin tarkastelemaan ryhmän oppimisprosessia metakognitiivisen säätelyn näkökulmasta kemian luokkahuonekontekstissa.

3 Kemian oppiminen

Tässä osiossa jatketaan tutkimuksen tärkeimpien käsitteiden määrittelyä kemian oppimisen kontekstissa.

3.1 Kemiällisen tiedon luonne

Kemia on kokeellinen luonnontiede, jossa tutkitaan kemiällisiä ilmiöitä kuten aineen rakennetta ja ominaisuuksia sekä näiden muutoksia. Toisin kuin joskus on ajateltu niin luonnontieteellinen tieto ei koostu ainoastaan sisältötiedosta kuten faktoista, määritelmistä ja teorioista. Tämän lisäksi se koostuu menetelmätiedosta, miten uutta tietoa tehdään ja miten olemassa olevia tietoja testataan. Esimerkkinä tästä on havainnointi, mittaukset ja hypoteesien koostamisesta. Kolmantena ja viimeisenä ulottuvuutena luonnontieteellisessä tiedossa on tietoa siitä, minkälaista tieteellinen toiminta on. Esimerkiksi tietoa siitä, että tieteellinen tieto perustuu todistusaineistoon ja se voi muuttua ajan saatossa. Käsite luonnontieteellisen tiedon luonne (engl. *nature of science*) kuvaa tätä tiedon moniulottuvuutta (Bell, 2009)

Tieteen luonteen opettaminen on tärkeää, koska se ohjaa opiskelijoita siinä, miten he voivat rakentaa ja muokata omaa kemian ymmärtämistään tehtyjen havaintojen ja tietojen perusteella (Thomas & Anderson, 2014). Tämän lisäksi sen opettaminen tekee tieteen tekemisestä avoimempaa ja helpommin lähestyttävää. Tieteen luonteen opettaminen on myös kirjattu suomalaiseen opetussuunnitelmaan (Opetushallitus, 2019).

Luonnontieteellinen tieto samoin kuin kemiallinen tieto on luonteeltaan kumuloituvaa. Tämä tarkoittaa sitä, että uutta tietoa rakennetaan vanhan tiedon päälle. Esimerkiksi oppijan tulee ymmärtää ainemäärän käsite ennen kuin hän voi oppia pitoisuuden käsitteen.

Luonnontieteellisen tiedon kumuloituvasta luonteesta johtuen oppijoilla saattaa esiintyä tietoaukkoja (engl. *knowledge gap*), mikäli uutta tietoa ei onnistuta liittämään aiemmin opittuun. Opettajan tehtävänä on aktivoida ennakkotiedot ja tukea oppijoita käsitteellisen ymmärryksen rakentamisessa, jotta tietoaukkoja ei pääse muodostumaan (Aksela ym., 2021, Schumacher & Stern, 2023). Koska kemiallinen ja metakognitiivinen tieto ovat molemmat luonteeltaan kumuloituvia niin on olennaista kehittää oppijoiden metakognitiota, sillä se opettaa samalla, miten kemiaa opitaan.

3.2 Kemian kolmitasomalli

Kemiallinen tieto on paitsi kumuloituvaa myös rakenteeltaan monitasoista Johnstoneen kolmitasomallin mukaisesti. Kemiassa ilmiöitä tarkastellaan makroskooppiselta, mikroskooppiselta ja symboliselta tasolta. (Reid, 2021)

Makroskooppinen taso tarkoittaa ilmiöitä, joita voidaan havainnoida aistinvaraisesti, esimerkiksi elefantin hammastahna -demonstraation olomuodon muutokset ja reaktioista aiheutuvat äänet. Mikroskooppinen taso kuvaa makroskooppisen tason ilmiöitä partikkelitasolla kuten tässä esimerkissä vetyperoksidimolekyylin hajoamista vesimolekyyliksi ja kaksiatomiseksi happikaasuksi. Lopuksi symbolinen taso tarkoittaa kemian laskukaavoja ja symboleita esimerkiksi reaktioyhtälössä: kemiallisten kaavojen kirjoittaminen vetyperoksidin reaktiolle katalyytti-kaliumjodidin kanssa, muodostaen vettä ja happikaasua. Kemian oppimisessa on siis kyse siitä, että pystyy tarkastelemaan ilmiöitä eri tasojen näkökulmista ja yhdistelemään tietoja kultakin eri tasolta. (Milenković ym., 2014)

Yksilön näkökulmasta liikkuminen kemian kolmen tason välillä luonnistuu, kun opiskelijalla on metakognitiivista tietoa eritoten proseduraaliselta osa-alueelta. Tällöin hän pystyy ymmärtämään käsitteet ja ilmiöt tietoisesti ajattelun ja toiminnan keinoin. Metakognitiivisella tiedolla on siis tärkeä rooli kemian oppimisessa. (Lavi ym., 2019; Thomas & Anderson, 2014)

Toisaalta kemian menestyksellisen oppiminen edellyttää metakognitiivisten tietojen lisäksi myös metakognitiivista säätelyä (Mathabathe & Potgieter, 2017). Kemian oppimista tapahtuu yksin ja yhdessä. On sitten kyse yksilöllisen tai yhteisöllisen tason säätelystä on erittäin olennaista osata säädellä omia tai ryhmän ajatus- ja oppimisprosessejaan. Tällöin pystytään päättämään, mitä jo osataan ja missä on tämän hetken osaamisen rajapinta kullakin kemiallisen tiedon tasolla. Metakognitiivista säätelyä tarvitaan sekä teoreettisen tiedon prosessoinnin että laboratoriotyöskentelyn eri vaiheissa. Eritoten yhteisöllisen oppimisen näkökulmasta ryhmäläisten keskeinen sosiaalisesti jaettu metakognitiivinen säätely sujuvoittaa kaikkien kollektiivista liikehdintää tasojen välillä.

3.3 Laboratorio oppimisympäristönä

Kemian oppimiseen kuuluu olennaisena osana laboratoriotyöskentely, jossa oppija pääsee harjoittamaan kokeellisuutta ja tutkimuksellisuutta. Kokeellinen työskentely tarjoaa oppijalle mahdollisuuden ymmärtää ympäröivää maailmaa itse tekemällä (Hofstein & Hugerat, 2021). Tämän lisäksi oppijat pääsevät rakentamaan yhteyksiä teorian ja käytännön välille yksin tai yhdessä. Tässä tutkielmassa rajataan aiheen käsittely ainoastaan ryhmässä suoritettaviin töihin, koska tarkastellaan nimenomaan vuorovaikutuksen merkitystä oppimiseen kokeellisen työskentelyn kontekstissa.

Laboratoriossa suoritettava kokeellisuus tai kokeellinen työskentely on välttämätön osa kemian opetusta ja oppimista tieteen luonteen ja opetussuunnitelman nojalla (Hofstein & Hugerat, 2021; Opetushallitus, 2019). Kokeellinen työskentely tarkoittaa koulukontekstissa tapahtuvaa toimintaan, jossa oppijat tarkastelevat ilmiöitä vuorovaikutuksessa välineiden, materiaalien tai tietolähteiden kanssa (Hofstein & Hugerat, 2021).

Kokeellisen työskentelyn muotoja voidaan luokitella sen avoimuuden perusteella tutkimuksellisuuden (engl. *inquiry*) spektrille. Kokeellisen työn avoimuutta määritetään tutkimuskysymyksen muotoilun, menetelmän valinnan ja tulosten tulkinnan mukaan riippuen siitä, onko aktiivisena toimijana opettaja vai oppija (Taulukko 2). (Wheeler & Bell, 2012)

Taulukko 2. Tutkimuksellisuuden taso avoimuuden näkökulmasta (Wheeler & Bell, 2012)

Tutkimuksellisuuden taso	Tutkimuskysymys	Menetelmä	Tulokset
Todentava tutkimus	opettaja	opettaja	opettaja
Strukturoitu tutkimus	opettaja	opettaja	oppija
Ohjattu tutkimus	opettaja	oppija	oppija
Avoin tutkimus	oppija	oppija	oppija

Mikäli opettaja on aktiivisena toimijana kaikissa tutkimuksen vaiheissa, niin puhutaan todentavasta tutkimuksesta (engl. *confirmatory inquiry*). Tällöin oppijoiden tehtävänä on suorittaa yksinkertainen, toistettavissa oleva koe. Tällaisessa kokeellisessa työssä työohjeet ovat usein reseptimäisiä ja lopputulos on ennalta tiedossa. Sen sijaan strukturoitu tutkimus

(engl. *structured inquiry*) on askeleen verran avoimempi tutkimuksellisuuden taso, jossa oppijat toteuttavat opettajan määräämän tutkimuksen tarkastelemalla annettua tutkimuskysymystä. Nyt kuitenkin työn tulos ei ole ennalta määrätty eli eroja voi esiintyä ryhmäläisten välillä.

Ohjatussa tutkimuksessa (engl. *guided inquiry*) oppijat tutkivat opettajan määräämää tutkimuskysymystä haluamallaan menetelmillä. Kaikista avoimin tutkimuksellisuuden taso on avoin tutkimus (engl. *open inquiry*), jossa oppijat ovat vastuussa kaikissa tutkimuksen vaiheissa. Tällöin opettaja on yleensä antanut tutkittavan ilmiön ja oppijat lähtevät liikkeelle tutkimuskysymyksen ja -suunnitelman muodostamisesta.

Jokaiselle tutkimuksellisuuden tasolle on perusteltu aikansa ja paikkansa ja niiden valinta riippuu asetetuista oppimistavoitteista, joita laboratoriotyöskentelyllä halutaan saavuttaa. Mahdollisia oppimistavoitteita laboratoriotyöskentelylle on esimerkiksi tieteen luonteen harjoittaminen, käsitteellisen ymmärryksen rakentaminen sekä mielenkiinnon, motivaation ja asenteen parantaminen. Mikäli tavoitteena on työturvallisuuden ja laboratorioskäytäntöjen harjoittelu, on todentavan tutkimuksen tekeminen oiva valinta. Sen sijaan oppijoiden ongelmanratkaisu- tai yhteistyötaitojen kehittämiseen on tarkoituksenmukaisempaa valita avoimempi tutkimuksellisuuden taso.

Kokeellista työskentelyä voidaan tarkastella myös sen eri vaiheiden kautta. Kokeellisen työskentelyn käsite mielletään tällöin käytännön toiminnaksi, jossa työskennellään oppiaineelle tyypillisillä työskentelytavoilla. Eritoten kemiassa kokeellisen työskentelyn hetket voidaan jaotella kolmeen eri kontekstiin: teoreettiseen, kokeelliseen tai näitä yhdistävään vaiheeseen (Kyyräinen ym., 2024).

Teoreettisissa vaiheissa oppijat voivat esimerkiksi perehtyä työohjeeseen tai laskea laskuja. Kokeellisissa vaiheissa oppijat voivat esimerkiksi koota laitteistoa tai tehdä havaintoja tutkittavasta ilmiöstä. Lopuksi näitä yhdistävissä vaiheissa oppijat pyrkivät linkittämään kokeellisessa osiossa tehdyt havainnot teoriaan esimerkiksi reaktioyhtälön muodostamisen yhteydessä.

3.4 Metakognitiivinen säätely kokeellisessa ryhmätyöskentelyssä

Monet metakognitiivisen säätelyn tutkimukset on tehty nimenomaan luonnontieteiden kontekstissa niiden luontaisen kokeellisuuden ja tutkimuksellisuuden takia (Adler ym., 2016; Iiskala ym., 2011, 2021). Kokeellisuutta on hedelmällistä tutkia metakognition näkökulmasta, koska siinä onnistuminen vaatii jatkuvaa tietoista ajattelua ja metakognitiivista säätelyä. Vaikka tämän tutkimusympäristön potentiaali on yleisesti tiedossa niin silti erityisesti tutkimuksellista ja kokeellista kemian työskentelyä on tutkittu vähän (Mathabathe & Potgieter, 2017).

Tässä tutkimuksessa pyritään täyttämään tätä tutkimuskentän aukkoa tutkimalla metakognitiivista säätelyä kemian kokeellisessa työskentelyssä. Tutkimuksessa luokitellaan, missä tilannesidonnaisessa kontekstissa sosiaalisesti jaetut metakognitiivisen säätelyn hetket tapahtuvat kokeellisen työskentelyn aikana. Valitut kontekstit vastaavat aiemmin kuvattuja kokeellisen työskentelyn vaiheita: kokeellista, teoreettista ja näitä yhdistävää vaihetta. Tähän jaotteluun päädyttiin, koska tutkimuksessa käytetyn menetelmän eli videokuvauksen avulla pystytään tarkasti määrittämään, mitä opiskelijat tekevät kullakin ajanhetkellä. Tämä luokittelu mukailee myös kemian kolmitasomallia, sillä ilmiöiden omaksuminen kokeellisesti tapahtuu makro-, mikro- ja symbolisella tasolla.

4 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten oppijat säätelevät ryhmän oppimista metakognition näkökulmasta haastavan kemian kokeellisen työskentelyn aikana. Tutkimuksen analyysikehikkona käytetään Iiskalan ja muiden (2021) metakognitiivisen säätelyn muotoja eli sanallistettua, syrjäytettyä, muunlaista tai sosiaalisesti jaettua metakognitiivista säätelyä. Tämän lisäksi sosiaalisesti jaetut hetket luokitellaan vielä kokeellisen työskentelyn eri vaiheiden eli teoreettisen, kokeellisen tai näitä yhdistävän vaiheen perusteella.

Tutkimuksen tavoitteen pohjalta muodostettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Millaisia metakognitiivisen säätelyn muotoja pienryhmillä esiintyy lukion kemian kokeellisen työskentelyn aikana?
2. Kuinka suuri osa kaikista pienryhmän metakognitiivisen säätelyn hetkistä on sosiaalisesti jaettuja?
3. Missä kokeellisen työskentelyn vaiheessa metakognitiivisen säätelyn sosiaalisesti jaetut hetket esiintyvät?

5 Tutkimusmenetelmä

Tässä luvussa kerrotaan tutkimuksen osallistujista, ympäristöstä sekä suunnittelun ja toteutuksen eri vaiheista.

5.1 Osallistujat ja tutkimusympäristö

Tutkimuksen osallistujat (N=11) olivat Turun normaalikoulun kansallisen lukion opiskelijoita. Aineisto kerättiin KE4 (Kemiallinen reaktio) opintojakson yhdeltä oppitunnilta, jossa oli paikalla opiskelijoiden lisäksi avustava opetusharjoittelija sekä ohjaava opettaja. Näiden henkilöiden vuorovaikutus opiskelijoihin pyrittiin minimoimaan, jotta yhteisölliset säätelyhetket tapahtuisivat nimenomaan opiskelijoiden välillä (Iiskala ym., 2011). Ennen kuvauksen aloittamista opiskelijoita kannustettiin sanallisesti toimimaan ja ratkaisemaan ongelmia oman ryhmän sisällä.

Opetusryhmä jaettiin kahteen erilliseen luokkatilaan videon äänenlaadun maksimoimiseksi. Kummassakin luokkatilassa oli kaksi kuvattavaa ryhmää eli yhteensä ryhmiä oli neljä kappaletta. Kolmessa ryhmässä oli kolme opiskelijaa ja yhdessä ryhmässä kaksi opiskelijaa. Kaikki työssä tarvittavat välineet ja reagenssit oli kerätty valmiiksi kuvattaville ryhmille, koska kutakin ryhmää kuvasi yksi kiinteään asemaan laitettu videokamera. Näin varmistettiin, että kaikki vuorovaikutustilanteet ja dialogit saatiin tallennettua videolle. Kerätystä aineistosta päädyttiin käyttämään kahta kolmen hengen ryhmän videota.

5.2 Kyselylomakkeen suunnittelu ja toteutus

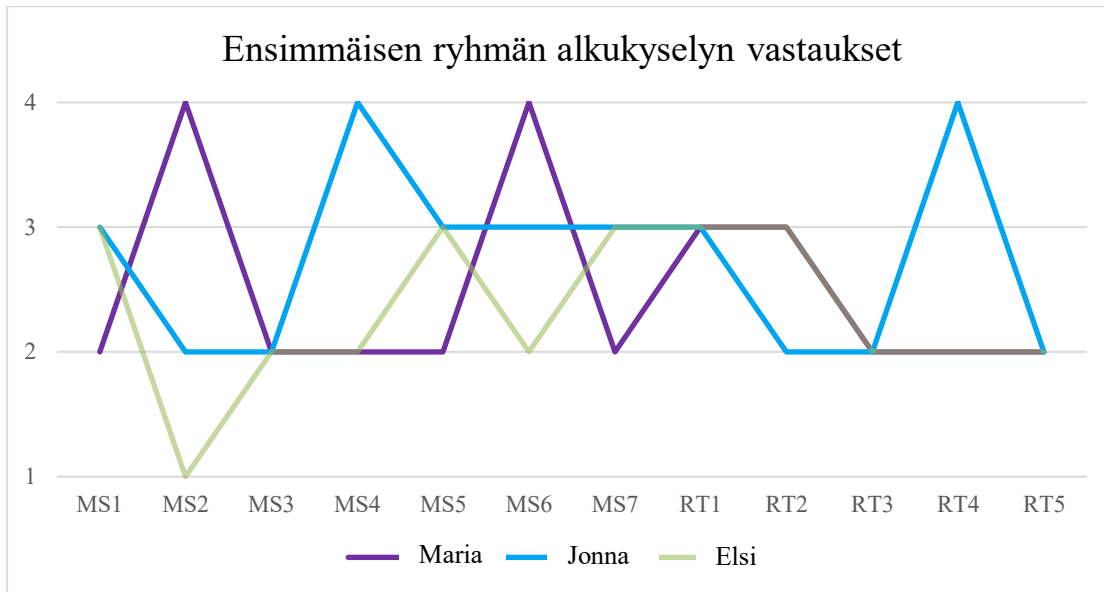
Tutkimuksen alkuvaiheessa toteutettiin kysely, jonka perusteella saatiin muodostettua mahdollisimman heterogeeniset eli sekakoosteiset ryhmät kokeellista ryhmätyöskentelyä varten. Alkukysely toteutettiin Webropol-sivuston avulla, joka sisälsi viisi kysymystä taustamuuttujista sekä 12 väitettä tutkimuksen aihepiireistä (Liite 1).

Taustamuuttujina kysyttiin opiskelijoiden nimeä, sukupuolta, ikää ja edellisen kemian opintojakson eli KE3 (Molekyylit ja mallit) arvosanaa. Tämän lisäksi kysyttiin opiskelijoiden tavoitearvosanaa KE4 opintojaksolle. Valittiin juuri nämä taustamuuttujat, sillä Iiskalan mukaan iällä ja taitotasolla, jonka mittarina käytettiin tässä edellisen opintojakson arvosanaa, on tutkittu olevan yhteys metakognition oppimisprosessissa (Iiskala ym., 2021).

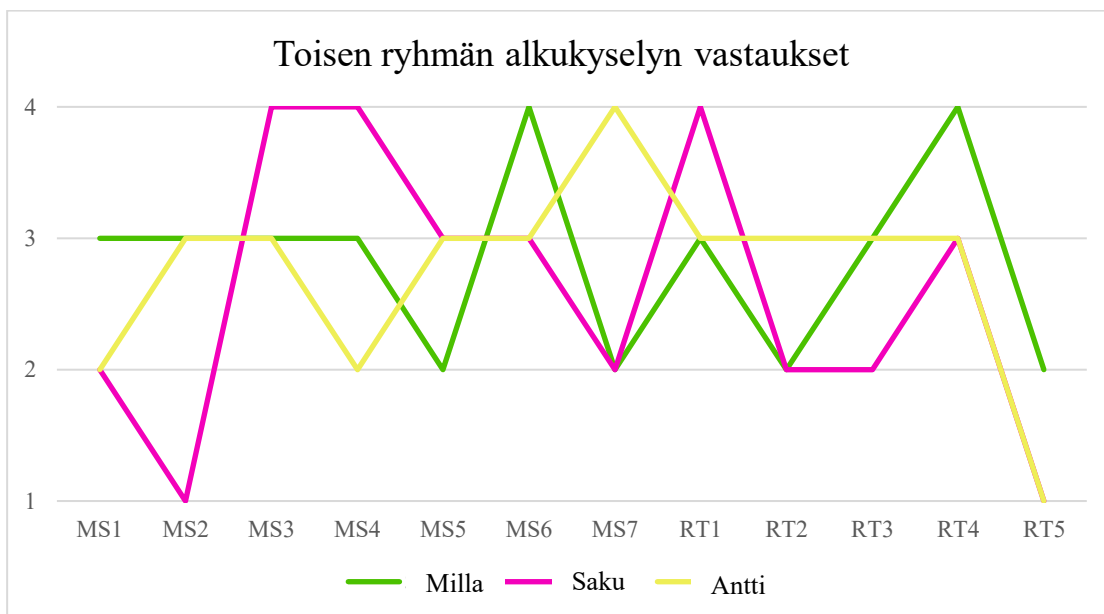
Alkukyselyn väitteet (1-7) testasivat opiskelijoiden metakognitiivista säätelyä. Nämä väitteet mukailtiin Veenmannin ja van Cleefin (2019) artikkelissa esiintyneen patteriston pohjalta. Alkuperäisten kyselyiden 7-portainen Likert-asteikko muutettiin tähän kyselyyn 4-portaiseksi. Täten väitteiden vastausvaihtoehdot olivat ”vahvasti samaa mieltä”, ”samaa mieltä”, ”eri mieltä” ja ”vahvasti eri mieltä”. Tähän jaotteluun päädyttiin, koska haluttiin poistaa keskimäinen, neutraali vastausvaihtoehto ”en osaa sanoa”. Tämä ohjasi opiskelijoita ilmaisemaan näkemyksensä joko puolesta tai vastaan. Tämän lisäksi toisen perusteena asteikon muuttamiselle oli, että haluttiin vähentää vastausvaihtoehtojen määrää. Suurin osa väitteistä oli muotoiltu suoriksi, mutta käänteisesti muotoiltuja väitteitä olivat toinen, viides, kuudes, kymmenes ja kahdestoista väite.

Loput väitteet (8-12) muodostettiin Annevirran ja Iiskalan (2003) sekä Qureshin ja muiden (2023) artikkeleiden avulla. Nämä väitteet testasivat opiskelijoiden näkemyksiä ryhmätyöskentelyä kohtaan. Väitteillä kerätyillä tiedoilla pyrittiin ennakoimaan opiskelijoiden toimintaa yhteisöllisen oppimisen tilanteessa (Tang ym., 2023). Työssä ei käytetty validoitua, valmista patteristoa, sillä sellaista ei ollut saatavilla. Koska kyselyn vastauksia ei analysoitu tilastollisesti vaan niitä hyödynnettiin ainoastaan videoitavan kokeellisen työn ryhmäjakoon niin tämän ei katsottu olevan ongelma.

Aikaisemman tutkimuksen pohjalta parhaimmat tulokset ryhmätyöskentelystä tuotti sellaiset ryhmät, joissa jäsenten rooleja ei ollut ennalta määrätty (Heinimäki ym., 2021). Roolittomuus saavutettiin siis muodostamalla ryhmistä sekakoosteiset. Muodostettujen ryhmien heterogeenisyyttä ilmentää yksilöiden eriävät vastaukset kyselyn väitteisiin, joka nähdään graafisesti erimuotoisina kuvaajina (Kuvaaja 1 & Kuvaaja 2). Kuvaajissa merkintä MS kuvaa metakognitiivisen säätelyn väitteitä, kun taas RT ryhmätyöskentelyn väitteitä. Kuvaajan numeroasteikkoa luetaan seuraavanlaisesti: 1 = Vahvasti eri mieltä, 2 = Eri mieltä, 3 = Samaa mieltä ja 4 = Vahvasti samaa mieltä.



Kuvaaja 1. Ensimmäisen ryhmän profiili



Kuvaaja 2. Toisen ryhmän profiili

5.3 Kokeellisen työn suunnittelu ja toteutus

Kokeellisen työn suunnittelu aloitettiin koostamalla sen oppimistavoitteet. Nämä laadittiin sekä tutkimuksen teoreettista viitekehystä että opetussuunnitelman sisältötavoitteita mukaillen. Teoreettista viitekehystä tukeviksi oppimistavoitteiksi asetettiin, että opiskelija on aktiivisena toimijana sekä osallistuu jatkuvasti oman ja ryhmän metakognitiiviseen säätelyyn. Perusteena näille oppimistavoitteille oli aiempi tutkimus, jonka mukaan kemian kokeellinen työskentely on otollinen ympäristö näiden taitojen esiintymiselle (Hofstein ym., 2013).

Tämän lisäksi aiempien tutkimusten mukaan kokeellisen työn haastetaso tulee olla tarpeeksi korkea, jotta yhteissääteilyä esiintyy (Iiskala ym., 2011; Tang ym., 2023). Ihanteellinen haastetaso yhteistoiminnallisen oppimisen tehtävälle olisi juuri lähikehityksen vyöhykkeen ulkopuolella (Vygotsky, 1978).

Kokeellisen työn sisältötavoitteiden koonnissa käytettiin perustana opetussuunnitelman vaatimuksia. Toisena sisältöä määrittävänä tekijänä oli tutkittavan oppitunnin sijoittuminen opintojaksolle. Työn aihe pyrittiin yhteensovittamaan oppitunneilla käsiteltäviin asioihin sekä kytkemään sisällöllisesti aiemmilla opintojaksoilla opittuihin aiheisiin. Opiskelijoiden ennakkotiedot pyrittiin aktivoimaan kokeellisessa osiossa tuttujen välineiden käytöllä sekä teoreettisessa osiossa ainemäärän laskuissa ja reaktioyhtälön tasapainottamisessa. Lopulliseksi sisältötavoitteeksi päätyi ideaalikaasumallin ymmärryksen syventäminen makro- ja mikroskooppisella sekä symbolisella tasolla. Yleisenä tavoitteena oli oppia tutkimaan kemiallisia reaktioita kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen. Tämän lisäksi laaja-alaisena tavoitteena oli vuorovaikutusosaamisen harjoittelu heterogeenisissä ryhmissä. (Opetushallitus, 2019)

Tutkimusta edeltävällä oppitunnilla johdettiin ideaalikaasun tilanyhtälö opettajalähtöisten demonstraatioiden kautta sekä harjoiteltiin kyseisen yhtälön laskennallista käyttöä.

Ideaalikaasun tilanyhtälö on yksi KE4-opintojakson keskeisimmistä sisällöistä, joten sen ymmärtämistä pyrittiin vahvistamaan vielä kokeellisen työn avulla. Täten tehtäväksi työksi valikoitui kaasuvakion kokeellinen määrittäminen.

Työohje (Liite 2) koostettiin MAOL²-alustan *Kaasuvakion määrittäminen* (Liite 3) sekä Turun yliopiston kemian laitoksen *Yleisen kaasuvakion määrittäminen* (Liite 4) työohjeiden pohjalta. Valittu kokeellinen työ on luonteeltaan todentavan ja strukturoidun tutkimuksen väliltä, jonka takia työn haastavuutta ja oppijoiden aktiivista toimijuutta kasvatettiin työohjeen avoimella muotoilulla.

Työohjeen avoimuutta lisäsivät koejärjestelyn kuvan sekä reseptimäisten ohjeiden poisjättäminen. Työohjeen loppuun lisättiin myös ohjaavia pohdintakysymyksiä kuten ”Miksi kokeesta saatu (kaasuvakion) arvo ei ole täsmälleen oikea?” ja ”Miksi ideaalikaasumalli ei ole täsmällinen kuvaus tämän työn kaasulle?”. Näiden tavoitteena ja tarkoituksena oli tukea teoreettista viitekehystä ja täten kohentaa sosiaalisesti jaetun metakognitiivisen säätelyn

ilmenemistä haastamalla ryhmän kognitiivisia prosesseja. Toisena perusteluna näiden sisällyttämiselle oli varmistaa käsitteellisen ymmärryksen tapahtuminen eli asetettuun sisällölliseen oppimistavoitteeseen pääseminen. Erään kokooma-artikkelin pohjalta ohjaavat kysymykset toimivat avoimen keskusteluympäristön rakentajana, jolloin vuorovaikutuksen myötä varmistetaan oppijoiden käsitteellisen ymmärryksen tapahtuminen (Seery ym., 2023). Lisäksi myös Schumacherin ja Sternin (2023) mukaan ohjaavat kysymykset parantavat opiskelijoiden ymmärrystä opittavasta aiheesta sekä valmiuksia tulevia opintoja varten.

5.4 Videoinnin suunnittelu ja toteutus

Metakognition tutkimuksessa menetelmävalinta on keskeinen, sillä valittu menetelmä vaikuttaa merkittävästi tulosten luotettavuuteen. Monet aiemmat tutkimukset ovat käyttäneet oppijoiden itse täyttämiä kyselyitä, joissa vastaukset perustuvat heidän omiin kokemuksiinsa. Näiden on kuitenkin todettu antavan epäluotettavia tuloksia. (Veenman & van Cleef, 2019)

Lavi ja muut (2019) tarkastelivat kokooma-artikkelissaan vuosina 2000-2018 julkaistuja kemian kontekstissa tehtyjä metakognition tutkimuksia. Heidän yhteenvedossaan tunnistettiin 17 tutkimusta, joista ainoastaan neljässä käytettiin jotain muuta tutkimusmenetelmää kuin itsetäytettäviä kyselylomakkeita. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään videokuvausta tutkimusmenetelmänä. Videoinnin hyötynä on myös, että se vähentää oppijan subjektiivisuuden vaikutusta aineistoon.

Tutkimuslupa videointiin kysyttiin opiskelijoilta alkukyselyn yhteydessä. Osallistujien huoltajille lähetettiin myös tiedote tutkimuksesta, jossa heidän oli mahdollista evätä huollettavan osallistuminen tutkimukseen. Tutkimuksen toteutuksessa ja analysoinnissa noudatettiin Turun yliopiston eettisiä säädöksiä eli osallistujien vastaukset käsiteltiin luottamuksellisesti ja tietoturvallisesti. Tutkielmassa esitetystä aineistosta on poistettu vastaajiin liittyvät suorat tunnistetiedot sekä käytetyt nimet on vaihdettu.

5.5 Aineiston analyysi

Tarkempaan kvalitatiiviseen analyysiin valittiin kahden ryhmän videot parhaimman äänen- ja kuvanlaadun perusteella. Nämä videot litteroitiin Turun yliopiston Echo360-ohjelmiston transkriptiotyökalua käyttäen. Tämä työkalu luo tekoälyavusteisesti litteroinnin, jota edelleen

muokattiin manuaalisesti mahdollisimman suuren sanatarkkuuden varmistamiseksi.

Manuaalisen muokkauksen jälkeen videoiden sanatarkkuudet olivat ensimmäisen ryhmälle 94 prosenttia ja toiselle ryhmälle 88 prosenttia.

Tämän jälkeen siirryttiin Nvivo-ohjelmistoon dialogien jatkokäsittelyä varten. Litteroinnin pohjalta koodattiin kaikki metakognitiivisen säätelyn hetket Iiskalan ja muiden (2021)

artikkelin pohjalta. Käytetty analyysikehikko kuvattiin toisessa luvussa (Taulukko 1).

Analyysin perusyksikkönä on dialogi eli koodattu hetki alkaa oppijan esittämästä pohdinnasta tai kommentista ja päättyy, kunnes aihe vaihtuu tai kukaan ryhmäläisistä ei vastaa pohdintaan.

Tilannesidonnainen konteksti eli kokeellisen työskentelyn vaihe - teoreettinen, kokeellinen tai yhdistelmä - määritettiin sekä dialogia että videota käyttäen. Ensin tehtiin alustava tulkinta kontekstista pelkästään dialogia käyttäen, jonka jälkeen katsottiin koodattu hetki videolta ja varmistettiin, että ryhmäläisten toiminta ja eleet olivat yhteneväisiä dialogin pohjalta tehdyn päätelmän kanssa.

Analyysissä käytettiin seuraavia luokitteluperusteita: jos ryhmäläiset keskustelivat ainoastaan työohjeen teoriasta tai suorittivat laskutoimituksia niin hetki koodattiin teoreettiseksi. Mikäli ryhmäläiset tekivät ainoastaan työn kokeelliseen suoritukseen liittyviä toimintoja kuten laitteiston kokoamista tai havaintojen tekemistä niin hetki koodattiin kokeelliseksi. Hetkinä, jolloin ryhmäläiset yhdistivät kokeellisia toimintoja tai havaintoja teoriaan tai laskutoimituksiin, koodattiin yhdistelmähetkeksi.

6 Tulokset

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen nojalla haluttiin selvittää ryhmissä esiintyneet yksilöllisen ja yhteisöllisen tason metakognitiivisen säätelyn hetket. Metakognitiivisten säätelyn hetkien osuus koko aineistosta oli ensimmäisellä ryhmällä 20 % ja toisella ryhmällä 23 %.

Kolmanteen taulukkoon on koottu kyseisten dialogien lukumäärät aineistosta sekä esitetty luokiteltujen muotojen frekvenssit suhteessa koko aineistoon.

Taulukko 3. f¹ Frekvenssi ryhmän 1 metakognitiivisen säätelyn muodoille. f² Frekvenssi ryhmän 2 metakognitiivisen säätelyn muodoille

Metakognitiivisen säätelyn muoto	f ¹	f ²
Sanallistettu	6 kpl (1,0 %)	0 kpl (0 %)
Syrjäytetty	7 kpl (1,0 %)	11 kpl (2,0 %)
Muunlainen	11 kpl (5,0 %)	6 kpl (4,0 %)
Sosiaalisesti jaettu	15 kpl (13,0 %)	17 kpl (17,0 %)
Yhteensä	39 kpl	34 kpl

Ensimmäisellä tutkittavalla ryhmällä esiintyi kaikkia Iiskalan ja muiden (2021) jaottelun mukaisia metakognitiivisen säätelyn muotoja. Suurin osa hetkistä oli sosiaalisesti jaettuja (13,0 %), kun taas muita muotoja oli huomattavasti pienemmät osuudet (muunlainen 5,0 %, syrjäytetty 1,0 % ja sanallistettu 1,0 %). Toisella ryhmällä esiintyi kaikkia muita metakognitiivisen säätelyn muotoja paitsi sanallistettua metakognitiivista säätelyä ei koodattu aineistosta lainkaan. Myös tällä ryhmällä suurin osa hetkistä oli sosiaalisesti jaettuja (17,0 %), jonka lisäksi esiintyi muunlaista säätelyä (4,0 %) ja syrjäytettyä säätelyä (2,0 %). Aineistossa esiintyneitä esimerkkejä sanallistetusta, syrjäytetystä ja muunlaisesta säätelystä kuvataan seuraavassa taulukossa (Taulukko 4).

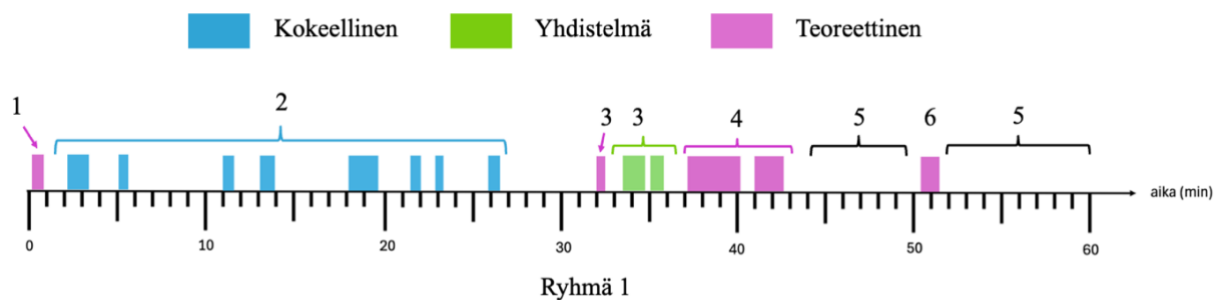
Taulukko 4. Esimerkkejä esiintyneistä metakognitiivisen säätelyn muodoista

Metakognitiivisen säätelyn muoto	Esimerkkidialogi	Konteksti
Sanallistettu	Elsi: <i>Mä en vielääkään tajua tota.</i>	Ryhmä 1 tasapainottaa reaktioyhtälöä abc-menetelmän avulla. Opiskelija viittaa vain omaan ajatteluprosessiinsa.
Syrjäytetty	Milla: <i>Mutta tää (liuos) pääsee sen läpi?</i>	Ryhmä 2 kääntää mittalasin korkkeineen vedellä täytettyyn keitinlasiin. Muut ryhmän jäsenet eivät reagoi tähän kommenttiin.
Muunlainen	Saku: <i>Joo eli sitten tota (vety)kaasua pitäisi olla yhtä paljon ku tota magnesiumia eli se on sitten toi määrä.</i> Antti: <i>Niin eli ton (vetykaasun) ainemäärä...</i> Antti: <i>Kerro mitä tossa (osoittaa reaktioyhtälöä)?</i> Saku: <i>Koska tossa (osoittaa magnesiumin kerrointa) on ykkönen ja tossa (osoittaa vedyn kerrointa) on ykkönen niin se ainemäärä on sama.</i> Antti: <i>Joo.</i>	Ryhmän 2 jäsen pyytää toista opiskelijaa selittämään reaktioyhtälön kertoimien vaikutuksen ainemäärään ja rajoittavaan tekijään. Tässä säädellään yksilön oppimisprosessia.

Toisessa tutkimuskysymyksessä tarkasteltiin, kuinka suuri osa kaikista metakognitiivisen säätelyn hetkistä oli sosiaalisesti jaettu. Tulokseksi siis saatiin, että tutkittavalla ajanjaksolla sosiaalisesti jaettu hetkiä oli ensimmäisellä ryhmällä 13,0 prosenttia ja toisella ryhmällä 17,0 prosenttia.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä selvitettiin, mihin kokeellisen työskentelyn vaiheeseen sosiaalisesti jaetut metakognition hetket kohdistuivat: kokeelliseen, teoreettiseen vai näitä yhdistävään vaiheeseen. Seuraavassa kaaviossa on kuvattu ensimmäisen ryhmän sosiaalisesti

jaetut metakognition hetket (Kaavio 2). Tässä palkin leveys kertoo dialogin keston minuutteina ja värikoodaus tilannesidonnaisen kontekstin.



Kaavio 2. Ryhmän 1 luokitellut sosiaalisesti jaetut metakognition hetket (N= 15 kpl). Numeroitujen hetkien selitykset 1) Työohjeeseen perehtyminen, 2) Kokeellisen osion suorittaminen, 3) Reaktioyhtälön muodostaminen, 4) Yksikönmuunnosten tekeminen ja reaktioyhtälön korjaaminen, 5) Opettajan antama ohjaus ja 6) Reaktioyhtälön tasapainottaminen

Tämän ryhmän ensimmäinen sosiaalisesti jaetun metakognition hetki oli teoreettinen, kun he tutustuivat työohjeeseen ja pohtivat, mitä tässä työssä halutaan ratkaista. Heillä esiintyi siis heti ryhmän keskinäistä vuorovaikutusta, kun he lähtivät neuvottelemaan yhdessä suuntaviivoja suoritukselle.

Tämän ryhmän kaikki kokeelliset hetket esiintyivät tarkasteltavan ajanjakson ensimmäisellä puoliskolla. Nämä esiintyivät niin ikään peräkkäin, joten tämän ryhmän kohdalla kokeellisen työn suoritus aika voidaan päätellä saadusta datasta olevan ajanhetkestä kaksi minuuttia ajanhetkeen 26 minuuttia. Nämä dialogit pitivät sisällään havaintojen tekemistä kokeesta, josta esimerkkinä on ajanhetkellä 11 minuuttia keskustelu:

Maria: *Hei täältä (mittalasista) katoaa, lähtee tätä juttua?*

Elsi: *Eikö tässä periaatteessa vaan haihdu toi vesi tai toi liuos?*

Maria: *Mä en tiedä johtuuko se siitä, että...*

Maria: *... Toi korkki ei ole korkkikorkki, että sitä (liuosta) menee tänne (vedellä täytettyyn keitinlasiin).*

Maria: *Vai häviääkö se?*

Elsi: *Ei, se voi.*

Jonna: *Ehkä sinne tulee jotain kaasua.*

Elsi: *Jos tossa ois tullut jotain vettä tai tota... En mä tiedä.*

Maria: *Koska tuolta lähtee vähä jotain kuplia aina välillä.*

Elsi: *Mut sitä on kumminkin niin vähän...*

Elsi: *... Ja sitä menee aika nopeesti pois.*

Maria: *Totta.*

Elsi: *Kemiaa.*

Jonna: (Kirjoittaa työohjeen havainto-osioon) *Liuosta haihtuu ilmaan.*

Elsi: *Joo.*

Kokeellisen osion päättymisen jälkeen ryhmäläiset palasivat teorian pohtimiseen, kun he laskivat ainemääriä ajanhetkellä 32 minuuttia:

Jonna: *Mun mielestä mennään...Eli ainemäärä.*

Maria: *Niin pitää laskea ainemäärä.*

Jonna: *Se me saadaan massalla ja moolimassalla.*

Jonna: *Meiän pitää laskea moolimassa.*

Jonna: *Ja minkä moolimassa?*

Jonna: *Vesihöyry, ehkä vesihöyryn?*

Elsi: *Eli veden moolimassa.*

Tämän jälkeen 34 minuutin kohdalla ryhmäläiset muodostivat reaktioyhtälön, jonka tukena he käyttivät päättelyitä tekemästään kokeellisesta osiosta sekä työohjeen teoreettisen osan tietoja. Tämä oli siis toinen tämän ryhmän yhdistelmähetkistä. He olivat kuitenkin eri mieltä siitä, tuleeko vesi sisällyttää reaktioyhtälöön:

Jonna: *Eikö tästä (reaktioyhtälöstä) pitäisi saada H_2O ?*

Maria: *Älä kysy multa, mä en tiedä miksi mä autan.*

Elsi: *Mutta periaatteessa pitäisi tulla.*

Jonna: *Meiän pitäisi saada joko H_2O tai sitten vaan vetykaasu.*

Elsi: *Tossa (kirjoitetussa reaktioyhtälössä) lukee vaan magnesium, mutta ei kloridi plus vety.*

Maria: *Mutta ei tässä oo, koska siitä tulee sitä kaasua vaan.*

Jonna: *Aa, nyt mä tajusin mikä mulla on väärin. Koska me pistettiin vettä sinne niin täällä...*

Elsi: *... Pitäisi olla vielä H₂O.*

Maria: *Mutta, jos se (ohje) on, että sun pitää kirjoittaa magnesiumin ja suolahapon reaktioyhtälö.*

Jonna: *Mutta eikö se ollut vedessä?...*

Jonna: *...Mun mielestä se pitäisi olla.*

Jonna: *Mutta, jos se (ohje) on toi niin...*

Jonna: *...Sitten se on varmaan?*

Maria: *Kun mä en tiedä, että oliko se vesi siellä sen takia, että...*

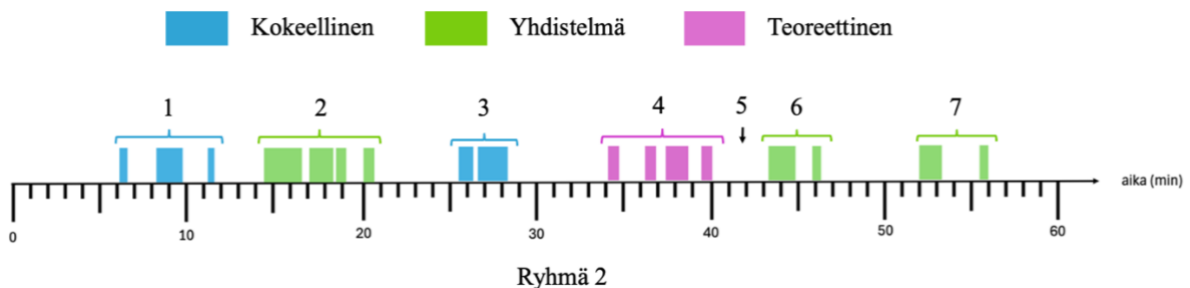
Maria: *...Me nähdään, kun se kaasu muodostuu?*

Maria: *Koska, jos siellä ei olis sitä...*

Maria: *...Niin et näkis paljon sitä kaasua on.*

Tämän jälkeen ryhmällä esiintyi ainoastaan teoreettisia hetkiä, joissa he suorittivat annetun magnesiumipalan massan yksikönmuunnosta milligrammoista grammoiksi sekä korjasivat aiemmin muodostamansa reaktioyhtälön kemiallisia kaavoja. Viimeisen teoreettisen hetken aikana ajanhetkellä 51 minuuttia ryhmäläiset pääsivät vihdoinkin tasapainottamaan reaktioyhtälöä. Tällä ryhmällä ei esiintynyt lainkaan sosiaalisesti jaettuja metakognitiivisen säätelyn hetkiä aikaväleillä 43-50 minuuttia sekä 52 minuutin jälkeen opettajan antaman ohjauksen takia.

Toisen tutkittavan ryhmän sosiaalisesti jaettujen metakognitiivisen säätelyn hetket ilmenevät seuraavasta kaaviosta (Kaavio 3).



Kaavio 3. Ryhmän 2 luokitellut sosiaalisesti jaetut metakognitiivisen säätelyn hetket (N= 17 kpl).

Numeroitujen hetkien selitykset 1) Kokeellisen osion aloittaminen, 2) Kokeellinen virhe, 3)

Kokeellisen osion päättäminen, 4) Ainemäärän ratkaiseminen ja yksikönmuunnosten tekeminen, 5) Opettajan antama ohjaus, 6) Rajoittavan tekijän ratkaiseminen ja 7) Ohjaaviin kysymyksiin vastaaminen.

Tässä ryhmässä sosiaalisesti jaetun metakognitiivisen säätelyn ensimmäinen hetki ilmeni selvästi myöhemmin kuin ensimmäisellä ryhmällä. Ryhmän ensimmäinen koodattu hetki sijoittui kokeelliseen vaiheeseen ajanhetkellä kuusi minuuttia, jolloin ryhmäläiset pohtivat sopivaa menetelmää suolahapon siirtämiseksi astiasta toiseen:

Milla: Mitä tossa (tippapullossa) on? Suolahappoa?

Saku: Tossa on kolme millia suolahappoa ja nyt me täytetään se vedellä. Sit sen jälkeen laitetaan se korkki siihen päälle.

Milla: Pitäiskö meidän käyttää pipettiä?

Saku: Varmaan, koska siinä (työohjeessa) lukee, että varovasti.

Ryhmällä esiintyi vielä kaksi kokeellista hetkeä, joissa he tekivät havaintoja työn etenemisestä. Tämän jälkeen ilmeni neljä yhdistelmähetkeä ja vielä kaksi kokeellista hetkeä. Yhdistelmähetkiä esiintyi, koska ryhmäläiset alkoivat epäilemään tehneensä virheen. Tämä johtui siitä, kun reaktiossa ei syntynyt kaasukuplia odotusten mukaisesti. Seitsemäntoista minuutin kohdalla he tunnistavat tehneensä virheen kokeellisessa osiossa, mikä selittää kaasun muodostumisen puutteen:

Saku: Ei, kun aa meidän korkki on väärinpäin.

Antti: Korkki?

Saku: Toi magnesium kuuluis olla tuolla sisällä.

Antti: Miten niin sisällä?

Saku: No koska sen pitäis reagoida suolahapon kanssa. (Milla nostaa mittalasin pois keitinlasista oikeinpäin, pystyyn)

Antti: Ai niin kuin täällä alhaalla? (osoittaa mittalasin sisälle)

Milla: Niin toi (magnesium nauha) pitäis olla tuol sisäpuolella. (Milla kääntää korkin toisin päin)

Saku: (Nauraa) Okei.

Antti: Niin eli sen pitää reagoida, totta. (Nauraa Sakun kanssa)

Milla: (Kääntää mittalasin takaisin keitinlasiin)

Milla: *Okei, nyt tapahtuu.*

Antti: (Lisää naurua Antin ja Sakun välillä) *Okei nyt täällä on aika paljonkin. Okei hyvä.*

Antti: *Että tämmöstä kokeilua.*

Saku: *No mutta totakaan ei selitetty yhtään.*

Antti: *Nyt näkyy.*

Saku: *Joo.*

Antti: *Okei, hyvää työtä!*

Saku: *Miks tässä ei lukenu?*

Antti: *Me oltiin myös ehkä vähän tyhmiä, rehellisesti.*

Seuraavaksi he palasivat suorittamaan kokeellisen osion loppuun, jolloin esiintyi kokeelliseksi koodattuja hetkiä ja havaintojen tekemistä. Työn suorituksen päätyttyä 34 minuutin kohdalla ryhmäläiset osallistuivat ensimmäistä kertaa teoreettiseen keskusteluun yhdessä, jossa he keskustelivat lähtöaineiden ainemäärien laskemisesta:

Antti: *Meidän pitää laskea magnesiumin ainemäärä ja mikä toi toinen on?*

Saku: *Siis se on se suolahappo.*

Antti: *Siis monta moolia sitä suolahappoa on? Sitten niistä me ainemäärien avulla...*

Antti: *...Me ratkaistaan toi vety? Eikö?*

Saku: *Joo*

Muina teoreettisina hetkinä he ratkaisivat magnesiumin moolimassan, suorittivat massan yksikkömuunnoksen ja tarkistivat ainemäärän laskun vastauksen. Teoreettisten hetkien päätteeksi aikavälillä 40-43 minuuttia opettaja antoi ryhmäläisille ohjausta. Tämän jälkeen esiintyi jälleen yhdistelmähetkiä. Esimerkiksi ajanhetkellä 46 minuuttia ryhmäläiset pohtivat reaktioyhtälön rajoittavaa tekijää ja pyrkivät yhdistämään sen tiedon heidän tekemäänsä kokeelliseen työhön:

Milla: *Mikä on teidän mielestä toi mikä on jäänyt jäljelle (mittalasiin)? Onko se vettä vai suolahappoa?*

Saku: *Siinä on sitä magnesiumkloridia sitten vettä ja varmaan vähän suolahappoakin.*

Milla: *Ei, mutta se suolahappo on se rajoittava tekijä*

Saku: *Häh, ei. Siellä on kans suolahappoa, koska magnesium on rajoittava tekijä.*

Kuitenkin laskutehtävien jälkeen ryhmällä esiintyi vielä kaksi yhdistelmähetkeä, joissa he vastasivat työohjeessa oleviin ohjaaviin kysymyksiin. He pohtivat eroa, miksi heidän saamansa kaasuvakion arvo eroaa kirjallisuusarvosta ja toisaalta miksi ideaalikaasumalli ei ole tarkka kuvaus tämän kokeellisen työn kaasulle.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä perehdyttiin, missä tilannesidonnaisessa kontekstissa sosiaalisesti jaettua metakognitiivista säätelyä esiintyi. Ensimmäisellä ryhmällä suurin osa (53,3 %) hetkistä kuului kokeellisiin hetkiin kuten laitteiston kokoamiseen, havaintojen tekemiseen ja muodostuneen kaasumäärän arviointiin. Seuraavaksi yleisin (33,3 %) oli teoreettiset hetket, joissa opiskelijat suorittivat ryhmänä muuttujan ratkaisemista laskukaavasta, yksikönmuunnoksia ja reaktioyhtälön tasapainottamista. Tällä ryhmällä esiintyi kaksi dialogia kokeellisten ja teoreettisten hetkien yhdistelmistä (13,4 %). Näissä he muodostivat reaktioyhtälön käyttäen apuna tehtyä kokeellista työtä ja laskivat ainemäärän käyttäen punnittua magnesiumipalan massaa ja luokassa olevia jaksollisen järjestelmän tauluja moolimassojen selvittämiseen.

Toisin kuin ensimmäisellä ryhmällä niin toisella ryhmällä yleisin sosiaalisesti jaettu hetki oli yhdistelmä (47,1 %), joissa he keskustelivat heidän tekemästään virheestä, laskivat rajoittavaa tekijää hyväksikäyttäen kokeellisen työn havaintoja sekä pohtivat ideaalikaasumallia ja miten se liittyy tähän kokeelliseen työhön. Seuraavaksi yleisin (29,4 %) oli kokeelliset hetket, joita tällä ryhmällä oli menetelmän valitseminen hapon siirtämiselle astiasta toiseen ja havaintojen tekeminen. Vähiten (23,5 %) esiintyi teoreettisia hetkiä, joissa he selvittivät moolimassoja, ratkaisivat ainemääriä ja tekivät yksikönmuunnoksia.

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Lopuksi kootaan tutkielman keskeisimmät havainnot yhteen. Alaluvussa 7.1 tuloksia tarkastellaan suhteessa aiempiin tutkimuksiin, esitetään tuloksia taustoittavia pohdintoja sekä tehdään johtopäätöksiä. Alaluvussa 7.2 arvioidaan tutkimuksen ja sen tulosten merkitystä sekä pohditaan niiden yleistettävyyttä ja luotettavuutta. Viimeisessä alaluvussa 7.3 käsitellään tutkimuksen tavoitteen toteutumisesta, tutkimusprosessiin liittyviä näkökulmia sekä esitetään mahdollisia jatkotutkimusaihioita.

7.1 Tulosten tarkastelu

Saadut tulokset osoittavat, että sosiaalisesti jaettu metakognitiivisen säätelyn muoto oli yleisin kaikista havainnoituista säätelyn muodoista kummallakin ryhmällä, joka tukee aikaisempaa tutkimustulosta (Iiskala ym., 2021). Tämä osoittaa, että kokeellisen työn suunnittelu onnistui, sillä sen avulla saatiin luotua yhteisöllisen oppimisen hetkiä. Lisäksi opiskelijoiden myönteinen suhtautuminen ryhmätyöskentelyyn (ks. vastaukset kysymykseen RT5) voidaan tulkita vaikuttaneen positiivisesti yhteisöllisesti jaettujen hetkien syntymiseen.

Tämän tutkimuksen valossa yhdistelmähetket olivat mielenkiintoisimpia hetkiä aineistosta, koska silloin opiskelijat yhdistivät erilaisia oppimisen säätelyn strategioita ja tietoja kemian kolmelta eri tasolta. Yhdistelmähetket ovat kemian oppimisen kannalta laadukkaimpia hetkiä, koska silloin oppijat omaksuvat uutta tietoa yhdistäen sen omaan kokemusmaailmaan.

Ensimmäisellä ryhmällä esiintyi vähemmän yhdistelmähetkiä kuin toisella ryhmällä (15 kpl vs. 17 kpl). Ero selittynee pääasiassa ryhmän sisäisillä tekijöillä. Ensimmäisen ryhmän aineistoa analysoitaessa vaikutti siltä, että heidän heikomman käsitteellisen osaamisensa taustalla oli tietoaaukkoja jaksollisen järjestelmän tulkinnassa sekä yhdisteiden muodostumisen ymmärtämisessä. Sen sijaan toisen ryhmän jäsenet kykenivät yhdistämään kokeellisen työn havaintoja teoriaan ensimmäistä ryhmää paremmin, mikä viittaa vahvempaan kemian käsitteelliseen osaamiseen. Lisäksi toinen ryhmä eteni työssä huomattavasti pidemmälle, mikä todennäköisesti liittyy parempaan kemian osaamiseen.

Tämä mahdollisti myös työohjeen lopussa oleviin ohjaaviin kysymyksiin vastaamisen, minkä seurauksena syntyi kaksi yhdistelmähetkeä. Tässä tutkimuksessa ohjaavat kysymykset siis edistivät sosiaalisesti jaetun metakognitiivisen säätelyn esiintymistä, mikä on uusi

tutkimustulos. Tämä havainto kuitenkin tukee Seeryn ja muiden (2023) esittämää koontia siitä, että ohjaavat kysymykset edesauttavat avoimen keskusteluympäristön muodostumista.

Ryhmien kesken esiintyi vaihtelua siinä, missä työskentelyn vaiheissa yhdistelmähetkiä esiintyi. Esimerkiksi ensimmäisellä ryhmällä yhdistelmiä esiintyi nimenomaan reaktioyhtälön muodostamisen ja tasapainottamisen yhteydessä, kun taas toisella ryhmällä kokeellisen virheen ja ohjaavien kysymysten aikana. Tämän perusteella voidaan sanoa, että yhdistelmähetkiä esiintyi eritoten silloin, kun opiskelijat kokivat työn vaiheen haastavaksi. Kun ryhmäläiset pyrkivät löytämään ratkaisutavan haasteeseen he tulivat käyttäneeksi proseduraalista metakognitiivista tietoa, joka tukee Annevirran ja Iiskalan (2003) tekemiä havaintoja.

On myös mielenkiintoista pohtia, miksi ja minkälaisissa tilanteissa ei esiintynyt sosiaalisesti jaettuja metakognitiivisen säätelyn hetkiä. Ensimmäisen ryhmän kohdalla syy oli useimmiten se, että haastetaso oli turhan korkea ja he tarvitsivat opettajan apua. Ensimmäisen ryhmän haasteet esiintyivät pääosin teoreettisissa osioissa. Sen sijaan, että heillä olisi ollut paljon koodattuja yhdistelmähetkiä näissä tilanteissa, he kokivat haasteellisuuden tason niin suureksi, että he joutuivat turvautumaan opettajan apuun. Koska keskustelu ei käyty pelkästään ryhmäläisten välillä vaan opettajan avustamana niin kyseisiä hetkiä ei voitu koodata sosiaalisesti jaetuiksi. Esimerkiksi aikavälillä 45-49 minuuttia he tarvitsivat opettajan apua reaktioyhtälön tasapainotuksessa, sillä heillä oli haasteita tuotteiden kemiallisten kaavojen muodostamisessa.

Tällä ryhmällä loppui aika kesken eli he eivät saaneet suoritettua loppuun vaadittavia laskutoimituksia kuten rajoittavaa tekijää ja kaasuvakion arvoa. Täten haastavuuden taso ei ollut optimaalinen tälle ryhmälle, sillä he eivät pystyneet selviytymään kokeellisesta työstä oman ryhmän avuin. Tällä ryhmällä siis vuorovaikutus toimi, mutta lopulta rajoittavana tekijänä oli kemian käsitteellinen osaaminen, joka jarrutti heidän etenemistään työssä. Mikäli tällä ryhmällä olisi ollut enemmän niin heillä olisi todennäköisesti esiintynyt enemmän yhdistelmähetkiä, kun he olisivat suorittaneet loput laskutoimitukset ja vastanneet ohjaaviin kysymyksiin.

Myös toisella ryhmällä olisi ollut potentiaalia entistä suurempaan sosiaalisesti jaetun metakognition määrään, mikäli ryhmän jäsenet olisivat osallistuneet erään opiskelijan

yrittäisiin herättää keskustelua. Tämä selittää myös kyseisen ryhmän syrjäytetyn metakognition hetkien suuremman määrän. Yhtenä mahdollisena syynä tämän taustalla on se, että kaksi muuta ryhmän jäsentä vaikuttivat tuntevansa toisensa ennestään paremmin ja täten eivät osallistaneet kolmatta jäsentä keskusteluihin parhaalla mahdollisella tavalla. Myös Iiskalan ja muiden (2021) artikkeli tukee tätä pohdintaa, sillä heidän mielestään juuri nämä yksilölliset ominaisuudet ja oppimisympäristö vaikuttavat syrjäytetyn säätelyn esiintymiseen.

Tällä ryhmällä esiintyi myös tarkasteltavan ajanjakson loppupuolella hetkiä, joita ei voitu koodata sosiaalisesti jaetuiksi. Esimerkiksi 41 minuutin kohdalla ryhmäläiset kaipasivat opettajan apua suolahapon ainemäärän ratkaisemiseksi. Ryhmäläiset eivät muistaneet aiemmalta opintojaksolta ainemäärän, konsentraation ja tilavuuden yhteyttä, joten opettaja johdatteli heitä kohti oikeaa laskukaavaa. Toinen koodaamaton pätkä esiintyi aikavälillä 47-51 minuuttia. Tällöin yksi ryhmäläinen laski itsenäisesti työohjeessa pyydetyn kaasuvakion arvon. Tässä vaiheessa kuitenkin ei tapahtunut enää neuvottelua ryhmän jäsenten kesken, jonka takia hetkeä ei koodattu teoreettiseksi tai yhdistelmäksi.

Vaikka tällä ryhmällä oli haasteita vuorovaikutuksessa (vrt. syrjäytetyn säätelyn hetket), he kuitenkin onnistuivat ratkaisemaan kokeellisen virheen (Kaavio 2, hetki 2) yhdessä. Tässä hetkessä ryhmäläiset käyttivät mallikkaasti proseduraalista metakognitiivista tietoa, kun he pyrkivät ja onnistuivat löytämään ratkaisutavan virheeseen. Tämä johtopäätös on yhteneväinen Lavin (2019) sekä Thomaksen ja Andersonin (2014) tuloksen kanssa, että liikkuminen kemian kolmen tason välillä luonnistuu erityisesti silloin, kun yksilöt omaavat proseduraalista tietoa.

Virheen ratkaisemisen jälkeen ryhmäläiset reflektoivat toimintaansa taidokkaasti ja tunnistivat yrityksen ja erehdyksen osana kemian kokeellista työskentelyä ja tieteen luonnetta. Myös Kynnäräisen ja muiden (2024) mukaan yksi kokeellisen työskentelyn tavoitteista tulisi olla oppia tekemään virheitä ja kohdata pettymyksiä osana tieteen tekemistä. Tätä toimintatapaa olisi tärkeää mallintaa myös kouluissa, sillä se tekisi tieteen luonteen näkyvämmäksi oppijoille.

Yhteisöllisellä tasolla nämä haasteelliset hetket olivat hedelmällisiä, koska ne ohjasivat ryhmäläiset keskustelemaan yhdessä eikä itsenäisen ongelmanratkaisun sijaan. Tämä tukee aikaisemman tutkimuksen tuloksia, jonka mukaan sosiaalisesti jaettua metakognitiivista

säätelyä ilmenee eritoten korkean kognition tason tilanteissa (Iiskala, 2016).

Ryhmätyöskentelyn suurena hyötynä onkin nämä yhteisölliset oppimishetket, koska siinä oppija pystyy kartoittamaan ja laajentamaan oman osaamisensa rajoja.

Tämän tutkimuksen havainnot vahvistavat kentällä vakiintuneen käytännön toteuttaa kokeellista työskentelyä pari- tai ryhmätyöskentelynä. Tämä menetelmä on kustannustehokkuutensa lisäksi oppijoille arvokas, koska se kehittää tärkeitä vuorovaikutustaitoja ja syventää ymmärrystä tieteen tekemisen luonteesta.

Yhteenvetona tämän tutkimuksen tärkeimpänä tuloksena huomattiin, että tarpeeksi korkea haastetaso sai aikaan sosiaalisesti jaetun metakognitiivisen säätelyn hetkiä. Tämä on linjassa aiemmin tehtyjen tutkimusten tuloksiin (Iiskala ym., 2011; Kyynäräinen ym., 2024; Tang ym., 2023). Tämän tuloksen valossa opetuksen suunnittelussa tulee huomioida, että tehtävä tarjoaa ryhmälle tarpeeksi haastetta. Tavanomaisessa luokkahuonekontekstissa haastetason nostaminen ei yleensä aiheuta ongelmaa, sillä opettaja voi ohjata ja tukea oppijoita tilanteissa, joissa he eivät kykene etenemään itsenäisesti. Näissä tilanteissa opettajan tehtävänä on saada oppijat takaisin lähikehityksen vyöhykkeelle.

7.2 Tutkimuksen merkitys

Lukiolaiset eivät ole uusi sosiaalisesti jaetun metakognitiivisen säätelyn tutkimuskohde (Iiskala ym., 2021), joskin suurin osa aiemmista tutkimuksista on kohdistunut joko yläkoululaisiin (Haataja ym., 2022; Iiskala ym., 2011) tai yliopisto-opiskelijoihin (Iiskala ym., 2021; Mathabathe & Potgieter, 2017). Tämä tutkimus on siten merkittävä, sillä se täydentää tutkimuskenttää metakognitiivisesta säätelystä lukioympäristössä.

Aiemmissä metakognitiivisen säätelyn luonnontieteellisten aineiden tutkimuksissa on hyödynnetty sähköisiä alustoja joko osittain tai kokonaan (Iiskala ym., 2011, 2021). Tämän tutkimuksen uutuusarvoa lisää se, että ryhmäläisten suorittama kokeellinen työ toteutettiin kokonaisuudessaan luokkahuoneen konkreettisilla kemian välineillä eikä hyödyntäen simulaatioita, videoita tai muita sähköisillä alustoilla suoritettavia kokeita tai tehtäviä. Täten myös tutkimuksen tulokset kuvaavat luotettavasti autenttista kemian laboratoriotyöskentelyä.

Tämä tutkimus on tärkeä lisä metakognitiivisen säätelyn tutkimukselle, koska se toteutettiin puhtaasti kemian näkökulmasta, josta on tehty heikosti tutkimusta ennestään (Mathabathe &

Potgieter, 2017). Tutkimuksen tulokset tuovat myös täysin uuden näkökulman metakognitiivisen säätelyn hetkien ja kemian laboratoriotyöskentelyn vaiheiden väliseen yhteyteen. Aiemmissä tutkimuksissa sosiaalisesti jaettuja hetkiä ei ole kategorisoitu kokeellisen työn vaiheen mukaan. Tässä tutkimuksessa luotiin Kynnäräisen ja muiden (2024) sekä Mathabathen ja Potgieterin (2017) artikkelien innoittamana uusi luokittelutapa, joka mahdollistaa sosiaalisesti jaettujen hetkien tarkemman kuvaamisen kemian laboratorioympäristössä. Tämän luokitteluperusteen taustalla oli pyrkimys rikastaa aineistosta saatavia kemiayhteyksiä, ja se tarjoaa myös selkeän analyysikehikon jatkotutkimuksia ajatellen.

Tämän pro gradu -tutkimuksen tulokset kertovat kontekstuaalisen kuvauksen kemian oppimisesta Turun normaalikoulun oppimisympäristössä. Tulosten yleistettävyyttä laskee rajallinen otoskoko, jonka takia tuloksia ei voida yleistää suurempaan joukkoon. Toisaalta kehitelty luokittelutapa on jatkotutkimuksissa käyttökelpoinen aineiston analyysiin otoskoosta riippumatta. Lisäksi tulosten luotettavuutta kasvattaa se, että ne ovat linjassa aiemmin tehtyyn laajaan tutkimukseen aiheesta (Iiskala ym., 2021).

7.3 Tutkimuksen toteutus

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten lukiolaiset säätelevät ryhmänsä oppimista metakognition näkökulmasta haastavan kemian kokeellisen työskentelyn aikana. Tavoitteessa onnistuttiin, sillä löydettiin toimiva aineistonkeruumenetelmä ja analyysikehikko, joiden perusteella pystyttiin tutkimaan ryhmäläisten vuorovaikutusta sekä liikkuvan kuvan että dialogin avulla.

Tutkimuksen tuloksia voidaan siis pitää tärkeänä osoituksena menetelmän toimivuudesta. Videokuvaus osoittautui onnistuneeksi valinnaksi metakognitiivisen säätelyn tutkimiselle erityisesti näin pienellä otannalla. Datan analysointi ei kuitenkaan ollut ongelmaton, sillä Echo360-ohjelmiston tekoälyavusteisen litteroinnin sanatarkkuuden kanssa ilmeni haasteita. Tämä johtui siitä, että samassa luokkatilassa työskenteli useita ryhmiä ja videokameran herkkä mikrofoni tallensi myös muiden ryhmien keskusteluja. Koska taustalla kuuluneet keskustelut eivät vaikuttaneet tutkittavan ryhmän toimintaan niin ne katsottiin epäolennaisiksi ja poistettiin manuaalisesti, mikä puolestaan laski kyseisen videon litteroinnin sanatarkkuutta. Varsinainen transkriptiotyökalu toimi siis moitteettomasti, mutta mikrofonien herkkyys ja huolellisempi tilasuunnittelu olisivat helpottaneet datan analysointia.

Jatkotutkimuksia ajatellen tämän menetelmän haasteena on datan suuri määrä. Eritoten isommalla otoskoolla datan tietoturvallinen säilyttäminen hankaloituu. Tämän lisäksi datan käsittelyyn vaadittu aika kasvaa merkittävästi, joka vaatisi tekoälyavusteisten ohjelmistojen parantelemista. Toisaalta yhden henkilön sijaan useamman henkilön työryhmä helpottaisi datan muokkaamista, joskin viimeistään analyysivaiheessa se voisi tuottaa haasteita datan yhteneväisessä koodaamisessa.

Tässä tutkimuksessa dataa kerättiin yhteensä neljästä eri ryhmästä, mutta lopulliseen litterointiin ja analyysiin valittiin ainoastaan kahden ryhmän videot. Kolmannen ryhmän video jätettiin pois, koska ryhmäläiset käyttivät ajoittain keskusteluissa omaa äidinkieltään, jota litterointityökalu enkä myöskään minä tutkijana osannut käntää. Lisäksi videon äänenvoimakkuus oli niin alhainen, että se yhdistettynä kieliongelmaan esti tämän videon luotettavan analysoinnin. Neljännen ryhmän videon kohdalla osa ääniraidasta oli korruptoitunut, mikä teki ryhmäläisten puheen analysoinnista mahdotonta kyseisellä aikavälillä. Vaikka video olisi muutoin ollut käyttökelpoinen niin se jätettiin resurssisyistä pois analyysistä, sillä tässä vaiheessa kahden muun videon litterointi oli vienyt jo huomattavan paljon aikaa.

Käytetty metakognitiivisen säätelyn analyysikehikko todettiin myös toimivaksi, sillä sen käyttö oli mutkatonta alkuperäisessä artikkelissa (Iiskala ym., 2021) esitettyjen tarkkojen esimerkkien ja kuvailuiden myötä. Tämä kehikko osoittautui sopivaksi valinnaksi tähän tutkimukseen myös siitä syystä, että se oli kehitetty metakognitiivisen säätelyn tutkimiseen nimenomaan luonnontieteiden kontekstissa.

Tämän tutkimuksen analyysiprosessi poikkesi kuitenkin viitattuihin tutkimuksiin siten, että tässä aineiston vertaiskoodaajia ei käytetty. Koodaamisen tekeminen yksin on toisaalta etu, sillä se vähentää sisäisen virheen mahdollisuutta. Toisaalta, koska minulla ei ole pitkältä ajalta kokemusta tästä tutkimusaiheesta tai analyysien tekemisestä niin tulokset saattavat poiketa kokeneemman koodaajaan analyysistä. Tämä näkökulma on siis syytä huomioida mahdollisena vaikuttavana tekijänä sosiaalisesti jaettujen hetkien koodattuun määrään ja täten tulosten luotettavuuteen.

Erot oppijoiden taitotasoiissa olisi voinut huomioida paremmin tutkimuksen työhöjeen suunnitteluvaiheessa siten, että olisi tehty kaksi eritasoista työhöjettä. Tämän jälkeen alkukyselyn vastausten pohjalta olisi määritetty, minkä tasoinen työhöje tukee parhaiten ryhmän ajantasaista osaamista. Vaikka työhöje ei palvellut optimaalisesti kaikkia ryhmiä niin varmistin kokeellisen työn jälkeisellä oppitunnilla, että keskeiset käsitteet ja käsiteltävä ilmiö tulivat ymmärretyksi. Tällöin esittelin eri ryhmien paperille kirjaamia tuotoksia, jonka jälkeen niistä keskusteltiin sekä annettiin aikaa kysymyksille.

Lisäksi tutkimuksessa käytetty työhöje olisi voinut edustaa avoimempaa tutkimuksellisuutta kuten ohjattua tai avointa tutkimusta, jolloin oppijoilla olisi ollut suurempi vastuu tutkimuksen etenemisestä. Uskon, että tämä olisi lisännyt neuvottelua ja vuorovaikutteista keskustelua ryhmässä. Ehdotankin tämän asian huomioimista jatkotutkimuksissa, sillä se voisi mahdollistaa entistä runsaamman määrän sosiaalisesti jaettua metakognitiivista säätelyä.

Koen, että alkukyselyn toteuttaminen ja sen antamat vastaukset olivat merkittävä apu ryhmien kokoonpanojen suunnittelussa ja opiskelijoiden toiminnan ennakoimisessa, vaikka käytetty patteristo koottiin kahdesta erillisestä tutkimuksesta. Tulevissa jatkotutkimuksissa suosittelen kuitenkin validoidun kysymyspatteriston käyttöä, sillä se parantaisi kyselyn vastausten luotettavuutta.

Tämän tutkimuksen perusteella kannustan opiskelijoiden osaamisen ja asenteiden kartoittamista opintojakson alussa. Näin voidaan muodostaa opiskelijoiden oppimista tukevia ryhmäjärjestelyitä. Tämä lähestymistapa tukee myös nykyistä opetuksen tuen järjestelmän uudistusta, jossa perusopetuksen opetussuunnitelman (POPS) mukaisesti korostetaan ryhmätuen tarjoamista kaikille oppijoille ensisijaisena ja matalan kynnyksen tukimuotona (Opetushallitus, 2014). Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi ryhmässä järjestettävää tukiopetusta ja erityisopettajan antamaa opetusta muun opetuksen yhteydessä.

Tutkimusta olisi mahdollista jatkaa useampaan eri suuntaan. Ensinnäkin olisi mielenkiintoista tutkia tarkemmin Iiskalan ja muiden (2021) esittämiä havaintoa syrjäytetyn säätelyn hetkien taustatekijöistä. Toiseksi tehtyä tutkimusta voisi syventää tarkastelemalla erilaisia ryhmäkokoonpanoja. Heterogeenisten ryhmien sijaan voitaisiin tutkia esimerkiksi taitotasoltaan homogeenisiä ryhmiä ja selvittää, missä suhteessa esiintyy yksilöllisen ja yhteisöllisen tason metakognitiivista säätelyä. Lisäksi vastaavanlainen tutkimus olisi

hyödyllistä teettää eri kohderyhmälle kuten yliopisto-opiskelijoille harjoitustyölaboratorioissa, sillä metakognitiivista säätelyä on kemian alalla tutkittu varsin vähän korkeammilla asteilla (Lavi ym., 2019). Lopuksi voidaan todeta, että tässä tutkimuksessa kehitetty luokittelutapa tarjoaa käyttökelpoisen välineen kemian laboratoriotyöskentelyn ja metakognitiivisten säätelyn hetkien analysointiin, ja sen hyödyntämistä suositellaan tulevissa tutkimuksissa.

8 Lähteet

- Adler, I., Zion, M., & Mevarech, Z. R. (2016). The effect of explicit environmentally oriented metacognitive guidance and peer collaboration on students' expressions of environmental literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(4), 620–663.
<https://doi.org/10.1002/tea.21272>
- Aksela, M. K., Tikkanen, G. M., & Kärnä, P. (2012). Mielekäs luonnontieteiden opetus: Miten tukea oppilaiden ajattelua ja ymmärtämistä? In P. Kärnä, L. Houtsonen, & T. Tähkä (Eds.), *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012* (Vol. Koulutuksen seurantaraportti 2012: 10). (Koulutuksen seurantaraportti; Vol. 2012, No. 10). Opetushallitus. http://www.oph.fi/julkaisut/2012/luonnontieteiden_opetuksen_kehittamishaasteita
- Annevirta, T., & Iiskala, T. (2003). *Miten tukea oppilaiden metakognitiota luokkatyöskentelyssä?* Oppimistutkimuksen keskus.
- Bell, R. (2009). *Teaching the Nature of Science: Three Critical Questions*.
- Donker, A. S., de Boer, H., Kostons, D., Dignath van Ewijk, C. C., & van der Werf, M. P. C. (2014). Effectiveness of learning strategy instruction on academic performance: A meta-analysis. In *Educational Research Review* (Vol. 11, pp. 1–26). <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.11.002>
- Flavell, J. H. (1979). *Metacognition and Cognitive Monitoring A New Area of Cognitive-Developmental Inquiry A Model of Cognitive Monitoring*.
- Haataja, E., Dindar, M., Malmberg, J., & Järvelä, S. (2022). Individuals in a group: Metacognitive and regulatory predictors of learning achievement in collaborative learning. *Learning and Individual Differences*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102146>
- Heinimäki, O. P., Volet, S., Jones, C., Laakkonen, E., & Vauras, M. (2021). Student participatory role profiles in collaborative science learning: Relation of within-group configurations of role profiles and achievement. *Learning, Culture and Social Interaction*, 30.
<https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2021.100539>

- Hofstein, A., & Hugerat, M. (2021). *Teaching and Learning in the School Chemistry Laboratory: The Role of the Laboratory in Chemistry Teaching and Learning* (pp. 14–28).
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/kutu/detail.action?docID=6799522>.
- Hofstein, A., Kipnis, M., & Abrahams, I. (2013). How to learn in and from the chemistry laboratory. In *Teaching Chemistry - A Studybook*. Sense Publishers.
- Iiskala, T., Vauras, M., Lehtinen, E., & Salonen, P. (2011). Socially shared metacognition of dyads of pupils in collaborative mathematical problem-solving processes. *Learning and Instruction*, 21(3), 379–393. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.05.002>
- Iiskala, T. (2016). Sosiaalisesti jaettu metakognitiivinen säätely yhteisöllisissä oppimisprosesseissa. *Psykologia*.
- Iiskala, T., Volet, S., Jones, C., Koretsky, M., & Vauras, M. (2021). Significance of forms and foci of metacognitive regulation in collaborative science learning of less and more successful outcome groups in diverse contexts. *Instructional Science*, 49(5), 687–718.
<https://doi.org/10.1007/s11251-021-09558-1>
- Kyynäräinen, R., Vilhunen, E., & Vesterinen, V. M. (2024). How making mistakes shapes students' situational engagement in chemistry laboratory? *International Journal of Science Education*.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2439142>
- Lavi, R., Shwartz, G., & Dori, Y. J. (2019). Metacognition in Chemistry Education: A Literature Review. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6), 583–597. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800087>
- Masatoshi, S. (2022). Metacognition. In S. Li, P. Hiver, & M. Papi (Eds.), *The Routledge Handbook of Second Language Acquisition and Individual Differences* (pp. 95–109).
- Mathabathe, K. C., & Potgieter, M. (2017). Manifestations of metacognitive activity during the collaborative planning of chemistry practical investigations. *International Journal of Science Education*, 39(11), 1465–1484. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1336808>
- MFKA-Kustannus. *MAOL²-oppimisympäristö. Kemian kertausmateriaali: Kaasulaskut ja kaasujen valmistus (KE04) - Kaasuvakion määrittäminen*. Luettu 8.4.2024
- Milenković, D. D., Segedinac, M. D., & Hrin, T. N. (2014). Increasing high school students' chemistry performance and reducing cognitive load through an instructional strategy based on

- the interaction of multiple levels of knowledge representation. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1409–1416. <https://doi.org/10.1021/ed400805p>
- Moshman, D. (2018). Metacognitive Theories Revisited. In *Educational Psychology Review* (Vol. 30, Issue 2, pp. 599–606). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9413-7>
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*.
- Opetushallitus. (2019). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019*. www.oph.fi
- Qureshi, M. A., Khaskheli, A., Qureshi, J. A., Raza, S. A., & Yousufi, S. Q. (2023). Factors affecting students' learning performance through collaborative learning and engagement. *Interactive Learning Environments*, 31(4), 2371–2391. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1884886>
- Reid, N. (2021). Chapter 3. *Johnstone's Triangle: Why Chemistry Is Difficult* (pp. 48–71). <https://doi.org/10.1039/9781839163661-00048>
- Roebers, C. M. (2017). Executive function and metacognition: Towards a unifying framework of cognitive self-regulation. In *Developmental Review* (Vol. 45, pp. 31–51). Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2017.04.001>
- Schumacher, R., & Stern, E. (2023). Promoting the construction of intelligent knowledge with the help of various methods of cognitively activating instruction. In *Frontiers in Education* (Vol. 7). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.979430>
- Seery, M. K., Agustian, H. Y., Christiansen, F. V., Gammelgaard, B., & Malm, R. H. (2023). 10 Guiding principles for learning in the laboratory. In *Chemistry Education Research and Practice*. Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d3rp00245d>
- Tang, H., Arslan, O., Xing, W., & Kamali-Arslantas, T. (2023). Exploring collaborative problem solving in virtual laboratories: a perspective of socially shared metacognition. *Journal of Computing in Higher Education*, 35(2), 296–319. <https://doi.org/10.1007/s12528-022-09318-1>
- Thomas, G. P., & Anderson, D. (2014). Changing the metacognitive orientation of a classroom environment to enhance students' metacognition regarding chemistry learning. *Learning Environments Research*, 17(1), 139–155. <https://doi.org/10.1007/s10984-013-9153-7>
- Turun yliopisto. *Yleisen kaasuvakion määrittäminen*. Luettu 9.4.2024

- Veenman, M. V. J., & van Cleef, D. (2019). Measuring metacognitive skills for mathematics: students' self-reports versus on-line assessment methods. *ZDM - Mathematics Education*, 51(4), 691–701. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-1006-5>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological processes.* Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wheeler, L., & Bell, R. (2012). *Science Teacher*. 79, 32–39.

9 Liitteet

9.1 Liite 1: Alkukysely

Alkukysely

Pakolliset kysymykset merkitty tähdellä (*)

Tervetuloa vastaamaan alkukyselyyn, joka on osa pro gradu -tutkimustastani. Tutkittavana teemana on metakognitio ja vuorovaikutus. Kokonaisuudessaan tutkimus koostuu tästä alkukyselystä sekä torstaina 18.4. videokuvattavasta oppitunnista, jolla suoritetaan opintojakson aiheisiin soveltuva kokeellinen työ.

Kysely sisältää kolme eri osiosta. Ensin vastaat taustatietokysymyksiin, jonka jälkeen on luvassa väitteitä oppimisen itsesäätelyyn sekä kemian kokeelliseen työskentelyyn liittyen. Voit keskeyttää kyselyn missä vaiheessa tahansa ilman seuraamuksia.

Tämän kyselyn alussa joko annat tai kiellät suostumuksen tutkimukseen. 15-vuotta täyttäneen opiskelijan huoltajan ei tarvitse erikseen antaa suostumustaan huollettavan osallistumiselle, mutta huoltaja voi halutessaan kieltää huollettavan osallistumisen ilman erillistä syytä. Jokaisen huoltajalle lähetetään erikseen Wilma-viesti, jossa heillä on mahdollisuus kieltää huollettavan osallistuminen tutkimukseen.

Tämän tutkimuksen tulosten suorat tunnistetiedot poistetaan analysointivaiheessa. Tämän jälkeen tuloksia ei pystytä yhdistämään sinuun. Seuraavasta linkistä pääset tutustumaan tutkimuksen tietosuojaselosteeseen.

[Tietosuojaseloste.pdf](#)

Kyselyn vastaamiseen menee n. 5 minuuttia.

Kiitos jo etukäteen vastauksista ja suostumuksesta tutkimuksen osallistumiseen!

Olen lukenut yllä olevan tietosuojaselosteen ja annan suostumuksen tietojeni käyttöön tässä tutkimuksessa. *

- Kyllä, annan suostumuksen.
 Ei, en anna suostumusta.

Etu- ja sukunimi *

Ikä vuosina *

- 16
 17

- 18
- 19
- 20
- Muu

Sukupuoli *

- Nainen
- Mies
- Muu / En halua vastata

Sain arvosanan ... KE3 opintojaksolta. *

- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- En muista

Tavoitearvosanani KE4 opintojaksolle *

- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

Kysyn itseltäni kysymyksiä varmistaakseni, että olen ymmärtänyt oppimani. *

- Vahvasti samaa mieltä
- Samaa mieltä
- Eri mieltä

Vahvasti eri mieltä

Luovutan tai teen vain helppoja tehtäviä, kun koen laskutehtävät vaikeiksi. *

Vahvasti samaa mieltä

Samaa mieltä

Eri mieltä

Vahvasti eri mieltä

Teen harjoitus- ja kertaustehtäviä, vaikka kukaan ei sitä minulta vaatisi. *

Vahvasti samaa mieltä

Samaa mieltä

Eri mieltä

Vahvasti eri mieltä

Ennen opiskelun aloittamista mietin, mitä asioita minun pitää tehdä oppiakseni. *

Vahvasti samaa mieltä

Samaa mieltä

Eri mieltä

Vahvasti eri mieltä

Teen kovasti töitä saadakseni hyvän arvosanan opintojaksosta, vaikka en pitäisi sen sisältöjä kiinnostavana. *

Vahvasti samaa mieltä

Samaa mieltä

Eri mieltä

Vahvasti eri mieltä

Minun on haastava arvioida, olenko oppinut aiheen riittävän hyvin. *

Vahvasti samaa mieltä

Samaa mieltä

-
- Eri mieltä
 - Vahvasti eri mieltä

Pyrin aktiivisesti yhdistämään aiemmin opiskellun teorian kokeellisen työskentelyn sisältöihin. *

- Vahvasti samaa mieltä
- Samaa mieltä
- Eri mieltä
- Vahvasti eri mieltä

Ehdotan usein kokeellista työtä tehdessä muille ryhmän jäsenille, miten edetä. *

- Vahvasti samaa mieltä
- Samaa mieltä
- Eri mieltä
- Vahvasti eri mieltä

Tulkitsen muiden ryhmän jäsenten mielialoja seuraamalla heidän sanallista ja sanatonta viestintää. *

- Vahvasti samaa mieltä
- Samaa mieltä
- Eri mieltä
- Vahvasti eri mieltä

Ryhmätyöskentelytilanteessa otan tietoisesti tarkkailevan roolin ja annan muiden ryhmän jäsenten ottaa vastuun. *

- Vahvasti samaa mieltä
 - Samaa mieltä
 - Eri mieltä
 - Vahvasti eri mieltä
-

Pyydän aktiivisesti muita ryhmän jäseniä selittämään heidän näkemyksiään ja toimiaan. *

- Vahvasti samaa mieltä
- Samaa mieltä
- Eri mieltä
- Vahvasti eri mieltä

Teen kokeelliset työt enemmän yksin kuin ryhmässä. *

- Vahvasti samaa mieltä
- Samaa mieltä
- Eri mieltä
- Vahvasti eri mieltä

9.2 Liite 2: Tutkimuksessa käytetty työhohje

KOKEELLINEN TYÖ : KAASUVAKION MÄÄRITTÄMINEN

Työssä määritetään yleisen kaasuvakion arvo ideaalikaasun tilanyhtälöstä (yhtälö 1). Työssä liuotetaan tarkasti punnittu massa magnesiumia vetykloridin vesiliuokseen ja mitataan muodostuneen vetykaasun tilavuus tunnetussa lämpötilassa ja paineessa. Kaasuvakion arvo lasketaan näiden havaintoarvojen perusteella.

$$\text{Ideaalikaasun tilanyhtälö: } pV = nRT \quad (1)$$

Yhtälö ilmoittaa kaasun tilavuuden (V) riippuvuuden lämpötilasta (T), paineesta (p) ja ainemäärästä (n). Yhtälössä R on yleinen kaasuvakio ($R = 8,31446 \frac{\text{Pa}\cdot\text{m}^3}{\text{K}\cdot\text{mol}}$)

Kerätty kaasu on vedyn ja vesihöyryn seosta. Pelkän vetykaasun paine saadaan vähentämällä ulkoisesta paineesta veden höyrynpaine (yhtälö 2). Höyrynpaineet eri lämpötiloissa löytyvät taulukosta 1. Ulkoinen paine havaitaan ilmapuntarilla eli barometrilla.

$$p(\text{H}_2) = p(\text{ulk.}) - p(\text{H}_2\text{O}) \quad (2)$$

Taulukko 1. Veden höyrynpaine eri lämpötiloissa.

$t/^\circ\text{C}$	$p(\text{H}_2\text{O})/\text{kPa}$	$t/^\circ\text{C}$	$p(\text{H}_2\text{O})/\text{kPa}$
14	1,60	21	2,48
15	1,71	22	2,64
16	1,81	23	2,81
17	1,93	24	2,99
18	2,07	25	3,17
19	2,20	26	3,36
20	2,33	27	3,60

Välineet

400 ml keitinlasi

100 ml keitinlasi

10 ml mittalasi

Sinitarraa

Kuparilankaa

Reagenssit

Magnesiumnauhaa

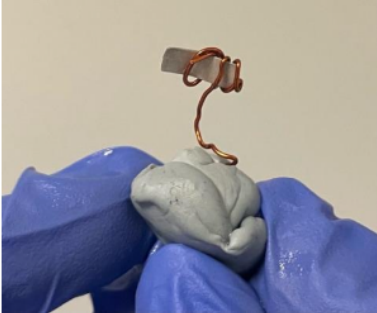
2,0 M suolahappoliuosta

Työturvallisuus

Käytä laboratoriotakkia, lasia ja suojahanskoja koko työn ajan. Suolahappo on syövyttävää, joten jos sitä joutuu iholle niin huuhtelee runsaalla vedellä välittömästi.

TEHTÄVÄ HARJOITUSTYÖ

Ota valmiiksi punnittu pätkä magnesiumnauhaa ja kierrä kuparilanka sen ympärille. Kiinnitä tämä sinitarrakorkkiin (kts. kuva).



Kuva 1. Sinitarrakorkkiin kiinnitetty kuparilanka ja magnesiumnauha.

Magnesiumnauhan massa mg

Mittaa mittalasiin 3 ml suolahappoliuosta ja täytä se ääriään myöten **varovasti** vedellä.

Kiinnitä korkki paikoilleen ja käännä mittalasi ylösalaisin vedellä täytettyyn keitinlasiin.

Tehkää havaintoja, mitä tapahtuu.

- 1)
- 2)
- 3)

Luetaan muodostuneen kaasun määrä mittalasin asteikosta siten, että se asetetaan sellaiselle korkeudelle, että nestepinnat sen ulko- ja sisäpuolella ovat samalla kohdalla.

Kaasua muodostui ml

Veden lämpötila lämpömittarilla mitattuna °C

Vesihöyryn paine Pa

Ulkoisen paine mitattuna ilmapuntarin avulla mbar

Vetykaasun paine:

Kirjoita ja tasapainota magnesiumin ja suolahapon välinen reaktioyhtälö.

Laske muodostuneen kaasun ainemäärä rajoittavan tekijän avulla.

Laske kaasuvakion arvo kokeen perusteella ja vertaa sitä taulukkoarvoon.

POHDITTAVAA RYHMÄSSÄ KESKUSTELLEN

Pohtikaa syitä, miksi kokeesta saatu arvo ei ole täsmälleen oikea

Miksi ideaalikaasumalli ei ole täsmällinen kuvaus tämän työn kaasulle?

Auttoiko kokeellinen työ ymmärtämään käsiteltävää aihekokonaisuutta?

Keskustelkaa, miten hankkiudutte kustakin jätteestä eroon.

9.3 Liite 3: Kaasuvakion määrittäminen (MAOL²)

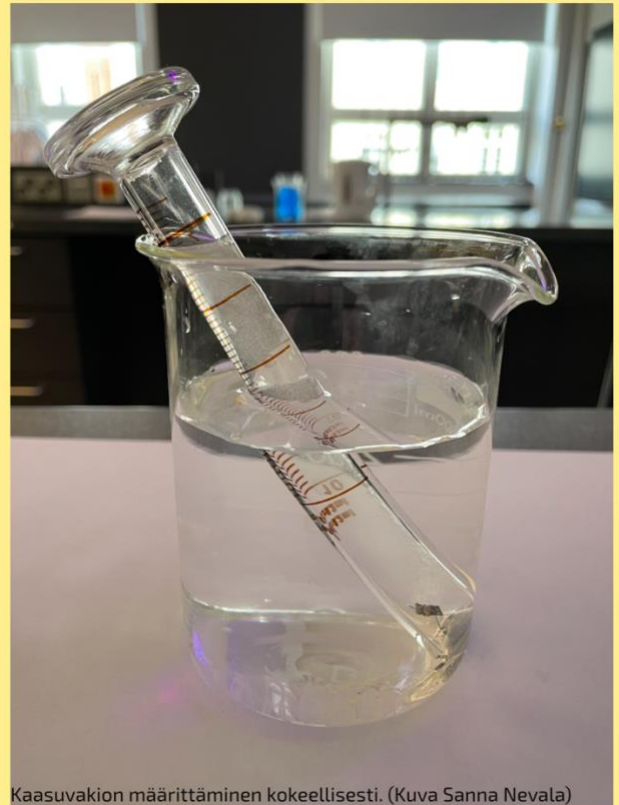
Viitattu 8.4.2024

Esimerkki 2: Kaasuvakion määrittäminen

Työssä punnittiin tarkasti 10 mg magnesiumnauhaa ja kiinnitettiin se kuparilangalla mittalasiin tehtyyn sinitarrakorkkiin. Mittalasiin mitattiin 3 ml 10 % suolahappoliuosta ja sen jälkeen se täytettiin ääriään myöten varovasti vedellä. Korkki kiinnitettiin paikoilleen ja mittalasi käännettiin ylösalaisin vedellä täytettyyn keitinlasiin (kts kuva).

Mittalasiin alkoi muodostua välittömästi kaasua. Kun kaasunkehitys pysähtyi ja veden lämpötila oli sama kuin luokan lämpötila (21 °C), niin mittalassissa oli kaasua 9,5 ml. Ilmanpaine luokassa oli ilmapuntarin mukaan 100200 Pa.

- Kirjoita magnesiumin ja suolahapon välisen reaktion yhtälö
- Laske muodostuneen kaasun ainemäärä magnesiumin ainemäärän avulla.
- Laske kaasuvakion arvo kokeesta saamiesi suureiden perusteella ja vertaa sitä taulukkoarvoon.
- Esitä vähintään kaksi järkevää syytä sille, miksi kokeesta saatu arvo ei ole täsmälleen oikea.



Kaasuvakion määrittäminen kokeellisesti. (Kuva Sanna Nevala)

9.4 Liite 4: Yleisen kaasuvakion määrittäminen (Turun yliopisto)

Viitattu 9.4.2024

Yleisen kaasuvakion määrittäminen

Harjoitustyössä määritetään yleisen kaasuvakion arvo ideaalikaasun tilanyhtälöstä. Työssä liuotetaan tarkasti punnittu massa magnesiumia vetykloridin vesiliuokseen ja mitataan muodostuneen vetykaasun tilavuus tunnetussa lämpötilassa ja paineessa. Kaasuvakion arvo lasketaan näiden havaintoarvojen perusteella.

Ideaalikaasun tilanyhtälö

Historialliset kaasulait, Boylen laki, Gay-Lussacin laki ja Avogadron laki, voidaan koota yhteen yhtälöön, joka ilmoittaa kaasun tilavuuden (V) riippuvuuden lämpötilasta (T) ja paineesta (p).

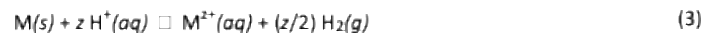
$$pV = nRT \quad (1)$$

Yhtälössä R on yleinen kaasuvakio ($R = 8,31446 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$) ja n kaasun ainemäärä. Sellaista kaasua, jolle tilanyhtälö olisi tarkasti voimassa, ei ole olemassa. Kuitenkin kaikkien kaasujen käyttäytyminen lähestyy tilanyhtälöä (yhtälö 1) paineen lähestyessä nollaa. Saatu yhtälö on niin tärkeä approksimaatio ja rajayhtälö reaalikaasuille, että hypoteettista kaasua, joka noudattaa tilanyhtälöä, on ruvettu nimeämään *ideaalikaasuksi*. Yksiköiden supistamista varten ideaalikaasun tilanyhtälöstä, on hyvä muistaa, että joule voidaan esittää seuraavilla tavoilla (yhtälö 2).

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ Pa m}^3 = 1 \text{ kPa l} \quad (2)$$

Reaktion stoikiometria

Epäjalojen metallien liuotessa vahvan hapon vesiliuokseen tapahtuu reaktio (yhtälö 3), jossa vapautuu vetykaasua.



Reaktion *stoikiometrian* perusteella vapautuneen vetykaasun ainemäärän suhde liuenneen metallin ainemäärään on niiden *stoikiometrinen kertoimien* suhde (yhtälö 4), missä z on myös metalli-ionin varausluku.

$$\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{M})} = \frac{z}{2} \quad (4)$$

Kun liuenneen metallin massa ja moolimassa sekä reaktioyhtälön (yhtälö 3) stoikiometrinen kerroin z tunnetaan, voidaan vapautuneen vetykaasun ainemäärä laskea yhtälön (yhtälö 4) avulla.

Magnesium liukenee divalenttisinä kationeina, joten $z(\text{Mg}) = 2$.

Yleinen kaasuvakio

Mittaamalla vapautuvan vetykaasun tilavuus, paine ja lämpötila voidaan yhtälöstä 1 ratkaista yleisen kaasuvakion arvo.

Koska vetykaasu kerätään mitta-astiaan veden läpi (ks. kuva 1), on kerätty kaasu vedyn ja vesihöyryn seosta. Pelkän vetykaasun paine saadaan vähentämällä ulkoisesta paineesta veden höyrynpaine (yhtälö 5). Höyrynpaineet eri lämpötiloissa löytyvät taulukosta 1. Ulkoinen paine havaitaan ilmapuntarilla eli barometrilla.

$$p(\text{H}_2) = p(\text{ulk.}) - p(\text{H}_2\text{O}) \quad (5)$$

Taulukko 1. Veden höyrynpaine eri lämpötiloissa.

$t/^\circ\text{C}$	$p(\text{H}_2\text{O})/\text{kPa}$	$t/^\circ\text{C}$	$p(\text{H}_2\text{O})/\text{kPa}$
14	1,60	21	2,48
15	1,71	22	2,64
16	1,81	23	2,81
17	1,93	24	2,99
18	2,07	25	3,17
19	2,20	26	3,36
20	2,33	27	3,60

Lasin käsittely

Lasin ominaisuuksien tunteminen ja lasin käsittely kuuluu kemistikoulutuksen aakkosiin. Laboratoriossa käytettävä lasitavara on yleensä kolmea päätyyppiä:

1. pienen lämpölaajenemiskertoimen omaavaa lasia, joka kestää verrattain suuria lämpötilanvaihteluita särkymättä (tuotemerkit *Pyrex*, *Monax*, *Hysil* ja *Duran*),
2. vähemmän kestävää laboratoriolasia (tuotemerkki *Jena*)
3. pehmeää natronlasia, joka ei kestä suuria lämpötilanvaihteluita särkymättä. Pehmeää lasia ovat yleensä esimerkiksi reagenssipullot, lämpömittarit, kellolasit, suppilot, eksikkaattorit, halvat koeputket jne.

Lasin käsittelyn harjoittelussa käytetään helposti sulavaa lasisauvaa.

Tehtävä harjoitustyö

Määritetään yleinen kaasuvakio liuottamalla punnittu määrä metallista magnesiumia vetykloridin vesiliuokseen ja mittaamalla muodostuneen vetykaasun tilavuus tunnetussa lämpötilassa ja paineessa.

Välineet

- dekantterilasi, 400 ml
- mittalasi, 100 ml
- lasisauvaa
- sideharsoa
- lankaa
- pihtejä

Reagenssit

- magnesiumnauhaa
- väkevä HCl-liuos (+ 100 ml mittalasi)

Työohje

1. Lasisauvan valmistus

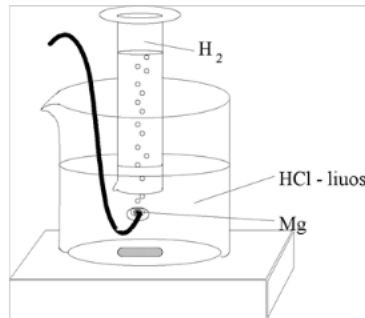
Ensin harjoitellaan lasisauvan katkaisemista. Sauvaan vedetään viilalla naarmu, tartutaan molemmin käsin kiinni naarmun molemmilta puolilta siten, että peukalot ovat naarmun vastakkaisilla puolilla, ja vedetään molemmin käsin samalla peukaloilla painaen hieman sauvaa ulospäin. Sauvan teräväreunaiset päät tasoitetaan tarvittaessa bunsenliekissä sulattamalla. Sauvan päätä pyöritetään vaakasuorassa asennossa valaisemattomassa liekissä siten, että ainoastaan pari millimetriä pyöristettävää päätä on liekissä. Sauvaa pidetään liekissä, kunnes lasi alkaa pehmetä, mikä näkyy liekin muuttumisesta kellertäväksi ja pyöristettävän lasiputken pään muuttumisesta punahehkuseksi.

Seuraavaksi taivutetaan tässä työssä tarvittava lasisauva. Lasisauvaa taivutettaessa sitä pyöritetään liekissä tasaisesti yhteen suuntaan. Kun lasi on pehmeää, poistetaan se liekistä ja taivutetaan haluttuun kulmaan. Jos kuumennus ei ole tasainen tai jos lasi ei ole sopivasti pehmennyt, tulee taivutuskohdasta hauras lasiin muodostuvien jännitysten takia. Lasin on annettava jäähtyä hitaasti, paksun lasin mieluummin valaisevassa nokeavassa liekissä. Nopeasti jäähtyvään lasiin muodostuu aina kestävyyttä heikentäviä jännityksiä.

Älä pane kuumaa lasia pöydälle. **Lasi jäähtyy hitaasti, joten varo sormiasi!**

2. Kaasun kerääminen

Kootaan kuvan 1 mukainen laitteisto, joka täytetään suuremmissa altaassa vesijohtovedellä siten, ettei mittalasiin jää lainkaan ilmaa. Koetta aloitettaessa mittalasi on siis *täynnä vettä*. Mittalasi kiinnitetään kouralla statiiviin. Dekantterilasista (400 ml) poistetaan vettä niin paljon, että sen pohjalle jäävän vesikerroksen paksuus on 3-5 cm.



Kuva 1. Sideharsokääreessä olevasta Mg-nauhasta kehittyvän kaasun kerääminen mittalasiin. Mittalasi kiinnitetään kouralla statiiviin.

Punnitaan tarkasti noin 90 mg (< 95 mg, massa tunnettava 0,1 mg tarkkuudella) **magnesiumia** (11- 12 cm nauhaa). Punnittu metalli käärätään löysään sideharsopussiin (yksinkertainen kangas), kiinnitetään kuvan osoittamalla tavalla taivutetun lasisauvan päähän ja sijoitetaan lasisauvan avulla *mittalasin sisäpuolelle*. Pussin on oltava niin pieni, että metallin liuetessaan vapauttama vetykaasu kerääntyy kvantitatiivisesti mittalasiin eikä karkaa sen ulkopuolelle.

Dekantterilasiin kaadetaan 50 ml vetykloridin konsentroitua vesiliuosta (ns. väkevää suolahappoa). Liuosta ei tässä vaiheessa sekoiteta. Sideharsopussia *lasketaan varovasti* mittalasin suun alapuolelle niin, että metalli tulee kosketuksiin happoliuoksen kanssa. On kuitenkin varottava, ettei reaktio lähde tapahtumaan liian kiivaasti, jolloin syntyvä vetykaasu ei osukaan mittalasiin. Kun kaikki metalli on liennut (kuplia ei enää muodostu), odotetaan vielä muutama minuutti. Asetetaan mittalasi sellaiselle korkeudelle, että nestepinnat sen ulko- ja sisäpuolella ovat samalla kohdalla. Tällöin paine mittalasin sisällä on yhtä suuri kuin ilmanpaine. Mikäli nestepintoja ei muuten saada samalle korkeudelle, lisätään dekantterilasiin varovasti vettä kunnes pinnat yhtyvät. Luetaan muodostuneen vetykaasun tilavuus.

Tehdään rinnakkaismäärittys.

Työssä käytetty happoliuos on laimennettava ennen viemäriin kaatamista!

3. Kaasuvakion laskeminen

Lasketaan yleinen kaasuvakio, R , yhtälöiden 1, 4 ja 5 avulla kummastakin määrittäyksestä. Vetykaasun paine saadaan vähentämällä ilmanpaineesta veden höyrynpaine mitatussa lämpötilassa (*taulukko 1*). Lämpötilana käytetään ilman lämpötilaa. Vesiliuoksen lämpötila on reaktion johdosta huomattavasti korkeampi.

Lasketaan määrittäyksistä keskiarvo, jota verrataan yleisen kaasuvakion tunnettuun arvoon laskemalla suhteellinen poikkeama (keskiarvon ja oikean arvon erotus jaettuna oikealla arvolla).