

Ane Storødegård

Hva lærer elever om kjemiske reaksjoner på 8. trinn?

En kvalitativ studie av elevers forståelsesutvikling

Masteroppgave i naturfagdidaktikk
EDU 3910



Fakultet for samfunnsvitenskap
og teknologiledelse
Program for lærerutdanning

Trondheim, mai 2015

Forord

I løpet av min lærerutdanning har jeg oppdaget nye sider ved naturfag. Jeg ble spesielt interessert i hvordan elever tilegner seg kunnskap av det abstrakte i kjemi. Samtidig med dette, oppdaget jeg at mange av modellene jeg tidligere så på som gode, ikke var lette å bygge dypere kunnskap på. Som lærer ønsker jeg å gi elevene et godt grunnlag til å videreutvikle seg i faget. Da jeg så muligheten til å skrive en masteroppgave i naturfagdidaktikk, var valget enkelt.

For at jeg nå har fullført min masteroppgave i naturfagdidaktikk ved NTNU, vil jeg spesielt takke mine to gode veiledere Per-Odd Eggen og Anne Holt. Dere er dyktige på ulike fagområder, og den kombinasjonen har jeg hatt stor nytte av. Per-Odd er oppdatert og kunnskapsrik innenfor kjemididaktikk. Han har også et godt øye hvordan en oppgave bør skrives. Dette har ført til gode tilbakemeldinger og nyttige Skype-samtaler. Anne har en bred erfaring innenfor forskning og didaktikk, noe som har vært til stor hjelp via veiledning her på Hamar. Hun har også et stort engasjement innenfor naturfagdidaktikk, noe som har vært til god motivasjon gjennom hele skriveprosessen.

Ellers vil jeg takke alle de nærmeste rundt meg for at dere har lagt til rette for at jeg kunne gjøre ferdig masteroppgaven. Dere har gitt meg motivasjon til å skrive, oppmuntring i tyngre arbeidsperioder og mange timer med korrekturlesning.

Ane Storødegård

Hamar, mai 2015

Sammendrag

Kjemi er et fag som kan bli sett på som krevende å lære. Mye av dette kan skyldes at modeller og begreper i faget er abstrakte. I tillegg er det vanskelig å knytte dette fagstoffet til elevenes erfaringer. Det har tidligere blitt gjennomført flere studier som undersøker elevers forståelser i kjemi, men få av disse undersøker elevers utvikling over en lengre periode.

Denne studien undersøker hvordan elevers forståelse av kjemiske reaksjoner utvikler seg i løpet av 8. trinn. For å undersøke dette blir det sett på hvordan elevene veksler mellom å uttrykke seg på *makronivå*, *mikronivå* og med *symbolsk representasjon*. Elevers forståelsesutvikling av begrepene *atom*, *molekyl* og *binding* er også studert. Metoden som er benyttet i studien er kvalitativ. Tre elever ble intervjuet fire ganger i løpet av 8. trinn. Denne undersøkelsen er en del av et større prosjekt, som skal undersøke elevenes utvikling gjennom hele ungdomsskolen. Prosjektet legger til rette for praktisk og variert undervisning i naturfag.

Resultatene i denne studien viser at elevene utvikler seg fra å omtale kjemiske reaksjoner på makronivå, til å veksle mellom de tre representasjonsnivåene. I starten av 8. trinn tilegnet elevene molekylene makroskopiske egenskaper. Dette kan skyldes at elevene ikke hang med i den stadige vekslingen mellom representasjoner i naturfagundervisningen. Denne oppfatningen forandret seg i løpet av året. Prinsippet om massebevaring viste seg fortsatt å være utfordrende å forstå også på slutten av året. Parallelt med utviklingen av at elevene kombinerte flere representasjoner, fikk elevene en bedre forståelse av begrepene *atomer*, *molekyler* og *bindinger*. Elevene viste en lavere utvikling av bindingsbegrepet, sammenlignet med de to andre begrepene. Dette kan skyldes at bindinger er et utfordrende begrep å lære, og at modellene som er brukt i opplæringen for dette komplekse og abstrakte fenomenet, ikke har fungert godt nok.

Elevene brukte tidligere kunnskaper og erfaringer fra hverdagen til å forklare kjemiske reaksjoner. Det kan være hensiktsmessig å ta utgangspunkt i elevenes tidligere erfaringer, for å gi elevene en bedre forståelse av kjemiske reaksjoner. Dette ved å videreutvikle elevenes ”knowlegde-in-pieces”.

Abstract

Chemistry as school subject is often looked upon as demanding to learn. This might be due to models and terms that are somewhat abstract. Parts of the subject are viewed as of little relevance to the students' everyday life. Several prior studies have addressed students' understanding of chemistry, but not many deals with development of students' understanding over time.

This study examines how the students' understanding of chemical reactions develops during the 8th grade. To examine this, it has been studied how the students change the way of expressing themselves at *macro level*, *micro level* and with *symbolic representation*. Another aspect has been to examine how their understanding of the concepts atom, molecule and bonding develop. This study is qualitative, and three students were interviewed four times during grade eight. This study is part of a greater project, which will examine the students' development throughout Middle school. The project is arranged for practical and varied teaching in science.

The results of this study show that students develop their way of referring to chemical reactions from descriptions at macro level, to alternate between the three representation levels. In the beginning of grade eight, the students described molecules as having macroscopic qualities. This might be because the students didn't manage to follow the continuous alternation between the representation levels in the science lessons. Even if the students' understanding seemed to improve, the principle of mass conservation turned out to be a challenge throughout the whole year. Parallel to this development the students achieved a better understanding of the terms *atoms*, *molecules* and *bonds*. The term chemical bonding was less well understood. This might be because bonds are a challenging term to learn, since it's difficult to make good models.

The students seemed to use previously acquired knowledge and experiences from their everyday lives to explain chemical reactions. (It might be useful consider students "knowledge-in-pieces" to give the students a better understanding of chemical reactions.)

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	13
1.1	Bakgrunn for valg av tema	13
1.1.1	Tidligere forskning	14
1.2	Problemstilling	14
1.3	Begrepsavklaring	15
1.4	Oppgavens oppbygning	16
2	Teori.....	17
2.1	Tre representasjonsnivåer i kjemi.....	17
2.2	Elevenes forståelsesutvikling	19
2.2.1	Piagets forståelsesutvikling	19
2.2.2	Elevenes begrepsutvikling i kjemi.....	20
2.3	Undervisning om bindinger.....	25
2.3.1	Alternative forestillinger, hinder eller byggesteiner?	26
2.4	Vanlige alternative forestillinger om kjemiske reaksjoner	28
2.4.1	Massebevaring ved forbrenningsreaksjoner og gassbegrepet.....	28
2.4.2	Tilegning av makroskopiske egenskaper til atomer og molekyler	29
3	Metode	31
3.1	Forskningsdesign	31
3.1.1	Data fra et forskningsprosjekt.....	31
3.1.2	Utvalg	31
3.2	Kvalitativ metode	33
3.2.1	De fire intervjuene	33
3.2.2	Arbeidsperiodene mellom intervjuene.....	35
3.2.3	Intervjuguide.....	38
3.2.4	Undersøkeser gjennomført over lengre perioder	39
3.3	Etiske utfordringer	40
3.3.1	Intervju med elever	40
3.4	Undersøkelsens kvalitet	41
3.4.1	Pålitelighet (reliabilitet)	41
3.4.2	Troverdighet (begrepsvaliditet)	43
3.4.3	Overførbarhet (ekstern validitet).....	44
3.5	Dataanalyse	44
4	Resultater og analyse	47

4.1 Even	47
4.1.1 Intervju 1 (før-intervju med temaet forbrenning)	47
4.1.2 Intervju 2 (etter-intervju med tema forbrenning og celleånding)	48
4.1.3 Intervju 3 (før-intervju med tema fotosyntese og celleånding)	50
4.1.4 Intervju 4 (etter-intervju med tema fotosyntese og celleånding)	50
4.2 Olav	51
4.2.1 Intervju 1 (før-intervju med temaet forbrenning)	51
4.2.2 Intervju 2 (etter-intervju med tema forbrenning og celleånding)	52
4.2.3 Intervju 3 (før-intervju med tema fotosyntese og celleånding)	53
4.2.4 Intervju 4 (etter-intervju med tema fotosyntese og celleånding)	53
4.3 Trym	54
4.3.1 Intervju 1 (før-intervju med temaet forbrenning)	54
4.3.2 Intervju 2 (etter-intervju med tema forbrenning og celleånding)	55
4.3.3 Intervju 3 (før-intervju med tema fotosyntese og celleånding)	57
4.3.4 Intervju 4 (etter-intervju med tema fotosyntese og celleånding)	58
4.4 Even, Olav og Tryms forestillinger	59
4.4.1 Atomene forandrer seg eller blir mindre	59
4.4.2 Molekylene får makroskopiske egenskaper	61
4.5 Atomer, molekyler og bindinger: ingen, passiv eller aktiv kontroll?	64
4.6 Elevenes uttalelser om hvordan bindinger oppstår	68
4.7 Symbolsk representasjon	71
5 Drøfting	75
5.1 Utvikling av forklaringer på makronivå, mikronivå og med symbolsk representasjon	75
5.1.1 Utvikling fra første til andre intervju.....	75
5.1.2 Utvikling fra tredje til fjerde intervju	78
5.1.3 Bruk av symbolsk representasjon	79
5.1.4 Tilegning av makroskopiske egenskaper til molekyler	80
5.2 Ingen, passiv eller aktiv kontroll?	83
5.2.1 Elevenes utvikling av begrepene atom og molekyl	84
5.2.2 Elevenes utvikling av begrepet binding	87
5.3 Undersøkelsens metode	90
6 Oppsummering og konklusjon	93
7 Litteraturliste	95
8 Vedlegg	99

Figurliste

FIGUR 1: TRE REPRESENTASJONSNIVÅER I KJEMI, BASERT PÅ RINGNES OG HANNISDAL (2014) SIN FRAMSTILLING.	17
FIGUR 2: VISER HVORDAN INTERVJUENE OG FAGPERIODENE FORDELTE SEG GJENNOM 8. TRINN.	32
FIGUR 3: TEGNING AV FORBRENNING AV HYDROGENGASS SOM ER HENTET FRA ELEVENES LESEHEFTE.	38
FIGUR 4: VISER EKSEMPEL PÅ UTDYPNINGSGRADENE BRUKT I INTERVJUGUIDEN. TATT UT FRA INTERVJU NUMMER 2.	39
FIGUR 5: VISER EVENS UTVIKLING AV BEGREPENE <i>ATOM</i> , <i>MOLEKYL</i> OG <i>BINDING</i> FRA FØRSTE TIL SISTE INTERVJU.	66
FIGUR 6: VISER OLAVS UTVIKLING AV BEGREPENE <i>ATOM</i> , <i>MOLEKYL</i> OG <i>BINDING</i> FRA FØRSTE TIL SISTE INTERVJU.	66
FIGUR 7: VISER TRYMS UTVIKLING AV BEGREPENE <i>ATOM</i> , <i>MOLEKYL</i> OG <i>BINDING</i> FRA FØRSTE TIL SISTE INTERVJU.	67
FIGUR 8: VISER HVOR MANGE SYMBOLER DE TRE ELEVENE BRUKTE I DE FIRE INTERVJUENE.	73
FIGUR 9: VISER ELEVENES SAMMENLAGTE UTVIKLING AV BEGREPENE <i>ATOM</i> , <i>MOLEKYL</i> OG <i>BINDING</i> FRA FØRSTE TIL SISTE INTERVJU.	83

Tabelliste

TABELL 1: INNDELING AV BEGREPSUTVIKLING FRA ”INGEN KONTROLL” TIL ”AKTIV KONTROLL” (BRAVO, ET AL., 2008). TABELLEN ER INSPIRERT AV HAUG (2014) SIN TOLKNING.	21
TABELL 2: VISER DE OVERORDNEDE MÅLENE I INTERVJUENE GJENNOMFØRT PÅ 8. TRINN.....	34
TABELL 3: VISER INNHOLDET I FAGPERIODENE MELLOM INTERVJUENE, OG NÅR DE ULIKE INTERVJUENE BLE GJENNOMFØRT.	36
TABELL 4: BETEGNELSER BRUKT I RESULTATER- OG ANALYSEKAPITTELET.	45
TABELL 5: TRYMS OPPFATNING OM AT ATOMENE FORANDRER SEG (FØRSTE TIL ANDRE INTERVJU). .	60
TABELL 6: OLAVS OPPFATNING OM AT ATOMENE FORANDRER SEG (UTVIKLING FRA FØRSTE TIL SISTE INTERVJU).....	61
TABELL 7: EKSEMPLER FRA DE TRE ELEVENE OM AT DE I FØRSTE INTERVJU GA MOLEKYLENE MAKROSKOPISKE EGENSKAPER.	61
TABELL 8: HVILKEN KONTROLL EVEN HAR OVER BEGREPENE <i>ATOM</i> , <i>MOLEKYL</i> OG <i>BINDING</i> I DE FIRE INTERVJUENE.	64
TABELL 9: HVILKEN KONTROLL OLAV HAR OVER BEGREPENE <i>ATOM</i> , <i>MOLEKYL</i> OG <i>BINDING</i> I DE FIRE INTERVJUENE.	65
TABELL 10: HVILKEN KONTROLL TRYM HAR OVER BEGREPENE <i>ATOM</i> , <i>MOLEKYL</i> OG <i>BINDING</i> I DE FIRE INTERVJUENE.	65
TABELL 11: VISE HVOR MANGE GANGER DE ULIKE ELEVENE SA AT ”BINDINGENE BRYTES”.	68
TABELL 12: SITAT FRA INTERVJUENE HVOR ELEVENE SIER AT ”BINDINGENE BRYTES OG STOFFER DANNES”.....	70
TABELL 13: VISER HVILKE SYMBOLER ELEVENE BRUKTE I INTERVJUENE. ANTALL GANGER PER SYMBOL I PARENTES.	71
TABELL 14: VISER HVILKEN I KONTEKST ELEVENE BRUKTE STRUKTURFORMELEN TIL GLUKOSEMOLEKYLET.....	72
TABELL 17: OLAVS OPPFATNING OM ATOMENE FORANDRER SEG FRA FØRSTE TIL SISTE INTERVJU, SETT I SAMMENHENG MED BRAVO, ET AL. (2008) SIN INNDELING AV BEGREPSFORSTÅELSE OG PIAGETS SKJEMAER (PIAGET, 1969).....	87

1 Innledning

Alle elever møter til naturfagundervisning med ulike utgangspunkt. På samme måte vil elevens oppfatning av faget utspille seg på ulike måter. Naturfag blir stadig omtalt som et vanskelig fag, hvor elevene presterer lavere enn ønskelig. Norge har et tydelig mål om å øke elevenes kunnskaper i realfagene, derunder naturfag. Dette kommer klart fram i regjeringens satsningsområder innen utdanning (Regjeringen, 2014). En av fagdisiplinene innenfor skolens naturfag som ofte blir oppfattet som krevende for elevene, er kjemi (Levy Nahum, Mamlok-Naaman, Hofstein & Taber, 2010, s. 4-5). Kjemi er et fag som omhandler alt fra hvilken rolle bensin spiller for en kjørende bil, til hvordan en plante kan vokse seg større. På tross av dette blir kjemi oppfattet som abstrakt og lite relatert til det elevene møter i hverdagen (Johnstone, 2009, s. 22).

Kjemi handler i stor grad om å bli kjent med stoffers oppbygning, egenskaper og reaksjoner (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 21). Johnstone (1991) deler kjemilæringen inn i tre ulike representasjonsnivåer, *makronivå*, *mikronivå* og *symbolsk representasjon* (Johnstone, 1991, s. 75-83). Innenfor makronivå forekommer beskrivelser av det eleven kan observere, mens forklaringer av det usynlige kommer under mikronivå (Johnstone, 2009, s. 24). De abstrakte begrepene *atomer*, *molekyler* og *bindinger* er sentrale begreper i forklaringer på mikronivå. Levy Nahum, et al. (2010) hevder at god forståelse av kjemiske bindinger, kan gi bedre forutsetninger til å bygge videre kunnskaper på. Symbolsk representasjoner er kjemispråket, hvor det ofte blir brukt symboler, formler og ligninger (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 21).

1.1 Bakgrunn for valg av tema

I denne masteroppgaven ønsker jeg å se på elevenes forståelsesutvikling av kjemiske reaksjoner. Som naturfagslærer er jeg opptatt av å gi elevene et godt grunnlag for å lære kjemi. Det er nærliggende å tro at økt kunnskap om elevenes læring i faget, kan ha en positiv effekt på undervisningen. I faget møter elevene mange modeller og begreper av abstrakte fenomener, som elevene med ulik erfaringsbakgrunn trolig vil tolke på forskjellige måter. Utfordringen ved å tilegne seg kunnskap i kjemifaget kan skydes lite tilrettelegging til det elevene møter i hverdagen (Johnstone, 2009, s. 22).

1.1.1 Tidligere forskning

Det siste tiåret har antall studier som er rettet mot elevers forståelse av stoffer økt betraktelig (Hadenfeldt, Liu & Neumann, 2014, s. 181). Det viser seg at studier har utviklet seg fra å undersøke elevenes forståelse på et gitt tidspunkt, til å bli mer rettet mot å se på elevenes forståelsesutvikling over tid (Hadenfeldt, et al., 2014, s. 181). Tidligere forskning viser at elever ofte starter med å forklare stoffer på makronivå, og videreutvikler denne forståelsen til mikronivå (Liu & Lesniak, 2006). Ifølge Liu og Lesniak (2006) får elevene etter hvert en bedre utviklet partikkelforståelse. Studien viser at elevene i starten av innlæringen vanligvis oppfatter partiklene som statiske. Etter hvert som elevene utvikler sin forståelse, ser elevene på partiklene som mer dynamiske og bevegelige (Liu & Lesniak, 2006). Elevenes forståelse av massebevaring i kjemiske reaksjoner viser seg å være utfordrende for elever. Tidligere forskning viser at elever har en tendens til å mene at stoffer forsvinner under kjemiske reaksjoner (Liu & Lesniak, 2006).

Det er ifølge Hadenfeldt, et al. (2014) få studier som er rettet mot elevers forståelsesutvikling av kjemiske reaksjoner og av begrepene atomer og molekyler (s. 281-282). Olle Eskilsson (2001) undersøkte i sin doktoravhandling elevenes forståelse for materielle forandringer. Informantene var i alderen 10 til 12 år. Eskilsson (2001) studerte elevenes beskrivelse av kjemiske reaksjoner, med forbrenning som ett av hovedområdene. Samtidig undersøkte han elevers oppfatning av gassbegrepet og hvordan elevene anvendte sine tidligere erfaringer (Eskilsson, 2001). Noe av funnene til Eskilsson (2001) var at elevene bruker ulik tid på å tilegne seg kunnskaper, og at de nye begrepene bør møtes i ulike sammenhenger. Det ble også hevdet at elevers oppfatninger som kan oppleves som ”feil”, i tilfeller kan være veien til en bedre forståelse (Eskilsson, 2001).

1.2 Problemstilling

Problemstillingen for denne masteroppgaven er:

Hvordan utvikler elevers forståelse av kjemiske reaksjoner seg gjennom 8. trinn?

For å belyse denne problemstillingen vil jeg studere elevers begrepsutvikling knyttet til kjemiske reaksjoner, og for å undersøke dette vil jeg se hvordan elevene veksler mellom å forklare på makronivå, mikronivå og med symbolsk representasjon. I tillegg til dette vil det bli lagt vekt på elevenes forståelse av begrepene *bindinger*, *atomer* og *molekyler*. For å

studere elevenes begrepsutvikling, bruker jeg Bravo, Cervetti, Hiebert og Pearson (2008) sin kategorisering av elevens begrepsforståelse. Det blir spesielt sett på hvordan elevene utvikler sin forståelse fra ”passiv kontroll” til ”aktiv kontroll” av et begrep.

Læreplanen legger opp til at elevene skal utvikle sin forståelse av kjemiske reaksjoner. På 8. klassetrinn vil elevene videreutvikle kunnskapen de tilegnet seg på barneskolen, samtidig som de vil jobbe mot å nå kompetansemålene etter 10. årstrinn. Et kjennetegn på dypere forståelse kan være at elevene veksler mellom å forklare fenomener på makronivå, mikronivå og med symbolsk representasjon. Denne studien viser at elevene utvikler seg fra å kun forklare fenomener på makronivå, til å veksle mellom de tre nivåene både bevisst og ubevisst. Resultatene i studien viser at elevene får en høyere begrepsforståelse av atomer og molekyler, sammenlignet med bindinger. Begrepsforståelsen av kjemiske bindinger øker i løpet av året, men på tross av dette viste elevene i dette prosjektet ingen forståelse av *hvorfor* kjemiske reaksjoner oppstår. Elevene forklarte kjemiske reaksjonene som passive prosesser, uten å nevne eller stille seg undrende til hvorfor dette skjer.

1.3 Begrepsavklaring

I oppgaven blir det brukt noen naturvitenskapelige begreper:

Intermolekylære bindinger: Bindinger mellom molekyler (Tro & Boikess, 2011, s. 371).

Intramolekylære bindinger: Bindinger mellom atomene i et molekyl (Tro & Boikess, 2011, s. 371).

Kjemiske bindinger blir i denne oppgaven brukt synonymt med **intramolekylære bindinger**.

Forestillinger og **oppfatninger** blir også brukt som synonyme begreper.

1.4 Oppgavens oppbygning

I kapittel 1 introduseres oppgaven. Tidligere forskning på området belyses, samt valg av tema og problemstilling. Innledningen inneholder også noen begrepsavklaringer.

Kapittel 2 er teorikapittelet, hvor relevant teori til problemstillingen presenteres.

I kapittel 3 blir studiens metode gjort rede for. Første del av kapittelet beskriver studiens overordnede prosjekt, deretter vil resten av metodekapittelet være rettet mot den delen av prosjektet som er studert i denne oppgaven. Studiens undersøkelsesmetoder, metodens kvalitet og etiske retningslinjer blir framstilt.

Kapittel 4 er resultater og analyse. I kapittelet blir intervjuene presentert som en gjenfortelling, kombinert med analyse av elevenes utsagn. I første del av kapittelet blir hver enkelt elev (informant) framstilt enkeltvis, og deretter blir noen av de tre elevenes sitater vist samlet.

Kapittel 5 er drøftingskapittelet. I første del av kapittelet blir elevens utvikling av hvordan de uttrykker fenomener på makronivå, mikronivå og med symbolsk representasjon drøftet. Deretter vil elevenes begrepsutvikling av begrepene *atomer*, *molekyler* og *bindinger* blir framstilt etter Bravo, et al. (2008) sin kategorisering av ”ingen kontroll”, ”passiv kontroll” og ”aktiv kontroll”.

Kapittel 6 består av en oppsummering av oppgaven og konklusjon.

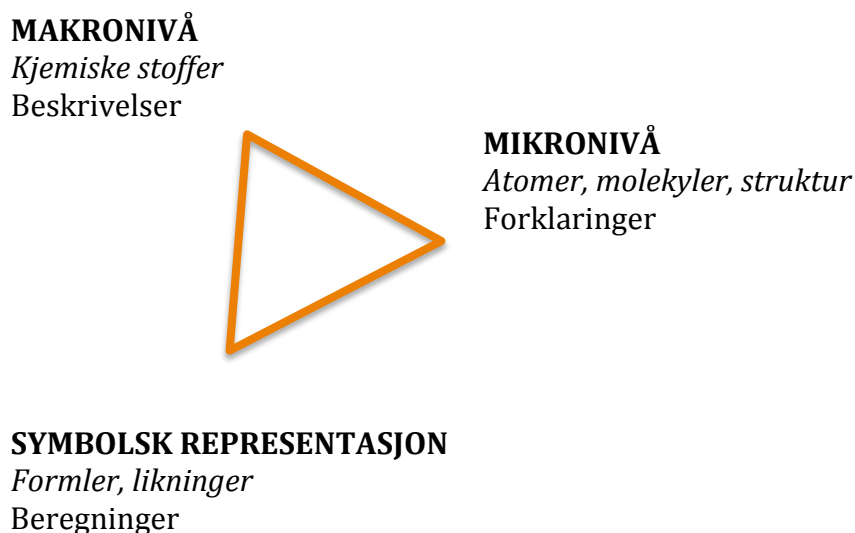
Vedlegg inneholder fire intervjuguider samt undersøkelsens godkjenning fra NSD.

Transkribering av intervjuene er vedlagt på CD.

2 Teori

2.1 Tre representasjonsnivåer i kjemi

Som nevnt i innledningen møter elevene stoffer og fenomener i kjemi på tre ulike nivåer, *makronivå*, *mikronivå* og *symbolsk representasjon* (Johnstone, 1991, s. 75-83). I undervisningen kan disse representasjonene kombineres. Ifølge Talanquer (2011) kan det i tilfeller velges ut ett representasjonsnivå som ønskes å framheve spesielt, mens det i andre tilfeller er hensiktsmessig å kombinere flere nivåer samtidig. Dette for å gi elevene best mulig innsikt i faget (Talanquer, 2011, s. 186-191). De tre representasjonene er presentert som en trekant (figur 1). Det er ikke noe hierarki mellom de tre ulike nivåene i trekanten (Johnstone, 2009, s. 24).



Figur 1: Tre representasjonsnivåer i kjemi, basert på Ringnes og Hannisdal (2014) sin framstilling.

I undervisning om kjemiske reaksjoner kan elevene berøre alle de tre representasjonene ved ett lite forsøk. Ett eksempel på dette er å studere en fyrstikk som brenner. Det første eleven trolig legger merke til ved denne forbrenningsreaksjonen, er at treet blir svart og at det dannes en varm flamme og røyk. Alle disse tre observasjonene er knyttet til makronivå. Dersom læreren forklarer hva som skjer ved å snakke om partikler, møter eleven fenomenet på mikronivå. Forsøket kan da blir beskrevet med atomer og molekyler som reagerer med

hverandre. Dette gjør at fargeforandringen, gassdannelsen og varmen kan forklares ved hjelp av partikler som reagerer, og bindinger som brytes og dannes. Symbolsk representasjon møter eleven dersom det blir satt opp en reaksjonsligning, som kan inneholde symboler og formler. Vanlige molekylformler som elevene møter i forbrenningsreaksjoner på 8. trinn er O_2 , CO_2 og H_2O . I læreboka Tellus 8 får elevene den kjemiske formelen for vann forklart på denne måten:

Hvert eneste vannmolekyl består av to hydrogenatomer og ett oksygenatom. Med kjemiske symboler skriver vi H_2O , der H står for et hydrogenatom og O for et oksygenatom. Det lille 2-tallet betyr at det er to hydrogenatomer. Vi sier at H_2O er den *kjemiske formelen* for vann. (Ekeland, Johansen, Strand & Rygh, 2006, s. 155)

Denne stadige skiftningen mellom makronivå, mikronivå og symbolsk representasjon kan være krevende for elevene (Johnstone, 2009, s. 24-28). Johnstone (2009) hevder at i løpet av en undervisningstime kan alle nivåene bli undervist samtidig. Han legger til at det ikke er en selvfølge at elevene henger med på denne vekslingen (Johnstone, 2009, s. 24-28). Talanquer (2011) hevder at utydelig veksling mellom de ulike representasjonsnivåene, kan føre til forvirring og feiltolkning. Det kreves mye arbeid før elevene klarer å kople de tre nivåene sammen. Den stadige vekslingen mellom representasjoner i kjemiundervisningen kan gjøre at elevene ikke får den tiden eller veiledningen de trenger til å sortere den nye kunnskapen. På sikt kan dette gjøre at elevene lærer mindre enn ønskelig (Johnstone, 2009, s. 22-24). Den kunnskapen elevene har før den er bearbeidet, kan betegnes som ”arbeidsminne”. Hvor stort arbeidsminne elevene har er individuelt, og faktorer som påvirker dette er alder og bakgrunnskunnskaper (Johnstone, 2009, s. 22-24).

De tre representasjonsnivåene kan ses på som sentrale for at elever skal kunne utvikle en dyp forståelse i faget. Kozma og Russell (1997) sammenlignet i en undersøkelse hvordan nybegynnere i kjemi og kjemikere kombinerte sine forklaringer på makronivå, mikronivå og med symbolsk representasjon. Det viste seg at nybegynnere ofte brukte en representasjonsform om gangen, mens de erfarne kjemikerne reflekterte over og kombinerte alle tre representasjonsnivåene samtidig (Kozma & Russell, 1997).

2.2 Elevenes forståelsesutvikling

2.2.1 Piagets forståelsesutvikling

Jean Piaget har hatt en stor innflytelse på læringsteorier de siste hundre årene. Han var spesielt opptatt av hvordan barns kunnskaper oppstod og utviklet seg (Sjøberg, 2009, s. 312-314). Noe av det Piaget studerte var hvordan elever tilegnet seg kunnskap gjennom en "likevektsprosess" (Illeris, 2000, s. 25-28). Ifølge Piaget (1969) var det flere faktorer som påvirket likevekten. Noe av det han trakk fram var stabilitet og bevegelse som to komplementære faktorer. Han mente at likevekt ble påvirket fra systemer utenfra og for å opprettholde dette er aktivitet et sentralt begrep (Piaget, 1969, s. 132-135). Disse tankene bak likevektsbegrepet kan sorteres i stadiene *assimilasjon*, *akkomodasjon* og *adaptasjon* (Illeris, 2006, s. 44-63).

Assimilasjon innebærer å tilegne seg ny kunnskap innenfor allerede eksisterende strukturer (Illeris, 2006, s. 44-63). Et eksempel på dette er en elev som sier at vann som fordampes vil forsvinne og bli borte. Eleven assimilerer dette når han ser at vannet på kjøkkenbenken etter en tid har tørket opp. Denne observasjonen passer inn i elevens eksisterende skjema. Senere observerer eleven at vannet har kondensert på kjøkkenvinduet. Han lærer også om vannets kretsløp på skolen. Eleven må da forandre sitt eksisterende skjema om at vann forsvinner ved fordamping. Stadiet hvor den nye kunnskapen ikke passer inn i elevens eksisterende oppfatninger lengre, kalte Piaget akkomodasjon. Denne skjemaendringen foregår ofte etter påvirkninger fra omgivelsene (Illeris, 2006, s. 44-63). Eleven som oppdager at vannet har kondensert, må da forandre sin eksisterende oppfatning for at den nye kunnskapen skal passe inn. Piaget (1969) beskrev forholdet mellom assimilasjon og akkomodasjon på denne måten:

Ligevægten mellem disse assimilations- og akkomodationsprosesser kan kaldes "adaptation"; dette er den almene form for psykisk ligevægt, og den psykiske udvikling fremtræder således i dens fremadskridende organisation som en stadig mere nøjagtig adaptation (tilpasning) til virkeligheden. (1969, s. 12)

I dette stadiet er det en balansegang mellom assimilasjon og akkomodasjon. Det er viktig at kunnskap som tilegnes etter samspill med omgivelsene, passer inn i eksisterende oppfatninger. Dette samtidig som elevens egne behov er opprettholdt (Illeris, 2006, s. 44-63). I en undersøkelse fant Piaget ut at et barns feilsvar kunne gi like mye informasjon om barnets tenkning, som de riktige svarene gir (Sjøberg, 2009, s. 313). At elevene lærer

partikkelmodellen kan være et hjelpemiddel til å organisere ny og eksisterende kunnskap. Denne modellen kan brukes til å forklare dagligdagse hendelser ved hjelp av partikler (Hannisdal & Ringnes, 2011, s. 27). I eksempelet over kan partikler som representerer vannmolekyler, være til hjelp for at elevene skal kunne forstå at vann som fordamper ikke forsvinner og blir borte.

2.2.2 Elevenes begrepsutvikling i kjemi

I kjemiundervisning møter elevene mange nye begreper (Bravo, et al., 2008, s. 165). Dette gjenspeiles i læreplanen hvor elevene etter 7. trinn skal kunne forklare stoffers oppbygning ved bruk av begrepene atomer og molekyler (Utdanningsdirektoratet, 2013). I løpet av ungdomsskolen skal elevene bruke disse begrepene, i tillegg til å tilegne seg nye. Noen av kompetansemålene etter 10. trinn er at elevene skal kunne:

- vurdere egenskaper til grunnstoffer og forbindelser ved bruk av periodesystemet
- undersøke egenskaper til noen stoffer fra hverdagen og gjøre enkle beregninger knyttet til fortynning av løsninger
- undersøke hydrokarboner, alkoholer, karboksylsyrer og karbohydrater, beskrive stoffene og gi eksempler på framstillingsmåter og bruksområder (Utdanningsdirektoratet, 2013)


De grunnleggende ferdighetene i LK06 er integrert i disse kompetansemålene. Innenfor ferdigheten ”å kunne uttrykke seg muntlig” skal elevene kunne samtale om naturfaglig innhold. Elevene skal bruke naturfaglige begreper, til blant annet å argumentere og forklare. Det er også et mål om at elevene skal kunne delta i faglige diskusjoner og bruke naturfaglige begreper til uttrykke forståelse (Utdanningsdirektoratet, 2013).

Innlæring av nye begreper, for eksempel atomer og molekyler, kan være krevende for elevene (Bravo, et al., 2008, s. 165-166). Ifølge Bravo et al. (2008) kan innlæringen av nye ord og begreper deles inn i tre kategorier: ”ingen kontroll”, ”passiv kontroll” og ”aktiv kontroll” (s. 164). Denne inndelingen av begrepskontroll beskriver hvordan elevene kan utvikle sin forståelse fra å ikke ha hørt ordet før, til at eleven kan bruke begrepet i et nettverk av andre ord og begreper (Haug & Ødegaard, 2014, s. 777-781). Tabellen under presenterer hvilke

kjennetegn som kan knyttes til de ulike nivåene. Tabellen er inspirert av Haug og Ødegaard (2014) sin framstilling, men den er tilpasset studien i denne oppgaven.

Tabell 1: Inndeling av begrepsutvikling fra "ingen kontroll" til "aktiv kontroll" (Bravo, et al., 2008). Tabellen er inspirert av Haug (2014) sin tolkning.

Nivå av Kognitiv prosess og beskrivelser
begrepsforståelse

Ingen kontroll	<p>Gjenkjennelse: Eleven kan lese og uttale ordet uten å selvstendig bruke det i en sammenheng.</p>
Passiv kontroll	<p>Definisjon: Eleven definerer ordet. Eleven kjenner til synonymer til ordet.</p>
Aktiv kontroll	<p>Nettverk: Eleven bruker begrepet i en sammenheng med andre ord eller begreper.</p> <p>Anvendelse i en kontekst: Eleven bruker begrepet i ulike kontekster. Eleven bruker begrepet knyttet til tidligere observerte forsøk og undersøkelser.</p> <p>Syntese: Eleven bruker begrepet i nye kontekster og situasjoner.</p> 

Bravo, et al. (2008) bruker "ord" (word) i sin beskrivelse av kjennetegn på de ulike nivåene. Det blir påpekt at når eleven har en "aktiv kontroll" over ordet kan det karakteriseres som en begrepsforståelse (Bravo, et al., 2008). På grunn av dette blir "begrep" brukt i tabell 1 under kategorien "aktiv kontroll". Tabellen framstiller en progresjon av elevens begrepsforståelse, slik at det er en forutsenting at elevene som har "aktiv kontroll" over et begrep, også fyller kravene presentert i de øvrige nivåene. God forståelse i kjemi er sterkt knyttet til det siste stadiet, hvor eleven har "aktiv kontroll" over begrepet (Bravo, et al., 2008, s. 164). Pilen til høyre i tabellen viser hvordan elevene utvikler sin begrepsforståelse fra å bruke begrepet i "nettverk" til "syntese".

Et eksempel på utvikling fra "ingen" til "aktiv kontroll", kan være hvordan en elev tilegner seg forståelse av atombegrepet. Denne utviklingen kan starte med at eleven kommer til en undervisningstime uten å ha hørt ordet før. I timen leser han ordet i en overskrift i læreboka, men har ingen erfaringer å knytte til dette ordet. Eleven har da "ingen kontroll" over begrepet. Som en følge av undervisningen lærer eleven en definisjon av ordet. En ordforklaring til atom kan være: "Den minste del som alle grunnstoffer er bygd opp av" (Ekeland, et al., 2006, s. 232). Etter å kunne gjentelle definisjonen har eleven utviklet en "passiv kontroll" over ordet. Etter en lengre periode har eleven utviklet sin forståelse av ordet, til å bli en begrepsforståelse. Eleven klarer å se atomer i en sammenheng av molekyler, samtidig som han kan knytte atombegrepet til ulike grunnstoff og til egenskaper på makronivå. Eleven har i dette tilfellet utviklet en "aktiv kontroll" over begrepet, og kan bruke begrepet i ulike kontekster. Dette nivået kan sammenlignes med målene til den grunnleggende ferdigheten å kunne uttrykke seg muntlig i naturfag.

"Forskerføtter og leserrøtter" et prosjekt som har mål å koble grunnleggende ferdigheter og utforskende arbeid sammen i naturfag (Ødegaard, Haug, Mork & Sørvik, 2014, s. 2999). Dette inkluderer elevenes begrepsforståelse. Begrepsinnlæringen i prosjektet går ut på at elevene skal møte begrepene i ulike tilnærminger. Dette ved at elevene skal "lese det, si det, skrive det og gjør det" (Ødegaard, et al., 2014, s. 2997). I Forskerføtter og leserføtter legges det vekt på *nøkkelbegreper*. Ett eksempel på et nøkkelbegrep kan være *gass* eller *stoff*. Elever som har god forståelse av disse begrepene, kan knytte de til ulike sammenhenger. Haug og Ødegaard (2014) beskriver at høy forståelse av et begrep, går ut på å forstå hvordan ordet kan brukes i et nettverk av andre ord og ideer. Dette kan sammenlignes med Bravo et al. (2008) sin kategori "aktiv kontroll". I en studie gjennomført med forskerføtter og leserføtter viste det seg at elevene aktivt må bruke nøkkelbegreper gjennom flere faser for å kunne danne seg en god forståelse av et begrep (Haug & Ødegaard, 2014, s. 777).

Bravo, et al. (2008) nevner noen faktorer som kan påvirke om eleven utvikler sin forståelse fra "passiv" til "aktiv kontroll". Den ene faktoren som blir trukket fram er at elevene bør jobbe med begreper i naturfagundervisningen (Bravo, et al., 2008, s. 165). Elevene møter vitenskapelige begreper i faget, samtidig med ord som beskriver prosesser. De prosessbeskrivende ordene går igjen på tvers av fag, og eksempler kan være å *forsøke* eller *observere*. For at kombinasjonen mellom ordene og begrepene skal gi mening, bør elevene jobbe med dette i undervisningen. Ifølge Bravo, et al. (2008) er naturfagundervisningen er fin

arena for å utvikle sitt vokabular, da det er et fag som inneholder et stort mangfold av ord og begreper. En annen faktor for at elevene skal kunne utvikle sin begrepsforståelse fra ”passiv” til ”aktiv kontroll”, kan være å ta utgangspunkt i ord elevene allerede kjenner og har erfaringer knyttet til. Bravo, et al. (2008) hevder at det er et ønske om at ordene elevene kjenner til, blir videreutviklet til at elevene får en dypere forståelse og en mer reflektert forståelse av begrepet (Bravo, et al., 2008, s. 167). Bravo, et al. (2008) uttrykker det på denne måten: ”Juxtaposing both the everyday and science word demystifies the language of science, while validating student prior knowledge and experiences” (s. 167). Med dette menes at dersom elevene får bruke sine hverdagsord sammen med de vitenskapelige begrepene, kan dette gjøre undervisningen mer tilrettelagt elevene. Elevene får da muligheten til å videreutvikle sin allerede eksisterende kunnskap.

Elvenes hverdagsord får i mange tilfeller nytt innhold gjennom naturfagundervisningen. Ifølge Sjøberg (2009) er det vanlig at lærere å gi uttrykk for at begrepets definisjon brukes ”riktig” i skolen, og ”feil” i dagliglivet, noe som ikke trolig vil føre til bedre læring. Sjøberg (2009) utdyper dette videre:

Men dette må plasseres i en sammenheng som ikke er fagimperialistisk, og som ikke kaster vrak på elevens eget språk. Man må argumentere for at man trenger *ulike* språk i ulike sammenhenger, og at man velger presisjonsnivå etter det formål kommunikasjonen har. (s. 345)

Med dette påpeker Sjøberg (2009) viktigheten av at elevene får bruke begrepene i ulike sammenhenger. Ett eksempel på dette kan være bruken av begrepet *stoff*. I dagligspråket blir ordet brukt om som en generell betegnelse på materiale (på engelsk: *matter/materials*), noe som skiller seg fra rene stoffer (på engelsk: *substances*) (Håland, 2010, s. 112). Ifølge Barke, Hazari og Yitbarek (2009) er begrepene elevene har tilegnet seg i hverdagen mye mer bearbeidet enn de som elevene lærer i naturfagundervisningen. Elevene går ofte vekk fra å bruke de vitenskapelige begrepene i dagliglivet. Det viser seg å være vanlig å fortsette å si at ”flekken blir borte” eller at noe ”brenner opp”, selv om elevene kjenner til prinsippet om massebevaring (Barke, et al., 2009). Barke et. al. (2009) diskuterer om elever bør få mulighet til å reflektere over bruken av hverdagspråk i naturfagundervisningen (s. 26).

Det finnes også ord som elevene sjelden møter utenfor skolen. Dette er begreper som hovedsakelig er brukt i vitenskapen. Sjøberg (2009) mener at disse begrepene er lettere for

elevene å lære, da de ikke har opparbeidet mange forestillinger og forventninger til begrepene. Dette kan være begreper som *kovalente bindinger* eller *kromosomer*. For at disse begrepene skal gi mening, bør de ses i sammenheng med elevens eksisterende begreper (Sjøberg, 2009, s. 346-347).

Ett begrep som elevene ofte møter i kjemiundervisninger er *partikkel*. En vanlig definisjon på dette begrepet i kjemisammenheng, er ”de minste byggesteinene i stoff, som atomer, molekyler og ioner” (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 70). Dette begrepet er sentralt for å forstå partikkelmodellen. Partikkelmodellen skal innføres på mellomtrinnet etter kompetansemålet om at elevene etter 7.trinn kunne ”beskrive sentrale egenskaper ved gasser, væsker, faste stoffer og faseoverganger ved hjelp av partikkelmodellen” (Utdanningsdirektoratet, 2013). Etter at elevene har lært partikkelmodellen kan for eksempel elevene bruke den til å forklare stoffers egenskaper ved gitte temperaturer (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 26). Den er også sentral for å kunne forklare hvordan rene stoffer eller stoffblandinger kan klassifiseres etter løselighet i vann, som er ett av kompetansemålene etter 10. årstrinn (Utdanningsdirektoratet, 2013).

En vanlig utfordring ved partikkelbegrepet er at det blir ulikt tolket fra elev til elev (Johnson, 2012). Det viser seg at andre små deler også blir betegnet som en partikkel, som for eksempel elektroner og nøytroner, da disse delene ikke inngår i partikkelmodellen (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 70). I tillegg til dette kan større bestanddeler som sandkorn eller støv i dagligtalen kalt partikler, noe som elever kan ta med inn naturfagstimene. Taber (2005) hevder at mange elever overfører egenskaper fra observerbare partikler (sandkorn eller støv) til partikler på mikronivå (atomer eller molekyler). Partikkelmodellen kan skape utfordringer, blant annet fordi partiklene ikke kan observeres direkte. Det kan være vanskelig for noen elever å gi partiklene mening i kjemisammenheng (Taber, 2005). Dette på grunn av at elevene kan konstruere seg et bilde om hvordan partiklene ser ut, noe som kan gjøre partikkelbegrepet mer utfordrende (Johnson, 2012, s. 51). Ett eksempel på dette er elever som tror at kobberpartiklene er farget (Johnson, 2012, s. 51).

2.3 Undervisning om bindinger

I kjemifaget er undervisning om bindinger et sentralt tema, og innlæringen av kjemiske bindinger er grunnleggende for å kunne tilegne seg dypere forståelse i kjemi (Özmen, 2004, s. 152). I tillegg til dette kan økt kunnskap om bindinger gjøre det lettere for elevene å forklare det de observerer med forklaringer på mikronivå (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 92). Taber og Coll (2002) mener forståelsen av bindinger blir utviklet gjennom modeller (s. 213). Dette mener også Gabel (1999) som hever at for at elevene skal kunne tilegne seg kunnskaper om bindinger, er modeller er svært sentrale hjelpemidler (Gabel, 1999). Dette på grunn av at begrepene er abstrakte, slik de ikke kan forklares uten modeller (Gabel, 1999). Etter 7. årstrinn skal elevene kjenne til partikkelmodellen, og kunne bruke denne til å forklare egenskaper til gasser, væsker og faste stoffer (Utdanningsdirektoratet, 2013). Partikkelmodellen demonstrerer hvordan partiklene er bundet sammen i stoff, og kan brukes til å stoffers egenskaper og reaksjoner (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 26-27). Partikkelmodellen viser til de intermolekylære bindingene i et stoff. På tross av modellenes sentrale rolle i kjemiundervisningen, viser seg ifølge Levy Nahum et al., (2010) å være en stor utfordring å lage gode nok modeller til kjemiske bindinger. Dette gjenspeiles over hele verden (Levy Nahum, et al., 2010). Ifølge Taber og Coll (2002) er det mange elever som sliter med å bruke modellene på en hensiktsmessig måte. En av grunnene til det kan være at bindinger er ukjent og abstrakt, og skiller seg fra det elevene møter i hverdagen (Taber & Coll, 2002, s. 214). Dette kan gjøre at elevene gjetter og lager sine egne forklaringer til fenomener (Taber & Coll, 2002, s. 214).

Det er ønskelig at modellene i kjemiundervisningen er godt tilpasset elever i grunnskolen, samtidig som de er så vitenskapelige ”korrekte” som mulig (Levy Nahum, et al., 2010). Ifølge Levy Nahum et al. (2010) blir ofte modeller og argumenter i grunnskolen vinklet mer mot en pedagogisk enn mot en vitenskapelig retning. Med dette menes at en pedagogisk framstilling kan gå på bekostning av vitenskapelig korrekthet. Dette kan gjøre at modellene elevene møter i grunnskolen kan være problematiske å bygge ny og dypere kunnskaper på (Levy Nahum, et al., 2010). Dette viser seg spesielt hos elever som ønsker å videreutdanne seg i kjemi eller andre realfag (Levy Nahum, et al., 2010). Taber og Coll (2002) påpeker også viktigheten av at modellene skal være godt egnet til å bruke videre i et utdanningsløp (s. 214). Ifølge Taber og Coll (2002) blir mange elever forklart at alt består av atomer. Da stoffer i verden sjelden består av single atomer, kan denne forestillingen føre til vanskeligheter når

elevene skal lære om kjemiske reaksjoner. Dette viser seg ved at mange elever tenker at utgangstoffer i kjemiske reaksjoner er single atomer (s. 216).

2.3.1 Alternative forestillinger, hinder eller byggesteiner?

Alle elevene kommer til naturfagundervisningen med ulik bakgrunnskunnskap og erfaringer. Barke, Hazari og Yitbarek (2009) hevder del av grunnlaget elevene har med seg inn i skoleundervisning, er alternative forestillinger. Med dette menes at alternative forestillinger kan være en viktig faktor i tilegnelsen av ny kunnskap (Barke, et al., 2009, s. 21-22). Ifølge Carey (2000) har det lenge vært et ønsket mål for gode naturfagslærere å møte elevene ”der de er” (s. 13). Dette sier også psykologen David Ausubel: ”If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly” (Ausubel, 1968, s. 163). Med dette menes at undervisningen bør legges til rette for å møte hver enkelt elev, ta tak i deres forståelse og videreutvikle den ut i fra deres ståsted. Carey (2000) uttrykker at undervisningen bør legges til elevenes forståelse på denne måten:

Now we understand that the main barrier to learning the curricular materials we so painstakingly developed is not what the student lacks, but what the student *has*, namely, alternative conceptual frameworks for understanding the phenomena covered by the theories we are trying to teach. (2000, s. 13-14)

Med dette mener Carey at elevenes alternative forestillinger bør være en del av kjemiundervisning, da disse oppfatningene er uunngåelige og kan ses på som byggesteiner for videreutvikling av dyp forståelse i faget (Carey, 2000, s. 13-18). Dette støtter også Taber og García-Franco (2010) som hevder at elevenes ufullstendige forståelse av fenomener kan være et gode utgangspunkt som senere kan utvikles til vitenskapelige modeller (s. 101). I denne prosessen vil elevene trolig selv se behovet for å endre eller forkaste sine tidligere oppfatninger (Carey, 2000, s. 18). Viktigheten av at elevene selv ser nødvendigheten for å endre sine egne oppfatninger, uttrykker Barke et al. (2009) på denne måten: “Only when students feel uncomfortable with their ideas, and realize that they are not making any progress with their own knowledge will they accept the teacher’s information and thereby build up new cognitive structures” (s. 28). Med dette blir elevenes tidligere oppfatninger brukt i undervisningen til å tilegne seg ny kunnskap. diSessa (1988) bruker begrepet ”knowlegde-in-pieces”, som går ut på at elevene henter elementer i sin kunnskap fra ulike situasjoner. Med

dette menes at elevene bruker erfaringer fra ulike situasjoner til å forklare nye fenomener. Elevene kan bruke ”knowlegde-in-pieces” til å forklare vitenskapelige fenomener i ulike grader av tydelighet, ut i fra elevenes tidligere erfaringer (Taber & Garcia-Franco, 2010, s. 99).

diSessa (1988) bruker også begrepet p-prims¹ om alternative forståelser. Han mener at mennesker har en underliggende, ofte ubevisst, ønske om å forklare fenomener (diSessa, 1988, s. 52-53) Elevene tilegner seg opplevelser og erfaringer fra ulike situasjoner, som ofte blir kombinert og satt sammen til en forklaring (diSessa, 1993). Dette tar ofte elevene med seg inn i undervisningen. I likhet med Carey (2000) mener diSessa at forståelsen og begrepene elevene tar i bruk, er nødvendige og gode hjelpemidler når de skal bygge ny kunnskap (diSessa, 1993, s. 205-207). Hammer (1996) reflekterte over hvordan elevenes p-prims kan komme til syne i skolesituasjoner. Et eksempel på dette kan være elever som mener at nærhet og styrke er synonyme, og bruker dette til å hvorfor det er varmere på jorda om sommeren (Hammer, 1996, s. 102-103). Elevene kan ha tilegnet seg erfaringer til ordene *nærhet* og *styrke*, via observasjoner om at flammer kjennes varmere ut når hånda kommer nærmere eller at musikken virker høyere dersom man går nærmere høyttaleren (Hammer, 1996, s. 102-103). Ifølge Hammer (1996) møter alle elevene til undervisning med ulike p-prims. Disse oppfatningene er ikke feil i situasjoner de tilegnes, men p-prims kommer til syne når elevene generaliserer sine erfaringer til å forklare flere hendelser enn det de opprinnelig gjør (Hammer, 1996, s. 102-103). Med dette kan elevenes oppfatninger ukritisk eller ubevisst bli overført fra en situasjon til en annen (Hammer, 1996, s. 102-103). Generalisering av kunnskap viser seg også i undervisningen. Det er ifølge Talanquer (2006) vanlig at elever generaliserer sin kunnskap om lover og prinsipper i naturfag, til å gjelde mer enn det opprinnelig gjør. Elevene har en tendens til å ikke reflektere over unntak som finnes (Talanquer, 2006, s. 814).

Barke et. al. (2009) deler alternative forestillinger inn i *før-forestillinger* og *skolelagde forestillinger*. Før-forestillinger er egenproduserte forestillinger som oppstår utenfor undervisning. Det viser seg at disse forestillingene sjelden passer inn i de vitenskapelige begrepene elevene lærer i skolen (Barke, et al., 2009, s. 21-24). Ett eksempel på en slik type forestilling er forbrenning av tre. Mange elever har en forestilling om at ”noe” blir borte i

¹ Forkortelse for *phenomenological primitive* (diSessa, 1988).

forbrenningsreaksjoner. Elevene kan gjøre observasjoner som støtter dette, dersom de veier en trebit før og etter forbrenning, og finner ut at asken fra treet er lettere enn det opprinnelige treet før forbrenningen (Barke, et al., 2009, s. 21-23). Barke et al. (2009) beskriver dette som grunnen til at disse forestillingene ikke kan kalles "feiloppfatninger", da de ofte oppstår i kjølvannet av observasjoner og logiske slutninger. Skolelagde forestillinger skiller seg fra før-forestillinger ved at disse kommer som en følge av undervisningen (Barke, et al., 2009, s. 21). Ifølge Barke et al. (2009) er disse forestillingene ofte komplekse, ved at de er sammensatte av mange ulike faktorer og dermed vanskelige å oppdage. En vanlig forestilling som kan komme som en følge av undervisning, kan være at det er luft mellom partiklene i vann (Johnson, 2012, s. 52).

Ifølge Hammar (1996) kan det være en utfordring i undervisningssituasjoner at hver enkelt elev har ulike oppfatninger av verden. Det vil si at alle elevene tolker forklaringer, modeller og lærebøker gjennom sine egne oppfatninger av verden (Hammer, 1996, s. 99). Hammer (1996) hevdet at det kan føre til nye misforståelser, dersom ikke elevene får mulighet til å videreutvikle sine nåværende oppfatninger. Med dette bør ikke undervisningen kun handle om å videreformidle forskernes kunnskaper, men også ta tak i elevens forkunnskaper (Hammer, 1996, s. 99-100). Johnstone (2009) hevdet at den eneste måten å finne ut hvilke forståelser eleven har rundt et fenomen, er gjennom samtaler med elevene.

2.4 Vanlige alternative forestillinger om kjemiske reaksjoner

2.4.1 Massebevaring ved forbrenningsreaksjoner og gassbegrepet

Det viser seg å være mange alternative oppfatninger knyttet til forbrenningsreaksjoner i kjemiundervisningen (Levy Nahum, et al., 2010). Dette kan være forestillinger om at stoffer fordampes eller smelter, eller at det ikke produseres nye stoffer i forbrenningen (Wong, Brophy, & Dillon, 2012, s. 199-203). Mange elever vet at det trengs oksygen i denne reaksjonen, men sliter med å forklare hvordan oksygen er involvert (Wong, et al., 2012, s. 199-203). Ifølge Wong et al. (2012) kan dette skyldes at oksyngengassen er usynlig, og på den måten ignorerer mange elever rollen den spiller i forbrenningen. Dette kan føre til at det kan være vanskelig for elever uten forståelse for massebevaring, å gi forsøk som involverer gasser mening (Wong, et al., 2012, s. 199-203). Wong et al. (2012) trekker fram noen eksempler på kunnskap som mange elever sliter med å tilegne seg: "These include the idea

that gases can be produced in the reaction, that gases might have mass, and the existence of atoms and molecules” (s. 202). Forsøk som inkluderer observasjoner av forbrenning, som inkluderer massebevaring og vekt av gasser, kan ses på som viktige elementer for at elevene skal bli bevisst på sine alternative forestillinger (Wong, et al., 2012, s. 203). Wong et al. (2012) trekker fram brenning av stålull som et forsøk elevene kan se hvordan massen av stoffer kan øke ved forbrenning (s. 211).

Elevenes alternative forestillinger om gasser kan komme til syne i forståelsen av fotosyntesen. Det har i menneskets historie lenge vært en stor interesse for å forklare hvordan planter kan overleve (Wong, et al., 2012, s. 199-203). Dette har ført til mange alternative forestillinger til fotosyntesen. Taber (2001) påpekte at en vanlig elevoppfatning kan være at planter kun trenger vann og dype røtter for å overleve. Dermed kan plantenes behov for karbondioksid bli glemt (Kurt, Ekici, Akta, & Aksu, 2013). Denne vanlige oppfatningen trekker også Tekkaya (2002) fram, ved å hevde at mange elever tror at plantene får sin ”mat” fra jorda. I tillegg til dette ser mange elever på fotosyntesen som en en gassutvekslende prosess, som tar i mot CO₂ og endrer den til O₂ (Taber, 2001, s. 262).

2.4.2 Tilegning av makroskopiske egenskaper til atomer og molekyler

Det viser seg at mange elever har en tendens til å relatere fenomener i kjemi direkte til det de observerer på makronivå (Tekkaya, 2002). Eksempler på dette kan være når en fyrstikk brenner blir den mindre i volum, en egenskap som elevene kan overføre til atomer og molekyler, ved å si at de blir mindre eller smelter. Ifølge Taber og Coll (2002) kan en utydelig språkbruk i undervisningen påvirke i hvilken grad elevene gir mikroskopiske elementer egenskaper på makronivå (s. 226). Taber og García-Franco (2010) hevder at den stadige vekslingen mellom å forklare på makronivå, mikronivå og med symbolsk representasjon i undervisningen, kan føre til at elevene danner seg alternative oppfatninger.

3 Metode

3.1 Forskningsdesign

3.1.1 Data fra et forskningsprosjekt

Dataene til denne masteroppgaven er fra et kvalitativt forskningsprosjekt kalt ”Praktisk og variert undervisning i naturfag på ungdomstrinnet”. I dette prosjektet blir en klasse fulgt fra oppstart av 8. trinn (høsten 2014), til elevene går ut av 10. trinn (2016). Innsamlingen av data foregår i tidsavgrensede perioder, fordelt på de tre årene. Det er spesielt seks fokuselever som blir fulgt i prosjektet. Forskerne benytter seg av metodetriangulering, som innebærer å bruke ulike metoder for å undersøke ett område (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2011, s. 230). Metodene forskerne bruker er muntlige intervjuer, innsamling av skriftlige oppgaver (kreative tekster og rapporter) og observasjoner i klasserommet.

Naturfagundervisningen er organisert i fagperioder slik at det blir en progresjon i elevenes forståelse av sentrale ideer i naturfag (Wilensky & Resnick, 1999). Undervisningen har som hensikt å legge til rette for å utvikle elevenes kompetanse innenfor utforskende arbeids- og tenkemåter og grunnleggende ferdigheter. Som nevnt i prosjektets tittel var målet at undervisningen skulle være variert og utforskende, og nært knyttet til LK06.

3.1.2 Utvalg

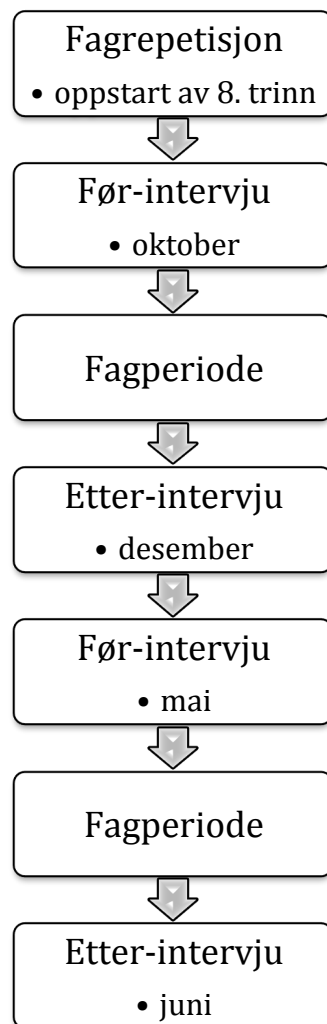
Denne masteroppgaven bruker data fra det nevnte prosjektet. Da dette er større prosjekt, ble det i denne oppgaven gjort et utvalg av antall elever og mengde datamateriale. I min undersøkelse har jeg redusert antallet elever til tre. Elevene var gutter, og har fått fiktive navn: Even (elev 1), Olav (elev 2) og Trym (elev 3). Nummer på elevene ble brukt i transkriberingen. I naturfag varierte guttenes prestasjoner fra middel til høy grad av måloppnåelse.

Selv om hovedprosjektet følger elevene gjennom hele ungdomsskolen, ble det i denne oppgaven valgt å se på data innhentet det året elevene gikk på 8. trinn. Av de ulike metodene forskerne i prosjektet benyttet seg av, ble intervjuene valgt ut. I alle de utvalgte intervjuene ble det brukt lydopptaker for å ta opp samtalene. I løpet av 8. trinn ble elevene intervjuet fire ganger om ulike temaer i naturfag. Disse temaene var faseoverganger, kjemiske reaksjoner og

om forskningsmetoder brukt i naturvitenskapen. Det ble i denne masteroppgaven valgt ut delene av datainnsamlingen som omhandlet kjemiske reaksjoner.

De fire intervjuene var inndelt i to før-intervju og to etter-intervju. Intervjuene ble gjennomført i oktober (før-intervju), desember (etter-intervju), mai (før-intervju) og juni (etter-intervju). I transkriberingen ble intervjuene forkortet med Int1, In2, Int3 og Int4. Det var hovedsakelig den samme intervjuer i alle intervjuene, bortsett fra intervjuet i mai (Int3) da jeg var intervjuer.

Mellom intervjuene hadde elevene ulike fagperioder som jeg vil komme tilbake til senere i kapitlet. Figuren under viser hvordan intervjuene og fagperiodene var fordelt gjennom året.



Figur 2: Viser hvordan intervjuene og fagperiodene fordelte seg gjennom 8. trinn.

3.2 Kvalitativ metode

I denne oppgaven er det brukt kvalitativ metode. Det blir sett på data til tre elever, noe som er et kjennetegn for kvalitative studier (Johannessen, et al., 2011, s. 99-104). Ifølge Johannessen et al. (2011) gir dette forskeren mye informasjon fra et begrenset utvalg informanter (s. 99-104). Det ble som nevnt brukt lydopptaker for å ta opp intervjuene, og deretter ble intervjuene transkribert. Denne innhenting av data i form av tekst er vanlig i kvalitative studier (Johannessen, et al., 2011, s. 99-104). På grunn av den kvalitative innsamlingen blir fortolkning en stor del av arbeidet i analysen (Wiser, Smith, Asbell-Clarke, & Doubler, 2009)(s.?). Thagaard (2013) mener dette gir forskerne mange muligheter til å studere et fenomen, og egner seg spesielt godt til forskning som omhandler informantens forståelser, erfaringer eller opplevelser. Metoden kan også være spesielt hensiktsmessig rundt temaer som det tidligere har vært gjort lite forskning på (Thagaard, 2013). Denne forskningsmetoden skiller seg fra kvantitativ forskning, som ofte bruker spørreskjemaer med spørsmål og svaralternativer (Johannessen, et al., 2011, s. 33). Kvantitativ metode innhenter hovedsakelig talldata framfor tekst, og har en større avstand til det som studeres (Ringdal, 2013, s. 104).

3.2.1 De fire intervjuene

Intervju er en vanlig metode i kvalitative studier. Hvor åpne intervjuene er varierer ut i fra hva som er hensikten med intervjuene (Thagaard, 2013, s. 103-105). Intervjuene i denne undersøkelsen var semistrukturerte. Med dette menes delvis strukturerte intervjuer, ofte basert på en intervjuguide som inneholder ønskede temaer og spørsmål for samtalen (Johannessen, et al., 2011, s. 139). Intervjuene foregikk på et lite rom, kun med intervjuer og elev (informant) tilstede. Elevene kjente ikke intervjueren på andre måter enn gjennom dette prosjektet. Ifølge Thagaard (2013) er relasjonen mellom forsker og informant avgjørende for kvaliteten på undersøkelsen (s. 14). Lengden på hvert intervjuene var på omtrent 20 minutter. Temaene i intervjuene var hovedsakelig forbrenningsreaksjoner og fotosyntese. Som tabellen under viser (tabell 1), ble disse temaene presentert i ulike kontekster.

Tabell 2: Viser de overordnede målene i intervjuene gjennomført på 8. trinn.

INTERVJU	TEMA	FORSØK/EKSEMPEL
1 (før-intervju)	Forbrenningsreaksjoner	Forbrenning av fyrstikk
2 (etter-intervju)	Forbrenningsreaksjoner	Forbrenning av hydrogengass i ballong Repetisjon av forsøket "Forbrenning av fyrstikk"
3 (før-intervju)	Fotosyntese	Bloddoping av idrettsutøver (celleånding) Følge en tenkt blåbærplante fra vår til vinter
	Forbrenningsreaksjoner (celleånding)	Råtning av blåbær
4 (etter-intervju)	Fotosyntese	Følge et tenkt tre som vokser
	Forbrenningsreaksjoner (celleånding)	Råtning av tre

I første intervju tente intervjuer en fyrstikk, og samtalen foregikk rundt denne forbrenningsreaksjonen. Mellom første og andre intervju hadde elevene en arbeidsperiode om kjemiske reaksjoner, ofte vinklet mot kjemiske reaksjoner i levende organismer (se tabell 2). I denne arbeidsmetoden gjennomførte elevene mange ulike forsøk. Noen av forsøkene var demonstrasjonsforsøk utført av læreren, som for eksempel forbrenning av hydrogengass (H₂). I etter-intervjuet var samtalen i intervjuene rettet mot det elevene hadde vært igjennom i undervisningsperioden. Intervjuer viste tilbake til forsøk elevene observert, deriblant forbrenning av hydrogengass i ballong. Det ble også presentert et case om bloddoping av idrettsutøvere, med celleånding som et sentralt tema. Forbrenning av fyrstikk som ble demonstrert i første intervju, ble også trukket fram i etter-intervjuet.

Tredje intervju var et før-intervju gjennomført i forkant av en arbeidsperiode. I dette intervjuet ble elevene introdusert for et case om en blåbærplante. Temaet i samtalen var i utgangspunktet plantens utvikling fra vår til høst, hvor fotosyntese kommer inn som en naturlig del. Videre i intervjuet ble samtalen om blåbærplanten rettet mot nedbrytning og råtning, ved å forestille seg at planten mistet sine bær på bakken. I den kommende arbeidsperioden jobbet elevene med temaene økologi og geologi. Det ble også lagt vekt på stoffers kretsløp og nedbrytning. I etter-intervjuet møtte elevene disse temaene igjen. I dette

intervjuet var blåbærplanten byttet ut med tre, og fotosyntese og celleånding ble inkludert i samtalene.

Intervjueren presenterte de samme casene til hver av elevene, men likevel ble intervjuene forskjellige, da oppfølgingsspørsmålene var rettet mot elevenes uttalelser. Som en følge av dette fikk intervjuene en semistrukturert form.

3.2.2 Arbeidsperiodene mellom intervjuene

Det var som nevnt tidligere var intervjuene lagt i for- og etterkant av fagperioder. Tabellen under viser hva elevene var igjennom i disse fagperiodene.

Tabell 3: Viser innholdet i fagperiodene mellom intervjuene, og når de ulike intervjuene ble gjennomført.

INNHold I FAGPERIODER MELLOM INTERVJUENE	
I forkant av intervju 1	<p><i>(Oppstart av 8.trinn)</i></p> <p>Før første intervju repeterte elevene partikkelmodellen og faseoverganger. Det ble blant annet brukt ris og erter til å representere vannmolekyler og etanolmolekyler. Dette ble gjort for å demonstrere partikkelmodellen, og vise hvordan partiklene ligger i væskeform.</p> <p>Elevene gjorde undersøkelser og klassifisering av stoffer som er relevant for fotosyntese og celleånding. Begrepene <i>atomer</i> og <i>molekyler</i> ble introdusert. Det ble lagt vekt på symbolsk representasjon av H_2, O_2 og H_2O.</p>
INTERVJU 1 BLE GJENNOMFØRT (før-intervju)	
Arbeidsperiode mellom intervju 1 og 2	<p>Elevene arbeidet i denne perioden med kjemiske reaksjoner i levende organismer. Det ble i dette arbeidet vektlagt kjemiske reaksjoner, celleånding, fotosyntese, sirkulasjonssystemet og energibegrepet.</p> <p>For å demonstrere dette ble det i løpet av to uker gjennomført ulike forsøk:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Forbrenning av hydrogengass i ballong og forbrenning av magnesium <i>Samtale rundt kjemiske reaksjoner på makro- og mikronivå.</i>2) Blanding av sink og saltsyre <i>Demonstrasjonsforsøk for å samtale om kjennetegn for kjemiske reaksjoner.</i>3) Reaksjon med sink og saltsyre (hydrogengass ble dannet) <i>Samtale rundt bindinger, atomer og molekyler. Samt se på energibegrepet.</i>4) Blande sukker i vann <i>Samtale rundt faseoverganger og volum.</i>5) Brenning av stålull <i>Vekt.</i> <p>Sirkulasjonssystemet, cellen og celleånding arbeidet elevene med gjennom utforskende arbeidsmetoder, basert på forskerspiren. Elevene fikk i stor grad selv velge hva de ville undersøke. Eksempel på undersøkelse var puls. Med hjelp av pulsklokke kunne elevene undersøke hvor lang tid det tok før de kom ned i puls etter en treningsøkt. Undersøkelsene ble videre knyttet mot arbeid med celler og celleånding. Elevene leverte en rapport etter arbeid med utforskende arbeidet, som viste elevenes forståelse for celleånding og sirkulasjonssystemet.</p>

Elevene i denne perioden arbeide med molekyl-pinne-sett for å bygge molekylene O_2 , CO_2 , $C_6H_{12}O_6$, H_2O .

INTERVJU 2 BLE GJENNOMFØRT

(etter-intervju)

Mellomperiode

Elevene hadde i denne perioden "vanlig" undervisningsperiode, som ikke var en del av prosjektet "Praktisk og variert undervisning i naturfag på ungdomstrinnet".

INTERVJU 3 BLE GJENNOMFØRT

(før-intervju)

Arbeidsperiode mellom intervju 2 og 3

I denne perioden arbeidet elevene med økologi og geologi. Begreper elevene jobbet spesielt med var: *økologi, økosystemer, produsenter, konsumenter og nedbrytere*.

Elevene fikk i oppstarten av perioden studere et brødskive som var myglet. Mens elevene observerte dette, samtalte de om nedbrytning. Elevene gjennomførte videre et utforskende arbeid som gikk ut på å undersøke hvilke faktorer som påvirker nedbrytning. Elevene fikk bestemme selv hvilke faktorer de ønsket å undersøke. Dette varierte mellom: *tilgang på oksygen, temperatur, fuktighet og jord*. Framgangsmåten var å legge en matbit i en plastpose, velge ut en faktor de ønsket å undersøke og se på hvordan de ulike faktorene påvirket hvordan råtningen foregikk. Det ble presisert at elevene skulle undersøke en faktor om gangen.

Arbeidsperioden ble også kombinert med flere uteøkter. Elevene arbeidet med utforskende oppgaver som gikk ut på å undersøke hvordan menneskelige aktiviteter har eller kan ha påvirket et uteområde. Elevene undersøkte blant annet planter og lav, og lagde en liten utstilling.

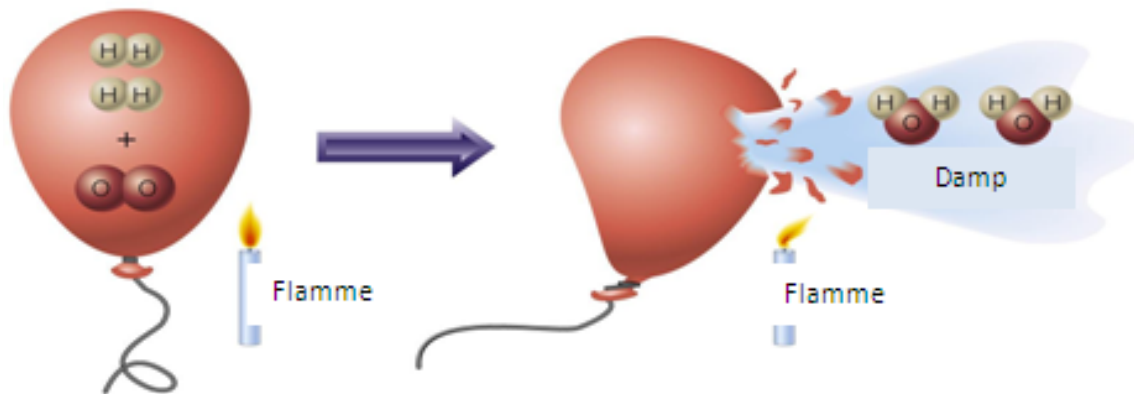
Elevene skrev i denne perioden en kreativ tekst om karbonets kretsløp.

INTERVJU 4 BLE GJENNOMFØRT

(etter-intervju)

Som et supplement til elevenes lærebok (Tellus 8), fikk elevene utdelt lesestoff som var tilpasset undervisningen. I dette leseheftet fikk elevene forklarende tekster til forsøkene de hadde gjort eller observert i undervisningen. I tillegg til tekst var forsøkene demonstrert med modeller og tegninger. Hensikten med dette lesestoffet var å få tydeligere fram sammenhengen mellom makronivå, mikronivå og symbolsk representasjon.

Figuren under viser et eksempel på en tegning som elevene fikk presentert i leseheftet:



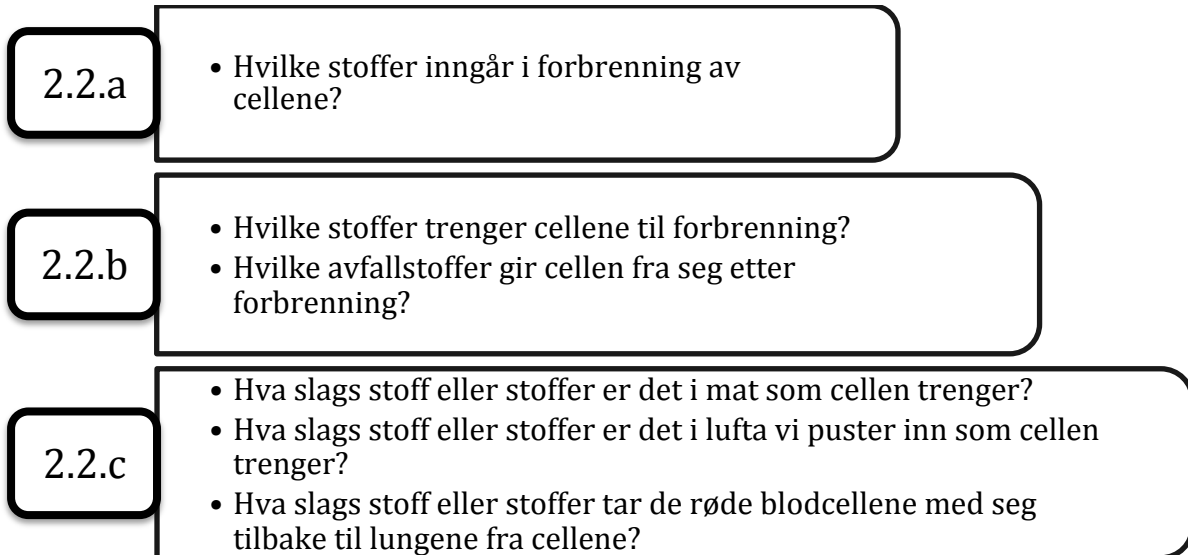
Figur 3: Tegning av forbrenning av hydrogengass som er hentet fra elevenes lesehefte.

Det ble påpekt under modellen at hvert atom var tegnet som en kule. Det ble også forklart at tegningen er en modell som viser reaksjonen mellom hydrogengass og oksyngass. I teksten like etter modelltegningen fikk elevene en kort forklaring på hva som skjer i forbrenningsreaksjonen: ”Når hydrogengass (hydrogenmolekyler) i en ballong blir tent på, vil den reagere med oksygenmolekyler i lufta. Da dannes damp (vannmolekyler) og det frigjøres energi”.

3.2.3 Intervjuguide

I forkant av intervjuene ble det laget intervjuguider (se vedlegg). Dette er med på å karakterisere intervjuet som semistrukturert (Johannessen, et al., 2011, s. 139). Spørsmålene i intervjuguidene var delt inn i ulike utdypningsgrader, vist med bokstavene *a*, *b*, *c* og *d*. Antall utdypningsgrader varierte ut i fra hvilke spørsmål som ble stilt. A-spørsmålene var innledende spørsmål, som intervjueren i de fleste tilfeller starter med. Videre ble det laget hjelpespørsmål dersom eleven ikke kom inn på ønskede temaer av seg selv. Denne måten å utarbeide intervjuguider på kan gjøre at det er lettere for forskeren å dekke og utdype de ulike temaene i

samtalen (Johannessen, et al., 2011, s. 139). Tabellen under viser ett eksempel på dette, hentet fra intervju om blodddoping (intervju nr 2.).



Figur 4: Viser eksempel på utdypningsgradene brukt i intervjuguiden. Tatt ut fra intervju nummer 2.

I det første spørsmålet (2.2.a) var det lagt opp til at elevene skulle bli stilt et innledende spørsmål om celleånding. Dersom eleven ikke kom fram til et svar på dette spørsmålet, var det laget flere hjelpespørsmål som underbygde det første spørsmålet. Ifølge Thagaard (2013) bør det i intervjuguiden legges til rette for at pauser i samtalen. Grunnen til det er å gi forskeren tid til å reflektere over svar, samtidig som infomanten kan vurdere om det er mer han ønsker å tilføye samtalen (Thagaard, 2013, s. 102-103). Dette viste seg å variere i intervjuene. Intervjuernes pauseord som ”mhm” eller ”ja” påvirket elevenes videre utsagn. Det forekom i noen tilfeller overlapp av ord i samtalen, eller at oppfølgingsspørsmål ble stilt før eleven hadde fullført hele setningen. I andre eksempler fikk elevene god tid til å tenke før oppfølgingsspørsmålene ble stilt.

3.2.4 Undersøker gjennomført over lengre perioder

At forskningsprosessen strakte seg over et helt år, vil trolig påvirke intervjuene. For hvert intervju vil forskeren og elevene danne seg erfaringer, som mest sannsynlig vil påvirke de senere intervjuene. Elevene ble mer vant med intervjusituasjonen, i tillegg til at de etter hvert vil kunne danne seg en oppfatning av hvilke svar intervjueren ønsker. Intervjueren vil gjennom forskningen bli bedre kjent med elevene og skolen, noe som trolig vil være med å

forme spørsmålene i de påfølgende intervjuene. Intervjueren var ofte den samme forskeren som var med på hele prosjektet ”Praktisk og variert undervisning i naturfag på ungdomstrinnet”. Dermed kan intervjuernes erfaringsgrunnlag sammenlignes med andre studier som benytter seg av metodetriangulering. Ifølge Postholm (2010) vil forståelsen av praksisfeltet som forskeren danner seg gjennom intervjuer og observasjon, påvirke den videre datainnsamlingen:

Det vil foregå en stadig interaksjon mellom de ulike databitene som samles inn. Denne interaksjonen vil påvirke forståelsen av hver enkelt del samtidig som dette delmaterialet vil kunne påvirke forskerens helhetsforståelse av settingen og handlingene som utspiller seg der. Denne forståelsen vil igjen virke inn på spørsmålene som forskeren stiller i sine intervjuer og likeså fokusere forskerens blikk under observasjonen. Dersom forskeren observerer før intervju, vil observasjoner kunne hjelpe forskeren i utformingen av intervju spørsmål. Det betyr også at spørsmålene som forberedes eller de temaer som tas opp, er knyttet til og tilpasset utviklingen av den spesifikke konteksten man forsker på. (2010, s. 77)

Jeg vil komme tilbake til disse faktorene i drøftingen, da disse faktorene trolig vil påvirke datainnsamlingen. Det er også en utfordring ved muntlige intervjuer at det vil være mye som ikke blir nevnt i en samtale. Et eksempel på dette er at det i den muntlige talen blir ofte ulike begreper utelatt. Dette kan skape utfordringer ved analysen (Taber & Watts, 2000).

3.3 Ethiske utfordringer

Gjennom en kvalitativ forskningsprosess blir mennesker forsket på i informantenes naturlige omgivelser. På grunn av den nære kontakten mellom forsker og informant, er det viktig at forskeren gjennom hele forskningsprosessen behandler informanten med tillit og respekt. Dette innebærer å sørge for at datamateriale ikke kommer på avveie på uønsket vis, eller før rapporten er ferdig til utgivelse (Postholm, 2010, s. 142).

3.3.1 Intervju med elever

Siden datainnsamlingen ble gjort i skolen, må rektor ved skolen og kommunen gi godkjenning til forskningen. I tillegg må elevens foresatte informeres og gi skriftlig godkjenning (Postholm, 2010, s. 145). Dette ble gjort i forkant av prosjektet ”Praktisk og variert undervisning i naturfag på ungdomstrinnet”. Prosjekter som omhandler personopplysninger er meldepliktige. I forsknings- og studentprosjekter bør dette meldes inn personvernombudet

NSD (Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste) (Thagaard, 2013, s. 25-26). Dokumentasjon på dette ligger som vedlegg. Jeg er til NSD innmeldt i dette prosjektet.

Det er viktig å gi deltakerne så mye informasjon som mulig om hva det skal forskes på og hvilken arbeidsbelastning som vil komme som følge av forskningsprosessen (Postholm, 2010, s. 145). Elevene måtte i dette prosjektet stille til intervju flere ganger i året, i tillegg til at de leverte inn tekster og ble observert i undervisningen. Postholm (2010) påpeker at det er viktig å informere elevene om hvem som får lese tekstene og får tilgang på intervjuene, samt å informere om at de er anonyme i undersøkelsen. ”Prinsippet om konfidensialitet innebærer at forskeren må anonymisere deltakerne i prosjektet når resultatene av undersøkelsen presenteres” (Thagaard, 2009, s. 28). Dette innebærer at private data om deltakerne ikke avsløres. Som nevnt tidligere ble elevene anonymisert ved å gi dem fiktive navn. Lydfilene som ble tatt opp under intervjuene skal, ifølge Johannessen, et al. (2011), være nedlåst når de ikke benyttes og slettes etter at innholdet er skrevet ned. Alle lydopptakene av de fire intervjuene er slettet.

3.4 Undersøkelsens kvalitet

Det er ulike oppfatninger av i hvilken grad begrepene *validitet* og *reliabilitet* bør brukes i kvalitative undersøkelser, da disse begrepene er beregnet til kvantitative undersøkelser (Ringdal, 2014, s.248). Innenfor kvalitative studier blir ofte disse begrepene erstattet med *pålitelighet*, *troverdighet* og *bekreftbarhet* (Johannessen, et al., 2011, s. 229-232). I de påfølgende underkapitlene vil disse begrepene bli brukt. I noen tilfeller vil begrepene bli knyttet opp mot litteratur som hovedsakelig er rettet mot validitet- og reliabilitetbegrepene.

3.4.1 Pålitelighet (reliabilitet)

Påliteligheten til en kvalitativ undersøkelse kan være utfordrende å undersøke, dersom begrepet blir sammenlignet med kvantitative undersøkelses *reliabilitet*. Dette på grunn av at *reliabilitet* handler om hvordan dataene brukes, innsamles og bearbeides. I de kvalitative intervjuene er det samtalen som styrer hvilke temaer som blir tatt opp, og påliteligheten til forskningsopplegget må sjekkes på andre måter enn ved kvantitative undersøkelser (Johannessen, et al., 2011, s. 229-230).

For å styrke påliteligheten blir metoden og prosjektet nøye beskrevet i oppgaven. Elevene ble intervjuet om samme overordnede tema fire ganger i løpet av ett år, noe som kan støtte påliteligheten ved at store forskjeller eller avvik kan drøftes. Det er ifølge Taber og Watts (2000) en utfordring å stille objektive og nøytrale spørsmål i et intervju. Noe som kan styrke dette er å stille et stort nok antall spørsmål for å se om svarene elevene gir er gjennomgående, eller om det forekommer enkelttilfeller som bør drøftes (Kvale, Brinkmann, Anderssen & Rygge, 2009). Intervjuer og informant vil i løpet av intervjuene danne en relasjon. For at dette skal styrke dataenes troverdighet, bør det informeres om hvilken relasjon informant og intervjuer har. Det er viktig å opplyse leseren om hvordan dataene ble samlet inn og hvor lenge intervjueren har vært tilstede sammen med informantene (Nilssen, 2012, s. 153-162). Dette på grunn av at relasjonen spiller en rolle for hvordan intervjuene utspiller seg.

Forskeren bør reflektere over datainnsamlingen for å bli bevisst på mulige feilkilder (Taber & Watts, 2000). Dette for å prøve å gjøre innsamlingen og tolkningene mest mulig objektive, ved å være selvkritisk, reflekterende og beskrivende i framstillingen (Johannessen, et al., 2011, s. 230-232). Om forskningen er gjennomført objektivt, påvirker oppgavens bekræftbarhet, det vil si om en annen forsker kan gjøre tilsvarende forskning og få tilsvarende resultater. I kvalitative studier er ikke dette realistisk å teste ut, ettersom intervjuene vil variere fra samtale til samtale. På tross av dette er det viktig at funnene ikke er et resultat av forskernes subjektive holdninger (Johannessen, et al., 2011, s. 230-232). Forskeren bør reflektere over hvordan spørsmålene stilles, hvordan egne begreper i spørsmålene påvirker svarene, hvilken utdypningsgrad spørsmålene stilles på, ledende spørsmål, bekreftende nikking eller tidlige oppfølgingsspørsmål. Ifølge Postholm (2010) kan ledende spørsmål gjøre at deltakernes perspektivene ikke kommer like tydelig fram. Likevel kan ledende spørsmål være et hjelpemiddel for at intervjusamtalen blir ledet mot problemstillingen som forskeren ønsker å belyse (s. 83). Alle intervjuene utspilte seg på ulike måter. I noen situasjoner trengte elevene flere utdypningsspørsmål, mens andre ganger ble kun hovedspørsmålene stilt. Bekreftende nikking ble ikke tatt med, da dette ikke ble med på lydopptakene. Med videoopptak kunne nikking på hodet og annet kroppsspråk vært tatt med som faktorer i analysen. I transkriberingen er det tatt med hvor raskt intervjuer stiller sine oppfølgingsspørsmål. Lengre pauser er notert, og dersom elevene avslutter midt i setninger er dette vist med et elipsetegn (tre prikker). I resultat- og analysekapittelet hvor spørsmålene før eller etter tydelig spiller inn på elevenes uttalelser, er lengre deler av transkriberingen tatt med.

3.4.2 Troverdighet (begrepsvaliditet)

Johannessen, et al. (2010) forklarer troverdighet (validitet) i kvalitative studier på denne måten: ”Validitet i kvalitative undersøkelser dreier seg om i hvilken grad forskerens framgangsmåter og funn på en riktig måte reflekterer formålet med studien og representerer virkeligheten” (s. 230). Det er mange faktorer som påvirker dette. I undersøkelsen hadde intervjueren som kjent en intervjuguide å støtte seg til. Dersom de tre elevene blir sammenlignet med hverandre, bør forskeren undersøke om samtalen inneholdt de samme hovedtemaene. Ringdal (2014) hevder også dette:

Samtaleintervjuer er fleksible og vil sjelden gå på samme måte for hver informant. Åpenheten for det nye er stor, men dermed ofres også mulighetene til sammenlikning ved at spørsmålene som stilles til hver informant, varierer. Dette kan bøtes på ved at noen sentrale spørsmål stilles forholdsvis likt til alle. (2014, s. 243)

Dersom intervjuene blir mer strukturerte, åpner dette mer for sammenlikning mellom deltakerne. Intervjuguiden kan på denne måten være en støtte til oppgavens troverdighet, dersom noen likhetstrekk mellom de tre elevene trekkes fram. Det kan også være et hjelpemiddel for å kunne se utviklingen av forståelsen for kjemiske bindinger, ved at elevene lettere samtaler rundt ønskede tema ved å følge en intervjuguide. På grunn av at alle intervjuene fikk presentert noen felles case og forsøk, gjorde dette at likhetstrekk mellom de tre elevene kunne drøftes. I tilfeller hvor alternative forestillinger ble analysert, var det i noen tilfeller hensiktsmessig å se alle elevenes forklaringer av samme fenomen. At intervjuene ellers var åpne, gjorde at det var rom for å ta tak i elevenes svar og innspill. Dette gjorde at elevenes fikk utdypet interessante utsagn på en bedre måte, enn de ville gjort i et mer strukturert intervju.

Ett annet sentralt tema innenfor metodens troverdighet, er om transkriberingen ble riktig gjennomført. På grunn av at intervjuene kun ble tatt opp gjennom lydopptak, kan mange elementer bli borte. Jeg transkriberte alle intervjuene først, og etter en tid hørte jeg igjennom alt og rettet opp det jeg hadde misforstått ved første utkast. Dette vil trolig styrke transkriberingens troverdighet. Ifølge Nilssen (2012) blir transkribering helt nøyaktige. Dette på grunn av at transkriberingen kun fanger det verbale språket, og ikke konteksten, kroppsspråket eller blikk-kontakten (s. 46).

Elevutvalget er også sentralt under forskningsmetodens troverdighet. I denne oppgaven består utvalget kun av gutter fra middels til høy grad av måloppnåelse i naturfag. Elevene er også alle etnisk norske. Hvor motiverte elevene er for å bli intervjuet spiller også inn i hvilken grad dataene representerer virkeligheten. Dersom elevene ikke er motiverte til å svare grundig på spørsmålene i intervjuene, er det ikke sikkert at funnene representerer elevenes kunnskapsnivå (Eklöf, Hopfenbeck, & Kjærnsli, 2012, s. 87-89). At intervjuene ikke påvirker naturfagskarakteren kan også trolig spille inn på elevenes arbeidsinnsats.

3.4.3 Overførbarhet (ekstern validitet)

Overførbarhet handler om i hvilken grad funnene kan overføres til lignende situasjoner. Generalisering omhandler faktorene som er nevnt i pålitelighet og troverdighet. Andersen (1997) mener datamateriale bør ses i sammenheng med nye eller etablerte generaliseringer. Dette kan i kvalitative studier være en utfordring, da det er mange tilfeller har blitt gjort lite forskning på området som undersøkes (Johannessen, et al., 2011). Denne undersøkelsen kan knyttes mot Olle Eskilsson (2001) som tidligere nevnt undersøkte elevenes forståelsesutvikling av stoffers forandringer. I tillegg til å se på tidligere forskning, bør datamaterialet bli presentert på en sammenfattet måte, hvor ikke vesentlige deler går tapt i framstillingen (Andersen, 1997). Analysen ble delt inn i temaer som ønskes å se på, slik at de utvalgte delene kunne uttrykkes så detaljert som mulig for å unngå at viktige utsagn eller faktorer ble utelatt. Da dette er en liten undersøkelse med kun tre informanter, kan ikke resultatene i denne undersøkelsen generalisere direkte til andre situasjoner.

3.5 Dataanalyse

Resultater og analyse er framstilt samtidig, noe som krever et tydelig skille mellom disse delene. Ifølge NASH (De Nasjonale forskningsetiske komiteer) er det viktig at forskeren er klar i sin framstilling av data. Dette kan gjøres ved å være tydelig på å skille hva som er forskerens tolkninger og hva som er informantens utsagn (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2010). En mulighet er å sitere elevene først, og tolke dette etterpå (NASH, 2010). I denne oppgaven blir resultater og analyse framstilt i samme kapittel. For å vise skillet mellom elevenes utsagn og analyse blir det forklart hva elevene fortalte først, og deretter analysert. I noen tilfeller kommer analysen først, for å forberede leseren på hva han skal legge merke til. For å tydeliggjøre skillet mellom resultater og analyse blir det hentet ut lengre deler

av intervjuene. I disse utklippene er sitatlinjene nummerert, slik at det tydelig kan henvises til ønskelige sitater i analysen.

Dataene fra intervjuene er analysert ved å først å sortere datamateriale til de tre elevene. Den første sorteringen som ble gjort var å markere i transkriberingen utsagn som omhandlet kjemiske bindinger, begrepene atomer og molekyler. Det ble også lagt vekt på sitater som kunne knyttes de tre nivåene, *makronivå*, *mikronivå* og *symbolsk representasjon*. Disse temaene ble valgt ut i fra oppgavens problemstilling. Temaer som ikke kunne knyttes til problemstillingen er utelatt i framstillingen. Etter denne grovsorteringen ble dataene til de tre elevene sett på enkeltvis og i fellesskap. Det blir også sett på elevenes begrepsforståelse *atom*, *molekyl* og *bindginer*. Begrepene er sortert inn i Bravo, et al. (2008), hvor kriteriene for inndelingen som er brukt ble vist i tabell 1, i kapittel 2.2.2. Tabellen under viser hvilke betegnelser som brukt i resultat- og analysekapittelet for å vise til de ulike nivåene:

Tabell 4: Betegnelser brukt i resultater- og analysekapittelet.

NIVÅ	BETEGNELSER BRUKT I RESULTATER OG ANALYSE	KOGNITIV PROSESS HENTET TABELL 1
1	Ingen kontroll	Gjenkjennelse
2	Passiv kontroll	Definisjon
3	Aktiv kontroll 1	Nettverk
4	Aktiv kontroll 2	Anvendelse i en kontekst
5	Aktiv kontroll 3	Syntese

Elevenes alder, kompetansemål og intervjusituasjon er tatt hensyn til i kategoriseringen av elevens begrepsforståelse i denne studien. På grunn av at begrepene som studeres er abstrakte, og begrepsforståelsen vil dermed komme fram på en annen måte sammenlignet med konkrete begreper. At elevene går på 8. trinn vil påvirke elevenes ”aktive kontroll”, på grunn av forkunnskaper. Elevenes uttalelser ble også styrt i form av spørsmål fra intervjuer, og som nevnt presenterte ulike kontekster.

4 Resultater og analyse

I dette kapittelet vil dataene fra intervjuene med de tre elevene først bli presentert enkeltvis, inndelt i de fire intervjuene (delkapittel 4.1 og 4.3). Resultatene er hovedsakelig vist som en gjenfortelling av intervjuene, ofte med understøttende sitater. Deretter vil det bli løftet fram sitater som viser elevenes forestillinger om at atomene blir mindre under en kjemisk reaksjon og i hvilken grad elevene gir molekylene egenskaper på makronivå (delkapittel 4.4). Det vil i gjenfortellingen av intervjuene påpekes i parentes hvilken kontroll elevene har av begrepene *atom*, *molekyl* og *binding*. Dette blir oppsummert delkapittel 4.5. Videre blir elevens forklaringer om hvordan bindinger trukket fram (delkapittel 4.6) og elevenes bruk av symbolsk representasjon (delkapittel 4.7) Resultater og analyse vil bli framstilt parallelt i dette kapittelet.

4.1 Even

4.1.1 Intervju 1 (før-intervju med temaet forbrenning)

I første intervju var Evens svar ofte koblet til det han observerte på makronivå. Dette kom fram ved at han sa at stoffene som inngår når en fyrstikk brenner, er stoffet tre. Even ble spurt om hva som skjedde med stoffet som treet er lagd av da det brant. Selv om det ble spurt etter stoffet treet er bygd opp av, knyttet likevel Even dette til det observerbare. Han sa at det så ut som stoffet hadde krympa litt, og la til at han mente det i hvert fall hadde trukket seg litt mer sammen. Noe som viser at han forklarte på makronivå er bruken av verbet ”ser”, som er et kjennetegn på makronivå. Det kom ikke tydelig fram om det var treverket eller atomene og molekylene som Even beskrev som krympa.

Allerede i første intervju nevner Even begrepet oksygen, men forklarer ikke nærmere om han sikter til atom, molekyl eller gass. Mye tyder på at Even mener oksyngengass da han sier at flammen gløder opp når det tilføres oksygen i en forbrenningsreaksjon med fyrstikk. På tross at oksygen blir omtalt som gass (oksygenmolekyler), bruker Even atomer i sine uttalelser:

1. **Int1:** Har det skjedd noe med det?
2. **1:** At det har brent opp.
3. **Int1:** Mhm. Hva har det å si, at det har brent opp?

4. **1:** At det, eeh... (Pause). Jeg vet ikke jeg om det ligger oksygenatomer inni i treverket.

Even viser i linje 4 at han er usikker på atombegrepet (*atomer: passiv kontroll*). Videre i intervjuet ble Even spurt direkte om hva som skjer på mikronivå i forbrenningsreaksjonen. Svaret han ga var hovedsakelig knyttet til makronivå. Intervjueren startet med å spørre om det skjedde noe med de atomene eller molekylene som treet var lagd av:

1. **1:** De blir vel kanskje litt ødelagt, litt.
2. **Int1:** Atomene eller molekylene?
3. **1:** Molekylene.
4. **Int1:** Okey, på hvilken måte blir de ødelagt?
5. **1:** At noe kanskje blir brent og ...
6. **Int1:** Mhm. Hva skjer med de da, når de blir brent?
7. **1:** Kan de løse seg fra hverandre?
8. **Int1:** Hva blir de til da?
9. **1:** Andre atomer, kanskje.

Even påpekte at det var molekylene som ble ødelagt (linje 3). Med dette utsagnet kan det tyde på at Even kjenner til at det skjer noe med molekylene i forbrenningen. Spørsmålet han stilte i linje 7 underbygger denne påstanden. Dette på grunn av at han spurte om molekylene kunne løse seg fra hverandre, noe som kan være et tegn på forståelse av molekylenes oppbygning (*molekyler: passiv kontroll*). Med utsagnet i linje 9 om at molekylene blir til andre atomer, virker det som Even kun viser til utgangsstoffene i reaksjonen, og ikke reflekterer over produktene som blir dannet (*bindinger: ingen kontroll*). Gjennom hele samtalen ga Even uttrykk for usikkerhet ved stadig å legge til ordet "kanskje" i sine uttalelser, i tillegg til at han stilte spørsmål og avsluttet midt i setninger.

4.1.2 Intervju 2 (etter-intervju med tema forbrenning og celleånding)

Til forskjell fra første intervju, svarte Even på både makro- og mikronivå da han ble bedt om å forklare hvilke stoffer som inngikk før og etter at en ballong med hydrogengass ble tent på. Even sa at det kom et smell, stor flamme og eksplosjon, samtidig som han la til en uttalelse på mikronivå:

1. **Int2:** Mhm. Ja, og hvilke stoffer har vi før og etter?

2. **1:** Eh, vi har, vi starter med hydrogengass i ballongen og så er det masse oksygenmolekyler rundt, og når vi tenner på så brytes bindingene og det dannes karbondioksid og H₂O, vann.

Selv om Even forklarte på makro- og mikronivå, viste han ikke alltid denne vekslingen mellom nivåene like tydelig. Dette viser seg ved at han forklarte hydrogen som en gass (makronivå), samtidig som han brukte begrepet oksygenmolekyler (mikronivå) (*molekyler: aktiv kontroll 2*). En av grunnene til at Even brukte forklaringer både på makro- og mikronivå kan være at dette var et forsøk som ble gjennomført i en undervisningsperiode noen uker tidligere. I før- og etterarbeid rundt dette forsøket ble det lagt vekt på både den makroskopiske og mikroskopiske forståelsen av fenomenet. På denne måten ble begreper som gass og vann brukt samtidig med begrepene bindinger, atomer og molekyler. Elevene fikk også en forklaring på forbrenning av hydrogengass i leseheftet som var tilpasset denne undervisningsperioden (se figur 3). Det ble brukt symbolsk representasjon i undervisningen, noe som gjenspeiles i elevenes svar (linje 2). Even ga ingen utdyping for hva som skjedde når bindinger brytes, annet enn at det ble dannet karbondioksid og vann (*bindinger: passiv kontroll*).

Videre i intervjuet ble temaet skiftet til bloddoping og celleånding. Evens uttalelser rundt hva som skjedde i denne reaksjonene hadde noen likhetstrekk med de uttalelsene han hadde om forbrenning av hydrogengass. Even sa at det som forandret seg med molekylene var at bindingene brytes og at de finner seg nye partnere (*bindinger: passiv kontroll*). Han definerte ikke i dette tilfellet hva han mente med *de*, men mye tyder på at han mener atomene i molekylet. Han sa også at det er ingenting som er uforandra i denne reaksjonen, men etter videre utspørring som inkluderte reaksjonsligninger kom Even fram til at det er like mange atomer på hver side av reaksjonspila (*atomer og molekyler: aktiv kontroll 2*).

Da forsøket med forbrenning av tre ble tatt opp igjen i dette intervjuet foregikk samtalen stort sett på makronivå. Even brukte i ett av tilfellene en generell forklaring av kjemiske reaksjoner. Han sa at dersom det er en kjemisk reaksjon, blir det dannet et nytt stoff. Han la til ordet ”kanskje”, trolig for å uttrykke sin usikkerhet. Han ga ingen videre forklaring for hvilke stoffer som ble dannet under forbrenningen.

4.1.3 Intervju 3 (før-intervju med tema fotosyntese og celleånding)

Etter at Even hadde nevnt at det trengs sollys, vann og karbondioksid i fotosyntesen, ble han spurt om hva som skjer med bindingene i denne reaksjonen. Da svarte han at alle sammen blir bundet sammen, og utdypet dette med at de ikke er bundet sammen med molekylet lengre og får nye egenskaper (*bindinger: passiv kontroll*). Even forklarte ikke hva han betegnet som *de*, men ut i fra konteksten tyder det på at han mente atomene. Intervjueren spurte hva som skjedde med karbonet, men presiserte ikke om han mente karbonatomet. Even svarte at karbonet ble større, ved at det ble flere atomer, et større molekyl (*atomer og molekyler: aktiv kontroll 3*). Under denne samtalen rundt fotosyntesen, la Even vekt på hva som ble dannet, noe som skiller seg fra samtalen rundt celleånding. Da sa han at bindingene først må brytes:

1. **Int3:** Hva er det som gjør at det råtner?
2. **1:** Hmm. Bindingen brytes, så får de ikke i seg næring da.
3. **Int3:** Eh, hvilke bindinger er det som brytes?
4. **1:** Hmm, det med glukose tror jeg.

Spørsmålet om råtning var et oppfølgingsspørsmål etter at Even sa at et bær som blir liggende på bakken etter hvert råtner. Det kom ikke tydelig fra intervjuer om spørsmålet var ment til å besvares på makro- eller mikronivå, men Even valgte det siste. Dette kan være på grunn av konteksten, da det i forkant ble snakket om celleånding og glukosemolekylet. Selv om svarene til Even hovedsakelig var på mikronivå, brukte han begrepet næring. Det kan tyde på at Even knyttet begrepet næring, sukker og glukose sammen, men dette ble ikke utdypet nærmere i intervjuet. På grunnlag av dette kan det tyde på at det er de intramolekylære bindingene Even viser til i linje 4 (*bindinger: passiv kontroll*).

4.1.4 Intervju 4 (etter-intervju med tema fotosyntese og celleånding)

I det siste intervjuet forklarte Even igjen hva som foregår under fotosyntesen. Etter spørsmål om hvor treet henter de to stoffene CO_2 og H_2O fra, svarte han med et sitat (linje 2) som inkluderte både makronivå, mikronivå og symbolsk representasjon:

1. **Int4:** Og hvor henter den de to stoffene fra [H_2O og CO_2]?
2. **1:** Fra vannet, eller H_2O henter den fra bakken opp gjennom røttene og så CO_2 kommer inn i sånne spalteåpninger under bladet.
3. **Int4:** Mhm, så hvor er det CO_2 er hen?
4. **1:** I lufta.
5. **Int4:** Okey, og hva skjer med, da vann og karbondioksid?

6. **1:** Bindingene brytes, og så setter de seg sammen.
7. **Int4:** Når du snakker om bindingene brytes, hvor er de bindingene?
8. **1:** Mellom atomene i molekylet. De brytes.

Even forklarte hvor planten henter vann og karbondioksid fra. Med dette viste at han kan knytte symbolsk representasjon til konkrete eksempler. Han viste også at han kjenner til at CO₂ er en del av lufta (*molekyler: aktiv kontroll 3*). I samtalen (linje 6) tok han uoppfordret med at bindinger brytes før de setter seg sammen. Han brukte ordet ”de” som i dette tilfellet trolig er myntet på atomene, noe han ikke var tydelig på (*atomer: aktiv kontroll 2*). Videre (linje 8) viste han at han var bevisst på de intramolekulære bindingene, ved å påpeke at bindingene som ble brutt var mellom atomene inne i molekylet (*bindinger: aktiv kontroll 1*).

4.2 Olav

4.2.1 Intervju 1 (før-intervju med temaet forbrenning)

I forsøket med fyrstikken som brant, viste Olav at han kunne mange kjennetegn ved kjemiske reaksjoner på makronivå. Noe av det han trakk fram var nødvendigheten for brenningsreaksjonen har for forskjellige gasser. Han utdypet dette som oksygen som kom fra lufta rundt oss. Han påpekte også at etter at treet hadde brent, ble det til kull. Olav visste ikke om noe mer som ble dannet under forbrenningen. De første uttalelsene til Olav var stort sett på makronivå. Videre i samtalen rundt fyrstikken ble han spurt om hva som skjer med stoffene i treet. Da svarte han at det brenner opp, så fordamper det ”eller noe sånt”. Olav ga ingen eksempler på hva han betegnet som *det*. Etter dette ble Olav spurt dirkete om hva som skjedde på mikronivå i forbrenningen. Også da ga han de fleste svarene på makronivå:

1. **Int1:** Mhm. Skjer det noe med atomene og molekylene i stoffet her?
2. **2:** (Lang pause). Ja, de forandrer seg.
3. **Int1:** Mhm. På hvilken måte er det du tror de forandrer seg? Hva er det som forandrer seg?
4. **2:** Eeh, noen av, ehh, noen av de molekylene blir borte, siden det blir, siden det brenner opp.
5. **Int1:** Mhm, bli de helt borte eller, blir de?
6. **2:** De blir vel mye mindre da ... Eller ...
7. **Int1:** Har du noen eksempler på hva de kan bli til?
8. **2:** (Pause). Noen, eeh, noen gasser. Er det en type gass eller noe sånt?
9. **Int1:** Mhm, men du har ikke noen konkret gass du tenker på nå?
10. **2:** Nei.

Som det kommer tydelig fram i første linje var det ikke Olav selv som tok i bruk begrepene atomer og molekyler først (*atomer og molekyler: passiv kontroll*). I sine svar refererte han ofte til egenskaper på makronivå. Dette viste seg spesielt da han forklarte at molekylene forandret seg, og blir borte fordi de brenner opp (linje 2 og 4). Han hadde tidligere nevnt at han visste at det inngår gasser under forbrenning. Gassbehovet brukte han også som forklaring da han ble spurt om atomer og molekyler på mikronivå (linje 8). Olav ga ingen videre utdyping av hva som skjer eller hvilke gasser som inngår i forbrenningsreaksjonen (*bindinger: ingen kontroll*). Han ga ikke uttrykk for om han bevisst skiftet mellom å uttale seg på makro- og mikronivå.

4.2.2 Intervju 2 (etter-intervju med tema forbrenning og celleånding)

Forbrenningsreaksjonen med fyrstikk, ble som kjent tatt opp igjen i det påfølgende intervju. Sett i forhold til første intervju, hadde Olavs uttalelser mange likhetstrekk. Han nevnte igjen at det er forskjellige gasser som inngår i reaksjonen, men visste fortsatt ikke hvilke gasser det er. Etter flere hjelpespørsmål kom Olav fram til at det trengs oksygen i forbrenningen. I starten omtalte han oksygen som en gass på makronivå. Han begrunnet oksygenbehovet med at dersom oksygen ville bli stengt av, så ville flammen til slutt bli slukket. Da Olav ble spurt om hva som skjedde med oksygenmolekylene, sa han at de blander seg med gassen som kommer da fyrstikken blir brent. Han brukte begreper både fra makro- og mikronivå i samme setning.

Også da han forklarte forbrenningsreaksjonen til hydrogengass knyttet han sine uttalelser til det observerbare. Han sa at det er hydrogengass, og en liten eksplosjon med flammer. Han tok ikke selv opp begrepet molekyler, men etter at intervjueren spurte, sa han at molekylene blander seg. Deretter sa han at han ikke visste hva som skjedde videre eller hva som egentlig skjer når noe blander seg (*molekyler: passiv kontroll*). Olav nevnte ikke begrepet binding, men tilføyde at når molekylene blander seg blir det dannet et nytt molekyl, eller en ny gass (*binding: passiv kontroll*). Olav hadde ingen eksempler på hvilke gasser det kunne være.

Det siste temaet i det andre intervjuet var celleånding, i konteksten bloddoping. Under samtalen rundt dette emnet tok Olav i bruk flere nye begreper i sine uttalelser. Han brukte begreper som bindinger, oksygenmolekyler, cellekjerne, glukosemolekyl, celleånding og frigjøring av energi til å forklare hvorfor idrettsutøvere kan ha nytte av å dope seg. Da Olav i

denne konteksten ble spurt om hva som skjer når molekylene blander seg, ga han en mer utfyllende forklaring enn den han hadde til hydrogengassforsøket tidligere i det samme intervjuet:

1. **Int2:** Når de blander seg, hva gjør de da?
2. **2:** Eehm, det er at, at bindingene brytes og det dannes da nye, nytt stoffer, eller nye molekyler da.
3. **Int2:** Og de nye stoffene eller molekylene er?
4. **2:** Eehm, det er, jeg vet, er det karbondioksid den ene?
5. **Int2:** Jepp, det er helt riktig (...)

I linje 2 benyttet Olav begrepet bindinger til å forklare hva som skjer når noe blander seg (*bindinger: passiv kontroll*). Denne forklaringen skiller seg fra tidligere i intervjuet, da han sa at ikke kunne utdype hva som skjer når noe blander seg. Han viste også (linje 4) at han vet hvilken gass som blir dannet i denne reaksjonen (*molekyler: aktiv kontroll 2*).

4.2.3 Intervju 3 (før-intervju med tema fotosyntese og celleånding)

Olav viste at han kjente til fotosyntesen ved å si at denne reaksjonen trenger CO₂, vann og sollys, mens glukose og oksygen blir laget. Dette kom Olav fram til gjennom samtalen og noen hjelpespørsmål. Da han ble spurt etter hva celleånding er, ble han helt stille. Etter at han ble spurt mer konkret hva som skjer med bindingene i CO₂, sa han at de har blitt brutt opp, og bundet seg sammen med noen av H₂O-molekylene (*atomer og molekyler: aktiv kontroll 1*). Dette sa han noe nølende, og la til at han ikke husket hva som skjedde (*bindinger: passiv kontroll*). Sammenlignet med Olavs tidligere intervju, var han ikke i denne situasjonen like direkte i sin uttalelse av hva som skjedde med de ulike molekylene i prosessen. Han svarte heller ikke på spørsmålet om hvilke molekyler som ble dannet under celleåndingen i kroppen.

4.2.4 Intervju 4 (etter-intervju med tema fotosyntese og celleånding)

I siste intervju viste Olav en forståelse av fotosyntesen både på makro- og mikronivå, samt at han behersker symbolsk representasjon. Olav sa at i fotosyntesen tar treet opp eller fanger solenergi fra sola og tar opp vann fra bakken og karbondioksid fra lufta. Intervjueren spurte videre hva som skjer med disse stoffene som han akkurat hadde nevnt:

1. **2:** Eh, bindingene til, eller bindingene til H₂O og karbondioksid brytes, og det dannes glukose. (...) Ved hjelp av solenergien.

2. **Int4:** Mhm, er det noe mer som dannes?
3. **2:** Oksygen.
4. **Int4:** Mhm, hva mener du når du sier oksygen?
5. **2:** O₂.

I tillegg til at Olav visste hvor de ulike stoffene kom fra på makronivå, forklarte han hvilke bindinger som brytes og hvilke stoffer som ble dannet. Han nevnte også i dette tilfellet at sola blir som energikilde, og sa at det var på grunn av denne energien at bindingene til H₂O og karbondioksid brytes, og at det dannes glukose. Med dette viste Olav at han kjente til at det var de intramolekylære bindingene som brytes (bindingene til H₂O) (*bindinger: aktiv kontroll 1*). Videre hevdet han at det i tillegg til glukose ble dannet oksygen, og konkretiserte at han mente O₂ i denne sammenhengen (linje 5). Han brukte både symboler (O₂) og systematiske navn (karbondioksid) i forklaringen (*molekyler: aktiv kontroll 2*).

Da Olav ble spurt om celleånding i konteksten nedbrytning, ga han få forklaringer med kjemiske bindinger, selv om dette trolig lå bak hans uttalelser. Dette kan skyldes at konteksten er bær som råtner på bakken. Olav sa at det som skjer med bæra er at det kommer nedbrytere, som bryter stoffet ned slik at næringsstoffene kommer ned i jorda. Han nevnte karbonets kretsløp, og ga et kort eksempel på hvordan karbonet kan gå fra at han selv puster ut, til et tre tar det opp, og som etter hvert dør og blir brutt ned via nedbrytere (*atomer: aktiv kontroll 3*).

4.3 Trym

4.3.1 Intervju 1 (før-intervju med temaet forbrenning)

I likhet med Even og Olav, startet også Trym å forklare hva som skjer med en fyrstikk som brenner på makronivå. Trym er den eneste av de tre elevene som omtalte fotosyntesen i det første intervjuet. Samtalen om fotosyntesen inneholdt begrepene glukose og oksygen. Selv om det ikke ble påpekt i dette intervjuet, blir ofte stoffene i denne konteksten omtalt på mikronivå selv om intervjueren ikke var tydelig på dette. På tross av det svarte Trym på makronivå da han rett etterpå ble spurt hva som skjer med stoffet når fyrstikken brenner. Han sa at det var fasongen på stoffet som forandret seg, og la til at stoffet krympet seg sammen. Dette forklarte han med at treet kjente at det blir veldig varmt, slik at treet selv prøvde å trekke seg sammen. Videre i samtalen ble Trym spurt hva som skjedde med molekylene i treet. Da svarte han som de andre elevene, med uttalelser basert på egenskaper fra makronivå:

1. **3:** De blir borte kanskje, av, eller, blir ikke helt borte, men kanskje noen deler vil bli borte mens treet brenner opp.
2. **Int1:** Mhm. Og de stoffene som var i lufta da, sånn som oksygen da? Skjer det noe med de molekylene?
3. **3:** Det vet ... Det blir kanskje varmet opp, og kanskje det blir noe, kanskje det danner mer oksygen. Eeh, jeg er ikke helt sikker.

Trym framsto til tider noe usikker (linje 1). Han var innom flere alternativer før han avsluttet setningen med å si at kanskje noen deler av molekylet ville bli borte (*molekyler: ingen kontroll*). På grunn av at det ikke forekom noen oppfølgingsspørsmål til denne uttalelsen er det vanskelig å vite hva Trym mente med at noen deler av molekylet ble borte. De to mest nærliggende forklaringene kan være at han enten tenkte at bindingene inne i cellulosemolekylet ble brutt, og at det på den måten ble til et mindre molekyl. Det andre alternativet kan være at Trym observerte at ikke hele fyrstikken ble brent opp, og overførte dette direkte til molekylene i treet (*molekyler: ingen kontroll*). Den sistnevnte forklaringen er mest i samsvar med Tryms uttalelse i linje 3. Da ble samme spørsmålet om molekylene stilt igjen, men rettet mot molekyler i lufta. Trym forklarte på makronivå, ved å si at det som skjer er at det kanskje ble varmet opp, og kanskje blir dannet mer oksygen. Han påpekte også her at han var usikker på hva som egentlig skjer.

4.3.2 Intervju 2 (etter-intervju med tema forbrenning og celleånding)

Da forsøket om forbrenning av fyrstikk ble tatt opp igjen i andre intervju var Trym noe uklar på hvilke stoffer som inngikk i forbrenningen. Likevel forklarte han reaksjonen med bindinger som brytes, noe som ikke ble gjort i det første intervjuet. Han ga også uttrykk for at observerbare kjennetegn på en kjemisk reaksjon kan tyde på at noe også har skjedd med molekylene og atomene, uten at han i dette tilfellet gjorde en direkte overføring:

1. **Int2:** Ja, mhm. Skjedde det noe med molekylene som treet er lagd av?
2. **3:** Ja, det er jeg ganske sikker på.
3. **Int2:** Mhm, hvorfor er du sikker på det?
4. **3:** Fordi utseende er også annerledes.
5. **Int2:** Mhm, ikke sant, det er et kjennetegn det, at det har skjedd noe.
6. **3:** Og da regner jeg med at det skjer noe med, noe vi ikke kan se også.
7. **Int2:** Mhm, hva kan ha skjedd med de molekylene, da som opprinnelig ...
8. **3:** Bindingene kan ha bruttes.
9. **Int2:** Ja.

10. **3:** Og da ...
11. **Int2:** Og når de brytes, så, hva kan skje videre da?
12. **3:** Da danner det seg nye stoffer.

Som han viste i linje 4 kjente han til at det skjedde noe med stoffet både på mikro- og makronivå. Dette skilte seg tydelig fra første intervju da han sa at molekylene i de stoffene som var i lufta under forbrenningen blir varmet opp, og kanskje det blir dannet mer oksygen. Denne blandingen mellom makro- og mikronivå som Trym viste i første intervju gjentok han ikke i det andre intervjuet. Dette underbygger også sitatene hentet fra forsøket med hydrogengass (vist under). I dette tilfellet skilte Trym tydelig mellom de to nivåene, sammenlignet med forrige intervju. Intervjueren spurte hva som skjedde da ballongen utenfor klasserommet sprakk:

1. **3:** Ja, og da, så, når, hydrogen, siden ballongen var fylt opp med hydrogen og da så tok dem en sånn flamme, ja ild da.
2. **Int2:** Mhm.
3. **3:** Og så tente på ballongen, og da sprakk den.
4. **Int2:** Ja, var det alt som skjedde? At den sprakk?
5. **3:** Ja, med, på makronivå, men inni så var det bindinger som brytes.
6. **Int2:** I hva da?
7. **3:** Inne, mellom hydrogenatomene.
8. **Int2:** Mhm, og når de brytes, hva skjer da videre?
9. **3:** Da dannes, da dannes det nye molekyler og atomer.

Da Trym ble spurt om hva som skjedde med ballongen, forklarte han først hendelsen på makronivå (linje 1 og 3). Etter at intervjueren (linje 4) spurte om det som han hadde nevnt var alt som skjedde, viste Trym at han kjente til at et forsøk eller fenomen i kjemi kan forklares på ulike nivåer. Dette viste han ved å presisere at hans foregående uttalelse var på makronivå. Når Trym omtalte hydrogengassen, kalte han dette for hydrogen, mens på mikronivå gikk han over til å tydeliggjøre det med begrepet hydrogenmolekyler. Han viste (i linje 7) at han på mikronivå kjenner til hvordan hydrogengass er bygd opp av molekyler (H_2), og at det er bindingene mellom hydrogenatomene som blir brutt (intramolekulære bindinger) (*bindinger og molekyler: aktiv kontroll 2*). Etter at Trym ga denne forklaringen, ble han spurt dypere om hva som dannes i denne reaksjonen. Han gjettet da både O_2 og CO_2 , før han kom fram til at det er H_2O som var ett av produktene i reaksjonen. Grunnene til at han gjettet O_2 og CO_2 kan være at CO_2 ofte er ett av produktene når organisk materiale brenner med tilgang på O_2 . Det

kan være at eleven generaliserte svarene fra andre forbrenningsreaksjoner til dette forsøket, for eksempel fra det tidligere forsøket med forbrenning av tre.

I løpet av denne utspørringen sa han flere ganger at han ikke husket hva som ble dannet i reaksjonen. Han sa igjen at bindingene brytes, atomene finner seg nye atomer, binder seg sammen og danner et nytt molekyl. Selv om Trym sa dette, var han fortsatt usikker på om atomene forandret seg eller hvor energien kommer fra (*atomer: passiv kontroll*). På det siste spørsmålet sa han at energien måtte komme fra oksygen, og begrunnet det med at for å få energi så trenger man oksygen. Denne oppfatningen kan det hende Trym henter fra erfaringer med menneskekroppen. Dette kan Trym ha hentet både fra erfaringer i og utenfor klasserommet. En mulighet kan være at Trym har hørt i sammenheng med utholdenhetstrening at høyt oksygenopptak ofte fører til høyere arbeidskapasitet. En annen mulighet er at han relaterer dette til makronivå og kunnskaper om celleånding, ved at cellene trenger oksygen i reaksjonen for å kunne frigjøre energi.

Et av de tydeligste utviklingstrekkene fra første til andre intervju er at Trym i det andre intervjuet selv ønsket å forklare ved hjelp av begrepene atomer og molekyler. I første intervju svarte Trym på spørsmål om atomer og molekyler, mens i andre intervju tok Trym selv initiativ til å bruke disse vitenskapelige begrepene i sine uttalelser. I tillegg var han i andre intervju mer bevisst på hvilket nivå (makro eller mikronivå) han uttalte seg på.

4.3.3 Intervju 3 (før-intervju med tema fotosyntese og celleånding)

I starten av det tredje intervjuet, med temaet fotosyntesen, tok Trym igjen selv i bruk begrepet atomer i svaret sitt. Første gangen han brukte begrepet var etter et spørsmål om hva glukose er oppbygd av. Det ble ikke konkretisert av intervjueren om det mentes glukosemolekyl, men det var ett oppfølgingsspørsmål etter at Trym hadde sagt at blåbærplanten danner glukose i fotosyntesen. På grunn av dette kunne det være naturlig å tenke på glukose på mikronivå. Svaret til Trym var at glukose(molekylet) er bygd opp av seks karbonatomer, tolv hydrogenatomer og seks oksygenatomer (*atomer og molekyler: aktiv kontroll 1*). Denne framstillingen var i samme rekkefølge som strukturformelen vanligvis skrives, $C_6H_{12}O_6$. For å kunne danne glukose sa han at planten trenger vann, karbondioksid og sollys. Han sa at oksygen kommer fra både karbondioksid og vann, og karbon fra karbondioksid, mens glukosemolekylet havner i blåbæra og oksygenet går til lufta. Videre sa Trym at bindingene brytes, og ”setter seg sammen med andre atomer”. Trym sa at han ikke visste om det er sterke

eller svake bindinger han omtalte. Han ga ingen dypere forklaring på hvordan bindingene oppstår (*bindinger: passiv kontroll*).

Etter hvert gikk samtalen over til celleånding, ved at den tenkte blåbæra faller på bakken og blir spist av et dyr. Trym sa at glukosen som er inne i blåbæra blir til næring for dyrene, og går inn i cellene som utfører celleånding med glukosen. Etter oppfølgingsspørsmålet om hva som skjer under celleånding, svarte han at de i hvert fall lager energi og karbondioksid. Hvilke utgangsstoffer som inngår i reaksjonen kommer han ikke med et tydelig svar på, før intervjueren sa at han kunne tenke på menneskekroppen. Da sa han at det er oksygen og glukose, og gjentok at det er energi og CO₂ som blir dannet. I løpet av denne samtalen forklarte han karbondioksid både med systematisk navn og symbol. Han viste at han lettere kom fram til utgangstoffene da eksempelet ble knyttet menneskekroppen, i stedet for et tilfeldig dyr.

4.3.4 Intervju 4 (etter-intervju med tema fotosyntese og celleånding)

I siste intervju var som kjent også temaene fotosyntese og celleånding. I likhet med Even og Olav kjente også Trym til hvor stoffene i fotosyntesen kommer fra. Han viste også at han kjente til forskjellen på atomer og molekyler, og knyttet dette direkte til grunnstoffene karbon og oksygen:

1. **Int4:** Mhm, og hva er det som skjer der [i fotosyntesen]?
2. **3:** Planten tar opp, ehh, CO₂ fra lufta og vann, så kommer det vanndråper, eller vann, H₂O da, under bladene på planten. Og så kommer det solstråler, som funker som energi da, som er strømkilde. Og så får den det til å skje, og da er det en kjemisk reaksjon. Så da bytter atomene plass da, og da blir det til andre, nye molekyler.
3. **Int4:** Ja, mhm. Så hva er det treet selv beholder?
4. **3:** Hmm, karbonet.
5. **Int4:** Mhm, som reint karbon, eller?
6. **3:** Nei, som glukose.
7. **Int4:** Og hva er det treet ikke beholder da, som ...
8. **3:** Oksygen.
9. **Int4:** Og når du sier oksygen, hva mener du med det?
10. **3:** O₂.

Trym viser i dette eksempel at han klarer å skifte mellom makronivå, mikronivå og symbolsk representasjon. I linje 2 forklarte han sin oppfatning av kjemiske reaksjoner, ved å si at atomene bytter plass, og blir til nye molekyler (*atomer og molekyler: aktiv kontroll 3*). Han ga

heller ikke i dette intervjuet en dypere forklaring på hvordan dette skjer. I dette intervjuet forklarte Trym mer om hvorfor planten trenger sollys, enn det han gjorde i det forrige intervjuet. Han sa at solstrålene fungerer som energi, som er en strømkilde. Dette er den eneste gangen Trym la vekt på å forklare hvorfor en binding eller kjemiske reaksjon oppstår (*bindinger: aktiv kontroll 1*).

4.4 Even, Olav og Tryms forestillinger

4.4.1 Atomene forandrer seg eller blir mindre

Det viste seg å være en utfordring for de tre elevene i starten av 8. trinn å forklare et observert forsøk på mikronivå. Elevene var i innlæringsfasen i bruken av nye begreper. I første intervju svarte samtlige av de tre elevene at det skjer noe med selve atomene da fyrstikken brant. De fleste mente at atomene ble mindre under denne reaksjonen. Trym var den eleven som viste dette mest konkret i sin uttalelse. Oppfølgingsspørsmålene tydeliggjorde dette ytterligere:

1. **Int1:** Ja, og atomene da? Skjer det noe med atomene til disse (pause), forskjellige stoffene som er i, med når tre brenner?
2. **3:** Kanskje oksygen (pause), mmm, blir borte da, og kanskje atomene der. Atomene blir mindre.
3. **Int1:** Mhm, hva mener du med mindre da? At det blir færre av dem, eller at de blir mindre hver enkelt?
4. **3:** Da, de blir færre. Mindre sånn. De blir smeltet.
5. **Int1:** Åja, de krymper på en måte?
6. **3:** Ja.

Selv om intervjueren (i linje 3) ga eleven to alternativer, færre atomer eller at hvert atom krympet, holdt fortsatt Trym fast på at han mente at atomene ble mindre. Han var også innom at atomene ble færre, men uttalelsen ”Mindre sånn” tyder på at Trym viste intervjueren hva han mente med tegnspråk. Dette bekreftet han også i siste linje, da han bekreftet at han mente atomene krympet. Som støtte til dette sa han også tidligere (linje 4) at de smeltet. Denne oppfatningen av at atomet blir mindre viste Trym også i det andre intervjuet. Dette på tross av at han hadde vært igjennom en arbeidsperiode med hovedvekt på forståelse av kjemiske reaksjoner. Likevel hadde Trym fortsatt den samme oppfatningen da forsøket med fyrstikken ble tatt opp igjen i desember. Trym forklarte at atomene ble mindre, og begrunnet dette med egenskaper på makronivå:

1. **Int2:** Mhm, det kan ha skjedd ja. Ja. Har det skjedd noe med atomene da, som treet er opprinnelig lagd av?
2. **3:** Eeh, det kan, de kan ha blitt mindre, kanskje.
3. **Int2:** Hvordan blir de det? Mister de noe?
4. **3:** Nei, kanskje de ...
5. **Int2:** Krymper.
6. **3:** Ja, krymper.
7. **Int2:** Hva får deg til å tro det?
8. **3:** Begrunnet varmen.

Trym viste i dette intervjuet at han tilegner atomene makroskopiske egenskaper. Dette viste seg spesielt i linje 8 da han sa at grunnen til at han trodde atomene minket under forbrenningen var på grunn av varmen. Det kom ikke fram i intervju 3 og 4 hvor vidt han fortsatt mente at atomene forandrer størrelse i disse intervjuene.

Tabell 5: Tryms oppfatning om at atomene forandrer seg (første til andre intervju).

TRYM	
Intervju 1 Hevder atomene krymper.	Intervju 2 Hevder atomene krymper.

Da Olav ble spurt om det samme spørsmålet i første intervju, framstod han mer usikker enn Trym, noe han også ga uttrykk for flere ganger i løpet av intervjuet.

1. **Int1:** Nei, atomene da, skjer det noe med de?
2. **2:** (Lang pause). Ja tror det.
3. **Int1:** Hva er det som skjer med de?
4. **2:** Eeh, de forandrer vel seg de og, tror jeg. Vet ikke helt.

På tross av usikkerheten sa Olav at han trodde at atomene også forandrer seg. Han ga heller ingen forklaring på hvorfor han trodde dette, eller på hvilken måte endringen skjedde. I andre intervju under temaet forbrenning av hydrogengass viste Olav at han ikke trodde atomene ble forandret lengre, men at han mener at de fortsatt er de samme. Denne oppfatningen holdt han fast ved gjennom hele 8. trinn, både ved forbrenning av hydrogengass, fotosyntesen og celleånding.

Tabell 6: Olavs oppfatning om at atomene forandrer seg (utvikling fra første til siste intervju).

OLAV			
Intervju 1 Usikker, men tror atomene forandrer seg.	Intervju 2 Mener at atomene ikke forandrer seg.	Intervju 3 Mener at atomene ikke forandrer seg.	Intervju 4 Mener at atomene ikke forandrer seg.

På samme spørsmål er Even noe uklar på om han mente stoffer på makro- eller mikronivå. Som nevnt tidligere sa Even at stoffet i fyrstikken har krympa og trukket seg sammen. På grunn av at det ikke ble brukt begrepene atomer eller molekyler om stoffet, er det ikke nok grunnlag til å si om Even uttalelse var ment til å forklare stoffet på mikronivå. Dermed kom ikke oppfatningen hans om atomene like tydelig fram som hos de to andre elevene.

4.4.2 Molekylene får makroskopiske egenskaper

I første intervju hvor elevene så på en fyrstikk som brant, var det flere eksempler på at elevene ga molekylene makroskopiske egenskaper. Alle de tre elevene nevnte verbet ”brent” da de ble spurt om hva som skjer med molekylene når en fyrstikke brenner.

Tabell 7: Eksempler fra de tre elevene om at de i første intervju ga molekylene makroskopiske egenskaper.

INTERVJU	EVEN	OLAV	TRYM
1	Forbrenning av tre: Molekylene blir ødelagt, at noe kanskje blir brent.	Forbrenning av tre: Molekylene blir borte siden de brenner opp. De blir vel mye mindre da. Blir til noen gasser, en type gass eller noe sånt.	Forbrenning av tre: Ikke helt borte, men kanskje noen deler vil bli borte mens treet brenner opp.

Disse oppfatningene som er vist i tabell 5 var ikke like tydelig hos de tre elevene i det andre intervjuet. Etter faglig arbeid som inkluderte celler og andre forbrenningsreaksjoner mellom de to intervjuene, brukte heller elevene i det andre intervjuet begrepet *bindinger* og andre kjennetegn til kjemiske reaksjoner til å forklare hva som skjedde med molekylene under forbrenningen. Even svarte i andre intervjuet at dersom det er en kjemisk reaksjon ble det trolig dannet et nytt stoff. Olav var mer konkret og sa at det som har skjedd med stoffet er at det har blitt varmet opp, og blitt til en gass eller noe lignende. Trym påpekte at forandringen av utseende til fyrstikken var et kjennetegn på en kjemisk reaksjon, og tilføyde at det som hadde skjedd var at bindingene blir brutt, og at nye stoff blir dannet.

Noe som viste seg å være krevende for elevene å forklare var fyrstikkens vekt før og etter forbrenning. Alle elevene ble spurt om hva som vil skje med vekten til en fyrstikk som brenner. Elevene svarte i samtlige spørsmål (både i første og andre intervju) at de mente fyrstikken ble lettere etter forbrenning. Even sa i første intervju at han mente den var lettere fordi den så mindre ut, mens i andre intervju sa han at det var på grunn av at oksygenet eller ”noe ” brenner opp. Olav sa i første intervju at han mente vekta ble mindre, uten å gi en begrunnelse for hvorfor. I andre intervju svarte Olav at vekta blir mindre, og la til at det var fordi ”noe brenner opp” og at fyrstikken ser tynnere ut etter forbrenningen. Tryms forklaring til dette i sitt første intervju, inkluderte elevens oppfatning om luft:

1. **Int1:** Ja, hvordan kan du være så sikker på det?
2. **3:** Siden den mister, eller den blir jo ikke mistet, men den krymper seg sammen, og det blir mindre tetthet. Så den er det mer luft i.

Trym forklarer ikke om det er fyrstikken før eller etter forbrenning han betegner som *den*. Ut i fra konteksten virker det som at han mener fyrstikken før forbrenning, siden han sa at fyrstikken etterpå vil krympe seg sammen. I andre intervju begrunnet han svaret sitt med at ”trestoffet” trekker sammen og dermed blir borte. Etter videre hjelpespørsmål og veiledning fra intervjuer kom Trym i dette intervjuet fram til at den blir lettere på grunn av deler av utgangsstoffene har gått ut til lufta. Han kom til slutt fram til at det måtte være CO₂.

I det tredje intervjuet ga ingen av elevene makroskopiske egenskaper til molekylene. Det kan være flere grunner til dette. En grunn kan være at samtalen rundt atomer og molekyler forandret seg i løpet av året. I de to siste intervjuene var som nevnt temaet fotosyntese og celleånding. Elevene viste at de kjente til reaksjonslikningene til disse reaksjonene, noe som trolig førte til at samtalen om kjemiske reaksjoner gikk fra å omtale generelle atomer og molekyler, til å bli relatert til bestemte grunnstoff. Et eksempel på dette er i første og andre intervju, hvor intervjueren stilte spørsmål om hva som skjedde med atomene og molekylene i prosessen. I de to siste intervjuene ble dette spørsmålet oftere rettet mot hva som skjer med oksygenmolekylene eller karbonatomet i fotosyntesen. Denne utviklingen påvirket trolig svarene elevene kom med, og oppfølgingsspørsmålene som ble stilt. En annen grunn kan være at det i dette intervjuet var en annen intervjuer enn i de to tidligere intervjuene, slik at spørsmålene ble formulert på en annen måte. Samtalene ble også i de to første intervjuene

rettet mot observerte forsøk, noe som skiller seg fra samtalen om fotosyntesen hvor eleven skulle forestille seg en plante.

Det siste intervjuet skilte seg noe fra de to foregående. Elevene ble i dette intervjuet spurt om fotosyntesen og hvor treet som vokser henter det meste av vekten sin fra. Elevene hadde gjennom samtale i forkant vist at de vet at treet henter vann fra bakken og karbondioksid fra lufta, slik at de kun stod igjen med disse to alternativene. Trym var tydelig på hvor han mente at treet fikk vekta si fra:

1. **Int4:** (...) Den ekstra vekta som treet får, tror du den kommer mest fra vannet eller mest fra karbondioksidet?
2. **3:** Mest fra vannet.
3. **Int4:** Hvorfor tror du det?
4. **3:** Fordi vannet er tungt, det veier.
5. **Int4:** Mens karbondioksidet, det er, det er ikke så tungt?
6. **3:** Det vet jeg ikke.
7. **Int4:** Nei. Hva er det som gjør at du tror at vann, altså et vannmolekyl, er tyngre enn ett karbondioksidmolekyl?
8. **3:** Fordi vann det er mer fyldig da, tar plass.
9. **Int4:** Mens karbondioksid da?
10. **3:** Det veier ikke noe.
11. **Int4:** Ingenting?
12. **3:** Nei, tror ikke det.
13. **Int4:** Fordi? Hvorfor tror du det?
14. **3:** Fordi det er luft.

I denne samtalen viste Trym at han bestemt mente at det er vannet som ga treet mest vekt. Han ga to typer forklaringer, på makronivå fordi vann er ”tungt” og ”veier”, og forklarte vannmolekylet på samme måte, at det er ”mer fyldig, tar plass” (linje 8). I tillegg til at dette er et eksempel på å gi molekyler egenskaper basert på makroskopiske prinsipper, viste også Trym en vanlig oppfatning innenfor kjemi, at luft ikke veier noe. At karbondioksid er vektløst begrunnet Trym med at det er fordi det er luft (linje 14).

Even sa også at han trodde at treet hentet det meste av vekten sin fra vannet. I motsetning til Trym ga Even mer uttrykk for usikkerhet og ønsket heller ikke å gi noen forklaring på hvorfor han mente det er vannet framfor karbondioksid. Olav ble ikke spurt direkte etter hvor han trodde treet fikk vekten sin fra i sitt intervju.

4.5 Atomer, molekyler og bindinger: ingen, passiv eller aktiv kontroll?

I løpet av de fire intervjuene varierte elevenes bruk av begrepene *atomer*, *molekyler* og *bindinger*. Ut i fra elevens forklaringer kan dette bli kategorisert i de tre gruppene: ”ingen kontroll”, ”passiv kontroll” og ”aktiv kontroll” (Bravo, et al., 2008). ”Aktiv kontroll” er delt inn i tre underkategorier (nettverk, anvendelser i en kontekst og syntese). Disse kategoriene og er beskrevet i figur 4, kapittel 3.5. Hvilken kontroll elevene hadde i de fire intervjuene er vist i tabellene under. Kriteriene som er brukt for denne inndelingen er hentet fra tabell 1.

Tabell 8: Hvilken kontroll Even har over begrepene *atom*, *molekyl* og *binding* i de fire intervjuene.

EVEN				
Begrep	Intervju 1	Intervju 2	Intervju 3	Intervju 4
Atom	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Aktiv kontroll <i>Anvendelse i en kontekst</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>	Aktiv kontroll <i>Anvendelse i en kontekst</i>
Molekyl	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Aktiv kontroll <i>Anvendelse i en kontekst</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>	Aktiv kontroll <i>Syntese</i>
Binding	Ingen kontroll <i>Gjenkjennelse</i>	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>

Tabell 9: Hvilken kontroll Olav har over begrepene *atom*, *molekyl* og *binding* i de fire intervjuene.

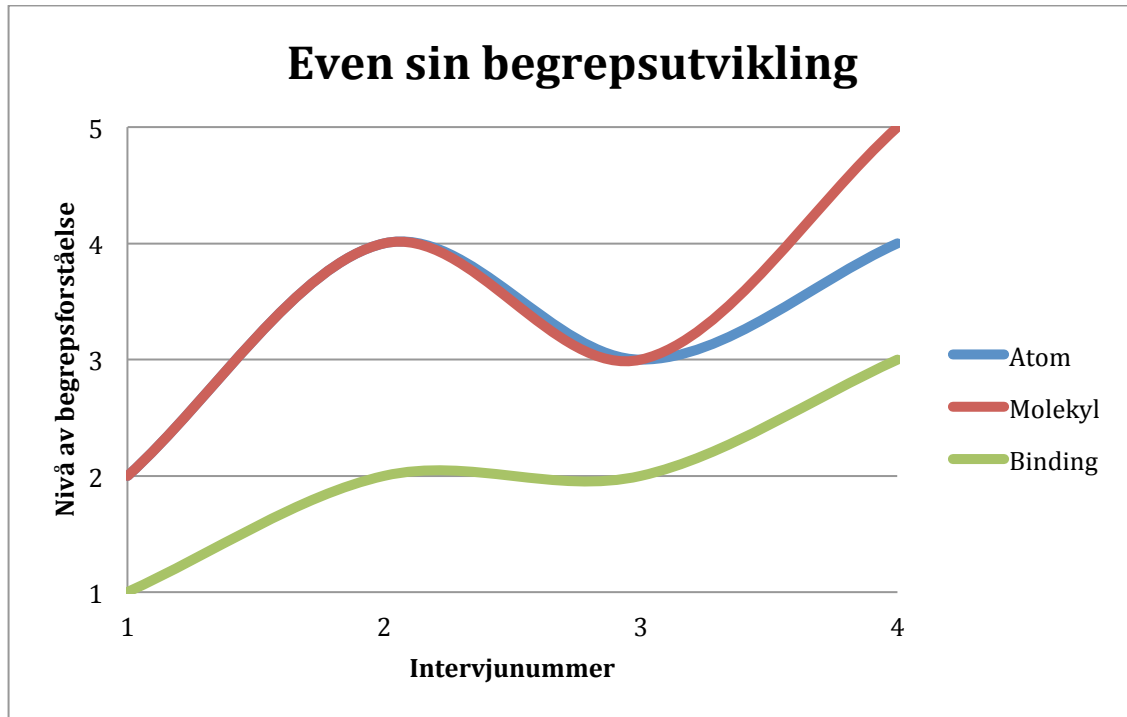
OLAV				
Begrep	Intervju 1	Intervju 2	Intervju 3	Intervju 4
Atom	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Aktiv kontroll ¹ <i>Anvendelse i en kontekst</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>	Aktiv kontroll <i>Syntese</i>
Molekyl	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Aktiv kontroll ² <i>Anvendelse i en kontekst</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>	Aktiv kontroll <i>Anvendelse i en kontekst</i>
Binding	Ingen kontroll <i>Gjenkjennelse</i>	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>

Tabell 10: Hvilken kontroll Trym har over begrepene *atom*, *molekyl* og *binding* i de fire intervjuene.

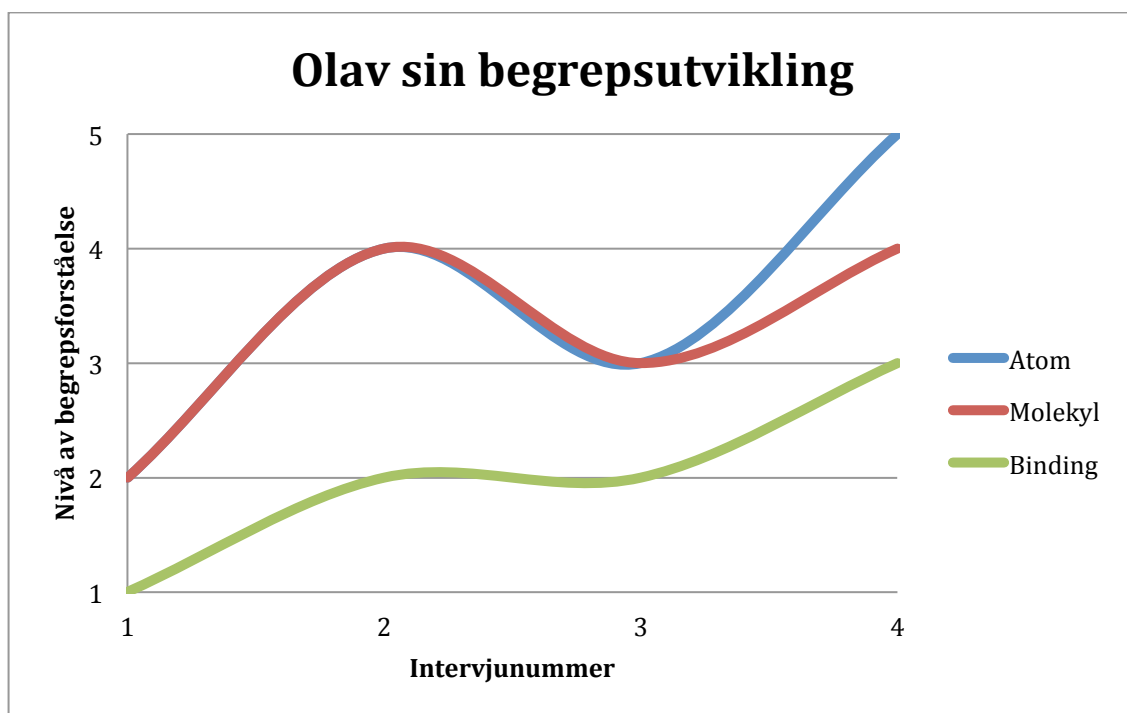
TRYM				
Begrep	Intervju 1	Intervju 2	Intervju 3	Intervju 4
Atom	Ingen kontroll ³ <i>Gjenkjennelse</i>	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>	Aktiv kontroll <i>Syntese</i>
Molekyl	Ingen kontroll <i>Gjenkjennelse</i>	Aktiv kontroll <i>Anvendelse i en kontekst</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>	Aktiv kontroll <i>Syntese</i>
Binding	Ingen kontroll <i>Gjenkjennelse</i>	Aktiv kontroll <i>Anvendelse i en kontekst</i>	Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>

- 1: På grunnlag av tabell 6 (Olavs oppfatning om at atomene forandrer seg (første til siste intervju).
- 2: Tydelig utvikling i løpet av intervjuet. Viser høyeste nivå.
- 3: På grunnlag av tabell 5 (Tryms oppfatning om at atomene forandrer seg (første til andre intervju).

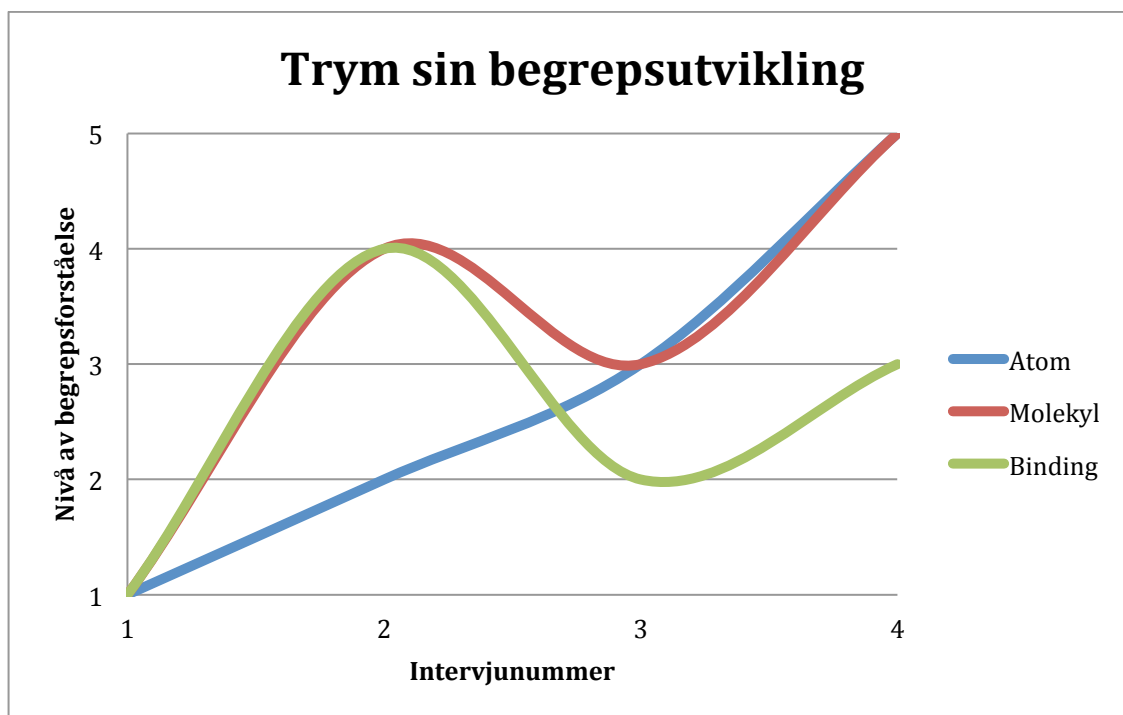
Elevenes utvikling presenteres i diagrammene under. Verdiene som er brukt er ”ingen kontroll” (verdi 1), ”passiv kontroll” (verdi 2), ”aktiv kontroll 1” (verdi 3), ”aktiv kontroll 2” (verdi 4) og ”aktiv kontroll 3” (verdi 5).



Figur 5: Viser Evens utvikling av begrepene *atom*, *molekyl* og *binding* fra første til siste intervju.



Figur 6: Viser Olavs utvikling av begrepene *atom*, *molekyl* og *binding* fra første til siste intervju.



Figur 7: Viser Tryms utvikling av begrepene *atom*, *molekyl* og *binding* fra første til siste intervju.

Som diagrammene over viser hadde elevene ”ingen” eller ”passiv kontroll” av alle begrepene i første intervju. I andre intervju hadde elevene utviklet sin forståelse av alle begrepene til ”passiv kontroll” eller høyere. Det var mange tilfeller hvor elevene uttrykte en bedre begrepsforståelse i andre intervju, sammenlignet med det tredje. I tredje intervju var det som kjent en annen intervjuer, noe som kan påvirke resultatene. Det ble i det andre intervju hyppig vist tilbake til observerte forsøk. Dette kan trolig gjøre at elevene lettere klarte å bruke begrepene i ulike kontekster og i sammenheng med andre ord og begreper.

Alle elevene viste i siste intervju at de hadde utviklet sin forståelse til å kunne bruke begrepene atomer og molekyler ulike kontekster, knytte de til tidligere observerte forsøke eller undersøkelser. Elevene klarte også i det siste intervjuet å bruke enten *atom*- eller *molekylbegrepet* i en ny kontekst eller situasjon. Elevene arbeidet med utforskende arbeidsmetoder i fagperioden mellom tredje og fjerde intervju. Et av målene i denne perioden var at elevene skulle bli bedre kjent med karbonets kretsløp. Dette kan være faktorer som trolig spiller inn i elevens utvikling.

Elevene hadde en lavere utvikling av begrepet *binding*, sammenlignet med de to andre begrepene. Alle elevene startet i første intervju med å ha ”ingen kontroll” av begrepet. I løpet av de fire intervjuene hadde alle elevene utviklet sin forståelse til ”aktiv kontroll” (nettverk). Elevene brukte i det siste intervjuet bindingsbegrepet i sammenheng med andre ord eller begreper. Det viste seg at begrepet var noe mer krevende å knytte til andre kontekster enn de resterende begrepene var. I elevenes intervjuer var det mange likehetstrekk mellom de tre elevens om hvordan de uttrykte bindingsbegrepet.

4.6 Elevenes uttalelser om hvordan bindinger oppstår

Ett uttrykk som hyppig ble brukt hos de tre elevene var ”bindingene brytes”. Elevene sa sjeldent noe om at bindinger dannes. I første intervju var det ingen av elevene som sa dette, men i andre, tredje og fjerde ble uttrykket til sammen brukt 16 ganger. Tabellen under viser fordelingen av når elevene sa at bindingene ble brutt.

Tabell 11: Vise hvor mange ganger de ulike elevene sa at ”bindingene brytes”.

	Intervju 1	Intervju 2	Intervju 3	Intervju 4
Even	0	3	1	2
Olav	0	1	1	3
Trym	0	4	1	0

Antall ganger elevene sa at ”bindingene dannes” var mer sjelden. I de tolv gjennomførte intervjuene er det to uttalelser rettet mot dannelse av bindinger. Trym sa i det andre intervju at atomene binder seg sammen etter at bindingene brytes:

1. **Int2:** Hva som har skjedd med molekylene? (...)
2. **3:** Brutt, eller, ja, bindingene brytes.
3. **Int2:** Ja.
4. **3:** Og da finner atomene seg nye, andre atomer da, som, som de binder seg sammen med, og danner ett nytt molekyl.

Selv om Trym ikke sier at bindingene dannes, bruker han verbet *binde* i beskrivelsen om hvordan nye molekyler dannes (linje 4). Dette skiller seg fra hvordan han og de andre elevene beskrev dette i tilsvarende spørsmål i de andre intervjuene.

Den andre gangen dannelse av bindinger ble nevnt var i det andre intervjuet med Even. Selv om Even sa at det var det var nye stoffer som ble dannet, hjalp intervjuer til med å vinkle dette mot dannelse av bindinger:

1. **Int2:** (...) Hvilke stoffer er det som er med i forbrenning i cellene?
2. **1:** Det er oksygen og glukose.
3. **Int2:** Mhm, mhm. Ja, og hva er dannes?
4. **1:** Det dannes karbondioksid og vann.
5. **Int2:** Mhm, og så det du sa i stad? Som er ...
6. **1:** Energi.
7. **Int2:** (...) Hva er det som forandrer seg i cellene, (...), celleånding? Hva forandrer seg?
8. **1:** Med molekylene?
9. **Int2:** Mhm, ja.
10. **1:** Ja, eeh, bindingene brytes ... Og de finner nye partnere på en måte da.
11. **Int2:** Mhm, ja, mhm. Og hva, er det noe som er uforandra?
12. **1:** Nei, det tror jeg ikke.
13. **Int2:** Men du sa at det dannes nye bindinger mellom ... (Pause).
14. **1:** Ja, mellom oksygen og hydrogen, da.
15. **Int2:** Mhm.
16. **1:** Og karbon.

Even sa (linje 4) at det som blir dannet i forbrenning i cellene er karbondioksid og vann. Da han igjen ble spurt om hva som forandrer seg, sa han at bindingene brytes (linje 10), men la ikke til at bindinger dannes. Selv om han ikke nevner dette selv, spør intervjuer hvilke bindinger som blir dannet (linje 13). Even sier da at bindinger som dannes er mellom oksygen og hydrogen samt karbon (linje 14 og 16).

Slik Even uttrykte seg i linje 10, viste seg å være gjengående hos alle elevene. Elevene forklarte på ulike tidspunkt gjennom året at ”bindinger brytes”, mens de la til at ”stoffer ble dannet”. I tabellen under er hentet ut noen eksempler på hvordan elevene forklarte kjemiske bindinger.

Tabell 12: Sitat fra intervjuene hvor elevene sier at "bindingene brytes og stoffer dannes".

ELEV	SITAT
Even, intervju 1	1: (...) så brytes bindingene og det dannes karbondioksid og H ₂ O, vann.
Olav, intervju 3	2: At de kan, at bindingene brytes og det blir dannet nye. Int3: Mhm, nye? 2: Atomer, nei? Molekyler.
	Kommentar: Første sitat kan tyde på at eleven mente at det ble dannet nye bindinger, men oppfølgingsspørsmålene avdekket av Olav ikke bevisst rettet svaret mot bindingene.
Olav, intervju 4	2: (...) bindingene til H ₂ O og karbondioksid brytes, og det dannes glukose.
Trym, intervju 2	3: Ja, med, på makronivå, men inni så var det bindinger som brytes. Int2: I hva da? 3: Inne, mellom hydrogenatomene. Int2: Mhm, og når de brytes, hva skjer da videre? 3: Da dannes, (...) det nye molekyler og atomer.
Trym, intervju 3	Int2: Mhm, hva kan ha skjedd med de molekylene, da som opprinnelig... 3: Bindingene kan ha bruttes. Int2: Ja. 3: Og da... Int2: Og når de brytes, så, hva kan skje videre da? 3: Da danner det seg nye stoffer.

4.7 Symbolsk representasjon

Det viste seg at elevene brukte mer symbolsk representasjon i de senere intervjuene, enn de gjorde i de første. I tillegg til at elevene fikk flere undervisningstimer i løpet av 8. trinn, forandret også temaene seg. Det er trolig mer naturlig å bruke symboler i samtale rundt fotosyntese og celleånding, enn rundt forbrenning av tre, siden stoffet cellulose er mer ukjent for elevene. Tabellen under viser hvilke symboler elevene brukte i intervjuene. Tallet i parentes angir hvor mange ganger elevene brukte de ulike symbolene.

Tabell 13: Viser hvilke symboler elevene brukte i intervjuene. Antall ganger per symbol i parentes.

INTERVJU	EVEN	OLAV	TRYM
1	Ingen	Ingen	H ₂ O (1)
2	H ₂ O (1)	Ingen	CO ₂ (2) H ₂ O (3) O ₂ (1) "Formlene" (1)
3	CO ₂ (4) H ₂ O (1) C ₆ H ₁₂ O ₆ (1)	CO ₂ (1) H ₂ O (1) C ₆ H ₁₂ O ₆ (1)	CO ₂ (1) H ₂ O (1) C ₆ H ₁₂ O ₆ (1)
4	CO ₂ (4) H ₂ O (2)	H ₂ O (3) O ₂ (1)	CO ₂ (2) H ₂ O (2) O ₂ (1) "Formlene" (1)
<p><u>Kommentar:</u> Olav og Trym uttrykte formelen C₆H₁₂O₆ med ord (seks karbonatomer, tolv hydrogenatomer og seks oksygenatomer).</p>			

Trym var den eneste av elevene som brukte symbolsk representasjon i første intervju. I dette intervjuet brukte han det i en forklaring på makronivå:

1. **Int1:** Mhm. og i treet da, hva slags stoff i treet?
2. **3:** Det, eeh, jeg vet ikke, men jeg tror kanskje det er litt H₂O.
3. **Int1:** Mhm.
4. **3:** Siden det er kanskje litt fuktighet i det.

I linje 4 på peker Trym at han tenkte på H₂O som en forklaring av vann, da han knyttet dette til fuktighet i treet. Noe av det som kommer tydeligst fram i tabellen over er at alle elevene i tredje intervju brukte strukturformelen til glukose. Spørsmålet om hva glukosemolekylet er

bygd opp av, kom alltid etter at eleven selv har nevnt at glukose blir dannet i fotosyntesen. Tabellen under viser hvordan elevene uttrykte seg i disse situasjonene:

Tabell 14: Viser hvilken i kontekst elevene brukte strukturformelen til glukosemolekylet.

ELEV	BRUK AV STRUKTURFORMELEN $C_6H_{12}O_6$
Even	Int3: Glukose, hva er det den er oppbygd av? Grunnstoff, atom. 1: $C_6H_{12}O_6$.
Olav	Int3: Ja. Husker du hva glukose er bygd opp av? 2: Hva den er bygd opp av? Int3: Ja. 2: Emmm. Seks karbonatomer, eller molekyler. Int3: Ja. 2: Og så var det tolv hydrogenatomer og så var det seks oksygenatomer.
Trym	Int3: Og hva er det de, for eksempel glukose da, er oppbygd av? 3: Eh, seks karbonatomer, tolv hydrogenatomer og seks oksygenatomer.

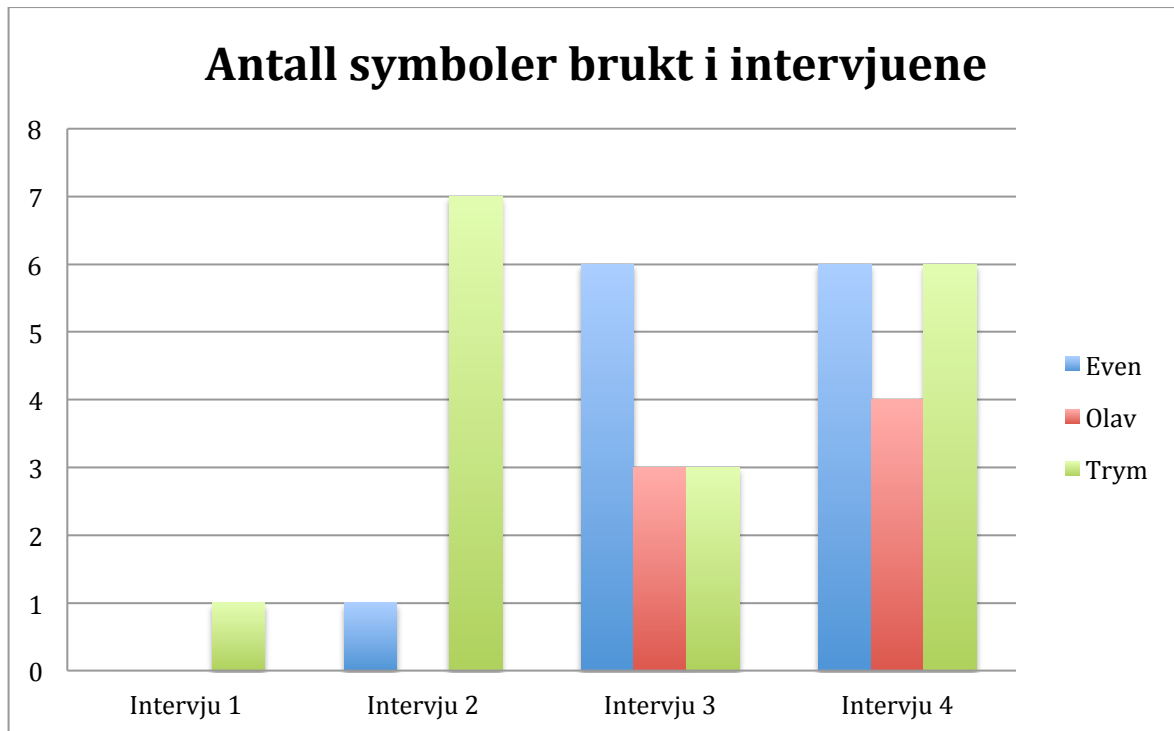
Det er mange likhetstrekk mellom spørsmålene som stiltes og svarene elevene kom med i denne konteksten. Det kan skyldes at elevene kjente til reaksjonslikningen for fotosyntesen, og derfor nevnte alle elevene glukose som ett av produktene. Alle elevene forklarte videre hvor hydrogen-, oksygen- og karbonatomene kommer fra. Det varierte noe hvor mange hjelpespørsmål elevene trengte før de kom fram til at stoffene i glukose kommer fra H_2O og CO_2 .

Trym var den eleven som varierte sin symbolske representasjon mest i de fire intervjuene. I to av intervjuene brukte han begrepet "formlene" for å uttrykke hva som skjedde i en kjemisk reaksjon. I det andre intervjuet var som kjent ett av temaene celleånding. Trym ble spurt om hva som skjedde med glukosemolekylet inne i cella. Han svarte at det *brytes*, og utdypet at det var formlene og atomene som ble brutt. Dette begrepet gjentas i siste intervju, da intervjuer spør hvordan han vet at både vann og karbondioksid trengs i dannelsen av glukose:

- Int4:** Hvordan kan du være sikker på det?
- 3:** Sånn for hvis ikke så blir bindingene feil, og formlene feil.

Det tyder på at Trym bruker symbolsk representasjon til å reflektere over svarene. Trym var den eneste av elevene som valgte å uttrykke seg med symboler i første intervju. Tabellen under viser hvor mange symbolske representasjoner elevene brukte i de fire intervjuene.

Tabellen tar ikke tatt hensyn til om samme representasjon blir gjentatt flere ganger i samme intervju.



Figur 8: Viser hvor mange symboler de tre elevene brukte i de fire intervjuene.

Olav (rød søyle) skiller seg ut ved at han bruker minst symbolsk representasjon. Han bruker ingen symboler i de to første intervjuene. Både Olav og Even (blå søyle) øker bruken av symbolsk representasjon i løpet av de fire intervjuene, bortsett fra at Even har like mange i de to siste intervjuer. Trym (grønn søyle) klart mest symbolsk representasjon. I andre intervju bruker han mange symbolske representasjoner, sammenlignet med de to andre elevene. Som tidligere vist resonnerer ofte Trym seg fram til produkter i forbrenningsreaksjoner. Dette kan være en faktor for hvorfor han bruke forholdsvis mye symbolsk representasjon i dette intervjuet.

5 Drøfting

Problemstillingen i denne oppgaven dreier seg om elevers forståelse av kjemiske reaksjoner. Det ble gjort en avgrensning til bare å se på begrepsutvikling knyttet til kjemiske reaksjoner. I dette kapitlet vil resultat og analyse bli sett i sammenheng med den nevnte teorien. Drøftingen er i to hoveddeler. Den første er hvordan elevenes forklaringer på *makronivå*, *mikronivå* og med *symbolsk representasjon* utvikler seg i løpet av 8. trinn. Deretter blir elevenes utvikling av begrepene *atom*, *molekyl* og *bindinger* drøftet. Kategoriseringen av elevenes begrepsforståelse er gjort ved å sortere begrepene inn i Bravo, et al. (2008) sin kategorisering, ”ingen kontroll”, ”passiv kontroll” og ”aktiv kontroll”. Avslutningsvis vil undersøkelsens kvalitet bli drøftet.

5.1 Utvikling av forklaringer på makronivå, mikronivå og med symbolsk representasjon

Inndelingen i dette underkapitlet er gjort ved å først se på før- og etter-intervjuene hver for seg, hvor det er en vektlegging på elevens kombinasjon av uttalelser på makro- og mikronivå. Deretter blir elevens bruk av symbolsk representasjon og elevenes tilegning av makroskopiske egenskaper til molekyler drøftet.

5.1.1 Utvikling fra første til andre intervju

5.1.1.1 Samtaler rundt forbrenning av fyrstikk

Resultatene viser at alle de tre elevene i starten av 8.trinn uttrykte hva som skjedde med stoffet i fyrstikken på makronivå. Det er ifølge Taber og García-Franco (2010) naturlig for elevene å knytte fenomener i kjemi direkte til makronivå. Da elevene observerte den brennende fyrstikken, la de trolig merke til at treet ble svart og at det ble dannet røyk. Dette kan være en grunn til at elevene valgte å omtale stoffet som ”trestoff” på makronivå, framfor ”molekyler” på mikronivå. Dette samsvarer med tidligere forskning som viser at elever forståelse har en tendens å gå fra en makroskopisk til en mikroskopisk forståelse (Liu & Lesniak, 2006).

Siden elevene hovedsakelig omtalte den kjemiske reaksjonen på makronivå, brukte de ulike resonnement i sine uttalelser til å beskrive fenomenet. Det var tydelig at Olav brukte

erfaringer fra andre situasjoner til å komme fram til utgangsstoffene i forbrenningen av tre. Både i første og andre intervju ga han uttrykk for at forbrenningsreaksjonen trengte tilgang på ulike gasser. Han sa at dersom oksygen ble stengt av, ville flammen slukne. Denne erfaringen rundt forbrenningsreaksjoner kan Olav ha tatt med seg fra vedfyring i en ovn eller fra en flamme på en gassbrenner. Dette på grunn av muligheter for å stenge av lufttilførsel, noe som ikke var mulig å gjøre uten hjelpemidler i dette forbrenningsforsøket. Ifølge Carey (2000) er tidligere erfaringer grunnleggende byggeklosser i elevenes læring. Han tok ikke selv i bruk uttalelser på mikronivå for å utdype reaksjonens oksygenbehov i første og andre intervju. Det var intervjueren som først brukte begrepet *molekyler* i denne samtalen. Olav sa at molekylene blandet seg med gassen som kommer når den blir brent. På tross av denne uttalelsen på mikronivå, kan det tyde på at Olav reflekterte rundt reaksjonen hovedsakelig på makronivå. Dette på grunn av beskrivelsen ”blande seg”, som trolig er et uttrykk hentet fra makronivå. Han viste også til tidligere observasjoner og erfaringer i sine uttalelser. Dette kan knyttes til det diSessa (1988) kaller ”knowlegde-in-pieces”. Elevene kan bruke sine tidligere kunnskaper til å forklare nye fenomener, noe som Olav trolig gjorde da han reflekterte over forbrenningsreaksjonen.

Even omtalte i det andre intervjuet forbrenning av tre på omtrent samme måte som i første intervju, med uttalelser kun på makronivå. Dette skilte seg fra Trym som i det andre intervjuet tok i bruk ordet ”binding”. Han kombinerte makro- og mikronivå ved å si at utseende til fyrstikken var annerledes etter forbrenning, og knyttet dette til at bindinger kan ha blitt brutt. Trym var i dette intervjuet mer tydelig i sine uttalelser på mikronivå, sammenlignet med da han ble spurt om molekyler i første intervju, da han kun omtalte det observerbare.

5.1.1.2 Samtaler rundt forbrenning av hydrogengass

Elevenes samtaler rundt forsøket ”Forbrenning av hydrogengass i ballong” i andre intervju, skilte seg noe fra tidligere forklaringer om kjemiske reaksjoner. Som tabell 2 viser, var dette ett av forsøkene som ble gjennomført i fagperioden mellom første og andre intervju. Alle de tre elevene startet samtalen i etter-intervjuet med å uttale seg på makronivå. De sa at det skjedde en eksplosjon, kom flammer og at de hørte et smell. Dette kan være naturlig, da intervjueren viste til forsøket ved å si at en ballong ble tent på, noe som er observerbare beskrivelser. Even og Trym forklarte videre hva som skjedde i reaksjonen ved å kombinere forklaringer på makronivå, mikronivå og med symbolsk represensasjon. Trym sa at ballongen

sprakk da den ble tent på, mens han utdypet skillet ved å si: ”Ja, (...) på, makronivå, men inni så var det bindinger som brytes”. Denne uttalelsen viser at Trym kunne veksle mellom makro- og mikronivå, noe Johnstone (2009) påpeker som krevende.

Da Trym ble spurt etter hvilke stoffer som ble dannet i reaksjonen, var han mer nølende i sin uttalelse. Han tippet både gassene O_2 og CO_2 , før han kom fram til at det var H_2O som ble dannet. Grunnen til at Trym trakk fram disse alternativene, kan være at han brukte tidligere erfaringer i sitt resonnement. Det kan virke som Trym generaliserer sin kunnskap fra tidligere forsøk, til å gjelde flere fenomener enn de opprinnlig gjør. Ifølge Talanquer (2006) har elever en tendens til å gjøre dette. Ett eksempel på forsøk kan være da fyrstikken ble brent, hvor CO_2 var ett av produktene som ble dannet når tre brenner med tilgang på O_2 . Eleven kan da genrealisere sin kunnskap, og dermed hevde at CO_2 er et produkt også i forbrenningen av hydrogengass. Dette kan også ses på som ”knowlegde-in-pieces”, hvor elevene henter elementer fra ulike erfaringer til å forklare fenomener (diSessa, 1988, s. 49-61). Uttalelsen om at både O_2 og CO_2 blir dannet da hydrogengassen ble tent på kan også tyde på at eleven gjetter i stedet for å bruke et logisk resonnement.

Da Even ble spurt hvilke stoffer som inngikk før og etter forbrenningen, brukte han følgende begreper i sin forklaring: *hydrogengass, oksygenmolekyler, bindinger, karbondioksid, H_2O og vann*. Sammenlignet med Trym, var ikke Even like tydelig på vekslingen mellom nivåene. At Even kombinerer uttalelser på makro- og mikronivå kan være ubevisst. Dette kan være et resultat av undervisningen, hvor fenomener, ifølge Johnstone (2009) blir forklart på flere nivåer samtidig. Det viser seg at erfarne kjemikere kan reflektere over og kombinere alle tre representasjonene i en uttalelse (Kozma & Russell, 1997). På denne måten kan Evens kombinasjon av representasjonsnivåer være et tegn på god forståelse av kjemiske reaksjoner.

Dersom svarene til Even og Trym sammenlignes med Olavs svar, viste det seg å være store forskjeller. Olav ga hovedsakelig forklaringer på makronivå, ved å si at det kom en liten eksplosjon med flammer. Da han ble spurt om molekylene i reaksjonen, sa han igjen at de ”blandet seg”. Han sa også at han ikke visste hva det betydde da noe blandet seg (uttrykket ”blandet seg” vil bli døftet mer i kapittel 5.3). Det kan tyde på at Olav ikke har fått nok tid til å bearbeide den nye kunnskapen på samme måte som Even og Trym. Ifølge Johnstone (2009) er det individuelt hvor stort ”arbeidsminne” hver enkelt elev har, og tidligere kunnskaper og erfaringer spiller inn på hvor mye informasjon eleven klarer å behandle (Johnstone, 2009).

Elevene var som kjent innom mange ulike forsøk i tiden mellom første og andre intervju (tabell 2). Dersom Olav ikke fikk nok veiledning og hjelp til å bearbeide den nye kunnskapen om kjemiske rekasjoner, kan det ifølge Johnstone (2009) gjøre at han sitter igjen med mindre kunnskap enn ønskelig. I forklaringer rundt forsøk er det vanlig å vekse mellom de ulike nivåene i ett og samme forsøk (Johnstone, 2009). Det kan også tyde på at Olav ikke hang like godt med i skillet mellom de ulike nivåene. Ifølge Taber og Coll (2002) bør læreren være tydelig på sitt språkbruk i sine forklaringer, slik at vekslingen mellom de ulike representasjonsnivåene tydelig komme fram. Johnstone (2009) mener elevene trenger tid og veiledning til å bearbeide den nye kunnskapen og for å gi undervisningen mening. Det kan tyde på at undervisningen mellom første og andre intervju ikke møtte Olavs tidligere kunnskaper på like stor måte som for de to andre elevene. Manglende overlapp mellom det elevene lærer på skolen og det de møter i hverdagen, kan gjøre at kjemi bli oppfattet som mer utfordrende for elevene (Johnstone, 2009, s. 24-28).

5.1.2 Utvikling fra tredje til fjerde intervju

I konteksten fotosyntese uttalte var alle elevene seg på mikronivå. Elevene sa at planten trengte sollys, vann og karbondioksid for å vokse, men ingen av elevene ga en tydelig forklaring på hva som skjedde i den kjemiske reaksjonen. Da intervjueren spurte Even om hva som skjer dersom en bær blir liggende på bakken og råtne, ga han forklaringer på mikronivå, ved å si at ”Bindingene brytes, så får de ikke i seg næring da”. Denne uttalelsen kan tyde på en lite bevisst veksling mellom makro- og mikronivå.

I mellom tredje og fjerde intervju arbeidet elevene med utforskende arbeid og karbonets kretsløp (tabell 3). I etterkant av denne perioden (fjerde intervju) kombinerte alle tre elevene de tre representasjonsnivåene da de omtalte fotosyntesen. Da Even ble spurt etter hvor treet henter stoffene sine fra, sa han at treet henter H₂O fra røttene og CO₂ fra lufta. Trym uttalte dette på omtrent samme måte som Even. Disse uttalelse kan tyde på at elevene har lært dette gjennom lærebøker eller i forklaringer knyttet til praktisk arbeid. Elevene fikk trolig i arbeidsperioden muligheten til å utvikle sin forståelse av fotosyntese ved å studere planter og trær i praktiske aktiviteter, og på den måten kombinere sine eksisterende begrep med de abstrakte begreper på mikronivå. Bravo, et al. (2008) hevder at dersom elevene får knytte sine nye begreper til kjente erfaringer, kan dette gjøre at elevene får en mer reflekter forståelse av et fenomen.

Olav brukte mer egne erfaringer i sine utsagn sammenlignet med de to andre elevene. Olav kombinerte celleånding med råtning og nedbrytere. Dette kan være et eksempel på at arbeidet med råtning av mat (tabell 3) har gjort at han lettere kombinerer forklaringer på de ulike representasjonsnivåene. Han viser også kunnskaper om atomer, ved å forklare karbonets kretsløp. Det kan tyde på at Olav hadde gjennom praktisk arbeid har fått en dypere forståelse av celleånding.

Et likhetstrekk mellom de tre elevene var at de uttrykte fotosyntese og celleånding vanligvis med reaksjonslikningene for reaksjonene som utgangspunkt. Dette gjorde de i både før- og etter-intervjuet. I etter-intervjuene brukte de flere eksempler fra arbeid og forsøk gjennomført mellom mellomperioden. Elevene hadde fortsatt utfordringer ved å forklare hva som skjedde i reaksjonene på mikronivå. Uttalelser om at ”atomer bytter plass” og ”bindinger brytes” ble brukt uten å gi en forklaring på hvorfor eller hvordan dette skjer.

5.1.3 Bruk av symbolsk representasjon

Som tabell 7 viser, brukte elevene mer symbolsk representasjoner i de senere intervjuene enn i de første. I det første intervjuet var det kun Trym som brukte formelen H_2O i sine uttalelser. Det kan tyde på at Trym brukte denne formelen til å presisere at han mente vann, da han begrunnet sitt svar med at det var fuktighet i treet. I det neste intervjuet brukte Trym symbolsk representasjon syv ganger. En av grunnene til at dette antallet var høyt i forhold til første intervju, kan være at Trym som tidligere nevnt var innom flere mulige produkter før han kom fram til at ett av produktene i forbrenning av hydrogengass var H_2O . At han brukte flere symboler kan også tyde på at Trym har bearbeidet kunnskap om kjemiske reaksjoner. I undervisningsperioden mellom intervjuene, arbeidet som kjent (tabell X) elevene med de tre ulike representasjonsnivåene knyttet til flere forsøk. Han brukte også begrepet ”formler” til å forklare hva som skjedde i en kjemisk reaksjon. Trym brukte også formlene til å begrunne sitt svar, da konteksten var celleånding i det siste intervjuet. Dette kan skyldes at Trym har lært seg reaksjonslikningene til forbrenningsreaksjonen, og bruker denne til å reflektere over hvordan celleåndingen foregår.

I det tredje intervjuet brukte alle elevene strukturformelen for glukosemolekylet, da intervjueren spurte direkte om hva glukose er bygd opp av (tabell 13). Elevene kunne kjenne igjen karbonatomet (C) både i formelen CO_2 og i $C_6H_{12}O_6$, og dermed påpeke at karbonatomet kommer fra lufta. At glukosemolekylet består av seks karbonatomer, tolv

hydrogenatomer og seks oksygenatomer, brukte ingen av elevene i sine resonnement. Dette ble spesielt tydelig da intervjueren spurte Even og Trym hvor planter henter det meste av vekten sin fra. Selv om elevene sto igjen med alternativene H₂O og CO₂, var det ingen som knyttet antall atomer i molekylene til forklaringene sine. Det skal nevnes at elevene på 8. trinn mest sannsynlig ikke kjenner til atommassen til de ulike grunnstoffene.

Olav var den eleven som brukte minst symbolsk representasjon. Dette kan ha sammenheng med at han var den eleven som forklarte de kjemiske reaksjonene på makronivå i størst grad i de første intervjuene. Olav brukte ikke symbolsk representasjon før i det tredje intervjuet. I siste intervju brukte han formelen for vann (H₂O) tre ganger og O₂ en gang. Denne utviklingen kan tyde på at han i løpet av de fire intervjuene har fått bedre tid til å sortere kunnskapen, noe som ifølge Johnstone (2009) er viktig for at elevene skal lære mest mulig.

5.1.4 Tilegning av makroskopiske egenskaper til molekyler

I første intervju ga alle tre elevene molekylene egenskaper som kan knyttes til observasjoner av stoffet på makronivå (se tabell 5). De sa at molekylene ble *ødelagt*, *brent opp*, *mindre*, *til noen gasser* eller at *deler ble borte*. Selv om elevene uttaler seg om at ”treet brenner opp”, er det ikke sikkert de mener at treet (eller molekylene) blir borte. Ifølge Barke et al. (2009) har mange elever en tendens til å velge å uttale seg på denne måten utenfor skolen, selv om de har lært om massebevaring. Intervjuene ble gjennomført i skoletiden, og det har trolig påvirket elevenes uttalelser. Elevenes motivasjon til å svare på spørsmål, kan som nevnt påvirke hvor grundig elevene begrunner sine svar (Eklöf, et al., 2012, s. 87-89).

Tilegning av makroskopiske egenskaper til molekyler, kan også komme som en følge av utydelig språkbruk av lærere og elever i undervisningen (Taber & Coll, 2002, s. 226). Dette kan med medføre at elevene ikke henger like godt med i vekslingen mellom de ulike representasjonsnivåene, og dermed gi molekylene egenskaper på makronivå. I tillegg krever det mye arbeid før elevene klarer å kombinere makronivå, mikronivå og symbolsk representasjon (Johnstone, 2009). Alternative oppfatninger kan oppstå på grunn av den stadig vekslingen av nivåene i undervisningssituasjoner (Johnstone, 2009, s. 22).

En vanlig oppfatning hos elever er at stoffer kan brenne opp og bli borte (Bravo, et al., 2008). Elevenes beskrivelser av at molekylene brenner opp og blir borte i første intervju, kan tyde på at elevene tror at stoffer kan forsvinne. En grunn til dette kan være elevenes oppfatning av at

gasser er masseløse, som er en vanlig elevforstilling (Wong, et al., 2012, s. 202). I undervisningsperioden mellom første og andre intervju gjorde elevene forsøk som omhandlet massebevaring i kjemiske reaksjoner (tabell 3), blant annet et som gikk ut på å veie stålull, brenne det og veie det igjen etterpå. Ifølge Wong, et al. (2012) er dette et forsøk som kan være med på å gjøre elevene bevisste på at gasser har masse, da stålull blir ”tyngre” etter forbrenning (Wong, et al., 2012, s. 211). På tross av dette ga Trym og Even fortsatt uttrykk for at har denne forstillingen om at gasser er masseløse, da de i siste intervju sa at treet i fotosyntesen hentet det meste av vekten sin fra vannet. Trym begrunnet dette med at vannet er tungt og veier, mens karbondioksid ikke veier noe. Dette er et tydelig eksempel på å gi molekylære egenskaper direkte knyttet til makronivå, da elevene knytter stoffers egenskaper i romtemperatur, til å forklare hvilke molekyler de mener har størst masse.

En annen grunn til oppfatningen av at treet ikke henter vekten sin fra lufta, kan være at elevene bruker erfaringer fra tidligere forsøk til å forklare dette. I første og andre intervju svarte elevene at fyrstikken ble lettere etter forbrenning. Både Trym og Even sa i første intervju at fyrstikken ble lettere fordi fyrstikken så mindre ut. Dersom elevene bruker disse erfaringene til å begrunne hvorfor de mener treet henter det meste av vekten sin fra vann, kan det være et eksempel på det diSessa (1993) kaller p-prims. Elever har et underliggende ønske om å forklare fenomener, og henter med dette tidligere erfaringer til å forklare nye fenomener. Ifølge Hammer (1996) kommer p-prims til syne i undervisningen ved at elever har en tendens til å generalisere sine erfaringer til å gjelde mer enn det de egentlig gjør. Med dette kan det hende at elevene bruker ”luft” synonymt med ”lett”, og dermed ikke tenker på at planter og trær kan få mesteparten av vekten sin fra karbondioksid i lufta.

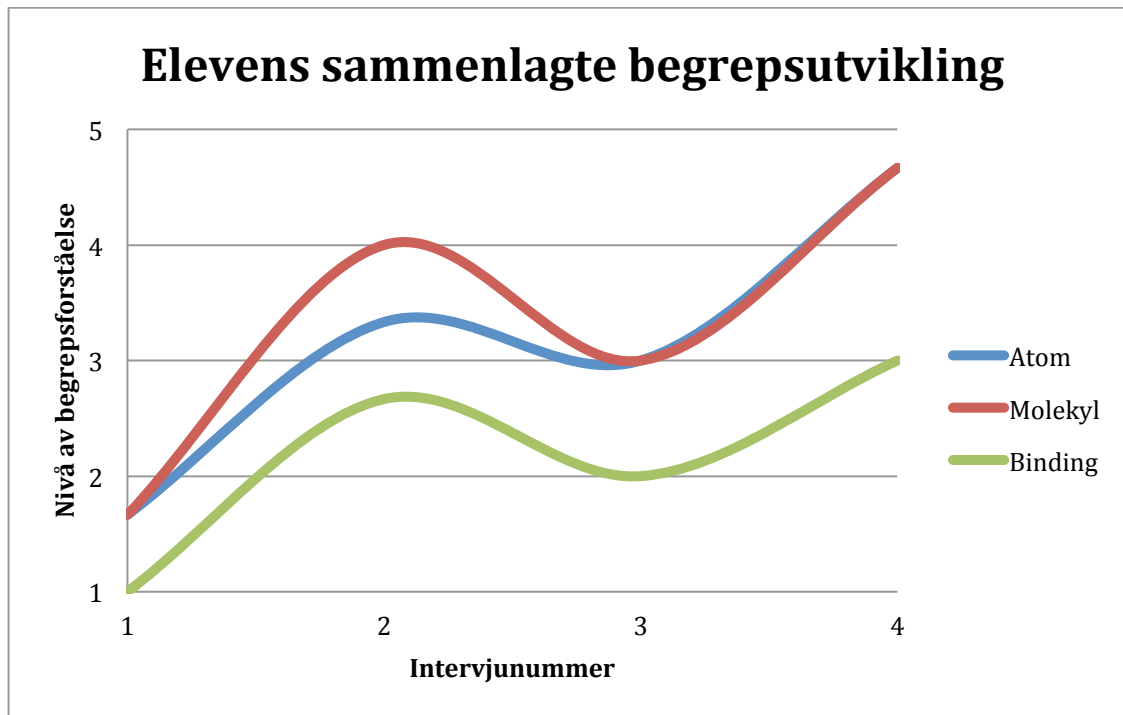
Denne oppfatningen kan også komme av konkrete observasjoner av trær og planter som vokser. Ifølge Taber (2001) vil elever som ønsker at en plante skal overleve sørge for at den får vann og god jord. Med dette kan elevene ”glemme” å tenke over plantenes behov for karbondioksid. Dersom elevene tar med seg forestillinger fra hverdagen, kan dette knyttes til det Barke, et al. (2009) kaller *før-forestillinger*. Disse forestillingene er ofte dannet etter observasjoner i hverdagen, og kan dermed ikke betegnes som ”feil” (Barke, et al., 2009). En utfordring knyttet til disse forestillingene er at de sjelden passer inn i det elevene lærer skolen. Dersom elevene tenker at planten kun trenger vann, kan dette være med å skape utfordringer i forklaringene om hvor planten henter det meste av vekten sin fra.

Dersom forestillinger kommer som en følge av undervisningen, kan den kalles en *skolelaget forstilling* (Barke, et al., 2009, s. 21). Vanlige forestillinger i undervisning kan komme som en følge av partikkelbegrepet. Dersom elevene bruker partikkelmodellen i sitt resonnement, kan partikkelbegrepet være en utfordring ved at den kan defineres ulikt fra elev til elev (Johnson, 2012). I partikkelmodellen blir som kjent atomer, molekyler og ioner omtalt med en fellesbetegnelse *partikkel*, noe som skiller seg fra det elevene ofte kaller partikler i dagligtalen (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 70). Ifølge Taber (2005) kan det være vanskelig for elever å gi partiklene i undervisningssituasjoner mening, på grunn av at de er abstrakte. Elever kan ha en tendens til å overføre egenskaper fra observerbare partikler inn i forståelsen av partikler på mikronivå (Taber, 2005). Et eksempel kan være at elevene omtaler vannmolekyler som vandrdåper, og derfor mener at det meste av vekten til treet kommer fra vannet.

Selv om elevene ga uttrykk for alternative forestillingene, kan det hende at elevene er mer reflekterte over disse forestillingene enn det de uttrykker muntlig. Analysen er gjort på grunnlag av elevenes uttalelser, slik at denne studien ikke har mulighet til å undersøke om elevenes uttalelser reflekterer det elevene tenker og mener.

5.2 Ingen, passiv eller aktiv kontroll?

Elevene viste en tydelig utvikling i hvordan de brukte begrepene *atom*, *molekyl* og *binding*, sett i sammenheng med Bravo, et al. (2008) sin inndeling av begrepsforståelse. Ut i fra tabellene 8, 9 og 10 har det blitt utarbeidet et diagram (figur 9) som viser elevens sammenlagte utvikling av forståelsen av begrepene. Denne tabellen er laget på grunn av at det viste seg å være mange likhetstrekk mellom de tre elevens begrepsutvikling.



Figur 9: Viser elevenes sammenlagte utvikling av begrepene *atom*, *molekyl* og *binding* fra første til siste intervju.

Figuren viser at elevene i førintervjuene (intervju 1 og 3) hadde en lavere begrepsforståelse av begrepene, sammenlignet med de to etter-intervjuene (intervju 2 og 4). Dette kan ses i sammenheng med at elevene fikk flere erfaringer knyttet til begrepene i arbeidsperioden. Elevene hadde en tydelig nedgang av begrepsforståelse i tredje intervju. Det kan tyde på at temaet fotosyntese og celleånding gjorde det vanskeligere for elevene å knytte begrepene i andre kontekster, slik at begrepsforståelsen gikk ned til en passiv begrepsforståelse. Dette i tillegg til at intervjueren ikke hadde fulgt elevens utvikling tidligere på året, noe som trolig påvirket i hvilken grad elevene fikk vist sin forståelse.

Figuren over viser også at elevene utviklet en høyere begrepsforståelse av atomer og molekyler, sammenlignet med bindingsbegrepet. Elevene startet med en lavere kontroll over

bindinger i første intervju, samtidig som de hadde en lavere forståelse av dette begrepet på slutten av åttende trinn. På grunn av denne tydelige forskjellen mellom begrepene *atomer* og *molekyler* og bindingsbegrepet, blir denne inndelingen av fulgt i de to påfølgende underkapitlene (5.2.1 og 5.2.2).

5.2.1 Elevenes utvikling av begrepene atom og molekyl

Begrepene *atom* og *molekyl* kan betegnes som ord eller begreper elevene stort sett møter i undervisning. Sjøberg (2009) mener disse ordene er lettere å lære på grunn av at elevene ikke har opparbeidet seg så mange forstillinger og forventninger til disse begrepene. Det viste seg i første intervju at elevene hadde ”ingen kontroll” over disse ordene. Som figur 9 viser, økte elevenes forståelse og av disse begrepene fra ”ingen” og ”passiv kontroll”, til å få en høy ”aktiv kontroll”.

Elevene brukte disse to begrepene i ulike kontekster i løpet av de fire intervjuene. I det første intervjuet spurte intervjueren ofte etter hva som skjedde med ”stoffet” i den kjemiske reaksjonen. Elevens definisjon av *stoff* har stor påvirkning for hvordan elevene brukte begrepene *atom* og *molekyl* i sine forklaringer. Ifølge Håland (2010) er dette ordet utfordrende for norske elever, da det har flere ulike definisjoner. ”Stoff” kan både brukes om materiale (for eksempel ”trestoff”), og reint stoff (for eksempel ”grunnstoffet karbon”). Det kan tyde på at elevene valgte å forklare *stoff* som materiale i disse spørsmålene, og på den måte viste en lavere forståelse av atom- og molekylbegrepene. Ifølge Taber og Coll (2002) kan tydelig språkbruk i undervisningen gjøre det lettere for elevene å skille mellom stoffer på makro- og mikronivå.

I de senere intervjuene fikk elevene en gradvis bedre kontroll av begrepene. Det kan tyde på at elevene gjennom praktisk arbeid i undervisningen, deriblant utforskende arbeid og fokus på de grunnleggende ferdighetene, hadde en påvirkning på denne utviklingen. Arbeidsmetodene elevene brukte kan sammenlignes med prosjektet ”Forskerføtter og leserøtter” som ønsker å kombinere utforskende arbeidsmetoder og grunnleggende ferdigheter sammen (Ødegaard, et al., 2014). Elevene i prosjektet ”Variert og praktisk arbeid i naturfag” vil i likhet med elevene i ”Forskerføtter og leserøtter” møte begrepene i ulike tilnærminger i undervisningen. Begrepene får i disse undervisningsoppleggene bruke samme begrep i ulike situasjoner. Ifølge Haug og Ødegaard (2014) kan dette ha positiv effekt på elevens begreplæring.

5.2.1.1 Tryms oppfatning om at atomene blir mindre

I spørsmålene om atomer forandrer seg under en kjemisk reaksjon, hevdet Trym både i første og andre intervju at atomene blir mindre (tabell 5). Han utdyper denne påstanden med at atomene smelter. Mye kan tyde på at Trym har en manglende forståelse for makro- og mikronivå, samtidig som han forveksler kjemiske reksjoner og faseoverganger. Dette på grunn av at han bruker smelting, som er en tilstandsending, til å forklare en kjemisk reaksjon. Dersom Trym har denne oppfatningen, kan det tyde på at han har utfordringer ved å skille inter- og intramolekylære bindinger. Dette kan være grunnen til at han knytter egenskaper til tilstandsending direkte til kjemiske reaksjoner. Før første intervju ble partikkelmodellen repetert (tabell 3). De intermolekylære bindingene ble demonstrert ved at ris representerte vannmolekyler og erter representerte etanolmolekyler. Dette ble gjort for å demonstrere partiklene i væskeform. I arbeidsperioden mellom første og andre intervju, brukte elevene molekyl-pinne-sett for å bygge molekyler. Denne modellen viser de intramolekylære bindingene, ved at hver kule representerer et atom. At Trym også i andre intervju hevdet at atomene blir mindre kan skyldes at modellene i kjemi er utfordrende. Det kan hende at Trym sliter med å forstå modellene, noe Taber og Coll (2002) hevder er vanlig for elever i skolen.

Trym utdyper ikke mer hva han mener med smelting, annet enn at det er direkte knyttet opp til at noe minker i størrelse. Det er naturlig å relatere smelting til vann i hverdagen, med eksempler om at snøen smelter eller isbiter i vannglasset, og han kan ha fått inntrykk av at snø og is krymper i smelteprosessen. Det at Trym når han sier at atomene i fyrstikken blir smeltet og mindre etter at den har brent, kan knyttes til det diSessa (1993) kalte p-prims, det vil si menneskets underliggende ønske om å forklare fenomener. I dette tilfellet kan det være at Trym ser for seg en isbit som ligger i sola, og på grunn av varmen vil isbiten smelte og bli mindre. Dersom Trym ser for seg fyrstikken som brenner på samme måte som isbiten, kan han overføre tidligere erfaringer til å forklare dette fenomenet.

Har eleven denne oppfatningen, kan det tyde på at Trym forestiller seg at partiklene i treet (dette tilfellet atomene), har samme egenskaper som treet på makronivå. Partikler er et abstrakt begrep, som det viser seg å være utfordrende å lære (Taber, 2005). Det er ifølge Taber (2005) vanlig at elever forveksler observerbare partikler i hverdagen (støv eller sand), med partikler på mikronivå (atomer eller molekyler). Dersom Trym gjør dette, kan det være grunnen til at han sier at atomene krymper når treet blir brent. Ifølge Taber og Coll (2002) får mange elever forklart at alt består av atomer. Dersom Trym har blitt fortalt dette, kan det

trolig påvirke hans uttalelse om atomene blir mindre, ved at han lettere kan relatere det til observasjoner på makronivå.

Tryms utvikling av begrepene atomer og molekyler skiller seg fra Even og Olavs utvikling. Trym viser en høy lavere begrepskontroll av atomer i andre intervju enn de to andre elevene. Dette kan skyldes at han er i utvikling av begrepet, og holder fast på sine tidligere forestillinger. Etter andre intervju viser eleven en utvikling som strekker seg helt opp til høyeste nivå av begrepskontroll. At Trym viser en rask utvikling av atombegrepet etter andre intervju, kan være på grunn av at han bygget ny kunnskap på sine tidligere erfaringer. Ifølge Taber og García-Franco (2010) kan ufullstendige forståelse, være et godt utgangspunkt for videre utvikling, noe Tryms begrepsforståelse kan være et tegn på. Det kan tyde på at Trym selv så behovet for å endre sin tidligere oppfatning om at atomene krymper. Ifølge Barke, et al. (2009) er når eleven selv ser det som nødvendig å endre sine oppfatninger, at de får en dypere forståelse av et fenomen.

5.2.1.2 Olavs oppfatning om atomene under kjemiske reaksjoner

I første og andre intervju viste det seg at Olav var den eleven som senest begynte å forklare kjemiske reaksjoner med begrepene atomer og molekyler. Det var omtrent ingen tilfeller der Olav selv brukte begrepet *atom* før han ble oppfordret av intervjuer om å gjøre det. Dette skilte seg fra Even og Trym, som tok i bruk atombegrepet i deres andre intervju. På tross av dette var Olav mer reflektert i sine uttalelser, enn de resterende elevene. Olav hadde en ”passiv kontroll” av begge begrepene allerede i første intervju (tabell 6). Dette på grunn av ikke ga atomene egenskaper direkte fra det han observerbare, slik som Trym gjorde da han sa at atomene krympa. Olav sa at han trodde at atomene forandret seg. Han ga ingen forklaring på hva som skjedde, om han mente atomets størrelse forandret seg eller om han viste til bindingene mellom dem. Olav utrykte at han kjente til forskjellen mellom atomer og molekyler, vet at han stilte spørsmålet om molekyllene løser seg fra hverandre når treet brant. Han sa også at dersom de gjør løser seg fra hverandre, blir de til andre atomer. Dette tydet på at han kjente til definisjonen på atomer og molekyler.

Mye kan tyde på at Olav har bearbeidet den nye kunnskapen om atomer i kjemiske reaksjoner mellom første og andre intervju. Dette ved at hans begrepsforståelse gikk fra ”passiv” til ”aktiv kontroll 4” (anvendelse i en kontekst) i denne perioden. Denne utviklingen gjenspeiler

Olavs uttalelser om at han var usikker på om atomene forandret seg, til at han holdt fast på omfatningen at atomene er ”de samme” før og etter en kjemisk reaksjon.

Denne utviklingen fra ”passiv” til ”aktiv kontroll” av begrepet, kan sammenlignes med Piagets skjemaer. Piaget delte elevs læring som en likevektsprosess inn i stadiene *assimilasjon*, *akkomodasjon* og *adaptasjon* (Illeris, 2006, s. 49-50). Mye kan tyde på at Olav *akkomoderte* i første intervju, da han ga uttrykk for usikkerhet i sine uttalelser. Usikkerheten kan ha oppstått som en følge av at den nye kunnskapen ikke passet inn i Olavs eksisterende forståelse. Samtidig som at hans begrepsforståelse ble utviklet til en ”aktiv kontroll”, kan det tyde på at Olav endret sitt eksisterende skjema, slik at den ny kunnskap passer inn i han eksisterende oppfattelse. Denne sammenhengen mellom Olavs uttalelser, ordkontroll og Piagets skjemaer, er samlet presentert i tabellen under.

Tabell 15: Olavs oppfatning om atomene forandrer seg fra første til siste intervju, sett i sammenheng med Bravo, et al. (2008) sin inndeling av begrepsforståelse og Piagets skjemaer (Piaget, 1969).

OLAV			
Intervju 1 Usikker, men tror atomene forandrer seg.	Intervju 2 Mener at atomene ikke forandrer seg.	Intervju 3 Mener at atomene ikke forandrer seg.	Intervju 4 Mener at atomene ikke forandrer seg.
Passiv kontroll <i>Definisjon</i>	Aktiv kontroll <i>Anvendelse i en kontekst</i>	Aktiv kontroll <i>Nettverk</i>	Aktiv kontroll <i>Syntese</i>
<u>Akkomodasjon:</u> Framstår usikker. Må trolig endre sin tidligere oppfatning.	<u>Adaptasjon:</u> Olav holder fast på sin nye kunnskap resten av 8. trinn. Det kan tyde på at han har endret sitt skjema, slik at ny og eksisterende kunnskap er i ”likevekt”.		

5.2.2 Elevenes utvikling av begrepet binding

Binding er et ord som blir brukt mye i hverdagen, men da med andre definisjoner enn det blir brukt i kjemiundervisningen. I hverdagen kan binding bli brukt til å beskrive hvordan to gjenstander sitter sammen med hverandre. Definisjoner av begrepene som elevene har med seg fra hverdagen, er ifølge Barke, et al. (2009), mye bedre bearbeidet enn det de møter i skolen. For at elevene skal kunne utvikle sin forståelse av bindingsbegrepet, bør

undervisningen legge til rette for at elevene kan få reflektere over sine erfaringer. Bravo, et al. (2008) mener det er viktig at elevene får ta utgangspunkt i kjente ord, og videreutvikle sin forståelse ut i fra det.

I naturfag blir bindingsbegrepet brukt til å forklare tiltrekningskreftene mellom partikler, delt inn i inter- og intramolekylære bindinger (Tro & Boikess, 2011, s. 360). Bindinger viser seg å være kompliserte å forklare, og elevene møter derfor bindingsbegrepet med forklaringer og modeller som er tilpasset elever på 8. trinn. Som Taber og Coll (2002) hevder, blir ofte kunnskaper om bindinger i kjemi utviklet gjennom modeller, på grunn av begrepets abstrakte form. Det kan tyde på at elevene sliter med å bruke modellene på en hensiktsmessig måte. Ifølge Levy Nahum, et al. (2010) kan den pedagogiske vinklingen av modeller i grunnskolen, gjøre at den går på bekostning av vitenskapelig korrekthet. Liu og Lesniak (2006) oppdaget i sin forskning av elever ofte oppfatter partiklene som statiske i starten av kjemilæringen. Dersom elevene i denne studien ser på partiklene som statiske, kan dette trolig være med på å gjøre innlæringen av bindingsbegrepet mer krevende.

Elevenes forståelse av partikkelbegrepet, kan være en viktig faktor for hvordan elevene oppfatter partikkelmodellen, og dermed også de intermolekylære bindingene. Dette for å forstå at kulene (partiklene) i modellen representerer atomer og molekyler, og at det er intermolekylære bindingene mellom molekylene som forandres, når for eksempel is smelter til væskeform. Dersom dette ikke kommer tydelig fram, kan det føre til misforståelser. Ifølge Taber og Coll (2002) kreves det gode bakgrunnskunnskaper for å kunne tolke modeller elevene får presentert i kjemi. Elevene fikk som kjent bruke kule-pinne-modeller i undervisningen, som de intramolekylære bindingene mellom atomene. Dersom disse modellene forveksles, kan det trolig medføre at elevene forveksler faseoverganger og kjemiske reaksjoner. En utfordring i kjemiundervisningen, som Hammer (1996) hevder, er at elevene tolker modeller og forklaringer på forskjellige måter. Dette på grunn av at alle elever har ulik oppfatning av verden. Det blir derfor viktig at elevene får uttrykke sin forståelse av modellene, slik at læreren kan oppdage eventuelle alternative oppfatninger. Elevers forestillinger rundt modeller er ofte svært sammensatte, og dermed vanskelige å oppdage (Barke, et al., 2009, s. 21). Ifølge Johnstone (2009) er samtaler med eleven den beste måten å ut av hvilke forståelser elevene har av et fenomen eller en modell. Etter samtaler kan undervisningen lettere tilpasses hver enkelt elev, slik at elevene i en større grad får bruke sine egne oppfatninger av verden til å bygge videre kunnskaper på.

Det varierte hvor tydelig elevene viste sin forståelse i sine utsagn i intervjuene. Elevene ga ofte forklaringer med mange likhetstrekk til definisjoner som finnes i lærebøker. Et eksempel på dette er Even i det andre intervjuet, som ble spurt om hva som skjedde med stoffene i fyrstikken under forbrenningen. Svaret han ga var en generell forklaring, ved å si at dersom det var en kjemiske reaksjon ville det bli dannet et nytt stoff. På tross av denne forklaringen klarte ikke Even å forklare hva slags produkt som ble dannet. Evens svar på oppfølgingsspørsmålene tyder på at den første tilsynelatende gode forklaringene, kanskje ikke skyldtes dyp faglig forståelse.

Elevenes sammenlagte utvikling av bindingsbegrepet gikk fra ”ingen kontroll” til en ”passiv kontroll” av begrepet. Sammenlignet med begrepene *atomer* og *molekyler*, var dette en lavere utvikling. Dette kan skyldes at det er vanskeligere å knytte dette begrepet mot elevens hverdag, enn de to andre begrepene. Det viste seg at Trym var den eleven som viste høyest nivå av begrepsforståelse. Dette var i det andre intervjuet, hvor Trym brukte bindingsbegrepet til å forklare forbrenning av hydrogengass. Han viste at han kjente til at det var bindingen mellom hydrogenatomene som ble brutt i reaksjonen. I samme intervju ble Trym spurt etter hva som skjer når en fyrstikke brenner. Etter at han hadde sagt at fyrstikken endrer utseende, knyttet han dette til at det var på grunn av at bindingen brytes. Han klarte med dette å anvende bindingsbegrepet i ulike kontekster, noe som tyder på en aktiv forståelse av begrepet. Det kan være nærliggende å tro at det var lettere for Trym å forklare bindingsbegrepet da han kunne knytte det til noe kjent. Dette på grunn av at i de senere intervjuene gikk Tryms forståelse av begrepet ned til en ”passiv kontroll”. Dette kan tyde på at observerbare forbrenningsreaksjoner (forbrenning av fyrstikk og forbrenning av hydrogengass) var lettere for Trym å knytte til det abstrakte begrepet *binding*.

5.2.2.1 Forståelsen bak bindingsbegrepet

Som tabell 11 i kapittel 4.6 viser, uttalte elevene hyppig at ”bindingene brytes”. I første intervju var ikke bindingsbegrepet nevnt, slik at elevene i gjennomsnitt nevnte at ”bindingene brytes” opp til flere ganger i løpet av sine resterende intervju. At bindingene dannes ble ikke nevnt på tilsvarende måte. Elevene vinklet i de fleste tilfeller uttalelsene sine mot at stoffer ble dannet, uten at de forklarte hvordan dette skjedde med bindingene. Elevene hadde trolig ikke god forståelser til å forklare hva som skjer med bindingene i kjemiske reaksjoner. Ifølge

Taber og Coll (2002) kan dette gjøre at elever lager sine egne forklaringer til fenomenet. Dette kan være grunnen til at ingen av elevene utviklet en aktiv kontroll av bindingsbegrepet.

Olav brukte i sitt andre intervju begrepet ”blander seg” da han forklarte hva som skjer med atomene i en kjemisk reaksjon. I første del av intervjuet klarte ikke eleven å forklare hva han mente med uttalelsen ”blande seg”. Konteksten var forbrenning av hydrogengass i ballong. Senere i samme intervju ble Olav bedt om å utdype, og da forklarte han at han mente at bindingene brytes, og at nye stoffer eller molekyler ble dannet. Dette utsagnet kom i konteksten celleånding. Denne store forskjellen mellom forklaring av samme spørsmål i samme intervju, noe som kan det tyde på at Olav har en lav forståelse for hva som egentlig skjer med bindinger i en kjemisk reaksjon. Uttrykket ”blandet seg” kan at Olav ikke hadde utviklet mer presise begrep. Dette uttrykket har også kommet syne i andre undersøkelser. Eskilsson (2001) oppdaget også i sin studie av elevers forståelse av materielle forklaringer, at elevene sa at molekyler blander seg. Dette uttrykker han på denne måten:

De säger att molekyler blandas eller går ihop och då bildas något gult. De kopplar alltså samman att molekyler blandas med att något nytt bildas. Molekyler som blandas kan vara en enkel modell för att förklara det som sker på partikelnivå vid en kemisk reaction. (2001, s. 188)

Eskilsson (2001) hevder med dette at uttrykket ”molekyler blander seg”, kan betegnes som en enkel forklaringsmodell for kjemiske reaksjoner. Med dette kan det tyde på at mangel på presise begreper til å forklare bindinger, kan være en utfordring for flere elever.

5.3 Undersøkelsens metode

På grunn intervjuets muntlige form, er det mange faktorer som vil spille inn i elevenes uttalelser. En faktor kan være om intervjueren legger til rette for pause under intervjuet (Thagaard, 2013). Dette vil påvirke elevenes tid til å reflektere over svar, eller om eleven får mulighet til å tilføye samtalen noe. På grunn av at elevene fikk ulik betenkningstid, kan dette påvirke resultatene. Intervjueren ga i flere tilfeller bekræftende uttaleseler i samtalen. Dette var ofte ”mhm” eller ”ja”, som trolig påvirket elevenes videre sitater.

Som kjent inneholdt intervjuguiden ulike utdypningsgrader. Hvordan intervjueren stilte sine spørsmålene ble påvirket av elevenes utsagn. Dette vil påvirke svarene elevene kommer med. Et eksempel på dette er i andre intervju, da Trym uttalte seg om at fyrstikken ble lettere etter forbrenning, fordi ”noe” blir borte. Eleven fikk flere oppfølgingsspørsmål, som førte til at han kom fram til at det han først omtalte om ”borte”, var karbondioksidgass som har gått ut til lufta. I tilfeller hvor likhetstrekk mellom de tre elevene trekkes fram, kan spørsmålene intervjueren stiller i forkant av elevens utsagn være en viktig faktor.

Det viste seg i resultatene at elevene ofte ikke presiserte hva de betegnet som *de* eller *det*. Hva elevene betegner blir i analysen flere ganger tolket ut i fra konteksten. Ofte ble det tolket at elevene mente ”atomer”. Ifølge Taber og Watts (2000) kan dette være en utfordring ved intervjuer, da det er vanlig at mange begreper unnlates i det muntlige språket.

Siden elevene ble intervjuet fire ganger i løpet av 8. trinn, gir dette mulighet til å se på elevenes utvikling. I noen tilfeller viser elever samme type oppfattelse gjennom hele året. Dette kan styrke undersøkelsens troverdighet, ved at store avvik kan drøftes. Ifølge Taber og Watts (2000) kan elevenes gjentatte oppfattelse, være en styrke i tolkningen. En faktor til dette er at elevene for hvert intervju lærer mer og blir mer vant med intervjusituasjonen. Dette kan påvirke elevenes utvikling.

6 Oppsummering og konklusjon

Denne studien viser at elever utvikler sin forståelse av kjemiske reaksjoner i løpet av 8. trinn. Dette kommer fram ved at begrepsbruken og forklaringen av fenomener forandrer seg. Elevene tar i bruk begrepene *atomer*, *molekyler* og *bindinger* i økende grad. Etter Bravo, et al. (2008) sin kategorisering ”ingen”, ”passiv” og ”aktiv kontroll”, viser elevene en økende begrepskontroll av samtlige begreper i løpet av året. Elevene har mange likhetstrekk i sin utvikling. Det viser seg at elevene får en høyere forståelse av begrepene *atomer* og *molekyler*, sammenlignet med begrepet *bindinger*. Dette kan skyldes at elevene lettere knytter atomer og molekyler til tidligere erfaringer, enn det de gjør med bindingsbegrepet. Dette kommer tydelig fram i etter-intervjuene, hvor elevene har konkrete eksempler å vise til. I siste intervju hadde elevene utviklet en ”aktiv kontroll” av begrepene atomer og molekyler.

I første intervju hadde elevene ”ingen kontroll” av bindingsbegrepet, og det var få tilfeller i løpet av året hvor elevene selvstendig brukte begrepet i sammenheng med andre ord eller begreper. Dette kan skyldes at det er utfordrende for elever på 8. trinn å knytte bindingsbegrepet til nye situasjoner. Det kan også tyde på at modellene elevene brukte for å demonstrere inter- og intramolekylære bindinger (partikkelmodellen og kule-pinne-modellen), var vanskelige å skille fra hverandre. Elevene manglet trolig presise begreper til å forklare bindinger, og på den måten ikke forklarte hvorfor kjemiske bindinger oppstår.

I løpet av 8. trinn skifter elevene fra bare å forklare fenomener på makronivå, til å kombinere mikronivå og symbolske representasjoner. Det var en tydelig utvikling hvordan elevene kombinerte disse tre representasjonsnivåene i før- og etter-intervjuene. Dette kan skyldes at i etter-intervjuene hadde elevene flere erfaringer å vise til, etter praktisk arbeid i undervisningen mellom intervjuene. I de to første intervjuene viste det seg at elevene hadde en tendens til å tilegne atomer og molekyler makroskopiske egenskaper. Dette kan være på grunn av at elevene ikke henger med i vekslingen mellom representasjonsnivåene i undervisning, eller at det var en vei til en bedre forståelse. Det viste seg at elevene tilegning av makroskopiske egenskaper til atomer og molekyler avtok noe i løpet av året. Likevel viste elevene denne oppfatningen i siste intervju, i konteksten fotosyntese. Det var ingen av elevene som sa at treet kunne hente vekten sin fra lufta i denne reaksjonen. Dette ble grunnet med at

vannet har ”vekt”, noe luft ikke har. Denne oppfattelsen kan skyldes at prinsippet om massebevaring kan være vanskelig å forstå.

Samtidig som at elevene kombinerte av de tre representasjonsnivåene i økende grad og fikk en høyere begrepsforståelse, viser intervjuene i svært liten grad om elevene skjønner hvorfor kjemiske reaksjoner skjer. Intervjuene viser heller ikke om de forstår begrepet partikkel og om de skjønner forskjell på kjemiske reaksjoner og faseoverganger. Mangelen på omtale av disse momentene gir grunn til å tro at forståelsen er noe mangelfull.

7 Litteraturliste

- Andersen, S. S. (1997). *Case-studier og generalisering: forskningsstrategi og design*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Barke, H.-D., Hazari, A. & Yitbarek, S. (2009). Students' misconceptions and how to overcome them *Misconceptions in Chemistry* (s. 21-36): Springer.
- Bravo, M. A., Cervetti, G. N., Hiebert, E. H. & Pearson, P. D. (2008). *From passive to active control of science vocabulary*. Paper presented at the the 56th yearbook of the National Reading Conference.
- Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13-19.
- De nasjonale forskningsetiske komiteene. (2010). *Kvalitativ metode*. Lokalisert, på <https://http://www.etikkom.no/FBIB/Introduksjon/Metoder-og-tilnarminger/Kvalitativ-metode/>
- diSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. I G. Forman & P. Pufall (Red.), *Constructivism in the computer age* (s. 49-70). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and instruction*, 10(2-3), 105-225.
- Ekeland, P. R., Johansen, O., Strand, S. B. & Rygh, O. (2006). *Tellus 8: naturfag for ungdomstrinnet. [Grunnbok]* (Bokmål, 2. utg.). Oslo: Aschehoug.
- Eklöf, H., Hopfenbeck, T. N. & Kjærnsli, M. (2012). Hva vet vi om elevers testmotivasjon? I T. N. Hopfenbeck, M. Kjærnsli & R. V. Olsen (Red.), *Kvalitet i norsk skole: internasjonale og nasjonale undersøkelser av læringsutbytte og undervisning* (s. 84-96). Oslo: Universitetsforlag.
- Eskilsson, O. (2001). *En longitudinell studie av 10-12-åringars forståelse av materiens forandringer*. (Doktorgradsavhandling, Göteborg University). Lokalisert på https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/10513/3/gupea_2077_10513_3.pdf
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(4).

- Hadenfeldt, J. C., Liu, X. & Neumann, K. (2014). Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research. *Studies in Science Education*, 50(2), 181-208.
- Hammer, D. (1996). Misconceptions or p-prims: How may alternative perspectives of cognitive structure influence instructional perceptions and intentions. *The Journal of the Learning Sciences*, 5(2), 97-127.
- Hannisdal, M. & Ringnes, V. (2011). *Kjemi for lærere*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Haug, B. S. & Ødegaard, M. (2014). From Words to Concepts: Focusing on Word Knowledge When Teaching for Conceptual Understanding Within an Inquiry-Based Science Setting. *Research in Science Education*, 44(5), 777-800.
- Håland, B. (2010). Student teacher conceptions of matter and substances—evaporation and dew formation. *Nordic Studies in Science Education*, 6(2), 109-124.
- Illeris, K. (2000). *Læring : aktuell læringsteori i spændingsfeltet mellem Piaget, Freud og Marx* (2. opl. utg.). Frederiksberg: Roskilde Universitetsforl. Gyldendal akademisk.
- Illeris, K. (2006). *Læring* (2. rev. udg. utg.). Frederiksberg: Roskilde Universitetsforl.
- Johannessen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2011). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (4 utg.). Oslo: Abstrakt.
- Johnson, P. (2012). Introducing particle theory. I K. Taber (Red.), *Teaching Secondary Chemistry* (s. 49-74). London: Hodder Education.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75-83.
- Johnstone, A. H. (2009). You Can't Get There from Here 1. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22-29.
- Kozma, R. B. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of research in science teaching*, 34(9), 949-968.
- Kurt, H., Ekici, G., Akta, M. & Aksu, Ö. (2013). The Concept of Photosynthesis Which is an Indicator of Life in Plants: A Cognitive Structure Study.
- Kvale, S., Brinkmann, S., Anderssen, T. M. & Rygge, J. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Taber, K. S. (2010). Teaching and learning the concept of chemical bonding. *Studies in Science Education*, 46(2), 179-207.

- Liu, X. & Lesniak, K. (2006). Progression in children's understanding of the matter concept from elementary to high school. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 320-347.
- Nilssen, V. L. (2012). *Analyse i kvalitative studier: den skrivende forskeren*. Oslo: Universitetsforl.
- Piaget, J. (1969). *Barnets psykiske utvikling*. København: Reitzel.
- Postholm, M. B. (2010). *Kvalitativ metode : en innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier* (2. utg.). Oslo: Universitetsforl.
- Regjeringen. (2014). *Satsing på realfag*. Lokalisert, på <https://http://www.regjeringen.no/nb/tema/utdanning/grunnopplaring/innsiktsartikler/realfag/id2009475/>
- Ringdal, K. (2013). *Enhet og mangfold: samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode* (3. utg. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.
- Ringnes, V. & Hannisdal, M. (2014). *Kjemi fagdidaktikk: kjemi i skolen*. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse: en kritisk fagdidaktikk*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Taber, K. S. (2001). Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(2), 123-158.
- Taber, K. S. (2005). Learning quanta: Barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. *Science Education*, 89(1), 94-116.
- Taber, K. S. & Coll, R. (2002). Bonding. I J. Gilbert, O. Jong, R. Justi, D. Treagust & J. Driel (Red.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (Vol. 17, s. 213–234). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Taber, K. S. & García-Franco, A. (2010). Learning processes in chemistry: Drawing upon cognitive resources to learn about the particulate structure of matter. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 99-142.
- Taber, K. S. & Watts, M. (2000). Learners' explanations for chemical phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(3), 329-353.
- Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: a model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.

- Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(23).
- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse: en innføring i kvalitativ metode*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Tro, N. J. & Boikess, R. S. (2011). *Chemistry: a molecular approach*. Boston: Prentice Hall.
- Utdanningsdirektoratet. (2013). *Læreplan i naturfag*. Lokalisert, på <http://www.udir.no/kl06/NAT1-03/>
- Wilensky, U. & Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and technology*, 8(1), 3-19.
- Wiser, M., Smith, C. L., Asbell-Clarke, J. & Doubler, S. (2009). Developing and Refining a Learning Progression for Matter: The Inquiry Project: Grades 3-5. C. Smith (Chair), *Developing and refining a learning progression for matter from pre-K to grade 12*.
- Wong, V., Brophy, J. & Dillon, J. (2012). Combustion and redox reactions. I K. Taber (Red.), *Teaching Secondary Chemistry* (s. 199-252). London: Hodder Education.
- Ødegaard, M., Haug, B., Mork, S. M. & Sørvik, G. O. (2014). Challenges and support when teaching science through an integrated inquiry and literacy approach. *International Journal of Science Education*, 36(18), 2997-3020.
- Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147-159.

8 Vedlegg

8.1	Intervjuguide 1 (oktober)	100
8.2	Intervjuguide 2 (desember)	101
8.3	Intervjuguide 3 (mai).....	103
8.4	Intervjuguide 4 (juni)	104
8.5	Godkjenning fra NSD	105

8.1 Intervjuguide 1 (oktober)

<p>Case 2: Brenning av fyrstikk (vi brenner en fyrstikk, legger den i en porselensskål til den har brent ut)</p> <p>2.1.a. Hva skjer med treet i fyrstikken når den brenner? 2.1.b. Beskriv det du ser og prøv å forklare det som har skjedd</p> <p>2.2.a. Hvilke stoffer inngår når fyrstikken brenner? (stopp elevene hvis de begynner å snakke om fosfordelen av fyrstikken) 2.2.b. Hva slags stoff eller stoffer har vi treet i fyrstikken? Tenk på hvordan treet blir til. Hva slags stoff eller stoffer er det luften rundt fyrstikken før, under og etter den har brent? 2.2.c. Hva slags stoff er det i trær og planter? Tenk på det som lages i fotosyntesen. Hva slags stoff eller stoffer trengs for at noe skal brenne? Hva dannes når for eksempel stearinlys brenner?</p> <p>2.3.a. I denne prosessen – er det noe ved stoffene som forandrer seg når fyrstikken brenner. Hvis ja – hvilke? (dette kan allerede være besvart) 2.3.b. Hva skjer med stoffene i luften fra før fyrstikken brenner til etter den har brent? Hva skjer med stoffene i fyrstikken fra før den brenner til etter den har brent?</p> <p>2.4.a. Skjer det noe med atomene og molekylene i stoffene du har nevnt? Hvis ja – hvilke? (dette kan allerede være besvart) 2.4.b. Hva skjer med atomene eller molekylene i stoff som inngår når en fyrstikk brenner? (Hva slags stoff eller stoffer har vi treet i fyrstikken? Tenk på hvordan treet blir til. Hva slags stoff eller stoffer er det luften rundt fyrstikken før, under og etter den har brent?) 2.4.c. Hvilke atomer/molekyler (altså partikler) er det i fyrstikker/tre? Hvilke atomer/molekyler (altså partikler) er det i luft? (Hva slags stoff er det i trær og planter? Tenk på det som lages i fotosyntesen. Hva slags stoff eller stoffer trengs for at noe skal brenne? Hva dannes når for eksempel stearinlys brenner?)</p> <p>2.5.a. Kan du nå oppsummere de forandringene (alt du har snakket om til nå) som har skjedd med stoffet eller disse stoffene? 2.5.b. Hva forandrer seg og hva blir uforandret i disse prosessene?</p> <p>2.6.a. Hva skjer med vekten til fyrstikken når den brenner? Hvorfor tror du dette? Hvordan kunne du funnet ut dette?</p>	<p>Kontekst 2: Kjemiske reaksjoner</p> <p>Makroskopisk forståelse av forbrenning (Ltr. 1)</p> <p>Mikroskopisk forståelse av forbrenning (oksygen, cellulose, karbondioksid og vann) (Ltr. 1)</p> <p>Hvis vann, oksygen, karbondioksid eller cellulose nevnes, sjekk partikkelforståelse</p> <p>Mikroskopisk forståelse av forbrenning, kjemisk reaksjon (Ltr. 1)</p> <p>Mikroskopisk forståelse av forbrenning (O₂, cellulose-C₆H₁₂O₆, CO₂, H₂O) (Ltr. 1)</p> <p>Kjemisk reaksjon som er avhengig av oksygen (Ltr. 1)</p> <p>Dannelse av gasser, forsøksbeskrivelse (Ltr.1, Ltr.2)</p>
--	--

8.2 Intervjuguide 2 (desember)

<p>1.3.a Fortell hva som skjer når du tenner på en ballong med hydrogengass. (Hvis du tar på deg «magiske briller», hva vil du se da? 1. Før du tenner på. 2. når du tenner på 3. etterpå)</p> <ul style="list-style-type: none">• 1.3.b Hvilke stoffer har vi her, før det sier poff, og etter det sier poff? Kan du sette opp en reaksjonslikning som viser hva som skjer?<ul style="list-style-type: none">○ 1.3.c Er det noe ved stoffene som forandrer seg? Er det noe ved stoffene som ikke forandrer seg?<ul style="list-style-type: none">▪ 1.3 d Skjer det noe med molekylene? Skjer det noe med atomene? Poffet og flammen du så, hvordan kan du forklare det? <p>1.4.a Hva skjer med vekten til en fyrstikk når den brenner? Hvorfor tror du dette? Hvordan kunne du funnet ut dette?</p> <ul style="list-style-type: none">• 1.4.b. Hva skjer med treet i fyrstikken når den brenner?<ul style="list-style-type: none">○ 1.4 c Beskriv det du ser og prøv å forklare det som har skjedd	<p>Forståelse av kjemiske reaksjoner (hydrogengass reagerer med oksyngengass)</p> <p>(forbrenning av tre)</p>
---	--

Case 2: Bloddoping

Bloddoping skjer ved at man overfører en person sitt [blod](#) til en annen, man kan også bruke personen sitt eget blod. Det kan også skje ved inntak av [hormonet EPO](#). Dette hormonet stimulerer [benmargen](#) til å lage flere røde blodceller. Dette gjøres ofte rett før konkurranse. Det man vil oppnå med denne typen doping er å øke antallet røde blodceller og dermed mengden [hemoglobin](#) til et unormalt høyt nivå. Dette er forbudt i idrettssammenheng.

2.1.a. Hvilke fordeler oppnår idrettsutøvere med bloddoping? Forklar hva som skjer i kroppen ved bloddoping

2.1.b. Hva fører økt antall røde blodceller til? Tenk på hva oppgaven til røde blodceller er.

De røde blodcellene frakter stoffer til cellene i kroppen.

2.2.a. Hvilke stoffer inngår i forbrenning i cellene?

2.2.b. Hvilke stoffer trenger cellene til forbrenning? Hvilke avfallstoffer gir cellen fra seg etter forbrenning?

2.2.c. Hva slags stoff eller stoffer er det i mat som cellen trenger? Hva slags stoff eller stoffer er det i lufta vi puster inn som cellen trenger? Hva slags stoff eller stoffer tar de røde blodcellene med seg tilbake til lungene fra cellene?

2.3.a. I denne prosessen – er det noe ved stoffene som forandrer seg ved forbrenning i cellene. Hvis ja – hvilke? (dette kan allerede være besvart)

3.3.b. Hva skjer med det stoffet/de stoffene som opprinnelig kom fra lufta og det stoffet de stoffene som kom fra maten vi spiser i løpet av forbrenningen i cella? (Hvilke stoffer trenger cellene til forbrenning? Hvilke avfallstoffer gir cellen fra seg etter forbrenning?)

2.4.a. Skjer det noe med atomene og molekylene i stoffene du har nevnt? Hvis ja – hvilke? (dette kan allerede være besvart)

3.4.b. Hva skjer med atomene eller molekylene i stoff/stoffer som inngår i cellens forbrenning? (Hvilke stoffer trenger cellene til forbrenning? Hvilke avfallstoffer gir cellen fra seg etter forbrenning?)

3.4.c. Hvilke atomer/molekyler (altså partikler) er det i mat, for eksempel sukker? Hvilke atomer/molekyler (altså partikler) er det i lufta? (Hva slags stoff eller stoffer er det i mat som cellen trenger? Hva slags stoff eller stoffer er det i lufta vi puster inn som cellen trenger? Hva slags stoff eller stoffer tar de røde blodcellene med seg tilbake til lungene fra cellene?)

Kontekst 2:

Kjemiske reaksjoner og kretsløp

Makroskopisk forståelse av forbrenning (Ltr. 1)

Røde blodcellers transport av oksygen


Mikroskopisk forståelse av forbrenning i cellene (oksygen, glukose, karbondioksid og vann) (Ltr. 1)

Mikroskopisk forståelse av sirkulasjon, forbrenning i cellene, kjemisk reaksjon (Ltr. 1)

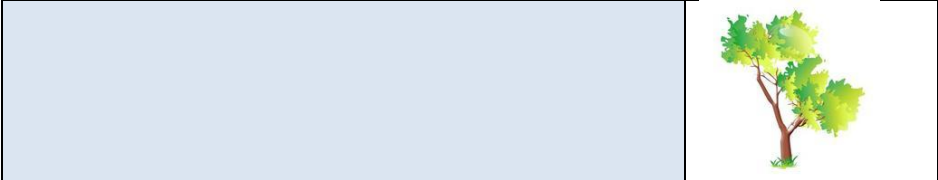
Mikroskopisk forståelse av forbrenning i cellene (O_2 , $C_6H_{12}O_6$, CO_2 , H_2O) (Ltr. 1)

Kjemisk reaksjon som er avhengig av oksygen (Ltr. 1)

8.3 Intervjuguide 3 (mai)

Case 4: Følg et blåbær fra blomst til bæsj	Kontekst 4: Kretsløp
4.1.a. Tenk deg en blåbærblomst på et blåbærris. Hva vil skje videre med denne blomsten fra vår til vinter?	Beskriver prosess fra bærdannelse til nedbrytning
<div data-bbox="165 448 911 607" style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px;">I løpet av sommeren blir blomsten til et bær.</div> 	Mikroskopisk forståelse av fotosyntese i cellene (oksygen, glukose, karbondioksid og vann) (Ltr. 1)
4.2.a. Hvilke stoffer inngår i dannelsen av blåbær? 4.2.b. Hva trenger plantecellene for å leve? Hvilke stoff eller stoffer lager plantecellen? 4.2.c. Hva slags stoff eller stoffer kommer fra lufta? Hva slags stoff eller stoffer kommer fra jorda? Hvilke stoff eller stoffer går ut i lufta? Og hvilket stoff eller stoffer blir igjen i blåbæret? (nevne fotosyntesen)	Hvis vann, oksygen, karbondioksid eller glukose nevnes, sjekk partikkelforståelse
4.3.a. I denne prosessen som kalles fotosyntesen – er det noe ved stoffene som forandrer seg. Hvis ja – hvilke? (dette kan allerede være besvart) 4.3.b. Hva skjer med det stoffet/de stoffene som opprinnelig kom fra lufta og det stoffet de stoffene som kom fra jorda? (Hvilke stoffer trenger plantecellene for å leve? Hva slags stoff eller stoffer lager plantecellen?)	Mikroskopisk forståelse av fotosyntese, kjemisk reaksjon (Ltr. 1)
4.4.a. Skjer det noe med atomene og molekylene i stoffene du har nevnt? Hvis ja – hvilke? (dette kan allerede være besvart) 4.4.b. Hva skjer med atomene eller molekylene i stoff/stoffer som inngår i fotosyntesen? (Hvilke stoffer trenger plantecellene for å leve? Hva slags stoff eller stoffer lager plantecellen?) 4.4.c. Hvilke atomer/molekyler (altså partikler) er det i luft? Hvilke atomer/molekyler (altså partikler) er det i vann? (Hva slags stoff eller stoffer kommer fra lufta? Hva slags stoff eller stoffer kommer fra jorda? Hvilke stoff eller stoffer går ut i lufta? Og hvilket stoff eller stoffer blir igjen i blåbæret?)	Mikroskopisk forståelse av fotosyntese i cellene (O₂, C₆H₁₂O₆, CO₂, H₂O) (Ltr. 1)
4.5.a. Kan du nå oppsummere de forandringene som har skjedd med stoffet eller disse stoffene? 4.5.b. Hva forandrer seg og hva blir uforandret i disse prosessene?	Kjemisk reaksjon som er avhengig av lys (Ltr. 1)
4.6.a. Hva skjer med stoffene som blåbæret er laget av når det faller ned på bakken/når noen spiser det? 4.6.b. Hva skjer med blåbæret når det råtner/i fordøyelsen? 4.6.c. Hvilke stoffer er i blåbæret? Hvilke stoffer er i jord? Hvilke stoffer er det i bæsj? Går det noen stoffer ut i lufta?	Nedbrytning (Ltr. 1)

8.4 Intervjuguide 4 (juni)

<p>Case 4: Følg et tre</p> <p>4.1.a. Tenk deg et tre. Hva skjer med vekta til treet i løpet av en sommer?</p> <div data-bbox="167 369 1109 548"></div> <p>4.2.a. Hva er det som egentlig skjer når et tre vokser seg større? 4.2.b. Hvilke stoff eller stoffer inngår i den prosessen som gjør at trær vokser? 4.2.c. Hva slags stoff eller stoffer kommer fra lufta? Hva slags stoff eller stoffer kommer fra jorda? Hvilke stoff eller stoffer går ut i lufta? Og hvilket stoff eller stoffer blir igjen i treet? (nevne fotosyntesen)</p> <p>4.3.a. I denne prosessen som kalles fotosyntesen – er det noe ved stoffene som forandrer seg. Hvis ja – hvilke? (dette kan allerede være besvart) 4.3.b. Hva skjer med det stoffet/de stoffene som opprinnelig kom fra lufta og det stoffet de stoffene som kom fra jorda? (Hvilke stoffer trenger plantecellene for å leve? Hva slags stoff eller stoffer lager plantecellen?)</p> <p>4.4.a. Skjer det noe med atomene og molekylene i stoffene du har nevnt? Hvis ja – hvilke? (dette kan allerede være besvart) 4.4.b. Hva skjer med atomene eller molekylene i stoff/stoffer som inngår i fotosyntesen? (Hvilke stoffer trenger plantecellene for å leve? Hva slags stoff eller stoffer lager plantecellen?) 4.4.c. Hvilke atomer/molekyler (altså partikler) er det i luft? Hvilke atomer/molekyler (altså partikler) er det i vann? (Hva slags stoff eller stoffer kommer fra lufta? Hva slags stoff eller stoffer kommer fra jorda? Hvilke stoff eller stoffer går ut i lufta? Og hvilket stoff eller stoffer blir igjen i blåbæret?)</p> <p>4.5.a. Kan du nå oppsummere de forandringene som har skjedd med stoffet eller disse stoffene? 4.5.b. Hva forandrer seg og hva blir uforandret i disse prosessene?</p> <p>4.6.a. Hva kan skje videre med treet til slutt? 4.6.b. Hva skjer med treet når det råtner/brennes? 4.6.c. Hvilke stoffer er i treet? Hvilke stoffer er i jord? Går det noen stoffer ut i lufta?</p> <p>4.7.a. Gi eksempel på et karbonkretsløp, der treet er med. 4.7.b. Tenk deg et karbonatom i treet. Lag et kretsløp der dette karbonatomet er med.</p>	<p>Kontekst 4: Kretsløp</p> <p>Beskriver vekstprosessen til trær</p> <p>Mikroskopisk forståelse av fotosyntese (oksygen, glukose, karbondioksid og vann) (Ltr. 1)</p> <p>Hvis vann, oksygen, karbondioksid eller glukose nevnes, sjekk partikkelforståelse</p> <p>Mikroskopisk forståelse av fotosyntese, kjemisk reaksjon (Ltr. 1)</p> <p>Mikroskopisk forståelse av fotosyntese i cellene (O₂, C₆H₁₂O₆, CO₂, H₂O) (Ltr. 1)</p> <p>Kjemisk reaksjon som er avhengig av lys (Ltr. 1)</p> <p>Nedbrytning eller forbrenning (Ltr. 1)</p> <p>Karbonets kretsløp (Ltr. 1)</p>
---	--

8.5 Godkjenning fra NSD

Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS

NORWEGIAN SOCIAL SCIENCE DATA SERVICES



Anne Holt
Institutt for naturvitenskap og teknologi Avdeling for lærerutdanning og naturvitenskap Høgskolen i Hedmark
Hedmark
Postboks 4010 Bedriftssenteret
2306 HAMAR

Harald Hårfagres gate 29
N-5007 Bergen
Norway
Tel: +47-55 58 21 17
Fax: +47-55 58 96 50
nsd@nsd.uib.no
www.nsd.uib.no
Org.nr. 985 321 884

Vår dato: 04.10.2013

Vår ref: 35549 / 2 / MSI

Deres dato:

Deres ref:

TILBAKEMELDING PÅ MELDING OM BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 18.09.2013. Meldingen gjelder prosjektet:

35549 *Praktisk og variert undervisning i naturfag på ungdomstrinnet*
Behandlingsansvarlig *Høgskolen i Hedmark, ved institusjonens øverste leder*
Daglig ansvarlig *Anne Holt*

Personvernombudet har vurdert prosjektet og finner at behandlingen av personopplysninger er meldepliktig i henhold til personopplysningsloven § 31. Behandlingen tilfredsstiller kravene i personopplysningsloven.

Personvernombudets vurdering forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeskjemaet, korrespondanse med ombudet, ombudets kommentarer samt personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema, <http://www.nsd.uib.no/personvern/meldeplikt/skjema.html>. Det skal også gis melding etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en offentlig database, <http://pvo.nsd.no/prosjekt>.

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 30.06.2016, rette en henvendelse angående status for behandlingen av personopplysninger.

Vennlig hilsen

Vigdis Namtvedt Kvalheim

Marte Byrkjeland

Kontaktperson: Marte Byrkjeland tlf: 55 58 33 48

Vedlegg: Prosjektvurdering

Dokumentet er elektronisk produsert og godkjent ved NSDs rutiner for elektronisk godkjenning.

Avdelingskontorer / District Offices:

OSLO: NSD, Universitetet i Oslo, Postboks 1055 Blindern, 0316 Oslo. Tel: +47-22 85 52 11. nsd@uio.no
TRONDHEIM: NSD, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7491 Trondheim. Tel: +47-73 59 19 07. kyrr.svarva@svt.ntnu.no
TROMSØ: NSD, SVF, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø. Tel: +47-77 64 43 36. nsdmaa@sv.uit.no



Det er oppgitt at lærer bistår med rekrutteringen. Personvernombudet forutsetter at forespørsel rettes på en slik måte at frivilligheten ved deltagelse ivaretas. Forespørselen må derfor rettes på en slik måte at de forespurte ikke opplever press om å delta, gjerne ved å understreke at det ikke vil påvirke forholdet til skole hvorvidt de ønsker å være med i studien eller ikke. Dette bør også tilføyes i informasjonsskrivet.

Det innhentes skriftlig samtykke basert på muntlig og skriftlig informasjon om prosjektet og behandling av personopplysninger. Personvernombudet finner informasjonsskrivet tilfredsstillende utformet i henhold til personopplysningslovens vilkår.

Foreldre samtykker for sine barn. Selv om foreldre/foresatte samtykker til barnets deltakelse, minner vi om at barnet også må gi sin aksept til deltakelse. Barnet bør få tilpasset informasjon om prosjektet, og det må sørges for at barnet forstår at deltakelse er frivillig og at de når som helst kan trekke seg dersom de ønsker det. Dette kan være vanskelig å formidle, da barn ofte er mer autoritetstro enn voksne. Frivillighetsaspektet må derfor særlig vektlegges i forhold til barn, og spesielt når forskningen foregår på eller i tilknytning til en organisasjon som barnet står i et avhengighetsforhold til, slik som skolen.

Personvernombudet forutsetter at det legges til rette for at det kun registreres personopplysninger (inkl. ansikt og stemmer) om personer som har samtykket til å delta. Dersom det skal filmes i undervisningssammenheng anbefales det at barn som ikke skal delta i prosjektet gis et reelt alternativ, ved at de for eksempel får undervisning i et annet rom mens opptakene pågår.

Personvernombudet legger til grunn at behandlingen av personopplysninger er i samsvar med informasjonssikkerhetsmessige retningslinjer ved Høgskolen i Hedmark.

Prosjektet skal avsluttes 30.06.2016 og innsamlede opplysninger skal da anonymiseres, og lyd- og video-opptak slettes. Anonymisering innebærer at direkte personidentifiserende opplysninger som navn/koblingsnøkkel slettes, og at indirekte personidentifiserende opplysninger (sammenstilling av bakgrunnsopplysninger som f.eks. skole, klasse, alder, kjønn) fjernes eller grovkategoriseres slik at ingen enkeltpersoner kan gjenkjennes i materialet.