

Konseptuell meningsdannelse gjennom arbeid med representasjoner

En kasusstudie av to elevers interaksjonsforløp

Marthe Wiseth Fundingsrud



Masteroppgave i realfagdidaktikk
Institutt for lærerutdanning og skoleforskning
Utdanningsvitenskapelig fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

Våren 2018

Konseptuell meningsdannelse gjennom arbeid med representasjoner

En kasusstudie av to elevers interaksjonsforløp

Masteroppgave i realfagdidaktikk
Institutt for lærerutdanning og skoleforskning
Utdanningsvitenskapelig fakultet

Marthe Wiseth Fundingsrud

UNIVERSITETET I OSLO

Våren 2018

Copyright Marthe Wiseth Fundingsrud

2018

Konseptuell meningsdannelse gjennom arbeid med representasjoner

En kasusstudie av to elevers interaksjonsforløp

Marthe Wiseth Fundingsrud

<http://www.duo.uio.no>

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

Sammendrag

Hensikten med denne studien har vært å undersøke hvilke muligheter og utfordringer som tilbys elever i arbeid med ulike former for representasjoner og hvordan dette påvirker deres konseptuelt meningsdannende prosess i temaet «Vann og ismelting» i naturfag.

Forskningslitteratur om representasjoners funksjon i undervisning av abstrakte fenomener i naturfag har vist at mange elever strever med å forstå representasjoners meningsinnhold, og å se sammenhengen mellom dem (Ainsworth, 2006; Furberg et al., 2013; Taber, 2013b).

Samtidig påpekes det at dersom representasjoner introduseres på en strukturert måte og elevene får tilstrekkelig med tid til å utforske deres meningspotensial, vil dette føre til økt konseptuell forståelse (Harrison & Treagust, 2000). Det meste av forskningen på feltet er effektstudier (Clark & Mayer, 2011; Hoffler & Leutner, 2007; Ploetzner & Lowe, 2012; Rutten et al., 2012; Ryoo & Linn, 2012; Smetana & Bell, 2012; Taber, 2013b; Wu et al., 2001), mens få studier har hatt et sosialt prosessorientert fokus (Ainsworth, 2006; Furberg et al., 2013; Olander et al., 2018; Tytler et al., 2013). Målet med denne masteroppgaven har derfor vært å undersøke *hvordan ulike former for representasjoner støtter og utfordrer elevers konseptuelt meningsdannende prosess*, med fokus på sosiale interaksjoner. Den observerte elevgruppen, bestående av fire elever, er valgt ut fra én av skolene som deltar i REDE-prosjektet (Representasjon og deltakelse i naturfag). Masteroppgaven er en kasusstudie ettersom to av disse elevenes interaksjonsforløp er studert i dybden, da de tydelig belyser de muligheter og utfordringer som tidligere forskning har vist at et arbeid med ulike representasjoner tilbyr. Ved å følge de to elevenes interaksjonsforløp har det derfor vært mulig å adressere variasjoner i elevenes konseptuelle meningsdannelse, samt hvordan ulike former for representasjoner støtter eller utfordrer elevene i deres læringsforløp. Studien er en dybdeanalyse av 5 videoobserverte undervisningstimer, på totalt 300 minutter. Det er i tillegg anvendt intervju for å få innblikk i elevenes erfaringer knyttet til prosjektet, og posttestdata for å følge deres konseptuelt meningsdannende prosess gjennom arbeid med representasjoner.

Analysene av interaksjonsforløpet har vist at representasjoner fungerer som et felles referansepunkt og en konseptuell støtte for elevene i samtaler med hverandre da de gjør det mulig å konkret visualisere et abstrakt fenomen. På den måten ble det mulig for elevene å utforske både egen og hverandres forståelse av det naturvitenskapelige fenomenet.

Elevsamarbeid og lærerstøtte var også viktige kilder til konseptuell støtte. Det at læreren unngikk å validere og korrigere elevenes naturvitenskapelige forklaringer gjorde elevenes

arbeid med representasjoner mer utforskende. Når elever utvikler egne tegninger blir deres meningsdannende prosess transparent for både elevene og læreren, noe som er positivt, da dette kan være med på å forme den videre undervisningen. Resultatene viser også at det er flere utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner. Ulik konseptuell innramming gjør det utfordrende for elevene å utforske hverandres forståelse, og vanskelig å se sammenhengen mellom ulike representasjoner. Studien har også vist at for å overkomme utfordringene som er knyttet til arbeid med representasjoner vil en grundig gjennomtenkt undervisningsplan med utgangspunkt i Tytler et al. (2013) sine undervisningsprinsipper, i tillegg til en syklisk undervisningstilnærming, virke fordelaktig.

Forord

Arbeidet med masteroppgaven har vært spennende og givende, men også veldig krevende. Jeg vil rette en stor takk til min hovedveileder Torunn Aanesland Strømme og medveilederne Anniken Furberg og Erik Knain for verdifulle samtaler og innspill. Videre vil jeg takke min samboer og mine foreldre for at dere gjennom hele prosessen har hatt troen på mitt arbeid. Til slutt vil jeg takke Ove for at du har korrekturlest oppgaven i sin helhet og gitt konstruktive tilbakemeldinger på språk, innhold og oppbygging.

Oslo, mai 2018

Marthe Wiseth Fundingsrud

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
1.1	Representasjoner og konseptuell meningsdannelse i naturfag	1
1.2	Formålet med masteroppgaven.....	2
1.3	Forskningsspørsmål	3
2	Forskning på representasjoner i naturfagundervisning	5
2.1.1	Muligheter knyttet til arbeid med representasjoner	5
2.1.2	Utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner	8
2.1.3	Studier på fenomennivå – atomer og molekyler	10
3	Teori	13
3.1	Læring forstått som konseptuell meningsdannelse	13
3.1.1	Konseptuell meningsdannelse.....	13
3.1.2	Verktøy, mediering og språk.....	15
3.1.3	Konseptuell meningsdannelse i en institusjonell kontekst.....	17
3.2	Analytiske implikasjoner	18
4	Metode	20
4.1	Empirisk kontekst	20
4.1.1	Representasjon og deltakelse i naturfag (REDE).....	20
4.1.2	Deltakere og empirisk kontekst	21
4.1.3	Beskrivelse av gjennomført undervisningsopplegg	22
4.2	Forskningsdesign.....	24
4.2.1	Beskrivelse av datamateriale.....	24
4.2.2	Datainnsamling – videodata.....	25
4.2.3	Datainnsamling – gruppeintervju.....	26
4.2.4	Datainnsamling – pre- og posttestdata	29
4.3	Analytisk prosedyre	29
4.3.1	Interaksjonsanalyse, analyseforløp	29
4.3.2	Analyse av posttestdata	32
4.4	Forskningens troverdighet	33
4.4.1	Validitet.....	33
4.4.2	Reliabilitet.....	35

4.4.3	Generaliserbarhet	36
4.4.4	Etiske betraktninger	37
5	Resultater	38
5.1	Episode 1: Å diskutere grubletegning	38
5.2	Episode 2: Å utvikle hypoteser knyttet til demonstrasjonsforsøk	42
5.3	Episode 3: Å utvikle en tegning – første runde.....	45
5.4	Episode 4: Å jobbe med vitenanimasjon – første runde	49
5.5	Episode 5: Å jobbe med vitenanimasjon – andre runde.....	52
5.6	Episode 6: Å utvikle en tegning – andre runde	54
5.7	Posttesten – Å følge elevenes konseptuelle meningsdannelse	57
5.7.1	Oppgave 5a – elevenes forståelse uttrykt gjennom tegning.....	57
5.7.2	Oppgave 5b – elevenes forståelse uttrykt gjennom skriftspråk	59
5.8	Episode 7: Intervjuet – å reflektere rundt molekylenes bevegelse	61
5.9	Oppsummering av empiriske funn	63
6	Diskusjon	65
6.1	Å visualisere naturvitenskapelige fenomener	65
6.1.1	Representasjoners støttefunksjon.....	66
6.1.2	Utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner	68
6.2	Å samarbeide om å danne mening fra representasjoner	69
6.3	Støtte fra læreren i arbeid med representasjoner	71
6.4	Undervisningsdesign med bruk av representasjoner	73
6.5	Råd til lærere	75
7	Konklusjon.....	77
7.1	Oppgavens bidrag til klasseromforskningen	77
7.2	Implikasjoner for videre forskning	78
	Litteraturliste	79
	Vedlegg 1: Intervjuguiden.....	85
	Vedlegg 2: Pre- og posttesten	87
	Vedlegg 3: Samtykkeskjema for skolen	91
	Vedlegg 4: Samtykkeskjema for elever	94

1 Innledning

1.1 Representasjoner og konseptuell meningsdannelse i naturfag

Å lære naturfag innebærer ofte anvendelse av representasjoner for å illustrere og utvikle en forståelse for abstrakte fenomener, prosesser og fagbegreper. Gilbert (2010) deler representasjoner inn i følgende fire kategorier; gester, konkrete/materielle, visuelle og symbolske representasjoner. Representasjonene som presenteres i fagbøker eller av læreren er ofte konkrete, visuelle og symbolske, og er sterkt forbundet til den vitenskapelige forståelsen man ønsker at elevene skal erverve. Det er gjennom representasjoner vi kan uttrykke vår forståelse og kommunisere den til andre (Gilbert, 2010; Tytler, Prain, Hubber & Waldrip, 2013). Norris og Phillips (2003) hevder at elever ofte besitter fragmentert kunnskap innen et domene. For at elever skal kunne skape mening i naturvitenskapelige fenomener, kan det derfor tenkes at de trenger stor grad av støtte. Gjennom bruken av representasjoner ønsker man at elever skal utvikle en helhetlig, konseptuell forståelse. I elevers arbeid med å forstå ferdige konvensjonelle representasjoner vil derfor egenproduserte representasjoner og dialog være viktige kilder til støtte i deres konseptuelle meningsdannelse (conceptual sensemaking). Da det ikke er gitt at elever besitter den forståelsen for et fenomen som en representasjon har til hensikt å kommunisere, blir dette viktig. Det er en spenning mellom de konkrete, visuelle og symbolske representasjonene slik naturvitere bruker dem, og den forståelsen elevene uttrykker gjennom dialog og arbeid med representasjoner (Tytler et al., 2013).

Forskning på bruken av representasjoner som et verktøy for å utvikle konseptuell forståelse i naturfag viser at det av et slikt arbeid følger både muligheter og utfordringer, og de har i hovedsak vært effektstudier (Clark & Mayer, 2011; Hoffler & Leutner, 2007; Ploetzner & Lowe, 2012; Rutten, van Joolingen & van der Veel, 2012; Ryoo & Linn, 2012; Smetana & Bell, 2012; Taber, 2013b; Wu, Krajcik & Soloway, 2001). Få studier som ser på utviklingen av konseptuell forståelse gjennom arbeid med representasjoner har et sosialt fokus (Ainsworth, 2006; Furberg et al., 2013; Olander, Wickman, Tytler & Ingerman, 2018; Tytler et al., 2013). Det at forskningsfunnene også peker i ulike retninger kan komme av at de ulike studiene forstår fenomenet konseptuell meningsdannelse ulikt, da de er forankret til ulike læringsteorier. I undersøkelsene av hva som foregår i klasserommet for å finne svar på sine forskningsspørsmål har det meste av den beskrevne litteraturen anvendt analyse av video.

Dersom ikke elevenes samtaler, tanker og refleksjoner også inkluderes i datamaterialet, kan det virke vanskelig å konkludere med hvorvidt elevene har utviklet konseptuell forståelse.

Det meste av forskningen har hatt en rettlinjert undervisningstilnærming, hvor man først har latt elevene arbeide med representasjoner, for så å undersøke elevenes konseptuelle forståelse gjennom pre- og posttesting (Furberg et al., 2013; Taber, 2013b; Tytler et al., 2013). Få studier har undersøkt hvordan en syklisk anvendelse av representasjoner i undervisningen påvirker elevenes meningsdannende prosess. I min masteroppgave undersøker jeg derfor hvordan en syklisk undervisningstilnærming med gjentatt bruk av ferdige, konvensjonelle representasjoner og egenproduserte representasjoner, kan føre til økt konseptuell meningsdannelse. Å konkludere med hvordan bruken av representasjoner fungerer på et generelt grunnlag i naturfag er vanskelig basert på denne kasestudien. Derfor begrenses oppgaven til å se på hvordan bruken av ulike representasjoner fungerer innen temaet vann og ismelting.

1.2 Formålet med masteroppgaven

Denne masteroppgaven skrives i tilknytning til prosjektet «Representasjon og deltakelse i naturfag», heretter kalt REDE (Knain, Ødegaard, Furberg, Remmen, Fredlund & Mathiassen, 2017). Prosjektets hovedmål er å utvikle nettressurser med fokus på representasjoner, som kan brukes i undervisning av elever, men som også skal bidra til å styrke lærerutdanningen på campus, koblingen mellom campus og praksis i universitetsskoler, og elevenes allmenndannelse og skolens arbeid med grunnleggende ferdigheter. REDE er et design-basert forskningsprosjekt hvor undervisningsopplegget er utviklet i samarbeid mellom forskere og lærer.

Masteroppgaven tar utgangspunkt i et lengre undervisningsprosjekt som omhandler temaet vann og ismelting. Undervisningsopplegget bygger på et sosiokulturelt læringssyn, og formålet med undervisningsopplegget er at elevene skal forstå hvordan begrepene trykk, temperatur og volum er knyttet til de ulike tilstandsfasene til vann. Representasjonene som elevene i denne sammenheng arbeider med er grubletegninger, animasjoner, demonstrasjonsforsøk av hvordan ismelting foregår på Arktis og Antarktis, samt tegninger som elevene selv utvikler. Elevene arbeidet i dette prosjektet syklisk, hvor bruken av de ulike representasjonsformene ble gjentatt for å støtte den kontinuerlige utviklingen av konseptuell forståelse innen dette temaet. Datamaterialet ble samlet inn høsten 2017 i samarbeid med

REDE-forskere og tre masterstudenter. I tillegg til videoobservasjon i klasserommet gjennomførte klassen en pre- og posttest, og de observerte elevgruppene ble intervjuet i etterkant av prosjektet. Gruppeintervjuene var ment å gi ytterligere innblikk i elevenes tanker om prosjektet i seg selv, men også for å undersøke deres konseptuelle meningsdannelse. Masteroppgaven benytter gruppeintervju, posttestdata og videoobservasjon som forskningsmetode.

Masteroppgaven har som formål å bidra til dypere innsikt i hvordan bruken av representasjoner innen temaet vann og ismelting, med en syklisk undervisningstilnærming, kan støtte eller utfordre elevers konseptuelt meningsdannende prosess. Oppgavens undervisningstilnærming kan virke inspirerende på lærere som ønsker å utvikle undervisningsopplegg med et fokus på representasjoner. Videre bidrar masteroppgaven til REDE-prosjektet.

1.3 Forskningsspørsmål

Hensikten med denne masteroppgaven er todelt. *For det første* å gi innsikt i hvordan ulike former for representasjoner kan støtte elevers utvikling av konseptuell forståelse av de ulike tilstandsformene til vann. *For det andre* å gi innsikt i hvordan representasjoner virker utfordrende på elevenes konseptuelt meningsdannende prosess. Det er utviklet to forskningsspørsmål (FS) for å finne svar på dette:

FS1: Hvordan kan ulike former for representasjoner støtte elevers konseptuelt meningsdannende prosess i temaet vann og ismelting?

FS2: Hvordan virker representasjoner utfordrende på elevenes konseptuelle meningsdannelse i temaet vann og ismelting?

Hensikten med det første forskningsspørsmålet er å kartlegge hvordan elever støtter sine forklaringer til representasjoner gjennom prosjektet. Hvordan elevene bruker representasjonene de har tilgjengelig kan tenkes å forklare hvordan elevenes forståelse er orientert, og innsikt i elevenes orientering kan bidra til en bedre forståelse av deres meningsdannende prosess. Det andre forskningsspørsmålet er ment å gi innsikt i hvilke utfordringer som er knyttet til arbeid med representasjoner. Det er da av interesse å undersøke hvilke ulike konseptuelle innramminger elevene forankrer sin forståelse til, og følgelig om de klarer å se likheter og ulikheter mellom ulike representasjoner. Ved å se på hvordan elevene

individuell og i fellesskap forsøker å sette sammen informasjon fra de ulike representasjonene i én og samme forklaring, blir dette undersøkt.

2 Forskning på representasjoner i naturfagundervisning

Studier som ser på læring i arbeid med representasjoner har blitt utført av forskere med bakgrunn i ulike læringsteorier og metodologiske tilnærminger. Flere studier rapporterer om både muligheter og utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner (Ainsworth, 2006; Furberg et al., 2013; Wu et al., 2001). Det meste av forskningen som ser på læring gjennom arbeid med representasjoner er effektorienterte (Clark & Mayer, 2011; Hoffler & Leutner, 2007; Ploetzner & Lowe, 2012; Rutten et al., 2012; Ryoo & Linn, 2012; Smetana & Bell, 2012; Taber, 2013b; Wu et al., 2001,) og kjennetegnes ved å være opptatt av elevenes læringsutbytte i arbeid med representasjoner og benytter ofte pre- og posttesting. Få studier som ser på læring gjennom arbeid med representasjoner er prosessorienterte (Ainsworth, 2006; Furberg et al., 2013; Olander et al., 2018; Tytler et al., 2013). I slike studier anvendes ofte intervju sammen med videoobservasjon av de sosiale interaksjonene som foregår mellom elevene når de arbeider med representasjoner. Denne delen av oppgaven er tredelt i sitt fokus og ser på hvilke muligheter og utfordringer arbeid med representasjoner tilbyr. I den første delen redegjøres for sentrale studier som viser hvilke muligheter som tilbys gjennom arbeid med representasjoner. I den andre delen tar jeg for meg studier som ser på hvilke utfordringer som kan knyttes til et arbeid med representasjoner. I begge disse delene inkluderes forskning på elevers arbeid med både lærerintroduserte og egenproduserte representasjoner, da de studerte elevene i denne kasusstudien arbeider med begge typer representasjoner. I den tredje delen presenteres to sentrale studier som går på fenomenivå; altså studier som ser på elevers arbeid med representasjoner om atomer og molekyler og hvilke muligheter og utfordringer arbeid med representasjoner innen dette naturvitenskapelige temaet tilbyr.

2.1.1 Muligheter knyttet til arbeid med representasjoner

Flere studier som har sett på elevers arbeid med representasjoner har funnet at både lærerintroduserte og egenproduserte statiske og dynamiske representasjoner støtter elevene i deres meningsdannende prosess (Ainsworth, 2006; Akayagun, 2016; Furberg et al., 2013; Olander et al., 2018; Tytler et al., 2013; Wu et al., 2001). I en nylig kasusstudie av Olander et al. (2018) ble en svensk klasse på ungdomstrinnet bestående av 26 elever videoobservert gjennom ti undervisningstimer mens de lærte om menneskekroppen. Hensikten var å kartlegge elevenes meningsdannende prosesser når de arbeidet med ulike representasjoner

gjennom en læringssekvens. Analysen fokuserte på hendelsesforløp der elevene forhandlet sin forståelse for de ulike representasjonene. Funnene indikerer at kontinuitet og mening gjennom et slikt undervisningsopplegg kan etableres gjennom bruken av ulike former for representasjoner som på ulike måter støtter elevene i deres læringsprosess. Det ble også avdekket at det å la elevene veksle mellom naturvitenskapelig- og hverdagspråk var viktig for å utvikle en forståelse for representasjonene og deres meningsinnhold. Dette er i tråd med Vygotsky (1986c) som mener at elevers hverdagspråk kan gjøre det mulig å senere utvikle en «ovenfra-og-ned» forståelse for naturvitenskapelige konsepter.

Det foreligger også studier som har undersøkt læringseffekten av statiske og dynamiske representasjoner når elever lærer om abstrakte fenomener i naturfag (Akaygun, 2016; Rutten et al., 2012; Ryoo & Linn, 2012; Smetana & Bell, 2012). I en empirisk studie av Ryoo og Linn (2012) ble 200 syvendeklassinger fulgt gjennom et utforskende undervisningsopplegg for å undersøke hvordan dynamiske visualiseringer, sammenliknet med statiske illustrasjoner støtter elevers arbeid med å utvikle en dypere forståelse for begrepet *energi* i fotosyntesen. Elevene ble tilfeldig valgt ut til å jobbe med enten statiske illustrasjoner eller dynamiske visualiseringer. Resultatene viste at elever i begge grupper utviklet nye naturvitenskapelige ideer om energioverføringer og fikk en dypere forståelse for begrepet energi i fotosyntesen. En sammenlikning av de to gruppene viste også at elever som arbeidet med dynamiske representasjoner var blitt betydelig flinkere til å artikulere prosessen for energioverføring i konteksten av kjemiske reaksjoner under fotosyntesen. Elevene i den dynamiske betingelsen viste også en dypere forståelse for energi i fotosyntesen, da de i større grad enn elevene i den statiske betingelsen koblet sine ideer om energioverføring til andre ideer om energi og observerbare fenomener ved fotosyntesen. Studien viste altså at selv om begge former for representasjoner støtter elevene i deres læringsarbeid, er dynamiske representasjoner mer effektive enn statiske.

Andre studier har vist verdien av at elevene selv lager representasjoner i form av både animasjoner (Wu et al., 2001) og statiske tegninger (Tytler et al., 2013). Wu et al. (2001) undersøkte i sin kassustudie gjennom et seks ukers prosjekt hvordan 71 elever på 11. trinn i den videregående skole utviklet en forståelse for kjemiske representasjoner ved bruk av visualiseringer i dataprogrammet eChem. Dataprogrammet gjorde det mulig for elevene å bygge molekyllære modeller og se flere representasjoner samtidig. Resultater fra pre- og posttester viste at elevenes forståelse for kjemiske representasjoner ble betraktelig forbedret

og analyser av videoopptak avdekket at flere trekk ved eChem hjalp elevene med å selv utvikle modeller, i tillegg til å forstå meningsinnholdet i de ulike representasjonene. Wu et al. (2001) fant også at de elevene som aktivt deltok i diskusjoner når de arbeidet med representasjoner i eChem, i større grad klarte å se sammenhengen mellom de visuelle og konseptuelle aspektene ved representasjonene. Dette kan tenkes å ha ført til at disse elevene har utviklet en dypere forståelse for kjemiske representasjoner og konsepter. Resultatene indikerer også at dataanimerte visualiseringer kan fungere som en støtte for elevene når de skal utvikle mentale bilder av det observerte fenomenet.

En annen studie som også ser på elevenes læringsutbytte i arbeid med egenproduserte representasjoner hadde et fokus på statiske tegninger (Tytler et al., 2013). I deres kasusstudie ble totalt fem klasser i barneskolen og på 8. trinn fulgt gjennom tre år for å undersøke hvordan elever på disse klassetrinnene lærer gjennom bruken av egenproduserte representasjoner i temaer som viser seg spesielt vanskelig å forstå. Ett av undervisningstemaene på mellomtrinnet var *molekylære modeller av stoffer*. Elevene på 8. trinn skulle gjennom en lengre undervisningsperiode utvikle tegninger av stoffer i henholdsvis fast-, flytende- og gassform og hvordan de molekylære egenskapene forandret seg ved skifte av tilstandsform. Elevene ble ikke introdusert for ferdige representasjoner og symboler, men utviklet gjennom sine egenproduserte tegninger et behov for dem. Resultatene av pre- og posttesting viste at elevene hadde læringsutbytte og utviklet dypere forståelse for temaet molekylære modeller av stoffer. Tytler et al. (2013) hevder at de positive resultatene skyldes at elevenes forståelse ble problematisert og utfordret i arbeidet med representasjoner. De understreker videre viktigheten av et eksplisitt fokus på at elevene skal utfordres til å utvikle, tolke, forbedre og begrunne sine egenproduserte representasjoner.

Flere studier har funnet at representasjoner støtter elevenes meningsdannende prosess (Ainsworth, 2006; Furberg et al., 2013, Tytler et al., 2013). Ainsworth (2006) oppsummerer i sin review-artikkel funnene fra hovedsakelig eksperimentelle og kvasiekperimentelle studier som fokuserte på elevenes læringseffekt når det ble arbeidet med flere representasjoner. Læringseffekt inkluderer både utvikling av konseptuell forståelse og utforskende ferdigheter, og ble målt gjennom å analysere elevenes egenproduserte representasjoner og skriftlige forklaringer av ulike naturvitenskapelige begreper, ofte i kombinasjon med ulike former for pre- og posttester. Ainsworth (2006) konkluderte med at den positive påvirkningen representasjoner har på elevenes læringsarbeid ofte blir forklart ut fra spesifikke egenskaper

ved representasjonene, kombinasjonen av representasjoner og elevenes forkunnskaper. En dokumentert positiv effekt av det å la elever arbeide med flere representasjoner handler om representasjoners «komplementære funksjon», som innebærer at de enten er forskjellige med hensyn til hvilke prosesser de fokuserer på eller informasjonen de inneholder (Ainsworth, 2008). Representasjoner kan også ha en «begrensende funksjon» som impliserer at én representasjon begrenser tolkningen av en annen representasjon. En tredje potensiell funksjon bruken av flere representasjoner kan ha er å støtte utviklingen av en «dypere forståelse», som handler om elevenes kapasitet til å abstrahere de underliggende strukturene eller prinsippene av det representerte konseptet (Ainsworth, 2008). Ainsworth (2008) understreker at det eksisterer en overlapp mellom de tre funksjonene representasjoner kan ha. Det som kan føre til dypere forståelse kan også føre til forvirring, og representasjoner kan være begrensende og komplementære på samme tid.

Flere studier har fokusert på hvordan representasjoner fungerer som strukturerende ressurser når elever forhandler sin forståelse gjennom interaksjon (Ainsworth, 2006; Ainsworth, 2008; Furberg et al., 2013). En kasestudie av Furberg et al. (2013) bygger på empiriske data av 20 undervisningstimer hentet fra en klasse bestående av 20 elever, i alderen 16-17 år, i den videregående skole. Elevene arbeidet i en periode på fire uker med temaet *energi og varmeoverføring*. Analysen fokuserte på hvordan visuelle representasjoner i naturfag fungerer som strukturerende ressurser i elevens konseptuelt meningsdannende prosess. Gjennom prosjektet skulle elevene også selv finne en representasjon på internett for å forklare de visuelle representasjonene de var gitt av læreren. I tillegg til å senke farten på elevenes meningsdannende prosess viste resultatene av studien at representasjoner tilbyr elevene muligheter ved at ulike visuelle representasjoner som illustrerer det samme fenomenet åpner opp for tolkning og forhandling av det naturvitenskapelige fenomenet. Representasjoner fungerer således både som sosiale og individuelle ressurser. Med sosiale ressurser menes representasjonenes støtte til elevutforskning, forhandling og tolkning av representasjoners meningsinnhold, mens med individuelle ressurser menes elevenes mulighet for å utfordre egne forkunnskaper og integrere ny kunnskap mentalt.

2.1.2 utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner

Studier som har rapportert om utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner finner at disse er forbundet til elevenes evne til å bevege seg på tvers av ulike representasjoner, se sammenhengen mellom dem, og å forstå deres underliggende naturvitenskapelige prinsipper

(Ainsworth, 2006; Furberg et al., 2013; Taber, 2013b; Wu et al., 2001). I en empirisk effektstudie av Taber (2013b) ble det gjennom bruken av spørreskjemaer undersøkt hvordan 100 elever i alderen 15-18 år ved seks videregående skoler i England forstod hvordan analogier kan fungere som et bindeledd for å forstå hvordan kreftene i et solsystem virker, og hvordan dette kan sees i sammenheng med Bohrs atommodell. I denne sammenheng forstås analogier som språklige uttrykk der man sammenlikner noe med noe annet og mer kjent, mens en representasjon er en fysisk etterlikning av det virkelige objektet (Sjøberg, 2009). Elevene hadde i forkant av spørreundersøkelsen arbeidet med det aktuelle temaet ved bruk av lærerintroduserte representasjoner. Resultatene viste at mange elever har vanskelig for å forstå hvilke krefter som virker i solsystemet og i et atom. Spesielt strever elevene med å se sammenhengen mellom de to studerte fenomenene. Taber (2013b) skriver at disse vanskelighetene kan skyldes mangel på grunnleggende fysikkforståelse, eller at elevene ikke evner å bruke analogiene på en god måte.

Til tross for positive funn knyttet til arbeid med flere representasjoner ble det også rapportert om noen utfordringer i Ainsworth (2006) sin review-artikkel. Elever sliter ofte med å bruke representasjoner effektivt (Bodemer, Ploetzner, Feuerlein & Spada, 2004 ref. i Ainsworth, 2006). For eksempel har elever til forskjell fra eksperter vanskelig for å bevege seg på tvers av ulike representasjoner, og å se sammenhengen mellom dem. Elever tenderer også til å fokusere på overflateegenskaper ved representasjoner i stedet for de underliggende naturvitenskapelige prinsippene (Larkin & Simon, 1987 ref. i Ainsworth, 2006). Ainsworth (2008) hevder at utfordringer knyttet til dette kan bidra negativt på elevenes læringsarbeid.

Også Furberg et al. (2013) sin studie går i to retninger og finner at arbeid med representasjoner også kan være utfordrende for elever på flere måter. For det første finner de at mange elever har vanskelig for å bevege seg på tvers av representasjoner og mangler evnen til å relatere ulike representasjoner til hverandre. For det andre konkluderer de også med at det er utfordrende for elever å forstå representasjonene i seg selv, inkludert deres overflateegenskaper. De hevder at utfordringer knyttet til dette kan være årsaken til at elever finner det utfordrende å tolke og forstå det underliggende konseptuelle fenomenet som representasjonen forsøker å illustrere. For det tredje finner de også at elever i arbeid med representasjoner har vanskelig for å bevege seg fra muntlige til skriftlige forklaringer i deres utforskende arbeid med flere representasjoner.

Wu et al. (2001) sin studie rapporterte i hovedsak om muligheter knyttet til arbeid med representasjoner, men fant likevel at arbeid med representasjoner er utfordrende for elever. Utfordringene knytter seg til elevenes evne til å bevege seg på tvers av ulike representasjoner, og derfor anvender de i stedet kun én representasjon i sin meningsdannende prosess. Dette kan komme av at elevenes konseptuelle innramming bygger på spesifikke representasjoner og følgelig bestemte måter å forstå det naturvitenskapelige konseptet på.

2.1.3 Studier på fenomennivå – atomer og molekyler

Det ser ikke ut til å foreligge studier som har sett på elevers arbeid med både lærerintroduserte og egenproduserte representasjoner av hvordan molekylers egenskaper, hva angår tetthet, volum og bevegelse, endres ved skifte av tilstandsfase. Flere studier har imidlertid sett på elevers læringsutbytte av å arbeide med ulike former for representasjoner når de skal lære om atomer og molekylers oppbygging (Akayagun, 2016; Harrison & Treagust, 2000; Tytler et al. 2013). I en kasestudie av Harrison og Treagust (2000) ble ti elever i 11. klasse fulgt gjennom et helt år mens de lærte om atomer, molekyler og kjemiske bindinger. Elevenes erfaringer med representasjoner, intellektuelle utvikling og konseptuelle status ble kartlagt gjennom pretester, innsamling av elevenes arbeid og ved å se gjennom videomateriale. Hensikten var å undersøke hvordan elevenes forståelse for representasjoner kan bedres. Resultatene viste at elever som sosialt forhandlet delte og ikke-delte egenskaper og kjennetegn ved vanlige analogier og modeller av atomer, molekyler og kjemiske bindinger brukte modellene mer konsistent i sine forklaringer. Elever som ble oppmuntret til å anvende flere partikkelmodeller viste større grad av naturvitenskapelig forståelse for partikler og deres interaksjoner sammenliknet med elever som var mer opptatt av å finne én partikkelmodell som var «mest korrekt» eller «egnet seg best». Samtidig viste resultatene at elevene var dårlige til å velge mellom ulike representasjoner som egnet seg best i en spesifikk kontekst eller til en bestemt forklaring. I slike situasjoner tenderte elevene til å bruke den representasjonen de forstod best. Basert på disse resultatene konkluderte Harrison og Treagust (2000) med at dersom analogiske modeller er introdusert på en systematisk måte og elevene får tilstrekkelig med tid og muligheter til å utforske representasjonenes meningsinnhold, vil deres forståelse for abstrakte konsepter øke. Samtidig trenger elever mer støtte i arbeid med å velge mellom ulike representasjoner som skal anvendes i forklaringen av spesifikke trekk ved fenomenet.

En annen studie som har undersøkt læringseffekten av henholdsvis statiske og dynamiske representasjoner av atomer og molekyler er gjennomført av Akaygun (2016). I hennes kvalitative studie deltok 523 elever på 10. og 11. trinn i en workshop hvor de ble delt inn i tre grupper, der hver gruppe lærte å anvende hvert sitt dataprogram som tillot elevene å både utforske og utvikle statiske illustrasjoner og dynamiske animasjoner av hvordan oksygenatomet representeres på molekylært nivå. Før elevene ble introdusert for dataprogrammene fikk elevene i oppgave å tegne oksygenatomet slik de trodde det så ut på molekylært nivå. I slutten av workshopen fikk elevene i oppgave å utvikle en dynamisk animasjon og en statisk tegning i dataprogrammet som skulle illustrere hvordan de nå tenkte at oksygenatomet så ut på molekylært nivå. Hensikten med studien var å undersøke og sammenlikne elevenes statiske og dynamiske representasjoner som representerte deres mentale modeller av oksygenatomets struktur. Gjennom intervju ble elevene bedt om å forklare hvorfor de hadde fremstilt modellene slik de hadde gjort. Resultatene av analysen viste at alle elevene modifiserte sine mentale modeller mot en mer presis representasjon av oksygenatomets molekylære struktur. Akaygun (2016) fant også at uavhengig av hvilket dataprogram som ble brukt, inkluderte elevene flere dynamiske trekk i den siste tegningen sammenliknet med den første de lagde. Hun fant også at elevproduserte dynamiske representasjoner avdekket noen misoppfatninger knyttet til atomenes og elektronenes bevegelse, som ikke ble synlig i deres egenproduserte statiske representasjoner. Dette viser at selv om arbeid med representasjoner tilbyr elevene muligheter, er det også utfordringer knyttet til arbeid med dem.

De presenterte studiene viser at bruken av ulike former for representasjoner tilbyr både muligheter og utfordringer når elever arbeider med å forstå naturvitenskapelige prosesser og fenomener. De fleste studiene er effektstudier som fokuserer på elevenes læringsutbytte, mens få studier har studert selve læringsprosessen. Jeg har heller ikke lyktes i å finne studier som ser på hvordan elever gjennom arbeid med både lærerintroduserte og egenproduserte representasjoner utvikler en dypere forståelse for atomer og molekyler med hensyn til deres endring i egenskaper ved skifte av tilstandsfase. De presenterte studiene har også vist at mens lærerintroduserte representasjoner tilbyr flere muligheter og utfordringer, er også egenproduserte representasjoner viktig i elevenes meningsdannende prosess, fordi de gir både læreren og elevene innblikk i deres nåværende forståelse. Jeg ønsker derfor å studere selve prosessen, det sosiale samspillet mellom elever, for å få innsikt i spenningsforholdet mellom de muligheter og utfordringer som tilbys gjennom arbeid med både lærerintroduserte og

egenproduserte representasjoner. Det ble derfor valgt ut én elevgruppe, hvor to av elevene studeres i dybden, der slike spenninger kom til syne.

3 Teori

3.1 Læring forstått som konseptuell meningsdannelse

Læringsteorien som legges til grunn for masteroppgaven er basert på et sosiokulturelt syn på læring (Säljö, 2001; Vygotsky, 1986c; Wertsch, 1998). Et sosiokulturelt læringssyn bygger på Vygotskys pedagogiske teorier, og tar utgangspunkt i samspillet mellom felles ressurser for tenkning og handling på den ene siden, og individets læring på den andre (Säljö, 2001). Læring finner altså sted i sosiale situasjoner hvor ideer og tanker deles mellom elever, hvor språket er den viktigste kilden til kommunikasjon (Mortimer & Scott, 2003). I denne delen av oppgaven presenteres sentrale aspekter ved sosiokulturell læringsteori. Først gis det en beskrivelse av hvordan begrepet *konseptuell meningsdannelse* forstås fra et sosiokulturelt perspektiv. Deretter presenteres betydningen av verktøy og mediering innen sosiokulturell læringsteori. Avslutningsvis presenteres viktigheten av at konseptuell meningsdannelse er kontekstavhengig.

3.1.1 Konseptuell meningsdannelse

Som skrevet ovenfor bygger denne masteroppgaven på et sosiokulturelt læringssyn. Innen dette perspektivet blir læring forstått som en sosial og kognitivt meningsdannende prosess der interaksjonen mellom elever, lærer og representasjoner er i fokus. De sosiale og meningsdannende aspektene ved elevenes læringsprosess blir sett under ett. Fokus for analysen er derfor den sosiale interaksjonen som foregår mellom elevene og mellom elever og lærer når de arbeider med representasjoner. Motsatt kan det argumenteres for at det er vanskelig å undersøke elevenes læring ved å fokusere på elevene isolert fra hverandre. Innen den kognitive tradisjonen forstås læring som endring av kognitive skjemaer, intellektet, og dette skjer når individer handler med og i omgivelsene (Sjøberg, 2009). Dette perspektivet kritiseres av Säljö (2001) som mener at det innen den kognitive tradisjonen er et fullstendig skille mellom kropp og intellekt, og det også hviler en antakelse om at kognitive prosesser, tenkning, kan studeres separat fra språk (Säljö, 2001). Språket gjør oss i stand til å kommunisere forståelsen for et fenomen eller en hendelse i en bestemt kontekst (Säljö, 2001). Det å utvikle forståelse og å lære handler også om å tilegne seg språklige intellektuelle redskaper som kan brukes til å forstå nye og ukjente fenomener på en stadig mer differensiert måte (Säljö, 2001). Mestringen av de språklige og intellektuelle redskapene er altså sentralt i et sosiokulturelt syn på læring og utvikling av forståelse. Det å lære om et naturvitenskapelig fenomen innebærer også innlæring av fagbegreper. Disse begrepene er ofte komplekse, da de

for eksempel refererer til noe abstrakt, eller de representerer større prosesser, som for eksempel *det store smellet*. I arbeid med å lære om naturvitenskapelige fenomener blir derfor språk et viktig verktøy for å kommunisere sin forståelse for fenomener og begreper med andre. Vi skaper mening gjennom interaksjon med andre og med verden (Linell, 2009). Meningsdannelse er således en prosess sterkt bundet til interaksjon med andre mennesker eller artefakter og kontekst. Det er derfor ingen urimelig antakelse at det er vanskelig å forstå elevens verbale atferd med mindre vi har tilgang til deres sosiale kontekst, hvor utviklingen av forståelse skjer. Kognisjon kan altså ikke studeres uavhengig av den sosiale kontekst hvor en gitt læringsaktivitet utspiller seg.

Masteroppgaven anvender begrepet *konseptuell meningsdannelse* (Furberg et al., 2013; Linell, 2009; Vygotsky, 1986c) og refererer da til diskurser der elever arbeider sammen for å forstå naturvitenskapelige begreper og sammenhenger, hvor representasjoner er i fokus. Furberg et al. (2013) anvender begrepet konseptuell meningsdannelse (conceptual sensemaking) og legger i dette et fokus på samtale og interaksjon, der elevene vier sin oppmerksomhet mot det å forstå og tolke konseptuelle problemer eller begreper. Utviklingen av konseptuell forståelse referer til elevenes meningsdannende prosess, ettersom meningsdannelse inkluderer forståelsen for fagbegreper og prosesser. I neste avsnitt følger en begrunnelse for hvorfor dette begrepet ble valgt for å beskrive elevens læringsprosess i denne masteroppgaven.

Konseptuell meningsdannelse er som tidligere skrevet ment å beskrive aktiviteter hvor samtale og interaksjon er i fokus når elevene retter sin oppmerksomhet mot det å forstå og tolke konseptuelle problemer eller begreper. Begrepet meningsdannelse ble valgt ettersom sosiokulturell læringsteori bygger på en antakelse om at man ikke kan skille det kognitive, altså tenkning, fra de sosiale og kulturelle kontekster som tenkning foregår i (Wertsch & Semin, 1991). Vygotsky (1986c) skiller mellom betydningsdannelse (meaning-making) og meningsdannelse (sense-making). Mens *betydning* (meaning) refererer til en leksikalsk forklaring av et begrep eller konsept, refererer *mening* (sense) til en lokal forståelse av et begrep eller konsept, der forståelsen er knyttet til spesifikke handlinger som skjer i en sosial kontekst (Vygotsky, 1986c). Altså inkluderer meningsdannelse at et begrep eller konsept kan ha ulik mening i ulike kontekster. Gjennom samtale og interaksjon kan den leksikalske betydningen av et begrep eller konsept, som kun besitter et meningspotensial, realiseres.

Begrepet *meningsdannelse* anvendes i denne masteroppgaven da det anerkjennes at elever bringer med seg sine forkunnskaper og tidligere erfaringer i arbeid med spesifikke konsepter, og disse konseptene blir forhandlet i den sosialt lokale aktiviteten. Begrepet *meningsdannelse* inkluderer således et fokus på de sosiale prosessene som foregår når elever lærer. Begrepet *konseptuell* benyttes foran *meningsdannelse* fordi det fokuseres på elevenes arbeid med naturvitenskapelige konsepter og da termen *konseptuell* inkluderer et fokus på begrepsforståelse.

3.1.2 Verktøy, mediering og språk

Innen sosiokulturell læringsteori har begrepene *verktøy* og *mediering* en spesiell betydning (Säljö, 2001; Wertsch, 1998). Disse begrepene er knyttet til antakelsen om at elevenes konseptuelt meningsdannende prosess ikke kan forstås isolert fra den sosiale kontekst hvor den utvikles. Det er gjennom analysen av de medierende handlingene elevene foretar seg når de lærer man kan få innsikt i deres læringsprosess (Wertsch, 1998). Med verktøy menes de fysiske og psykologiske ressursene som vi har tilgang til og som vi tar i bruk når vi forsøker å forstå eller handle i omverdenen (Säljö, 2001). Mens fysiske ressurser er artefakter, som for eksempel en blyant eller et digitalt verktøy, inkluderer psykologiske ressurser intellekt og språk, som begreper og sammenhengen mellom dem. Mediering kan forstås som formidling og innebærer at vår tenkning er forankret til intellektuelle redskaper og artefakter (Säljö, 2001). Det er en grunnleggende antakelse innen sosiokulturell teori at de fysiske og psykologiske ressursene medierer læring, samtidig som de også former og påvirker vår forståelse. Dette fordrer at i arbeidet med å forstå elevenes utvikling av konseptuell forståelse, er det også sentralt å forstå de fysiske og psykologiske verktøyene som er involvert i læringsaktiviteten (Wertsch, 1998).

De fysiske artefaktene som er i fokus for denne oppgaven inkluderer representasjoner introdusert av læreren i form av grubletegning, animasjoner og demonstrasjonsforsøk, og artefakter produsert av elever i form av illustrasjoner. I naturvitenskapen anvendes ofte modeller for å hjelpe tanken videre fra noe enkelt og kjent. På denne måten kan man oppdage nye og vesentlige sider ved det ukjente. Det er i arbeid med ferdige representasjoner, i form av grubletegninger, animasjoner og demonstrasjonsforsøk, vi kan nærme oss det ukjente i lys av det kjente (Sjøberg, 2009). Det å anvende ferdige representasjoner kan således tenkes å være et utgangspunkt for undervisningen når man skal lære noe nytt, slik at elevene kan forankre det ukjente til noe kjent og mer konkret. I masteroppgaven omtales de fysiske

verktøyene som representasjoner. Disse representasjonene er utviklet av naturvitenskapelige eksperter, og det følger at de har et spesifikt budskap de ønsker å kommunisere (Furberg et al., 2013; Sjøberg, 2009). Mer avansert blir det når representasjoner skal illustrere noe vi ikke kan direkte sanse. Da etableres et behov for å beskrive det abstrakte med ord og representasjoner som er knyttet til vår sansbare verden, for eksempel i arbeid med å illustrere molekylers oppbygging. En representasjon kan fange noen av de aspektene den er en modell for, men ikke alle (Tytler et al., 2013). Likevel gir en representasjon oss et språk å snakke i, den gir oss ideer om hvilke aspekter som er sentrale og som vi bør se etter, og den kan hjelpe oss med å endre våre oppfatninger for å gi bedre beskrivelser av det konkrete fenomenet. Det er her en parallell til hvordan naturvitere får frem kunnskap ved å jobbe med representasjoner. Representasjoner støtter naturvitere i prosessen med å sette ord på fenomener, gripe dem og jobbe fram gode forklaringer (Tytler et al., 2013). For å forstå representasjoner må man også forstå deres meningspotensial. Dette innebærer at man som lærende må forstå hvilke naturvitenskapelige begreper som er inneholdt i en representasjon, og ha en forståelse av disse begrepene. På samme måte som elever, anvender naturvitere sin forforståelse og relevante begreper når de forstår naturvitenskapelig innhold (Tytler et al., 2013). I arbeidet med å tolke en representasjons budskap bør det altså arbeides med å forstå hvilke ulike naturvitenskapelige konsepter som er inkludert i en spesifikk representasjon, samt hva de inkluderte begrepene betyr i konteksten av representasjonen.

Som tidligere skrevet inkluderer psykologiske verktøy intellekt og språk som anvendes i en meningsdannende prosess. Språket gjør oss i stand til å kommunisere vår forståelse og er således den mest unike bestanddelen i menneskelig kunnskapsbygging (Säljö, 2001). Språket gjør det mulig å kommunisere om abstrakte fenomener som ikke har en direkte fysisk eksistens. Det kan derfor argumenteres for at språket er direkte knyttet til læring. Som Sjøberg (2009) skriver formes nye naturvitenskapelige ideer og forståelsen for dem gjennom språket, som da er et viktig verktøy for tanken. I arbeid med å forstå anvendes ofte ord som beskriver egenskaper ved mennesker, og vi gjør dem til våre egne verktøy for tanken (Sjøberg, 2009). Elevers forståelse for begreper og prosesser artikuleres gjennom språket og det er gjennom språket vi kan få innsikt i deres konseptuelt meningsdannende prosess. Masteroppgaven fokuserer derfor på innholdet i samtalene elevene imellom og mellom elever og lærer. Innholdet i en samtale kan også vise hvordan elevene prøver ut nye naturvitenskapelige begreper, men dette er ikke ensbetydende med at elevene forstår den fulle meningen av begrepet. Likevel er det å anvende andres begreper, for eksempel lærerens, selv

om de er dårlig forstått, viktig for å forstå begrepene i det lange løp (Wertsch, 1998). Rommetveit (1972c) skriver at når man gjennom språket ønsker å gjøre noe kjent, vil det intenderte budskapet man ytrer gjennom språket ha to primære kilder: Den inneholder avsenderens representasjoner, kunnskaper og forestillinger om et ennå ikke-artikulert meningsinnhold, og en intuitiv mestring av relevante begreper. Kravet om for høy presisjon kan i en slik prosess hindre kommunikasjon mer enn å fremme den (Sjøberg, 2009). Dette impliserer, når man analyserer innholdet i elevenes samtaler, viktigheten av å være klar over at elevene fortsatt kan være i en prosess hvor de arbeider med å forstå innholdet i begrepene de anvender. I slike situasjoner blir representasjoner et viktig redskap for elever når de forsøker å kommunisere sin forståelse ettersom naturfaget inneholder mange abstrakte begreper, fenomener og prosesser (Sjøberg, 2009). Representasjoner fungerer da som en støtte for kommunikasjonen.

Innen et sosiokulturelt læringssyn foreligger altså en antakelse om at artefakter og språk medierer læring og at dette skjer i samhandling med andre. De psykologiske og fysiske redskapene fungerer som strukturerende ressurser som gjør det mulig for oss i sosiale praksiser å tolke og handle kompetent i nye situasjoner (Säljö, 2001). Når vi lærer utvikler vi altså evnen til å handle med nye intellektuelle og fysiske redskaper som stadig mer kompetente aktører innenfor et spesifikt kunnskapsområde. Det at masteroppgaven legger et sosiokulturelt læringssyn til grunn begrunnes med at kognitive prosesser og artefakter forstås som bundet sammen. Innen dette perspektivet hviler en oppfatning om at mennesket ikke tolker og forstår omverdenen objektivt, men i lys av sin forforståelse.

3.1.3 Konseptuell meningsdannelse i en institusjonell kontekst

I henhold til sosiokulturell læringsteori innebærer det å forstå elevenes læringsprosess inkludering av den institusjonelle kontekst hvor læring finner sted. Formell læring skjer ofte innenfor den institusjonelle konteksten av en skole. Den praksis som utøves i skolen er basert på sterke tradisjoner som er blitt utviklet over lang tid. Vygotsky (1986c) skriver at læring av naturvitenskapelige konsepter kan skje enten «ovenfra-og-ned» eller «nedenfra-og-opp». Tradisjonell undervisning karakteriseres ved at elevenes utvikling av konseptuell forståelse skjer «ovenfra-og-ned». Dette innebærer at elevene først introduseres for et konsept på abstrakt vis, for så å forsøke å tillegge det mening i en spesifikk kontekst. Disse konseptene kalles *naturvitenskapelige konsepter* og er blitt utviklet og definert gjennom et system over lang tid. Læring «nedenfra-og-opp» er knyttet til utvikling av konseptuell forståelse for

konsepter som det arbeides med utenfor skolen. I et slikt læringsarbeid snakkes det om *intuitive konsepter* som ikke er knyttet til et systemisert naturvitenskapelig vokabular, men til spesifikke hendelser, empiri og praksis (Sjøberg, 2009). Vygotsky (1986c) påpeker at utvikling av konseptuell forståelse skjer ved at elevenes private språk og måte å forstå verden på gjør det mulig for elevene å først bevege seg «nedenfra-og-opp» til det aktuelle naturvitenskapelig fenomenet eller konseptet. Deretter arbeider elevene med en «ovenfra-og-ned» utvikling for å forstå det aktuelle fenomenet eller konseptet. Elevenes forforståelse er således en inngang til den naturvitenskapelige verden og dens måter å beskrive verden på. Å lære naturfag innebærer å lære å kommunisere naturfag på en spesifikk måte, og bruken av fagbegreper er viktig for å sikre entydig kommunikasjon (Sjøberg, 2009). Altså er det gjennom «ovenfra-og-ned» aktiviteter, som finner sted i skolen, at elever lærer seg å kommunisere på en spesifikk måte (Säljö, 2001). Dette impliserer at elevene besitter kunnskap om lingvistiske strukturer, i tillegg til normer og kulturelle rutiner for interaksjon, i konteksten av skole (Linell, 2009). Det forventes at elevene skal handle innenfor disse strukturene. Av dette følger det at elevene må navigere innen den institusjonelle rammen av skole, hvilket innebærer at de må identifisere den forventede kommunikasjonsformen.

I tillegg til de institusjonelle aspektene som lingvistiske strukturer, normer og kulturelle rutiner, anses også materielle artefakter som grubletegning, demonstrasjonsforsøk, animasjoner og andre former for læringsressurser som institusjonelle aspekter (Säljö, 2001). Slike ressurser er utviklet med den hensikt å anvendes innenfor institusjonen av skole, hvor læring er målet. De kan derfor anses som produkter av institusjonelle aspekter knyttet til utdanning. Slike læringsressurser setter således betingelsene for læring, noe som impliserer at elevenes meningsdannelse også eksisterer på et institusjonelt nivå.

3.2 Analytiske implikasjoner

Til nå er det gitt en beskrivelse av hva et sosiokulturelt læringsperspektiv innebærer. Jeg startet med å beskrive begrepet konseptuell meningsdannelse og viktigheten av fysiske og psykologiske verktøy i utviklingen av konseptuell forståelse. Dette kan forstås som koblingen mellom den lærende og dens omgivelser. Ved å fokusere på språk og interaksjon kan man avdekke hvordan elever forhandler sin forståelse i arbeid med ulike former for representasjoner. Fordi fysiske artefakter er en del av vår tenkning skal jeg se på hvordan ulike former for representasjoner støtter eller utfordrer elevenes meningsdannende prosess.

Alt dette er situert i en spesifikk kontekst som våre handlinger og forståelse er en del av. Å være bevisst at elevene handler innenfor skolens kontekst er derfor viktig.

Når man studerer elevenes meningsdannende prosess følger det noen analytiske implikasjoner. Læring er en sosialt organisert aktivitet og enhet for analysen er en gruppe elever som interagerer for å nå et felles mål. Analysen fokuserer derfor på interaksjonsdata av situasjoner der elevene forsøker å tillegge komplekse konsepter mening, ettersom slike situasjoner ofte inkluderer diskusjon og forhandling av forståelse. I disse situasjonene interagerer elevene med hverandre og anvender representasjoner som en strukturerende ressurs. En annen viktig analytisk implikasjon er at jeg fokuserer på *interaksjonsbaner*, som refererer til interaksjoner som skjer over en lengre tidsperiode. Dette åpner opp for å studere både hva som skjer lokalt, og hvordan dette er relatert til et lengre tidsaspekt. På den måten kan det innsamlede datamaterialet ses i sammenheng med de situasjoner hvor de utspiller seg, og hvordan institusjonelle aspekter gjør seg gjeldende i disse situasjonene (Krange & Ludvigsen, 2009).

Virkeligheten er kompleks og mangfoldig, så det er ikke tilstrekkelig å fokusere på kun ett aspekt når relasjonen mellom meningsdannelse og interaksjon utforskes (Wertsch, 1998). Det er derfor denne masteroppgaven fokuserer på språk, mediering og artefakter, i tillegg til situerte og institusjonelle normer og praksiser.

4 Metode

Oppgavens metodedel er delt inn i fire underkapitler. Studiens empiriske kontekst presenteres i den første delen. I den andre delen redegjøres det for valg av metode. Arbeidet med transkripsjon, koding og analyse av datamaterialet presenteres i det tredje underkapitlet, mens forskningens troverdighet knyttet til validitet, reliabilitet, generaliserbarhet og etiske betraktninger ved arbeidet presenteres i den fjerde delen.

4.1 Empirisk kontekst

4.1.1 Representasjon og deltakelse i naturfag (REDE)

Denne masteroppgaven henter sine data gjennom prosjektet Representasjon og deltakelse i naturfag (REDE). REDE er et design-basert forskningsprosjekt (Barab & Squire, 2004). Det innebærer at undervisningsoppleggene som anvendes og analyseres i REDE-prosjektet er utviklet gjennom et samarbeid mellom forskerne og de lærerne som gjennomfører undervisningen. Hensikten er å forstå de ulike kvalitetene ved designprinsippene som prøves ut, og det blir derfor viktig å se på samspillet mellom representasjonene, kontekst og deltakere (Barab & Squire, 2004). Etersom denne oppgaven legger et sosiokulturelt læringssyn til grunn er ikke hensikten å evaluere undervisningsopplegget etter designprinsippene; altså anvendes ikke designprinsippene som en del av det analytiske rammeverket når de empiriske dataene analyseres. Det var læreren som gjennomførte undervisningen, mens REDE-forskere og masterstudenter var til stede og tok video- og lydopptak. Resultatene fra forskningsprosjektet anvendes til å utvikle bedre undervisningspraksis i naturfag. Formålet med REDE-prosjektet er mer spesifikt å utvikle nettressurser som er ment å støtte lærere og lærerstudenter i å arbeide med representasjoner i ulike fag. De har knyttet innovasjonen til naturfag på ungdomstrinn og VG1 og den består av fire moduler. Tre av modulene er knyttet til undervisning i skolen og handler om 1) fagets egenart, 2) begrepslæring, og 3) arbeid med komplekse miljøutfordringer og sosiovitenskapelige kontroverser. Den fjerde modulen er utviklet for bruk i lærerutdanningen og skal inneholde designprinsipper og konkrete eksempler på hvordan modul 1-3 kan undervises i skolen.

Forskningsdesignet i REDE-prosjektet bygger på de ti IF-SO designprinsippene i Tytler et al. (2013) sin didaktiske modell for hvordan man kan planlegge og gjennomføre undervisning med et fokus på representasjoner. «I» handler om å identifisere nøkkelbegreper og konsepter.

Læreren må da på forhånd ha tenkt gjennom hvilke representasjoner som kan bidra til læring og hvilke egenproduserte representasjoner som kan anvendes som evidens for læring. «F» inkluderer et fokus på form og funksjon og det er her viktig at læreren har et eksplisitt fokus på hvilken funksjon ulike komponenter i en representasjon har, og at dette kommuniseres tydelig til elevene. «S» inkluderer *sekvenser* hvor elevenes forforståelse utfordres der elevene gis mulighet til å re-representere sin forståelse gjennom å revidere og videreutvikle sine egenproduserte representasjoner, og til å se sammenhengen mellom det observerte fenomenet, deres egne forestillinger og egenproduserte representasjoner. I tillegg handler det om å inkludere elevenes interesser for å gjøre læringen meningsfull. «O» står for *kontinuerlig vurdering* og handler om at elevene må gis muligheter til å kontinuerlig forhandle sin forståelse med læreren og medelever, vurdere elevenes meningsdannelse, og til å oppklare forskjeller og sammenlikne sine egenproduserte representasjoner med ferdige konvensjonelle representasjoner, med hensyn til hvordan de kommuniserer meningsinnhold. Elevenes samhandling med hverandre og representasjonene er i fokus for datainnsamlingen og analysen ettersom masteroppgaven ønsker å undersøke hvilke muligheter og utfordringer arbeid med representasjoner tilbyr elever i deres konseptuelt meningsdannende prosess i temaet vann og issmelting.

4.1.2 Deltakere og empirisk kontekst

De aktuelle dataene ble samlet inn høsten 2017 gjennom videoobservasjon av én naturfagsklasse lokalisert på Østlandet. Prosjektet, som var titulert «Hvorfor har vi issmelting?» ble arbeidet med gjennom et femtimers undervisningsopplegg som gikk over en periode på tre uker. Undervisningsopplegget ble gjennomført i en åttendeklasse bestående av 26 elever mellom 13 og 14 år. Klassen hadde et mindretall elever med minoritetsbakgrunn. Læreren beskrev de fleste elevene som flinke til å samarbeide, samtidig som noen elevgrupper trengte mer oppfølging og veiledning for å få gjennomført arbeidsoppgaver. I timene arbeidet elevene ofte godt og fulgte med på lærerens presentasjoner, men kunne under arbeid i grupper eller par tidvis miste konsentrasjonen og fokus på arbeidet. Før oppstart av prosjektet hadde elevene arbeidet noe med temaet vann, men ikke lært om issmelting og vannets molekylære egenskaper ved de ulike tilstandsfasene. Selv om undervisningsopplegget gikk lenger inn i de naturvitenskapelige detaljene enn det som er forventet av læreplanen på dette nivået, gav læreren uttrykk for at prosjektet hadde vært vellykket og at elevene hadde hatt et læringsutbytte av disse detaljene likevel. Læreren hadde tidligere ikke hatt et like stort fokus på representasjoner i undervisningen. Dermed fikk både

læreren og elevene mulighet til å utforske hvordan en slik undervisningstilnærming kan støtte elevene i deres meningsdannende prosess. Læreren fikk også erfare hvordan representasjoner kan fungere som felles referansepunkt for læreren og elevene, og elevene seg imellom når de forsøker å forstå naturvitenskapelige fenomener. Fordi REDE-prosjektet har et fokus på utforskende arbeidsmetoder ble det i samarbeid mellom forskerne og den aktuelle læreren inngått enighet om at læreren ikke skulle rette på elevene når de svarte feil eller baserte årsaker til observerte fenomener på feil premisser. Likevel skulle læreren sørge for at elevene mot slutten av prosjektet hadde utviklet en god forståelse av det naturvitenskapelige innholdet. Det utforskende aspektet ved prosjektet var et viktig perspektiv for forskerne, og læreren var enig i det.

4.1.3 Beskrivelse av gjennomført undervisningsopplegg

Det var satt av tre uker til undervisningsopplegget som til sammen utgjorde fem skoletimer på 60 minutter hver. Gjennom dette prosjektarbeidet ble elevene delt inn i grupper på fire. Det var læreren som delte elevene inn i grupper, basert på hvilke elever som ble ansett å samarbeide godt.

Elevene skulle gjennom prosjektet lære hvorfor konsekvensene av ismelting på Arktis og Antarktis er ulike, og hvordan vannets molekylære egenskaper ved de ulike tilstandsfasene kan knyttes til disse forskjellene. Representasjoner ble brukt i form av dynamiske animasjoner, demonstrasjonsforsøk og statiske grubletegninger, bilder og tegninger som elevene lagde selv, der bruken av representasjonene foregikk i en syklus. Syklusen innebar at elevene først fikk en introduksjon, og deretter produserte egne representasjoner med sin nåværende kunnskap. Videre ble elevene introdusert for mer fagkunnskap, før de igjen produserte nye representasjoner basert på sin nye kunnskapsforståelse.

I *time 1* holdt først læreren en kort presentasjon om vann. Deretter arbeidet elevene med en grubletegning før de opprettet en felles padlet, digital veggavis, hvor de skulle legge inn alt de arbeidet med gjennom prosjektet. Padleten ble altså elevenes sluttprodukt ved endt prosjekt. Avslutningsvis i denne timen foreleste læreren mer om vannets egenskaper ved ulike tilstandsfaser. I *time 2* gjennomførte læreren et demonstrasjonsforsøk som illustrerte ismelting og øking av havnivå i polområdene. Deretter arbeidet elevene med å bli kjent med oppbyggingen til en naturfagsrapport ved å skrive en rapport for demonstrasjonsforsøket med fokus på begrepene eksperiment, hypotese, konklusjon og feilkilde. Den ferdige rapporten ble

lastet opp i padlet. Læringsmålet for *time 3* var at elevene skulle knytte demonstrasjonsforsøket fra forrige undervisningstime til en større sammenheng, som her var klima. Læreren fortsatte i denne timen presentasjonen om vann og dets molekylære egenskaper ved de ulike tilstandsfasene og fokuserte på begrepene trykk, temperatur, volum og tetthet. Det er i den tredje timen at elevene for første gang tegnet og forklarte sin forståelse for vannets molekylære egenskaper ved de tre tilstandsfasene. Elevene jobbet avslutningsvis i økten med animasjoner og oppgaver på viten.no som omhandlet havnivåøking. I *time 4* lærte elevene mer om hva som skjer når is smelter, og de relaterte det de så langt hadde lært om vannets egenskaper til demonstrasjonsforsøket som læreren gjennomførte i andre undervisningstime. Deres nåværende forståelse skulle fremstilles i en presentasjon de lagde i padletene sine. Denne timen var det dog store tekniske problemer som følge av at padlet var en ny programvare tatt i bruk på skolen. Læreren gjennomførte derfor felles gjennomgang av animasjonene og oppgavene på viten.no som de jobbet med forrige time. I *time 5* repeterte klassen i fellesskap det de hadde lært forrige time ved å gå gjennom animasjonene på viten.no på nytt. Deretter arbeidet elevene i grupper på fire med å ferdigstille padletene. Videre tegnet elevene på nytt overgangen mellom de ulike tilstandsfasene til vann og ble da oppfordret til å bruke begrepene trykk, temperatur og volum. Timen ble avsluttet med at to og to grupper presenterte sine tegninger og forklaringer for hverandre. I Tabell 1 under er undervisningsforløpet gjennom prosjektet illustrert, med aktiviteter og organisering.

Tabell 1: Undervisningsforløpet gjennom prosjektet med aktiviteter og organisering.

Time:	Aktivitet:	Organisering:
1	Introduksjon av prosjektet og kort presentasjon om vann. Arbeid med grubletegning. Opprettelse av padlet. Kort presentasjon om vann.	Helklasse Gruppearbeid Gruppearbeid Helklasse
2	Demonstrasjonsforsøket ble satt i gang. Gjennomgang av naturfagrapporters oppbygging. Arbeid med å skrive naturfagrapport. Gjennomgang av innhold i spesifikk naturfagrapport.	Helklasse Helklasse Gruppearbeid Helklasse
3	Presentasjon om vann. Elever produserer egne tegninger. Elevene arbeider med animasjoner på viten.no.	Helklasse Gruppearbeid Gruppearbeid
4	Kort introduksjon om vann og hvordan denne kunnskapen kan knyttes til demonstrasjonsforsøket. Arbeid i padlet med presentasjon. Gjennomgang av animasjoner på viten.no.	Helklasse Gruppearbeid Helklasse
5	Gjennomgang av animasjoner på viten.no. Ferdigstillelse av presentasjon i padlet og utvikling av tegninger. Presentasjon av tegning for en annen gruppe.	Helklasse Gruppearbeid To og to grupper

4.2 Forskningsdesign

Hensikten med denne studien er å undersøke hvilke muligheter og utfordringer arbeid med representasjoner tilbyr elever i deres konseptuelt meningsdannende prosess. Undersøkelsen er derfor en kvalitativ kasusstudie som går i dybden av to elevers læringsforløp når de arbeider med ulike former for representasjoner. Årsaken til at to elever studeres i dybden begrunnes med at analysen av interaksjonsforløpet mellom disse elevene tydelig illustrerer de muligheter og utfordringer som tidligere forskning har vist at arbeid med representasjoner tilbyr. Kasusstudier undersøker fenomener hos én bestemt gruppe, som ikke kan studeres atskilt fra den kontekst hvor de utspiller seg (Yin, 1994). Jeg opererer med én kasus, kalt et enkelt-kasusdesign, ettersom min studie tar for seg to elever i én gruppe (Yin, 1994).

Kasusstudie er valgt fordi det gir muligheten til å studere et fenomen i dybden. Ved bruken av kasusstudier følger også noen begrensninger. Ved bruken av et slikt forskningsdesign kan det være vanskelig å gå i bredden av kasusen og det kan videre være vanskelig å statistisk generalisere funnene. Samtidig gir en dybdeanalyse av de to elevenes meningsdannende prosess et godt innblikk i hvilke muligheter og utfordringer som tilbys gjennom et arbeid med ulike former for representasjoner i temaet vann og issmelting.

4.2.1 Beskrivelse av datamateriale

Data er blitt samlet inn gjennom video- og lydopptak av arbeid som foregår i undervisningstimene og gruppeintervjuene, i tillegg til posttestdata. Hensikten med de ulike innsamlingsmetodene er å se det ulike datamaterialet i sammenheng med hverandre for å besvare forskningsspørsmålene. Representasjoner som elevene jobbet med på nett eller på papir, og elevenes ferdige produkter og tegninger er også blitt samlet inn gjennom REDE-prosjektet. Deler av dette materialet ble anvendt som støtte under intervjuene.

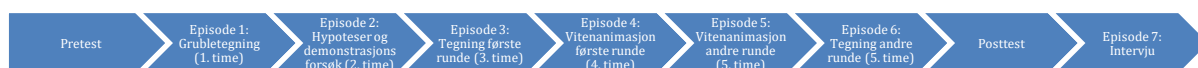
Representasjonenes funksjon analyseres med hensyn til de kontekster hvor de er arbeidet med og senere anvendt i intervjuene. Dette for å få innblikk i hvordan de ulike formene for representasjoner som elevene har arbeidet med støtter eller utfordrer deres meningsdannende prosess. Ettersom analysen fokuseres på interaksjon elever imellom og mellom elever og representasjoner og masteroppgaven ønsker å si noe om hvilke muligheter og utfordringer arbeid med representasjoner tilbyr elever i deres konseptuelt meningsdannende prosess, gjør videoobservasjon seg aktuell. Intervjuer ble benyttet for å få ytterligere informasjon om elevenes erfaringer rundt det å jobbe med representasjoner, i tillegg til at det gav mulighet til oppfølgingsspørsmål knyttet til det konseptuelle og det observerte i videoopptak fra

klasserommet. I tillegg er det gjort en kvalitativ analyse av de to studerte elevenes svar på oppgave 5 i posttesten for å undersøke hvordan deres meningsdannelse kom til uttrykk i individuelt arbeid. I Tabell 2 under er en oversikt over typer av data som ble samlet inn, samt deres status.

Tabell 2: Oversikt over det innsamlede datamaterialets ulike typer og status.

Type data:	Beskrivelse:	Dataenes status:
Videopptak i klasserom	5 timer totalt, fanger gruppeaktiviteter gjennom prosjektet.	Kjernerdata
Videopptak av intervju	Gruppeintervju med 3 elevgrupper.	Kjernerdata
Dokumenter	Representasjoner delt ut til elevene. Feltnotater. Elevprodukter.	Kjernerdata Bakgrunnsdata Kjernerdata
Pre- og posttestdata	Test av klassens kunnskaper før og etter prosjektet.	Kjernerdata (to utvalgte elever) /Bakgrunnsdata (hele datakorpus)

Den analytiske tilnærmingen i oppgaven er å følge elevene gjennom deres læringsforløp for å få innblikk i deres konseptuelt meningsdannende prosess. Jeg går derfor inn i ulike punkter i undervisningsforløpet og analyserer disse sekvensene i dybden for å forstå hvilke muligheter og utfordringer som tilbys elever gjennom arbeid med representasjoner. Utdragene som analyseres er derfor satt i kronologisk rekkefølge, slik de fremkom gjennom prosjektet. Figur 1 under viser hvilke punkter i elevenes læringsforløp analysen går inn i, hva elevene arbeidet med og hvilken undervisningstime sekvensen forløp i.



Figur 1: Prosjektets tidslinje. Viser hvor i prosjektet ulike samtaleutdrag er hentet fra og når i prosjektet elevene arbeidet med ulike representasjoner.

4.2.2 Datainnsamling – videodata

Bruken av videoobservasjon begrunnes med at masteroppgaven har et fokus på interaksjonen mellom representasjoner og elever og elevene seg imellom når de arbeider med representasjoner. Dette for å kunne si noe om hvordan representasjoner støtter eller utfordrer elever i deres konseptuelt meningsdannende prosess. I tillegg gir videoobservasjon mulighet til å se gjennom hendelsesforløp flere ganger, mulighet til pauser, endring i fokus og til å observere flere grupper samtidig.

Det var læreren som satte sammen gruppene basert på noen utvalgs-kriterier hun var gitt av REDE-forskerne. Disse kriteriene var: 1) elevene var middels- til høytpresterende, men det var ikke primært et ønske om å studere de flinkeste elevene, 2) elevene var aktive og interessert i å delta faglig, 3) elevene måtte ha en viss kompetanse i samarbeidslæring, 4) det skulle være en kjønnsbalanse i elevutvalget, og 5) de observerte elevene hadde gitt samtykke til å bli filmet. Fordi denne studien ikke har som mål å sammenlikne gruppene, men i stedet er opptatt av interaksjonene som foregikk mellom elevene når de arbeidet med representasjoner, ble det tatt et valg hva angår hvilken av de videoobserverte elevgruppene som skulle studeres nærmere. Elevgruppen som ble valgt ut til videre analyse bestod av to gutter og to jenter. Gruppen ble valgt ut på grunnlag av at to elever i denne gruppen veldig godt belyser de utfordringer og muligheter, knyttet til arbeid med representasjoner, som tidligere studier har vist. Utvelgelsesprosessen ble gjort på bakgrunn av det teoretiske rammeverket og forskningsspørsmålene i samarbeid med veileder (Derry et al., 2010).

De fem skoletimene ble filmet og egne mikrofoner ble brukt for lydopptak. Gjennom dette prosjektarbeidet ble tre av gruppene filmet av hvert sitt videokamera som registrerte bilde og lyd. Læreren ble fotfulgt av et håndholdt kamera som også filmet hele klassen ved helklasseundervisning. På den måten fikk vi opptak av alle interaksjoner mellom læreren og elevene i klassen. Ved hver undervisningstime var det fire forskere tilstede for å gjøre opptak. I hovedsak jobbet elevene i grupper på fire, men av og til jobbet de to og to. Det måtte da gjøres et valg av hver kameraansvarlig som fulgte en elevgruppe, på hvilket par man skulle fokusere på. Som Cohen, Manion og Morrison (2011) beskriver er dette en selektiv prosess, og det var på forhånd bestemt hvilket par det skulle fokuseres på basert på noen vurderingskriterier. Kriterier for valg av par som skulle filmes i slike tilfeller var at elevene var muntlig aktive, at de var to som jobbet sammen og det skulle være mulig å filme materialet de arbeidet med fra en god vinkel. For å forhindre at kameraene filmet fra uheldige vinkler eller fokuserte på irrelevante deler, som for eksempel ryggen til en elev eller en tom pult, var det hele tiden én som var ansvarlig for filmingen til hvert kamera og kunne følge elevenes bevegelser kontinuerlig.

4.2.3 Datainnsamling – gruppeintervju

Bruken av gruppeintervju som forskningsmetode kan begrunnes med at masteroppgaven bygger på et sosiokulturelt læringssyn der samhandling står sentralt. Intervjuene ble gjennomført én uke etter prosjektets slutt og hadde en varighet på mellom 35 og 45 minutter.

Gruppeintervju kan bidra til økt respons og elevene kan fungere som sosial støtte for hverandre, i tillegg til at det er tidsbesparende og egner seg godt når man ønsker å intervju personer som har jobbet sammen over en lengre periode (Cohen et al., 2011). Slike intervjuer kan også bidra til interessante diskusjoner og egner seg spesielt godt dersom det er relevant for informantene å få innsikt i de andre informantenes tanker og ideer (Cohen et al., 2011). Elevene ble derfor intervjuet i de samme gruppene som de arbeidet i gjennom prosjektet. Valg av gruppeintervju som metode kan også begrunnes med at informanter under gruppeintervju kan komplementere hverandre med tilleggsinformasjon, noe som kan bidra til å gi et mer helhetlig og reliabelt datamateriale (Cohen et al., 2011). Slike diskusjoner var å observere i de gjennomførte intervjuene og de gav god innsikt i elevenes konseptuelle forståelse. En annen fordel med bruken av gruppeintervju er at det legger opp til at informantene tenker kollektivt, noe som var ønskelig når elevene sammen skulle løse en oppgave knyttet til deres konseptuelle forståelse for vannmolekylers egenskaper ved tre tilstandsfasene.

For å sikre at det ble innhentet informasjon om de samme temaene i de tre gruppene som ble intervjuet ble intervjuguiden (Vedlegg 1) et viktig verktøy. Intervjuguiden ble utviklet av masterstudentene Leifsen, Hansen og Fundingsrud, i samarbeid med REDE-forskerne Furberg og Aanesland Strømme. Den var strukturert og inneholdt både lukkede og åpne spørsmål. For å sikre at elevene fikk muligheten til å fortelle om egne opplevelser, samtidig som det ble innhentet informasjon om konkrete erfaringer knyttet til arbeidsformer ble lukkede spørsmål anvendt. De åpne spørsmålene var ment å gi elevene rom til å utforske og forklare sin forståelse og ideer knyttet til det faglige temaet vann og ismelting. Til hvert hovedspørsmål ble det også utviklet underspørsmål som var ment å støtte elevenes samtale ved behov. Kvale og Brinkmann (2015) påpeker at noen mennesker er vanskeligere å intervju enn andre, og at intervjueren derfor må se på det som sin oppgave å motivere og legge til rette for informantens beretninger. Derfor var underspørsmålene mer konkrete i sin spørsmålstilling. Underspørsmålene fungerte også som god støtte for intervjuer ettersom de sikret at relevant informasjon ble innhentet fra elevene, i tillegg til at intervjuet ikke sporet av. Intervjuet hadde et todelt fokus. Den første delen fokuserte på de ulike arbeidsformene som elevene hadde tatt i bruk under prosjektet, mens den andre delen fokuserte på konkrete konsepter og medbrakte representasjoner ble brukt som utgangspunkt for samtalen. Elevene ble i den andre delen av intervjuet oppfordret til å bruke begrepene tetthet, volum og

temperatur, og utfordret til å forklare sammenhengen mellom vannets egenskaper ved de ulike tilstandsfasene, og hvordan dette kunne sees i sammenheng med havnivåøkning.

Intervjuene ble filmet av et kamera som stod på et stativ og en lydopptaker ble plassert midt på bordet. Det var masterstudentene Leifsen, Hansen og Fundingsrud som gjennomførte intervjuene. Under hvert intervju var én student ansvarlig for kamera, lyd og transkribering, én gjennomførte selve intervjuet mens den siste studenten støttet intervjueren gjennom å stille oppfølgingsspørsmål til informantene ved behov. På den måten sikret vi at all relevant informasjon ble innhentet.

Flere utfordringer kan knyttes til bruken av gruppeintervju som forskningsmetode, blant annet størrelsen på gruppen og gruppesamspill. Gruppestørrelsen kan påvirke gruppedynamikken og samtaleflyten. Det er derfor viktig at intervjueren gjør alle informantene komfortable i intervjusituasjonen, slik at de opplever det trygt å ytre seg i samtalen (Cohen et al., 2011). Vi forklarte derfor elevene at vi ikke ønsket å teste deres forståelse, men at vi ønsket å følge deres forståelse for å se den i sammenheng med prosjektet. Vi uttrykte også takknemlighet for at de ønsket å delta i vår forskning. I to av de tre gruppene som ble intervjuet var det tydelig at noen elever dominerte intervjusituasjonen, slik at andre ikke kom like ofte til ordet. For å løse dette bad vi om informantenes tanker og refleksjoner på tur, eller ved å konkret si «Hva er dine tanker om dette?». Et livlig gruppesamspill kan også redusere intervjuerens kontroll over intervjuforløpet og føre til at intervjuutskriftene får et noe uoversiktlig preg (Kvale og Brinkmann, 2015). At elevene snakket i munnen på hverandre er å finne i datamaterialet. Dette førte til at enkelte informanter ble avbrutt og mistet muligheten til å kommunisere sine synspunkter, eller hadde glemt hva de skulle si når de senere fikk muligheten til å ytre seg.

Ved noen tilfeller var det også vanskelig å forstå hva informantene egentlig mente, fordi de tidvis sa imot seg selv. I slike situasjoner viste det seg spesielt nyttig å stille elevene spørsmål som «Forstår jeg dere riktig når dere sier at...». Slike spørsmål gjorde også at elevene kunne omformulere eller presisere det de forsøkte å ytre, noe som gav enda bedre data. Til tider var det vanskelig å høre hvem som sa hva, og videoobservasjon av intervjuene fungerte som et godt verktøy for å oppklare dette. Én gruppe skilte seg ut som lite deltakende under intervjuet. Det ble da tydelig hvor viktig det var å ha en intervjuguide som til hvert hovedspørsmål inneholdt underspørsmål. I arbeidet med å få disse elevene til å prate mer ble det også sentralt at intervjuer ble støttet av en medintervjuer.

4.2.4 Datainnsamling – pre- og posttestdata

I forbindelse med REDE-prosjektet ble det også gjennomført pre- og posttesting av hele klassen (N = 26) (Vedlegg 2). Formålet med å innhente pre- og posttestdata i REDE-prosjektet var todelt. *For det første* for å få innsikt i elevenes læringsutbytte av intervensjonen. *For det andre* for å få innsikt i enkeltelevers meningsdannende prosess gjennom arbeid med representasjoner. Som en del av masteroppgaven inkluderes resultatene av posttestens oppgave 5a og 5b til to av elevene på den aktuelle gruppen, for å få innsikt i deres meningsdannende prosess gjennom arbeid med representasjoner.

4.3 Analytisk prosedyre

Den analytiske metoden som ble brukt på samtaleutdragene i episode 1-7 (se Figur 1) er interaksjonsanalyse. Interaksjonsanalyse innebærer en empirisk undersøkelse av interaksjonen mellom mennesker og mellom mennesker og objekter i deres omgivelser (Jordan & Henderson, 1995). Aktiviteter som dialog, ikke-verbal interaksjon og bruken av artefakter og teknologi er derfor i fokus for analysen av interaksjonsdata fra klasserommet og gruppeintervjuet. Det er også gjort en kvalitativ analyse av posttestdataene til to av elevene for å få innsikt i deres meningsdannende prosess gjennom arbeid med representasjoner. I denne delen av oppgaven presenterer og begrunner jeg først de valg som ble tatt hva angår analysen av de interaksjonsdataene som fremkom gjennom videoobservasjon og intervju. Deretter presenteres og begrunnes analysen av posttestdataene.

4.3.1 Interaksjonsanalyse, analyseforløp

Etter at en elevgruppe var valgt ut for videre analyse ble alt datamaterialet for denne gruppen transkribert. Dette gjorde jeg for å få en fullstendig oversikt over datamaterialet.

Transkriberingsarbeidet ble gjennomført på videolaboratoriet Teaching and Learning Video Lab (TLVlab¹) ved Institutt for lærerutdanning ved Universitetet i Oslo, ved bruk av dataprogrammet InqScribe. Deretter ble det gjennomført koding av materialet ved TLVlab, og da ved bruk av programmet Interact. Kodingen var ikke ment å inngå som kategorier i forskningen, men kun ment å gi oversikt over materialet. I tråd med Jordan og Henderson (1995) ble det ikke anvendt et ferdig kodingskjema for analyse av videomaterialet, ettersom det kan påvirke hvordan man oppfatter interaksjonene i de observerte videoene. På den måten sikres det at man i større grad er tro mot datamaterialet og informasjonen den faktisk gir

¹ <http://www.uv.uio.no/ils/english/about/organization/teaching-learning-video-lab/>

(Cohen et al., 2011). Jordan og Henderson (1995) påpeker videre at slike kategoriseringer oppstår naturlig fra den dypere forståelsen som utvikles når man observerer deltakernes måter å kommunisere sin forståelse på gjentatte ganger. Kodingen fokuserte på sekvenser der elevene *arbeidet med representasjoner* og hvor elevene *forhandlet sin forståelse* for vannmolekylers kjemiske egenskaper, fordi forskningsspørsmålene tar for seg elevenes meningsdannende prosess i arbeid med representasjoner. Det ble derfor enklere å senere velge ut aktuelle samtaleutdrag for videre analyse.

I prosessen med å velge ut samtaleutdrag fokuserte jeg på det overordnede formålet med forskningen som er hvordan ulike former for representasjoner støtter eller utfordrer elevens meningsdannende prosess. Mer spesifikt har analysen fokus på sekvenser der elevenes oppmerksomhet var rettet mot det å skape mening i konseptuelle problemer; altså situasjoner hvor elevene forsøkte å forstå hvordan vannets molekylære egenskaper er forskjellig i de tre fasene væske-, is- og gassform. Aktiviteter som dialog, ikke-verbal interaksjon og bruken av artefakter og teknologi er derfor i fokus for analysen. For å si noe om elevens konseptuelle meningsdannelse ble det aktuelt å se på elevenes *interaksjonsforløp* (interaction trajectory), som innebærer at elevenes læring og interaksjoner følges over tid, ettersom utvikling av forståelse ikke skjer momentant, men over tid (Ludvigsen, Rasmussen, Kränge, Moen & Middleton, 2011). Som beskrevet av Barnes (1992), «Most learning does not happen suddenly; rather, the construction of knowledge and understanding evolves over time: «we do not one moment fail to understand something and then the next moment grasp it entirely»» (s. 123). Interaksjonsanalyse som metode kan ikke sees separat fra utvelgelsen av samtaleutdrag (Jordan & Henderson, 1995). Derry et al. (2010) påpeker at de videoklippene som velges ut for videre analyse må representere hendelser som også gir mening når de isoleres fra resten av konteksten. Ved å analysere utvalgte samtalesekvenser av elevenes interaksjoner over tid i kronologisk rekkefølge ble det mulig å vise de endringer som skjer i elevenes konseptuelle meningsdannelse. Dette gav også innsikt i hvordan ulike former for representasjoner støttet eller utfordret elevenes meningsdannende prosess. Bruken av interaksjonsanalyse som analyseverktøy kan begrunnes med at forskningen baserer seg på et sosiokulturelt læringssyn, hvor samhandling og dialog står sentralt.

Analysen av samtaleutdragene fokuserer som skrevet ovenfor på sekvenser der interaksjon og samtaler er konseptuelt orientert. Dette begrunnes med at denne masteroppgaven er opptatt av meningsinnholdet i samtalene for å kunne svare på forskningsspørsmålene. Lyden av hva

elevene sa i videoopptakene ble transkribert og jeg noterte hva elevene foretok seg, fordi interaksjonsanalyse er en analysemetode som både er interessert i dialog og ikke-verbal interaksjon. Innad ble samtaleutdragene analysert sekvensielt, noe som innebærer et fokus på hvordan ytringene bygger på hverandre og hvordan elevene snakker om og skaper mening i de representasjonene de arbeider med. Derfor ble det også viktig å inkludere hvordan elevene refererte til representasjonene gjennom gester; for eksempel ved å peke på elementer ved representasjonene. Analysen av samtaleutdragene er ikke opptatt av lingvistiske hint, som for eksempel pusten til elevene.

Masteroppgaven foretar en detaljert analyse av to elevers interaksjoner med hverandre, representasjonene og med læreren for å få innblikk i deres konseptuelt meningsdannende prosess i temaet vann og issmelting, men også for å få innblikk i hvilke muligheter og utfordringer som følger et arbeid med representasjoner. Innenfor rammen av en masteroppgave var det ikke mulig å studere flere grupper. Fordi jeg ønsker å komme nært på et fenomen går derfor gevinsten av å komme tett på, på bekostning av bredden av kasusstudien. De to aktuelle elevene i den observerte gruppen er Lise og Adrian. Det er to årsaker til at Lise og Adrian er i fokus for analysen. For det første er begge veldig muntlig aktive gjennom hele prosjektet. Dette gjorde deres konseptuelle meningsdannelse transparent på en måte som gjorde det mulig å i detalj analysere hvordan deres forståelse for vannets molekylære egenskaper ble utviklet gjennom arbeid med representasjoner. Den andre årsaken til at Lise og Adrian er i fokus for analysen skyldes at de har ulik konseptuell innramming. En dybdeanalyse av disse elevenes læringsforløp gjør det derfor mulig å adressere variasjoner i elevers konseptuelle meningsdannelse, samt hvilke muligheter og utfordringer som tilbys elever gjennom arbeid med representasjoner.

Analysen av interaksjonene mellom Lise, Adrian, læreren og de ulike representasjonene de arbeider med, tar utgangspunkt i van de Sande og Greeno's (2012) forståelse av begrepet «konseptuell innramming» (conceptual framing). Denne termen refererer til de måter elevene forstår og organiserer informasjon på i situasjoner hvor de diskuterer og arbeider med å utvikle en felles forståelse for et problem eller fenomen. Dette innebærer en veksling mellom forskjellige aspekter som det blir rettet oppmerksomhet mot, de aspekter ved konteksten som ignoreres, og det som er i for- og bakgrunn for oppmerksomheten til de to elevene. Et slikt perspektiv gjør det mulig å differensiere mellom elever med ulik konseptuell innramming, og si noe om hvordan dette påvirker deres meningsdannelse. Et slikt fokus gjør det også mulig å

adressere de muligheter og utfordringer som følger av et arbeid med ulike former for representasjoner.

Utvelgelsen av segmenter fra ulike steder i interaksjonsforløpet ble valgt ut med hensyn til hvilke utfordringer og muligheter de to elevene møtte på i arbeid med representasjoner gjennom prosjektet. Det ble valgt ut ett eller to utdrag fra hver representasjon de arbeidet med for å gi innblikk i deres meningsdannende prosess gjennom prosjektet. Segmentene som ble valgt ut viser hvordan de to elevene arbeider med ulike former for representasjoner. Som tidligere skrevet er det viktig at de utvalgte segmentene representerer hendelser som gir mening når de isoleres fra resten av konteksten (Derry et al., 2010) og sammen skulle segmentene fortelle en historie om de to elevenes meningsdannende prosess gjennom prosjektet. Det ble derfor valgt ut segmenter som adresserte det analytiske fokuset definert av forskningsspørsmålene og som illustrerte et analytisk poeng.

Den aktuelle gruppen var i store deler av undervisningsopplegget fokusert på ting som ikke var relevant for det faglige arbeidet de drev med. I tillegg var interaksjonene preget av at elevene ofte avbrøt hverandres ytringer og det er derfor mange ufullstendige setninger. I situasjoner hvor elevene forsøkte å kommunisere sin forståelse for hverandre stoppet de også ofte opp, endret formulering eller tok tenkepause. For at utdragene som er inkludert i masteroppgaven skal gi mening for leseren er derfor Jeffersons notasjonssystem for transkripsjon anvendt (Jefferson, 1984).

4.3.2 Analyse av posttestdata

For å gi innblikk i de to elevenes meningsdannende prosess gjennom arbeid med representasjoner, ble deres svar på posttestens oppgave 5a og 5b analysert kvalitativt. Besvarelsene til de to elevene er gjengitt i resultatdelen. En måte å kvalitativt analysere tekst og bilder går ut på å se de i sammenheng med hverandre for å undersøke følgende: 1) hvilket faglig innhold de kommuniserer, 2) hva som er fraværende eller mangelfullt, og 3) om det er diskrepans mellom tegningene og teksten (Cohen et al., 2011). Den kvalitative analysen innebar at deres tegninger ble vurdert etter hvordan de hadde tegnet molekylene i forhold til hverandre og med hensyn til hvor mange molekyler de hadde tegnet i hvert utsnitt. Tekstsvarene, som hver var en forklaring til de tre tegningene, ble vurdert etter hvor presis naturvitenskapelig forklaring de klarte å gi, og i hvilken grad de anvendte relevante

naturvitenskapelige begreper. Det ble også vurdert i hvilken grad hver forklaring stemte overens med de tilhørende tegningene de hadde laget.

4.4 Forskningens troverdighet

Kvalitativ forskning er en tradisjon innen sosialvitenskap som innebærer å observere personer og interaksjoner i deres naturlige setting (Kirk & Miller, 1986). Videre handler det om å interagere med informantene på deres premisser og med deres språk. Det blir derfor viktig å redegjøre for troverdigheten av forskningen knyttet til disse aspektene. I denne delen av oppgaven diskuteres forskningens troverdighet knyttet til validitet, reliabilitet, generaliserbarhet og etiske betraktninger. Det fokuseres på både styrker og svakheter ved min forskning.

4.4.1 Validitet

Innen samfunnsvitenskap handler validitet om troverdigheten til de tolkninger og slutninger som forskeren trekker basert på sine undersøkelser (Kirk & Miller, 1986). Det inkluderer også en vurdering av i hvilken grad forskningsmetoden undersøker det den er ment å undersøke (Kvale & Brinkmann, 2015). Validiteten må vurderes med hensyn til både hensikten med og forholdene rundt forskningen da den er kontekstavhengig (Maxwell, 2013).

For å styrke oppgavens validitet på et overordnet nivå ble det benyttet triangulering mellom ulike datatyper (Maxwell, 2013). Triangulering innebærer at flere datatyper med deres styrker og svakheter, i dette tilfelle videoobservasjon, intervjutranskripter og posttestdata, sees i sammenheng for å undersøke om de støtter samme konklusjon (Cohen et al., 2011). Ulike typer data kan også illustrere ulike aspekter av fenomenet som blir undersøkt. For eksempel gav interaksjonsdataene dybdeinformasjon som forklarte de to elevenes løsning av oppgave 5 på posttesten.

Flere forhold kan true validiteten, og som kvalitativ forsker må man være klar over disse forholdene. Validitetstrusler kan forstås som andre måter å tolke og forstå datamaterialet på, og det gjøres et skille mellom *forskerbias* og *reaktivitet* (Hawthorne-effekt). *Forskerbias* kan forstås som forskerens eksisterende forforståelse, teoretiske kunnskap, mål med forskningen og inkluderingen av datamateriale som skiller seg ut (Maxwell, 2013). I arbeidet med å redusere denne validitetstrusselen har jeg gjennom hele analyseprosessen hatt tett dialog med masterveilederne. For å forhindre at mine tolkninger er urimelige og for å styrke oppgavens

troverdighet har jeg også diskutert datamaterialet (inkludert videoopptak, transkripsjoner og posttestdata) og min analyse av de aktuelle samtaleutdragene med mine veiledere.

Interaksjonsanalyse som metode er videre svært transparent for leseren, da samtaleutdragene og representasjonene elevene arbeidet med er inkludert i oppgaven. Når man gransker interaksjoner sekvensielt ses én ytring i sammenheng med tidligere ytringer. På denne måten gir hver ytring innblikk i den talendes forståelse av den foregående ytringen. Fordi analysen av videomaterialet i denne oppgaven bygger på disse prinsippene, kan leseren selv vurdere hvorvidt de tolkninger og slutninger jeg trekker støttes av dataene.

Reaktivitet omhandler den påvirkningen forskningen og forskerne kan ha på informantene (Maxwell, 2013), og i hvilken grad de studerte endrer atferd nettopp fordi de blir studert (Gay, 2010). Tilstedeværelsen av observatører og videokameraer kan virke negativt fordi det kan forstyrre den naturlige settingen som observeres og dermed føre til reaktivitet (Cohen et al., 2011). Under deler av undervisningsopplegget var jeg tilstede for å filme og ta feltnotater. Jeg opptrådte i rollen som fullstendig observatør da jeg i disse sammenhenger ikke deltok direkte i det som foregikk og ikke interagererte med læreren og elevene. Elevene var klar over at de deltok i et forskningsprosjekt og at de ble videoobservert, noe som kan ha ført til økt bevissthet rundt det å bli observert til enhver tid. Elevene kan derfor gjennom prosjektet ha endret atferd og innsatsen de la i arbeidet sitt. Min tolkning av dette er at elevene i starten av prosjektet opplevde tilstedeværelsen av forskere og kameraer som forstyrrende, mens de lenger ut i prosjektet snakket fritt om både private temaer og om oppgaver knyttet til prosjektet. De virket således å glemme tilstedeværelsen av disse elementene etter kort tid. I tillegg fikk en av forskerne i oppstarten av observasjonen muligheten til å fortelle klassen at vi var interessert i hvordan vanlige elever lærer naturfag, og at de derfor kunne oppføre seg slik de vanligvis gjør i naturfagstimene. Jordan og Henderson (1995) hevder at elever med tiden blir vant til å bli observert. Basert på disse vurderingene anser jeg ikke reaktivitet som en trussel mot validiteten i denne oppgaven.

Det er også viktig å nevne at utvalgsprosessen kan påvirke validiteten. De tre elevgruppene som utgjør utvalget i forskningen er fra forskernes side gjennomtenkt, og kan derfor anses som et formålsutvalg. Formålsutvalg er ikke-tilfeldige utvalg, som fører til at den ytre validiteten svekkes (Cohen et al., 2011).

4.4.2 Reliabilitet

Innen kvalitativ forskning omhandler reliabilitet observatørens stabilitet knyttet til tolkninger. Det blir da viktig å undersøke følgende: 1) hvorvidt forskeren hadde gjort de samme tolkningene dersom et annet fenomen ble studert, 2) enighet i tolkninger mellom forskere, og 3) hvorvidt forskningsfunnene er reproduserbare under de samme betingelser (Cohen et al., 2011; Field, 2009). Kirk og Miller (1986) beskriver reliabilitet som «The extent to which the same observational procedure in the same context yields the same information» (s. 80). Reliabilitet handler med andre ord om i hvilken grad forskningsfunnene er uavhengig av uheldige forhold rundt forskningen (Kirk & Miller, 1986).

Videoopptak som data kan bidra til å styrke reliabiliteten fordi dataene kan sees gjennom flere ganger, gir mulighet til pause og endring i fokus, i tillegg til at de ikke er avhengig av mennesket som instrument i utviklingen av datamateriale. Reliabilitet er også knyttet til transkriberingsfasen, hvor menneskelige feil kan skje (Silverman, 2001). I den observerte gruppen ble det utvekslet mange ytringer som refererte til ulike representasjoner på papir, PC eller iPad. Mange ytringer var ufullstendige ettersom de ble avbrutt av andre elevers ytringer, eller av bevegelser i animasjonene på viten.no, noe som førte til nye responser. I arbeidet med transkriberingen spilte jeg av videoopptakene flere ganger for å sikre at det visuelle aspektet ved videoopptakene og de muntlige ytringene ble nøyaktig gjort rede for. Bilder av animasjoner, grubletegning og andre former for representasjoner er inkludert i resultatdelen slik at utdragene gir mening i den konteksten hvor de utspilte seg, og for å sikre at de analyserte samtaleutdragene gir mening for den lesende.

Det er også innhentet data gjennom kvalitative forskningsintervjuer. Kvalitative intervjuer gir datamateriale som er utviklet gjennom et samarbeid mellom forskeren og informantene. Forskeren kan derfor ikke oppfattes som uavhengig i relasjon til informantene og den informasjonen som fremkom gjennom intervjuene. Forskere reagerer ulikt i relasjon med ulike informanter, og i relasjon til de samme informantene ved ulike tidspunkt (Thagaard, 2013). Det er derfor være umulig å gjenta intervjuene helt likt i de tre gruppene av informanter (Postholm, 2010; Thagaard, 2013). Intervjuet ble gjennomført tre ganger, av de tre observerte elevgruppene, av tre forskjellige masterstudenter. Selv om intervjuet hadde blitt gjennomført av den samme forskeren alle tre gangene ville det likevel vært umulig for forskeren å opptre på samme måte og få de samme resultatene ved alle undersøkelsene.

I analysen av de to elevenes svar på posttestens oppgave 5 har jeg også hatt tett dialog med masterveiledere for å sikre at mine tolkninger av disse dataene ikke er urimelige. Elevenes besvarelser på disse oppgavene er også gjengitt i resultatdelen slik at leseren selv kan vurdere hvorvidt de tolkninger og slutninger jeg trekker støttes av dataene.

Reliabilitet er også knyttet til reproduserbarheten av datamaterialet. For å styrke denne delen av reliabiliteten er det gitt en grundig redegjørelse for hvordan datamaterialet er blitt utviklet gjennom forskningsprosessen, de valgene som ble tatt under observasjon og gruppeintervjuene, i transkriberingen og analysene av video- og posttestdata (Kvale & Brinkmann, 2015; Thagaard, 2013).

4.4.3 Generaliserbarhet

Generaliserbarhet handler om hvorvidt resultatene av forskningen er representative for den større populasjonen som utvalget representerer, eller om funnene kun har en lokal verdi (Field, 2009; Kvale & Brinkmann, 2015). Hensikten med kvalitative studier er sjelden å finne generaliserbare funn, men de ønsker likevel å gi kunnskap med en overføringsverdi.

Fordi masteroppgaven er en kasstudie og arbeider med et formålsutvalg kan ikke resultatene generaliseres statistisk og vi må derfor gjøre en analytisk vurdering og følgende argumentasjon for å konkludere med hvorvidt resultatene er generaliserbare (Cohen et al., 2011; Ercikan & Roth, 2006). En *analytisk generalisering* innebærer at det må argumenteres for i hvilken grad resultatene av én studie kan anvendes til å predikere hva som kan skje i en annen situasjon (Kvale & Brinkmann, 2015).

Funnene oppgaven presenterer er vide og kan ses i relasjon med begrepet analytisk generalisering. Dette begrunnes med at de påstander som er presentert i oppgaven er basert på denne oppgavens forskningsfunn, oppgavens teoretiske bakgrunn og funn fra relevant og relatert forskning. Viktige aspekter ved den teoretiske bakgrunnen og tidligere forskning er blitt observert, hva angår språk, mediering, fysiske artefakter og den situerte kontekst. Disse elementene kan forstås som generaliserbare aspekter ved elevers meningsdannende prosess. Den analytiske generaliserbarheten av en studie styrkes av forskningsfunn fra liknende studier (Furberg, 2010). En slik forståelse av generaliserbarhet gjør det mulig å argumentere for at de presenterte påstandene i denne oppgaven bidrar til å styrke forskningsfeltet.

4.4.4 Etiske betraktninger

Cohen et al. (2011) understreker viktigheten av å søke om tillatelse for gjennomføring av observasjon og intervju som er tilknyttet forskning. I REDE-prosjektet er datamateriale i form av lyd- og videoopptak, pre- og posttesting, i tillegg til elevenes tegninger og ferdige produkter samlet inn. I forkant av gjennomføringen av undervisningsopplegget ble det derfor søkt om godkjenning for lyd- og videoopptak hos Norsk Senter for Forskningsdata (NSD). Videre ble det samlet inn godkjenning fra skolen og informert samtykke ble innhentet fra elever og foresatte, slik at datamaterialet er tillatt å anvende i studier tilknyttet REDE-prosjektet (Vedlegg 3 og 4). De innsamlede dataene er lagret på en sikker server, og jeg fikk tilgang til en kryptert disk med datamaterialet.

Som forsker i en intervjusituasjon er det viktig å ta hensyn til etiske problemstillinger knyttet til intervjurapportens konfidensialitet og intervjupersonens mulige konsekvenser av deltakelse. Konfidensialitet omhandler hvordan informasjonen som fremkommer anvendes, og for hvem den skal være tilgjengelig (Kvale & Brinkmann, 2015). I relasjonen mellom intervjuer og informant blir den distanserte nærhet sentral. Den distanserte nærhet innebærer at forskeren ikke blir personlig engasjert, men forblir i den profesjonelle rollen som forsker og reflekterer over hvor langt inn i undersøkelsene man kan gå (Kvale & Brinkmann, 2015). Etersom vi tidligere ikke hadde interagert med elevene og de derfor ikke hadde et personlig forhold til oss ble ikke dette opplevd som spesielt utfordrende. Samtidig ble det i intervjusituasjonen viktig å opptre vennlig og interessert, slik at de delte den informasjonen vi var ute etter. Et intervju blir preget av den menneskelige interaksjonen som foregår og intervjueren er sitt eget forskningsinstrument. Det er derfor være umulig for forskeren å unngå å både påvirke og å bli påvirket av forskningen (Maxwell, 2013).

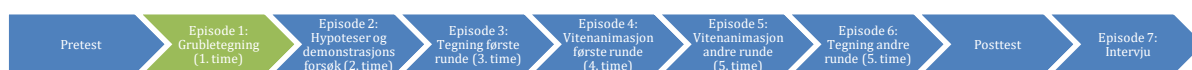
Videre er elevenes anonymitet bevart i transkripsjonen og oppgaven av etiske hensyn. Både elevenes- og skolens navn er erstattet med fiktive navn, slik at det er umulig å finne ut av hvilke elever som har deltatt og ved hvilken skole forskningen er gjennomført.

5 Resultater

Denne delen av oppgaven består av ni underkapitler og er todelt i sitt fokus. I den første delen, som inkluderer episode 1-7, redegjøres det for resultatene som fremkom gjennom interaksjonsanalyse av intervju og videoobservasjon av den aktuelle gruppen. Denne delen inneholder utdrag fra situasjoner der elevene diskuterer og forhandler sin forståelse for vannets molekylære egenskaper når de arbeider med ulike former for representasjoner. For å vise hvordan elevenes konseptuelle meningsdannelse muligens utvikles over tid er utdragene satt i kronologisk rekkefølge, slik de fremkom gjennom prosjektet. Den andre delen tar for seg resultatene av posttesten til to av elevene i den aktuelle elevgruppen. Her er det fokus på hvilke representasjoner de to elevene har forankret sin forståelse til og hvordan de har forsøk å sette sammen informasjon fra de ulike perspektivene gjennom sin meningsdannende prosess. Avslutningsvis oppsummeres de empiriske funnene.

Den observerte gruppen består av fire elever, Adrian, Jens, Frida og Lise. De gir generelt uttrykk for at de ønsker å levere et bra gruppeprodukt slik at de får en god vurdering på oppgaven, da de senere skal ha en fagsamtale med læreren knyttet til prosjektet. Likevel er de ofte ufokuserte og distraheres lett av hendelser som ikke omhandler prosjektet. De har hver sin iPad og får i tillegg utdelt en datamaskin når det er behov for det. På iPad jobber de i en digital veggavis, padlet, hvor alt de arbeider med skal lastes opp og dokumenteres. Gruppens sluttprodukt er således alt de har jobbet med og lastet opp på padlet. De deler ofte oppgaver seg imellom og arbeider da individuelt, er flinke til å følge lærerens instruksjoner i detalj og fullfører nesten alle oppgaver de blir gitt. Utdragene som presenteres er representative for hvordan denne gruppen arbeider når de er fokuserte og er hentet fra situasjoner hvor de deler, diskuterer og forhandler informasjon og forståelse. De påfølgende utdragene følger to elevers interaksjonsforløp, henholdsvis Lise og Adrian.

5.1 Episode 1: Å diskutere grubletegning



Figur 2: Prosjektets tidslinje, episode 1.

I den første undervisningstimen er klassen blitt introdusert for prosjektet og delt inn i grupper på fire. Læreren har til nå snakket om vannmolekylets oppbygging, vist en representasjon av

hvordan man kan se for seg at vann representeres på molekylært nivå (Figur 7) og fortalt hvorfor Tellus kalles den blå planeten. Videre har elevene fått i oppdrag å jobbe med en grubletegning i gruppene som de sitter i (Figur 3). Grubletegninger er utformet for å skape utfordring hos elevene, og som stiller ulike spørsmål som elevene skal ta stilling til i oppstart og avslutning av et faglig tema. Felles for alle grubletegninger er at de har som intensjon å gi elevene *konseptuell støtte* ved å dreie samtalens fokus mot faglig refleksjon; altså at elevene skal reflektere rundt sin forståelse. I arbeid med grubletegningen skal elevene diskutere følgende spørsmål: «Hva tror du skjer med vannivået i glasset når isbiten smelter?». Læreren har gitt instruks om å diskutere de forskjellige utsagnene på grubletegningen. Videre skal gruppene bli enige om hvilket eller hvilke utsagn de mener er riktig og hvorfor. I følgende utdrag har elevene diskutert alene en stund, og Adrian er ikke enig med resten av gruppen. Læreren har nå kommet bort til gruppen for å høre hva de tenker.



Figur 3: Grubletegningen elevene jobbet med. Hentet fra

https://www.naturfag.no/grubleoppgave/vis.html?tid=1436691&within_tid=214850.

Første undervisningstime – 1. utdrag²:

² Transkripsjonsnotasjon:

- [...] Indikerer at ytringer er tatt ut av den opprinnelige dialogen.
 () Tekst i parentes utgjør klargjørende informasjon.
Understreking Tale med undertrykk.
 (.) Kort pause i talen.
 -- Indikerer at talerens ytringer er ufullstendig.
 [] Ikke verbal aktivitet.
 : Indikerer forlengelse av lyd.
 = Indikerer brudd på og påfølgende fortsettelse av en ytring.

-
1. Lærer: Dere hadde (.) en av dere mente at (.) noen av dere mente at vannivået ville være uendret. Men så var det en som var litt uenig i det, eller?
 2. Frida: Adrian. *(Henviser til at Adrian er den på gruppen som ikke er enig med resten av gruppen)*
 3. Lærer: Ja?
 4. Frida: Han mente kanskje det kunne være den blå. [Peker på personen med blå genser oppe til venstre på grubletegningen]
 5. Lærer: At det kanskje kunne være den? *(Ser ned på grubletegningen)*
 6. Adrian: Ja, eller jeg tenkte at hvis det er et glass med vann. Også putter du en isbit oppi da, og den smelter så vil det komme mere vann i glasset da.
 7. Lærer: Mere vann i glasset. Hvor kommer det mere vannet fra mener du da?
 8. Adrian: Fra isbiten, eller vann i den isbiten. [Peker på isbiten i glasset på grubletegningen]
 9. Lærer: Fra vann i isbiten. Men hvis det vannet allerede ligger oppi glasset?
 10. Adrian: Nei, da vil det jo (.) bli det samme kanskje (.) eller --
 11. Lærer: Bli det samme, okei.
 12. Adrian: Jeg vet ikke. =
 13. Lærer: Også stikker det jo litt isbit over her. [Peker på grubletegningen der hvor deler av isbiten ligger over vannhinnen i glasset]
 14. Lise: Ja ja.
 15. Lærer: Hva skjer med det da?
 16. Adrian: Det vil vel smelte etter hvert det og kanskje?
 17. Lærer: Ja, den vil nok det.
 18. Lise: Ja men, den er jo liksom firkantet, ikke sant. Og glasset er jo (.) liksom (.) rundt.
 19. Frida: Rundt.
 20. Lise: Og bredere enn det. Så da bare fordeler det seg jevnt utover. =
 21. Lærer: Så dere tenker at det fordeler seg jevnt utover?
 22. Lise: Ja, i stedet for å være en klump så fordeler det seg jevnt utover.
 23. Lærer: Spennende! Skriv det ned på baksiden her [Snur grubletegningen og viser til at de skal skrive ned forklaringen sin på den siden], hva dere mener for noe og hvorfor. Mhm. *(Lærer forlater gruppen)*
[...]
 24. Lise: Mener du det også, Adrian? *(Henviser til den forklaringen Lise mener er riktig)*
 25. Adrian: Eh, nei:. Vi kan ta den grønne. *(Personen nederst i midten på grubletegningen)*
[...]
 26. Adrian: Jeg tror --
 27. Jens: Hæ?
 28. Adrian: Jeg tror den grønne. *(Personen nederst i midten på grubletegningen)*
 29. Lise: Jeg vet ikke jeg. Hvis du tror --
 30. Frida: Jeg vet ikke jeg.
[Elevene skriver som svar på oppgaven at vannivået vil være uendret før de snakker om utenomfaglige temaer.]
-

Utdrag 1 starter med at læreren stiller spørsmål knyttet til at elevene ikke er enige om hvilket utsagn de tror er rett. Lærerens utsagn tyder på at hun allerede er klar over at gruppen enda ikke er kommet til enighet. Frida, som tror vannivået forblir det samme, responderer på lærerens utsagn ved å si at det er Adrian som er uenig, og forklarer at han mener at personen med blå genser på grubletegningen har rett. Deretter følger Adrian opp, som vi ser i linje 6, og forklarer hvordan han mener det blir mer vann i glasset dersom en isbit som flyter i vann

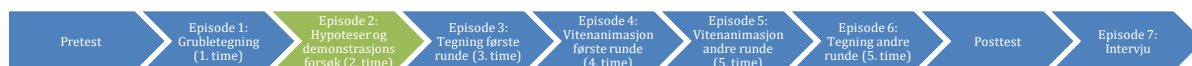
smelter. Læreren spør deretter Adrian hvor dette mere vannet kommer fra. Av linje 10 og 12 ser vi at Adrian uttrykker usikkerhet knyttet til lærerens spørsmål. Da responderer læreren ved å gå dypere inn i problemstillingen, og spør elevene hva de tror skjer med den delen av isbiten som flyter over vannhinnen. Læreren unnlater altså å gi en oppklaring på Adrians usikkerhet. Ved å bruke lærerens respons går Lise dypere inn i forklaringen om hva hun tror skjer med den delen av isbiten som flyter over vannhinnen og gir videre en forklaring på hvorfor vannivået forblir det samme (linje 18, 20 og 22). Igjen ser vi at læreren unngår å validere Lises forklaring. Etter at læreren har gått spør Lise om Adrian er enig i hennes forklaring. Adrian svarer nei, men sier at gruppen kan skrive at personen med grønn genser på grubletegningen har rett. Deretter forsøker Adrian å formulere det han tror, men stopper. I linje 29 ser vi at Lise også uttrykker usikkerhet knyttet til den forklaringen hun gav tidligere. Gruppen ender opp med å skrive ned den forklaringen Lise har gitt læreren.

Det er to poenger jeg ønsker å trekke frem fra dette samtaleutdraget. *Det første poenget* er knyttet til grubletegningens støttefunksjon. Grubletegningen gir samtalen et fokus, og dreier elevenes samtale mot faglig refleksjon rundt de påstander de må ta stilling til (linje 4 og 6). Her ser vi også hvordan grubletegningen bidrar til å synliggjøre elevenes tenkning og får frem deres ulike hypoteser om hva de tror skjer med vannivået. Fokuserer vi på elevinteraksjonene er det to ting som er interessant å påpeke. For det første så viser samtaleutdraget at elevene er uenige. Lise mener at vannivået forblir det samme når isbiten smelter. Hun forklarer dette med at formen på isbiten er forskjellig fra formen på vannglasset (linje 18, 20 og 22). Adrian på sin side mener at vannivået vil stige, og begrunner dette med at vann fra isbiten blir tilført vannglasset når den smelter (linje 6 og 8). I linje 25 ser vi at Adrian sier «Eh, nei. Vi kan ta den grønne.», noe som viser at han gir etter for Lise og gruppen ender opp med å skrive at vannivået er uendret. Den andre tingen som er verdt å merke seg skjer etter at læreren har forlatt gruppen og elevene skal skrive ned sin forklaring. I linje 29 og 30 ser vi at Lise og Frida gir tydelig uttrykk for usikkerhet knyttet til hvorvidt forklaringen de nå har landet på er den riktige. Denne usikkerheten kan komme av at elevene er i en tidlig fase av prosjektet og ikke har lært tilstrekkelig om vannets egenskaper til å argumentere faglig for sine antakelser. Basert på dette kan vi si at grubletegningen får en konseptuell støttefunksjon. Funksjonen til grubletegningen har dette potensialet i seg ved at den får elevene til å ta stilling til ulike påstander. I dette arbeidet må elevene inn i svarene og si noe om hvorfor de mener hver påstand er riktig eller gal. Dette er med på å generere og synliggjøre elevenes tenkning. Meningsdannelse skjer altså i møte med representasjonen. Vi

ser også hvordan grubletegningen bidrar til å begrense omfanget av elevenes diskusjon, samtidig som den også gir læreren et utgangspunkt der elevenes ideer kan problematiseres og utfordres.

Det andre poenget jeg ønsker å trekke frem fra dette samtaleutdraget handler om at læreren på dette tidspunktet unngår å validere eller korrigere elevenes svar. I linje 7 og 11 kommer dette tydelig frem når hun gjentar Adrians ytringer og stiller åpne spørsmål uten å validere hans forklaringer. Hun ber også elevene om å skrive ned sine ideer og tanker rundt hva som skjer med vannivået når isbiten smelter uten å bekrefte eller avkrefte deres forklaringer og antakelser (linje 23). Det at læreren ikke validerer eller korrigerer elevenes svar gir elevene rom til å dele sine ideer med hverandre og læreren på en mer utforskende måte. Prosjektet var ment å være utforskende og undervisningsopplegget la opp til at læreren på dette tidspunktet ikke skulle validere elevenes svar. På denne måten legger undervisningsopplegget til rette for at det er elevene som selv finner svar på sine spørsmål i løpet av prosjektet. Dette kan sees på som et eksempel på det å skape faglig nysgjerrighet hos elevene.

5.2 Episode 2: Å utvikle hypoteser knyttet til demonstrasjonsforsøk



Figur 4: Prosjektets tidslinje, episode 2.

I den andre undervisningstimen har læreren satt i gang demonstrasjonsforsøket, som er en visuell og dynamisk representasjon, som illustrerer ismelting på Arktis og Antarktis (Figur 5). I begerglasset som representerer Arktis flyter isen i vannet, mens i begerglasset som representerer Antarktis ligger isbiten oppå en stein. Vannivået er det samme i begge begerglassene ved demonstrasjonsforsøkets start, og elevene vet ikke hvilket begerglass som representerer hvilket polområde. Elevene jobber nå i padlet med å skrive ned hypoteser til forsøket om hva de tror kommer til å skje i de to begerglassene når isen smelter, samt en begrunnelse for hvorfor de tror det de tror. Læreren har kommet bort til gruppen og snakker med elevene om dette. Lise er ikke tilstede i denne undervisningstimen, så gruppen består kun av Adrian, Jens og Frida.



Figur 5: Bilde av demonstrasjonsforsøket.

Andre undervisningstime – 2. utdrag:

-
1. Lærer: Hva tror dere kommer til å skje i de forskjellige begerglassene da?
 2. Adrian: Eh, jeg tror vannet kommer til å stige i den med steinen i.
 3. Lærer: Du tror den kommer til å stige i den med steinen oppi hvert fall.
 4. Adrian: Ja.
 5. Lærer: Fordi?
 6. Adrian: Eh (.) jeg vet ikke helt.
 7. Jens: Jeg tror kanskje det kommer til å skje i begge.
 8. Lærer: Du tror det kommer til å stige i begge?
 9. Jens: Ja.
 10. Frida: Jeg vet ikke helt.
 11. Lærer: Hvorfor det da? (*Henvender seg til Frida*)
 12. Frida: Men jeg tenker at --
 13. Jens: Eh, fordi når isen smelter så blir den jo til vann. Og da blir vannivået litt høyere. Og det (.) da er det jo sånn i begge, bare at det er stein i den ene. Men vannivået kommer fortsatt til å stige selv om steinen er der.
 14. Lærer: Ja. Hva tenker du Frida?
 15. Frida: At den med steinen i kommer til å stige mer fordi at det er (.) at den steinen trenger litt mere plass da.
 16. Lærer: Steinen trenger litt plass, ja.
 17. Frida: Under vann, og da stiger den. Og når den ligger på bunnen så stiger vann oppover. Fordi at vannet trenger, nei steinen trenger plass.=
 18. Lærer: Steinen trenger plass. (.) Mhm.
 19. Adrian: Det kan liksom, det er ikke vann under steinen heller.
 20. Lærer: Nei. Hva tror dere skjer i det begerglasset der hvor det ligger bare sånn havis og flyter da?
 21. Adrian: Eh, jeg tror kanskje det blir ganske likt.
 22. Lærer: Ganske likt. Hvorfor det da?
 23. Adrian: Eh, jeg vet ikke helt hvorfor men jeg (.) hvis det smelter, eller (.) hm. (.) Kanskje det fordamper litt vekk, eller?
 24. Lærer: Kanskje noe bare blir borte på veien?
 25. Adrian: Ja.
 26. Lærer: Hva tror dere andre da?
 27. Adrian: Eller, kanskje det blir mer? =
 28. Jens: Jeg føler at det kommer til å smelte. Isen kommer til å smelte, så blir det bare bittelitt mer vann.
-

29.	Lærer:	Bittelitt mer vann. Kan dere prøve de tingene dere har pratet litt om nå. Prøve å skrive ned det på punkt tre?
30.	Frida:	Ja.
31.	Lærer:	Kjempeflott! [Frida skriver ned hypotesene i interaktivt dokument, mens Adrian og Jens retter skrivefeil i det Frida nå skriver.]

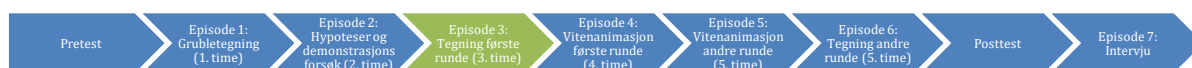
I dette utdraget jobber elevene med å utvikle hypoteser knyttet til smelting av is som ligger i vann og på land. Læreren åpner samtalen med å spørre elevene i gruppen hva de tror kommer til å skje i de to begerglassene når isen smelter. Frida og Jens gir uttrykk for at de tror vannivået kommer til å stige i begge begerglassene, og at vannivået vil stige mest i begerglasset hvor det er en stein (linje 13, 15 og 28). Adrian er enig med Frida og Jens i at vannivået vil stige i begerglasset med steinen (linje 2), men tror til forskjell fra Frida og Jens at vannivået kanskje forblir det samme i begerglasset der isen flyter i vannet. I linje 21 kommer dette til uttrykk når Adrian sier at «Eh, jeg tror kanskje det blir ganske likt».

Det er her to poenger jeg ønsker å trekke frem i analysen av utdraget over. Det første poenget knytter seg til *konsistens i forklaringene over tid*. Adrian tester ut ulike forklaringer knyttet til den første hypotesen sin i samtale med læreren (linje 21). I linje 27 ser vi hvordan han også åpner opp for en ny hypotese ved å stille spørsmålet «Eller, kanskje det blir mer?» uten å gå nærmere inn på en forklaring av hva han mener. Videre er ikke elevene lenger enige i den forklaringen de mente var rett når de arbeidet med grubletegningen, hvor de mente at vannivået kom til å være uforandret når en isbit som flyter i vann smelter (linje 10, 13). Frida og Jens mener nå at vannivået vil stige i begge begerglassene. At elevene her ikke er konsistente kan komme av at elevene var usikre på hvorvidt deres forklaring til grubletegningen var rett, i tillegg til at de fremdeles ikke besitter tilstrekkelig med fagkunnskaper om vannets molekylære egenskaper. Elevene påpeker likevel at vannivået vil stige mest i begerglasset hvor isen ligger oppå steinen, men forklarer dette feilaktig med at steinen vil kreve mer plass slik at vannivået vil være høyere i dette begerglasset (linje 15). Dette viser at ulike representasjoner stimulerer ulike forklaringer.

Den andre poenget handler om hvordan læreren får frem *elevenes faglige meningsdannelse* i arbeid med demonstrasjonsforsøket. I linje 8 og 16 ser vi hvordan dette kommer til uttrykk ved at læreren gjentar elevenes ytringer uten å validere dem, når hun sier at «Du tror det kommer til å stige i begge?» og «Steinen trenger litt plass, ja». På den måten ble ikke elevenes ytringer preget av søken etter den korrekte forklaringen, men i stedet utforsket de sin forståelse (linje 13 og 17). Utdraget viser også at elevene fremdeles er usikre på

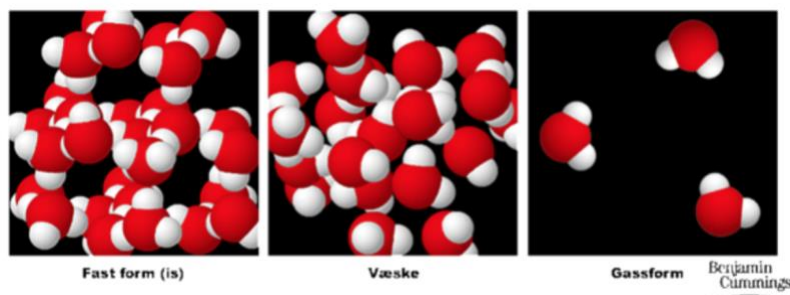
forklaringen av hvorfor vannivået vil forbli det samme i begerglasset der isbiten flyter i vannet. I linje 23 ser vi et eksempel på dette når Adrian sier at «Kanskje det fordamper litt vekk, eller?». I diskusjonen av begerglasset hvor isbiten ligger oppå en stein sier Frida at «At den med steinen i kommer til å stige mer fordi at det er, at den steinen trenger litt mere plass da.» (linje 15). I linje 19 følger Adrian opp og forklarer at «Det kan liksom, det er ikke vann under steinen heller.». Dette viser hvor utfordrende det kan være for elever å komme med naturvitenskapelige forklaringer. Dersom vi igjen vender fokus mot hvordan læreren medierer samtalen for å få frem elevenes ulike forklaringer ser vi at demonstrasjonsforsøket og lærerens spørsmålstilling bidrar til å stimulere elevenes meningsdannelse og utfordringer knyttet til faglig uenighet. I linje 5 og 11 stiller læreren åpne spørsmål som «Fordi?» og «Hvorfor det da?», noe som fører til at elevene tilbyr flere ulike naturvitenskapelige forklaringer på hva som skjer med vannivået i de to begerglassene (linje 7, 13 og 15).

5.3 Episode 3: Å utvikle en tegning – første runde

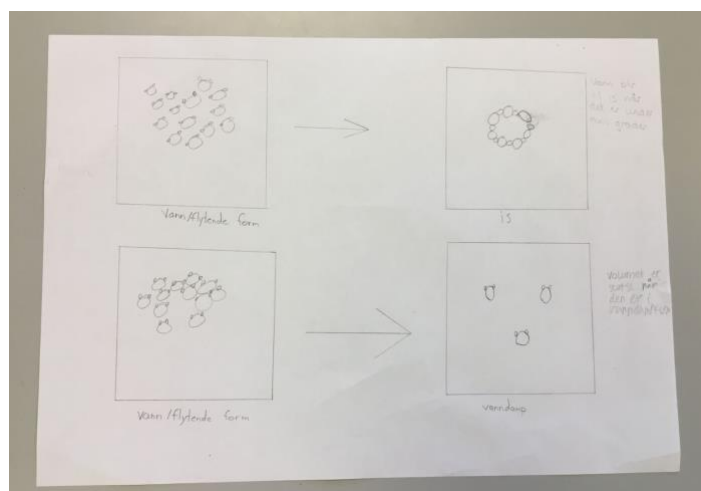


Figur 6: Prosjektets tidslinje, episode 3.

I en sekvens i midten av den tredje undervisningstimen fikk elevene i oppgave å tegne og forklare muntlig og skriftlig hva som skjer når vann fryser til is og hva som skjer når vann går over til vanddamp. I forkant av denne sekvensen har elevene fått en felles gjennomgang av hvordan vannmolekyler oppfører seg i de ulike tilstandsfasene, og hvordan vann kan representeres på molekylært nivå (Figur 7). Klassen har også diskutert hvordan vann i form av snøkrystaller har en sekskantet struktur som det er mulig for elevene å se. Denne undervisningstimen er Frida fraværende, så gruppen består kun av Adrian, Jens og Lise. Elevene har i forkant av utdrag 3 snakket en del om hvordan de skal illustrere overgangene mellom vannets tre tilstandsfaser ved hjelp av tegning. De er blitt enige om å tegne fire kvadratiske ruter som er like store. I to av rutene tegner de vann i flytende form, der det går en pil fra hver rute til en ny rute som viser hvordan vann representeres i henholdsvis damp- og fast form (Figur 8). Utdraget viser hvordan elevene samtaler for å bli enige om hvordan de skal tegne molekylene i hver av rutene.



Figur 7: Representasjon av hvordan vann kan fremstilles på molekylært nivå, som læreren viste elevene i forkant av tegnesekvensen.



Figur 8: Tegningen elevene lagde er ment å illustrere hvordan vannmolekylene representeres i væske-, is- og dampform. Elevene skulle også vise hvordan overgangen var fra en tilstandsfase til en annen.

Tredje undervisningstime – 3. utdrag:

-
- | | | |
|----|---------|---|
| 1. | Lise: | Eh, altså. Hva skjer når vann fryser til is? Da tegner vi sånn der. Først så er molekylene fra hverandre og så bare tjoop [Viser med hendende at molekylene kommer nærmere hverandre]. |
| 2. | Adrian: | Du kan ta sånn bildeboks. Sånn tegneserieaktig. |
| 3. | Lise: | Jaja. |
| 4. | Adrian: | Du kan tegne, Jens.
[...] [Jens tegner vannmolekylene i væskeform i to av boksene] |
| 5. | Jens: | Når vann fryser til is -- |
| 6. | Adrian: | Da tar du sånn molekylere som -- |
| 7. | Jens: | Da går de skikkelig rundt. Det var, da blir det -- = |
| 8. | Adrian: | Når de er, når de er i fast, når de er i flytende form, væskeform, så ligger de spredt. Og så tar du sånn bilde, så ligger de tett sammen. = [Viser med hendende hvordan molekylene i væskeform ligger tett inntil hverandre og beveger seg kaotisk]
[...] |
| 9. | Jens: | Sånn! Og så tar du isform fordi det husker ikke jeg. <i>(Har tegnet ferdig vann i flytende form og gir arket over til Lise)</i> |
-

10.	Adrian:	Isform er sånn 1, 2 -- [Teller og viser med hendene hvordan molekylene ligger på rekker under hverandre når vann er frosset]
11.	Lise:	Det er en sekskant. <i>(Snakker om hvordan vann ser ut i frossen tilstand)</i>
12.	Jens:	Kanskje det, jeg vet ikke hvordan en sekskant ser ut?
13.	Adrian:	Nei.
14.	Lise:	Du må jo ta disse små greiene på da! <i>(Snakker om H-atomene som skal tegnes på som ører på O-atomet, noe Jens ikke har tegnet)</i>
15.	Adrian:	Ah, gjør det du. Nei vent, det kan jeg gjøre.
16.	Lise:	Det ser ut som små pandaører.
17.	Adrian:	[Tegner på pandaørene som skal illustrere H-atomer] [...]
18.	Lise:	[Begynner å tegne to vannmolekyler som henger sammen, med H-atomer bundet til seg] Hvordan lager man (.) is?
19.	Jens:	Jeg vet ikke?
20.	Adrian:	[Tegner på H-atomer på vannmolekylene i boksene som skal illustrere vann i flytende form] [...]
21.	Jens:	Jeg tror de <i>(molekylene)</i> blir mindre? <i>(Snakker om størrelsen på molekylene når de er i isform)</i>
22.	Lise:	Ja, men de er i forskjellige størrelser. [Tegner isformen til vann som en sirkel hvor molekylene er bundet til hverandre]
23.	Adrian:	Isform. (.) Is, det er jo ikke sånn is ser ut!
24.	Lise:	Jo, men det er en sekskant! Se på Silje sin. <i>(Henviser til en annen gruppetegning)</i>
25.	Adrian:	[Tegner vannmolekylene i dampform]
26.	Jens:	Er det en sekskant? <i>(Ser på tegningen Lise har begynte å tegne av vannmolekyler i frossen tilstand)</i>
27.	Jens:	[Fortsetter på Lise sin tegning av vannmolekyler i frossen tilstand]
28.	Adrian:	Det er jo ikke is! <i>(Snakker om Adrian sin tegning av is formet som en sirkel bestående av seks vannmolekyler)</i>
29.	Lise:	Nei, det er ikke det. Men --
30.	Adrian:	Is er ikke --
31.	Lise:	Men hvordan skal de sitte sammen hvis de ikke? -- <i>(Snakker fremdeles om molekylene i isform)</i>
32.	Adrian:	Det der er en sekssirkel.
33.	Lise:	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 [Teller antall molekyler som er tegnet i boksen som illustrerer vann i flytende form]. Men hun <i>(Silje, en elev på en annen gruppe)</i> hadde seks greier <i>(molekyler)</i> . Og de må jo høre sammen? <i>(Henviser til at molekylene er bundet til hverandre i isform)</i> [...]
34.	Adrian:	Da kan vi gjøre sånn her da. Tegn de bittelitt større. <i>(Viser til at molekylene i isform må være litt større enn molekylene i flytende form)</i> [Redigerer tegningen til Jens av vann i fast form, slik at sirkelen kun består av seks vannmolekyler].
35.	Lise:	Okei. Nei, men det trenger bare å være én mellom hver. Det trenger ikke å være to. <i>(Viser til at det kun er behov for ett H-atom mellom hvert O-atom i sirkelen av vannmolekyler Adrian nå tegner)</i>
36.	Adrian:	Sånn? <i>(Henviser til tegningen av vann i isform som han nå tegner)</i>
37.	Lise:	Ja, det er fint det. [Elevene setter i gang med å skrive en forklarende tekst til hver bildeboks i tegningen]

Åpningen av utdraget over starter med at Lise initierer tegneoppgaven med å forklare og vise med hendene hvordan vannmolekylene vil ligge tettere sammen når de går fra væskeform til

frossen tilstand. I linje 8 og 10 forklarer Adrian hvordan vannmolekylene i overgangen fra væskeform til frossen tilstand går fra å ligge tett sammen til å ligge på rekker under hverandre med litt større avstand. Videre ser vi at Lise er uenig med Adrian når det gjelder hvordan molekylene i frossen tilstand er plassert i forhold til hverandre, der hun mener at molekylene i frossen tilstand skal tegnes som en sirkel bestående av seks vannmolekyler (linje 21, 22 og 23). Elevene har også ulik oppfatning av hvorvidt vannmolekylene skal tegnes som sirkler med to mindre sirkler festet til seg, eller om de kun kan tegnes som én stor sirkel. For eksempel uttaler Lise at «Du må jo ta disse små greiene på da!» og «Det ser ut som små pandaører.» (linje 14 og 16). Gruppen ender med å tegne vannmolekylene slik Lise forklarer med pandaører hvor deres representasjon av vann i frossen tilstand er formet som en sirkel bestående av seks vannmolekyler.

Et viktig poeng jeg ønsker å trekke frem er hvordan elevenes egenproduserte tegning bidro til å synliggjøre enkeltelevers tenkning og videre stimulerte til konseptuell forhandling og meningsdannelse. I linje 1, 2 og 8 ser vi eksempler på hvordan Lise og Adrian forklarer sin forståelse av det naturvitenskapelige fenomenet. Når elevene har kommet i gang med tegningen av vann i flytende form blir det tydelig hvordan den konseptuelle samtalen skrider frem som et resultat av fremdrift i representasjonen. I linje 14 og 16 kommer dette til uttrykk når Lise sier at de må tegne på «pandaørene» på vannmolekylene. Det blir her tydelig hvordan elevene bruker hverdagsspråk som en inngang til å forstå det studerte naturvitenskapelige fenomenet. Tegneoppgaven belyste også forskjeller i elevenes tenkning og følgelig meningsdannelse. Lise mener at is er formet som en sekskant (linje 11 og 23), mens Adrian på sin side mener vannmolekylene ligger på rekker under hverandre (linje 10). Av linje 31 og 32 ser vi hvordan Lise og Adrian forhandler sin forståelse og inngår kompromisser for hvordan tegningen av vann i frossen tilstand skal se ut. Dette viser tydelig hvordan egenproduserte tegninger kan gi innblikk i elevenes meningsdannende prosess og hvordan konseptuelle samtaler vokser frem i arbeid med utviklingen av egne representasjoner.

Ved å anvende van de Sande og Greeno's (2012) begrep «konseptuell innramming» på utdrag 3, kan Lise og Adrians bidrag i samtalen belyses nærmere. Det fremkommer i dette utdraget et tydelig skille mellom Adrian og Lise hva angår deres konseptuelle innramminger. Lise bruker nå en visuell, statisk representasjon hvor vannmolekyler er fremstilt som sirkler med pandaører, i tillegg til en forståelse av at vannmolekyler i frossen tilstand er formet som en

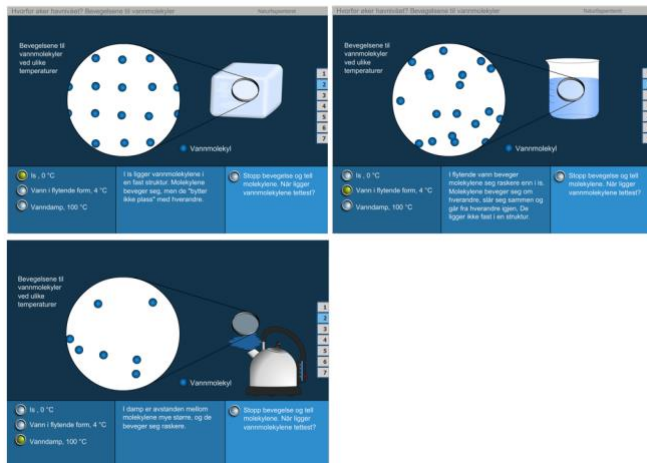
sirkel bestående av seks vannmolekyler. Hennes representasjon sammenfaller med lærerens forklaring av hvordan snøkrystaller er representert. Når hun forklarer sine medelever hvordan de bør tegne vannmolekyler i frossen tilstand baserer hun sin forklaring på dette perspektivet (linje 1 og 10). På den måten gir hun både muntlig og visuell støtte til sine medelever. Lise er altså opptatt av vannmolekylens strukturelle egenskaper, noe som kommer til uttrykk da hun i linje 23 sier «Jo, men det er en sekskant!» når hun snakker om hvordan vannmolekylene er orientert i forhold til hverandre i frossen tilstand. Hennes konseptuelle innramming kalles derfor heretter for en *strukturinnramming*. Til tross for dette viser utdraget at elevene fortsatt har vanskelig for å forstå betydningen av vannets molekylære egenskaper. I linje 10 og 31 kommer dette tydelig frem når Adrian sammen med gester kommuniserer at «Isform er sånn 1, 2 --» og «Tegn de (*molekylene*) bittelitt større» og sammenlikner vannmolekylene i frossen tilstand med flytende form. Adrian tenker altså at molekylene endrer størrelse og måte å orientere seg på i forhold til hverandre når vann skifter tilstandsfase. Adrians konseptuelle innramming kalles heretter for *tetthetsinnramming*. I skillet mellom Lise og Adrians måter å forstå vannets molekylære egenskaper på blir det tydelig at deres ulike konseptuelle innramming gjør det vanskelig for elevene å utforske hverandres forståelse.

5.4 Episode 4: Å jobbe med vitenanimasjon – første runde



Figur 9: Prosjektets tidslinje, episode 4.

I den fjerde undervisningstimen presenteres elevene for første gang for viten.no, hvor læreren har kjørt en felles gjennomgang av de dynamiske representasjonene på interaktiv tavle. Elevene har nå sett på animasjoner av hvordan vannmolekyler opptrer i henholdsvis fast-, flytende- og gassform (Figur 10). Til hver leksjon på viten.no, som også inkluderer en representasjon, har elevene fått i oppgave å svare på spørsmål i gruppene. I det følgende utdraget skal elevene diskutere i hvilken tilstand vann krever mest volum.



Figur 10: Utdrag fra viten.no sine animasjoner av hvordan vann er representert i fryst tilstand, væskeform og gassform. https://www.viten.no/?hvorfor_oker_havnivaet.

Fjerde undervisningstime – 4. utdrag:

-
1. Lærer: *(Snakker til hele klassen)* Hva var det som krevde mest volum? Hvis vi skal ha for eksempel plass til 20 molekyler da. Eh (.) hvilke av disse formene er det som krever mest areal eller volum for å få plass til disse vannmolekylene. Er det is? Er det vann? Eller er det vanndamp? Hvor er det vi trenger størst område for å få plass til disse for eksempel akkurat 20 vannmolekylene? Prat litt sammen på gruppa.
 2. Frida: Vanndamp.
 3. Adrian: Vanndamp.
 4. Jens: Vann, (.) eh damp.
 5. Lise: Hvorfor det?
 6. Adrian: Hvorfor? Fordi at, det er jo ganske mye større (.) små molekyler. Og de flytter seg helt rundt. [Viser med hendene hvordan molekylene i dampform flytter seg rundt, slik det er vist i vitenanimasjonen]
 7. Lise: Gjør de ikke --
 8. Adrian: Og da tar de plass. Mens de andre, de går saktere. For eksempel is står jo nesten helt stille. =
 9. Jens: De står stille.
 10. Lærer: *(Kommer bort til gruppen)* Hva tror dere her?
 11. Lise: Vanndamp.
 12. Adrian: Vanndamp.
 13. Lærer: Vanndamp. Fordi?
 14. Lise: De tar så mye plass når de beveger seg.
 15. Lærer: De tar så mye plass når de beveger seg.
 16. Adrian: De beveger seg fort og da må de ha litt plass, kanskje?
 17. Lærer: Ja?
[Læreren går og elevene snakker om at det snart er helg]
-

Utdrag 4 starter med at læreren gir klassen i oppgave å diskutere i hvilken tilstandsform vann har størst volum, samt hvorfor de mener som de gjør. Når elevene setter i gang å diskutere oppgaven er Adrian, Frida og Jens umiddelbart enige om at riktig svar er vanndamp (linje 2, 3 og 4). I linje 5 spør Lise «Hvorfor det?» og Adrian forklarer ved hjelp av gester at dette har

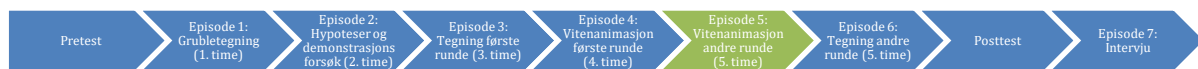
med molekylenes bevegelser og behov for mer plass å gjøre (linje 6 og 8). Når læreren kommer bort til gruppen og spør hva de tenker, er Lise rask med å svare «Vanndamp», og begrunner svaret med at «De tar så mye plass når de beveger seg» (linje 11 og 14). Adrian legger deretter til et «kanskje» i linje 16, og igjen ser vi at læreren unngår å gi et konkret svar på Adrians initiativ ved å respondere på dette ved å si «Ja?» (linje 17).

Det er to poenger jeg ønsker å fremheve fra denne sekvensen. *Det første poenget* er knyttet til at animasjonene på viten.no stimulerer felles konseptuell meningsdannelse. Elevene kom i denne sekvensen med argumenter som inkluderte bevegelse, og som var direkte koblet til animasjonen. Det så vi blant annet i linje 6 der Adrian uttalte at «...de flytter seg helt rundt.» samtidig som han viser med hendene hvordan molekylene i dampform flytter seg rundt. Adrian brukte også bevegelse som en del av sitt argument i linje 8 der han forklarer at «...Mens de andre, de går sakte. For eksempel is står jo nesten helt stille.». Animasjonene fungerer altså som en konseptuell støttefunksjon ettersom bevegelsene i animasjonen får elevene til å danne argumenter som inkluderer bevegelse. Som vi ser av utdraget over utgjorde den interaktive tavlen, med dens representasjoner hentet fra viten.no, et felles objekt som både elever og lærer orienterte seg mot. De tre animasjonene av hvordan vann opptrer i de ulike tilstandsfasene utgjorde fellesfokuset i denne situasjonen. Disse objektene får i likhet med grubletegningen elevene arbeidet med i første undervisningstime en *konseptuell støttefunksjon* ved at de dreier samtalens fokus mot faglig refleksjon; altså at elevene skal reflektere rundt sin forståelse for fagbegreper og prosesser. Når Lise utfordrer Adrian til å forklare hvorfor vanndamp er riktig svar på oppgaven (linje 5, 6, 7, og 8) ser vi hvordan dette kommer til uttrykk.

Det andre poenget jeg ønsker å trekke frem fra utdrag 4 dreier seg om Adrians tetthetsinnramming, som kan belyses nærmere ved å anvende van de Sande og Greeno's (2012) begrep konseptuell innramming. Oppgaven passer med Adrians tetthetsinnramming, og i utdraget ovenfor kommer det frem hvordan Adrian virker å ha utviklet en delvis forståelse for hvordan vannets volumegenskaper er forskjellig i de ulike tilstandsfasene (linje 6 og 8). Likevel blir det aldri eksplisitt sagt at dette har med vannets tetthet og temperatur i dampform å gjøre, og han argumenterer heller for hvordan molekylene beveger seg fortere og trenger mer plass (linje 6 og 8). Det kan derfor være at Adrian enda ikke har forstått hvordan egenskaper som tetthet og temperatur er knyttet til volum. I linje 6 ser vi også hvordan Adrian ved bruk av gester støtter sin forklaring til vitenanimasjonene og hans konseptuelle

tetthetsinnramming kommer tydeligere til uttrykk enn tidligere. Dette er tilfellet selv om han fremdeles uttrykker usikkerhet rundt molekylene størrelse i de ulike tilstandsfasene til vann (linje 6). Fokuserer vi nå på Lise, ser vi at hun i linje 5 stiller spørsmålet «Hvorfor det?» og hun referer da til Adrian, Jens og Fridas umiddelbare svar på oppgaven (linje 2, 3 og 4). Frem til nå har hun forholdt seg til sin strukturelle innramming, men blir nå tvunget til å forholde seg til tetthetsinnrammingen. Tilsynelatende kjøper hun Adrians forklaring, og er enig med de andre om at vanndamp er riktig svar på oppgaven (linje 14). Dette viser at bestemte representasjoner kan stimulere elever til å forholde seg til en for eleven ny konseptuell innramming, og at det kan tilby både muligheter og utfordringer i elevenes meningsdannende prosess.

5.5 Episode 5: Å jobbe med vitenanimasjon – andre runde



Figur 11: Prosjektets tidslinje, episode 5.

I femte undervisningstime repeterte læreren de samme animasjonene på viten.no som de arbeidet med i forrige time (Figur 9). Det femte utdraget viser hvordan elevene jobber med å repetere spørsmål knyttet til de ulike seksjonene fra viten.no. Hver seksjon inneholdt en dynamisk representasjon, naturvitenskapelig informasjon knyttet til representasjonen og spørsmål som elevene skulle svare på. Utdraget starter med at læreren refererer til animasjonene og svaralternativene på viten.no som elevene nå skal velge mellom.

Femte undervisningstime – 5. utdrag:

1.	Lærer:	<i>(Snakker til hele klassen)</i> Hvorfor har vann minst volum ved fire grader? Og der er svaralternativene (.) og her må dere også holde tunga rett i munnen. (.) Er det fordi vannmolekylene ligger tettest ved fire grader? Er det fordi de ligger lengst fra hverandre ved fire grader? Eller er det fordi de har minst va (.) nei minst fart ved fire grader? Diskuter det på gruppa.
2.	Jens:	Det er den første. <i>(Hvisker til Adrian det han mener er riktig svar på oppgaven)</i>
3.	Adrian:	De ligger tettest.
4.	Lise:	De ligger jo ikke tettest. Det er is som ligger tettest.
5.	Adrian:	Nei.
6.	Lise:	Er det ikke?
7.	Adrian:	Nei.
8.	Lise:	Hvorfor det?
9.	Adrian:	Hvorfor?

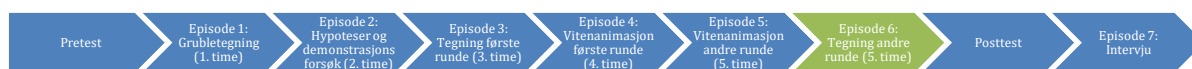
10.	Lise:	Du kan jo ikke si nei uten å --
11.	Adrian:	Du så jo på det bildet på den forrige oppgaven. (<i>Viser til vitenanimasjonen</i>)
12.	Lise:	Ja, at det?
13.	Adrian:	Ja, og det var det --
14.	Lise:	At de beveger seg littegrann.
15.	Adrian:	Ja, is beveger seg sånn her. [Viser med hendende at molekylene beveger seg raskt og på samme sted hele tiden]
16.	Lise:	Nei, is beveger seg ikke noe!
17.	Jens:	Jo!
18.	Lise:	Is beveger seg --
19.	Adrian:	Is beveger seg (.) Lise, det er is som beveger seg sånn her. = [Viser med hendende at molekylene beveger seg raskt på samme sted hele tiden]
20.	Jens:	Det er den første.
21.	Adrian:	Og så er det vann som beveger seg sånn her [Viser med hendende at de beveger seg mer kaotisk]. Og så er det damp som beveger seg skikkelig fort [Viser enda større bevegelser med hendende]. Det ligger tettest (<i>Henviser til hva som er riktig svar på oppgaven</i>). Fordi de beveger seg sånn her [Viser med hendende hvordan vann i væskeform beveger seg]. Og så --
22.	Lise:	Nei!
23.	Adrian:	Ja, men du så jo oppgave to.= (<i>Viser til seksjon 2 på viten.no som er vist i Figur 10</i>)
24.	Lise:	Jeg så ikke på oppgaven. [Videre snakker elevene om at timen snart er over og når de ulike bussene går]

Utdraget ovenfor starter med at læreren gir elevene alternative forklaringer på hvorfor vann har minst volum ved fire grader, og ber de diskutere dette. Igjen ser vi at Adrian og Jens raskt blir enige om hvilket svaralternativ som må være riktig, og Adrian uttrykker at «De ligger tettest» i linje 3. Lise er uenig, og det kommer til uttrykk når hun sier «De ligger jo ikke tettest. Det er is som ligger tettest.» (linje 4). Videre ber hun om en begrunnelse for deres svar i linje 8. I linje 19 og 21 ser vi hvordan Adrian forklarer ved bruk av gester hvordan vannmolekylene beveger seg raskt og på samme plass i frossen tilstand, og videre hvordan vann i flytende form beveger seg mer kaotisk. Utdraget avsluttes med at Lise sier hun ikke så oppgave 2 i vitenanimasjonen (linje 24).

Vi ser her at Lise fremdeles strever med å forholde seg til en konseptuell tetthetsinnramming, og forskjellen mellom Lises struktur- og Adrians tetthetsinnramming kommer nok en gang til syne. Lise tror at vannmolekylene ligger tettest i is, noe som kommer til syne når hun i linje 4 sier at «De ligger jo ikke tettest. Det er is som ligger tettest.» og i linje 16 uttrykker hun at vannmolekylene i fast form ikke har noen bevegelse. Dette kan komme av at elevene er blitt introdusert for ulike representasjoner av vann i fast form, hvor vitenanimasjonen viser at molekylene beveger seg, mens de statiske representasjonene viser molekylene i ro. Lise holder fast ved den første representasjonen elevene ble introdusert for, vist i figur 7, og hennes strukturinnramming blir tydelig. Adrians forklaring på hvordan vannmolekylene

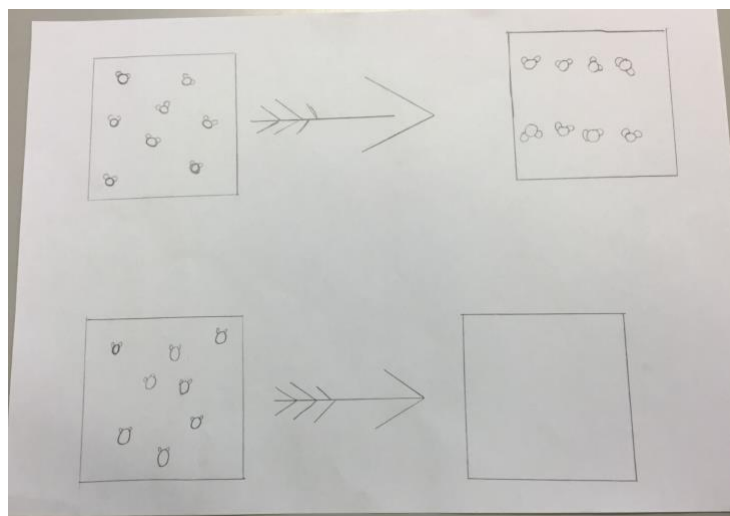
opptrer i de ulike tilstandsfasene, i linje 15, 19 og 21, støtter antakelsen om at hans konseptuelle innramming bygger på tetthet. Basert på hans muntlige forklaringer sammen med gester, som vi ser i linje 15, 19 og 21, virker Adrian nå å ha kontroll på hvordan molekylene beveger seg og hvordan dette er knyttet til vannets tetthetsegenskaper ved de ulike tilstandsfasene. Av hans forklaringer på hvordan vannmolekylene opptrer kan det virke som at han forankrer sin forståelse til representasjonen hentet fra viten.no, som vist i figur 10. Denne antakelsen støttes også av Adrians stadige referanser til denne animasjonens bevegelser. Vi ser her at vitenanimasjonene fungerer som konseptuell støtte for Adrian når han forklarer vannets molekylære opptreden og egenskaper for Lise, som strever med å forstå bestemte aspekter ved tetthetsinnrammingen.

5.6 Episode 6: Å utvikle en tegning – andre runde



Figur 12: Prosjektets tidslinje, episode 6.

Det neste utdraget er hentet fra den samme undervisningstimen som episode 5. I denne sekvensen skal elevene igjen tegne og forklare hva som skjer når flytende vann fryser til is og går over til vanddamp. Hensikten var at elevene skulle forklare og illustrere sin forståelse ved hjelp av den kunnskapen de hadde tilegnet seg i perioden fra de utviklet første tegning. Figur 13 under viser tegningen elevene lagde i denne undervisningstimen.



Figur 13: Tegningen elevene lagde i andre runde.

Femte undervisningstime – 6. utdrag:

1.	Jens:	[Har hånden oppe og læreren har kommet bort til gruppen] Vi har allerede gjort dette. <i>(Henviser til oppgaven de nå skal løse)</i>
2.	Lise:	Nei, Jens.
3.	Lærer:	Ja, dere har gjort det litt sånn som vi tenkte før. Men så har dere lært litt ting i mellomtiden, så det er det vi er litt interessert i nå er at dere tenker ut fra det dere har lært i mellomtiden nå, og det dere kunne fra før. Prøv å illustrer hva som skjer når vann fryser til is. Hva skjer når vann går over til vanndamp. Pass på at dere får med dere begrepene volum, tetthet, temperatur og molekyler.
4.	Lise:	Hva var det vi skulle tegne?
5.	Jens:	Okei. <i>(Svarer på lærerens respons)</i>
6.	Lærer:	[Forlater gruppen] [...]
7.	Jens:	Har vi lært noe nytt?
8.	Lise:	Nei, vi gjør akkurat det samme. <i>(Henviser til hvordan de løste oppgaven forrige gang de skulle tegne og forklare)</i>
9.	Jens:	Nettopp. [...]
10.	Lærer:	<i>(Er nå tilbake hos gruppen og snakker med dem om hva de tegner)</i>
11.	Lise:	Er molekyler sånn en prikk med sånn, med to prikker på seg? Eller er det bare en vanlig rund?
12.	Lærer:	Det er, altså det er veldig mange måter man kan tegne molekyler på. Så du kan gjerne tegne det som vanlige rundinger. Og så kan du også tegne det med to klumper på. Da blir det H ₂ O. Da er oksygenatomet det store og så er de to små hydrogenatomer som henger på. Men det ser jo ikke helt sånn ut heller på en måte. Så det her er jo bare måte å forestille seg atomene på. For de er jo så små at de kan vi jo ikke se. Mhm. <i>(Lærer forlater gruppen)</i>
13.	Lise:	Okei, men de må vi ha like mange sånn der prikker fordi det er, det blir jo ikke noe mindre eller mere prikker for hver eh -- [Videre snakker elevene om at de skal avspasere 45 minutter etter jul.]

I utdraget ovenfor har Jens vanskelig for å forstå hvorfor de skal gjøre tegneoppgaven om igjen, og han tilkaller læreren (linje 1). Læreren responderer på Jens sin ytring ved å forklare at hensikten med oppgaven er at de skal anvende den kunnskapen de har tilegnet seg i perioden fra de tegnet første gang, til å løse oppgaven på nytt (linje 3). Gruppen blir enig om å løse oppgaven på nøyaktig samme måte som tidligere, og begrunner dette med at de ikke har lært noe i perioden mellom første og andre tegning (linje 8). Etter en stund kommer læreren tilbake til gruppen, og Lise spør da læreren om hvorvidt vannmolekyler skal tegnes som en runding, eller som en runding med to prikker på (linje 11). Læreren følger opp med en lengre forklaring i linje 12 om at det er flere ulike måter å tegne molekyler på, og at begge forslagene til Lise er riktige. At læreren her ikke forteller gruppen hvordan de bør tegne vannmolekylene kan tyde på at hun ønsker at de skal fremstille det på den måten de selv foretrekker. I slutten av utdraget, i linje 13, ser vi at Lise meddeler gruppen at de må tegne

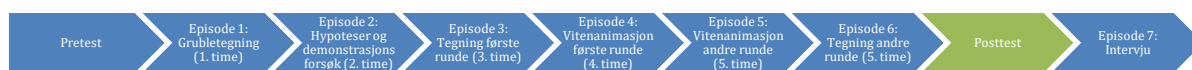
like mange molekyler i hver boks fordi antall molekyler ikke endres når vann skifter tilstandsfase.

I dette utdraget er det fire poenger jeg ønsker å trekke frem. *For det første* ser ikke elevene poenget med å løse oppgaven på nytt. I linje 7 og 8 kommer dette til syne når Jens uttaler at «Har vi lært noe nytt?» og Lise svarer at «Nei, vi gjør akkurat det samme.» og referer da til den forrige tegningen de lagde. Dette viser at det er utfordrende for elever å arbeide syklisk med representasjoner. *Det andre* som er interessant er Lises spørsmål som omhandler hvordan vannmolekylene egentlig ser ut og skal tegnes. Forvirringen rundt hvordan vannmolekyler representeres og bør tegnes er fortsatt tilstede hos Lise. Dette kan komme av at elevene gjennom prosjektet er blitt presentert for representasjoner som er forankret til ulike perspektiver – herunder lærerens perspektiv vist i figur 7, og viten.no sitt perspektiv vist i figur 10. Bruken av flere representasjoner av samme fenomen kan se ut til å ha virket forvirrende for elevene i deres læringsprosess. *Det tredje* poenget jeg ønsker å trekke frem er knyttet til Lises konseptuelle innramming. Som vi kan se i linje 11 og 13 er Lise med sin strukturinnramming opptatt av at hver rute i tegningen deres må inneholde like mange molekyler, ettersom antall molekyler ikke endres når vann går over i en annen fase. At antall molekyler ikke endrer seg er riktig, men her mangler Lise forståelsen av at vann i ulike tilstandsfaser har ulik tetthet og derfor krever ulikt volum (linje 13). Det kan derfor virke som at dette ikke er blitt kommunisert godt nok til alle elevene når de har arbeidet med representasjoner. For å forstå hvordan man skal tolke representasjoners meningsinnhold, er det viktig å være klar over dens begrensninger. *Det fjerde* poenget jeg ønsker å trekke frem handler om de ulike representasjonenes støttefunksjon. Utdraget viser tydelig hvordan elevenes tegning og tilhørende forklaringer er sterkt forankret i de representasjonene de har arbeidet med gjennom prosjektet. I figur 10 kommer dette til uttrykk hvor vi ser at elevenes tegning er tydelig preget av de representasjonene som er introdusert av læreren og vist på viten.no.

Gjennom dette prosjektet har elevene arbeidet med både ferdige representasjoner gitt på papir, demonstrasjonsforsøk eller i form av animasjoner, og egenproduserte tegninger. Selv om samtaleutdragene over ikke viser det, ble elevene gjennom undervisningsopplegget fortalt hvordan representasjonene på viten.no kunne kobles til demonstrasjonsforsøket. Elevene fikk ikke anledning til selv å jobbe med denne sammenhengen på grunn av tekniske utfordringer.

Dette kan være årsaken til at samtaleutdragene ikke bærer preg av at elevene kobler sammen de ulike representasjonene i deres konseptuelt meningsdannende prosess.

5.7 Posttesten – Å følge elevenes konseptuelle meningsdannelse

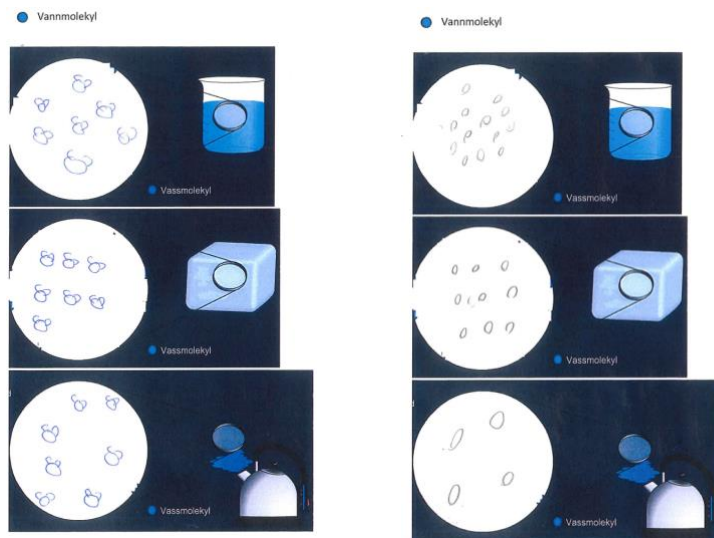


Figur 14: Prosjektets tidslinje, posttesten.

Etter endt prosjekt og før gjennomføringen av intervju, løste elevene hver for seg en posttest. Denne delen av oppgaven er todelt. I den første delen presenteres Lise og Adrians løsning av oppgave 5a, mens det i den andre delen er det et fokus på deres løsning av oppgave 5b. Deres svar sees i sammenheng med deres forklaringer og ytringer i de foregående utdragene, for å undersøke hvordan de i posttesten muligens har klart å sette sammen informasjon fra de to perspektivene på representasjoner som de er blitt eksponert for gjennom prosjektet.

5.7.1 Oppgave 5a – elevenes forståelse uttrykt gjennom tegning

Oppgave 5a lød som følger: «Under ser du en tegning av et glass med vann, en isbit og en kjele som koker og slipper ut vanndamp. Tenk deg at vi forstørrer opp et like stort utsnitt fra alle tre vannformene (vann, is og vanndamp) slik at vi kan se vannmolekylene. Hva tror du vi ser? Tegn i de runde hvite sirklene.» Elevene skulle altså tegne inn molekyler slik de tror de ser ut i vannets tre tilstandsfaser. I Figur 15 ser vi hvordan henholdsvis Lise og Adrian løste oppgaven.



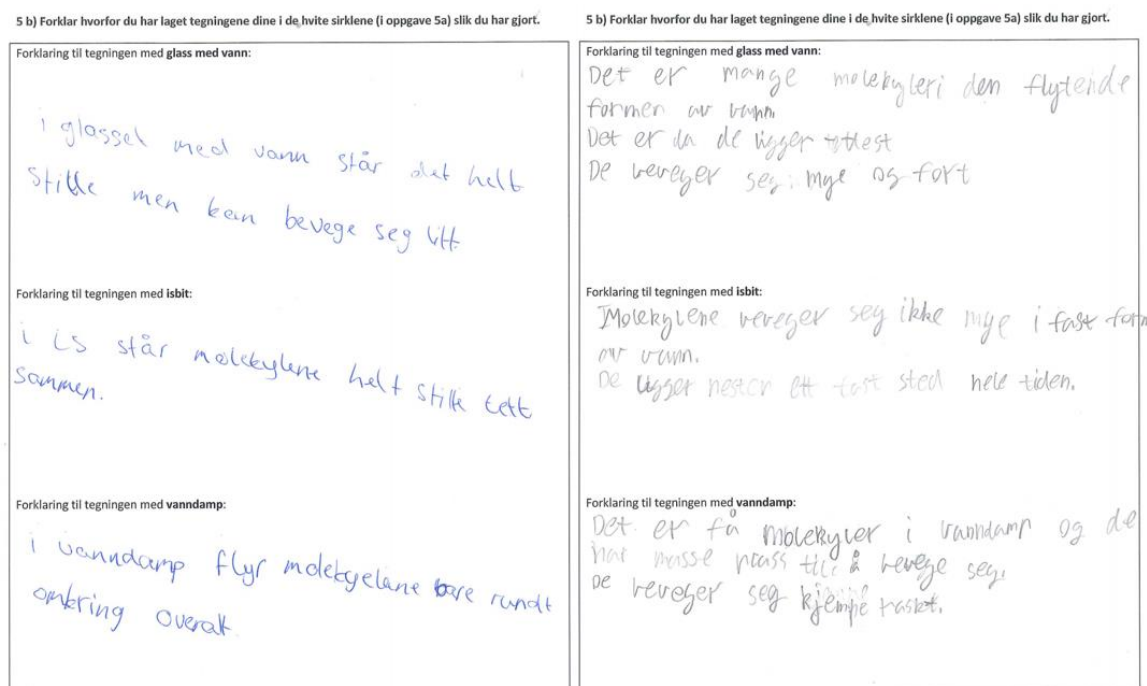
Figur 15: Resultat av posttest oppgave 5a. Lises svar er til venstre, mens Adrians er til høyre.

Det er her tre ting som er interessant å merke seg. Lise tegnet vannmolekylene slik de er illustrert i figur 7, med to små H-atomer bundet til ett stort O-atom. Det tyder på at hennes forståelse er forankret til en konseptuell strukturinnramming som sammenfaller med lærerens perspektiv på hvordan dette kan representeres. Adrian på sin side har tegnet molekylene som sirkler, og har således forankret sin forståelse i en konseptuell tetthetsinnramming som sammenfaller med viten.no sitt konseptuelle perspektiv. Verken Lise eller Adrian viser her tegn til å forsøke å syntetisere de to konseptuelle perspektivene som de ulike representasjonene er forankret i. Antall molekyler de har tegnet i sine utsnitt er også interessant. Lise har konsekvent tegnet like mange molekyler i hver sirkel, og hun er derfor tro mot sin forståelse om at antall molekyler ikke forandres når vann skifter tilstandsfase. Denne forståelsen er riktig, men blir feil i den aktuelle oppgaven, da størrelsen på utsnittene holdes likt i de ulike sirklene. Adrian på sin side har tatt hensyn til at utsnittet er konstant, og har derfor endret antall molekyler med hensyn til de ulike tilstandsfasene til vann. Adrian er derfor tro mot sin tetthetsinnramming. Hvordan de har tegnet molekylene i forhold til hverandre er også interessant. Både Lise og Adrian har forandret avstanden mellom molekylene på en måte som er i tråd med den naturvitenskapelige beskrivelsen av hvordan molekylene er i avstand til hverandre i de ulike tilstandsfasene. Det som dog er spesielt interessant her er hvordan Lise har forsøkt å syntetisere lærerens og viten.no sin representasjon av hvordan vannmolekylene er plassert i forhold til hverandre i isformen. Lise, som gjennom hele prosjektet har hatt en strukturinnramming, og således vært opptatt av at vannmolekylene i isform er formet som en sekskant, har likevel her valgt å tegne de på rader under hverandre, slik det er fremstilt i vitenanimasjonen.

Av Lise og Adrians løsning på oppgave 5a kan det virke som at de begge har en god forståelse av hvordan vannmolekylene opptrer i de ulike tilstandsfasene, selv om de har forankret sin forståelse i ulike konseptuelle innramminger. Det fremkom også tydelig at de har forankret sin forståelse i ulike representasjoner. Lise har også forsøkt å syntetisere de to ulike perspektivene på dette fenomenet i en felles forståelse.

5.7.2 Oppgave 5b – elevenes forståelse uttrykt gjennom skriftspråk

Oppgave 5b var direkte knyttet til elevenes svar på oppgave 5a, og de skulle svare på følgende spørsmål: «Forklar hvorfor du har laget tegningene dine i de hvite sirklene (i oppgave 5a) slik du har gjort.» For hver av de tre tegningene i oppgave 5a skulle altså elevene gi en skriftlig forklaring, og det er her interessant å se hvorvidt Lise og Adrians forklaringer samsvarer med tegningene deres fra oppgave 5a. I denne delen behandles de tre forklaringene til hver tegning for seg, og Lise og Adrians forklaringer settes opp mot hverandre der det er aktuelt. I figur 16 ser vi henholdsvis Lise og Adrians forklaringer til tegningene deres vist i figur 15.



Figur 16: Resultat av posttest oppgave 5b. Til venstre ser vi Lise sitt svar, mens til høyre ser vi Adrian sitt svar.

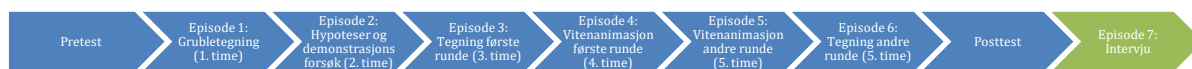
Den første forklaringen er knyttet til deres tegning av et glass med vann. Her forklarer Lise at molekylene står helt stille, og at de kan bevege seg litt. Dette stemmer ikke med naturvitenskapelige forklaringer som beskriver molekylenes bevegelse som kaotisk. Feil i

forklaringen kan skyldes at Lise har forankret sin forståelse av fenomenet til statiske representasjoner. Det virker også som hun blander vannmolekylene egenskaper når de er i form av is, hvor molekylene vibrerer på den samme plassen, med vann i flytende form. Adrian på sin side snakker om antall molekyler og poengterer at det her er mange av dem. Når Adrian snakker om antall molekyler stemmer det med animasjonen på viten.no at det er mange molekyler dersom utsnittet holdes likt. Likevel blir dette feil naturvitenskapelig forklaring, som tar utgangspunkt i at det er antall molekyler som holdes konstant mens volumet øker. Han skriver også at det er i flytende form at vann har størst tetthet, og at de beveger seg mye og fort. Dette er riktig vitenskapelig forklaring, og stemmer med det konseptuelle perspektivet han baserer sin forståelse på, som stammer fra viten.no.

I forklaringen på tegningen av vann i form av is skriver Lise at molekylene ligger stille og tett sammen. Denne forståelsen har Lise gitt uttrykk for flere ganger gjennom prosjektet, og Adrian har gjentatte ganger forsøkt å forklare hvorfor det ikke stemmer. Det virker vanskelig å svare på hvorfor hun har denne oppfatningen, men det kan skyldes at hun har forankret sin forståelse til representasjoner i form av stillbilder og ikke animasjoner. Adrian på sin side virker å ha en god forståelse av dette, og skriver i sin forklaring at molekylene beveger seg på ett sted. Denne forståelsen er forankret i viten.no sin animasjon, og forklaringen hans stemmer overens med det de har sett i denne animasjonen. Adrian har også ved flere anledninger forsøkt å forklare dette til Lise, blant annet ved hjelp av gester.

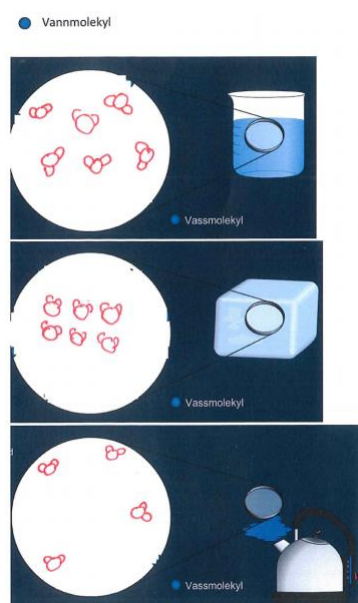
I den siste forklaringen til tegningen med vanndamp skriver Lise at molekylene flyr rundt omkring, overalt. Denne forklaringen er riktig, men mangler utredning av hvordan dette er knyttet til tetthet og volum. Mangelen i forklaringen kan tenkes å skyldes Lises strukturinnramming som ikke fokuserer på egenskaper som tetthet og volum. Adrian har i sin forklaring på dette skrevet at det er få molekyler, at de krever masse plass, og beveger seg med høy hastighet. Igjen ser vi hvordan Adrians beskrivelse av antall molekyler stemmer med utsnittet i denne oppgaven og animasjonene på viten.no, men blir feil med hensyn til en naturvitenskapelig forklaring der volumet endres og antall molekyler holdes konstant. Vi ser også en forskjell i de to elevenes anvendelse av begreper, noe som kan skyldes at de har forankret sin forståelse i ulike representasjoner som ulikt vektlegger betydningen av fagbegreper.

5.8 Episode 7: Intervjuet – å reflektere rundt molekylenes bevegelse



Figur 17: Prosjektets tidslinje, episode 7.

Gjennom intervjuets andre del ønsket vi å følge elevenes konseptuelle forståelse, og elevene ble derfor stilt spørsmål knyttet til vannmolekylers egenskaper i de ulike tilstandsfasene. I forkant av dette hadde elevene i klassen gjennomført en individuell posttest, og før sekvensen under har elevene løst oppgave 5 på posttesten på nytt, men denne gangen i fellesskap i intervjuet. Etter dette stilte forskeren spørsmål til deres løsning av oppgaven som omhandlet begrepene tetthet, volum, temperatur og bevegelse. I det følgende utdraget snakker elevene om hva som skjer med bevegelsene til vannmolekylene når de er i form av is. Foran seg har de løsningen de utviklet i fellesskap på posttestens oppgave 5a (Figur 18).



Figur 18: Elevenes løsning av oppgave 5a på posttesten.

Intervju – 7. utdrag:

1.	Forsker:	Mhm (.) Hva er det som gjør at de (<i>molekylene</i>) beveger seg så raskt? For hvordan beveger de (.) eh molekylene seg i de andre tilfellene da? (<i>Henviser til vannmolekylenes bevegelser i væskeform og frosset tilstand</i>)
2.	Adrian:	Eh (.) På is så beveger de seg nesten bare sånn (.) litt rundt her [Gjør små og raske sirkelbevegelser med hendene]
3.	Forsker:	Ja.

4.	Adrian:	Eh (.) men jeg tror kanskje de beveger seg raskere fordi det så (.) det er ikke like mange kanskje? Men-- <i>(Blir avbrutt av Lise)</i>
5.	Lise:	Jo, det er like mange. <i>(Snakker om antall molekyler)</i>
6.	Adrian:	Like mange, men det (.) de trenger mere plass, eller mere volum.
7.	Forsker:	Ja.
8.	Adrian:	Så de får mere plass til å bevege seg på.
9.	Forsker:	Ja. [Intervjuet fortsetter med at elevene diskuterer hvilken innvirkning temperatur har på vannmolekylenes bevegelse.]

Det korte utdraget ovenfor starter med at forskeren spør elevgruppen om hva som er årsaken til at molekylerne beveger seg så raskt og hvordan molekylenes bevegelse er når vann er i form av is og væske (linje 1). I linje 2 følger Adrian opp om forskerens spørsmål ved å beskrive med støtte i gester hvordan molekylerne beveger seg når de er frosset, og han tilbyr en forklaring på bevegelsesmønsteret. Adrian gir også uttrykk for usikkerhet knyttet til antall molekyler i de ulike tilstandsfasene (linje 4), og Lise responderer på dette ved å si at «Jo, det er like mange.» (linje 5), og henviser da til at antall molekyler ikke forandrer seg når vann går over i en annen tilstand. I slutten av utdraget ser vi hvordan Adrian omformulerer sin forklaring basert på hva Lise har sagt, og ytrer at «Like mange, men det (.) de trenger mere plass, eller mere volum.» (linje 6). Gjennom hele dette utdraget ser vi hvordan forskeren unnlater å validere elevenes utsagn, men heller opptrer som aktiv lytter ved å si «Ja» (linje 3, 7 og 9).

I dette utdraget er det én ting som er spesielt interessant knyttet til *forskjeller i elevenes konseptuelle innramming og følgelig forskjell i anvendelsen av relevante fagbegreper*. Igjen kommer Adrians tetthetsinnramming tydelig frem i linje 2, 4 og 6. Hans konseptuelle innramming virker å være forankret i viten.no sitt perspektiv på hvordan vann i de ulike tilstandsfaser representeres. Dette kan begrunnes med at Adrians argumenter er knyttet til bevegelser som er å finne i viten.no sine animasjoner. Lises strukturinnramming derimot virker å være knyttet til lærerens representasjoner, der vannmolekylerne er illustrert ved stillbilder slik figur 7 viser. De har begge rett i sine forklaringer, men de mangler noen premisser for at utsagnene skal bli naturvitenskapelig korrekte. Adrian på sin side snakker om at molekylerne krever mer plass, og mener derfor at antall molekyler endres når vannet skifter tilstandsfase. Dette stemmer med viten.no sin animasjon, hvor utsnittet holdes konstant mens det er antall molekyler som forandres ved faseendring. Likevel blir dette feil dersom man sammenlikner Adrians forklaring med den naturvitenskapelige forklaringen som sier at antall molekyler er konstant, men volumet endres ved skifte av tilstandsfase. Denne

representasjonens begrensninger ser ut til å påvirke Adrians forståelse og gjør det utfordrende for han å utforske Lises forklaringer. Lise på sin side står fast ved at antall molekyler ikke forandrer seg når vann går over i en annen fase, og har forankret sitt konseptuelle rammeverk i lærerens perspektiv. Samtidig mangler hun forståelsen for at i representasjonene de har arbeidet med, er utsnittene like store og dermed er det antall molekyler som må endres for at illustrasjonene skal bli riktige. Dette kan sees som svakheter ved representasjonene, som trolig hadde unngått denne forvirringen dersom de hadde holdt antall molekyler konstant, og endret størrelsen på utsnittene ved skifte av fasetilstand. Uenighetene mellom Adrian og Lise kommer altså av at de støtter seg til representasjoner som er forankret til ulike perspektiver. I linje 4, 5 og 6 ser vi hvordan de opplever utfordringer med å utforske hverandres forståelse. Utsagnene i disse linjene viser hvordan begge har rett, men ikke klarer å syntetisere hverandres forklaringer. I den siste tegningen de lager ser vi likevel at elevene prøver å sette sammen informasjon fra de to perspektivene på representasjoner, men de lykkes ikke helt.

Gjennom dette prosjektet er elevene, som skrevet ovenfor, blitt eksponert for to ulike konseptuelle perspektiver på representasjoner av temaet vann og issmelting. Henholdsvis lærerens perspektiv og viten.no sitt perspektiv. I utdragene vi nå har sett på fremkommer det en tydelig uenighet mellom Adrian og Lise sine ideer om antall molekyler som er til stede i vannets ulike tilstandsfaser, og det er forskjeller i anvendelsen av fagbegreper. Som vi så i forrige underkapittel kommer denne uenigheten av at Adrian og Lise har forankret sin forståelse av temaet til ulike konseptuelle rammeverk og representasjoner. Lise mener at antall molekyler ikke endrer seg når vann går over i en annen tilstandsfase, og har således forankret sin forståelse til lærerens perspektiv, kalt strukturinnramming. Adrian gir uttrykk for at antall molekyler endres fordi volumet forandrer seg, og har således forankret sin forståelse i viten.no sitt perspektiv, kalt tetthetsinnramming. De har begge rett i sine ytringer, men mangler som tidligere skrevet noen premisser for at forklaringene skal bli naturvitenskapelig presise.

5.9 Oppsummering av empiriske funn

I den første episoden så vi hvordan grubletegningen støttet elevenes utforskende samtaler ved å begrense dens omfang, samtidig som samtaler om den synliggjorde elevenes tenkning og informasjonsdelende strategier. Episoden viste også hvordan lærerstøtte i form av å stille åpne spørsmål samt å ikke validere elevutsagn var viktig for elevenes måte å utforske sin egen og hverandres forståelse på. Episode to, hvor elevene arbeidet med å utvikle hypoteser

knyttet til demonstrasjonsforsøket viste hvordan ulike representasjoner stimulerer ulike forklaringer, og igjen ble det tydelig hvordan lærerstøtte bidrar til å få frem elevenes faglige meningsdannelse. Den tredje episoden, hvor elevene utviklet en tegning for første gang, viste hvordan felles utvikling av en representasjon synliggjorde enkeltelevers tenkning og videre stimulerte til konseptuell forhandling og meningsdannelse. Når elevene arbeidet med vitenanimasjonen, i episode fire, så vi hvordan dynamiske representasjoner stimulerer til felles konseptuell meningsdannelse, og at bestemte representasjoner kan stimulere elever til å forholde seg til en for eleven ny konseptuell innramming. I episode fem arbeidet elevene igjen med dynamiske representasjoner på viten.no, og dette utdraget viste hvordan det fremdeles var utfordrende for Lise å forstå bestemte aspekter ved tetthetsinnrammingen. Episode seks viste hvordan elevene sammen utviklet en tegning for andre gang. Her så vi at: 1) elevene ikke så poenget med å løse oppgaven på nytt, 2) Lise strevde med å bevege seg på tvers av de ulike representasjonene, og 3) hvordan ulike representasjoner både støtter og utfordrer elevenes samarbeid ettersom de har forankret sin forståelse til ulike representasjoner. Analysene av Lise og Adrians svar på oppgave 5a og 5b på posttesten viste hvordan de i ulik grad setter sammen informasjon fra de ulike representasjonene, og at det er forskjeller i begrepsbruken i de skriftlige forklaringene deres. I episode syv, hvor elevene ble intervjuet, så vi hvordan forskjeller i elevenes konseptuelle innramming: 1) gjorde det utfordrende for elevene å sette sammen informasjon i én felles forklaring, og 2) førte til forskjell i bruken av relevante fagbegreper.

6 Diskusjon

I denne kasstudien har vi fulgt to elevers interaksjonsforløp for å få innsikt i hvilke muligheter og utfordringer som følger et arbeid med ulike representasjoner, og hvordan det påvirker deres konseptuelt meningsdannende prosess. Mulighetene ligger i at representasjonene støtter og utfordrer elevenes tenkning, de gir elevene et utgangspunkt for utforskning, og de gir opphav til faglig orienterte samtaler. Utfordringene ligger i at elevene kan ha ulik konseptuell innramming, noe som kan gjøre det utfordrende for elevene å utforske hverandres forståelse og å sette sammen informasjon fra flere representasjoner inn i én og samme forklaring. Resultatene viser også at elever trenger mye støtte i arbeid med representasjoner, både for å forstå hvordan de kan bygge bro mellom representasjoner og fenomenet, men også i arbeidet med å håndtere faglig uenighet.

For å konkretisere og belyse oppgavens formål er det utformet to forskningsspørsmål som jeg gjentar her: 1) Hvordan kan ulike former for representasjoner støtte elevers konseptuelt meningsdannende prosess i temaet vann og ismelting? Og, 2) Hvordan virker representasjoner utfordrende på elevenes konseptuelle meningsdannelse i temaet vann og ismelting? Det er fire aspekter som er fremtredende fra data som jeg ønsker å fokusere nærmere på. Disse er: 1) hvordan representasjoner gjennom studien har vist seg å støtte eller unnlate å støtte elevene i deres meningsdannende prosess, 2) betydningen av samarbeid i arbeid med å danne mening fra representasjoner, 3) hvilken funksjon lærerstøtte har i elevers arbeid med representasjoner, og 4) styrker og svakheter ved det anvendte undervisningsdesignet som fører til ulike muligheter og utfordringer i elevenes meningsdannende prosess. Avslutningsvis presenterer jeg noen råd til lærere som ønsker å anvende en syklisk undervisningstilnærming med fokus på representasjoner i naturfag.

6.1 Å visualisere naturvitenskapelige fenomener

I litteraturgjennomgangen så vi hvordan representasjoner kan tilby muligheter men også virke utfordrende i elevers meningsdannende prosess. Når elever kommuniserer bruker de språket for å skape mening, da språket medierer tenkning og resonnering. Samtale er likevel ikke den eneste kilden til meningsdannelse. Representasjoner kan fungere som støtte og således hjelpe elever i deres arbeid med å forstå et naturvitenskapelig fenomen eller begrep. I henhold til sosiokulturell læringsteori er det også viktig å vurdere hvordan elever involverer seg i og danner mening i de verktøyene de anvender for å forstå deres meningsdannende prosess.

Gjennom hele prosjektet brukte elevene representasjoner i form av grubletegning, demonstrasjonsforsøk, animasjoner på viten.no, egenproduserte tegninger samt bilder av vannmolekyler gitt av læreren. I denne delen av oppgaven skal jeg diskutere hvordan ferdige og egenproduserte representasjoner både støtter og utfordrer elevers meningsdannende prosess.

6.1.1 Representasjoners støttefunksjon

Analysene av de gruppebaserte læringsaktivitetene hvor elevene arbeidet med ferdige representasjoner gitt av læreren (Utdrag 1, 2, 4 og 5) viste at disse representasjonene hadde en konseptuell støttefunksjon. Dette begrunnes med at de lærerintroduserte representasjonene dreide samtalen mot faglig refleksjon og begrenset samtalenes omfang. Resultatene samsvarer med tidligere forskning som fant at når representasjoner har en komplementær og begrensende funksjon kan det hjelpe elevene i deres meningsdannende prosess (Ainsworth, 2006). Analysen av utdrag 1, der elevene arbeidet med grubletegningen, viste også at når elevene har en konkret representasjon å forholde seg til henviser de stadig til den ved å peke på den og ved å vise til fysiske egenskaper som isbiten og glassets form. I arbeid med demonstrasjonsforsøket så vi også hvordan elevene utfylte hverandres forklaringer og virket å holde et godt fokus på oppgaven. Representasjonene bidro også til å synliggjøre elevenes meningsdannende prosess, noe som kom til uttrykk gjennom deres ytringer og gester. Funnene sammenfaller med funn i studien til Harrison og Treagust (2000) som fant at når elever forhandler delte og ikke-delte egenskaper og kjennetegn ved flere representasjoner bedres deres konseptuelle forståelse for abstrakte fenomener. Arbeid med ferdige representasjoner virker derfor å avgrense og fokusere elevenes diskusjoner, samtidig som de åpner for at elevene kan diskutere og forhandle sin forståelse med hverandre.

Arbeid med ulike lærerintroduserte representasjoner, henholdsvis statiske og dynamiske representasjoner, støtter elevenes meningsdannende prosess, da de stimulerer til ulike forklaringer og en felles konseptuell meningsdannelse. Dette begrunnes med at elevenes forståelse ble utfordret i møte med ulike konseptuelle innramminger, noe som førte til forhandling av forståelse for vannets molekylære egenskaper ved de ulike tilstandsfasene. I analysene av samtaleutdrag der elevene arbeidet med å utvikle tegninger (Utdrag 3 og 6) så vi nettopp hvordan de ferdige representasjonene hadde en begrensende og komplementær funksjon på elevenes arbeid. Dette funnet er også rapportert om i studiene til Ainsworth (2006) og Furberg et al. (2013) som fant at når elever arbeider med representasjoner som har

en komplementær og begrensende funksjon, åpner dette opp for fortolkning og forhandling av det studerte naturvitenskapelige fenomenet. I elevenes utvikling av en felles forklaring av vannets molekylære egenskaper ved de ulike tilstandsfasene så vi også hvordan elevene tok i bruk gester og refererte til konkrete egenskaper ved ulike representasjoner. Forklaringene og tegningene var tydelig preget av de ulike representasjonene som elevene hadde arbeidet med, noe Säljö (2001) påpeker at er typisk for en innlæringsfase. Funnet samsvarer med funn i Wu et al. (2001) sin studie som fant at flere trekk ved representasjoner hjelper elevene med å selv utvikle modeller i tillegg til å forstå meningsinnholdet i de ulike representasjonene. I arbeid med å utvikle egne representasjoner kan det derfor virke positivt å ta utgangspunkt i ferdige representasjoner, da de utfordrer elevene til å inkludere informasjon inneholdt i ulike representasjonene når de selv skal utvikle tegninger.

Det anvendte undervisningsdesignet inneholdt både statiske og dynamiske representasjoner som begge støttet elevenes meningsdannende prosess. Analysen av samtaleutdrag 5 og analysen av posttestens oppgave 5b har vist at forskjeller i konseptuell innramming, og følgelig forskjeller i de statiske og dynamiske representasjoner elevene bygger sin forståelse på, påvirker deres forklaringer av vannmolekylens egenskaper ved de ulike tilstandsfasene og anvendelsen av relevante fagbegreper. I Adrians skriftlige forklaringer på posttestens oppgave 5b ser vi at han bruker begrepet *tetthet* når han beskriver hvorfor antall molekyler er forskjellig i de ulike utsnittene, og han referer til hvordan molekylerne *beveger seg* i de ulike tilstandsfasene. Lise anvender ingen fagbegreper, og blander til tider sammen molekylens egenskaper ved de ulike tilstandsfasene. Forskjeller i begrepsbruken kan komme av at elevenes forståelse er forankret i henholdsvis statiske og dynamiske representasjoner. For eksempel så vi i utdrag 5 hvordan Adrian benyttet seg av begrepet tetthet når han snakket om hvorfor vann har minst volum ved fire grader. Også Ryoo og Linn (2012) fant i sin studie at elever som arbeider med dynamiske representasjoner blir flinkere til å artikulere prosesser for kjemiske reaksjoner sammenliknet med elever som arbeider med statiske representasjoner. Funn i Akayagun (2016) sin studie støtter samme konklusjon og fant at elever som arbeider med dynamiske representasjoner blir flinkere til å inkludere dynamiske trekk i sine egenproduserte tegninger og forklaringer, noe vi ser Adrian gjør i større grad enn Lise. Selv om begge former for representasjoner støtter elevenes meningsdannende prosess, tilbyr dynamiske representasjoner noen muligheter som statiske representasjoner ikke kan tilby ettersom de ikke inneholder bevegelse. Animasjonens bevegelser gjør at Adrian, når han lager argumenter, bruker begreper som gjenspeiler bevegelse. Dette er en støttefunksjon ved

animasjonen som ikke er fremtredende på samme måte i statiske representasjoner. Bevegelsene er altså med på å støtte elevenes konseptuelle forståelse ved at de hjelper elevene med å utvikle argumenter knyttet til bevegelse, en funksjon vi ser at de statiske representasjonene ikke fyller.

6.1.2 utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner

Ved å følge Lise og Adrians interaksjonsforløp (Utdrag 3, 4, 5 og 7) fikk jeg innblikk i de utfordringer som kan knyttes til forståelse av representasjoners meningsinnhold og sammenhengen mellom dem. I disse utdragene så vi hvordan elevene tidlig orientere sin forståelse mot spesifikke representasjoner og holdt fast ved samme forklaringsmodell gjennom hele prosjektet. Ved å anvende van de Sande og Greeno's (2012) begrep *konseptuell innramming* kan Lise og Adrians bidrag i samtaleutdragene belyses nærmere. Dette innebærer å følge deres interaksjonsforløp med hensyn til hvordan de forholder seg til hverandres bidrag i samtale med hverandre. Denne analytiske tilnærmingen fikk fram de to innrammingene som Lise og Adrian forankrer sin forståelse for vannmolekylers egenskaper ved ulike tilstandsfaser til. Lise med sin *strukturinnramming* er opptatt av hvordan molekylene *ser ut* på molekylært nivå, mens Adrian med sin *tetthetsinnramming* er opptatt av hvordan molekylene er *orientert* i forhold til hverandre i vannets ulike tilstandsfaser. Analysene viste at dette gjorde det utfordrende for elevene å utforske hverandres forståelse, forståelsen for meningsinnholdet i de ulike representasjonene og å samarbeide om å utvikle en felles tegning med tilhørende forklaring. Når representasjoner er forankret i ulike perspektiver virker det som at det fører til utfordringer i elevenes meningsdannende prosess, et funn som støttes av Furberg et al. (2013) sin studie som fant at elever har vanskelig for å bevege seg på tvers av ulike representasjoner dersom de ikke gis nok tid og veiledning i hvordan de kan anvende representasjonene på en effektiv måte. Selv om elever besitter kunnskaper om fenomenet på mikronivå, er det ikke gitt at de klarer å knytte det til observasjoner på makronivå og motsatt (Stieff, Ryu & Yip, 2013). Også Johnstone (1993) hevder at elever opplever store utfordringer i arbeid med representasjoner av kjemiske prosesser når de skal relatere fenomenet på et mikronivå til observasjoner på makronivå. Dette krever stor fagkunnskap og forståelse av representasjonenes meningsinnhold, og kan derfor ha blitt opplevd som for komplekst når elevene er i en prosess hvor de arbeider med å forstå begreper og sammenhengen mellom dem. Fordi elevene enda ikke har en fullstendig forståelse for begrepene inneholdt i representasjonene, virker det å utfordre elevenes evne til å bevege seg på tvers av dem. Utfordringene kan også komme av at de ulike

representasjonene inneholder og vektlegger betydningen av ulike komponenter ved vannets molekylære egenskaper (Ainsworth, 2008). Forskjeller i elevers konseptuelle innramming gjør det altså utfordrende for elever å utforske representasjoners meningsinnhold, og hverandres forståelse.

Analysene av utdrag 3, 4, 5 og 7 viste hvordan trekk ved statiske og dynamiske representasjoner gjør det utfordrende for elevene å skape mening. Selv om Lise er blitt eksponert for både statiske og dynamiske representasjoner, er det tydelig at hun forankrer sin forståelse til den statiske representasjonen vist i figur 7. I utdrag 5 kommer dette til syne når hun uttaler at «Nei, is beveger seg ikke noe!». Det at figuren er statisk gjør at elevene selv må se for seg hvordan molekylenes bevegelse er i de ulike tilstandsfasene, noe som er krevende for elever (van de Sande & Greeno, 2012). Dynamiske representasjoner kan gjøre at denne forvirringen utslettes, fordi de inneholder bevegelse. Likevel er det trekk ved representasjonen på viten.no, vist i figur 10, som gjør det utfordrende for elevene å skape mening, til tross for at de inneholder bevegelse. Disse utfordringene er knyttet til representasjonenes utsnitt, som holdes konstant ved skifte av vannets tilstandsfase. Dette innebærer at det er antall vannmolekyler som i animasjonen endres ved skifte av tilstandsfase, og ikke utsnittet i seg selv. I utdrag 7 ser vi at Adrian og Lise er uenig i antall molekyler som er tilstede ved de ulike tilstandsfasene til vann. Disse uenighetene kan skyldes at representasjonene underkommuniserer at utsnittet i animasjonene er likt ved hver tilstandsfase, mens det er antallet vannmolekyler som da må endres. Dette viser hvor viktig det er når man designer representasjoner, å benytte seg av det potensialet som ligger i animasjoner samtidig som man også må belyse de aspektene ved fenomenet som man ønsker å få frem. Tytler et al. (2013) påpeker at representasjoner ikke kan inneholde alle egenskaper og kjennetegn ved det fenomenet den ønsker å illustrere. I utviklingen av representasjoner som er ment anvendt i undervisning av elever, understreker Tytler et al. (2013) viktigheten av at de utformes på en slik måte at de kan hjelpe elevene med å forstå det underliggende fenomenet.

6.2 Å samarbeide om å danne mening fra representasjoner

Gjennomgangen av tidligere studier viste at samtale er en viktig kilde til støtte i elevenes meningsdannende prosess. Flere studier har funnet at elever som forhandler og diskuterer sin

forståelse for et naturvitenskapelig fenomen utvikler en dypere forståelse for det studerte fenomenet sammenliknet med elever som ikke deltar i slike samtaler (Harrison & Treagust, 2000; Olander et al., 2018; Wu et al., 2001). Til tross for disse positive funnene viser en rekke studier at elever strever med å forstå naturfaglige begreper og prosesser, også i situasjoner der de arbeider med representasjoner (Ainsworth, 2008; Sjøberg, 2009; Taber, 2013b). I denne delen vil jeg diskutere betydningen av elevsamarbeid og elevsamtaler i arbeid med representasjoner.

Gjennom samhandling forhandlet elevene sin forståelse for vannmolekylers egenskaper ved de ulike tilstandsfasene og fagbegreper som volum og tetthet. Analysene av de gruppebaserte læringsaktivitetene hvor elevenes interaksjonsforløp ble studert (Utdrag 2, 3, 4, 5 og 7) viste at disse samtaleformene hadde en konseptuell støttfunksjon. Dette begrunnes med at elevene brukte hverandres forklaringer til å revidere og forbedre egne forklaringer. Analysen viste også at det var utfordrende for elevene å forstå begrepenes meningsinnhold og de var tidvis uenige i hverandres begrepsbruk. At begrepene i seg selv er komplekse kan være årsaken til dette. Elevers utfordringer knyttet til det å anvende et presist naturvitenskapelig språk er også rapportert om i Olander et al. (2018) sin studie som fant at forståelse for representasjoners meningsinnhold kan utvikles dersom elevene veksler mellom hverdags- og naturvitenskapelig språk. I utdrag 6 når Lise refererer til molekyler som «prikker» og «molekyler» om hverandre ble dette observert. Et annet eksempel på vekslingen mellom hverdags- og naturvitenskapelig språk så vi hos Adrian som tidlig uttalte at molekylene i dampform trenger «mere plass» og la i en senere forklaring til begrepet «volum». Dette impliserer ikke at Lise og Adrian har en fullstendig forståelse av begrepene molekyl og volum, men det gir et innblikk i deres konseptuelt meningsdannende prosess (Wertsch, 1998). Elevene ser derfor ut til å bli flinkere til å anvende begreper på en mer presis måte når de forhandler begrepenes meningsinnhold. Altså fungerer elevsamtaler om fagbegreperes meningsinnhold som en støtte i elevenes arbeid med å forstå og kommunisere sin forståelse for vannets molekylære egenskaper.

Analysene av utdrag 3, 4 og 6 viste hvordan bestemte representasjoner kan stimulere elever til å forholde seg til en for eleven ny konseptuell innramming og hvordan felles utvikling av representasjoner stimulerte til konseptuell forhandling og meningsdannelse. I forhandlingen av forståelsen for vannmolekylers skiftende egenskaper ved de ulike tilstandsfasene, viste elevsamarbeid og dialog seg å være viktige kilder til støtte. I arbeid med tegningene så vi hvordan elevene kontinuerlig diskuterte sin forståelse for vannmolekylene egenskaper i de

ulike tilstandsfasene. Funnet samsvarer med annen empirisk forskning som fremhever at når elevenes forståelse for ulike representasjoner forhandles og utforskes gjennom dialog, vil deres konseptuelle forståelse øke (Furberg et al., 2013; Harrison & Treagust, 2000; Tytler et al., 2013; Wu et al., 2001). Tytler et al. (2013) fant også at når elever skal utvikle egne representasjoner blir det viktig at deres forståelse utfordres. Dette er også observert i denne kasusstudien. Dialog mellom elever virker derfor som en viktig kilde til støtte når de arbeider med å forstå representasjoner med ulik konseptuell innramming, og når de utvikler representasjoner i fellesskap.

6.3 Støtte fra læreren i arbeid med representasjoner

Denne studien har ikke et eksplisitt fokus på lærerens rolle i elevenes arbeid med representasjoner og konseptuelt meningsdannende prosess. Likevel viser analysen av interaksjonsforløp mellom læreren og den studerte elevgruppen at lærerens evne til å få frem elevenes faglige meningsdannelse former elevenes samtalemønstre på viktige måter (Utdrag 1, 2, 4 og 6). I denne delen av oppgaven diskuterer jeg viktigheten av lærerstøtte i arbeid med representasjoner og hvilke former for lærerstøtte som gjennom denne kasusstudien har vist seg å være av betydning for elevenes meningsdannende prosess.

I analysene av utdrag 1 og 2 når læreren var i dialog med den studerte elevgruppen, så vi hvordan læreren unngikk å validere og korrigere elevenes naturvitenskapelige forklaringer. I elevenes respons på lærerens innspill kom elevenes faglige meningsdannelse til uttrykk, og ble transparent for medelevene og læreren. Videre førte lærerens bruk av åpne spørsmål som «Hva skjer med det da?» (Utdrag 1) til at elevsamtalene bar preg av å være utforskende med hensyn til hverandres forståelse for vannmolekyleres kjemiske egenskaper, men også med hensyn til utforskningen av representasjonenes meningsinnhold. Dette kom til uttrykk ved at elevenes forståelse ble utfordret og problematisert av medelevers innspill og er et funn som sammenfaller med funn i studien til Tytler et al. (2013). De fant at når elevers forståelse problematiseres og utfordres med et fokus på å utvikle, tolke og begrunne ideer og forståelse, kan det føre til økt konseptuell forståelse. Lærerstøtte i form av å problematisere elevenes ytringer og å vise dem hvordan de kan forstå og bruke representasjonene i dialog med hverandre virker derfor viktig.

Flere påpeker at bruken av hverdagspråk kan fremme elevenes forståelse av et naturvitenskapelig fenomen eller begrep (Sjøberg, 2009; Taber, 2013b; Vygotsky, 1986c).

Når elever får bruke sitt tentative språk som inngang til det naturvitenskapelige språket og læreren setter pris på dette, forstår elever bedre innholdet i naturvitenskapelige begreper og de anvender dem oftere (Mestad & Kolstø, 2014). I arbeidet med å innøve og anvende naturvitenskapelige begreper blir det altså viktig med lærerstøtte i form av å oppmuntre elevene til å bruke dem i sine forklaringer av hvordan vannmolekylens egenskaper endres ved skifte av tilstandsfase. For eksempel brukte Lise ord som «pandaører» i forklaringen av hvordan vannmolekyler ser ut. Det er interessant at selv om hun får vite at dette er atomer satt sammen til et molekyl, bruker hun selv aldri begrepene atomer og molekyler. Opplevelsen av at begrepene er for abstrakte eller at hun ikke opplever et behov for å anvende dem, kan være årsaken til dette. I gjennomføringen av undervisningsopplegg med fokus på representasjoner virker det viktig med lærerstøtte ved å oppmuntre elevene til å anvende naturvitenskapelige begreper. Samtidig må det være rom for at elevene veksler mellom hverdags- og naturvitenskapelige språk, slik at deres kommunikasjon ikke forringes. Funn i studien til Olander et al. (2018) støtter dette. De fant at vekselvirkning mellom hverdags- og naturvitenskapelig språk fører til økt konseptuell meningsdannelse.

Når elever arbeider med representasjoner er det viktig at læreren er klar over hvilke utfordringer og muligheter som følger ulike representasjoner og hvordan de kan påvirke elevens meningsdannende prosess (Ainsworth, 2008). Denne kasusstudien har vist at det var utfordrende for elevene å bevege seg på tvers av ulike representasjoner, og å håndtere faglig uenighet i samtaler med hverandre. Utfordringene kan komme av at Adrian og Lise forankret sin forståelse i ulike perspektiver. Fra første til andre tegning så vi hvordan elevene forsøkte å sette sammen informasjon fra ulike representasjoner i én og samme tegning, uten at de lyktes fullstendig med dette. Som Ainsworth (2008) skriver kan representasjoners komplementære og begrensende funksjon føre til utvikling av en dypere forståelse for fenomenet eller til forvirring. I utdrag 3 og 6 så vi hvordan representasjonenes komplementære og begrensende funksjon fører til sistnevnte da elevene ikke klarer å sammenlikne representasjonene eller å bevege seg på tvers av dem. Ainsworth (2008), Furberg et al. (2013) og Harrison og Treagust (2000) mener at det i arbeid med representasjoner er viktig at elevene eksplisitt informeres om at representasjoner er forankret til ulike perspektiver, har ulike hensikter i ulike kontekster og at de derfor vektlegger betydningen av forskjellige begreper ulikt. Betydningen av lærerstøtte kommer her til syne og det kan virke viktig å hjelpe elevene med å bygge bro mellom representasjonene og fenomenet, samt å støtte elevene i håndteringen av faglig uenighet knyttet til ulike konseptuelle forståelsesrammer. Lærerstøtte kunne hjulpet elevene

med å overkomme de utfordringer som knyttes til bevegelse mellom ulike representasjoner (Ainsworth, 2008).

6.4 Undervisningsdesign med bruk av representasjoner

Kasusstudien har anvendt en syklisk undervisningstilnærming, og er blitt utviklet med utgangspunkt i Tytler et al. (2013) sine designprinsipper for undervisning med fokus på representasjoner. Analysen har vist at en syklisk undervisningstilnærming med fokus på representasjoner gir elevene gjentatte muligheter til å utforske og forstå vannmolekyleres kjemiske egenskaper ved de ulike tilstandsfasene. Studien har også vist at det er noen elementer ved undervisningsopplegget som kunne vært gjort annerledes for å gjøre elevenes meningsdannelse mer effektiv. I denne delen av oppgaven diskuterer jeg hvilke trekk ved det anvendte undervisningsopplegget som viste seg å fungere godt og hvilke deler av undervisningsopplegget som burde fått mer fokus, med den hensikt å støtte elevenes meningsdannende prosess og videre redusere de presenterte utfordringene som er knyttet til arbeid med representasjoner.

En syklisk undervisningstilnærming har gitt elevene gjentatte muligheter til å revidere og utvikle forståelsen for representasjoners meningsinnhold og sentrale fagbegreper. Aktiviteter der elevenes forståelse utfordres er også inkludert, i tillegg til aktiviteter hvor elevene får mulighet til å re-representere sin forståelse gjennom å utvikle tegninger. Analysene har vist hvordan dette førte til at elevene mot slutten av prosjektet ble flinkere til å artikulere sin forståelse, og å inkludere fagbegreper som tetthet og volum. Funn i annen empirisk forskning støtter samme konklusjon, som fremhever at når elever gis flere muligheter til å diskutere representasjoners meningsinnhold utvikler de en dypere konseptuell forståelse for fenomenet og de relevante fagbegrepene (Harrison & Treagust, 2000; Olander et al., 2018). Tytler et al. (2013) og Furberg et al. (2013) understreker videre betydningen av å gi elevene rom for å utforske representasjoner over tid. Fordi gjentatte muligheter til å utforske og revidere sin forståelse for det studerte fenomenet og relevante fagbegreper er viktig, kan en syklisk undervisningstilnærming virke som en god måte å arbeide med representasjoner på.

Undervisningsopplegget har inkludert flere og ulike representasjoner av vannets molekylære egenskaper ved de ulike tilstandsfasene. Ainsworth (2008) påpeker at bruken av flere representasjoner kan fungere komplementært i tillegg til å begrense elevens tolkning av andre representasjoner. Analysene av interaksjonsforløpet mellom Lise og Adrian har vist hvordan

de utbroderer og korrigerer hverandres utsagn med utgangspunkt i ulike konseptuelle innramminger. Deres felles løsning av oppgave 5a i intervjuet viste at de i større grad enn tidligere i prosjektet klarte å sette sammen hverandres forståelse, selv om de heller ikke her fikk det helt til. Til tross for at disse analysene har vist at forskjeller i konseptuell innramming gjør det utfordrende for elevene å utforske hverandres forståelse virker det likevel som om arbeid med ulike representasjoner har hjulpet elevene i deres konseptuelt meningsdannende prosess. Harrison og Treagust (2000) observerte det samme i sin studie, og konkluderte med at elever som inkluderer flere og ulike representasjoner i sitt arbeid med atomer, molekyler og kjemiske bindinger får økt forståelse. Det er derfor ingen urimelig antakelse at den observerte utviklingen av konseptuell forståelse hos elevene skyldes deres arbeid med nettopp *flere* og *ulike* representasjoner.

I utviklingen av et undervisningsopplegg med fokus på representasjoner er det viktig at læreren på forhånd har tenkt gjennom hvilken funksjon de ulike representasjonene er ment å ha og at dette kommuniseres tydelig til elevene (Tytler et al., 2013). Analysene har vist at elever har vanskelig for å bevege seg på tvers av ulike representasjoner og å se sammenhengen mellom dem, noe som kan skyldes at undervisningsopplegget hadde fravær av undervisningssekvenser der læreren kommuniserte hensikten med de ulike representasjonene til elevene. Dette kan være en av årsakene til at det ble utfordrende for elever med ulik konseptuell innramming å utforske representasjoner forankret i andre innramminger. Flere empiriske studier har funnet at dersom representasjoner introduseres på en systematisk måte for elevene vil deres forståelse for både representasjoners overflateegenskaper og de underliggende fenomenet øke (Harrison & Treagust, 2000; Tytler et al., 2013). For å redusere utfordringene knyttet til det å bevege seg på tvers av ulike representasjoner og det å se sammenhengen mellom dem kan det derfor virke viktig at man i arbeid med representasjoner setter av tid til å forklare elevene hensikten med de ulike representasjonene og hvilke komponenter ved fenomenet de ulike representasjonene vektlegger.

Ett av undervisningsprinsippene til Tytler et al. (2013) handler om å gi elevene mulighet til å sammenlikne sine egenproduserte representasjoner med ferdige konvensjonelle representasjoner med hensyn til hvordan de kommuniserer meningsinnhold. Det anvendte undervisningsopplegget inkluderte ikke slike aktiviteter, og det kan være årsaken til at elevene fant det utfordrende å forstå det underliggende fenomenet de ulike representasjonene

forsøkte å kommunisere, og hvordan representasjonene kan sees i sammenheng med hverandre. Harrison og Treagust (2000) og Wu et al. (2001) fant i sine studier at elever som deltar i diskusjoner når de arbeider med representasjoner klarer å se sammenhengen mellom overflateegenskapene og de underliggende konseptuelle aspektene ved de ulike representasjonene. Det kan derfor virke viktig å i større grad enn det som er tilfelle i denne studien å inkludere aktiviteter der elevene sammenlikner og reflekterer rundt de ferdige og egenproduserte representasjonene.

6.5 Råd til lærere

Denne masteroppgaven har vist hvilke muligheter og utfordringer som tilbys elevene i deres konseptuelt meningsdannende prosess når de arbeider med ulike representasjoner i temaet vann og issmelting i naturfag. I denne avsluttende delen av diskusjonen presenteres noen råd til lærere om hvordan man kan utvikle og gjennomføre en syklisk undervisningstilnærming med fokus på representasjoner, med den hensikt å redusere mulige utfordringer og fremme mulighetene.

En syklisk undervisningstilnærming har vist seg å virke positivt på elevenes meningsdannende prosess ettersom det gir mulighet til å utforske forståelsen for de samme representasjonene gjentatte ganger. Læreren bør derfor anvende de samme representasjonene og tegneaktivitetene flere ganger slik at elevene får mulighet til å re-representere og revidere sin forståelse kontinuerlig. I arbeidet med å utforske representasjoners meningsinnhold har også lærerstøtte i form av ikke validere eller korrigere elevenes forklaringer vist seg viktig for å bevare det utforskende aspektet. I samtale med elevene bør derfor læreren unngå å validere eller korrigere elevenes ytringer, men heller stille åpne og utforskende spørsmål som utfordrer elevenes meningsdannelse.

Studien har vist at mye av arbeidet med å forhindre utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner ligger i lærerens planlegging av undervisningsopplegget. Den har også vist at det i denne fasen er viktig at læreren velger ut representasjoner med hensyn til hvilken funksjon de er ment å ha for elevene i deres læringsarbeid. Læreren bør derfor velge ut representasjoner som fokuserer på de aspektene ved fenomenet man ønsker at elevene skal lære noe om. Analysene av denne studien har vist at både statiske og dynamiske representasjoner hjelper elevene med å skape mening omkring det studerte fenomenet, det

kan derfor virke fint å inkludere begge former for representasjoner i et slikt undervisningsopplegg.

Samarbeid og dialog har vist seg å være viktige kilder til støtte når elever arbeider med representasjoner, da dette bidrar til å utfordre elevenes forståelse. Læreren bør derfor inkludere aktiviteter der elevene må reflektere og forhandle sin forståelse med hverandre. På den måten kan deres forståelse for fenomenet øke. Dette bør blant annet gjøres ved å la elevene sammen utvikle egenproduserte representasjoner, fordi de gir både læreren og elevene innblikk i deres nåværende forståelse. På bakgrunn av disse egenproduserte representasjonene kan man da tilpasse den videre undervisningen i det aktuelle temaet.

Studien har også vist at det er utfordrende for elever å bevege seg på tvers av ulike representasjoner og hvordan ulik konseptuell innramming gjør det vanskelig for elevene å utforske hverandres forståelse. Læreren bør derfor tidlig i undervisningsopplegget inkludere sekvenser hvor elevene undervises i hvordan de kan forstå og tolke ulike representasjoner med hensyn til meningsinnhold, og hvordan de kan håndtere faglig uenighet.

7 Konklusjon

Formålet med denne studien har vært å undersøke hvilke muligheter og utfordringer som tilbys elever i arbeid med ulike former for representasjoner, og hvordan dette påvirker deres konseptuelt meningsdannende prosess i temaet vann og issmelting i naturfag. For å undersøke dette er det anvendt videoobservasjon, gruppeintervju og posttestdata, og elevenes arbeid er blitt samlet inn for nærmere undersøkelser. Dette for å belyse de fordeler og utfordringer elever møter på i arbeid med representasjoner. Det er gjennomført en interaksjonsanalyse av én elevgruppe med spesielt fokus på to av elevenes interaksjonsforløp, hvor målet var at resultatene kunne bidra med kunnskap om elevers ulike meningsdannende prosesser i arbeid med representasjoner.

7.1 Oppgavens bidrag til klasseromforskningen

Resultatene av studien kan på flere måter bidra med kunnskap om muligheter og utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner i naturfag. Funnene viser at:

- Når læreren unnlater å validere elevenes naturvitenskapelige forklaringer opprettholdes det utforskende aspektet ved arbeid med representasjoner. Det fører til at elevene i diskusjoner med hverandre stadig ber hverandre om faglige forklaringer og elevenes ulike forståelser kommer frem.
- Arbeid med grubletegning og andre lærerintroduserte representasjoner fungerte som et felles referansepunkt for elevene. På den måten ble elevenes tenkning synliggjort for både læreren og medelevene, i tillegg til at elevenes forståelse ble utfordret, noe som kan føre til at den konseptuelle forståelsen utvikles.
- Samtale og interaksjon er viktige kilder til konseptuell støtte. I samtaler med læreren ble ikke elevene oppmuntret til å anvende fagbegreper noe som kan ha gjort det utfordrende for elevene å utforske begrepene inneholdt i representasjonene, og å se sammenhengen mellom dem.
- Når elevene utviklet egne tegninger av overgangene mellom vannets ulike tilstandsfaser ble deres meningsdannende prosess transparent. Dette gav medelever og læreren innblikk i elevenes nåværende forståelse for det studerte fenomenet, men viste også at det er utfordringer knyttet til arbeid med representasjoner. Utfordringene gjør seg gjeldende når elever har ulik konseptuell innramming og forankrer sin forståelse i ulike representasjoner.

- Representasjoner kan i seg selv bidra til en utvikling av forståelse, men det å forholde seg til to litt forskjellige representasjoner kan være utfordrende for elever.
- Ulik konseptuell innramming gjør det utfordrende for elevene å utforske hverandres forståelse for det aktuelle fenomenet og å bevege seg på tvers av ulike representasjoner. Elever trenger derfor mye støtte for å anvende og tolke ulike representasjoner, da ulike representasjoner fokuserer på ulike fagbegreper og har ulik hensikt.

7.2 Implikasjoner for videre forskning

Studien har et lite utvalg på én elevgruppe og posttestdata fra to av disse elevene. Studiens resultater er derfor ikke generaliserbare til en større gruppe elever enn de som er studert. Likevel kan funnene tenkes å være overførbare til andre liknende studier og kontekster. Dette begrunnes med at det er gitt grundige beskrivelser av den observerte elevgruppen, gruppeaktivitetene og konteksten av timene, i tillegg til å opprettholde et samsvar mellom teoretiske begreper og de beskrevne utdragene (Kvale & Brinkmann, 2015). En analytisk generalisering kan videre begrunnes med at oppgaven inkluderer tidligere relevant forskning og således er denne studien plassert i konteksten av andre lignende studier. På den måten er det enklere for videre forskning å gjenkjenne aktuelle overførbare trekk ved studien.

Det har ikke vært et eksplisitt fokus på lærerens rolle utover det som er inkludert i utdragene. Å rette fokus mot lærerens rolle i arbeid med representasjoner, og å undersøke hvordan læreren begrunner utvalg av representasjoner som anvendes i undervisningen, samt hvilke strategier læreren tar i bruk for å gjøre elevenes arbeid med representasjoner effektivt kunne derfor vært interessant å studere i videre forskning. Det å sammenlikne ulike læreres undervisningsstrategier i veiledning av elevers arbeid med representasjoner ville også vært interessant. For å kunne si noe mer generelt om representasjoners verdi og funksjon i undervisningen av naturfag, kunne det vært interessant i videre forskning å undersøke hvordan ulike former for representasjoner fungerer som strukturende ressurser i andre temaer i naturfag.

Litteraturliste

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*(3), 183-198. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.03.001
- Ainsworth, S. (2008). The Educational Value of Multiple-representations when Learning Complex Scientific Concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (Ed.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 191-208). Dordrecht: Springer.
- Akaygun, S. (2016). Is the oxygen atom static or dynamic? The effect of generating animations on students' mental models of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice, 17*(4), 788-807. doi: 10.1039/C6RP00067C
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences, 13*(1), 1-14. doi: 10.1207/s15327809jls1301_1
- Barnes, D. (1992). The role of talk in learning. I K. Norman (Red.), *Thinking voices: The work of the National Oracy Project* (s. 123-128). London: Hodder & Stoughton.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2011). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (3. utg). Chichester: Wiley.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in Education* (7. utg). New York: Routledge.
- Derry, S. J., Pea, R. D., Barron, B., Engle, R. A., Erickson, F., Goldman, R., ... Sherin, B. L. (2010). Conducting Video Research in the Learning Sciences: Guidance on Selection, Analysis, Technology, and Ethics. *Journal of the Learning Sciences, 19*(1), 3-53. doi: 10.1080/10508400903452884

- Ercikan, K. & Roth, W. M. (2006). What Good Is Polarizing Research into Qualitative and Quantitative? *Educational Researcher*, 35(5), 14-23. doi: 10.3102/0013189X035005014
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS: (and sex and drugs and rock 'n' roll)* (3. utg.). Los Angeles: SAGE.
- Furberg, A. (2010). *Scientific Inquiry in Web-based Learning Environments, Exploring technological, epistemic and institutional aspects of students' meaning making*. Oslo: Faculty of Education, University of Oslo Unipub.
- Furberg, A., Kluge, A., & Ludvigsen, S. (2013). Student sensemaking with science diagrams in a computer-based setting. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 8(1), 41-64. doi:10.1007/s11412-013-9165-4
- Gay, G. (2010). *Culturally responsive teaching: Theory, research, and practice* (2. utg.). New York: Teachers College Press.
- Gilbert, J. K. (2010). The role of visual representations in the learning and teaching of science: An introduction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1-19.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds: A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<352::AID-SCE3>3.0.CO2-J
- Hoffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722-738. doi: 10.1016/j.learninstruc.2007.09.013
- Jefferson, G. (1984). Transcription notation. In J Atkinson & J Heritage (Ed.), *Structures of social interaction* (pp. ix-xvi). New York: Cambridge University Press.

- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. (Symposium on Revolution and Evolution in Chemical Education, *Journal of Chemistry Education* 70(9), 701-705. doi: 10.1021/ed070p701
- Jordan, B., & Henderson, A. (1995). Interaction analysis: Foundations and practice. *Journal of the Learning Sciences*, 4(1), 39-103. doi: 10.1207/s15327809jls0401_2
- Kirk, J., & Miller, M. L. (1986). *Reliability and validity in qualitative research*. London: Sage.
- Krange, I., & Ludvigsen, S. (2009). The historical and situated nature design experiments - Implications for data analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(3), 268-279. doi:10.1111/j.1365-2729.2008.00307.x
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju (3 utg.)*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Linell, P. (2009). *Rethinking language, mind, and world dialogically: interactional and contextual theories of human sense-making*. Charlotte, NC: Information Age Publishing Inc.
- Ludvigsen, S. R., Rasmussen, I., Krange, I., Moen, A., & Middleton, D. (2011). Intersecting trajectories of participation: Temporality and learning. I S. R. Ludvigsen, A. Lund, I. Rasmussen & R. Säljö (Red.), *Learning across sites: New tools, infrastructures and practices* (s. 105-121). London: Routledge.
- Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative Research Design. An Interactive Approach (3 utg.)*. Los Angeles: SAGE Publications.
- Mestad, I., & Kolstø, D. S. (2014). Using the Concept of Zone of Proximal Development to Explore the Challenges of and Opportunities in Designing Discourse Activities Based on Practical Work. *Science Education*, 98(6), 1054-1076. doi: 10.1002/sc.21139

- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*.
Maidenhead: Open University Press.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240. doi:10.1002/sce.10066
- Olander, C., Wickman, P. O., Tytler, R., & Ingerman, Å. (2018). Representations as mediation between purposes as junior secondary science students learn about the human body. *International Journal of Science Education*, 40(2), 204-226.
doi:<https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1407464>
- Ploetzner, R., & Lowe, R. (2012). A systematic characterisation of expository animations. *Computer in Human Behavior*, 28(3), 781-794. doi: 10.1016/j.chb.2011.12.001
- Postholm, M. B. (2010). *Kvalitativ metode: en innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasesstudier* (2. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Rommetveit, R. (1972c). *Språk, tanke og kommunikasjon: Ei innføring i språkpsykologi og psykolingvistikk* (1. utg.). Oslo: Gyldendal Akademisk AS.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veel, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153.
doi: 10.1016/j.compedu.2011.07.017
- Ryoo, K., & Linn, M. C. (2012). Can dynamic visualizations improve middle school students' understanding of energy in photosynthesis? *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 218-243, doi: 10.1002/tea.21003
- Säljö, R. (2001). *Læring i praksis. Et sosiokulturelt perspektiv* (S. Moen, Trans.). Oslo: Cappelen Akademisk forlag.
- Silverman, D. (2001). *Interpreting qualitative research: Methods for analyzing talk, text and interaction*. London, England: Sage.

- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse: En kritisk fagdidaktikk* (Vol. 3). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education, 34*(9), 1337-1370. doi: 10.1080/09500693.2011.605182
- Stieff, M., Ryu, M., & Yip, J., C. (2013). Speaking across levels generating and addressing levels confusion in discourse. *Chemistry Education Research and Practice, 14*(4), 376-389. doi: 10.1039/c3rp20158a
- Taber, K. S. (2013b). Upper Secondary Students' Understanding of the Basic Physical Interactions in Analogous Atomic and Solar Systems. *Research in Science Education, 43*(4), 1377-1406. doi:10.1007/s11165-012-9312-3
- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse: en innføring i kvalitativ metode* (4. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrip, B. (2013). *Constructing Representations to Learn in Science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- van de Sande, C., & Greeno, J. G. (2012). Achieving alignment of perspectival framings in problem-solving discourse. *Journal of Learning Sciences, 21*(1), 1- 44. doi: 10.1080/10508406.2011.639000
- Vygotsky, L. S. (1986c). *Thought and Language* (A. Kozulin, Trans. A. Kozulin Ed.). Cambridge, Mass: The MIT Press.
- Wertsch, J. V. (1998). *Mind as action*. New York: Oxford University Press.
- Wertsch, J. V., & Semin, G. R. (1991). *Voices of the mind : a sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

- Wu, H., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of reasearch in science teaching*, 38(7), 821-842. doi: 10.1002/tea.1033
- Yin, R. K. (1994). *Case study researsh: design and methods* (2. ugt.). Thpusand Oaks, California: Sage.

Vedlegg 1: Intervjuguiden

Intervjuguide Husnes november 2017

Huskeliste:

- Starte med å skryte av elevene: Dere har jobbet godt i prosjektet, vi er glad for å kunne intervju dere. Bruke litt tid på å varme opp elevene, fortelle om oss selv etc.
- Si eksplisitt at vi ønsker å følge forståelsen til elevene. Vi tester dem ikke, ønsker bare å se hvor de er.
- Trenger minst 15 min på det konseptuelle.
- Hva er sammenhengen mellom representasjoner (R) og forståelse (F)? (Hvordan er de relatert til hverandre?) -> heller spørre om hva det vil si å forstå noe.

Arbeidsformer

- Utforskende arbeid

Nå har jeg lyst til å snakke litt om måten dere har jobbet på i dette prosjektet. Dere har jobbet endel i par og i grupper.

- Hva liker dere med å samarbeide? Er det noe dere synes er vanskelig med å samarbeide?
 - Hva er et godt samarbeid? Eller: Hva betyr det å samarbeide godt?
 - Hva vil dere si er forskjellen mellom det å jobbe alene og det å jobbe med andre?
- Har dere og Vigdis (eller andre lærere) snakket noe om hvordan man jobber i grupper sammen i klassen?
- Hvis dere skal beskrive samarbeidet deres, hvordan samarbeidet dere i prosjektet?
- I dette prosjektet har dere laget flere ting sammen (feks padlet, tegninger, rapport), lager dere ofte ting sammen (samskriving, rapporter, prosjekter) eller pleier dere å lage hver deres ting?
- Hvilke aktiviteter og oppgaver lærte dere mest av? (nevn eksempler eller ta utgangspunkt i padleten)

Spørsmål knyttet til konkrete konsepter:

Sammenhengen mellom vannfaser og smelting av is på land og is i vann? → Arktis og Antarktis.



Åpningsspørsmål: Kan dere forklare hva som skjedde i dette forsøket?

- (Viser til demonstrasjonsforsøket, gjerne med padlet/bilde og spør hva som skjer og hvorfor).

Spørsmål:

- Kan dere forklare hva som skjedde i de to glassene når isen smeltet?
 - Hint: Hva skjedde med vannivået?
- Hvorfor er det slik at vannet øker i det glasset med stein?
- Hvorfor er det slik at vannet ikke øker i det glasset hvor isen ligger og flyter?
- Hvilket av disse glassene er en modell for ismeltingen på Sørpolen (Antarktis) og hvilket er en modell for ismelting på Nordpolen (Arktis)?
- Hva skjer dersom isen smelter på Nordpolen? Sørpolen?
 - Se på konsekvenser
- Er det noen andre årsaker til at havnivået stiger?
 - Her henter vi til temperaturøkning som fører til større volum.

De ulike fasene til vann - på molekylært nivå

A. Tegning – elevene får se den andre tegningen de lagde i dette prosjektet.

NN har laget denne tegningen av de ulike fasene til vann. Kan dere si litt om hva den betyr? Hva tenkte dere når dere tegnet dette?

- Fremme bruken av begrepene temperatur, volum og tetthet ved de ulike fasene.
 - *Nevne konkrete utfordringer de opplevde når de skulle representere noe (her må vi ta utgangspunkt i videodata) -> Synes dere det var vanskelig å tegne?*

B. Vitenmodell – elevene får oppgave 5a og 5b fra posttesten utdelt.

Her er et spørsmål som dere fikk på posttesten (sp.mål 5 a og b). Dere har svart på dette spørsmålet hver for dere. Nå skal dere løse oppgaven sammen. Dere får nå noen minutter til å diskutere og svare på denne oppgaven, og det er viktig at dere blir enige. Ok?

- Dersom elevene svarer feil på noen av oppgaven, så forsøk å stille hjelpespørsmål som leder dem mot riktig forståelse (eliciting).
 - Sentrale begreper: temperatur, volum og tetthet.

Avslutningsvis:

Hva syns dere var vanskelig og lett i dette prosjektet?

Har dere noe mer dere ønsker å fortelle oss om dette prosjektet som vi ikke har snakket om?

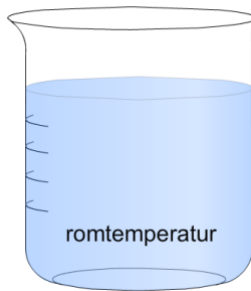
Takke for intervjuet og skryte av elevene.

Vedlegg 2: Pre- og posttesten

Pretest/Posttest om vann og volum, 8. klasse, høst 2017

Navn: _____ Klasse: _____

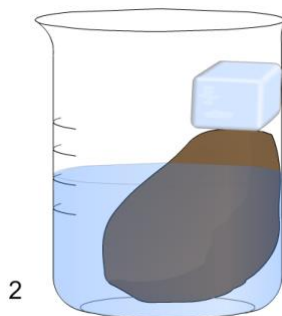
1. Hva skjer med høyden på vannet i glasset dersom vi slipper en metallgjenstand ned i vannet?



Dette skjer med høyden på vannet i glasset:

Forklar hvorfor dette skjer:

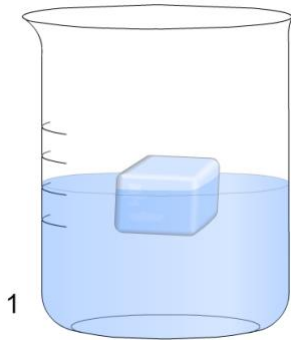
2. Hva skjer med høyden på vannet i dette glasset når isbiten smelter?



Dette skjer med høyden på vannet i glasset:

Forklar hvorfor dette skjer:

3. Under ser du en isbit som flyter i vannet, slik is gjør. Hva skjer med høyden på vannet i dette glasset når isbiten smelter?



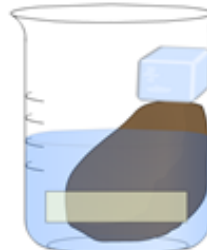
Dette skjer med høyden på vannet i glasset:

Forklar hvorfor dette skjer:

4. Bildet under viser hvordan isen ligger på Sydpolen (Antarktis) og Nordpolen (Arktis). Skriv navn på riktig polområde under hvert glass.



1 _____

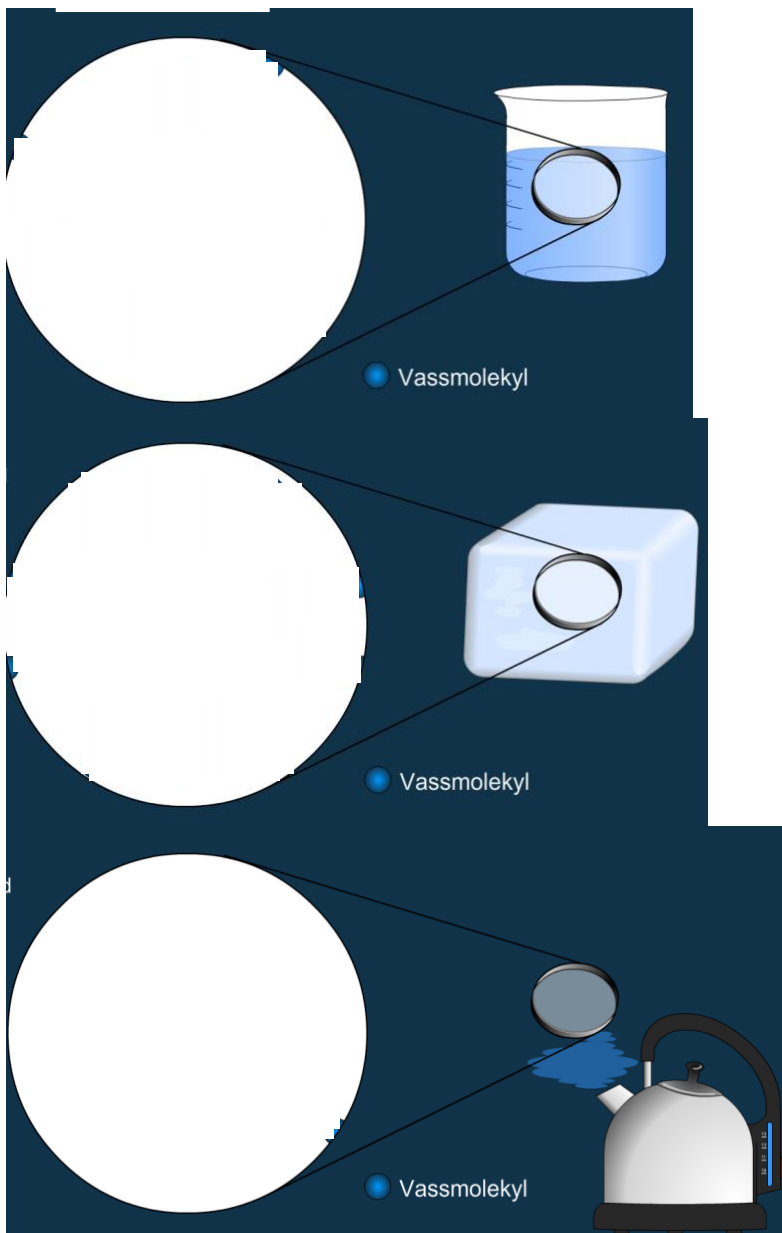


2 _____

- 5 Under ser du en tegning av et glass med vann, en isbit og en kjele som koker og slipper ut vanndamp. Tenk deg at vi forstørrer opp et like stort utsnitt fra alle tre vannformene (vann, is og vanndamp) slik at vi kan se vannmolekyler. Hva tror du vi ser? Tegn i de runde hvite sirklene.



● Vannmoleky
1



5 b) Forklar hvorfor du har laget tegningene dine i de hvite sirklene (i oppgave 5a) slik du har gjort.

Forklaring til tegningen med **glass med vann**:

Forklaring til tegningen med **isbit**:

Forklaring til tegningen med **vanndamp**:

Vedlegg 3: Samtykkeskjema for skolen

UiO : Det utdanningsvitenskapelige fakultet
Institutt for lærerutdanning og skoleforskning

Til lærere ved [redacted] ungdomsskole i REDE prosjektet

Dato: 26. september 2017

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

Prosjektet Representasjon og deltakelse i naturfag (REDE) skal handle om hvordan elever kan lære naturfag gjennom å arbeide med grunnleggende ferdigheter. Det vil si å øve bruk av ulike typer representasjoner (uttrykksformer) som er viktige i naturfag. Dette kan være tale, skrift, bilder, diagrammer, grafer, tabeller og simuleringer. Målet for prosjektet er å gjøre utdanningene for naturfaglærere bedre. Prosjektet er et samarbeid mellom lærere og vitenskapelig ansatte fra Institutt for lærerutdanning og skoleforskning (ILS), Universitetet i Oslo, og [redacted] ungdomsskole. Prosjektet ledes av professor Erik Knain. Med i prosjektgruppa ved ILS er førsteamanuensis Anniken Furberg, førsteamanuensis Torunn Aanesland Strømme, postdoktor Tobias Fredlund, stipendiat Line Ingulfsen og universitetslektor Mai Lill Suhr Lunde.

Som en del av den ordinære naturfagundervisningen skal skolen planlegge og gjennomføre to til tre undervisningsprosjekt i samarbeid med forskere fra ILS. I disse prosjektene skal elevene gjennom ulike typer læringsaktiviteter få innsikt i temaer som for eksempel miljøspørsmål, klimaendringer og bærekraftig utvikling. Her vil bruk av ulike typer representasjoner stå sentralt. Undervisningsprosjektene gjennomføres i perioden oktober 2016 til oktober 2018.

I forbindelse med undervisningsprosjektene ønsker forskere ved ILS å utføre en forskningsstudie som retter seg mot elevers og læreres bruk av representasjoner. Vår rolle som forskere innebærer at vi vil observere undervisningen. Vi vil gjøre videoopptak av lærerens undervisning og elevene og det som skjer på deres dataskjermer. På denne måten kan vi jobbe videre med å analysere hvordan elevene og lærerne samarbeider i tiden etter at prosjektet er avsluttet. Vi vil også gjennomføre intervjuer med utvalgte elever knyttet til deres erfaringer med prosjektet. I tillegg vil vi samle inn elevenes for- og etterprøver, slik at vi kan undersøke elevenes læringsutbytte fra prosjektet. Vi ønsker videre å gjøre lydopptak av møter mellom lærere og forskere ved ILS, og gjøre videoopptak av intervjuer med lærere før og etter prosjektperiodene.

Deltakelse i forskningsprosjektet innebærer at det gis samtykke til å bruke bildemateriale, intervjudata, og enkelte videoopptak som illustrasjoner i *forskningsformidling* (slik som doktor- og masteravhandlinger, fagartikler og foredrag) og *undervisning av lærerstudenter og lærere*. Materialet vil kunne vises for andre forskere i lukkede grupper.

Vi ber i tillegg om tillatelse til at datamaterialet kan brukes i presentasjoner av REDE-prosjektet på web og via andre mediekkanaler som Naturfag.no. Dette vil være bilder/opptak av undervisningssituasjoner som illustrerer generelle lærings- og undervisningsmessige poeng. Her vil



Postadresse: Institutt for lærerutdanning og skoleforskning
Pb. 1099 Blindern, 0317 Oslo
E-post: ils-kontakt@ils.uio.no
www.uv.uio.no/ils

elevenes og lærernes ansikter være synlige. I Del 2 i dette skrevet finner du en samtykkeerklæring for elevens deltakelse i forskingsprosjektet og bruk av forskningsmaterialet som samles inn i løpet av prosjektet. Vi gjør oppmerksom på at Punkt 1 dreier seg om *samtykke til deltakelse* i prosjektet, mens Punkt 2 (spørsmål A og B), dreier seg om *utvidet bruk av den innsamlede forskingsdokumentasjonen*. Vi setter pris på om dere tar stilling til begge de to punktene, samt begge spørsmålene under Punkt 2. Hvis man sier ja på Punkt 1 i samtykkeerklæringen, men ikke samtykker på utvidet bruk av materialet (spørsmål A og B i Punkt 2) så er eleven anonym i all formidling. Forskere og masterstudenter utenfor REDE-prosjektet vil kunne få tilgang til å gjøre analyser på materialet, og da vil all publisering alltid være anonymisert selv om det er krysset av for utvidet bruk av datamaterialet.


Navn på skole, lærere og elever vil aldri fremkomme, hverken i forskningsformidling, undervisning eller presentasjoner av prosjektet. Video/lydopptak slettes og øvrig datamateriale anonymiseres ved prosjektets slutt i 2030. Alle elever må delta i undervisningen, men det er frivillig å delta i forskningsstudien. Man kan når som helst trekke seg uten å begrunne dette nærmere.

Vår rolle som forskere innebærer at vi er underlagt strenge etiske regler for hvordan datamaterialet kan brukes. Studien er meldt til personvernombudet, NSD, og opplysningene behandles i tråd med personopplysningsloven. For nærmere spørsmål kan du kontakte Erik Knain (Tlf:22 85 82 52), eller Anniken Furberg (Tlf. 22 84 49 14).

Med vennlig hilsen



Prosjektleder ved ILS, Erik Knain


Rektor ved [redacted] ungdomsskole, [redacted]

Samtykkeerklæring

Jeg har lest informasjonen om REDE-prosjektet som gjennomføres som en integrert del av naturfagundervisningen på [REDACTED] skole. Jeg er kjent med at den frivillige deltakelsen i forskningsprosjektet innebærer dokumentasjon ved hjelp av videoopptak, intervjuer og stillbilder.

1. Samtykke i deltakelse i forskningsprosjektet. Vennligst kryss av:

➤ Ja, jeg samtykker til å delta i forskningsprosjektet

2. Hvis ja, ber vi om at du tar stilling til hvordan audiovisuelt materiale kan brukes. Vennligst ta stilling til punktene nedenfor:

Med *audiovisuelt materiale* menes bilder, lydopptak og videoklipp der stemmer vil kunne være hørbare og ansikt vil kunne gjenkjennes. Det involverer også produkter laget av elevene og lærere som tegninger, illustrasjoner og modeller. Navn på skole, lærere og elever skal ikke knyttes til materialet.

➤ Audiovisuelt materiale kan brukes som illustrasjoner i foredrag, undervisning og forskningsartikler, og kan gjøres tilgjengelig i *adgangsbegrensede* digitale læringsplattformer til bruk i lærerutdanningen ved UiO.

Ja, jeg samtykker

➤ Audiovisuelt materiale kan brukes i presentasjoner av REDE-prosjektet tilgjengelig via *medier som ikke er adgangsbegrensede*.

Ja, jeg samtykker

Lærers navn: _____

Sted: _____ Dato: _____

Vedlegg 4: Samtykkeskjema for elever

UiO : Det utdanningsvitenskapelige fakultet
Institutt for lærerutdanning og skoleforskning

Til elever og foresatte på 8. trinn ved [redacted] ungdomsskole

Dato: 26. september 2017

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt – Universitetet i Oslo

Vi inviterer elever ved [redacted] ungdomsskole til å delta i et forskningsprosjekt. Prosjektet heter Representasjon og deltakelse i naturfag (REDE). Det skal handle om hvordan elever kan lære naturfag gjennom å arbeide med grunnleggende ferdigheter. Det vil si å øve bruk av ulike typer representasjoner (uttrykksformer) som er viktige i naturfag. Dette kan være tale, skrift, bilder, diagrammer, grafer, tabeller og simuleringer. Målet for prosjektet er å gjøre utdanningene for naturfaglærere bedre. Prosjektet er et samarbeid mellom lærere og vitenskapelig ansatte fra Institutt for lærerutdanning og skoleforskning (ILS), Universitetet i Oslo, og [redacted] ungdomsskole. Prosjektet ledes av professor Erik Knain. Med i prosjektgruppa ved ILS er førsteamanuensis Anniken Furberg, førsteamanuensis Torunn Aanesland Strømme, postdoktor Tobias Fredlund, stipendiat Line Ingulfsen og universitetslektor Mai Lill Suhr Lunde. Ved [redacted] ungdomsskole ledes prosjektet av faglærer i naturfag [redacted].

Som en del av den ordinære naturfagundervisningen skal [redacted] ungdomsskole planlegge og gjennomføre to til tre undervisningsprosjekt i samarbeid med forskere fra ILS. I disse prosjektene skal elevene gjennom ulike typer læringsaktiviteter få innsikt i temaer som for eksempel miljøspørsmål, klimaendringer og bærekraftig utvikling. Her vil bruk av ulike typer representasjoner stå sentralt. Undervisningsprosjektene gjennomføres i perioden oktober 2016 til oktober 2018.

I forbindelse med undervisningsprosjektene ønsker forskere ved ILS å utføre en forskningsstudie som retter seg mot elevers og læreres bruk av representasjoner. Vår rolle som forskere innebærer at vi vil observere undervisningen. Det vil si at vi studerer elever som jobber sammen, snakker med dem og stiller dem spørsmål om det de gjør og temaet de jobber med. Vi vil også gjøre videoopptak av elevene og det som skjer på deres dataskjermer. På denne måten kan vi jobbe videre med å analysere hvordan elevene og lærerne samarbeider i tiden etter at prosjektet er avsluttet. Vi vil også gjennomføre intervjuer med utvalgte elever knyttet til deres erfaringer med prosjektet. I tillegg vil vi samle inn elevenes for- og etterprøver, slik at vi kan undersøke elevenes læringsutbytte fra prosjektet.

Deltakelse i forskningsprosjektet innebærer at det gis samtykke til å bruke bildemateriale, intervjudata, elevprodukter (tegninger, modeller, figurer e.l.) og enkelte videoopptak som illustrasjoner i *forskningsformidling* (slik som doktor- og masteravhandlinger, fagartikler og foredrag) og *undervisning av lærerstudenter og lærere*. Materialet vil kunne vises for andre forskere i lukkede grupper.



Postadresse: Institutt for lærerutdanning og skoleforskning
Pb. 1099 Blindern, 0317 Oslo
E-post: ils-kontakt@ils.uio.no
www.uv.uio.no/ils

Vi ber i tillegg om tillatelse til at datamaterialet kan brukes i presentasjoner av REDE-prosjektet på web og via andre mediekkanaler som Naturfag.no. Dette vil være bilder/opptak av undervisningssituasjoner som illustrerer generelle lærings- og undervisningsmessige poeng. Her vil elevenes og lærernes ansikter være synlige. I Del 2 i dette skrivet finner du en samtykkeerklæring for elevens deltakelse i forskingsprosjektet og bruk av forskningsmaterialet som samles inn i løpet av prosjektet. Vi gjør oppmerksom på at Punkt 1 dreier seg om *samtykke til deltakelse* i prosjektet, mens Punkt 2 (spørsmål A og B), dreier seg om *utvidet bruk av den innsamlede forskingsdokumentasjonen*. Vi setter pris på om dere tar stilling til begge de to punktene, samt begge spørsmålene under Punkt 2. Hvis man sier ja på Punkt 1 i samtykkeerklæringen, men ikke samtykker på utvidet bruk av materialet (spørsmål A og B i Punkt 2) så er eleven anonym i all formidling. Forskere og masterstudenter utenfor REDE-prosjektet vil kunne få tilgang til å gjøre analyser på materialet, og da vil all publisering alltid være anonymisert selv om det er krysset av for utvidet bruk av datamaterialet.

Navn på skole, lærere og elever vil aldri fremkomme, hverken i forskningsformidling, undervisning eller presentasjoner av prosjektet. Video/lydopptak slettes og øvrig datamateriale anonymiseres ved prosjektets slutt i 2030. Alle elever må delta i undervisningen, men det er frivillig å delta i forskningsstudien. Eleven kan når som helst trekke seg uten å begrunne dette nærmere. Vi håper foresatte/elev vil gi oss den nødvendige tillatelse ved å undertegne og returnere svararket (side 3).

Vår rolle som forskere innebærer at vi er underlagt strenge etiske regler for hvordan datamaterialet kan brukes. Studien er meldt til personvernombudet, NSD, og opplysningene behandles i tråd med personopplysningsloven. For nærmere spørsmål kan du kontakte Erik Knain (Tlf. 22 85 82 52), eller Anniken Furberg (Tlf. 22 84 49 14).

Med vennlig hilsen

Prosjektleder ved ILS, Erik Knain

Samlingsstyrer i naturfag ved [redacted] ungdomsskole, [redacted]

Samtykkeerklæring

Jeg har lest informasjonen om REDE-prosjektet som gjennomføres som en integrert del av naturfagundervisningen på [REDAKERT] ungdomsskole. Jeg er kjent med at den frivillige deltakelsen i forskningsprosjektet innebærer dokumentasjon ved hjelp av videoopptak, intervjuer, stillbilder og innsamling av elevprodukter.

1. Samtykke i deltakelse i forskningsprosjektet. Vennligst kryss av:

- Mitt/vårt barn deltar i forskningsprosjektet:
 Ja, jeg/vi samtykker

2. Hvis ja, ber vi om at du/dere tar stilling til hvordan audiovisuelt materiale kan brukes. Vennligst ta stilling punktene nedenfor:

Med *audiovisuelt materiale* menes bilder, lydopptak og videoklipp der stemmer vil kunne være hørbare og ansikt vil kunne gjenkjennes. Det involverer også produkter laget av elevene som tegninger, illustrasjoner og modeller. Navn på skole, lærere og elever skal ikke knyttes til materialet.

- Audiovisuelt materiale kan brukes som illustrasjoner i foredrag, undervisning og forskningsartikler, og kan gjøres tilgjengelig i *adgangsbegrensede* digitale læringsplattformer til bruk i lærerutdanningen ved UiO.
 Ja, jeg/vi samtykker
- Audiovisuelt materiale kan brukes i presentasjoner av REDE-prosjektet tilgjengelig via *medier som ikke er adgangsbegrensede*.
 Ja, jeg/vi samtykker

Elevens navn: _____ Klasse: _____

Foresattes underskrift: _____

Sted: _____ Dato: _____