

Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap
Mastergradavhandling i grunnskolelærerutdanning 5.-10. trinn

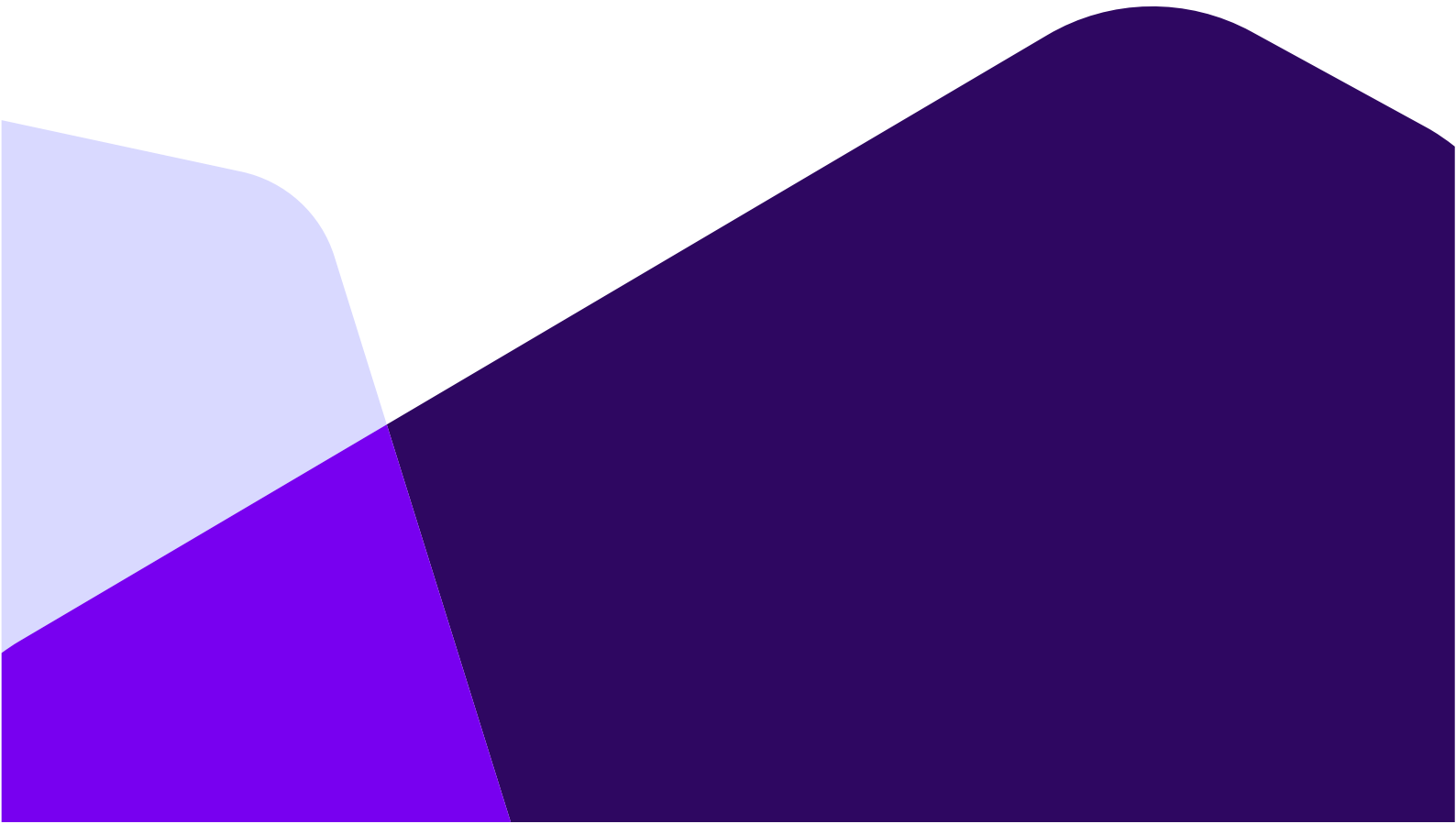
Naturfag

Våren 2024

Ingrid Vedvik

Modellering på vertikale tusjtafler

En studie av hvordan vertikale tusjtafler kan bidra til elevers
modelleringskomptanse i naturfag



Universitetet i Sørøst-Norge

Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap

Institutt for matematikk og naturfag

Postboks 4

3199 Borre

<http://www.usn.no>

© 2024 Ingrid Vedvik

Denne avhandlingen representerer 45 studiepoeng

Sammendrag

Denne studien undersøker hvordan vertikale tusjtafler i undervisningen kan bidra til at elever får modelleringskomptanse i naturfag. Studien fokuserer på hvordan elevene lager og endrer modellen sin, hvordan de forklarer og forstår modellen sin og hvordan det reflekteres over prosessen med å lage modellen i undervisning med bruk av vertikale tusjtafler i klasserommet. Gjennom en kvalitativ tilnærming ble data samlet inn via filmopptak av elever på ungdomsskolen, der elevgrupper på tre og tre modellerte fenomenet «karbonets kretsløp». Det ble også tatt lydopptak av elevenes presentasjoner av modellen sin til slutt. Analysen av filmdataene avdekket et høyt aktivitetsnivå i modelleringen, der elevene så mye på andre gruppers tavler. Kunnskapsmobiliseringen de hadde på tvers av gruppene var knyttet til ytterligere aktivitet i modelleringen, som ble vist gjennom endringer som ble gjort etter at elevene hadde sett på andre grupper, endringer som ble gjort etter at læreren hadde gitt andre grupper hjelp, faglige samtaler som fant sted etter kunnskapsmobilisering og fremvisninger av egen modell til andres grupper. I lydopptak av presentasjonene avdekket analysen seks konsepter i to hovedkategorier, «Forklaring av modellen» og «Refleksjon over bruken av tusjtaflene». Resultatene viste en sammenheng mellom aktivitetsnivået og forståelsen gruppene hadde av sin egen modell til slutt

Studien fremhever viktigheten av at elever får verktøy som gjør det enkelt for alle elevene i en gruppe å være aktive i modelleringen og som kan bidra til at elever får øve på å forklare modellen sin. Den tar også for seg hvordan elevene får mulighet til å kunnskapsmobilisere på tvers av grupper ved å bruke vertikale tusjtafler. For å få mer innsikt i fenomenet foreslås det å forske videre på viktigheten av lærerens støtte i bruken av vertikale tusjtafler. Begrensninger ved studien er at det ikke ble innhentet data av argumentasjonene elevene hadde underveis i modelleringen, og det er behov for ytterligere innsikt på det området. Alt i alt bidrar studien til en økt innsikt i en metode som kan brukes i naturfagundervisning for å bidra til modelleringskomptanse hos elever.

Nøkkelord: Vertikale tusjtafler, modelleringskomptanse, modellering, modeller, naturfag

Abstract

This study examines how vertical whiteboards in teaching can help students develop modeling skills in science. The study focuses on how students create and modify their models, how they explain and understand their models, and how they reflect on the modeling process after using vertical whiteboards in the classroom. Through a qualitative approach, data was collected via video recordings of middle school students working in groups of three to model the phenomenon of the "carbon cycle." Audio recordings of the students' final presentations of their models were also taken. The analysis of the video data revealed a high level of activity in the modeling process, and students frequently observing other groups' boards. The knowledge mobilization across groups was linked to further activity in modeling, that came to sight through changes made after students observed other groups, changes made after the teacher provided assistance to other groups, academic discussions that took place following knowledge mobilization, and presentations of their own models to other groups. In the analysis of the audio recordings of the presentations, six concepts were identified within two main categories, «Explanation of the model» and «Reflection on the use of whiteboards». The results reveals a correlation between the level of activity in the modelleing process and the groups' understanding of their own model in the end.

The study highlights the importance of providing students with tools that make it easy for all students in a group to be active in modeling and that help students practice explaining their models. It also discusses how students have the opportunity to mobilize knowledge across groups by using vertical whiteboards. To gain more insight into the phenomenon, further research is suggested on the importance of teacher support in the use of vertical whiteboards. Limitations of the study include the lack of data on the arguments students made during the modeling process, and there is a need for further insight in this area. Overall, the study contributes to increased understanding of a method that can be used in science education to enhance students' modeling skills.

Keywords: Vertical whiteboards, modeling competence, modeling, models, science education

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Abstract	3
Innholdsfortegnelse	5
Forord	9
1 Innledning	10
1.1 Bakgrunn for oppgaven	10
1.2 Personlig motivasjon	11
1.3 Mål	12
1.3.1 Problemstilling og forskningsspørsmål	12
1.4 Begrepsavklaring	13
1.5 Oppgavens struktur	14
2 Teori	16
2.1 Medierende redskaper	16
2.1.1 Vertikale tusjtafler	18
2.1.2 Naturfaglige modeller	21
2.2 Modellering som metode	23
2.2.1 Modellering for økt forståelse	24
2.2.2 Prosessen i modelleringen	26
2.2.3 Modellere i gruppe	28
2.3 Modelleringskompetanse	29

2.3.1	Hva betyr modelleringskompetanse?	29
2.3.2	Modelleringskompetanse i tre deler	30
2.3.3	Metamodellering	32
3	Metode	33
3.1	Kontekst for undersøkelsene	33
3.1.1	Undervisningsopplegget	33
3.2	Forskningsdesign	35
3.2.1	Metodologi	36
3.3	Utvalg	36
3.4	Datainnsamling	37
3.4.1	Observasjon av filmopptak av modellering på vertikale tusjtavler	38
3.4.2	Lydopptak av presentasjoner	41
3.5	Gjennomføring av datainnsamling	42
3.6	Analyse	44
3.6.1	Analyse av filmopptak	44
3.6.2	Analyse av lydopptak	49
3.6.3	Systematisering av resultater	57
3.7	Forskningskvalitet	57
3.7.1	Reliabilitet	57
3.7.2	Validitet	58
3.7.3	Generaliserbarhet	59
3.8	Forskningsetiske vurderinger	60
3.8.1	Søkeplikt og informert samtykkeskjema	60
3.8.2	Datahåndtering	60

3.8.3	Forskerrollen	61
4	Resultater	63
4.1	Sammenstilling av analysen	63
4.2	Lage og endre modellen	66
4.2.1	Kunnskapsmobilisering som fører til faglige samtaler	67
4.2.2	Kunnskapsmobilisering som fører til endringer på egen modell	67
4.2.3	Kunnskapsmobilisering som ikke fører til endringer på egen modell	68
4.2.4	Kunnskapsmobilisering pga. læreraktivitet	68
4.3	Forklare og forstå	69
4.3.1	Forklarer karbonets kretsløp	69
4.3.2	Beskrivelse av hva som er modellert	71
4.3.3	Forståelse av menneskelig aktivitet som forstyrrer kretsløpet	71
4.4	Modelleringsprosessen	73
4.4.1	Endringer av modellen underveis	73
4.4.2	Den praktiske bruken av tusjtavlene	75
4.4.3	Samarbeid ved tusjtavlene	76
5	Diskusjon	78
5.1	Hvordan bidrar vertikale tusjtavler til at elever klarer å lage og endre en modell?	79
5.1.1	Modelleringskompetansens andre del: Kunne lage og endre modellen	79
5.1.2	Lage modellen	80
5.1.3	Endre modellen underveis	83
5.1.4	Lærer støtte	84
5.2	Hvordan forklarer og forstår elever modellen sin etter endt undervisning med bruk av vertikale tusjtavler?	85

5.2.1	Modelleringskompetansens første del: Forstå modellen	85
5.2.2	Beskrivelser vs. forklaringer	86
5.2.3	Dybdeforståelse	89
5.3	Hvordan reflekterer elever over modelleringsprosessen som blir gjort på de vertikale tusjtaflene?	90
5.3.1	Modelleringskompetansens tredje del: Forklare modellen og modelleringsprosessen	91
5.3.2	Forklaring av modellen	91
5.3.3	Modelleringsprosessen	93
5.4	Refleksjoner ved forskningsdesignet	95
6	Avslutning	97
6.1	Konklusjon	97
6.2	Implikasjoner for praksisfeltet og videre forskning	98
	Referanser/litteraturliste	100
	Oversikt over tabeller og figurer	104
	Vedlegg	105

Forord

Etter fem år går jeg nå inn i avslutningen på en lang etappe i livet og inn i en ny fase der jeg kan kalle meg lærer. I arbeidet med denne masteren fikk jeg muligheten til å fordype meg i naturfagdidaktikkens verden, som åpner for utforskning, kreativitet og skaperglede.

Jeg har vært avhengig av støtten fra mange rundt meg for å komme i mål, og jeg har vært heldig å ha mange rundt meg som villig har stilt opp. Først vil jeg takke veilederen min, som har gjort en god og nøyaktig jobb, som viste meg retningen videre i oppgaven. Mange gode forelesere ved USN og læreren som stilte opp med informanter fra sin klasse, det var en glede å samarbeide med deg, uten dette hadde jeg ikke hatt noen oppgave. Studievevennene mine har vært uunnværlige, ingen nevnt, ingen glemt, dere vet hvem dere er. Jeg er uendelig takknemlig for dere som har holdt ut både dumme spørsmål og mye avbrytelser fra meg. Ikke bare nå i arbeidet med denne masteren, men gjennom hele reiseruta, som med mange omveier (nedstengte skoler, avbrutte praksiser, graviditeter og babyer på slep) endte med masterskriving i gangen utenfor biblioteket.

Den største takken vil jeg rette til Lars, mannen min, for at han har støttet meg gjennom hele løpet og tatt ansvar på hjemmebane gjennom mange kvelder og helger. Og også hele familien min som gjerne har stilt opp når jeg måtte trenge det.

I arbeidet med denne masteren har jeg gjort mye jeg aldri har gjort før, det har vært både tidkrevende, intellektuelt utfordrende og svært lærerikt. Jeg ser nå frem til å anvende den kunnskapen og de ferdighetene jeg har oppnådd i klasserommet som lærer.

27.05.2024, Horten

Ingrid Vedvik

1 Innledning

Innledningen er strukturert ved at jeg først tar for meg bakgrunn for oppgaven, der jeg aktualiserer og forklarer noe om hvorfor temaet er relevant å undersøke. Deretter sier jeg litt om min personlige motivasjon, før jeg presenterer mål, problemstilling og forskningsspørsmålene mine. Etter det har jeg en kort begrepsavklaring der mye brukte begreper i oppgaven min får en kort forklaring, før jeg forteller litt om hvordan hele oppgaven min er strukturert.

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Et av kompetansemålene etter endt tiende trinn er at elever skal kunne: «*bruke og lage modeller for å forutsi eller beskrive naturfaglige prosesser og systemer og gjøre rede for modellens styrker og begrensninger* (Utdanningsdirektoratet, 2019)». Gjennom å lage egne modeller kan elever gis verktøy til å forstå modeller, fordi de selv vet hvordan en prosess med å lage en modell foregår. De er selv er med på å gjøre valg over hva som er viktigst, hva som kan utelates og hvordan de vil vise ulike elementer i modellen de lager (Gouvea & Passmore, 2017; Levy, 2015). Modelleringen kan gi elever en dypere innsikt i fenomenene de skal lære noe om, en mer kompleks forståelse av et fenomen. Lindholm (2021) skriver at dybdelæring kan føre til nyskapende tenking og skaperglede, som vil være viktige ressurser i fremtiden. Det er nok ikke uten grunn at dybdeforståelse er mye diskutert i dagens samfunn som strømmer over av informasjon, kanskje har det aldri vært mer aktuelt (Lindholm, 2021).

Vygotskys teori om læring som mediert (Vygotsky, 1994), altså at vi ikke lærer bare direkte gjennom eksponering av kunnskap, men også i samhandling med andre mennesker, omgivelser og ved hjelp av redskaper, gjør det spennende å se på metodene for modellering i skolen. Hvordan kan elever best forstå og forklare modellene sine og eksisterer det verktøy for at modelleringsprosessen i seg selv kan gjøre det enkelt for elevene å gjøre *rede for modellens styrker og begrensninger*? Av erfaring har jeg sett og erfart at elever ofte reproduserer modeller i arbeid med modellering i naturfag. Siden det finnes mange ulike metoder å modellere på, er det interessant at reprodusering er det jeg har observert og erfart mest når det kommer til modellering i klasserommet.

Peter Liljedahl er en anerkjent forsker som har gitt betydelige bidrag innenfor matematikdidaktikk, og har forsket mye på hvordan lærere kan bygge «tenkende klasserom» i matematikk (Liljedahl, 2023). Han er også kjent for å ha fremmet og utviklet konseptet «vertikale tusjtafler», som er en tilnærming til å undervise matematikk ved å la elevene samarbeide og løse problemer på vertikale overflater som tavler eller whiteboards. Metoden er populær hos matematikklærere, men har også denne våren høstet kritikk av enkeltlærere for å være for svevende og tidkrevende i forhold til nytteeffekten (Hooper, 2024). Mitt forskningsfokus er å se på prinsippene fra naturfagdidaktikken, med viktigheten av å skape sin egen modell, kombinert med konseptet «vertikale tusjtafler» for å bidra til mindre reproduksjon av modeller og mer tenking. Det kan være nyttig for lærere å se på mulighetene for hvordan de kan bruke verktøy i klasserommet som bidrag til å utvikle elevenes modelleringskompetanse.

1.2 Personlig motivasjon

En fordel med at lærerutdanningen avslutter med en masteroppgave er at det ga meg muligheten til å fordype meg ytterligere i naturfagdidaktikken, som er noe som engasjerer meg veldig. Fagets didaktikk har i mange år vært rettet mot utforskning og eksperimentering, som passer godt inn i mitt læresyn som ser på læring som en kompleks sammenheng der levd liv, erfaringer og kunnskap smeltes sammen (Lindholm, 2021).

Trine Anker (2021, s.15) skriver at ethvert forskningsarbeid skal gi ny innsikt eller ny kunnskap. I arbeidet med tema, problemstilling og forskningsdesign var nettopp dette en motivasjon, jeg ville gi naturfagslærere innsikt i en ny måte å jobbe på, for å gi elever kompetanse til å skape sine egne modeller. Å lage modeller, eller modellering som er det begrepet jeg kommer til å bruke videre, har gitt meg stor forståelse for naturfaglige fenomener som elev. Det ga meg en dybde og en forståelse i faget, som igjen bidro til en god mestringsfølelse. Jeg opplevde at det ikke bare var sluttresultatet, men selve modelleringsprosessen som ga meg en dypere innsikt. Etter å ha utforsket modellering i naturfaget i lærerstudiene, visste jeg at dette var et område jeg ønsket å se nærmere på.

I en av mine praksisperioder eksperimenterte jeg med vertikale tusjtafler, som er populære i matematikdidaktikken, og resultatene var imponerende. Da benyttet jeg tavlene i matematikkundervisningen til problemløsning i grupper. Dette pedagogiske verktøyet skapte engasjement blant elevene, inkludert de som vanligvis var tilbakeholdne. De begynte å delta aktivt ved å tegne, gi forklaringer og utføre beregninger foran medelever. Dette fikk meg på idéen om at dette kunne være en god tilnærming til modellering. Ved å bruke tusjtafler kan elevene forklare sine tanker, og sammen utvikle modeller. I henhold til Liljedahl (2023) har tusjtafler en spesiell kvalitet som fremhever prosessen, og elevene føler seg tryggere på å nedtegne og kladde idéer, siden det er enkelt å viske ut og starte på nytt. Det skal også være en fordel å kunne se på medelevenes tavler for å komme videre i problemløsningsprosessen (Liljedahl, 2023, s. 70–77).

1.3 Mål

Målet mitt for denne oppgaven er at forskningen kan bidra til innsikt i en pedagogisk strategi for å kunne modellere på en måte i naturfag som kan føre til forståelse hos elevene. Ved å lage modeller i grupper må elevene ta felles valg knyttet til fokusområdene for modellen og hvilke elementer som skal inkluderes eller ekskluderes for å få frem fenomenet best mulig (Gouvea & Passmore, 2017). Metoder for å enkelt kunne revidere modellen underveis og argumentere for modellen, som igjen kan bidra til modelleringskomptanse i naturfag (Van Joolingen et al., 2019; Schwarz et al., 2009) er derfor både relevant og interessant å undersøke nærmere.

1.3.1 Problemstilling og forskningsspørsmål

I denne oppgaven skal jeg forsøke å studere hvorvidt det er en god idé å ta de vertikale tusjtaflene (Liljedahl, 2023) ut av matematikken og inn i naturfagets verden. Både i matematikk og i naturfag er det ofte problemløsning som er elevenes oppgave. I naturfaget har modeller gjennom mange år vært brukt for å «løse et problem», som å vise komplekse fenomener som ikke er synlige for oss. Modeller og modellering har fått en viktig plass i norsk skole med LK20 og er derfor aktuelt å utforske nærmere. Med disse betraktningene

har jeg kommet fram til denne problemstillingen:

«*Hvordan kan vertikale tusjtafler bidra til modelleringskomptanse hos elever?*».

Videre er det utviklet tre forskningsspørsmål for å undersøke fenomenet mer presist:

- 1. Hvordan bidrar vertikale tusjtafler til at elever klarer å lage og endre en modell?*
- 2. Hvordan forklarer og forstår elever modellen sin etter undervisning med bruk av vertikale tusjtafler?*
- 3. Hvordan reflekterer elever over modelleringsprosessen som blir gjort på de vertikale tusjtaflene?*

For å studere dette vil jeg ta filmopptak av elever som modellerer på vertikale tavler og ta lydopptak av deres presentasjon av sin modell.

1.4 Begrepsavklaring

I dette underkapittelet skal jeg kort forklare noen begreper som brukes ofte i oppgaven, for at leseren skal vite hvilken betydning jeg legger i begrepet. Likevel vil dette være forkortede begrepsavklaringer og innebærer ikke nødvendigvis hele min forståelse og tolkning av begrepet. Derfor vil noen av begrepene nyanseres og gås mer i dybden på underveis i oppgaven.

Vertikale tusjtafler er vegghengte tavler rundt i klasserommet, som for eksempel whiteboards eller lignende. Poenget med tavlene er at tusjen enkelt kan viskes ut, og at man jobber stående i grupper, der alle gruppene kan se hverandres tavler. Det er forskeren Peter Liljedahl (Liljedahl, 2023) som har fremmet idéen om å bruke vertikale tusjtafler i grupper i undervisningen.

En *modell* i naturfag refererer til en presentasjonsform av et system, en prosess eller et fenomen. Modellen kan brukes til å beskrive, forklare, eller forutsi. Modeller kan være alt fra en fysisk gjenstand, til en tegning, til en matematisk ligning (Gouvea & Passmore, 2017).

Modellering i naturfag refererer til prosessen i å lage en modell, enten den lages ut fra tidligere modeller, eller på frihånd, eller er basert på tekst eller kunnskap eleven har fra før (Christiansen, 2020; Gilbert & Justi, 2016; Gouvea & Passmore, 2017; Levy, 2015).

Metamodellering i denne oppgaven referer til elevens kunnskap om modeller generelt og modelleringens egenart (Christiansen, 2020; Schwarz et al., 2009).

Medierende redskaper referer til gjenstander, eller verktøy som språk, tavler, blyanter og lignende, som brukes for å løse en læringsoppgave. Redskapet i seg selv kan være irrelevant for oppgaven, men hjelper eleven med å memorere noe for å komme videre i problemløsingen (Vygotsky, 1994).

Karbonets kretsløp refererer til, kort forklart, karbonets sirkulering gjennom sfærene og ned på jorda gjennom fotosyntesen, respirasjon, forråtnelse og fossilisering. Elevene i undersøkelsen får i oppgave å modellere denne prosessen.

Kunnskapsmobilisering i min oppgave refererer til hvordan elever bruker andre elever eller lærere for å forstå mer og få økt kunnskap. Hvis jeg kan a, og du kan b, så forklarer du meg b, så forstår jeg plutselig ab. Det kan sammenliknes med begrepet «nærmeste utviklingssone», som er en av Vygotskys teorier, som refererer til gapet mellom det en elev kan oppnå selvstendig, og det eleven kan oppnå med hjelp av en person med en litt annen eller større forståelse av et fenomen enn eleven selv. Begrepet kunnskapsmobilisering er brukt i Pruner og Liljedahls forskning på vertikale tusjtafler (Pruner & Liljedahl, 2021) og i Liljedahls metodebok (Liljedahl, 2023). I denne undersøkelsen blir spesielt kunnskapsmobiliseringen på tvers av grupper sett ekstra nøye på.

1.5 Oppgavens struktur

Denne oppgaven er strukturert i fem kapitler, med tilhørende underkapitler.

Første kapittel, innledningen, gir en oversikt over bakgrunn, motivasjon, mål

begrepsavklaringer og struktur for oppgaven. Andre kapittel tar for seg rammeverket for teorien som er benyttet til å skrive denne oppgaven. Der blir relevant teori diskutert, for å kunne gjøre en begrunnet analyse og diskusjon av datamaterialet mitt. Kapittel tre tar for seg metodene som er brukt i oppgaven, der blir det blant annet beskrevet i detalj hvordan film- og lydopptak ble brukt for å innhente data. Også beskrivelse av analysemetoden finnes her, samt forskningskvalitet og forskningsetiske vurderinger, før de endelige resultatene kommer i kapittel fire. I det femte kapitlet tolker og diskuterer jeg funnene mine grundig opp mot teorirammeverket, med mål å svare på forskningsspørsmålene og problemstillingen min. Det siste kapitlet er en avslutning der jeg konkluderer, og sier noe om videre forskning.

2 Teori

Teoridelen i denne oppgaven er tredelt, selv om underkapitlene ikke er strukturert etter disse tre nivåene. En del er overordnet teori, som er overgripende kunnskap som er etablert i feltet. For denne oppgavens del er dette hvilke teorier jeg legger til grunn som omhandler læring, hvilke læringssynperspektiv jeg legger til grunn og et overordnet syn på hva dybdeforståelse kan være. En annen del av teorien er mer fagspesifikk og er forskning som omhandler modeller, modelleringskompetanse, og hvordan elever kan oppnå denne kompetansen. Dette inkluderer bla. Gilbert og Justi (2016) sitt læreverk, *Modelling-based Teaching in Science Education* og Liljedahls (2023) metodebok som omhandler hvordan man kan bruke vertikale tusjtafler i klasserommet. Den siste delen er enda mer empirinær forskning som tar for seg studier som er gjort, som ligner på mine undersøkelser. Blant disse Pruner og Liljedahls (2021) artikkel som handler om problemløsning på vertikale tusjtafler og Van Joolingen et al. (2019) sin forskning som undersøker hvordan elever kan oppnå modelleringskompetanse gjennom tegning. For å få en rød tråd og for å kunne forklare hva disse tre delene har med hverandre å gjøre valgte jeg å ikke strukturere kapittelet i disse delene, men heller ha underkapitler med temaoverskrifter.

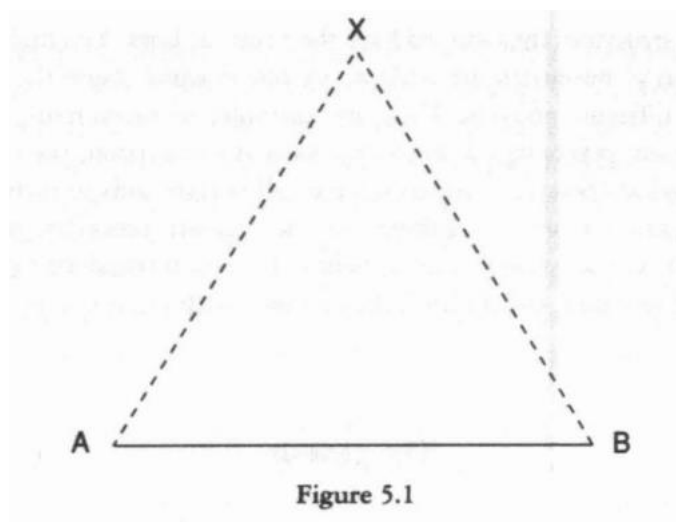
Det første underkapittelet vil handle om hvorfor modeller i naturfag og vertikale tusjtafler kan sees på som medierende redskaper, verktøy for læring. Deretter vil andre underkapittel handle om hvordan modellering kan sees på som en prosess som kan hjelpe elevene inn i en utvidet forståelseshorisont av naturfaglige fenomener. Det tredje og siste underkapittelet vil forsøke å gi svar på hva modelleringskompetanse er, og hvordan vi kan finne den hos elever.

2.1 Medierende redskaper

Vygotsky, og hans teori om mediering, refererer til ideen om at læringsprosessen ikke bare skjer direkte gjennom enkelteksponeering for kunnskap og informasjon. I stedet er mediering en viktig mekanisme der mennesker lærer ved å engasjere seg med omgivelsene sine og samhandle med ulike former for medier, inkludert redskaper, språk, kunst, kultur og teknologi (Säljö, 2006, s. 24–25; Vygotsky & Luria, 1994, s. 163–165). Mennesker har utviklet

verktøy som kan kalles medierende redskaper, for å løse problemer. Vår forståelse av verden påvirkes, skapes og overføres via tidligere kunnskap og erfaringer, som vi memorerer ved hjelp av disse redskapene (Vygotsky, 1994, s. 61). Redskapene kan også endre måten vi interagerer med kunnskapen på, og forståelsen vår formes og prosesseres ved hjelp av verktøyene (Vygotsky & Luria, 1994, s. 164). I matematikk lærer ikke barna lenger bare regning på papir, lærebøkene er nå fulle av oppskrifter på hvordan elevene kan bruke kalkulatoren. De må fortsatt vite hva som skal regnes ut, men redskapene endrer arbeidsprosessen, og hvilken kunnskap som er viktigst for læreren å videreformidle, forandrer seg (Säljö, 2006, s. 26–27).

Vygotsky undersøkte dette fenomenet i flere studier, og kom hver gang frem til at barnet alltid ville velge å bruke redskaper for å memorere der det ble satt til oppgaver som var utenfor barnets forståelseshorisont, selv om gjenstandene i seg selv var irrelevante for å løse oppgaven, se figur 1. Gjenstandene ble brukt for å nå et mål om å løse oppgaven (Vygotsky, 1994, s. 57–69).



Figur 1 Medierende redskaper, (X) er bindeleddet mellom subjekt(A) og objekt (B) (Vygotsky, 1994, s.61).

I vår tid er det enkelt å se at menneskenes tilgang til medierende redskaper, endrer arbeidsprosessen vår. For kort tid siden ble verden introdusert for KI, kunstig intelligens, og noen vil kanskje til og med gå så langt å si at mediet har overgått mennesket. Manikya et al.

(2017, s. 7) mener at mediet er ikke lenger er et redskap for å bidra til vår læring, men kommer til å gjøre at vi ikke lenger trenger kunnskapsoverføring fra lærere, og læreryrket kan stå i fare for å dø ut. Andre mener KI er et medierende redskap, et verktøy, på linje med kalkulatoren, som elevene kan lære seg å bruke smart og til sin fordel.

Undervisningsopplegget jeg skal forske på vil inneholde mange ulike aspekter som kan fungere som medierende redskaper, deriblant språk, medelever, skriftsymboler, modeller og vertikale tusjtafler. Elevene får i undervisningsopplegget jeg skal undersøke i oppgave å modellere karbonets kretsløp i grupper på en vertikal tusjtafle, og deretter presentere modellen sin. To av redskapene i undervisningen, som kan fungere som verktøy for læring er de vertikale tusjtaflene og modellene elevene lager. Disse to medierende redskapene skal jeg ta nærmere for meg i de to neste delkapitlene.

2.1.1 Vertikale tusjtafler

Det finnes mye tidligere forskning på modellering i naturfagundervisningen gjennom tegning. Enkelte argumenterer for at arket i seg selv, som et verktøy med sine spesifikke egenskaper, kan gjøre at elevens tenking rundt fenomener blir annerledes enn ved modeller som bare blir utviklet mentalt (De Andrade et al., 2022, s. 206). Dette er også i tråd med Lindholms argumenter for at læring kan skje der den mentale kunnskapen, og ferdighetene smelter sammen (Lindholm, 2021, s. 189). At i all læring som skjer i de tidlige barneårene, er det ferdigheter som øves opp, som blir til noe vi kan. Kunnskapen om det naturfaglige kan smeltes sammen med tegningen, som da blir ferdigheten til å modellere og fenomenet blir potensielt til noe elevene *kan* (De Andrade et al., 2022, s. 206; Lindholm, 2021, s. 184).

Peter Liljedahl har utforsket bruken av vertikale tusjtafler i klasserom mye, for å få til, det han kaller, «tenkende klasserom» (Liljedahl, 2023). Liljedahl (2023) har i mange år drevet med klasseromsforskning der hans engasjement for problemløsning i matematikken er tydelig i publiseringene hans, og i arbeidet med denne oppgaven har jeg sett mye på forskningene hans rundt dette. Underveis i forskningen sin har han sett på elevenes arbeidsrom, og hvordan og hvor elevene jobber. Etter mye eksperimentering utviklet

Liljedahl ideen om å prøve ut vertikale tusjtafler, for å få et bedre utgangspunkt for et tenkende klasserom (Liljedahl, 2023, s. 72).

«Når elevene jobber på tusjtafler, kan de raskt slette eventuelle feil, noe som gjør det mindre risikabelt å prøve ut ting (Liljedahl, 2023, s. 74)». Utdraget viser noe av det Liljedahl mener er fordelene med å bruke vertikale tusjtafler i undervisningen. Forrester et al. (2017) undersøkte vertikale tusjtafler i et prosjekt som har som mål å forbedre matematikk og naturfagundervisningen i Australia, og fikk også dette fenomenet som et funn i sine resultater. Studentene likte det store arbeidsområdet, *lettheten ved å slette arbeidet*, og likte prosessen med å skrive på tavlene. Et annet resultat var at lærerne opplevde at elevene var mer engasjerte når de jobbet på tavle, fremfor ved pultene sine (Forrester et al., 2017, s. 5–6). Argumentasjonen går ut på at elevene får flere valg når de ikke kommer videre i problemløsningen, de kan både viske ut det de har skrevet/tegnet, men også se rundt seg på hva de andre har gjort på sine tavler. En annen av Liljedahls likesinnede, Michael Pruner, publiserte i samarbeid med Liljedahl en forskningsartikkel i 2021, der de gjorde en stor undersøkelse på vertikale tusjtafler i klasserommet. Der så de på hvordan elevene søkte etter andre steder for påfyll av kunnskap dersom de satt fast i problemløsning i matematikk (Pruner og Liljedahl, 2021). Et av funnene som er viktige i denne undersøkelsen er at elevene i stedet for å bli sittende fast, og ikke gjøre fremskritt før en lærer kom for å hjelpe, ble i stand til å utvikle forståelseshorizonten sin ved å se på medelevers tusjtafler (Pruner & Liljedahl, 2021, s. 764). Dette var også et viktig funn i Forrester et al. (2017), der var det spesielt lærerne som pekte på at tavlene styrket elev-til-elev læringen, mens elevene likte å kunne se andres arbeid og få enkel tilgang til hjelp, både fra lærer og medelever (Forrester et al., 2017, s. 5–6).

Pruner og Liljedahl (2021, s.753) definerer problemløsning, som hva vi gjør når vi står overfor et problem vi ikke vet hvordan vi skal løse. Store Norske Leksikon på sin side definerer problemløsning som «en målrettet aktivitet for å løse en for individet ny oppgave, det vil si en situasjon hvor tilvante aktiviteter ikke gir det ønskede resultat (Svartdal, 2019)». Felles for definisjonene er at de tilvante metodene ikke er tilstrekkelige for å løse problemet, elevene vet ikke hvordan de skal gå frem for å komme til en løsning.

I et sosiokulturelt læringsperspektiv sees menneskets verden som en verden vi deler med andre, og det har skjedd viktige skritt i et barns utvikling når barnet i ett-års alder begynner å peke på ting (Hohr, 2016, s. 33). Ved å peke på ting engasjerer mennesker seg i en grunnleggende form for kommunikasjon som går utover verbale uttrykk. Evnen til å forstå og anerkjenne at andre individer har lignende opplevelser og bevissthet om verden som deg selv, påvirker både læring og refleksjonene til elevene i et klasserom (Lindholm, 2021, s. 195–197). Tusjtafver i klasserommet kan brukes som et medierende redskap som går utover det å samarbeide, der man begrenses til gruppens kollektive forståelse av hvordan problemet kan løses, til at elever kan bruke alle de andre elevenes strategier som hjelp for å komme videre i problemløsingen (Pruner & Liljedahl, 2021, s. 755). Ved å enkelt kunne skrive om og endre det nedskrevne, ettersom tusjen er enkel å fjerne fra tavlene, engasjerer elevene og er mer villige til å ta risikoer (Liljedahl, 2023, s. 74; Pruner & Liljedahl, 2021, s. 757). Ved å ha verktøy for å skrive ned kunnskapen de allerede tror de har, uten å være redd for at det blir stående der permanent, kan eleven gå videre i utforskingen sin og se sammenhenger mellom sine egne strategier og andres strategier. Meningsinnhold kan omformes og utvikles videre, ettersom elevene utvikles kognitivt som kan føre til dybdeforståelse (Lindholm, 2021, s. 184; Vygotsky & Luria, 1994).

Kirsti Klette (2013) sin rapport om hva som kjennetegner god undervisning argumenterer for at det som blir betegnet som god undervisning er en tilegnelsessituasjon, en utprøvingssituasjon og en konsolideringssituasjon. I utprøvingssituasjonen bør situasjonen være utformet slik at elevene føler mestring, og enkelt jobber med oppgaven fordi den er gjenkjennelig og de er i stand til å løse den (Klette, 2013, s. 180). Elever er vant til å sitte ved pultene sine i et klasserom, mye av undervisningen foregår der. Lindholm (2021, s.279) skriver at læring skjer når noe overrumpler oss, når det er et uforutsett element til stede. Dette samsvarer med Liljedahl (2023) som mener at en del elever inntar en passiv rolle dersom de blir plassert ved pulten foran en kladdebok, fordi denne velkjente måten å jobbe på har gitt dem strategier for å slippe å arbeide. Når elevene derimot blir reist opp fra pulten, forsvinner anonymiteten, og elevene blir overrasket og kobler seg fortere og enklere

på fordi metoden gjør det vanskelig å innta de gamle vante unnvikelsesstrategiene (Liljedahl, 2023, s. 72–77).

2.1.2 Naturfaglige modeller

For å kunne si noe om modellering og modelleringskompetanse, må jeg først si noe om hva en modell er, og hvordan modeller kan brukes som et medierende verktøy i naturfag. Ordet «modell» er et begrep som ofte brukes i ulike sammenhenger i dagliglivet, og dette kan føre til forvirring. Spørsmålet blir da: Hva refereres det til når det snakkes om modeller i naturfag, og hvordan brukes modellene? I naturfag benyttes modeller innenfor alle de spesifikke fagområdene, som for eksempel fysikk, kjemi, biologi og teknologi. Modeller kan være alt fra fysiske objekter, som en globus, til matematiske ligninger, grafiske representasjoner, tegninger eller digitale simuleringer. Innen teknologien brukes ofte modeller for å lage prototyper før et produkt faktisk produseres. Naturfaglige modeller er ikke virkeligheten, men en representasjon av noe som er virkelig (Gilbert & Justi, 2016; Gouvea & Passmore, 2017). Denne representasjonen handler om hvordan modellen blir forstått, fremstilt og tolket.

Modeller brukes ofte til å forklare naturfenomener, men de kan også være nyttige for å visualisere fenomener som ikke er synlige med det blotte øyet. Modeller gjør det mulig å presentere kjent kunnskap, ofte i oppskalert eller nedskalert versjon ved utilgjengelighet av den reelle virkelighet. Likevel argumenterer Gilbert og Justi (2016, s. 7-8) for at denne måten å forklare en modell på, som en avbildning av noe som er «for stort eller for smått til å se», er for mye brukt av lærere, som gjør at elever ofte får en misoppfatning om at modellen er virkelighet. En modell er ikke virkeligheten, men en representasjon av virkeligheten, med mål om å vise viktige aspekter for å forstå et fenomen. Ordet «representasjon» går mye igjen når ordet modell skal defineres (Gilbert & Justi, 2016; Gouvea & Passmore, 2017; Schwarz et al., 2009). En representasjon kan beskrives som en visuell, beskrevet eller grafisk presentasjon av vitenskapelige fakta eller fenomener, representasjon omhandler måten modellen blir fremstilt (Gouvea & Passmore, 2017, s. 53; Levy, 2015, s. 785). En representasjon er ikke det reelle, det faktiske fenomenet, men noe som representerer noe.

Hva representasjonen skal representere blir også valgt og bestemt av noen (Gouvea & Passmore, 2017; Levy, 2015).

Deretter er det enda et ledd av representasjonen, og det er hvordan den forstås. En representasjon handler da mer om den representerte modellen, ikke selve modellen. Levy (2015) argumenterer for at om noe i det hele tatt kan kvalifiseres til å være en modell avhenger av hvordan modellen forstås og det kreves en oversettelse eller fortolkning av det som skal representeres (Levy, 2015). Det argumenteres også for *prosessen* ved å lage modellen, der Levy (2015) presiserer at mange modellskapere refererer til modellene sine som idealiserte og ikke en nøyaktig fremstilling av virkeligheten. Fantasien til modellskaperen har ofte vært med i prosessen med å lage modellen, for å få frem fenomenet på en tydeligere måte (Levy, 2015). Likevel lages representasjonen med et mål, den skal vise en modell av fenomenet, slik modellskaperen oppfatter det. I en undervisningssituasjon kan modeller være verktøy som skal hjelpe eleven med å forstå verden bedre, eller verktøy for å kommunisere sin forståelse av verden videre til andre (Christiansen, 2020, s. 15).

Alt rundt oss kan jo egentlig være en modell, dersom fortolkningen av den sies å representere noe. Ta for eksempel et a4 ark som klippes til en sirkel. Dersom noen forteller oss at det skal representere en planet, ja da blir a4 arket en modell av en planet. Modellen har da blitt utviklet som et verktøy for å løse et problem, fordi det er vanskelig å se planeten med det blotte øyet. Verktøyet endrer måten modellskaperen selv forstår noe om denne planeten på, for eksempel hvor stor den er i forhold til de andre planetene. Denne kunnskapen overføres så videre, til en som fortolker den presenterte modellen. Både i modelleringsprosessen, og i tolkningen har personenes tanker og forståelse gitt mening til modellen, og det kan argumenteres for at modellen er et medierende redskap (Gilbert & Justi, 2016, s. 121; Levy, 2015; Vygotsky, 1994, s. 163).

2.2 Modellering som metode

Med fagfornyelsen har modeller og modellering fått en viktig plass i norsk naturfagundervisning. I dette kompetansemålet etter endt 10.trinn nevnes det spesifikt:

«bruke og lage modeller for å forutsi eller beskrive naturfaglige prosesser og systemer og gjøre rede for modellenes styrker og begrensninger (Utdanningsdirektoratet, 2019)».

Videre i læreplanens forklaring til kompetansemålet argumenteres det for at elevene gjennom modellering skal få en opplevelse av naturfaget som et praktisk og utforskende fag, med rom for opplevelse og undring som gir de erfaringer til å forstå verden i et naturfaglig perspektiv (Utdanningsdirektoratet, 2019).

Presentasjon av ny forskning innebærer ofte å velge modeller som tydeliggjør visse elementer av et fenomen, og velge bort andre for å få frem et poeng. Ved å lære elevene å modellere selv, kan de bli bevisst denne prosessen. Hvorvidt noe til slutt er en modell eller ikke, er jo også noe elevene kan argumentere for og imot. Er egentlig det a4-arket som ble klippet ut som en sirkel en modell av planeten? Hvorfor, hvorfor ikke? På denne måten kan elevene øves opp til å se modellenes styrker, men også dens begrensninger (Christiansen, 2020, s. 12).

Begrepet modellering brukes nettopp om prosessen ved å skape en naturfaglig modell. Den naturfaglige modellen kan ses på som en representasjon av virkeligheten, der fenomenet ikke kan sees med det blotte øyet, enten fordi det er for lite, eller for stort eller av andre grunner er vanskelig synlig. Det er forskjell på begrepene modell- og modellering. Der en modell brukes for å forklare et fenomen, er modellering en betegnelse for å lage modellen. Altså det er noe som gjøres. Uten modellering har du ingen modell (Christiansen, 2020, s. 16). Som nevnt tidligere er det mange ulike måter å lage en modell på. Både digitalt og ved skrift, tekst og tegning manuelt. Man kan bruke modellkitt eller maling, grafer og tall, og det er til og med noe som heter verbal modellering. Det er også ulike mål for modelleringen. Enten kan man lage en representasjon av et fenomen, der hovedvekten ligger på hva modellen skal vise, eller så kan modelleringens hovedvekt være på hva som skal forstås ved hjelp av modellen (Gouvea & Passmore, 2017; Levy, 2015; Van Joolingen et al., 2019). Et

kjerneelement i naturfag argumenterer for at ved praktisk utforskning, undring og erfaring skal elevene få hjelp til å forstå verden i et naturfaglig perspektiv (Utdanningsdirektoratet, 2019). Ettersom læreplanens forklaring til kompetansemålet som handler om modellering også handler om å ville gi elever erfaringer for å forstå verden, er det interessant å se på hva slags modellering som kan gi elevene økt forståelse for et naturfaglig fenomen.

2.2.1 Modellering for økt forståelse

Historisk ble naturfaglige modeller sett på som ren vitenskap, og vitenskapen var «fakta». På 70-tallet ble dette derimot snudd totalt på hodet, og de kognitive og sosiale dimensjonene i forskningen fikk søkelyset mot seg, og gjorde at folk også ville ha en forklaring på modellene (Adúriz-Bravo, 2019, s. 33; Gouvea & Passmore, 2017, s. 52).

Så hva vil det si å forstå noe? Man kan få servert mat på et gullfat, rett foran ansiktet. Man har sett og luktet maten, men uten å aktivt ta imot maten, puttet den i munnen og tygget den har ikke maten smak. Altså elever kan gjengi det de har fått servert foran seg, men forståelse kan sammenlignes med at de faktisk har smakt maten, og kan fortelle hvordan det smakte. Lindholm (2021) argumenterer for at dybdelæring, er desto viktigere i samfunnet vi lever i dag, der informasjonsflyten er overveldende. Nesten alle elever kan fortelle om å svømme med blåhvaler, uten at de noen gang har gjort det, fordi opplevelsen bare er et tastetrykk unna (Lindholm, 2021, s. 179). Men det er jo stor forskjell på å faktisk ha svømt med blåhvaler, og å bare ha lest om det, eller skummet noen overskrifter på internett. Han argumenterer videre for at dybdelæring må kobles opp til dyp nysgjerrighet, ikke bare noe man gjengir for å ha et svar på noe (Lindholm, 2021, s. 184). Det som er relevant med denne boken av Lindholm (2021) er hans fokus på at dybdelæring og at forståelse ikke kan sees på uten at vi tar med den kroppslige dimensjonen i en læringsprosess. Nesten alle ferdighetene vi innehar er både kroppslige og mentale, og det er nesten umulig å skille disse to (Lindholm, 2021, s. 186). Dette støttes av en undersøkelse gjort av Sælemyr og Bjørndal (2019) der de undersøkte hva elevgrupper selv mente ga læring og trivsel i naturfagundervisningen. Et av funnene var at elevene opplevde både størst læring og størst trivsel når de fikk være aktive, jobbe sammen og diskutere (Sælemyr & Bjørndal, 2019, s. 13). Følelsen av økt læring og

aktivitet hang sammen, og følelsen av å kjede seg og liten opplevd læring hang sammen med at læringsaktiviteten hadde for liten tilknytning til elevenes erfaringsverden (Sælemyr & Bjørndal, 2019, s. 11). Mens noen av elevene i studien fant nytte i de tradisjonelle undervisningsmetodene, indikerte en betydelig del av dem at de kjedet seg på grunn av for mye stillesitting, mangel på variasjon og fagstoff som ikke greide å fenge deres interesse. Dette igjen påvirket deres motivasjon for å delta aktivt i undervisningen, som igjen ga lite læringsutbytte (Sælemyr & Bjørndal, 2019, s. 11). Direkte eksponering for informasjon vil ikke nødvendigvis føre til læring, det er som oftest en kompleks prosess (Lindholm, 2021; Vygotsky, 1994). Måtene vi arbeider på, kan bidra til å utvide vår forståelseshorisont, og det finnes en del forskning på at modellering av naturfaglige fenomener gjennom tegning er en god måte å jobbe på for å hjelpe elever til å utvikle en dybdeforståelse for et fenomen (De Andrade et al., 2022; Van Joolingen et al., 2019). Dette samsvarer med Lindholms (2021) argument om at læring kan skje når den mentale kunnskapen smelter sammen med handlingen vi utfører (Lindholm, 2021).

Gouvea og Passmores (2017, s.51) forskning, som blir belyst i artikkelen, “Models of” versus “Models for” retter oppmerksomheten mot at dersom modellering skal støtte elevenes engasjement naturfagsklasserommet, må modeller forstås som verktøy for å spørre og ikke som en representasjon av det som allerede er kjent. Fokuset på modelleringen bør være hva modellen skal forklare oss, fremfor hva den representerer. For eksempel er det stor forskjell på å be elever lage en modell *av* drivhuseffekten eller å be dem lage en modell *for* å forklare drivhuseffekten. Gouvea og Passmore (2017) argumenterer for at elevene bør få en forståelse hva modellene skal fortelle oss, og at det er det modelleringen bør handle om, fremfor en resultatorientert undervisning, der alle elevene kjemper om å ende opp med den fineste modellen. Modellen kan brukes som et verktøy som kan gi elevene modelleringserfaring, der kunnskapen og ferdigheten kan øves opp på likt, i stedet for at det bare er fokus på å utvikle elevenes ferdigheter til å lage en modell (Gouvea & Passmore, 2017; Lindholm, 2021, s. 191).

Fenomener, spesielt komplekse, kan være utfordrende. I løpet av modelleringsprosessen, er det opp til den som modellerer å bestemme hvilke deler som må inkluderes, og hvilke deler

som må utelates, for å best kunne forklare et fenomen (Gouvea & Passmore, 2017, s. 51; Levy, 2015). Elevene må da i en modelleringsprosess spesifisere hva slags forståelse de er ute etter, og spørsmålene som dukker opp vil hjelpe dem med å løse utfordringene, så modellen forstås mer helhetlig (Adúriz-Bravo, 2019, s. 41; Gouvea & Passmore, 2017, s. 51). Når representasjoner som tegninger, grafer eller tredimensjonale strukturer blir tatt ut fra modelleringskonteksten, bærer de ikke alltid med seg argumentasjonen for hva som skulle være med. Ofte er den bare resultatet av det skaperen av modellen regnet som et endelig svar, men sier ingenting om hva som ble utelatt i prosessen. Uten denne konteksten kan modellen rett og slett slutte å fungere som en modell og i stedet fungere som inaktiv kunnskap (Gouvea & Passmore, 2017, s. 55).

2.2.2 Prosessen i modelleringen

I en lærebok om pedagogiske fenomener (Strand, 2016) refereres det til en samtale mellom Menon og Sokrates. Menon blir usikker på sine egne meninger over hvorvidt dyd er noe som kan læres eller ikke, før Sokrates plutselig innrømmer at han ikke vet hva dyd er. Menon blir da veldig forvirret og klarer ikke lenger gjøre rede for sine egne skråsikre antakelser som han hadde i begynnelsen av diskusjonen. I følge Sokrates kan denne forvirringen være nyttig, ettersom den kan endres til å bli grepet av en lengsel etter å vite (Strand, 2016, s. 89). Lindholm (2021) siterer Stellan Ohlsson, en professor i psykologi ved University of Illinois at Chicago, med at dette er selve inngangen til dybdelæring, denne nysgjerrigheten som gjør at man kan utvikle evnene som gjør deg villig til å revidere og korrigere den kunnskapen eller forståelsen man allerede har (Lindholm, 2021, s. 180–184).

De Andrade et al. (2022) har forsket på tegning som et verktøy for å få innsikt i hvordan elever kan få modelleringskompetanse. Tradisjonelt har tegning blitt sett på som nyttig fordi tegningen hjelper til med å forstå ting bedre. Dette skyldes tanken om at når vi tegner, jobber hjernen vår med å lage indre bilder basert på det vi ser rundt oss. Når vi tegner noe, har vi bygget en slags "indre modell" basert på det ytre vi ser. Når vi tenker på noe, skjer dette samspillet mellom det mentale bildet vi har av et fenomen, og det vi ser rundt oss. I De

Andrade et al. (2022) sin studie så forskerne derimot nærmere på hvordan tankeprosesser ikke bare skjer i hodet vårt, men også gjennom samhandling med andre og med det vi har rundt oss. Resultatene viste at elevenes tegninger ga god innsikt i elevgruppens intuitive tanker om et fenomen. De argumenterer for at tanke og handling ikke alltid skjer i rekkefølge, men at handlingen (modelleringen) også er en tankeprosess, slik at det ikke er sånn at vi alltid har en definert klar mental modell, før den tegnes ned på papiret (De Andrade et al., 2022, s. 220).

Også Van Joolingen et al (2019) har forsket på modellering gjennom tegning, der ett hovedpunkt for forskningen var å se på hvorvidt elevene endret modellen underveis. Et mål for studien var å se på om elevene fikk modelleringskompetanse ved å bruke et tegneprogram som gjorde det enkelt for dem å revidere modellen. Dette gjorde de ettersom deres gjennomgang av tidligere studier viste at lærere modellerte lite i undervisningen fordi de følte de ikke hadde verktøyene de trengte for å drive med modellering i klasserommet (Van Joolingen et al., 2019, s. 134). Resultatene på forskningen til Van Joolingen et al. (2019, s.143) viste at de elevene som hadde gjort flest endringer på modellen sin underveis, var de elevene som scorete høyest på modellforståelse, altså var det en sammenheng på hvor ofte og mye elevene endret modellen, og dybdeforståelsen de hadde av sin egen modell til slutt. Schwarz et al. (2009) kom fram til at elever endrer modellen sin fordi de har fått ny eller økt kunnskap som gjør at de vil tilføye noe til modellen sin. Det kan også være endringer fordi de velger å fjerne noe fra modellen sin, fordi de ikke lenger anser det som viktig for modellen (Schwarz et al., 2009). Likevel kan det være utfordrende for elever å forstå når en modell skal endres. De fleste er vant til at man skal ha et resultat, og at resultatet har en endelig og riktig løsning, og flere av studiene pekte på at elevene måtte få hjelp av læreren til å forstå når de kunne, og burde endre modellene sine (De Andrade et al., 2022; Schwarz et al., 2009, s. 652; Van Joolingen et al., 2019). Også en dansk forsker, Claus Auning (2020, s.6) undersøkte dette i 2020, og kom frem til at involvering i både teoretiske og praktiske tester, samt kontinuerlig revisjon av modeller, bidro til dypere forståelse hos elevene som deltok i undersøkelsen. Likevel forble mange av elevene på et beskrivende nivå av modellene sine, som han mener peker på nødvendigheten av lærerstøtte i modelleringen (Auning, 2020, s.6).

2.2.3 Modellere i gruppe

Elever kan modellere alene eller i grupper. Ved å modellere sammen må elever argumentere og kommunisere hvilke deler av et fenomen som er viktige å få med seg i modellen. I arbeid med å lage modeller i grupper må elevene ta felles valg knyttet til fokusområdene for modellen, og hvilke elementer de skal inkludere (Gouvea & Passmore, 2017). Argumentasjon og redegjørelse av fenomener er viktige verdier i moderne naturfagundervisning (De Andrade et al., 2022). De Andrade et al. (2022) argumenterer for at å modellere i grupper gjennom tegning er et veldig godt verktøy for å få til naturfaglige samtaler. Videre argumenteres det også for at disse komplekse og lærerike samtalene ikke kommer av seg selv, men at elevene må få verktøy for å få det til (De Andrade et al., 2022).

Resonneringsprosessene foregår ikke bare i den enkelte elevs hode, men kommer også til uttrykk via kommunikasjon som for eksempel språk, kroppsspråk, holdninger og gestikulering (De Andrade et al., 2022, s. 200). Når elevene diskuterer de ulike mekanismene som forklarer et fenomen, lærer de ikke bare fakta, de engasjerer seg også i å finne ut hva som ligger til grunn for disse faktaene (De Andrade et al., 2022, s. 201). I undersøkelsen til Sælemyr og Bjørndal (2019) om elevenes selvopplevde læring og trivsel var et av resultatene at elevene synes det var gøy å være aktive, samarbeide og kommunisere, og at disse faktorene økte både læringen og trivselen hos elevene (Sælemyr & Bjørndal, 2019, s. 12).

«Et tenkende klasserom» er et undervisningsrammeverk utviklet av Peter Liljedahl (2023), som et svar på at han opplevde mange klasserom fylt med elever med det han kaller ikke-tenkende atferd. Ved hjelp av forskning og eksperimenter gjennom femten år, utviklet han en liste med 14 variabler han mener kan brukes for å påvirke elevens tenking i skolearbeidet (Liljedahl, 2023, s. 27; Pruner & Liljedahl, 2021, s. 756). I listen over disse variablene finner vi «gruppesammensetning» og «elevenes arbeidsrom» som omhandler gruppearbeid. I følge Liljedahl (2023) er det ikke tilfeldig hvordan vi jobber med gruppearbeid, bl.a. vil elevenes oppfatning om hvilke rolle de har i en gruppe kunne ha innvirkning på hvordan de jobber i gruppearbeidet, og gruppens plassering, og arbeidsform i klasserommet vil også gi dem ulike verktøy i gruppearbeidet (Liljedahl, 2023, Pruner & Liljedahl, 2021, s. 756). Et foreslått

verktøy for et annerledes arbeidsrom er vertikale tusjtafler. En av fordelene ved å jobbe i grupper på tavler på veggen er at elevene blir mindre avhengig av læreren. Fordi alle gruppene står, kan de se andres tavler, og dermed enten låne idéer, sammenligne svar eller diskutere løsninger med andres grupper basert på det de ser på tavlene (Liljedahl, 2023, s. 61). Ved å snakke sammen om fenomener, kan elevene gjennom å forklare hvordan og hvorfor det oppstår, komme fram til de underliggende faktorene og forholdene som fører til at noe er et fenomen, og dette er enklere ved hjelp av verktøy som tegning (De Andrade et al., 2022, s. 200). Gruppesammensetningen er den andre variabelen Liljedahl (2023) lister som en viktig variabel for å få et tenkende klasserom. Hans forslag er å dele elevene inn i synlig randomiserte grupper, for å nullstille forventningene om hva eleven skal bidra med inn i gruppearbeidet (Liljedahl, 2023, s. 55).

Argumentasjon kan ses på som påstander som er faglig begrunnet med det du innehar av kunnskap om et fenomen (Gilbert & Justi, 2016, s. 100). Når du argumenterer språkliggjøres kunnskapen du har, som vil gjøre at du må identifisere hva du har av kunnskap, hvordan du vil forklare det og hvordan du vil forsvare det du kan (Gilbert & Justi, 2016, s. 100; Klette, 2013). Når man jobber sammen i gruppe for å lage en tegning er argumentasjonen nødvendig for å klare å gjøre oppgaven, men argumentasjonen kan ha forskjellige mål. Kanskje noen i gruppa er mest opptatt av å lage en fin tegning, da styrkes ikke deres faglige kunnskap om fenomenet selv om de argumenterer mye (Gouvea & Passmore, 2017).

2.3 Modelleringskompetanse

For å kunne modellere må elever få modelleringskompetanse. På samme måte som når elever skal lære seg å sykle, der balanse og teknikk og en rekke andre ferdigheter innøves på likt, må elever lære seg å lage en modell med de sammensatte delene den kompetansen innehar.

2.3.1 Hva betyr modelleringskompetanse?

Når modellering blir tatt inn i klasserommet, får elevene muligheten til å utvikle en vitenskapelig forståelse av verden og delta aktivt i vitenskapelig tenkning (Gilbert & Justi,

2016; Van Joolingen et al., 2019). Modellene fungerer som objekter som illustrerer forholdet mellom tankene og virkeligheten, som kan gi elevene dybdeforståelse av et fenomen, derfor er det viktig å utvikle modelleringskompetansen (Gouvea & Passmore, 2017; Van Joolingen et al., 2019, s. 132).

Men hva er modelleringskompetanse i naturfag? Modelleringskompetanse er satt sammen av to ord: modellering og kompetanse. Modellering sees på som prosessen ved å lage en modell i naturfag, og kunne som Gouvea & Passmore (2017) understreker gjøres på to måter, enten for å representere et fenomen, eller for å forklare et fenomen. Ordet kompetanse kommer fra latinsk, oversatt med sammentreff, skikkethet. Evnen eller kvalifikasjonene noen har for eksempel til å kunne uttale seg, ha en stilling eller treffe en beslutning er Store Norske Leksikons definisjon på kompetanse (Nilstun, 2018).

Modelleringskompetanse er jo en sammensetning av disse to ordene, modellering og kompetanse, som i seg selv har mange definisjoner. Definisjonene på modelleringskompetanse som sammensatt ord er også mange, som jeg skal komme nærmere inn på videre i neste delkapittel.

2.3.2 Modelleringskompetanse i tre deler

Schwarz et al. (2009) presenterer i sin artikkel *Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners*, en metode for å gjøre det lettere for elever å lære modellering i naturfag. De definerer modelleringskompetanse i naturfag som å lage, bruke, vurdere og endre vitenskapelige modeller, i tillegg til å forstå hva modellene er og hvorfor de er viktige (Schwarz et al., 2009, s. 632). Altså, for å kunne ha modelleringskompetanse er det viktig at modellen lages for å *forstå* noe. Dette er i likhet med det Gouvea og Passmore (2017) skriver om at modellen må lages for å forstå et fenomen, ikke bare for å representere et fenomen, for at elevene skal få virkelig utbytte av modelleringen.

Metoden til Schwarz et al. (2009) består av to deler: å bruke vitenskapelige modeller for å forutsi og forklare ting og å forstå at modeller endrer seg når vi lærer mer. De viser til hvordan elever kunne gå fra enkle, til mer avanserte modeller i en undersøkelse på 5. og 6. trinn. Eksemplene viste at elevene kunne lage bedre modeller etter hvert som de lærte mer. Og resultatene viste at elevene til slutt brukte modellene til å forklare og forutsi ting (Schwarz et al., 2009). Modelleringen ble da en måte å lære nye ting på, ikke å vise det de allerede hadde kunnskap om (Schwarz et al., 2009, s. 632).

Et interessant funn som er relevant i denne sammenhengen, er en studie utført av Wouter R. van Joolingen, Juliette Schouten og Frank Leenaars i 2019. I denne studien undersøkte de niendeklasseelever for å vurdere deres potensiale for å utvikle modelleringskompetanse gjennom tegning. Forskningen var basert på bruk av et spesifikt tegneprogram, og ett av forskningsspørsmålene deres var om bruk av tegningsmodellering kunne bidra til en forbedring av elevenes modelleringskompetanse (Van Joolingen et al., 2019). Resultatene viste at elevene hadde evnen til å skape og reflektere over egenlagde modeller, men de var avhengige av læreren som en støttestruktur i modelleringsprosessen. Eksperimentet indikerte at med bruk av det aktuelle tegneprogrammet, samt betydelig veiledning og støtte fra læreren, var elevene i stand til å både lage en modell, engasjere seg i diskusjoner om modellen og også presentere dem på en forståelig måte (Van Joolingen et al., 2019, s. 141–145). Den målte modelleringskompetansen til elevene økte altså, basert på det Schwarz et al. (2009) mener er god modelleringskompetanse. Elevene kunne ved å bruke tegneprogrammet lage og endre en modell, forstå modellen og forklare hvorfor den var viktig (Schwarz et al., 2009, s. 632; Van Joolingen et al., 2019, s. 145). Forskerne i undersøkelsen vurderte resultatene basert på modelleringskompetanse i to deler: elevenes forståelse av modellene og måten elevene ressonerte og endret modellen underveis i prosessen (Van Joolingen et al., 2019, s. 134).

Også Gilbert & Justi (2016) har samme definisjon på modelleringskompetanse, som de deler i tre og kaller «Knowledge about models, knowledge about modelling» og «skill in the practice of modelling», der de legger vekt på elevenes evne til å konstruere, evaluere,

forklare sin egen modell (Gilbert & Justi, 2016, s. 195).

Modelleringskompetanse har jeg på bakgrunn av disse studiene definert som tredelt:

1. Elevene er i stand til å forstå en modell
2. Elevene er i stand til å lage og endre en modell
3. Elevene er i stand til å forklare en modell og prosessen med å lage den

(Gilbert & Justi, 2016; Schwarz et al., 2009; Van Joolingen et al., 2019)

2.3.3 Metamodellering

Metamodellering er ofte nevnt innenfor litteratur som omhandler modelleringskompetanse i naturfag. Metamodellering kan forstås som forståelsen av modeller og modelleringens egenart, uavhengig av hvilke fag det er snakk om. En dypere forståelse av hva modellering generelt innebærer, uavhengig av type modell og hva de representerer. Det handler om kunnskapen om modelleringens styrke, svakheter og hvordan en modell endres over tid (Christiansen, 2020, s. 16; Schwarz et al., 2009). Metamodellering kan forstås som et fellesord for å forstå modeller, inkludert modelltyper, og også hvordan modeller har bygget på hverandre gjennom tidene. Den praktiske dimensjonen er ikke direkte involvert, men denne forståelsen har likevel en innvirkning på hvordan elevene modellerer i praksis (Christiansen, 2020, s. 16). De forskjellige aspektene av hva vi forstår om modeller og modellering og selve modelleringen interagerer. For eksempel er forståelsen av hvordan man evaluerer en modell klart påvirket av forståelsen av hvorfor modeller opprinnelig blir laget og hvordan de brukes til å utvikle kunnskap (Schwarz et al., 2009, s.653).

3 Metode

I dette kapitlet skal jeg gjøre rede for, og beskrive valg av forskningsdesign og metoder som ble brukt i min masteroppgave. Jeg har brukt ulike datainnsamlingsmetoder for å kunne besvare oppgavens problemløsning best mulig. Jeg har brukt observasjon av filmopptak for å fange elevens modellering på de vertikale tusjtavlene, og gjort lydopptak av elevenes presentasjoner av modellene sine. Analysemetoden blir gjort rede for og metodenes kvalitet med tanke på validitet, reliabilitet og generaliserbarhet vil diskuteres. Etske betraktninger blir også lagt fram i dette kapitlet.

3.1 Kontekst for undersøkelsene

For å synliggjøre hvordan dataene er hentet inn har jeg i dette kapitlet valgt å si noe om konteksten for undersøkelsene, og litt om undervisningsopplegget som ble gjennomført. Selve undervisningsopplegget er ikke i fokus for forskningsprosjektet. Det ble laget av meg, med noen innspill fra læreren, på bakgrunn av Kirsti Klette sin oppbygging av det som kjennetegner god undervisning (Klette, 2013). Dette var for å best kunne undersøke de vertikale tusjtavlene i bruk i klasserommet, men samtidig gi elevene en god undervisnings økt.

3.1.1 Undervisningsopplegget

Klassene som ble undersøkt var vant til å modellere i undervisningen, og visste godt hva det vil si å lage en modell, da dette er noe læreren deres har jobbet med gjennom flere semestre. I forkant av undervisningsøkten i undersøkelsen hadde elevene hatt vanlig klasseromsundervisning om temaet karbonets kretsløp. Karbonets kretsløp egner seg godt å modellere, ettersom temaet er komplekst, inneholder mange elementer som kan inkluderes eller utelates, som gjør at elevene må ta en aktiv stilling til hvilke elementer som er viktige for å få frem det de mener er relevant for å skape en forståelse for fenomenet (Gouvea & Passmore, 2017, s. 51). Læreren gikk gjennom oppgaven felles i begynnelsen av økta.

Oppgaven:

1. Lag en modell som forklarer karbonets kretsløp basert på teksten dere får utdelt (se

vedlegg1).

2. Presenter modellen deres muntlig for klassen. Presentasjonen skal besvare disse fire spørsmålene:

- a) Forklar modellen deres, og hvordan dere gikk frem for å lage den?
- b) Hvilke ideer har dere hatt, som dere gikk bort fra, og hvorfor gikk dere bort fra dem?
- c) Hva var bedre ved at dere jobbet sammen i grupper på tavle i stedet for på ark?
- d) Hva var vanskeligere ved å jobbe sammen i grupper på tavle i stedet for på ark?

Hver gruppe fikk et gruppenummer, slik at det var enkelt å koble sammenhengen mellom det som foregikk på tavlene og det gruppen etterpå presenterte. Presentasjonen hadde spørsmål elevene skulle besvare for å sørge for at alle deler av problemstillingen fikk godt nok datamateriale til analysen, det er ikke sikkert elevene ville valgt å presentere på denne måten uten disse spørsmålene. Metoden kan sammenlignes litt med et begreps eller fenomenintervju i gruppe der du har gitte spørsmål på forhånd (Svenkerud, 2021, s. 94). Det finnes argumenter for at denne intervjuformen kan være begrensende, men også nyttige for å holde forskningsprosjektet smalt og konkret, og det er enkelt for elevene å relatere svarene sine til oppgaven de har gjort (Svenkerud, 2021, s. 94–97)

Ved å be elevene *forklare* karbonets kretsløp gjennom en modell, fremfor å be dem *lage* en modell av karbonets kretsløp var målet å rette fokuset på *hvordan* modellen kunne forklare fenomenet, fremfor *hva* modellen viste (Gouvea & Passmore, 2017). Et trekk i naturvitenskapen er nettopp at den systematisk forenkler virkeligheten, det er bestemte betingelser som representerer idealiserte tilfeller (Sjøberg, 2022, s. 91). Ved å be elevene forklare karbonets kretsløp, var ønsket at de skulle gjøre mer enn å bare vise en forenklet versjon av karbonets kretsløp. Ønsket var at elevene skulle tenke på hvordan *de* ville forklare karbonets kretsløp, ikke fortelle hvordan en modell av karbonets kretsløp pleier å se ut.

Elevene skulle deretter bli delt i synlig tilfeldige grupper på tre og tre, ettersom Liljedahl argumenterer med at problemløsning i grupper fungerer best når elevene ikke har definert «rolle» i gruppa (Pruner & Liljedahl, 2021, s. 757). Hvis man derimot velger å sette opp gruppene på forhånd med en strategi i bakhodet, kan enkelte elever allerede før oppgaven

har satt i gang ha bestemt seg for at «tenkeren» er en annen i gruppa, og derfor «koble seg av» (Pruner & Liljedahl, 2021, s. 757).

I gruppene skulle elevene også få et ark med beskrivelse av karbonets kretsløp (se vedlegg 1), basert på undervisningen elevene har hatt om karbonfangst et par uker tidligere. Kirsti Klette (2013) beskriver god undervisning som tredelt, der den første delen er tilegnelsessituasjoner, der elevene gjennom tavleundervisning eller lignende får et dypdykk inn i nytt materiale. Etter tilegnelsessituasjonen bør elevene ha en utprøvingssituasjon og en konsolideringssituasjon. Modelleringen på tusjtaflene skulle være utprøvingssituasjonen til undervisningen, og i denne situasjonen bør oppgavene være forholdsvis lette eller kjente for elevene for at de kan oppleve mestringsfølelse (Klette, 2013). Dette var grunnen til at elevene fikk utdelt en fagtekst med beskrivelse av hva karbonets kretsløp er, selv om de hadde hatt undervisning om dette tidligere. I en utprøvingssituasjon skal elevene ha ressurser for å kunne klare oppgaven uten betydelig støtte av læreren, og ha 90% mulighet for å klare oppgaven (Klette, 2013, s. 180). Presentasjonsdelen i dette undervisningsopplegget er elevenes mulighet for konsolidering, som vil si å språkliggjøre egen tenking om læringen som fant sted i utprøvingen (Klette, 2013).

3.2 Forskningsdesign

Et hovedmål innenfor forskningsdesign er å finne en metode for å best mulig kunne knytte problemstillingen til datamaterialet (Blikstad-Balas & Dalland, 2021, s. 22). Både kvantitative og kvalitative tilnærminger kan brukes for å samle inn datamateriale, men i denne oppgaven ble det valgt å bruke en kvalitativ metode ettersom problemstillingen enklest lar seg besvare ved å gjøre en kvalitativ studie. Dersom jeg skulle gjort en kvantitativ studie for å undersøke dette fenomenet ville oppgaven trolig blitt veldig stor, og det hadde krevd veldig god tid og planlegging for å få det til (Blikstad-Balas & Dalland, 2021, s. 25). Det kunne også fort blitt motstridende sett i lys av mitt hermeneutiske vitenskapelige ståsted, da det er vanskelig å få innsikt i elevenes opplevelse av fenomenet dersom mange skal være med i en undersøkelse (Anker, 2020, s. 50). Kvalitative studier, som min, har ofte som mål å samle inn data som kan

gi ny innsikt, eller forståelse av et fenomen, men ikke nødvendigvis å komme med et svar eller en fasit (Nyeng, 2012, s. 71–73).

3.2.1 Metodologi

Masteroppgaven min inntar en retning innenfor den hermeneutiske forståelsen av virkeligheten, kalt fenomenologi. Dette er en mye brukt vitenskapelig tilnærming innenfor kvalitativ forskning (Anker, 2020, s. 50; Nyeng, 2012). Ved å innta en fenomenologisk stilling prøver jeg å unngå at mine erfaringer og meninger skal ha en rolle i oppgaven min, men samtidig få en forståelse av om hvordan vertikale tusjtafler kan bidra til at elever kan få modelleringskompetanse i naturfag. Fenomenet må forstås gjennom elevene som deltar i undersøkelsen. Uten deres refleksjoner og tanker vil jeg ikke kunne fortolke fenomenet på en objektiv måte, da kan fort mine betraktninger bli «sannheten» (Anker, 2020, s. 50). Hvordan elevene selv presenterer sine modeller og refleksjonene de har over å bruke de vertikale tusjtaflene er viktige for å få et innblikk av «virkeligheten» av å bruke disse taflene slik det blir forstått av elevene (Anker, 2020, s. 51).

3.3 Utvalg

Datainnsamlingen er gjort i en naturfagsklasse på tiende trinn, i Sør-Norge. Utvalget ble gjort før undervisningsopplegget ble laget, for å kunne tilpasse opplegget etter kompetansemål og lage undervisning som passet den aktuelle klassen. Læreren som hadde undervisningen, ble valgt av bekvemmelighetsgrunner. Dette var en lærer jeg hadde kjennskap til og trodde samarbeidet kom til å fungere med, noe som var viktig for meg for å få til en god datainnsamling. Bekvemmeligheten gikk først og fremst på valget av en lærer jeg kunne samarbeide med for å få hentet inn data. Ettersom læreren ikke er med som direkte informant, anså jeg likevel ikke bekvemmeligheten som problematisk for å gjennomføre en objektiv datainnsamling og analyse (Blikstad-Balas & Pedersen Dalland, 2021). Analysen gjort basert på elevens modellering på taflene, og elevenes utsagn i lydopptak. Se en nærmere forklaring på dette i underkapittel 3.6.2 Analyse av lydopptak.

Kriteriene for utvalget var at elevene skulle være ungdomsskole-elever, ettersom kompetansemålene for modellering er i læreplanen for ungdomstrinnet. Utover dette hadde utvalget ingen kriterier. Studien var begrenset til én klasse, ettersom jeg vurderte at jeg fikk nok datamateriale ved å undersøke flere grupper i en klasse. Ved å utvide utvalget ville det vært utfordrende å få tilstrekkelig tid til en grundig analyse. Dette ville begrenset muligheten for en dypere utforskning. Fordelen ved å velge et formålstjenlig utvalg som dette er nettopp muligheten til å dykke ned i fenomenet (Blikstad-Balas & Dalland, 2021, s. 39), noe som potensielt kan gi økt innsikt og forståelse for i hvilken grad vertikale tavler kan bidra til elevers modelleringskompetanse.

3.4 Datainnsamling

Datainnsamlingen ble gjort med to ulike metoder. Den ene metoden var observasjon ved hjelp av filmopptak av elevens modellering på vertikale tusjtafler, med klare observasjonspunkter, og den andre metoden var lydopptak av elevenes presentasjoner av modellene de utarbeidet i grupper.

Et sentralt aspekt ved kvalitativ observasjon er at observatøren skal prøve å beskrive utviklingsprosesser for å få dybde og forståelse for et fenomen, noe som er hovedformålet for observasjonen av filmopptakene i datainnsamlingen min (Dalland, 2021, s.106). Likevel kan observasjon som metode kun beskrive hva elevene gjør, men får ikke fram elevenes motivasjoner eller intensjoner (Andersson-Bakken & Pedersen Dalland, 2021, s.126), derfor kan det ofte være lurt å kombinere observasjonene med annen data.

For å kombinere observasjonen med en annen metode valgte jeg å også ta lydopptak av presentasjoner elevene holdt. Ved å bruke to ulike kvalitative metoder er målet å få fram kompleksiteten ved å undersøke elevenes modelleringskompetanse. Både hva elevene faktisk gjorde, men også motivasjonen bak valgene som ble tatt.

Flere refleksjoner rundt muligheter og begrensninger ved forskningsdesignet kan leses i diskusjonen i underkapittel 5.4.

3.4.1 Observasjon av filmopptak av modellering på vertikale tusjtafler

Dersom man skal observere en undervisningssituasjon er det krevende å kontinuerlig bedømme hva som er nyttig å notere seg, derfor kan filmopptak være svært nyttig for å fange data som har en viss kompleksitet. Da får man bedre tid, og flere muligheter til å ta valg som kan gi de svarene man leter etter (Blikstad-Balas & Klette, 2021, s. 154).

Begrunnelsen for valg av filmopptak var at det ikke hadde latt seg gjøre å observere flere grupper på en gang, ettersom det er flere variabler som skal undersøkes. Ved å filme elevenes modellering får jeg muligheten til å studere en og en gruppe gjentatte ganger for å finne alle variablene (Blikstad-Balas & Klette, 2021, s. 153–156).

I likhet med Pruner og Liljedahl (2021) forsøkte jeg å få et inntrykk av hvordan elevene, ved å bruke de vertikale tavlene, fikk muligheten til å bruke andre elevers tenking aktivt inn mot sin problemløsning. Elevenes oppgave i min studie var å lage en modell som skulle forklare karbonets kretsløp. Både innad i gruppene, men også med hensyn til de andre gruppene som jobbet med samme oppgave hadde elevene muligheter til å benytte andre elevers kunnskap aktivt. Det var derfor viktig at gruppene stod nærme hverandre. Jeg ville komme tett inn på fenomenet jeg skulle forske på, uten at for mye annet ble utelukket (Blikstad-Balas & Klette, 2021, s. 164).

Filmkameraene skulle derfor fange tre og tre tilstøtende grupper av elever, mens de jobbet seg gjennom tidligere nevnt modelleringsoppgave. Jeg valgte å bruke videokameraene som linse for å følge opp visse fenomener systematisk. Fordelen ved dette er ifølge Blikstad-Balas og Klette (2021, s.161) å få innsyn i detaljer i elevenes arbeid. Ofte gjøres dette ved at elevene har på seg hodekameraer, men ettersom samarbeid på tvers av gruppene var et viktig element i forskningen ble det valgt å heller bruke stående kameraoppsett som viste flere grupper om gangen.

Inspirert av Liljedahls (2023) metodebok, teori som omhandler modelleringskomptanse som fokuserer på deltakelse i aktiviteten (De Andrade et al, 2022, Van Joolingen et al., 2019) og

Pruner og Liljedahls (2021) forskning på problemløsningsoppgaver på vertikale tusjtafler kom jeg fram til tre variabler som skulle observeres:

1. Hvor mange ganger hver enkelt elev i gruppa deltar aktivt i modelleringen de første fem minuttene
2. Hvor mange ganger hver enkelt elev i gruppa deltar aktivt i modelleringen gjennom hele undervisningsøkten
3. Graden av kunnskapsmobilisering (hvor mye de ser rundt i klasserommet for hjelp av medgruppers tavler).

Observasjonen av filmopptakene kan derfor sees på som strukturerte, som bidrar til å øke presisjonen og påliteligheten i forskningen (Dalland et al., 2023, s. 64). Likevel var jeg klar over at denne måten å jobbe på, også kunne bidra til at jeg overså andre viktige aspekter av elevenes modellering. Derfor så jeg filmopptakene i sin helhet før jeg valgte observasjonsrammene, for at observasjonsrammene skulle stemme med helhetsinntrykket jeg fikk når jeg så på filmopptakene. Derfor ble heller ikke observasjonsrammene like som variablene i Pruner og Liljedahls (2021) forskning, som så på elevs blikk mot andres tavler og dialogen mellom studentene. Flere av studiene i teoridelen, blant annet Van Joolingen et al. (2019) og De Andrade et al. (2022) pekte på aktiv modellering og endringer underveis som en styrke for å få modelleringskomptanse, så denne variabelen tok jeg med i stedet for dialogen mellom elevene, ettersom metoden også hadde gjort det vanskelig å høre elevenes dialog på hver gruppe. Ved å ha strukturerte observasjonsrammer og filmopptak som ikke tydeliggjorde dialogen mellom elevene, gikk jeg kanskje glipp av mye god data om samarbeidet mellom elevene internt på gruppa. Dette kunne vært løst ved å bruke en metode som sikret gode lydopptak underveis i filmingen. Dette ble valgt bort til fordel for å få data fra flere grupper på likt, i en vanlig klasseromssituasjon som skulle føles mest mulig autentisk for elevene. Det er stor tradisjon for å gjøre filmopptak i klasserommet på denne måten, for å unngå å påvirke det som skjer i klasserommet mer enn nødvendig (Blikstad-Balas & Klette, 2021, s.156). I flere av Liljedahls (2023) studier på vertikale tavler er deltakelsen i tavleaktiviteten i fokus, som også ble relevant å se på for å kunne få innsikt i om og hvor mye de enkelte elevene brukte tavlene i modelleringen. Det er også interessant å se på aktivitetsnivået de første fem minuttene for å vite noe om hvordan elevene satte i

gang modelleringen på de vertikale tusjtaflene, ettersom undervisningsopplegget var tenkt å være en enkel utprøvingssituasjon i henhold til Klettes (2013) rapport om god undervisning. En god utprøvingssituasjon bør føles så kjent og «enkel» for elevene at det ikke er noe som hindrer dem i å gjøre oppgaven (Klette, 2013, s.180-183).

Ved å bruke kameraene som linse, forsøkte jeg å fange opp modelleringsprosessen på tavlene uten å bli forstyrret for mye av andre ting som foregikk i klasserommet (Blikstad-Balas & Klette, 2021, s. 159). I datainnsamlingen ble fire grupper filmet, i synlig randomiserte grupper på tre og tre. Planen var å filme seks grupper, men grunnet sykdom i klassen måtte jeg gå ned i antall grupper. Dette kan leses mer om i kapittelet under, «gjennomføring av datainnsamlingen». Denne metoden å danne grupper på, synlig randomiserte, ble vist å bryte ned sosiale barrierer, øke kunnskapsmobiliteten, redusere stress og øke entusiasmen i Liljedahls klasseromsforskninger (Liljedahl, 2023, s. 55). Også i Pruner og Liljedahls (2021, s.757) forskning blir det tatt frem at elever i planlagte grupper får en tanke om hva som er forventet av dem i gruppa, mens i randomiserte grupper kan de komme inn i gruppearbeidet med helt blanke ark. Gruppene stod to og to grupper på rad, med et kamera vinklet mot hver side. To kameraer, som fanget to grupper hver.

Ønsket mitt var å kunne ha en så usynlig og lite deltakende observasjonsrolle som mulig, så forskningseffekten, dvs. at elevene opptrer på en annen måte enn de vanligvis ville gjort, ble så liten som mulig (Dalland, 2021, s.125, Andersson-Bakken & Pedersen Dalland, 2021, s.147). Dette gjorde jeg ved å trekke meg bakerst i klasserommet, mens elevene jobbet med oppgaven.

Det var viktig for meg å også anerkjenne at filmopptakene ikke viser den fulle og hele virkelighet som fant sted. Alle filmopptak er partiske, og en rekke valg ble tatt før jeg i det hele tatt satte opp kamerastativene. Bl.a. hadde jeg en tanke om hva jeg anså som viktige punkter å observere, før jeg startet filmingen. Jeg rigget kameraene litt skrått på siden av gruppene slik at det skulle være enkelt å se faktorer som for eksempel elevenes aktive tegning på tavla på filmopptaket etterpå. Ved å rigge kameraene på denne måten, kan det jo hende at det er andre faktorer som ikke kom like godt fram i filmopptakene. Analyser og

rapporter representerer ikke nødvendigvis mer enn ved standard observasjon, og filmopptakene inneholder heller ikke all informasjon om hva som fant sted i situasjonen (Blikstad-Balas & Klette, 2021, s. 163).

3.4.2 Lydopptak av presentasjoner

I utgangspunktet ble det planlagt for intervjuer av elevene for å få frem deres perspektiv og tanker rundt bruken av de vertikale tusjtaflene i undervisningen. Ettersom studien er interessert i å få fram flere elevers erfaringer for å styrke validiteten, var det en utfordring å skulle ta så mange elever ut av undervisningssituasjonen for å bli intervjuet. Det tar mye tid, og elevene går glipp av annen undervisning. Det ble derfor heller lagt en plan om å ha presentasjoner med tydelige kriterier som kunne besvare det samme som de tenkte intervjuene hadde som formål. Det er mange fordeler med å gjøre datainnsamlingen på den måten, blant annet får elevene gode muligheter for konsolidering, språkliggjøring av tenkingen om egen læring, som er viktig for at læringen skal bli mediert (Klette, 2013). Gruppene som ikke presenterer, får også læringsutbytte av aktiviteten.

Spørsmålene elevene ble bedt om å besvare i presentasjonen var:

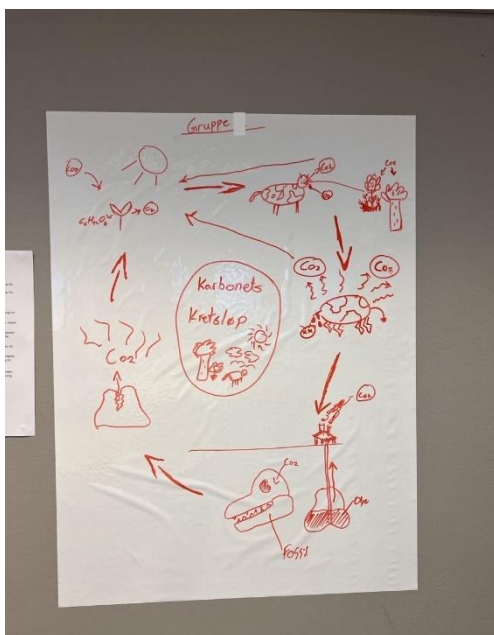
1. Forklar modellen deres, og hvordan dere gikk frem for å lage den?
2. Hvilke ideer har dere hatt som dere gikk bort fra? Hvorfor gikk dere bort fra dem?
3. Hva var bedre ved å jobbe sammen på tavle i stedet for på ark?
4. Hva var vanskeligere ved å jobbe sammen på tavle i stedet for på ark?

Formålet med spørsmålene for presentasjonene er å få innblikk i elevenes tanker og holdninger rundt bruken av de vertikale tusjtaflene, og hvordan bruken hadde bidratt eller ikke bidratt til modelleringskompetanse, ettersom den tredje delen av min definerte modelleringskompetanse handler om hvorvidt: «3. Elevene er i stand til å forklare modellen og prosessen» (Gilbert & Justi, 2016; Schwarz et al., 2009; Van Joolingen et al., 2019).

Ved å ta lydopptak slipper elevene stresset ved at et kamera filmer dem i en sårbar situasjon som en presentasjon er, likevel får jeg dataene jeg trenger ved å ta opp lyden i presentasjonene. En transkribert tekst av elevenes tanker er også å foretrekke som datamateriale, framfor enda en film som skal tolkes. Det vil gi mulighet for tematisk

innholdsanalyse av elevenes svar, som kan være med på å gjøre at jeg oppdager mønstre og sammenhenger i elevenes svar som kan være med på å bygge opp studiens troverdighet (Bakken & Andersson-Bakken, 2021). En mulig svakhet ved metoden kan være at jeg ikke hadde film og lydopptak av denne sekvensen på likt. Ettersom elevene ofte presenterte ved at de pekte på modellen sin, kunne et filmopptak vært nyttig å ha. Elevenes opplevelse av å ikke bli skulle bli filmet i en sårbar situasjon, som en presentasjon kan være, veide likevel opp for at jeg valgte å utelate filmopptak i denne sekvensen av undersøkelsen.

3.5 Gjennomføring av datainnsamling



Figur 2 Eksempel på vertikal tusjtafle med modell av karbonets kretsløp.

Datainnsamlingen foregikk en snøtung vinterdag, og ettersom det var mer sykdom enn vanlig i klassen ble gjennomføringen av datainnsamlingen litt annerledes enn planlagt. Planen var å filme seks grupper som modellerte. Jeg kunne bare filme fire grupper totalt, derfor ble kameraene rettet slik at det ble to grupper i hver linse. Det ble hengt opp selvheftende whiteboard film og en fagtekst (vedlegg 1) til alle gruppene i klassen, som vist på figur 2. Det ble også lagt fram tusjer og våte kluter til å viske ut, på et bord i midten av klasserommet. Ved siden av hver tavle ble det hengt opp en fagtekst. Undervisningsopplegget gikk som planlagt ved at lærer presenterte oppgaven, og koblet på elevenes

forkunnskaper om temaet karbonets kretsløp i en helklassesamtale. Læreren leste fagteksten om karbonets kretsløp høyt for klassen. Deretter delte hun klassen i synlig randomiserte grupper ved at hun trakk gruppene med ispinner. Dette var ikke helt tilfeldige grupper, ettersom de elevene som hadde levert samtykkeskjema ble trukket sammen, og de som ikke hadde levert samtykke skjema ble trukket sammen. Dette var for å unngå å filme noen som ikke hadde samtykket til å være med. Uavhengig av om elevene var med i undersøkelsen eller ikke, hadde de samme undervisningsopplegg, så alle elevene i klassen

skulle være sikret god undervisning om de skulle være med i forskningen eller ikke. Læreren fortalte til elevene at ikke alle skulle være med i undersøkelsen, så det var klart for dem hvorfor gruppene ikke var 100% tilfeldige. Alle elevene var med på hele undervisningsopplegget, uavhengig av om de var med på prosjektet eller ikke. Kameraene var plassert slik at kun de fire gruppene som var med i prosjektet ble filmet, de andre gruppene stod i et annet hjørne i klasserommet. Likevel var alles tavler synlige for alle. Elevene gikk etter helklassesamtalen til gruppene sine, og begynte å lese fagteksten sammen. Fra dette punktet anså jeg at modelleringen var i gang, og analysene fra filmene starter der.

Når elevene anså seg ferdig med modelleringen etter ca. 25 minutter avsluttet læreren aktiviteten ved tavlene, og ba elevene gjøre seg klare til presentasjonen. Hun gikk gjennom fire punkter som elevene skulle besvare i presentasjonen, og ga dem ti minutter til å forberede seg. Læreren og jeg var enige om at presentasjonen skulle være en lavterskel, muntlig opptreden der elevene bare skulle fortelle litt om modellen sin og hva de hadde gjort. Da ble filmopptaket slått av, slik at elevene ikke skulle føle presset over å bli filmet mens de holdt en presentasjon. Dette fortalte læreren til elevene.

Presentasjonene ble holdt, og da ble lyden tatt opp på en telefon med diktafon app, og som vanlig opptak på en annen telefon som sikkerhetsopptak. Elevene visste at lyden ble tatt opp, og de elevene som ikke hadde samtykket til å være med i undersøkelsen fikk beskjed av læreren og meg om at de ikke måtte snakke underveis når gruppene som ble tatt lydopptak av presenterte. Elevene så ikke ut til å bry seg nevneverdig om telefonene som lå på en pult foran dem, men snakket uanstrengt og fritt i presentasjonene. Underveis i presentasjonene fungerte læreren som en støtte og et stillas for elevene, men stilte få eller ingen direkte ledende spørsmål, utover å hjelpe dem å komme videre til neste skritt i spørsmålene de skulle besvare i oppgaveteksten for presentasjonen.

3.6 Analyse

I dette delkapittelet skal jeg ta for meg hvilke analysemetoder som har blitt brukt i denne oppgaven, og hvorfor de blir brukt. Trine Anker (2020, s.17) skriver i sin bok «Analyse i praksis, en håndbok for masterstudenter» at ordet analyse betyr å løse, altså brette opp til håndterbare biter og størrelser. Målet for analysen er å velge ut deler og biter av dataene som kan hjelpe meg å besvare problemstillingen, samt å forkaste de delene som ikke er relevante. Før jeg begynte å analysere dataene systematisk, så jeg på filmopptakene, og hørte på lydopptakene for å få innsikt i dataene jeg hadde samlet inn, og et inntrykk av hva dette handlet om. Videre systematisering ble gjort ulikt. Filmopptakene gjorde jeg en systematisk observasjon av, og deretter en enkel in-vivo koding av observasjonsnotatene, for å ytterligere systematisere notatene. Disse notatene egnet seg ikke for en streng seksstegs metode, som Tjora sin. Lydopptakene ble transkribert, og materialet egnet seg derimot godt for en empirinær systematisk innholdsanalyse, så jeg fikk innblikk i essensen av det elevene presenterte. Jeg analyserte filmopptakene og lydopptakene av presentasjonene hver for seg, ettersom jeg i filmopptakene hadde en tanke om å se mest på tavlebruken og i lydopptakene hadde lyst til å undersøke modelleringskompetansen. Underveis i analyseringen ser jeg likevel at dette går mye inn i hverandre.

Filmopptakene ble analysert systematisk, med tre fokusområder, dette blir beskrevet i underkapittel 3.6.1 Analyse av filmopptak. Ved å velge fokusområder før analysen, sikrer jeg at jeg ikke bruker masse tid på å analysere områder som ikke er relevante for min undersøkelse (Dalland Pedersen et al., 2021, s. 139). Lydopptakene av presentasjonene ble transkribert før jeg gjorde en tematisk innholdskoding etter Aksel Tjoras metode, dette blir beskrevet i underkapittel 3.6.2 Analyse av lydopptak.

3.6.1 Analyse av filmopptak

Analysen av filmopptakene ble gjort systematisk med tre variabler i fokus:

- 1.** Hvor mange ganger hver enkelt elev i gruppa aktivt modellerer på tavla i løpet av de første fem minuttene.
- 2.** Hvor mange ganger hver enkelt elev aktivt modellerer på tavla gjennom hele

undervisningen.

3. Graden av kunnskapsmobilisering.

Jeg har definert aktiv modellering som at eleven peker direkte på tavla, tegner på tavla eller visker ut noe på tavla, ettersom dette viser at eleven er involvert i modelleringen som gruppa gjør. Kunnskapsmobilisering vil si at elevens snur seg og ser, eller peker mot andre grupperes tavler.

Denne systematiske måten å analysere på kan gjøre at interessante elementer i observasjonen glipper. Derfor ble filmopptakene sett nøye gjennom før variablene ble fastsatt, også for at jeg skulle få et innblikk i hva elevene faktisk gjorde underveis i modelleringen. Jeg valgte likevel å systematisere fordi filmopptak er svært komplekse og tidkrevende data, så grep for å redusere og forenkle er nyttig for å komme videre i analysearbeidet (Blikstad-Balas & Klette, 2021, s.163).

De to første variablene er inspirert av Liljedahls (2023, s.70) metodebok av hvordan man kan bruke vertikale tusjtafler i klasserommet og teori som omhandler modelleringskomptanse som fokuserer på deltakelse i aktiviteten som en viktig faktor for å oppnå dette (De Andrade et.al, 2022, Van Joolingen et.al., 2019). Den tredje variabelen er inspirert av Pruner og Liljedahls (2021) analyse-metode fra forskningen «Collabrative problem solving in a choice-affluent environment», der de analyserte blikk mot andres tavler og dialoger mellom studentene.

Den tredje variabelen, kunnskapsmobiliseringen på tvers av grupper, er en stor forskjell fra det å modellere sammen i en gruppe på et ark som ligger ned på pulten. Tavlene gjør at man enkelt kan se andres modeller, bare ved et blikk i en annen retning. For hver gang elevene valgte å se rundt på andre grupper for å komme videre i modelleringen, valgte jeg å notere min observasjon av det som skjedde. Jeg valgte å ikke telle blikk som ble gjort generelt rundt i rommet, eller der eleven snakket med en elev på en annen gruppe om andre ting enn fag.

Ved å telle opp disse variablene for hver gruppe ønsket jeg å få innsikt i hvordan tavlene ble brukt, og knytte det opp mot dataene i presentasjonsdelen.

For å telle aktiv modellering til elevene satte jeg en tellestrek på hver enkelt elev hver gang de pekte direkte på tavla, tegnet på tavla eller visket ut noe på tavla. Tabell 1 nedenfor viser et eksempel fra en elevgruppe på hvordan jeg systematiserte opptellingene av den aktive modelleringen og kunnskapsmobiliseringen.

Tabell 1 Telling av variablene i filmopptak

Gruppe 3	Aktiv modellering første fem minutter	Aktiv modellering hele undervisningen	Kunnskapsmobilisering Antall og tidspunkt
Elev 7:	4	12	1 08:15
Elev 8:	6	24	2 02:43, 07:26
Elev 9:	12	41	8 04:52, 06:51, 08:10, 08:45, 10:47, 11:20, 13:48, 20:30
Totalt:	22	77	11

Jeg skrev også observasjonsnotater til kunnskapsmobiliseringen av hva som skjedde etter eller samtidig som elevene så på andre gruppers tavler, for å gå dypere inn i fenomenet. Tidspunktet i filmopptaket for observasjonen av kunnskapsmobiliseringen til den enkelte elev ble notert, og deretter skrev jeg observasjonsnotater for hvert tidspunkt.

Observasjonsnotatene ble kodet enkelt etter fremgangsmåten beskrevet i Ankers (2020) metodebok, såkalt in-vivo-koding i fire trinn (Anker, 2020, s. 77). Ettersom notatene er mine egne ord, har ordene som er brukt allerede en fortolket mening for meg, så kodingen var mest for å sortere hvilke hovedtemaer som gikk igjen når elevene så og pekte på andre gruppers tavler. Det første steget av fire trinn ble gjort rett etter datainnsamlingen, som var å se på filmopptakene for å få et inntrykk av hva dette handlet om. Tabell 2 viser et eksempel på det andre steget av denne analysen, som var å utvikle koder. Steg tre og fire

vises i tabell 3 som viser hvordan disse kodene førte til åtte kodegrupper, som senere ble delt inn i fire hovedtemaer. Eksempelene er hentet fra en av elevgruppene.

Tabell 2 Koding av observasjonsnotater i filmopptak

07:30 - Peker på en annen modell, fører til mye diskusjon i gruppa	Faglig samtale
08:35 - Har vært rolig med modellering en stund, gruppa står fast. Blikket rundt i rommet fører til at modelleringen settes i gang igjen	Settes i gang igjen
09:30 - Diskusjon om hva som er viktigst på modellen etter å ha sett på nabogruppas modell	Faglig samtale
10:40 - Hele gruppa ser på andres tavler, begynner å diskutere faglig med nabogruppa, og endrer da også små detaljer på sin modell	Diskusjon + endring
12:17 - Endrer etter å ha sett på en annen modell	Låne idéer
15:00 - Diskusjon om hvorvidt andres modellelementer viser fenomenet dårligere eller bedre enn de elementene gruppa selv har valgt å fokusere på	Faglig samtale
19:59 - Har vært «ferdig» en stund, men peker på nabotavla, og endrer noe på den «ferdige» modellen	Tilføringer etter «ferdigstillelse»
20:34 - Peker på nabotavla, diskuterer endringer, dropper å endre mer.	Faglig samtale

Tabell 3 Neste stegene av kodingen av observasjonsnotater i filmopptak

Hovedtema	Kunnskaps mobilisering som fører til faglige samtaler	Kunnskaps mobilisering som fører til endringer på egen modell	Kunnskaps mobilisering pga. læreraktivitet	Kunnskaps mobilisering som ikke fører til endring på egen modell
Koder	Faglig samtale	Tilføringer etter «ferdigstillelse» Låne idéer Diskusjon + endring Sette i gang igjen	Kunnskaps mobilisering pga. læreraktivitet	Observasjon Viser frem modellen sin

3.6.1.1 Forklaringer av hovedtemaene

Kunnskapsmobilisering som fører til faglige samtaler var der elevene så på andres tavler, og deretter begynte å diskutere sin egen modell eller noe annet faglig uten at det førte til endringer på egen modell.

Kunnskapsmobilisering som fører til endringer på egen modell var der elevene endret noe på den modellen de allerede var i gang med å lage, også der kunnskapsmobiliseringen først hadde ført til en diskusjon.

Kunnskapsmobilisering pga. læreraktivitet handler om hvordan andre elevgrupper så på de andres tavler når læreren var der for å hjelpe, eller forklare noe. Lærerens bidrag til økt

kunnskap hos den gruppa som *ble* besøkt av læreren er ikke fokusert på, da det var hvordan elevene brukte de andre elevenes tavler som en ekstra ressurs for å få økt kunnskap som var i fokus. Lærerens mulighet til å hjelpe elever i gruppearbeid vil alltid kunne være der, uavhengig av om de jobber på ark eller tavler, og var derfor ikke relevant å undersøke i denne sammenhengen, selv om det selvfølgelig også gir den elevgruppa som faktisk får besøk av læreren god hjelp.

Kunnskapsmobilisering som ikke førte til endringer på egen modell var der elevene bare så direkte på eller pekte på andre elevers tavler, uten at det hverken førte til samtaler eller endring. Også der gruppa viste frem sin egen modell til andre grupper er med i denne kategorien.

3.6.2 Analyse av lydopptak

Lydopptakene av presentasjonene ble transkribert i nettskjema, som er et nettbasert undersøkelsesverktøy, utviklet av Universitetet i Oslo (Nettskjema.no, 2024). Deretter gikk jeg over transkripsjonen manuelt, og rettet opp eventuelle feil og mangler. Pauser underveis mens elevene snakker er markert med tre punktum. Det ble gjort en tematisk innholdsanalyse basert på Tjoras (2021) SDI-metode av transkripsjonen, der målet var å systematisk trekke ut mening og forståelse fra det innsamlede materialet (Tjora, 2021, Dalland, 2020, s.98). Dette for å identifisere og forstå viktige trender og erfaringer av elevenes egenforståtte modelleringskompetanse, som kan ses opp mot analysen av videomaterialet.

Tjora (2021) argumenterer for en *stegvis-deduktiv induktiv* metode (heretter kalt SDI-metoden), der kodene utelukkende bestemmes ut fra hva informantene sier, fremfor hva de «mener». Dette gjorde jeg for å fange hva elevene faktisk sa, framfor å tolke hva de sa noe om. Denne metoden ble valgt for å redusere mitt avtrykk, min fortolkning av elevenes presentasjoner, og for å unngå premature konklusjoner (Tjora, 2021, s. 217–218). Dette kan også være med på å styrke studiens reliabilitet og validitet. Det kan være enklere å følge den empirinære kodingsprosessen, framfor å forholde seg til data som er fortolket, og så kodet. Tjora (2021) mener derimot at det er essensielt å bruke et dataprogram når man benytter

SDI-metoden, ettersom det blir mye data og svært mange koder å forholde seg til (Tjora, 2021, s. 220). Ettersom mitt datamateriale ikke var så stort, bare fire korte presentasjoner fra elever, valgte jeg å gjøre det manuelt, for å spare tid på å sette meg inn i et dataprogram. Analysemetoden kan derfor bare sies å være inspirert av Tjora (2021), fordi at jeg ikke bruker et datagenereringsprogram, og dermed ikke følger metoden slavisk. SDI-metoden består av seks steg. Det første steget ble gjort ved å velge tema, motivasjon og problemstilling, som kan leses i innledningen. Det andre steget handler om valg av metoden for datagenereringen, som for denne delen er lydopptak av presentasjonene for å kunne transkribere materialet, samt at jeg lyttet til lydopptakene før jeg startet selve analysen for å få et innblikk i hva dette handlet om. Det tredje steget var å lage innledende koder, som blir beskrevet under. Deretter er steg nummer fire og gruppere de innledende kodene. I steg nummer fem skjer en konseptutvikling, der det induktive blir mer deduktivt, med at de empirinære kodene utvikles til konsepter og hovedkategorier, som blir beskrevet mer detaljert lenger ned i dette underkapittelet. Det sjette og siste steget er en teoretisering av konseptene, som egentlig er å utvikle ny forståelse på et teoretisk nivå, som ikke er relevant i en masteroppgave, og derfor ikke gjort (Tjora, 2021, s. 252). Likevel vil metoden kunne anvendes for å utvikle en teori til slutt, fordi konseptene er enkelt å trekke direkte tilbake til empiri, samtidig som de kobles mot tidligere teori (Tjora, 2021, s. 251-252).

En svakhet ved denne metoden var at den var svært tidkrevende, og det ble mye data å holde styr på. Dette løste jeg ved å bruke fargekoder og tabeller for å skille dataene fra hverandre. Det finnes andre og enklere tematiske analysemetoder å bruke, men jeg ønsket at analysen skulle være så induktiv som mulig i begynnelsen, for å unngå egne tolkninger av datasettet. Dette var ekstra viktig siden jeg i utgangspunktet hadde en positiv opplevelse ved bruk av vertikale tusjtafler med elever tidligere, som jeg ikke ville at skulle påvirke analyseresultatene.

Læreren ga en del støtte og tilbakemeldinger og faglige spørsmål underveis i presentasjonene, noe som mest sannsynlig bidro til at elevene snakket mer enn de kanskje hadde gjort uten denne støtten. I noen av presentasjonene oppsummerte læreren en tolkning av det hun mente elevene hadde sagt. For eksempel:

Gruppe 2:

Elev 5: «Hvis du skulle være nede, så måtte du opp og på en måte gå ned på knærne og tegne».

Lærer: «Ja, at det er høydeforskjell, at det kan være behagelig å tegne øverst på tavlen, men at man faktisk må bøye seg litt hvis man skal bruke hele tavlen. Så plassering av tavlen rett og slett, kanskje?»

Elev 5: «Ja».

Analysene er derimot gjort på bakgrunn av elevenes faktiske ord, uavhengig av lærerens spørsmål, oppsummeringer, tolkninger og kommentarer underveis. Der læreren oppsummerte etter elevene hadde sagt noe, og eleven nikket eller svarte ja, ble allikevel lærerens ord utelukket fra innholdsanalysen. Utdrag fra tekst med lærerens stemme er likevel tatt med i resultatdelen, for å vise en sammenheng, og påvirkningen læreren kan ha hatt til forklaringen. Jeg gjorde det på denne måten for å begrense undersøkelsesområdet i oppgaven min, selv om det hadde vært veldig interessant å også se på lærerens betydning som støttespiller og stillas i elevenes refleksjoner rundt modellene sine.

3.6.2.1 Innledende koder

Det transkriberte materialet ble skrevet ut, deretter markerte jeg alle korte setninger som ga det som ble sagt mening. Språket i de innledende kodene er ikke fortolket, det er informantenes egne ord, slik at kodene kun er utviklet fra data og ikke fra hypoteser og lignende (Tjora, 2021, s. 219). Dette resulterte i en lang liste med korte setninger, som jeg kalte innledende koder, se tabell 4 for eksempel på dette.

Tabell 4 Transkribert materiale blir til innledende koder

Rådata	Innledende kode
<i>Og så slippes det jo ut co2 etter hvert, hvis vi henter opp olje og sånt.</i>	Slippes ut co2 hvis vi henter opp olje
<i>Mennesker og dyr og sånn, de starter å puste inn, de puster inn co2...Nei, de puster inn oksygen, og puster ut co2.</i>	Mennesker og dyr puster inn oksygen, og puster ut co2
<i>Ja, altså noen ganger blir dyr begravet under bakken, og så bli de der lenge, og blir så fossiler.</i>	Dyr begravet under bakken i lang tid blir fossiler
<i>Hvis du skulle være nede, så måtte du på en måte gå ned på knærne og tegne.</i>	Måtte sitte på knærne for å tegne nede
<i>Ja. Eller... Vi har egentlig bare tenkt masse, og så har vi egentlig tegnet det meste av ideene våres.</i>	Tenkt masse Tegnet det meste av ideene våre

3.6.2.2 Kodegruppering

Videre i analysen min, grupperte jeg de innledende kodene. Som regel kan kodegrupperingen være noe som danner et utgangspunkt for hva som vil bli analysens temaer, eller konsepter. Kodegruppering er rett og slett å samle sammen koder som har en innbyrdes tematisk sammenheng, og å skille ut koder som er irrelevante (Tjora, 2021, s. 230). Jeg laget kodegrupper for hver elevgruppe for seg, så alle gruppene fikk sine sett med unike kodegrupper. Noen steder så jeg at ulike elevgrupper fikk ulike navn på en kodegruppe

som hadde lik tematikk. Da valgte jeg å endre navnene på kodegruppene, så de kodegruppene med lik tematikk, fikk like navn. Der de innledende kodene inneholdt både forklaring, men også litt beskrivelse av det som ble modellert, ble de lagt under kodegruppen «kretsløp», ikke «beskriver hva som er tegnet». Tabellen under viser et eksempel, men ikke alle kodegruppene.

Tabell 5 Innledende koder blir til kodegrupper

Innledende kode	Kodegruppe
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ute av kretsløpet 2. Den kretsen som er den normale 	Kretsløp
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tegnet det naturlige kretsløpet 2. Tegnet døde trær og mennesker 3. Tegnet en bil som også slipper ut karbon 4. Tegnet fly 5. Tegnet kuer som slipper ut, og mennesker som slipper ut karbon 6. Så tegnet vi også regn som tar imot karboner 7. Tegnet vi også døde fisker i havet 	Beskriver hva som er tegnet
<ol style="list-style-type: none"> 1. En oljeplattform som vi mennesker har laget for å forstyrre kretsløpet 2. Vi putter altfor mye karbon ut i atmosfæren 	Mennesker ødelegger

3.6.2.3 Konseptutvikling

Videre ble kodegruppene puttet inn i et kodekonsept. Her blir det induktive mer deduktivt, ved at kodegruppene settes inn i en mer teoretisk overgruppe som Tjora (2021) velger å kalle konsepter eller modeller. Jeg kaller det konsepter. Hver kodegruppe ble da plassert inn i konsepter, og deretter inn i en hovedkategori. Dette førte til at det ble to overordna hovedkategorier, med tre konsepter i hver hovedkategori. Dette ble gjort for hver elevgruppe. Konseptet «forklarer karbonets kretsløp» kan inneholde innledende koder som var en blanding av beskrivelser og forklaring, der hovedvekten var på forklaringen. Konseptet «beskrivelse av hva som er modellert» inneholder kun innledende koder og kodegrupper som var beskrivelser av hva som var tegnet, uten noe særlig forklaring. De ulike kodegruppene fikk hvert sitt konsept, det var altså ingen kodegrupper som havnet i flere konsepter, og heller ingen innledende koder som havnet i flere kodegrupper. Tabell 6 og 7 viser eksempel på hvordan kodegruppene ble til konsepter, og deretter plassert i hovedkategorier. Alle de innledende kodene, som ligger bak kodegruppene, som deretter er satt inn i konsepter og til slutt i hovedkategorier, er ikke vist i tabellene av plasshensyn.

Tabell 6 Kodegrupper delt inn i konsepter blir til hovedkategori 1: Forklaring av modellen.

Hovedkategori 1: Forklaring av modellen			
Konsept	Forklarer karbonets kretsløp	Beskrivelse av hva som er modellert	Forståelse av menneskelig aktivitet som forstyrrer kretsløpet
Kodegruppe	Co2 Fangst Co2 Utslipp kretsløp	Beskrivende setninger Beskriver hva som er tegnet	Mennesker ødelegger
Innledende kode	Når folk dør, slipper vi ut karbon	Her er det noen trær Tegnet døde trær og	Kommer vi og ødelegger ved at vi tar ut Co2

	<p>Vi prøver å hente ut karbondioksid fra jordkloden</p> <p>Mennesker og dyr puster inn oksygen og ut Co2</p> <p>Planter tar opp Co2 og sollys og gjør om til oksygen</p>	<p>mennesker</p> <p>Tegnet døde fisker i havet</p> <p>Tegnet det naturlige kretsløpet</p>	<p>En oljeplattform som vi mennesker har laget for å forstyrre kretsløpet</p> <p>Slippet ut så mye at vi må prøve å samle det sammen</p>
--	---	---	--

Tabell 7 Kodegrupper delt inn i konsepter blir til hovedkategori 2: Refleksjon over bruken av tusjtaflene.

Hovedkategori 2: Refleksjon over bruken av tusjtaflene			
Konsept	Refleksjon rundt endringer av modellen	Refleksjon rundt den praktiske bruken av tusjtaflene	Refleksjon rundt samarbeid ved tusjtaflene
Kodegruppe	Bare å gjøre det Ikke gjort endringer Gjort endringer Idéer	Bedre plass Enkel måte å jobbe på Utfordrende å tegne nederst Kreativt	Inkludering Samarbeid
Innledende kode	Ikke hatt noen idéer vi har gått bort fra Tenkt masse Ikke ombestemt oss, men gjort endringer	Mye større plass Enkelt for alle å komme til Det gikk fint Måtte sitte på knærne for å tegne nede	Alle ble litt inkludert også Alle fikk gå nærme å tegne Følte vi samarbeidet mye bedre Det var lettere å samarbeide

3.6.3 Systematisering av resultater

Som ramme for videre systematisering av dataene mine valgte jeg å bruke forskningsspørsmålene som kategorier, der jeg plasserte analysefunn fra både observasjonen av filmopptakene og fra lydopptakene av presentasjonene. Dette blir presentert som resultatene av analysen, og blir beskrevet i resultatkapittelet. Furuseth og Everett (2020, s.159) mener det er en god idé å bruke forskningsspørsmålene som en ramme for selve fremstillingen av analysen, ettersom dette kan gjøre det enklere å systematisere datamaterialet og finne relevante mønstre. Etter denne systematiseringen, stod jeg igjen med noe datamateriale som ikke passet inn i rammen. Disse dataene anser jeg ikke relevante for oppgaven min, og blir derfor ikke presentert som resultater.

3.7 Forskningskvalitet

I dette delkapittelet skal jeg undersøke forskningens troverdighet. For at studien skal være til å stole på, er det viktig at fremstillingen av materialet er godt og nøye gjennomført (Anker, 2020, s. 108). Gjennom begrepene validitet, reliabilitet og generaliserbarhet vil jeg forsøke å være så transparent som mulig, så det blir enkelt å følge argumentene for valg som er tatt i denne oppgaven (Anker, 2020, s. 108–111).

3.7.1 Reliabilitet

Reliabilitet, eller pålitelighet, handler om hvorvidt undersøkelsen er gjort på en etterrettelig måte. Om dataene er til å stole på (Anker, 2020; Nyeng, 2012). Innenfor kvantitativ forskning er dette enklere å måle, ettersom målinger ofte er tellbare og konkrete (Nyeng, 2012, s. 107). I kvalitativ forskning er det ikke alltid like enkelt å beskrive målbare data, da blir det desto viktigere å sikre påliteligheten som jeg gjør gjennom å gi grundige beskrivelse av datainnsamlingen. Det er også viktig å gjøre en ryddig datainnsamling som ivaretar elevenes personvern, og som sikrer at det er enkelt å følge metoden, den kunne vært etterprøvd. Dataene mine, som er filmopptak og lydopptak er ikke enkelt for andre å faktisk vite om jeg har gjennomført som beskrevet. Likevel ved å legge ved beskrivelse av gjennomføringen, noen bilder, samt sitater fra transkriberte lydopptak synliggjør jeg prosessen i datainnsamlingen, som bidrar til å øke reliabiliteten. Jeg gjør også analyser som følger

konkrete steg beskrevet i tidligere forskning, og ulike metodebøker, som sikrer at det er lite plass til forhastete konklusjoner og synsing (Anker, 2020; Pruner & Liljedahl, 2021; Tjora, 2021). Ved å reflektere over elementer som kan ha påvirket forskningen styrkes studiens pålitelighet. I teorikapittelet vises mitt tankesett mot temaet vertikale tusjtafler og modellering, og når jeg deretter diskuterer funnene mot tidligere forskning, er dette tenkt å forsterke reliabiliteten. Aksel Tjora argumenterer for nettopp dette, at dersom koblingene redegjøres godt for, vil det styrke reliabiliteten i en kvalitativ studie som min (Tjora, 2021, s. 260).

3.7.2 Validitet

Validitet, eller gyldighet handler om en logisk sammenheng, om forskningsresultatene svarer på fenomenet som undersøkes. Undersøkelsen er ikke gyldig dersom den ikke besvarer problemstillingen (Anker, 2020, s. 109; Tjora, 2021, s. 260). Et element i denne studien som er viktig å trekke fram i denne sammenhengen er at undervisningsøkten var et samarbeid mellom lærer og meg. Læreren kan da ha hatt en forforståelse og en forutinntatthet før dataene ble samlet inn, som kan ha påvirket datainnsamlingen, samtidig som det gjorde datainnsamlingen mulig. Ved å filme elevenes faktiske modellering på tusjtafler og ta lydopptak av presentasjon av modellene, har jeg en datainnsamling som kan sees godt opp mot problemstillingen som er «hvordan kan vertikale tavler bidra til modelleringskompetanse hos elever». Analysen som tar for seg hvordan elevene bruker tavlene aktivt i modelleringen styrker validiteten, ettersom resultatene kan knyttes mot datainnsamlingen som viser dette i praksis. Validiteten styrkes også ved at det brukes flere datainnsamlingsmetoder, med både tallmateriale og elevers stemmer, der både filmopptakene og lydopptakene bidrar til innsikt i fenomenet.

Analysen i filmopptakene er gjort på bakgrunn av Liljedahls (2023, s.71) arbeids- og analysemetoder av en rekke studier han har gjort på elever som jobbet med problemløsning på vertikale tusjtafler. De er også inspirert av en konkret studie han gjorde sammen med Pruner på tavlefenomenet i 2021 og variablene ble valgt på bakgrunn av hva som var nødvendig for å besvare min problemstilling (Pruner & Liljedahl, 2021). Jeg har også gjort en såkalt in-vivo-koding av observasjonsnotatene enkelt etter Trine Anker (2020) sine fire steg.

Dette var for at sammenhengen skulle komme bedre fram slik at det ikke bare var min tolkning av observasjonsnotatene som avgjorde viktigheten av de ulike observasjonene som ble gjort (Anker, 2020, s. 77). Analysen av innholdet i presentasjonene elevene holdt, er gjort tematisk, etter Aksel Tjoras SDI-metode (Tjora, 2021) for å mulig oppdage mønstre og sammenhenger som ikke kommer frem i analysen av filmopptakene. Dette ble gjort for å bidra til å vise den fagspesifikke tilnærmingen, altså den naturfaglig modelleringen, ved bruken av de vertikale tusjtavlene, ettersom metoden er utviklet for problemløsning i matematikk.

Det var viktig at elevene som var med i undersøkelsen faktisk prøvde å modellere på de vertikale tusjtavlene, og at de var med på å reflektere rundt sin egen modelleringskompetanse etterpå, for å få data som kunne si noe om problemstillingen min.

3.7.3 Generaliserbarhet

Generalisering innenfor kvantitativ forskning kan ofte være statiske, og nærmest direkte overførbare. Slik er det ikke når vi gjør en avgrenset kvalitativ studie, men det betyr likevel ikke at studien ikke kan ha overføringsverdi (Anker, 2020, s. 110; Tjora, 2021, s. 268). Formålet med denne studien er ikke å generalisere, men å sette lys på et fenomen. En slik konseptuell generalisering kan bidra til at studien min gir innsikt som kan presenteres og testes for å utvikle kunnskap innenfor feltet (Tjora, 2021, s. 268). Hensikten er å belyse hvordan vertikale tavler kan brukes for å gi elevene modelleringskompetanse, som både er vurdert så viktig at det fikk en plass i LK20, men som også kan bidra til å gi elevene mediert læring i naturfaget. Gjennom undersøkelsen viser jeg at tavlene kan bidra til at enkelte elever og elevgrupper kanskje utvikler noe modelleringskompetanse, men dette betyr likevel ikke at det vil gjelde alle elever og elevgrupper som prøver dette. Likevel bidrar studien til å vise en metode lærere kan bruke for å modellere med elevene sine i klasserommet, men den gir også andre muligheten til å forske videre på temaet.

3.8 Forskningsetiske vurderinger

Forskningsetikk og forskerrollen henger tett sammen i kvalitative studier, og det er viktig at regler for personvern og anonymitet er overholdt (Anker, 2020, s. 112). Hvordan dette har blitt gjort, og hvilke vurderinger som ligger bak, skal beskrives i dette delkapittelet. Også min forskerrolle, som vil være med på å belyse denne studiens styrker og begrensninger vil få en plass her.

3.8.1 Søkeplikt og informert samtykkeskjema

Ettersom jeg i studien min skulle forske på barn i en undervisningssituasjon, som er vurdert å være en sårbar gruppe, måtte jeg sende inn en søknad til Sikt (se vedlegg 2). Sikt er et statlig forvaltningsorgan under Kunnskapsdepartementet som ble etablert 1.januar 2022 (Sikt.no, 2022). For å kunne forske etisk og lovlig ble det laget et informasjonsskriv med et samtykkeskjema ved hjelp av malene fra Sikt. Informasjonsskrivet ble utformet så det var både eleven/ungdommen og foresatte som skulle være leseren av skrevet, ettersom ungdommene var under 15 år og måtte ha foreldrenes godkjenning for å være med i prosjektet.

I det informerte samtykkeskjemaet ble prosjektet presentert, det var kontaktinformasjon til veileder og meg, samt en konkret beskrivelse av hva de samtykket til (se vedlegg 3). Det ble også presisert at deltakelsen var frivillig, og at eleven når som helst underveis i studiet kunne trekke seg uten at det ville føre til noe som helst ulempe for eleven. Dette fordi informert samtykke er et etisk veldig viktig moment når det forskes på mennesker (Nyeng, 2012, s. 161–162). Informantene skal ha nok informasjon til å vite hva de er med på, og ikke utsettes for noe mer enn det de har samtykket til (Anker, 2020, s.106). Dette perspektivet var hele tiden med meg videre i arbeidet med datamaterialet.

3.8.2 Datahåndtering

Ettersom dataene mine inneholdt både filmopptak og lydopptak var det veldig viktig å behandle dataene konfidensielt, da begge metodene regnes som personopplysninger. Å bruke filmopptak som metode gir flere etiske problemstillinger som må tenkes gjennom.

Bl.a. kan en rekke informasjon som ikke belyser problemstillingen, men som gir helt annen informasjon komme frem. Jeg valgte derfor å ha en klar plan for analysen før filmopptak, og valgte å se bort fra elementer som kom fram under opptakene som ikke var relevante for mitt forskningsprosjekt, for å ivareta elevens personvern (Blikstad-Balas & Klette, 2021, s. 163).

Filmopptakene ble gjort lokalt og ble umiddelbart etter filming lagret på «nettskjema», som er et nettbasert datafangstverktøy med veldig høy sikkerhet, som er godkjent å bruke for lagring av forskningsdata av Sikt (*Nettskjema.no*, 2024). Lydopptakene ble gjort på nettskjema sin egen diktafonapp i tillegg til et opptak lokalt for å sikre at jeg fikk dataene. Opptakene ble deretter lagret kryptert i nettskjema, og slettet fra telefonen. I nettskjema ble lydopptakene transkribert. Elever som var i klasserommet, som ikke hadde samtykket til å være med i undersøkelsen, ble gjort ekstra oppmerksomme på at det nå ble gjort lydopptak, og at det var viktig at de ikke snakket underveis i opptaket. Dette ble ikke noe problem, ingen elever som ikke hadde samtykket snakket underveis i lydopptakene til de andre gruppene. Etersom en presentasjon er en situasjon der mange elever føler seg ukomfortable, valgte jeg å ikke filme denne sekvensen, kun ta lydopptak. Dette for å ta hensyn til elevenes personvern og anonymitet, ettersom det da ikke er noen ansikter til det som blir sagt, men også for at situasjonen skulle bli så lite situert som mulig. De forskningsetiske retningslinjene for humaniora, juss og teologi krever at jeg som forsker tar hensyn til og ivaretar de personene prosjektet omfatter (Anker, 2020, s. 105).

3.8.3 Forskerrollen

Denne oppgaven har blitt skrevet av meg alene, og alle analysene er gjort uten at noen har kontrollsjekket det. Denne oppgaven blir da på mange måter min tolkning av teori opp mot dataene som kom inn, analysert av meg. Mine valg av analysemetoder bidrar likevel til at min forskerrolle skal bli så objektiv som mulig. Min interesse for modellering i naturfaget, og min personlige motivasjon for å engasjere elevene med nye arbeidsmetoder vil likevel direkte eller indirekte prege oppgaven. Bevisstheten min rundt viktigheten av objektivitet, gjorde likevel at jeg tok valg på bakgrunn av dette. Min tilstedeværelse i datainnsamlingen,

og ikke minst kameraene som stod i rommet, kan ha påvirket elevene til å være mer eller mindre aktive og engasjerte enn i en undervisningssituasjon med bare læreren til stede, derfor var det viktig for meg å prøve å holde meg i bakgrunnen og ufarliggjøre situasjonen ved å trekke meg litt i bakgrunnen og svare enkelt og hyggelig på spørsmål elevene måtte ha. En del elever var opptatt av etikk, og ryddighet ettersom det var store saker i media med politikere som ble tatt for fusk i masteroppgaven sin. Jeg forklarte elevene da hvordan jeg jobbet, og hva som var viktig i datainnsamlingen for å ha godt nok materiale til å kunne skrive en selvstendig tekst, og gjøre en pålitelig analyse av innsamlet datamateriale, for å være så transparent så mulig ovenfor elevene.

Enkelte resultater bidrar kanskje til å sette noen elever eller elevgrupper i noe dårlig lys, men var viktig for å se hvordan metoden påvirket modelleringskompetansen til elevene, likevel la jeg vekt på at anonymiteten ble sikret, og at elevene selv kunne lest det som ble skrevet uten at de følte seg uthengt. Resultatene er faglige og saklig begrunnet, og jeg la vekt på å være tro mot materialet, samtidig som jeg ivaretok informantene best mulig (Anker, 2020, s. 106). Jeg ivaretok også informantene ved å ikke navngi dem, men heller gi elevene tilfeldige nummer i ettertid. Jeg valgte å ikke angi kjønn, og der elevene brukte navn i lydopptakene, ble dette fjernet i transkripsjonene og byttet ut med elevnummer med en gang. Ved å tilrettelegge for at elevene som ikke hadde samtykket til å være med fikk fullverdig undervisning, og rette kameraene til en annen vinkel i klasserommet sørget jeg for at de faktisk ikke var med i kameralinsen. Jeg valgte også å gi en tydelig instruks om at de som ikke hadde levert samtykkeskjema måtte holde seg borte fra den delen i klasserommet som ble filmet, samt være stille når lydopptakene ble tatt, selv om læreren også hadde gitt beskjed om dette.

4 Resultater

«Også puster kua inn oksygenet, og når den puster ut, puster den ut med Co₂, som også da plantene tar opp, fordi de trekker inn Co₂. Og så spiser jo kua igjen de plantene som har Co₂ i seg». «Ja. Og så når kua dør, så slipper den ut litt Co₂, og da brytes kroppen ned, så blir det også Co₂ igjen under bakken».

To ungdomsskoleelever snakker iherdig, nærmest i munn på hverandre om karbonets kretsløp. De forklarer modellen de har laget av karbonets kretsløp til resten av klassen.

I dette kapittelet vil jeg systematisk presentere resultatene basert på funnene mine fra analyseprosessen. Kapittelet er strukturert med at jeg først viser en kortfattet sammenstilling av analysen, deretter er det underoverskrifter som representerer hvert av de tre forskningsspørsmålene. Noen av resultatene fra analysen av filmopptakene blir presentert i underkapittel 4.1. Deretter vil analysen av lydopptakene fra elevpresentasjonene bli brukt til å svare på underkapittel 4.2. Resultatene fra analysen av lydopptakene og resultater fra observasjonene av filmopptakene, blir presentert i underkapittel 4.3.

4.1 Sammenstilling av analysen

Her har jeg satt sammen resultatene i tabeller der x representerer hvorvidt elevgruppa har ett eller flere resultater i dette hovedtemaet fra filmopptakene eller konseptet fra lydopptakene. Nederst er en tabell over det målte aktivitetsnivået og kunnskapsmobiliseringen fra filmopptakene.

Tabell 8 Oversikt over resultater i hovedtemaer fra observasjon av kunnskapsmobiliseringen i filmopptak

Gruppe nummer	Kunnskaps mobilisering som fører til faglige samtaler	Kunnskaps mobilisering som fører til endringer på egen modell	Kunnskaps mobilisering som ikke fører til endringer på egen modell	Kunnskaps mobilisering pga. læreraktivitet
1	x	x	x	x
2		x	x	x
3		x		x
4	x	x	x	

Tabell 9 Oversikt over resultater i hovedkategori 1: Forklaring av modellen. Fra analysen av lydopptak.

Gruppe nummer	Forklarer karbonets kretsløp	Forståelse av menneskelig aktivitet som forstyrrer kretsløpet	Beskrivelse av hva som er modellert
1	x	x	x
2	x	x	
3	x	x	x
4	x	x	

Tabell 10 Oversikt over resultater i hovedkategori 2: Refleksjoner over bruken av tusjtaflene. Fra analysen av lydopptak.

Gruppe nummer	Refleksjon rundt endringer av modellen	Refleksjon rundt den praktiske bruken av tusjtaflene	Refleksjon rundt samarbeidet ved tusjtaflene
1	x	x	x
2	x	x	
3	x	x	x
4	x	x	x

Tabell 11 Aktivitetsnivå hos enkeltelever i gruppe 1,2,3 og 4

Gruppe 1	Aktiv modellering første fem minutter	Aktiv modellering hele undervisningen	Kunnskapsmobilisering Antall og tidspunkt
Elev 1:	9	33	
Elev 2:	15	44	2 04:31, 22:22
Elev 3:	10	44	7 04:31, 13:13, 13:46, 15:29, 17:34, 18:24, 18:56
Totalt:	34	121	9

Gruppe 2	Aktiv modellering første fem minutter	Aktiv modellering hele undervisningen	Kunnskapsmobilisering Antall og tidspunkt
Elev 4:	9	40	8 03:54, 05:31, 06:25, 13:23, 18:38, 19:00, 21:29, 25:35
Elev 5:	7	42	1 18:50
Elev 6:	4	11	6 09:18, 09:38, 12:00, 13:13, 13:46, 14:16
Totalt:	20	93	15

Gruppe 3	Aktiv modellering første fem minutter	Aktiv modellering hele undervisningen	Kunnskapsmobilisering Antall og tidspunkt
Elev 7:	4	12	1 08:15
Elev 8:	6	24	2 02:43, 07:26
Elev 9:	12	41	8 04:52, 06:51, 08:10, 08:45, 10:47, 11:20, 13:48, 20:30
Totalt:	22	77	11

Gruppe 4	Aktiv modellering første fem minutter	Aktiv modellering hele undervisningen	Kunnskapsmobilisering Antall og tidspunkt
Elev 10:	13	22	8 09:30,10:40,11:45, 12:17, 12:30, 13:30, 14:53, 12:16
Elev 11:	18	52	7 07:30, 08:35, 10:40, 11:45, 14:53, 19:59, 20:34
Elev 12:	13	35	4 10:40, 15:00, 20:34, 21:57
Totalt:	44	109	19

4.2 Lage og endre modellen

Kunnskapsmobilisering Antall og tidspunkt
8 09:30, 10:40, 11:45, 12:17, 12:30, 13:30, 14:53, 12:16
7 07:30, 08:35, 10:40, 11:45, 14:53, 19:59, 20:34
4 10:40, 15:00, 20:34, 21:57
19

Et av hovedfunnene i analysen av filmopptakene var hvor aktive gruppene var i å bruke andre gruppers tavler som inspirasjon og hjelp til å komme videre i sin egen modelleringsprosess. Figur 3 viser et utdrag av tabell 11.

Tidspunktene for når elevene pekte eller tydelig så på en annen gruppes tavler ble notert, og for hvert tidspunkt dette skjedde ble det skrevet observasjonsnotater.

Figur 3 Utdrag fra tabell 11.

Analysen av observasjonsnotatene til kunnskapsmobiliseringen i filmopptakene førte til fire hovedtemaer som gikk igjen når elevene så eller pekte på andre gruppers tavler. Disse fire temaene var kunnskapsmobilisering som førte til faglige samtaler, kunnskapsmobilisering som førte til endringer på egen modell, kunnskapsmobilisering som ikke førte til endringer på egen modell og kunnskapsmobilisering pga. læreraktivitet (kan sees i tabell 8 i sammenstilling av analysen). Dersom elevene hadde sittet ved gruppebord og jobbet hadde det ikke sikkert det hadde vært like enkelt å se de andre gruppenes modeller. Dette resultatet viser derfor et bidrag tusjtavlene kan gi elevene i modelleringsprosessen.

4.2.1 Kunnskapsmobilisering som fører til faglige samtaler

I observasjonsnotater av filmopptak av modelleringen kommer det fram at gruppe 1 og gruppe 4 hadde faglige samtaler eller diskusjoner etter de hadde sett på andre gruppers modellering. Kunnskapsmobiliseringen som skjedde mellom gruppene førte til at elevene på samme gruppe begynte å argumentere, diskutere eller snakke faglig sammen. Mange av observasjonsnotatene fra gruppe 4 havnet i denne kategorien, men de var også den gruppa som hadde sett mest på andres tavler, og derfor hadde flest notater fra observasjonen.

Gruppe 1:

15.29 → Studerer nabogruppa, og diskuterer hvorfor de har med ulike elementer.

Gruppe 4:

09.30: → Diskusjon om hva som er viktigst på modellen etter å ha sett på nabogrupperas modell.

13.30 → Diskusjon om hvorvidt andres modellelementer viser fenomenet dårligere eller bedre enn de elementene gruppa selv har valgt å fokusere på.

4.2.2 Kunnskapsmobilisering som fører til endringer på egen modell

Det neste hovedtemaet som kom frem i observasjonen av filmopptakene var kunnskapsmobilisering som førte til at gruppa endret sin egen modell. Det var ulike årsaker til hvorfor gruppene så på andres tavler, for så å endre sin egen. Noen av endringene fikk kodegruppenavnet; låne idéer, eller settes i gang igjen, dette var endringer som ofte skjedde etter at gruppen hadde stått ganske stille uten å aktivt modellere en stund. Alle fire gruppene hadde kunnskapsmobilisering som førte til endringer på sin egen modell. Se utvalgte eksempler som havnet i dette hovedtemaet i kodingen av observasjonsnotatene.

Gruppe1:

04:31 → To på gruppa begynner å se på nabogruppa tidlig, kommer skikkelig i gang etter at de har sett hvordan nabogruppa begynte.

Gruppe 2:

05:31 → Tydelig at elevene ikke helt vet hvordan de skal utvikle modellen videre, ser på nobotavla, deretter på oppgavearket, før elevene tegner mer på modellen.

Gruppe 3:

20:30 → Sluttet å modellere en lang stund, men etter samtale med en på nabograppa og peking på deres modell, fortsetter modelleringen litt til.

Gruppe 4:

11:45 → Elev 11: Er det noe vi har glemt?

Elev 10: «Vi må se på folk, se på de der borte». *Peker*.

4.2.3 Kunnskapsmobilisering som ikke fører til endringer på egen modell

Det var også flere ganger gruppene så på andres modeller, uten at de hverken begynte å diskutere eller endre noe på sin egen modell etterpå. Disse kunnskapsmobiliseringene handlet om to ting, det var ren observasjon av andres modell, og at gruppene viste frem modellen sin til andres grupper. Gruppe 3 har ingen resultater i dette hovedtemaet. Under vises utvalgte eksempler på dette.

Gruppe 1:

18:24 → Peker på nabograppas modell, og viser elementer på egen modell til nabograppa.

Gruppe 2:

13:23 → En elev på nabograppa viser tydelig stolt frem deres modell til eleven.

4.2.4 Kunnskapsmobilisering pga. læreraktivitet

Det var også ofte elevene så på andres tavler fordi læreren gikk bort til andre grupper. Når læreren begynte å snakke med en annen gruppe, stoppet gruppene ofte opp og hørte på hva læreren sa til en annen gruppe. Kunnskapsmobiliseringen skjer derfor ikke *bare* ved å se på andre gruppers tavler, men er et resultat av å se på andre gruppers tavler og lærerens kommunikasjon ved tavlen de ser på. Dette skjedde i gruppe 1, 2 og 3, men ikke i gruppe 4.

Gruppe 1:

22:22 → Følger nøye med på en annen modell når læreren snakker om den med elevene.

Gruppe 2:

12:00 → Eleven følger nøye med når læreren kommer til nabetavla. Etter å ha fulgt med på deres samtale, endrer eleven noe på gruppas modell.

Gruppe 3:

12:54 → Læreren begynner å peke på og snakke med gruppa ved siden av, da ser hele gruppa på tavla til gruppa læreren snakker med.

4.3 Forklare og forstå

I lydopptakene av presentasjonene fikk jeg innblikk i hvordan elevene forklarte og forstod modellen sin. Dette underkapittelet tar for seg funnene gjort i analysen av transkribert materiale fra lydopptak. Det ble gjort ulike funn, som resulterte i tre konsepter. Det ene konseptet var gruppenes forklaring av fenomenet de skulle modellere, altså karbonets kretsløp. Det andre var beskrivelse av fenomenet, det tredje konsept var gruppenes tolkning av hvordan menneskelig aktivitet påvirker kretsløpet. Det første konseptet som handler om gruppenes forklaring av karbonets kretsløp kan inneholde noe beskrivelser, dersom hovedfokuset var en forklaring. Det andre konseptet som handler om beskrivelse av modellen inneholder lite eller ingen forklaring rundt fenomenet.

4.3.1 Forklarer karbonets kretsløp

Det første konseptet handler om hvordan elevene forklarte karbonets kretsløp, som et fenomen som de hadde forstått og ville fortelle videre om. Alle fire gruppene kunne forklare i grove trekk, ved hjelp av modellen sin, hva karbonets kretsløp handler om, selv om det er usikkert om gruppe 3 hadde forståelse av hva et kretsløp i seg selv er. I presentasjonene gruppene holdt på slutten av undervisningsøkta av kommer dette fram.

Gruppe 1:

Gruppen startet med å forklare fotosyntesen, før en annen elev tar over presentasjonen.

Elev 2: «Ja. Også puster kua inn oksygenet, og når den puster ut, puster den ut med CO_2 , som også da plantene tar opp, fordi de trekker inn CO_2 . Også spiser kua igjen de plantene som har CO_2 i seg».

Lærer: «...da sa dere at det var en liten runding øverst, og så har dere en litt sånn større

runding».

Elev 1: «Ja, de tre første punktene her, det hører til det kortsiktige kretsløpet, og de to nederste her, det er det langsiktige».

Gruppen ser ut til å ha en enighet om at modellen forklarer et kretsløp, uten begynnelse og slutt, og at enkelte deler av kretsløpet er langsommere.

Gruppe 2:

Også denne gruppa viser forståelse for at kretsløpet ikke er lineært, men at det er flere prosesser som skjer samtidig og med ulik hastighet.

Elev 4: «Ja, altså noen ganger blir dyr begravet under bakken, og så blir de der lenge, og blir så fossiler. Da er de på en måte ute av kretsløpet da, for de skal ligge der i flere millioner år....»

Der gruppe 1 snakker om et kortsiktig og et langsiktig kretsløp, snakker gruppe 2 om at noe kan være ute av kretsløpet, for så å komme inn i kretsløpet igjen ved en senere anledning.

Gruppe 3:

Denne gruppa bruker begrepet naturlig kretsløp, men forklarer kretsløpet som om at det starter et sted, som mulig kan være en misoppfatning eleven eller gruppa har:

Elev 7: «Vi har tegnet det naturlige kretsløpet. Som da går fra, starter med CO_2 , og så blir det tatt opp av vannet, og så er det planter, og så er det dyr som spiser planter og sånne ting, og så puster dem ut CO_2 igjen». Når neste elev fortsetter å forklare kretsløpet, fortsetter eleven systematisk videre på sirkelen, etter der første elev forklarte.

Gruppe 4:

På gruppe 4 forklarer først en elev litt hva de har tegnet, og snakker om hvor CO_2 blir laget:

Elev 10: «Vi har tegnet litt sånn, hva som dør eller hvor CO_2 blir lagd».

En annen elev på gruppa tar over og forklarer hva de mener med det:

Elev 11: «Ja, fordi trær slipper ut oksygen, og så det puster mennesker og dyr inn. Og når de puster ut, så kommer karbon ut, ja».

Gruppa støtter hverandres forklaringer, for å komme frem til en konklusjon for hvordan de vil forklare kretsløpet.

4.3.2 Beskrivelse av hva som er modellert

Det andre konseptet som kom frem i analysen av presentasjonene var at gruppene også hadde en del nesten rene beskrivelser av hva de hadde tegnet på modellen sin. Dette var beskrivelser av hva som ble tegnet, og hadde ikke nok forklaring i seg til å bli kodet som «forklarer karbonets kretsløp». Dette gjorde det vanskelig å vite om elevene hadde forståelse av modellen sin. Særlig gruppe 3 gjorde dette mye som vist i eksempelet under:

Gruppe 3:

Elev 6: «...Også har vi tegnet døde trær og mennesker og sånne ting. Og så har vi tegnet en bil som også slipper ut karbon».

Elev 7: «Vi har tegnet fly, vi har tegnet kuer som slipper ut, og mennesker som slipper ut karbon».

Læreren prøver også på et tidspunkt i presentasjonen å få elevene i gruppe 3 til å forklare mer, uten å bare presentere hva modellen viser:

Lærer: «Er dette havet, eller? De bølgene?»

Elev 6: «Ja».

Elev 7: «Så tegnet vi også regn som tar imot karboner. Og så tegnet vi også døde fisker i havet. Og sånn».

Grappa fortsatte beskrivelsene av hva de hadde modellert, uten å forklare noe rundt fenomenet. Hvorfor var fiskene døde? Hva mente de med at regn tar imot karboner?

4.3.3 Forståelse av menneskelig aktivitet som forstyrrer kretsløpet

Det tredje konseptet handler om elevenes forståelse av hvordan menneskelig aktivitet endrer karbonets naturlige kretsløp, som gir et innblikk i dybdeforståelsen av fenomenet. Alle fire gruppene hadde med menneskelig aktivitet i modellene sine, men hadde ulike måter å forklare og beskrive hvordan dette ble en del av kretsløpet:

Gruppe 1:

Grappa brukte konsekvent begrepene det kortsiktige og det langsiktige kretsløpet, og kunne ved hjelp av modellen forklare hvordan den menneskelige aktiviteten forstyrret det

kortsiktige kretsløpet.

Elev 3: «...når kua dør, så slipper den ut litt CO_2 , og da brytes kroppen ned, så blir det CO_2 igjen under bakken. Og så går den opp tilbake dit, så blir det et eget kretsløp, men at det på en måte er også der og. Og så da blir jo den på en måte fossiler da».

Elev 2: «Og så slippes det jo ut CO_2 etter hvert hvis vi henter opp olje og sånt».

Gruppe 2:

Her forklarer gruppa på samme måte, ved at døde dyr fanger karbonet under bakken:

Elev 4: «Ja, altså noen ganger blir dyr begravet under bakken, og så blir de liggende lenge, og blir så fossiler. Da er de på en måte ute av kretsløpet da, for de skal ligge der i flere millioner år. Men så kommer vi mennesker da, og graver ned og tar ut det, sånn at det kommer mer i kretsløpet, som da er dårlig for miljøet».

Gruppe 3:

Gruppa beskriver hva som kan forstyrre kretsløpet, men har ingen forklaring på fenomenet, hvor karbonet hentes fra, eller hvor det var lagret:

Elev 6: «Og så har vi tegnet en oljeplattform som vi mennesker har lagd for å forstyrre kretsløpet da, med at vi putter alt for mye karbon ut i atmosfæren igjen...» «Og så har vi tegnet en bil som også slipper ut karbon».

Gruppe 4:

Gruppa har tegnet noe på modellen sin som de kaller «en karbonfangst» som de har lært om tidligere.

Lærer: «Hvorfor har dere tenkt på karbonfangst?»

Elev 8: «Fordi vi prøver å hente ut igjen karbondioksid fra jordkloden».

Elev 9: « Fordi vi har slippet ut så mye, at vi må prøve å samle det sammen».

Heller ikke denne gruppa forklarer noe om hvor karbonet som menneskene slipper ut er hentet fra, eller hva karbonfangsten gjør.

4.4 Modelleringsprosessen

I lydopptakene av elevens presentasjoner fikk jeg innblikk i hvordan elevene selv reflekterte over sin egen modelleringsprosess. I denne analysen kom jeg fram til tre konsepter, og viser disse konseptene opp mot funn i analysen av modelleringsprosessen fra observasjonsnotatene til filmopptakene. Det første konseptet handler om endringer av modellen, det andre konseptet handler om den praktiske bruken av tusjtaflene og det tredje konseptet handler om samarbeidet ved tusjtaflene. Underkapittel 4.3.1 og 4.3.3 vil inneholde resultater av analysefunn både fra lydopptak og filmopptak. Underkapittel 4.3.2 inneholder bare resultater fra lydopptakene.

4.4.1 Endringer av modellen underveis

I oppgaveteksten for undervisningsøkten ble det skrevet at gruppene i presentasjonen skulle fortelle hvilke idéer de hadde hatt som de gikk bort fra, og hvorfor de gikk bort fra idéene. Denne formuleringen bidro nok ikke til nevneverdige refleksjoner rundt endringene som faktisk ble gjort underveis i modelleringen, ettersom tre av gruppene sa i presentasjonen at de ikke hadde gjort noen endringer. Gruppe 2 nevnte noen småendringer som hadde blitt gjort, men sa i presentasjonen at de hadde tegnet alle idéene sine. De anså kanskje ikke disse endringene som idéer de hadde gått bort fra.

Gruppe 2:

Elev 5: «*Vi har ikke hatt noen idéer som vi har gått bort fra*».

Lærer: «*Ja*».

Elev 5: «*Vi har ikke ombestemt oss, men vi har gjort endringer*».

...

Elev 5: «*For eksempel var det bare en gravstein på starten, og ett tre og ett menneske, og så la vi til det*».

Funn i observasjonsnotater av filmopptakene viser at alle gruppene gjorde flere endringer, altså tegnet eller visket ut noe på modellen sin underveis. Tabell 11 viser hvor mange konkrete endringer som ble gjort bare etter at gruppa har sett på andres tavler, som var et

av hovedtemaene i analysen av filmopptakene (se forklaring av hovedtemaer i kapittel 3.6.1.1), det forekom også flere endringer utenom dette.

Tabell 12 Oversikt over antall endringer gjort etter kunnskapsmobiliseringer

	Gruppe	Antall endringer
Kunnskapsmobilisering som fører til endringer på egen modell	1	3
	2	2
	3	4
	4	5

Dette viser til flere endringer i alle grupper. Antall endringer også godt på aktivitetsnivået til elevene, som kan sees i tabell 11 i sammenstillingen av analysen. Antall ganger hver elev pekte, tegnet eller visket ut noe på tavla viste et svært høyt aktivitetsnivå i alle gruppene. Alle gruppene endret modellen sin mange ganger, men resultatene viser at gruppene ikke så på disse endringene som å ha gått bort fra idéer. Dermed argumenterte de ikke for endringene gjort underveis i modelleringen i presentasjonen til slutt. Oppgaveteksten kan ha spilt en rolle for hvorfor dette resultatet ble som ble. Kanskje var ikke dette noe elevene enten oppfattet som endringer selv, eller registrerte at de gjorde. Eventuelt klarte de ikke å sette ord på endringene i en presentasjon av modellen.

Ved å se på noen av observasjonsnotatene som ligger bak de presenterte tallene i tabell 12, vises tydelig at gruppene gjør endringer, som kan sees i eksemplene under.

Gruppe 1:

13:13 → Studerer nabogruppa, diskuterer med gruppa som peker og endrer modellen.

Gruppe 4:

19:59 → Har vært «ferdig» en stund, men peker på nabotavla, pusser ut og endrer noe på den «ferdige» modellen.

4.4.2 Den praktiske bruken av tusjtavlene

Elevene hadde også fått beskjed om å si noe om hvordan de syntes det var å jobbe på en vertikal tusjtafle framfor på ark i presentasjonen sin. På dette punktet hadde gruppene mange tanker og mye av refleksjonene gikk på den praktiske bruken av tusjtavlene. I presentasjonene kom det også fram at alle gruppene likte denne måten å jobbe på, og flere nevnte at det var enklere for alle å komme til.

Gruppe 1:

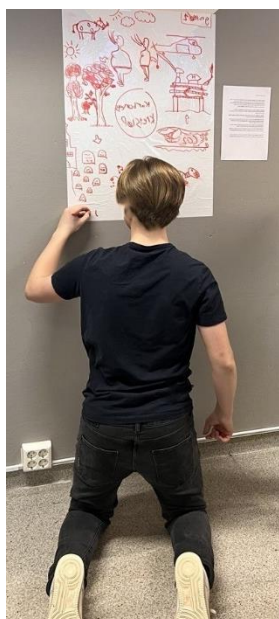
Elev 1: «Det var litt enklere for alle å komme til».

Gruppe 2:

Elev 5: «Mye større plass. Da var det lett for alle å komme til det».

Gruppe 3:

Elev 8: «...Og alle fikk liksom gå nærme og tegne, og...ja».



Figur 4 Elev sitter på knærne

Gruppe 2 og gruppe 4 nevner også utfordringer ved å modellere på tusjtavlene. De syntes det var vanskelig å komme til nederst på tavlene, og at de måtte sette seg på knærne for å få tegnet. Figur 4 viser hvordan enkelte høye elever satte seg ned på knærne for å få tegnet nederst på tusjtafle. Elevenes høydeforskjeller gjorde det vanskelig for enkelte å bruke hele tavlen.

Gruppe 2:

Elev 4: «Hvis du skulle være nede, så måtte du på en måte gå ned på knærne og tegne».

4.4.3 Samarbeid ved tusjtavlene

Alle fire gruppene nevnte i presentasjonen at tavlene gjorde samarbeidet enklere enn det er ved modellering på ark. Inkludering og samarbeid ble hovedtemaer som gikk på tvers av alle elevgruppene i kodingen av presentasjonene. Elevene hørte hverandres presentasjoner, og kan ha påvirket hverandre til at disse begrepene og refleksjonene gikk igjen, men ble presentert som relevant å snakke om for alle grupper. Se utvalgte eksempler fra gruppe 1, 3 og 4.

Gruppe 1:

Elev 2: «...ja, alle ble litt inkludert også».

Gruppe 3:

Elev 8: «Det var veldig kreativt, og jeg følte vi fikk samarbeidet mye bedre...»

Gruppe 4:

Elev 10: «Det var lettere å samarbeide».

Elev 11: «Ja, det var lettere for alle å komme med ideer».

Funnene i filmopptakene viser at alle elevene på hver elevgruppe var svært aktive i å tegne på tavla, det var ikke bare én person på gruppa som modellerte som kan sees i sammenstillingen av analysen i tabell 11. Graden av kommunikasjon som diskusjoner, samtaler og gestikulering på elevgruppene har jeg ikke notert data på, men funn i analysen av kunnskapsmobiliseringen viser at dette ble gjort. Kommunikasjon mellom elevene på samme grupper, men også med elever på andre grupper, foregikk hele veien, gjennom hele modelleringsprosessen. Dette er også er en viktig del av samarbeidet i gruppa, selv om dette ikke er fokuset i oppgaven min.

Resultater fra analysen av filmopptakene viser at elevene var veldig aktive både i å modellere, altså tegne og peke på tavla, de første fem minuttene, men også i å se på andres modeller underveis gjennom hele aktiviteten. Alle enkeltelever viste engasjement for oppgaven. Se tabell 11 om viser den høye aktiviteten hos alle elevene i sammenstilling av analysen, kapittel 4.1. Som vist i tabellen har gruppe 1 høyest aktivitet i modelleringen. Gruppe 4 er den gruppa som ser mest på de andres modeller. I alle fire gruppene kan du se at alle elevene er aktive, og tilfører endringer på modellen som kan tyde på at det var enkelt

for alle å komme til på tavla og samarbeide for å tegne modellen. Hvis du ser på bidrag til aktiv modellering og kunnskapsmobilisering, ser du den laveste aktiviteten totalt sett hos elev 7 i gruppe 3.

Observasjonsnotater fra filmopptakene viser at det også var mye samarbeid på tvers av gruppene.

Gruppe1:

18:56 → Spør nabogruppa: Hvordan tegna dere det? Mens eleven peker på fagteksten.

Gruppe 2:

13:23 → En elev på nabogruppa viser tydelig stolt frem deres modell til eleven.

19:00 → Eleven diskuterer fagtekst med elev på nabogruppa, henvender seg så til egen gruppe, peker på fagtekst og endrer modellen.

Gruppe 3:

20:30 → Sluttet å modellere en lang stund, men etter samtale med en på nabogruppa fortsetter modelleringen litt til.

Gruppe 4:

10:40 → Hele gruppa ser på andres tavler, begynner å diskutere faglig med nabogruppa, og endrer da også små detaljer på sin modell.

5 Diskusjon

I dette kapitlet skal jeg diskutere analysene der det kom fram flere muligheter, men også utfordringer, knyttet til bruken av vertikale tusjtafler for å modellere i naturfagundervisningen. Problemstillingen skal jo besvare hvordan vertikale tusjtafler kan bidra til modelleringskompetanse hos elever. Noen av bidragene tusjtaflene gir er elevenes muligheter til å aktivt kunne være med i modelleringen, selve nedtegningen av en modell, det er plass til at alle på gruppa kan tegne. Også fordelene med å kunne se på andre gruppers tavler og støtten læreren kan gi flere grupper på likt, selv om hjelpen bare er tiltenkt en gruppe, er et tydelig bidrag tusjtaflene gir. En av utfordringene var elevenes egen refleksjon rundt modelleringsprosessen.

For å få et innblikk i hvordan tavlene kan bidra eller ikke bidra til at elever kan få modelleringskompetanse vil diskusjonen struktureres etter forskningsspørsmålene:

- 1. Hvordan bidrar vertikale tusjtafler til at elever klarer å lage og endre en modell?*
- 2. Hvordan forklarer og forstår elever modellen sin etter undervisning med bruk av vertikale tusjtafler?*
- 3. Hvordan reflekterer elever over modelleringsprosessen som blir gjort på de vertikale tusjtaflene?*

Jeg vil også ta for meg hvordan forskningsspørsmålet kan kobles til en tredelt modelleringskompetanse. På bakgrunn av Gilbert og Justi (2016), Schwarz et. al. (2009) og Van Joolingen et. al. (2019) sine definisjoner og forklaringer av modelleringskompetanse utviklet jeg i teorikapitlet en tredelt definisjon av hva modelleringskompetanse er:

1. Elevene er i stand til å forstå en modell.
2. Elevene er i stand til å lage, og endre en modell.
3. Elevene er i stand til å forklare en modell og prosessen med å lage den.

I dette kapitlet knyttes resultatene mer sammen, og vil ikke ha en klar deling. Derfor kan det både være resultater fra filmopptak og lydopptak som blir diskutert med hensyn til om det kan svare på forskningsspørsmålet og knyttes til én eller flere av

modelleringskompetansens tre deler. Helt til slutt vil jeg se på styrkene og svakhetene ved forskningsdesignet.

5.1 Hvordan bidrar vertikale tusjtafler til at elever klarer å lage og endre en modell?

I resultatdelen ble det første forskningsspørsmålet presentert med funn fra observasjonen av filmopptakene der selve modelleringen fant sted. Det var hovedtemaene som gikk igjen i kunnskapsmobiliseringen, altså blikk og pek som elevene gjorde mot andre gruppers tavler, som ble presentert som et systematisert resultat av dette forskningsspørsmålet. Ved å gå inn på modelleringskompetansens andre del, skal jeg nå diskutere flere resultater fra undersøkelsen som kan knyttes til det første forskningsspørsmålet som handler om hvorvidt elevene klarte å lage og endre en modell.

5.1.1 Modelleringskompetansens andre del: Kunne lage og endre modellen

I definisjonen av modelleringskompetansen handler den andre delen om at elever skal være i stand til å lage, og endre en modell. Å være i stand til å *lage* en modell, innebærer hvorvidt elevene innehar nok kunnskap om hva en modell er, men også nok kunnskap om fenomenet til å kunne modellere det (Gilbert & Justi, 2016). Læreren til elevene i undersøkelsen hadde hatt mye undervisning der elevene både tegnet, modellerte og brukte modeller i naturfagtimene, så elevene visste godt hva det ville si å lage en modell av noe. For å friske opp temaet karbonets kretsløp startet læreren en helklassesamtale i begynnelsen av timen. Dette var et tema de hadde hatt undervisning i et par uker tidligere. I tillegg hang det en fagtekst ved siden av hver tusjtafle, denne fagteksten leste også læreren høyt opp for elevene. Likevel var det veldig interessant å observere i filmopptakene hvordan elevene ofte, framfor å se på fagteksten, henvendte seg mot andre medelever, enten på sin egen gruppe, eller på andre grupper når det så ut til at de manglet noe kunnskap for å modellere videre. Å være i stand til å *endre* en modell handler om hvorvidt elevene forstår at de kan endre modellen sin, dersom de får økt kunnskap, at de forstår at modellen ikke må se akkurat slik eller slik ut, men at den kan være dynamisk (Schwarz et al., 2009).

5.1.2 Lage modellen

Et interessant funn var som sagt å se hvordan elevene brukte medelever for å komme videre i modelleringen sin. Det kan se ut som at tilgangen til andre gruppers tavler økte det totale aktivitetsnivået til gruppene. Undersøkelsen min viste et veldig høyt aktivitetsnivå hos alle grupper, og antall endringer etter kunnskapsmobiliseringer viste at aktiviteten økte etter elevene hadde sett på andre taver. Det nyskapende med tusjtavlene, fremfor vanlig gruppearbeid ved pulter er nettopp muligheten elevene har til å ikke bare mobilisere kunnskap mellom elever på samme gruppe, men også enkelt få god hjelp av medelever på andre grupper, bare ved å rette blikket mot en annen tavle (Liljedahl, 2023; Pruner & Liljedahl, 2021). Enkelte av observasjonsnotatene fra kunnskapsmobiliseringen viste også at noen elever lånte idéer fra andre. Liljedahl (2023, s.63) argumenterer for at dette, oftere enn ren kopiering, handler om at elevene ser det som en hjelp å kunne låne idéer når de står fast for å klare å tenke videre, og at de ikke hadde kommet seg videre i problemløsingen uten å gjøre dette. Elevenes endringer etter å ha sett på andres tavler viser derfor at tusjtavlens enkle måte å kunne samarbeide på tvers av grupper, gir et totalt høyt aktivitetsnivå i elevgruppene.

I undersøkelsen min kan det se ut som at elevene hadde høyt engasjement og læring underveis i modelleringen. Alle elevenes høye aktivitetsnivå gjennom hele økta, og kunnskapsmobiliseringene som førte til faglige samtaler i gruppe 1 og 4 peker på et faglig engasjement i gruppene. Forrester et al. (2017) forsket på vertikale tavler i Australia, og et av funnene i deres undersøkelse var at lærerne opplevde at elevene var mer engasjerte når de jobbet på tusjtavler, framfor i en vanlig undervisningssituasjon ved pulter. Undersøkelsen min hadde ikke en kontrollgruppe som jobbet ved pulter, men svarene der elevene selv sammenligner å jobbe på tusjtavlene fremfor på ark indikerer at denne metoden å jobbe på var noe de satte pris på. Sælemyr og Bjørndals (2019) undersøkelse av elevers opplevelse av læring og trivsel i naturfagundervisningen viser at elever foretrekker arbeidsmetoder som legger til rette for aktivitet, samarbeid og diskusjoner, som kan være noe av bakgrunnen for hvorfor elevene var så aktive i undervisningen ved tusjtavlene. Dette kan peke på at metoden økte elevenes selvopplevde trivsel, og et høyt aktivitetsnivå og faglige samtaler etter kunnskapsmobilisering kan tyde på økt læring, som jeg skal gå nærmere inn på senere.

Kunnskapsmobiliseringene gruppene har innad gir dem gode muligheter til å endre modellen underveis, ved hjelp av kommunikasjon. Kunnskapsmobiliseringen på tvers av gruppene kan være med på å gi enda mer kunnskap, som kan føre til ytterligere endringer. Enten det handler om å tilføre modellen elementer, eller om det fører til at elevene vil fjerne elementer fra modellen. Nettopp denne evnen til å korrigere kunnskap, er en av ferdighetene som blir beskrevet i Lindholms (2021) bok om dybdelæring, som et perspektiv for å få til kunnskap som kan overføres fra en sammenheng til en annen sammenheng (Lindholm, 2021, s. 180–183). I Pruner og Liljedahls (2021) forskning på tavlefenomenet så de at elevene vendte seg mot andre elevgruppers tavler når de stod fast i problemløsingen sin, som er det samme fenomenet som oppstod i undervisningen jeg undersøkte. Funn i alle gruppene viste at kunnskapsmobiliseringer som førte til endring på egen modell ofte var på bakgrunn av at elevene stod fast i sin egen prosess, og ikke visste hvordan de skulle gå frem videre. Hva disse endringene innebar har jeg ikke undersøkt nøyere, så det er en mulighet for at dette var på et rent estetisk nivå, at de finpusset tegningen. Pruner og Liljedahl (2021) argumenterer likevel for at med en økt tilgang til ressurser, der man kan få støtte underveis i problemløsingen sin vil øke dialogen og aktiviteten i klasserommet, som igjen vil gi økt læring. De vertikale tusjtavlene kan bidra til at elever får flere ressurser å bruke for å komme videre i modelleringsprosessen, framfor å måtte vente på hjelp.

Det ser ut som de vertikale tusjtavlene kan fungere som et medierende verktøy, som kan støtte elevenes evne til metamodellering. Metamodellering vil si elevenes evne til å forstå hva en modell og en modelleringsprosess er, uavhengig av type modell og prosess (Christiansen, 2020). Tusjtavlene har en overflate som gjør at endringer er veldig enkle å gjøre, ettersom de bare kan viskes ut med en klut, der prosessen i seg selv er oppgaven. Elevene i undersøkelsen min hadde et svært høyt aktivitetsnivå, der jeg talte den aktive modelleringen som også innebar at elevene visket ut det de hadde tegnet ned. Van Joolingen et al. (2019) testet ut et tegneprogram, fordi studier pekte på at flere lærere ikke modellerte i undervisningen fordi de ikke hadde verktøyene de trengte for å kunne modellere i klasserommet. Det kan kanskje være vanskelig å ha tusjtavler nok til alle i et klasserom, men Liljedahl (2023) viser til at man kan bruke enkle løsninger som cellofan, eller

selvklebende whiteboard ark som man henger rundt der det er plass. Vanlige krittavler kan også brukes. Tusjtavlene kan sees på som verktøyet lærerne trenger for å kunne modellere med elevene sine. Med å enkelt kunne viske ut det man tegner underveis kan elevene utvikle metamodellering, altså forståelse av hvordan modellering er en prosess, og ikke en konkret og direkte overføring av virkeligheten. Både lærere og elever forveksler ofte modell og virkelighet, som ofte presenteres som et problem i studiene jeg har undersøkt (Gilbert & Justi, 2016; Gouvea & Passmore, 2017; Levy, 2015). Ved å ha verktøy for å utvikle metamodelleringskompetansen kan elevene få et mer kritisk blikk til både sin egen og andres modeller, og hvordan en modelleringsprosess foregår (Christiansen, 2020).

Også kunnskapsmobiliseringer som ikke førte til endringer på egen modell kan understøtte at tusjtavlene kan være en hjelp til å få utviklet metamodelleringskompetansen. Alle elevgruppene, med unntak av gruppe 3, hadde resultater som viste at de hadde kunnskapsmobiliseringer som ikke førte til at de endret modellen sin også. I denne kategorien foregikk det mye ren observasjon av andres modeller, uten at det førte direkte til faglige samtaler eller endringer på egen modell etter observasjonen. Der fikk elevene mulighet til å se hvordan andre grupper valgte å representere karbonets kretsløp. Gruppene så ulike løsninger på hvordan karbonets kretsløp kunne modelleres av de ulike gruppene, og de så også ulike ferdige modeller som skulle svare på det samme fenomenet.

Metamodelleringens styrke er at elever kan utvikle en forståelse av at fenomenet som er modellert er en modell *for* å forklare et fenomen, framfor en modell *av* et fenomen (Gouvea & Passmore, 2017). Når jeg som forsker observerer en observasjon vet jeg likevel ikke hva som foregår inni hodet til eleven som observerer en annens modell, likevel vil jeg tro at elevene ved å se på andre gruppers tavler tar de del i flere modelleringsprosesser enn den som foregikk på egen tavle. I modelleringsprosessen tas det hele tiden valg om hva som skal være med på modellen, hva som skal utelates, og hvilke deler som er viktigst for å fremstille et fenomen på best mulig måte (Gouvea & Passmore, 2017; Levy, 2015). Metamodellering er viktig for hvordan elever velger å modellere, og kan hjelpe elevene til å bruke modeller for å forklare og forutsi ting (Schwarz et al., 2009). At tre av fire grupper valgte å observere andre elevers modellering kan sees på som en styrke for å utvikle metamodelleringen.

5.1.3 Endre modellen underveis

Ved å ha muligheter til å endre modellen underveis kan elevers forståelse av fenomenet de modellerer øke. Det vistes en sammenheng mellom den aktive modelleringen og forståelsen i min undersøkelse. Den aktive modelleringen, altså hvor mye elevene pekte, tegnet og visket ut på tavla var høyest hos gruppe 1. Gruppen viste i presentasjonen at de hadde en samstemt forklaring, der de hadde forståelse av karbonets kretsløp, og gruppa brukte også fagbegreper fra fagteksten i forklaringen sin. De menneskelige forstyrrelsene i kretsløpet forklarte gruppa detaljert, noe som jeg brukte som ledetråd for å få innsikt i dybdeforståelsen hos de forskjellige gruppene. Gruppe 3, som hadde det laveste aktivitetsnivået, brukte mer beskrivelser fremfor forklaringer i presentasjonen av karbonets kretsløp, og det er usikkert om de hadde forståelse av at kretsløpet ikke er lineært, ettersom de forklarte det som en lineær prosess. De hadde heller ingen forklaring på hvor karbonet menneskene bruker kom fra, og hvorfor menneskelig aktivitet forstyrrer kretsløpet, altså en ganske kortfattet forklaring av denne delen av kretsløpet. Van Joolingen et al. (2019) forsket på elever som modellerte i et tegneprogram, som skulle det gjøre det enkelt for å elevene å revidere modellen sin underveis. Forskningen viste en sammenheng mellom hvor ofte og mye elevene endret modellen sin, og hvilken forståelse elevene hadde av sin egen modell til slutt (Van Joolingen et al., 2019). Likevel har jeg ingen forskning på hvor mye de samme elevene hadde endret modellen sin underveis dersom de tegnet på ark og ikke på tavle, men som nevnt over gir tusjtaflene en unik mulighet til å enkelt kunne viske ut det man har tegnet ned. Funnene kan peke på noe av det samme som Lindholm (2021) skriver om dybdelæringen, at læringen skjer når kunnskapen smelter sammen med handlingen vi utfører. Også De Andrade et al. (2022) peker på sammenhengen mellom det du tegner ned, og forståelsen som kommer underveis i nedtegningen av modellen. Det kan derfor være at tusjtaflenes bidrag til at elever kunne gjøre enkle endringer underveis påvirket deres endelige forståelse av fenomenet til slutt.

Tusjtaflene kan brukes som et verktøy til å smelte kunnskap og ferdigheter sammen.

Tusjtaflene gir en god mulighet til å avansere modellen etter hvert som kunnskapen øker, ved å enkelt viske ut store deler av modellen sin for å revidere den, som filmopptakene viste at noen av elevene gjorde. Resultater bak aktivitetsnivået viser hvor mye alle gruppene

endret modellene sine, og enkelte grupper hadde et veldig høyt aktivitetsnivå. Kunnskapsmobiliseringene viser også at elevene benyttet mulighetene til å få flere impulser for å øke kunnskapen og komme videre i modelleringsprosessen. Schwarz et. Al. (2009) sin undersøkelse viste til at elevene i undersøkelsen deres endret enkle modeller til mer avanserte modeller etter hvert som de lærte mer, at økt kunnskap kunne gjøre at elevene i ettertid laget en mer avansert modell. I min undersøkelse så jeg bare på hva som skjedde etter kunnskapsmobiliseringene, bare på ett punkt så jeg på bakgrunnen, at elevene stod fast og deretter endret modellen etter de hadde sett på en annen gruppes tavle. Derfor kan jeg ikke si noe konkret om hva som førte til at elevene ønsket å endre modellene sine, men mye tyder på at elevene stadig økte kunnskapen, og derfor endret modellen sin. Ved å modellere på denne måten bruker elevene modelleringen som et verktøy der kunnskapen om karbonets kretsløp, og ferdigheten til å modellere øves opp på likt. Dersom elevene får forståelse av at modellen skal fortelle oss noe, der de argumenterer og endrer underveis for å forklare fenomenet best mulig kan det sies at elevenes øves opp i modelleringsferdigheter, fremfor i en resultatorientert undervisning som har som mål at modellen skal vise frem noe (Gouvea & Passmore, 2017; Lindholm, 2021). Den høye aktiviteten ved tavlene og alle endringene som ble gjort kan gi et innblikk i at elevgruppene brukte denne metoden å modellere på som et verktøy for forståelse, samtidig som de øvet opp ferdigheten til å modellere.

5.1.4 Lærerstøtte

Tusjtavlene har en unik mulighet til å gi elever lærer støtte ut at de selv har «bedt om det». Som ganske vanlig i alle former for gruppearbeid, gikk læreren litt mellom gruppene for å se hvordan det gikk, og støttet dem i modelleringen. Det som var annerledes ved denne måten å modellere på, enn dersom gruppene hadde jobbet sittende, var at alle elevene i rommet kunne se tavla til den gruppa læreren hjalp. I undersøkelsen min endret tre av fire grupper modellen sin etter de hadde sett på en annen gruppe som hadde lærerbesøk. Flere av studiene jeg undersøkte i teoridelen viste at elevene trengte lærer støtte, både for å få mer kunnskap om fenomenet i selve modelleringsprosessen, men også for å vite hvordan de kunne endre modellene sine underveis (De Andrade et al., 2022; Schwarz et al., 2009, s.652; Van Joolingen et al., 2019). Forrester et al. (2017) og Liljedahl (2023) ser på dette fenomenet

fra lærerens ståsted. Altså at lærerne opplever det som enklere å identifisere hvilke grupper som trenger hjelp når de kan se alle tavlene (Forrester et al., 2017; Liljedahl, 2023). Selv om jeg ikke undersøkte dette fra lærerens ståsted så jeg at mange av blikkene elevene hadde mot andre gruppers tavler skjedde når læreren var ved en gruppe for å snakke med dem. Mange elever er vant til at en oppgave skal ha et klart og ferdig resultat, det finnes en klar løsning. Endringer kan derfor være vanskelige og skumle å gjøre, men med lærerstøtte så også Van Joolingen et al. (2019) i studien sin at elevene enklere tok valg om å endre modellen sin, som samsvarer med funnene mine, der flere grupper endret modellen sin etter de hadde sett på en annen gruppe som hadde lærerbesøk. Lærerstøtten blir enklere tilgjengelig når elevene jobber på vertikale tusjtafler, fordi læreren enklere kan identifisere hvem som trenger hjelp, men også fordi elevgruppene har tilgang på støtten læreren gir andre grupper.

5.2 Hvordan forklarer og forstår elever modellen sin etter endt undervisning med bruk av vertikale tusjtafler?

I resultatdelen ble det andre forskningsspørsmålet presentert med funn fra presentasjonene elevene holdt etter modelleringsprosessen. Det var de tre konseptene i hovedkategori 1: «forklarer karbonets kretsløp», «beskrivelse av hva som er modellert» og «forståelse av menneskelig aktivitet som forstyrrer kretsløpet» som ble presentert som et systematisert resultat av dette forskningsspørsmålet. Ved å gå inn på modelleringskompetansens første del, skal jeg nå diskutere flere resultater fra undersøkelsen som kan knyttes til det første forskningsspørsmålet som handler om hvordan elevene forklarte og forstod sin egen modell etter undervisningen på de vertikale tusjtaflene.

5.2.1 Modelleringskompetansens første del: Forstå modellen

Den første av modelleringskompetansens tre deler er at elever skal være i stand til å forstå en modell. Alle gruppene presenterte en forklaring av karbonets kretsløp, men et av funnene var at gruppe 3 hadde en litt vag forklaring av modellen sin, og presenterte karbonets kretsløp med en start, og i rekkefølge som om at kretsløpet egentlig var en lineær prosess. Det kan ha vært for å strukturere presentasjonen sin, men det kan også ha vært en

misoppfatning enkeltelever eller gruppa hadde. De tre andre gruppene presenterte en forholdsvis god forståelse av fenomenet, på litt ulike måter, og med litt ulike resultater. Gruppens forståelse, og forklaring av forståelsen vil bli diskutert i denne delen.

5.2.2 Beskrivelser vs. forklaringer

Dersom elever skal få en forståelse for hva en modell forteller oss bør undervisningen være forklaringsorientert, fremfor resultatorientert (Gouvea & Passmore, 2017). I en resultatorientert modelleringsprosess fokuserer ofte elevene på å ende opp med en fin modell, og det naturfaglige kommer i bakgrunnen (Gouvea & Passmore, 2017, Schwarz et al., 2009).

Naturfaglig argumentering er noe som må øves på. Et av konseptene i analysen fikk navnet «beskrivelse av hva som er modellert». Dette konseptet handler om at noen av gruppene beskrev deler av modellen sin, fremfor å forklare elementene i presentasjonen av modellen. Det vil ikke si at de ikke hadde en forklaring av karbonets kretsløp, men enkelte deler av modellen ble bare beskrevet og ikke forklart. Både gruppe 1 og gruppe 3 hadde slike rene beskrivelser, der gruppe 3 hadde klart flest beskrivelser. Det var mye oppramsing av hva de hadde tegnet. Modeller i naturfag, som fenomen, kan være et verktøy for å forklare noe, eller presentasjon av et fenomen som ikke er synlig eller som ikke enkelt lar seg forklare. Hvorvidt noe er en modell, eller ikke, avhenger av forklaringen på modellen. Levy (2015) argumenterer for at en modell krever en oversettelse eller fortolkning, og at den gjøres *både* av avsender og mottaker. Dersom elevgruppen selv ikke forklarer eller viser tydelig hvordan de har forstått karbonets kretsløp, blir det opp til mottaker av modellen å fortolke modellen og budskapet i den. Christiansen (2020) argumenterer for at lærere i en undervisningssituasjon må være seg bevisste om modellen er et mål eller et middel. I oppgavebeskrivelsen for presentasjonen til elevene ble de bedt om å *forklare* karbonets kretsløp gjennom en modell, fremfor å *lage* en modell. Ordlyden var bevisst for å unngå en resultatorientert modellering og forklaring. Likevel er et av naturvitenskapens trekk at den systematisk forenkler virkeligheten (Sjøberg, 2022), så forenkling av forklaringen kan også være et resultat av at elevene er vant til å forenkle i naturfag. I en modelleringsprosess i

gruppe må elever ofte spesifisere og argumentere for hva slags forståelse de er ute etter. Det kan hende elevene i gruppe 3 så på modellen sin som en ren nedskalert figur av karbonets kretsløp, slik de hadde forstått fenomenet til nå, og ikke som en modell *for* å forstå og forklare karbonets kretsløp (Gilbert & Justi, 2016). Beskrivelser i forklaring av modellen så også Auning (2020) i sin studie, der flere av elevene forble på et beskrivende nivå, uten å forklare modellen fullt ut. Elevgruppene i min undersøkelse fikk utdelt en fagtekst, som hadde en forklaring av karbonets kretsløp. Dette kan ha påvirket presentasjonen til disse to gruppene ettersom gruppene kan ha tenkt at mottakeren hadde «forklaringen», og at det var viktig å presentere resultatet fremfor forklaringen. Likevel viser de resultatorienterte delene av presentasjonene til enkelte av gruppene at naturfaglig argumentasjon er viktig å øve på, slik at modellskaperen kan eie sin egen forklaring av modellen, og at det ikke er opp til mottaker å fortolke den.

Tusjtavlene som verktøy kan brukes for å øve opp denne ferdigheten til å argumentere naturfaglig. I observasjonen av modelleringen gruppene så jeg at alle gruppene hadde gode argumentasjoner underveis i prosessen, som kan tyde på at prosessene ikke var kun resultatorienterte, selv om presentasjonen til to av gruppene inneholdt mye beskrivelser. Gruppe 1, som hadde en del beskrivelser i presentasjonen, hadde for eksempel kunnskapsmobiliseringer som førte til faglige samtaler, som tyder på faglig diskusjon underveis. De Andrade et al. (2022) argumenterer for at tanken ikke alltid kommer før handlingen, altså at det mentale bildet av en modell ikke alltid er til stede før man setter i gang med tegningen. Derimot skjer det en tankeprosess underveis, og tegningen du tegner fører igjen til ytterligere tankeprosesser, som er med på å skape den endelige modellen (De Andrade et al., 2022, s. 220). I likhet med min undersøkelse tegnet elevene i De Andrade et al. (2022) sin undersøkelse i grupper, og resultatene fremhevet at tankeprosessene endret seg i samhandlingen med andre, og at tegningene ga alle på gruppa en god innsikt i de intuitive tankene en elev har om et fenomen. Når en elev tegner noe på tusjtaflen, må de andre si seg enige eller uenige om det skal være med eller ikke, og du må da argumentere for det du har tegnet ned. Jeg har ikke systematisk undersøkt argumentasjonene elevene hadde underveis, men jeg registrerte både i lydopptakene og filmopptakene at dette skjedde utover resultatene av kunnskapsmobiliseringene som førte til faglige samtaler. Også

«forklaring av karbonets kretsløp» som var et av konseptene i resultatene av lydopptakene i min undersøkelse gir et innblikk i noe av det samme, der flere av gruppene i presentasjonen viste at de hadde god innsikt i de andre elevenes forståelse av fenomenet ved at de avbrøt, og overtok forklaringene til hverandre. Gilbert og Justi (2016, s.100) beskriver argumentasjoner som påstander som er faglig begrunnet som gir deg mulighet til å forvare det du kan, og ved å jobbe sammen må du identifisere hvorvidt din kunnskap samsvarer med andres kunnskap. Elevene i undersøkelsen min viste at de hadde fått del i tankeprosessene til de andre elevene i gruppa underveis ved å både argumentere selv, og klare å hjelpe medelever å argumentere for modellen sin i presentasjonen.

I en resultatorientert modelleringsprosess er ikke argumentene for hva modellen skal forklare viktige i prosessen, samtalene dreier seg mer om hva modellen skal vise, som påvirker elevenes endelige forståelse av fenomenet (Gouvea & Passmore, 2017). En resultatorientert modelleringsprosess kan handle om elevenes grad av metamodellering, altså forståelse av modelleringen og modeller i seg selv, men også om deres forståelse av fenomenet som skal modelleres. En av hovedutfordringene med en resultatorientert modelleringsprosess, der elevene fokuserer mest på hva modellen skal vise, fremfor hva den skal forklare, er at selve prosessen veldig ofte dreier i en retning der elevenes fokus er ved det rent estetiske ved modellen (Gouvea & Passmore, 2017). Som et eksempel; hvordan kan vi tegne en fin ku? Framfor; hvorfor er kua er med i modellen og hva skal den forklare? Det er stor forskjell på disse to måtene å modellere på. En resultatorientert modelleringsprosess kan gjøre at det naturvitenskapelige havner i bakgrunnen, mens tegneferdighetene øker. Elevene i min undersøkelse fikk bare utdelt tusjer i en farge, i tillegg var underlaget litt ujevnt og tusjen ikke veldig tynn. Det gjorde det vanskelig å være opptatt av detaljer og hvor fin den endelige modellen var, som gjorde en resultatorientert prosess vanskelig.

Kunnskapsmobiliseringen gruppene hadde på tvers bidro til flere muligheter for å øve opp argumentasjonen. I analysen av kunnskapsmobiliseringen som ikke førte til endringer på egen modell kommer det også fram at tre av gruppene viste fram, altså nærmest presenterte modellen sin til andre grupper mot slutten av modelleringsprosessen, de ga ingen konkret forklaring, men viste og pekte på deler av modellen. De snakket om og viste

frem modellen sin til andre grupper før selve presentasjonen for hele klassen. Kanskje ville gruppene få bekreftet at de hadde forstått fenomenet, eller kanskje de var fornøyde med resultatet sitt og ville vise det fram, uansett bidro det til at de fikk øvd på å gi en forklaring. En samstemthet i forklaringer, forsterker refleksjonskraft og læringsutbyttet til elevene (Liljedahl, 2023; Lindholm, 2021, s. 199). Gruppe 3 som ikke gjorde dette, var kanskje usikre på resultatet sitt og ville ikke vise det frem. Men det er også en mulighet for at de følte seg fornøyde og ferdige, og ikke trengte en bekreftelse på resultatet fra andres grupper. Likevel kunne denne formen for «øving» på å argumentere for kunnskapen kanskje bidratt til en mindre resultatorientert forklaring til slutt.

5.2.3 Dybdeforståelse

Et av konseptene i analysen som handlet om forklaringen av modellen var «Forståelse av menneskelig aktivitet som forstyrrer kretsløpet». Alle fire gruppene hadde resultater i dette konseptet som ga meg et innblikk i dybdeforståelsen i de forskjellige gruppene. Gruppe 1 og 2 forklarte hvordan den menneskelige aktiviteten forstyrret kretsløpet, mens gruppe 3 og 4 bare hadde en beskrivelse av menneskelige aktiviteter som forstyrret kretsløpet. I Lindholms (2021) forklaring av hvordan dybdelæring kan skje, beskriver han hvordan den kroppslige og den mentale læringen vanskelig kan skilles, og at det man *vet* og det man *kan* må smeltes sammen for å kunne være en ekspert på noe (Lindholm, 2021, s. 189). Dybdelæring hos elevene i denne sammenheng kan altså være at de må kunne modellere, og vite hvordan man forklarer modellen, i tillegg til å kunne noe om karbonets kretsløp.

Som svar på det første forskningsspørsmålet, lage og endre modellen, ble det diskutert hvordan elevene ble i stand til å få ferdigheter til å lage modellen sin. Det som derimot skal diskuteres under er hvordan elevene kunne få ferdigheten til å argumentere for forståelsen av modellen sin.

Lærerens støtte underveis i modelleringen på tusjtafelene er en viktig faktor for å kunne få klarhet i elevenes dybdeforståelse for et fenomen. I resultatene av konseptet «beskrivelse av hva som er modellert» gis et innblikk i hvordan læreren ga elevene i gruppe 3 støtte til å utvide forklaringen sin, fremfor å bare beskrive hva de hadde tegnet. Alle fire gruppene fikk

støtte i sine presentasjoner av læreren underveis. En språkliggjøring av kunnskapen man innehar er ikke en enkel prosess, men kan øves opp ved å for eksempel ha undervisning som tilrettelegger for dette (Klette, 2013). Ved å legge opp til undervisning med en modellerings økt først og presentasjonsdel etterpå ble det lagt til rette for at elevene kunne øve opp denne ferdigheten til å argumentere for kunnskapen sin. I undersøkelsene til Van Joolingen et al. (2019) kom det frem at elevene trengte betydelig støtte av læreren for å være i stand til å presentere modellen på en forståelig måte (Van Joolingen et al., 2019, s. 141–145). Jeg har ikke gjort noen undersøkelse på mengden av støtten læreren gir de ulike gruppene underveis, men kanskje læreren kunne gitt elevene mer støtte og tilbakemeldinger underveis i presentasjonene for å få klarhet i om gruppe 3 og 4 hadde en forståelse av de menneskelige forstyrrelsene, eller ikke. Ved å ha undervisning som tilrettelegger for argumentasjon kan likevel elevene i mindre grad bli avhengige av lærerstøtten for å være i stand til å forklare modellen sin på en forståelig måte (Van Joolingen et al., 2019). Jeg argumenterer derfor for at lærerstøtte for å få ferdigheter til å argumentere er viktig, men at man etter hvert ved å ha brukt metoden over tid kan bli mindre avhengige av lærerstøtten.

5.3 Hvordan reflekterer elever over modelleringsprosessen som blir gjort på de vertikale tusjtavlene?

I resultatdelen ble det tredje forskningsspørsmålet presentert med funn fra presentasjonene elevene holdt etter modelleringsprosessen. Det var de tre konseptene i hovedkategori to, «refleksjon rundt endringer av modellen», «refleksjon rundt den praktiske bruken av tusjtavlene» og «refleksjon rundt samarbeid ved tusjtavlene», samt aktivitetsnivået hos alle gruppene som ble presentert som et systematisert resultat av dette forskningsspørsmålet. Ved å gå inn på modelleringskompetansens tredje del, skal jeg nå diskutere flere resultater fra undersøkelsen som kan knyttes til det første forskningsspørsmålet som handler om hvordan elevene reflekterte over modelleringsprosessen som ble gjort på de vertikale tusjtavlene.

5.3.1 Modelleringskompetansens tredje del: Forklare modellen og modelleringsprosessen

Modelleringskompetansens tredje del handler om elever er i stand til å forklare modellen og prosessen med å lage den. Dersom elevene selv klarer å reflektere over feil de har gjort underveis i prosessen, selv om disse ikke lenger er synlige, gir det dem en god mulighet for å kunne argumentere for valg av elementer de valgte å ha med i den endelige modellen sin. Dette samsvarer også med et av kompetansemålene, der elevene etter endt 10.trinn skal være i stand til å «...gjøre rede for modellens styrker og begrensninger» (Utdanningsdirektoratet, 2019).

I oppgaveteksten til presentasjonsdelen av undervisningsøkta ble elevene bedt om å svare på hvilke idéer de hadde hatt som de gikk bort fra, og hvorfor de gikk bort fra idéene sine. I arbeidet med analysene angrer jeg på denne formuleringen, ettersom den kunne være begrensende i elevens refleksjon av endringer de gjorde underveis i modelleringen. Kanskje var det ikke konkrete idéer de forkastet, men heller at de gjorde små justeringer av en idé. Alle gruppene har resultater som havner i konseptet «refleksjoner rundt den endringer av modellen», der tre av gruppens refleksjon var at de ikke hadde gjort endringer. Den tredje gruppa nevnte endringer, men sa også at de hadde tegnet alle idéene sine. Selv om tre av gruppene ikke nevnte endringene de hadde gjort i presentasjonsdelen ble det gjort mye endringer, og flere av elevene argumenterte for disse endringene underveis, med sine medelever.

Den praktiske prosessen med bruken av tusjtavlene ble derimot reflektert over. Dette er interessant å se på i forbindelse med hvilke muligheter det ga for argumentasjon og drøfting rundt modellen og modelleringsprosessen med medelever underveis. Dette skal jeg gå nærmere inn på i sammenheng med denne siste delen av modelleringskompetansen.

5.3.2 Forklaring av modellen

I underkapittel 5.2.2 og 5.2.3 diskuterte jeg hvordan gruppene forstod modellen sin, basert på forklaringene de ga av modellen sin. Resultatene viste at enkelte av gruppene hadde en

noe resultatorientert presentasjon, fremfor forklaringsorientert. Blant annet hadde to grupper en del beskrivelser av elementer på modellen sin, fremfor forklaringer, som gir et litt uklart bilde av hvilken forståelse de har av modellen sin. Dette er også et veldig relevant funn for denne delen av modelleringskompetansen, men vil ikke bli diskutert på nytt. Det som derimot vil bli sett nærmere på i dette underkapittelet er hvordan elevene underveis forklarte modellene sine til hverandre og på tvers av gruppene.

Modellering på tusjtafler kan gjøre elevene tryggere på sin egen forståelse. De Andrade et al. (2022) sine undersøkelser der resultatene viser at argumentasjoner er en viktig veldig del av naturfagundervisningen er interessante å se på i forhold til konseptet «kunnskapsmobilisering som fører til faglige samtaler». Alle gruppene presenterte en forklaring av karbonets kretsløp etter modelleringsprosessen. Resultatene av analysen av kunnskapsmobiliseringen viste at gruppe 1 og gruppe 4 også hadde faglige samtaler eller diskusjoner som følge av at de hadde sett på andre gruppers tavler. De Andrade et al. (2022) argumenterer for at elevene trenger verktøy for å få til samtaler i undervisningen fordi disse argumentasjonene ikke kommer av seg selv. Tegning i grupper viste seg å være et godt verktøy for å kunne få til naturfaglige samtaler, fordi diskusjonen elevene hadde mellom seg hjalp elevene til å engasjere seg i å finne ut hva som lå bak faktaene, fremfor å bare pugge fakta (De Andrade et al., 2022, s. 201). Uten å ha mikrofoner på elevene underveis i modelleringen, kunne jeg ikke gjøre en klar undersøkelse av elevenes naturfaglige samtaler, likevel viser resultatene av observasjonsnotatene at det var mye argumentasjoner underveis. Argumentasjonene elever gjør underveis i en gruppeoppgave bidrar til at det blir utviklet en felles forståelse av et fenomen, og argumentasjonene kan gi elevene idéer som integreres med tankene de allerede har gjort seg selv. Dette igjen kan bidra til dybdeforståelse (Gilbert & Justi, 2016, s. 103; Lindholm, 2021, s. 199). Tavlenes bidrag til å styrke kompetansen til å argumentere i naturfag er tydelig. I tillegg til å skape en felles forståelse innad i gruppa ved hjelp av argumentasjoner og tegning, kunne elevene se på andres tavler og bekrefte eller avkrefte gruppas forståelse mot de andre gruppens modeller. Det kan bidra til å gi elevene en trygghet i forståelsen av fenomenet, og derfor en økt vilje til å forklare det til slutt.

5.3.3 Modelleringsprosessen

I min undersøkelse fikk elevene i presentasjonsdelen i oppgave å besvare spørsmålene: Hva var bedre ved at dere jobbet sammen i gruppe på tavle i stedet for på ark og hva var vanskeligere ved å jobbe sammen i grupper på tavle i stedet for på ark? Alle gruppene nevnte samarbeid, og flere sa også noe om at det var enkelt for alle å fysisk komme til tavla. Sælemyr og Bjørndal (2019) fant i sin rapport at elevene som deltok i undersøkelsen opplevde at både trivsel og læring hadde sammenheng med muligheten de hadde til å være aktive, jobbe sammen og diskutere (Sælemyr & Bjørndal, 2019). I min undersøkelse var alle elevene på alle gruppene aktive i modelleringen. Også Forrester et al. (2017) sine resultater pekte på den høye aktiviteten elevene hadde når de brukte tusjtafler i matematikkundervisningen, og et funn i deres undersøkelse var at elevene så det som positivt hvor enkelt det var å samarbeide ved tavlene. På tusjtaflene kan elevene enkelt øve opp kunnskapen om fenomenet, og ferdigheten til å modellere på likt ved å samarbeide. Stillesitting og tradisjonelle undervisningsmetoder påvirket elevenes motivasjon negativt for å delta aktivt i undervisningen i Sælemyrs og Bjørndals (2019) undersøkelse, som igjen påvirket det opplevde læringsutbyttet til elevene. Som nevnt i kapitlet over fikk elevene i undersøkelsen min anledning til å øve opp argumentasjoner, og tilgang til å enkelt fysisk kunne bruke tusjtafla for å modellere sammen. Dette styrker mulighetene for at kunnskapen om fenomenet smeltet sammen med ferdigheten til å modellere. Når modelleringen på denne måten brukes som et verktøy for å forstå, argumenterer også Goueva og Passmore (2017) for at dette styrker elevenes engasjement i klasserommet, som igjen påvirker elevenes læring positivt. Derfor var det også veldig interessant at dette var det elevene nevnte som noe de opplevde som bedre ved å modellere på tusjtaflene fremfor på ark. Det kan se ut som at elevene i min undersøkelse også trives når det er enkelt å være aktiv i læringssituasjonen.

Det kan se ut som de vertikale tusjtaflene bidrar til at det er enkelt å være aktiv i modelleringen. I løpet av de første fem minuttene hadde samtlige elever pekt, visket ut eller tegnet ned noe på den vertikale tusjtafla. Enkelte av elevene hadde allerede etter fem minutter vært aktive på tavla over ti ganger. Kirsti Klette (2013) argumenterer for at utprøvingssituasjoner i en undervisnings økt bør være utformet slik at fagstoffet er kjent for

elevene, og at de enkelt kan sette i gang fordi økten er lagt opp på en måte som gir elevene gode muligheter for mestring. Likevel var ikke metoden, å jobbe stående på tusjtafler, kjent for elevene, gruppa var tilfeldig valgt og det var kameraer som filmet dem underveis. På tross av dette så det ut til at elevgruppene enkelt satte i gang, og var svært aktive med en gang de fikk lov til å starte med oppgaven. Liljedahl (2023) argumenterer for at den stående måten å jobbe på fjerner anonymiteten, som gjør at elever kobler seg enklere på oppgaven fordi de ikke kan gjemme seg bak en kladdebok ved en pult. Det er derfor nærliggende å tro at elevenes aktive oppstart var påvirket av at de så en mulighet for mestring, og at de elevene som ofte har unnvikelsesstrategier for å slippe å jobbe mistet mulighetene for å gjemme seg bort.

Variasjon i gruppefordeling og undervisningsmetoder er viktig. Gruppe 2 og 4 reflekterte over at det var vanskelig for de høyeste elevene å modellere nederst på tavla på spørsmålet i presentasjonen som skulle besvare hva som var vanskeligere ved å jobbe sammen på tavle i stedet for ark. I undersøkelsen min ble elevene satt i tilfeldige grupper. Hadde man derimot sikret at høye elever var sammen på en gruppe, kunne man unngått dette problemet ved å sette tavlen høyere. Dette ble ikke sett på som et stort problem av de to gruppene som nevnte det. Tilfeldige grupper er likevel verdt å se litt nærmere på, ettersom et av utsagnene til en av elevene var at *«det var kanskje litt vanskeligere å tegne på veggen enn hvis man sitter for seg selv, men det var jo, det gikk fint. Det var ikke vanskelig»*. Dette var også eleven som hadde det laveste aktivitetsnivået i modelleringsprosessen.

Det kan tenkes at måten gruppefordelingen ble gjort på, med tilfeldige grupper, bidro til at eleven hadde foretrukket å jobbe på en annen måte. En av Liljedahl (2023) sine argumentasjoner for synlig randomiserte grupper understreker nødvendigheten av å dele gruppene på denne måten over tid, at det ikke nødvendigvis er sånn at alle elevene vil bidra inn i gruppen med løsningsforslag første gangen dette prøves, men at metoden må brukes over tid, og ved at det brukes over tid vil det hjelpe elevene å føle seg trygge i situasjonen (Liljedahl, 2023, s. 56–59). Likevel vil det alltid være noen elever som foretrekker å jobbe alene, så det bør også legges til rette for, men det betyr ikke at læring ikke skjer selv om det blir brukt en metode noen ikke liker. Dette viser jo, sånn jeg tolker det, viktigheten av varierte metoder i undervisningen. Dette samsvarer også med Sælemyr og Bjørndalen (2019)

sin undersøkelse som viser at elever trivdes dårlig dersom det var lite variasjon i undervisningen.

5.4 Refleksjoner ved forskningsdesignet

I dette underkapittelet skal jeg ta for meg fordeler og ulemper ved forskningsdesignet mitt. Jeg vil reflektere over hvordan designet styrket eller svekket oppgaven min i forhold til det jeg ønsket å få svar på, som var hvordan de vertikale tusjtavlene bidro til modelleringskompetanse hos elever.

Ved å filme fire grupper som fikk prøve ut tusjtavler i undervisningen og som deretter presenterte både forståelsen sin av fenomenet, men også hvordan de opplevde bruken av tavlene fikk jeg gode og nok data til å kunne si noe om hvordan tusjtavlene kan bidra til modelleringskompetanse hos elever. Likevel vurderer jeg ikke spørsmålene i oppgaveteksten for hva presentasjonen skulle inneholde som gode nok, ettersom det gir et svakt bilde av hvordan elevene selv reflekterer over endringene de gjorde på tusjtavlene. Spørsmålene ble på forhånd utviklet i samarbeid med læreren, men burde kanskje vært jobbet bedre med, som man ville gjort med en intervjuguide, ettersom det er vanskelig å stille gode spørsmål som faktisk besvarer det man ønsker (Anker, 2020, s. 38).

I likhet med hva Blikstad-Balas og Klette (2021) sier om fordelene ved å velge filmopptak når man skal observere ga filmopptakene meg en klar fordel i observasjonen ettersom jeg kunne se på filmene flere ganger. Dette ble også gjort, siden jeg var litt usikker på hvilke variabler jeg ville undersøke i første omgang. Først talte jeg bare aktivitetsnivået til elevene de første fem minuttene, men innså at det var veldig relevant og interessant å se på elevenes totale aktivitetsnivå etter hvert som teorien om modelleringskompetanse ble litt klarere for meg. Dersom jeg bare hadde observert modelleringen og satt variablene helt klart på forhånd hadde jeg gått glipp av muligheten til å se på flere variabler. Likevel gikk jeg glipp av muligheten til å høre elevenes argumentasjoner underveis i modelleringen. Jeg hørte noe, og kunne spole frem og tilbake for å forstå meningen bedre, men dersom jeg hadde gjort datainnsamlingen på nytt hadde jeg brukt mikrofoner på elevene for å høre

argumentasjonene underveis ettersom dette var en veldig interessant del av modelleringsprosessen til elevene.

Lydopptakene av presentasjonene hadde også den fordelen at jeg kunne høre de flere ganger. I tillegg transkriberte jeg materialet, som ga meg tilgang til å kunne lese det igjen og igjen. Fordelen med at elevene holdt en presentasjon var at de kunne bruke modellen sin underveis, noe de også aktivt gjorde med å peke, vise og viske ut underveis i presentasjonen. Likevel er det enkelte deler av presentasjonene der jeg tenker at det hadde vært nyttig om dette heller ble gjort som intervju, der jeg kunne bedt elevene om en utdypende forklaring for å få innsikt i hvorvidt de hadde forståelse for fenomenet eller ikke. Dette kunne fort blitt en ulempe for informantene, da det ville tatt lang tid der de måtte tas ut av undervisningen. Dette kunne jeg også løst ved å ikke være passiv i presentasjonene, men heller ta rollen som en aktiv støttespiller. Likevel kunne dette også svekket reliabiliteten ettersom mine synspunkter og tanker kunne påvirket elevenes svar som hadde gitt et feilaktig bilde av hvordan tavlene bidro til modelleringskompetanse. Anker (2020) skriver at påvirkningen forskeren har på informantene alltid vil være til stede, men også at det er viktig å være kritisk til egne vurderinger og i hvor stor grad valgene har påvirket informantene (Anker, 2020, s. 109). Derfor vil jeg si at det var et godt valg å være en «usynlig observatør» fremfor å aktivt delta i presentasjonen til elevene.

6 Avslutning

I dette kapittelet skal jeg konkludere og si noe om forskningens implikasjoner for forskningsfeltet og videre forskning. Mitt mål for denne undersøkelsen var å bidra med forskning som kunne gi innsikt i en metode for å modellere i naturfag på en måte som kunne gi elever forståelse. Ved å ta for meg problemstillingen «hvordan bidrar vertikale tusjtafler til modelleringskompetanse hos elever» så jeg spesifikt på hvordan de vertikale tusjtaflene som metode kunne brukes for å gi elever modelleringskompetanse i naturfag. Dette ble gjort gjennom å observere en undervisnings økt som inneholdt modellering på tusjtaflene i grupper, og en presentasjon av modellene til slutt.

6.1 Konklusjon

I dette underkapittelet vil jeg ta for meg hvordan de vertikale tusjtaflene bidro til at elevene fikk modelleringskompetanse, i den tredelte definisjonen av modelleringskompetanse som vil si at elevene var i stand til å forstå en modell, i stand til å lage og endre en modell, og at de var i stand til å forklare modellen og prosessen med å lage den (Gilbert & Justi, 2016; Schwarz et al., 2009; Van Joolingen et al., 2019).

Enkelte elevgrupper hadde en del beskrivende forklaringer av modellen sin i presentasjonen, likevel viser mine funn at bruk av vertikale tusjtafler fremmet en modelleringsprosess som bidrar til forståelse hos elevene. Dette er fordi de fikk mulighet til å kunne validere sin forståelse gjennom samarbeid i- og på tvers av gruppene. I likhet med elevene i Forrester et.al. (2017) sin undersøkelse opplevde også elevene selv at de vertikale tusjtaflene bidro til at de enkelt kunne samarbeide om å lage modellen. Elevene kunne enkelt få lærerstøtte ved å se læreren veilede andres grupper, i tillegg til å selv kunne få hjelp av læreren. Dette kan være med å bidra til metamodelleringsforståelse hos elevene, som igjen kan føre til enda flere endringer på modellen, og en enda dypere forståelse (Schwarz et al., 2009, s. 637).

Det høye aktivitetsnivået underveis i modelleringen var også med å bidra til en forståelse av fenomenet karbonets kretsløp, ettersom tegningen i seg selv kan bidra til en dypere forståelse for et fenomen. Det mentale bilde av en modell ikke alltid er tilstede på forhånd,

men blir til underveis, og utvikler elevenes forståelseshorisont (De Andrade et al., 2022). Kunnskapen økte i takt med at modellen ble til. Også etter kunnskapsmobiliseringer endret gruppene modellen sin, og praktisk øving er viktig for å få erfaring med modellering. I tråd med funnene til Van Joolingen et.al. (2019) ble endringene underveis knyttet til en større forståelse for fenomenet.

Mulighetene tusjtaflene ga til å enkelt kunne samarbeide både i gruppa, men også på tvers av gruppene, bidro til at elevene hadde nok kunnskap til å være i stand til å både lage modellen, men også til å ha viljen til å endre den underveis når kunnskapen økte. Undervisningsøkten som la til rette for at elevene kunne forklare modellen sin til slutt viste at de var i stand til å gi en forklaring av modellen og prosessen med å lage den, og at de forstod modellen sin. Samlet sett bidro vertikale tusjtafler til et aktivt og samarbeidsorientert læringsmiljø som fremmet modelleringskompetanse ved at elevene øvet opp ferdighetene til å modellere, og fikk kunnskapen om fenomenet på samme tid.

6.2 Implikasjoner for praksisfeltet og videre forskning

God naturfagundervisning bør gi elevene verktøy for å få i gang naturfaglig argumentasjon og diskusjon, som kan legge til rette for dybdeforståelse (De Andrade et al., 2022).

Modellering i grupper på tusjtafler kan være et verktøy som kan brukes for å hjelpe elevene til å kunne argumentere for modellens styrker og begrensninger sett i lys av fenomenet de modellerer. I diskusjonsdelen kommer det fram at lærerens rolle er viktig når det skal modelleres på vertikale tusjtafler i klasserommet.

I klasserommene kan lærere dra nytte av nye metoder som modellering på vertikale tusjtafler for å fremme naturfaglig argumentasjon og diskusjon. Ved å bruke denne metoden, får elevene ikke bare muligheten til å visualisere naturfaglige fenomener, men også til å engasjere seg i en aktiv læringsprosess. Når elevene arbeider i grupper på vertikale tusjtafler, oppstår det en naturlig setting for samarbeid, der idéer og forståelse kan utvikles i fellesskap.

Lærerens rolle i denne konteksten er avgjørende. Ved å veilede elevene gjennom modelleringen, kan læreren stille spørsmål som oppmuntrer til refleksjon og kritisk tenkning. Det er enkelt for læreren å se hvilke grupper som trenger hjelp når tavlene er vertikale. For eksempel kan læreren be elevene vurdere hvordan ulike elementer av modellen representerer de virkelige fenomenene, og hvilke begrensninger modellen har. Denne typen spørsmål kan hjelpe elevene til å forstå ikke bare hva modellen viser, men også hvorfor den fungerer slik den gjør, og hvor den kanskje svikter.

Med tanke på videre forskning, hadde det vært interessant å se på viktigheten av støtten læreren gir, og hvordan læreren kan hjelpe elevene å argumentere både underveis og til slutt i en modelleringsprosess ved tavler. Læreren i denne undersøkelsen støttet elevene underveis, men undersøkelsen hadde ikke fokuset på hva slags og hvor mye støtte læreren ga de ulike gruppene. Ettersom argumentasjoner er en så viktig del av både modelleringskompetansen og dybdeforståelsen hadde det vært interessant å se mer eksplisitt på læreren og på hvordan lærere kan bidra til å støtte elevenes argumentasjoner i modelleringsprosessen på tusjtaflene.

Referanser/litteraturliste

- Adúriz-Bravo, A. (2019). Semantic Views on Models: An Appraisal for Science Education. I
Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D. & van Driel, J. (red.), *Towards a Competence-Based
View on Models and Modeling in Science Education* (s.21-37). Springer.
- Anker, T. (2020). *Analyse i praksis. En håndbok for masterstudenter*. Cappelen Damm
Akademisk.
- Auning, C. (2020). Modellering som proces i naturfagsundervisningen. *MONA –
Matematik- Og Naturfagsdidaktik*, 2020(1), 22, 6-25.
<https://tidsskrift.dk/mona/article/view/118889>
- Bakken, J. & Andersson-Bakken, E. (2021). Innholdsanalyse. I Andersson-Bakken, E. &
Dalland, C.P. (red), *Metoder i klasseromsforskning Forskningsdesign, datainnsamling
og analyse* (s. 305–326). Universitetsforlaget
- Blikstad-Balas, M. & Dalland, C. P. (2021). Forskningsdesign. I Andersson-Bakken, E. &
Dalland, C.P. (red), *Metoder i klasseromsforskning Forskningsdesign, datainnsamling
og analyse* (s. 21–45). Universitetsforlaget.
- Blikstad-Balas, M. & Klette, K. (2021). Video i klasseromsforskning. I Andersson-Bakken, E. &
Dalland, C.P. (red), *Metoder i klasseromsforskning Forskningsdesign, datainnsamling
og analyse* (s. 153–165). Universitetsforlaget.
- Christiansen, J. L. (2020). Modeller og modellering i grundskolens naturfag. *MONA*, 20(3), 7–
26. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/121566>
- Dalland, C. P., Hølland, S. & Mifsud, L. (2023). *Observasjon som metode i lærerutdanningene*.
Fagbokforlaget.
- Dalland Pedersen, C., Bjørnstad, E. & Andersson-Bakken, E. (2021). Observasjon som
metode i barnehage- og klasseromsforskning. I Andersson-Bakken, E. & Dalland, C.P.

(red), *Metoder i klasseromsforskning Forskningsdesign, datainnsamling og analyse*.

Universitetsforlaget.

De Andrade, V., Shwartz, Y., Freire, S. & Baptista, M. (2022). Students' mechanistic reasoning in practice: Enabling functions of drawing, gestures and talk. *Science Education*, 106(1), 199–225. <https://doi.org/10.1002/sce.21685>

Forrester, P. A., McPhail, C. & Denny, S. L. (2017). Vertical whiteboarding: Riding the wave of student activity in a mathematics classroom. *The Australian Mathematics Teacher*, 4 (73) 3-8. <https://aamt.edu.au/teachers/journals/aamt-journals/>

Furusest, I. & Everett, E. L. (2020). *Masteroppgaven. Hvordan begynne- og fullføre* (3.utg). Universitetsforlaget.

Gilbert, J. K. & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education* (Bd. 9). Springer.

Gouvea, J. & Passmore, C. (2017). 'Models of' versus 'Models for': Toward an Agent-Based Conception of Modeling in the Science Classroom. *Science & Education*, 26(1–2), 49–63. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9884-4>

Hohr, H. (2016). Oppdragelse - noen grunnleggende mønstre. I O. A. Kvamme, T. Kvernbekk & T. Strand (Red.), *Pedagogiske fenomener. En innføring*. Cappelen Damm akademisk.

Hooper, R. (2024). The Math Movement Taking Over Our Schools. *Education Next*. 24 (2). <https://www.educationnext.org/math-movement-taking-over-our-schools-building-thinking-classrooms/>

Klette, K (2013). Hva vet vi om god undervisning? Rapport fra klasseromforskningen. I Krumsvik R.J. & Säljö, R. (Red.), *Praktisk pedagogisk utdanning. En antologi*. (s. 173-20). Fagbokforlaget.

Kunnskapsdepartementet (2019). *Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. Fastsatt som

- forskrift. Læreplanverket for kunnskapsløftet 2020.
- Levy, A. (2015). Modeling without models. *Philosophical Studies*, 172(3), 781–798.
- <https://doi.org/10.1007/s11098-014-0333-9>
- Liljedahl, P. (2023). *Å bygge tenkende klasserom i matematikk. 14 praksiser for bedre læring*. Cappelen Damm Akademisk.
- Lindholm, M. (2021). *Nysgjerrighet. Dybdelæring i informasjonssamfunnet*. Universitetsforlaget.
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., Bughin, K., Willmott, P., Dewhurst, M. (2017). *A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity. Executive summary*. https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works_Executive-summary.ashx
- Nettskjema.no (2024). <https://nettskjema.no/>
- Nilstun, C. (2018, 3.mai). Kompetanse. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/kompetanse>
- Nyeng, F. (2012). *Nøkkelbegreper i forskningsmetode og vitenskapsteori*. Fagbokforlaget.
- Pruner, M. & Liljedahl, P. (2021). Collaborative problem solving in a choice-affluent environment. *ZDM – Mathematics Education*, 53(4), 753–770.
- <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01232-7>
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Sikt.no.(2022). <https://sikt.no/om-sikt>
- Sjøberg, S. (2022). *Naturfag som allmenndannelse en kritisk fagdidaktikk* (4.utg). Gyldendal.

- Strand, T. (2016). Læring. I O. A. Kvamme, T. Kvernbekk & T. Strand (Red.), *Pedagogiske fenomener En innføring*. Cappelen Damm akademisk.
- Svartdal, F. (2019, 20.mai). Problemløsning. I *Store norske leksikon*.
<https://snl.no/probleml%C3%B8sning>
- Svenkerud, S. W. (2021). Intervjuer i klasseromsforskning. I *Metoder i klasseromsforskning Forskningsdesign, datainnsamling og analyse* Universitetsforlaget.
- Sælemyr, K. & Bjørndal, J. E. (2019). «Utflukter sitter lenger i hjernen». Elevers synspunkter på hvordan de lærer naturfag. *Nordic Studies in Science Education*, 15 (3), 226-241. <https://doi.org/10.5617/nordina.6211>
- Säljö, R. (2006). *Læring og kulturelle egenskaper*. Cappelen akademisk forlag.
- Tjora, A. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4.utg). Gyldendal akademisk.
- Van Joolingen, W. R., Schouten, J. & Leenaars, F. (2019). Drawing-Based Modeling in Teaching Elementary Biology as a Diagnostic Tool. I A. Upmeier Zu Belzen, D. Krüger & J. Van Driel (Red.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. Vol.12. 131–145. Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_8
- Vygotsky, L. & Luria, A. (1994). Tool and symbol in child development. I Van der Veer, I.R. & Valisner (Red.), *The Vygotsky Reader* (s.99-175). Blackwell.
- Vygotsky, L. (1994). The problem of the culturel development of the child. I Van der Veer, I.R. & Valisner, J. (Red.), *The Vygotsky Reader* (s. 57–72). Blackwell.

Oversikt over tabeller og figurer

En oversikt over tabeller og figurer i kronologisk rekkefølge.

Figur 1 Medierende redskaper, (X) er bindeleddet mellom subjekt(A) og objekt (B) (Vygotsky, 1994, s.61).

Figur 2 Eksempel på vertikal tusjtafle med modell av karbonets kretsløp.

Tabell 1 Telling av variablene i filmopptak

Tabell 2 Koding av observasjonsnotater i filmopptak

Tabell 3 Neste steg av kodingen av observasjonsnotater i filmopptak

Tabell 4 Transkribert materiale blir til innledende koder

Tabell 5 Innledende koder blir til kodegrupper

Tabell 6 Kodegrupper delt inn i konsepter blir til hovedkategori 1: Forklaring av modellen

Tabell 7 Kodegrupper delt inn i konsepter blir til hovedkategori 2: Refleksjoner rundt bruken av tusjtaflene

Tabell 8 Oversikt over resultater i hovedtemaer fra observasjon av kunnskapsmobiliseringen i filmopptak

Tabell 9 Oversikt over resultater i hovedkategori 1: Forklaring av modellen. Fra analysen av lydopptak

Tabell 10 Oversikt over resultater i hovedkategori 2: Refleksjoner rundt bruken av tusjtaflene. Fra analysen av lydopptak

Tabell 11 Aktivitetsnivå hos enkeltelever i gruppe 1,2,3,4

Figur 3 Utdrag av tabell 12

Tabell 12 Oversikt over antall endringer gjort etter kunnskapsmobilisering

Figur 4 Elev sitter på knærne

Vedlegg

Vedlegg 1: Faktatekst om karbonets kretsløp

Karbonets kretsløp

Karbon finnes i alt av planter, jord, trær, dyr, mennesker og luft og er et av de viktigste grunnstoffene vi har. Karbon sirkulerer i et evig kretsløp, kalt karbonkretsløpet. Karbonets kretsløp beskriver hvordan karbon sirkulerer fra luft til vann og planter, via jord og dyr, og tilbake igjen til luften. Denne omsetningen av karbon kan skje raskt eller ta veldig lang tid.

Opptak av karbon: Planter tar opp karbon fra atmosfæren i form av karbondioksid gjennom fotosyntesen. Dette er når planter bruker solenergi for å lage mat og vokse.

Spising og pusting: Dyr spiser planter (eller andre dyr), og når de puster, slipper de ut karbondioksid tilbake i atmosfæren.

Død og nedbrytning: Når planter og dyr dør, eller når de blir spist og utpustet, kommer karbonet tilbake til jorden. Mikroorganismer bryter ned de døde organismene og frigjør karbonet.

Fossilisering: Noen ganger blir dyr og planter begravd dypt i jorden. Over tid kan de bli til fossiler, og karbonet i dem blir låst inne i steiner.

Fornybar syklus: Karbonet kan også bli frigjort fra steiner gjennom geologiske prosesser og returnere til atmosfæren. Denne prosessen tar veldig lang tid.

Så, karbon beveger seg fra luften til planter, deretter til dyr, tilbake til jorden gjennom død og nedbrytning, og til og med til steiner gjennom fossilisering.

Vedlegg 2: Godkjenning av sikt

30.04.2024, 11:32

Meldeskjema for behandling av personopplysninger



Vurdering av behandling av personopplysninger

Referansenummer

494601

Vurderingstype

Standard

Dato

10.11.2023

Tittel

Modellering på vertikale tavler

Behandlingsansvarlig institusjon

Universitetet i Sørøst-Norge / Fakultet for humaniora, idrett- og utdanningsvitenskap / Institutt for matematikk og naturfag

Prosjektansvarlig

Elin Aschim

Student

Ingrid Vedvik

Prosjektperiode

27.10.2023 - 31.12.2024

Kategorier personopplysninger

Alminnelige

Lovlig grunnlag

Samtykke (Personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a)

Behandlingen av personopplysningene er lovlig så fremt den gjennomføres som oppgitt i meldeskjemaet. Det lovlige grunnlaget gjelder til 31.12.2024.

[Meldeskjema](#)

Kommentar**OM VURDERINGEN**

Sikt har en avtale med institusjonen du studerer ved. Denne avtalen innebærer at vi skal gi deg råd slik at behandlingen av personopplysninger i prosjektet ditt er lovlig etter personverregelverket. Vi har nå vurdert at du har lovlig grunnlag til å behandle personopplysningene.

KOMMENTARER TIL PROSJEKTET

Sikt legger til grunn at det kun vil gjøres video- og lydopptak av en avgrenset del av undervisningssituasjonen, da nærmere bestemt kun elevenes presentasjoner i klassen og ikke undervisningssituasjonen som helhet. Videre minner vi om at det er viktig å gjøre elever som eventuelt ikke samtykker til å delta oppmerksomme på at det tas lydopptak i klasserommet mens de er til stede under de andre elevenes presentasjoner.

KOMMENTARER TIL INFORMASJONSSKRIV

Ber om at dere endrer sluttdatoen for behandlingen i informasjonsskrivet slik at den samsvarer med prosjektsluttdatoen dere har oppgitt i meldeskjemaet.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

Det er institusjonen du er student ved som avgjør hvordan du må lagre og sikre data i ditt prosjekt og hvilke databehandlere du kan bruke. Husk å bruke leverandører som din institusjon har avtale med (f.eks. ved skylagring, nettspørreskjema, videosamtale el.). Personverntjenester legger til grunn at behandlingen oppfylder kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32).

MELD VESENTLIGE ENDRINGER

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til oss ved å oppdatere meldeskjemaet. Se våre nettsider om hvilke endringer du må melde: <https://sikt.no/melde-endringer-i-meldeskjema>

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

Vi vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

<https://meldeskjema.sikt.no/6038c381-5373-4ed9-a00e-1e0c18009aa/vurdering>

1/1

Vil du/ungdommen din delta i forskningsprosjektet «modellering på tusjtafler»?

Dette er et spørsmål om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke hvorvidt tusjtafler som arbeidsmetode kan bidra til å gi elever modelleringskompetanse i naturfag. I dette skrivet gir jeg deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg/ungdommen din.

Deltakelsen vil foregå i skoletid, og være en del av et vanlig undervisningsforløp. Det vil derfor ikke innebære noen ulempe for deg/ ungdommen din, ettersom hele klassen vil ha det samme undervisningsopplegget, uavhengig av om de er med i forskningen eller ikke.

Formål

Elevene skal gruppevis skape en modell av et naturfaglig fenomen på vertikale tusjtafler (whiteboards el.). Problemstillingen jeg ønsker å analysere med studien er: «Hvordan kan vertikale tavler bidra til modelleringskompetanse hos elever?»

Studien er en del av mitt femårige løp for å bli lærer, og datainnsamlingen skal brukes i min masteroppgave i naturfagdidaktikk.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Universitetet i Sør-Øst-Norge, Fakultet for humaniora idrett- og utdanningsvitenskap er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du/ungdommen din blir spurt om å delta fordi jeg tidligere har vært i praksis på skolen. Da jeg søkte etter deltakere ble det naturlig å ta kontakt med lærere jeg kjente innenfor naturfag, som hadde en elevgruppe i ønsket målgruppe, ungdomsskolen.

Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du/ungdommen din velger å delta i prosjektet, innebærer det at hen vil bli filmet i en undervisningssituasjon, og det blir tatt lydopptak i en presentasjonsdel av undervisningen. Det er hovedsakelig det gruppene gjør på tavlene og lyden i presentasjonen som er relevant for datainnsamlingen, og som vil være i fokus når det filmes og tas lydopptak.

Datainnsamlingen foregår i en vanlig undervisningsøkt, og det vil kun være faglærer som eventuelt spør deg/ungdommen din spørsmål, eller gir kommentarer.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du/ungdommen din velger å delta, kan hen når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle personopplysninger vil da bli

slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg/ungdommen din hvis hen ikke vil delta eller senere velger å trekke seg.

Alle elever i klassen vil være med i undervisningsopplegget, men de som velger å ikke delta i forskningsprosjektet vil ikke bli filmet, og det vil ikke bli tatt lydopptak under presentasjonen deres.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg/ungdommen din til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

Kun jeg, Ingrid Vedvik, og min veileder ved USN, Elin Aschim, vil ha tilgang til datamaterialet. Navn er også anonyme for veileder.

Deltakerne anonymiseres ved at alle navn blir erstattet med fiktive navn.

Personopplysninger vil oppbevares i en sikker server med begrenset tilgang. Lydopptak gjøres i Nettskjema (UiO) sin diktafonapp, og overføres til sikker server med begrenset tilgang.

Deltakerne vil ikke kunne gjenkjennes i en publikasjon, og det er hovedsakelig bilder av modellene som vil være med i publikasjonen.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes juli 2024. Etter prosjektslutt vil film- og lydopptak slettes.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg/ungdommen din basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Universitetet i Sør-øst Norge har Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandør vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

Universitetet i Sør-øst Norge, fakultet humaniora, idrett- og utdanningsvitenskap ved Ingrid Vedvik (student): ingrid.vedvik@hotmail.com

Elin Aschim (veileder): elin.aschim@usn.no

eller

Paal Are Solberg (personvernombud): personvernombud@usn.no

Hvis du har spørsmål knyttet til vurderingen som er gjort av personverntjenestene fra Sikt, kan du ta kontakt via:

- Epost: personverntjenester@sikt.no eller telefon: 73 98 40 40.

Med vennlig hilsen

Ingrid Vedvik
(Student)

Elin Aschim
(Forsker/veileder)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «modellering på tusjtafler», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til at jeg/ ungdommen min kan:

Delta i film- og lydopptak

Jeg samtykker til at opplysningene behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signatur foresatt, dato)

(Signatur elev, dato)