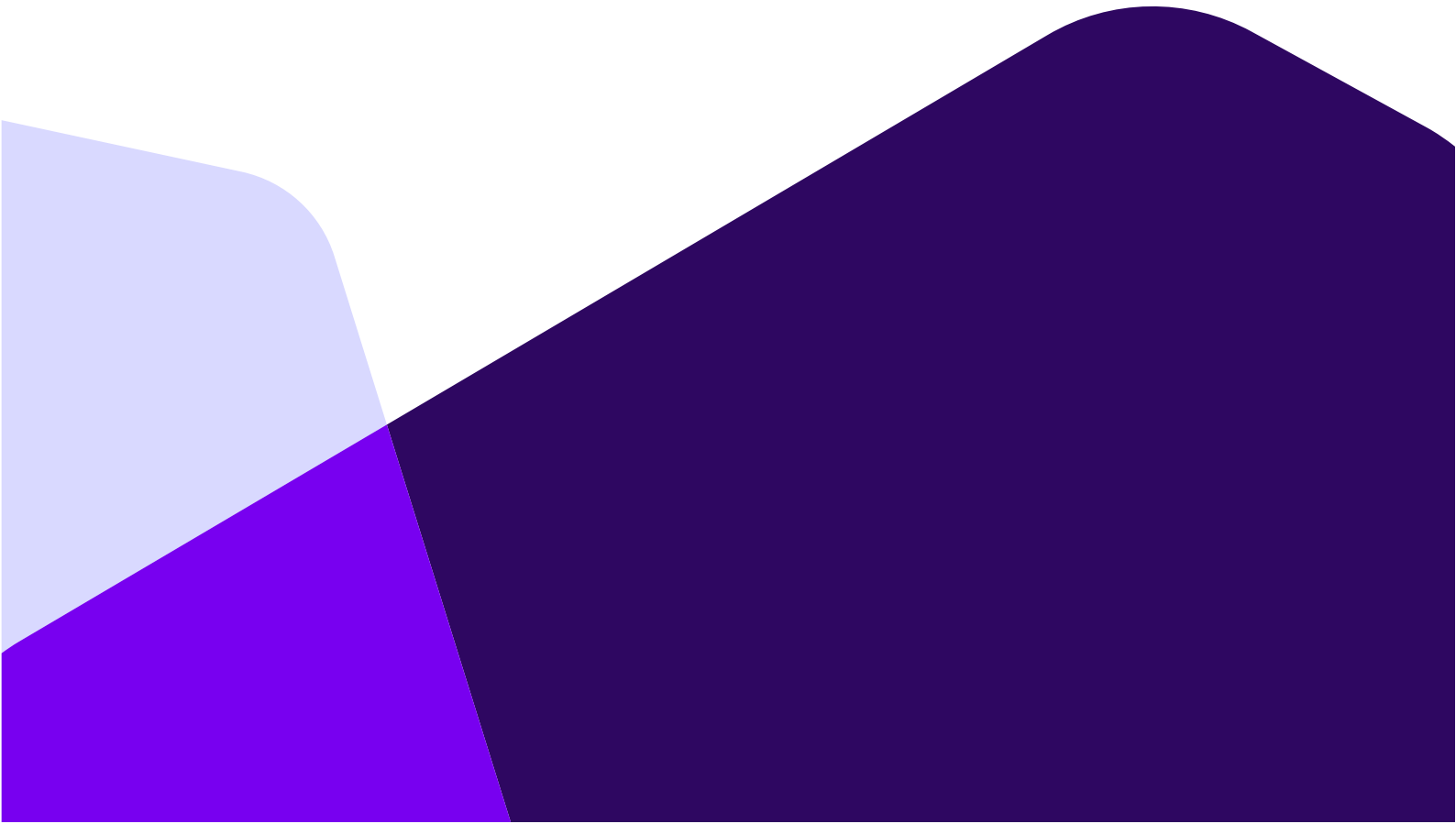


Simen Fiskaa

Læringsutbytte av modellering i naturfag

En undersøkelse av 5. klasse elevers tilegnelse av metamodelleringskunnskap
gjennom et modelleringsbasert undervisningsopplegg



Universitetet i Sørøst-Norge

Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap.

Institutt for matematikk og naturfag

Postboks 4

3199 Borre

<http://www.usn.no>

© 2024 Simen Fiskaa

Denne avhandlingen representerer 45 studiepoeng

Sammendrag

Dette er en undersøkelse av hvordan elever i 5. klasse utvikler sin metamodelleringskunnskap ved å delta i naturfagundervisning med fokus på modellering og naturvitenskapelige modeller. Metamodelleringskunnskap kan sies å være den bakenforliggende kunnskapen rundt naturvitenskapelige modeller og modellering (Schwarz et al., 2009). For å undersøke dette ble det gjennomført en intervensjon, hvor en 5. klasse deltok i totalt tre undervisningsøkter i naturfag. Her var temaet for undervisningen materies oppbygning og modellering. Problemstillingen som blir undersøkt er: *I hvilken grad kan et modelleringsbasert undervisningsopplegg i naturfag føre til utvikling av metamodelleringskunnskap hos et utvalg elever i 5. klasse?* For å undersøke denne ble det gjennomført to gruppeintervjuer før intervensjonen og to etter intervensjonen, hvor det var fire elever i hver gruppe. Det ble også utformet tre forskningsspørsmål som ble brukt til å undersøke problemstillingen. Forskningsspørsmålene ble basert på inndelingen og beskrivelsen av metamodelleringskunnskap til Schwarz et al. (2009) og Miller og Yoon (2023). Hvert spørsmål undersøkte elevenes utvikling innen hver sin del av metamodelleringskunnskap og er som følger: 1) Hvordan endres elevenes beskrivelse av hva en naturfaglig modell er? 2) Hvordan endres elevenes forklaring av hensikten med modeller i naturfag? og 3) Hvordan endres elevenes forståelse av hvordan naturfaglige modeller utvikles? Resultatene viste at flere elever utviklet sin metamodelleringskunnskap til et høyere nivå gjennom intervensjonen. Etter å ha deltatt i intervensjonen var det flere som forsto at naturvitenskapelige modeller ikke trenger å være mest mulig virkelighetsnære og at modeller kan brukes til å forklare et naturfaglig fenomen. Det var også en stor sammenheng mellom hvilken kunnskap de utviklet, og hva det ble fokusert mest på i undervisningen. Resultatene viser av den grunn at hvilke deler av metamodellering undervisningen retter fokuset mot vil kunne avgjøre hvilken metamodelleringskunnskap elevene utvikler av å delta i undervisningen.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	ii
Innholdsfortegnelse	iii
Forord	vi
1 Innledning	1
1.1 Begrunnelse for valg av tema	1
1.1.1 Hensikt med undersøkelsen	2
1.1.2 Personlig interesse for tema	2
1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål	3
1.3 Oppgavens struktur	3
2 Teori	4
2.1 Representasjoner	4
2.2 Modeller	5
2.2.1 Kategorisering av modeller	5
2.3 Modellering	7
2.3.1 Læringsutbytte av modellering	8
2.3.2 Å tegne modeller	9
2.4 Metamodelleringskunnskap	9
2.4.1 Hva en modell er	9
2.4.2 Hensikt med modeller	10
2.4.3 Utvikling av modeller	11
2.4.4 Hvorfor og hvordan utvikle metamodelleringskunnskap	12
2.5 Partikkelmodellen	13
2.6 Sosiokulturell læringsteori	14
3 Metode	15
3.1 Vitenskapsteoretisk posisjon	15
3.2 Undersøkellesmetode	16
3.3 Utvalg	16

3.4 Intervensjon	17
3.4.1 Planlegging av intervensjon	17
3.4.2 Gjennomføring av intervensjon	18
3.5 Datainnsamling	22
3.5.1 Intervju	22
3.5.2 Pilotintervju	24
3.5.3 Gjennomføring av intervju	24
3.5.4 Transkripsjon	25
3.6 Analyse	25
3.6.1 Koding	26
3.6.2 Kodegruppering	27
3.6.3 Tematisering	29
3.6.4 Sammenligning av pre- og postintervju	30
3.7 Etske hensyn og vurderinger	30
3.7.1 Frivillighet	30
3.7.2 Konsekvenser av deltakelse	31
3.7.3 Personvern	32
3.8 Forskningens kvalitet	33
3.8.1 Gyldighet	33
3.8.2 Pålitelighet	34
3.8.3 Generaliserbarhet	35
4 Resultater	36
4.1 Hva en modell er	36
4.1.1 Gruppe 1	36
4.1.2 Gruppe 2	39
4.2 Hensikt med modeller	44
4.2.1 Gruppe 1	44
4.2.2 Gruppe 2	46
4.3 Utvikling av modeller	48
4.3.1 Gruppe 1	48
4.3.2 Gruppe 2	51
5 Diskusjon	53
5.1 Hva en modell er	53

5.2 Hensikt med modeller	56
5.3 Hvordan modeller utvikles	58
5.4 Utvikling av metamodelleringskunnskap	61
6 Oppsummering	64
6.1 Hovedfunn	64
6.2 Videre forskning	65
Litteraturliste	67
Oversikt over tabeller og figurer	71
Vedlegg	72
Vedlegg 1: Intervjuguide	73
Vedlegg 2: Informasjonsskriv med samtykkeerklæring	75
Vedlegg 3: Godkjenning fra SIKT	80

Forord

Arbeidet med denne masteroppgaven har vært interessant og lærerik. Det har vært spesielt givende å få bidra med vitenskapelig kunnskapsutvikling innen det feltet jeg skal arbeide i. Jeg har også tilegnet meg mye verdifull kunnskap om både planlegging av undervisning, vurdering av elever og undervisning i naturfag. Dette gleder jeg meg til å videreutvikle og ser frem til å ta fatt på alle arbeidsoppgaver som kreves av en lærer.

Jeg vil rette en stor takk til deltakerne og skolen som lot meg gjennomføre intervensjonen med 5. klassen. Takk for at dere deltok med så stort engasjement og lærelyst, og takk for at dere delte deres kunnskap i intervjuene. Jeg vil også rette en stor takk til min veileder, Camilla Haslekås. Du har gitt meg tydelige og svært nyttige tilbakemeldinger gjennom hele arbeidet med oppgaven. Til slutt vil jeg takke min forlovede, Maiken, for støtten og rådgivningen i arbeidet med masteroppgaven.

Tromsø/Notodden, 2024

Simen Fiskaa

1. Innledning

Temaet for denne undersøkelsen er *modellering* i naturfag, og hva elever lærer om naturvitenskapelige modeller ved å modellere. Modellering er i denne sammenheng prosessen rundt det å lage og utvikle naturfaglige modeller (Oh & Oh, 2011). Kunnskapen om naturfaglige modeller og modellering kan omtales som *metamodelleringskunnskap* og innebærer kunnskap om hva en modell er, hensikten med modeller og hvordan modeller utvikles (Miller & Yoon, 2023; Schwarz et al., 2009). Dette ble undersøkt ved å gjennomføre en intervensjon, og undersøke deltakernes metamodelleringskunnskap både før og etter denne. Intervensjonen innebar tre undervisningsøkter hvor elevene modellerte. Temaet for undervisningen var *materies oppbygning og faseoverganger*. Videre i innledningen vil det bli redegjort for hvorfor dette temaet ble valgt, undersøkelsens problemstilling og strukturen til denne oppgaven.

1.1 Begrunnelse for valg av tema

En del av naturvitenskapens egenart er at kunnskapen stadig utvikles ved frembringelse av ny evidens (Windschitl et al., 2008). Ved å tilegne seg metamodelleringskunnskap vil elever utvikle forståelse for dette, i tillegg til å få en bedre forståelse for hva naturvitenskapelig kunnskap er (Schwarz & White, 2005). Elever med et høyt nivå av denne kunnskapen viser også bedre evne til å forstå komplekse naturfaglige fenomener (Miller & Yoon, 2023). Å undervise på en måte som fremmer metamodelleringskunnskap kan altså gi elever bedre forutsetninger for å forstå naturvitenskapelige fenomener.

I den nyeste læreplanen for naturfag har det kommet flere kompetansemål rettet mot forståelse av naturvitenskapens egenart og vurdering av naturvitenskapelige modeller (Kunnskapsdepartementet, 2019). Undervisning i naturfag på mellomtrinnet skal blant annet gi elevene innsikt i hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles og hva som kjennetegner en god naturvitenskapelig modell (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 8). Å utvikle metamodelleringskunnskap vil dermed være nødvendig for å nå flere kompetansemål i naturfag. Slik kunnskap vil elevene også få nytte av i hverdagslivet. Mer og mer falsk informasjon blir spredt i samfunnet, da spesielt via internett hvor elevene tilbringer mye tid. Ved å kunne vurdere hvordan ulike representasjoner viser data og hvor hensiktsmessige disse er for å presentere kunnskap, vil elevene ha et bedre utgangspunkt til å forholde seg kritisk til informasjonen og slik ta egne valg basert på fakta (Knain et al., 2017). Elevene vil da også

være sterkere utrustet til å kunne skille vitenskapelig basert kunnskap fra ikke-vitenskapelig basert kunnskap.

1.1.1 Hensikt med undersøkelsen

Modellering innebærer å lage, videreutvikle eller bruke en modell til å blant annet forklare et naturfaglig fenomen (Oh & Oh, 2011). Det er godt dokumentert at elever får et bra læringsutbytte av modellering, både når det gjelder kunnskap om et naturfaglig fenomen, og innsikt i den naturvitenskapelige metode (Hubber & Tytler, 2013; Oh & Oh, 2011).

Modellering er også en velegnet arbeidsmetode for å utvikle metamodelleringskunnskap (Schwarz et al., 2009). Mye av forskningen som undersøker elevers metamodelleringskunnskap er internasjonal. Hensikten med denne undersøkelsen er å få en dypere innsikt i norske elevers metamodelleringskunnskap og hvordan denne utvikles av å benytte modellering som arbeidsform i naturfagundervisningen. Resultatene vil være relevante for undervisere som ønsker å utvikle elevers kunnskap om naturfaglige modeller, og for videre forskning rundt temaet.

1.1.2 Personlig interesse for tema

Min personlige interesse for naturvitenskapen har vært til stede så lenge jeg kan huske. Dette videreutviklet seg under studiene til å bli lærer, noe som førte til at jeg ønsket å skrive masteroppgave innen naturfagdidaktikk. Jeg fikk først øynene opp for naturvitenskapelige modeller da jeg hørte en podcast hvor fysiker og KI-forsker Inga Strüme snakket om betydningen av å kunne forklare en modell (Jemterud, 2021). Dette var da rettet mot datamodeller skapt av kunstig intelligens, hvor hun forsket på hvordan de tilsynelatende korrekte modellene den kunstige intelligensen skapte kunne forklares. Selv om disse modellene ikke er i nærheten av de vi jobbet med i lærerstudiet ga det meg et nytt syn på modeller i naturvitenskapen og betydningen de har for å både utvikle ny kunnskap, og formidling av tilegnet kunnskap.

Det var også et ønske fra min side å skape et forskningsbasert undervisningsopplegg, for så å studere virkningen det har på elevene. Slik ville jeg få god erfaring med å utvikle et vellplanlagt undervisningsopplegg, og hvordan vurdere hva elevene sitter igjen med etter undervisningen. Dette er noe jeg tror vil gjøre meg til en bedre lærer og være positivt for mine fremtidige elever.

1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

For å få innsikt i elevenes utvikling av metamodelleringskunnskap ved å delta i et undervisningsopplegg med fokus på modellering ble følgende problemstilling undersøkt:

“I hvilken grad kan et modelleringsbasert undervisningsopplegg i naturfag føre til utvikling av metamodelleringskunnskap hos et utvalg elever i 5. klasse?”

For å besvare problemstillingen ble det utviklet tre forskningsspørsmål:

1. Hvordan endres elevenes beskrivelse av hva en naturfaglig modell er?
2. Hvordan endres elevenes forklaring av hensikten med modeller i naturfag?
3. Hvordan endres elevenes forståelse av hvordan naturfaglige modeller utvikles?

Forskningsspørsmålene ble undersøkt ved å samle data om deltakernes metamodelleringskunnskap både før og etter modelleringen, for så å sammenligne resultatene. Forskningsspørsmålene ble basert på Schwarz et al. (2009) og Miller og Yoon (2023) sin beskrivelse av metamodelleringskunnskap, hvor hvert spørsmål undersøker hver sin del av kunnskapen. Å besvare forskningsspørsmålene kan dermed gi god innsikt i hvordan deltakernes metamodelleringskunnskap utviklet seg av å delta i undervisningen.

1.3 Oppgavens struktur

Oppgaven er delt opp i 6 kapitler. I kapittel 2 blir det redegjort for relevant teori og tidligere forskning. Begrepene *representasjon*, *modell*, *modellering* og *metamodellering* blir også forklart her. Kapittel 3 handler om hvilke metoder som er brukt for å undersøke problemstillingen, hvorfor ulike valg har blitt tatt og konsekvenser av disse. Det blir også redegjort grundig for hvordan undervisningsopplegget i intervensjonen ble planlagt og gjennomført. I kapittel 4 blir resultatene presentert. Disse blir presentert ut ifra tre overordnede temaer innen metamodellering, hvor det for hver intervjugruppe blir presentert resultater fra før og etter intervensjonen. I kapittel 5 blir resultatene diskutert og sammenlignet med tidligere forskning. Hvert forskningsspørsmål blir besvart, og til slutt blir svarene fra forskningsspørsmålene brukt for å besvare problemstillingen. Til slutt kommer det en oppsummering i kapittel 6, hvor interessant videre forskning også blir redegjort for.

2. Teori

Hensikten med dette kapitlet er å formidle det teoretiske utgangspunktet undersøkelsen har hatt. Det vil være relevant for å forstå ulike begreper som blir benyttet i andre kapitler og for å kunne vurdere ulike deler av undersøkelsen. Det er spesielt relevant for at leseren skal kunne gjøre egne vurderinger av undervisningsopplegget i intervensjonen og for å vurdere de resultatene som blir presentert. Mye av forskningen som blir presentert gir også grunnlag for å besvare forskningsspørsmålene, i tillegg til å diskutere og drøfte hvordan dette besvarer problemstillingen. Først vil det bli redegjort for hva representasjoner og modeller i naturfag er, etterfulgt av hvordan dette kan arbeides med i naturfag. Det vil her også bli redegjort for læringsutbytte som kan forventes ved slikt arbeid. Det blir så grundig beskrevet hva metamodelleringskunnskap er og hvorfor dette er nyttig kunnskap. Videre blir partikkelmodellen forklart. Dette blir forklart for å gi leser en større forståelse for temaet i intervensjonen og hvordan modellen blir forstått av meg som forsker. Avslutningsvis blir læringsteorien undersøkelsen har som utgangspunkt gjort rede for.

2.1 Representasjoner

Representasjoner i naturvitenskapen er noe som symboliserer en ide eller konsept, og kan være i form av objekter, verbale eller skriftlige forklaringer, grafer, bilder eller tegninger (Pajchel et al., 2019, s. 147–148; Tang et al., 2014). Matematiske formler og symboler er også former for representasjoner (Pajchel et al., 2019, s. 147–148). I både utvikling av naturvitenskapelig kunnskap og undervisning i skolesammenheng, er bruk av flere ulike representasjoner essensielt (Ainsworth, 2006; Tang et al., 2014). Gjennom generering og bruk av representasjoner utvikles altså forståelsen av naturfaglige fenomener, både for forskere og elever. Gilbert (2010) deler representasjoner opp i interne og eksterne, hvor interne representasjoner kan ses på som mentale visualiseringer og eksterne representasjoner er visuelle uttrykk. I denne undersøkelsen vil representasjoner først og fremst omhandle visuelle uttrykk. Forskning viser også at elever lærer mer ved å bruke flere forskjellige representasjoner av samme fenomen, fremfor kun en (Ainsworth, 2006). Ainsworth (2006) påpeker at bruk av flere representasjoner vil la elever se fenomenet de representerer på andre måter og slik gi en dypere forståelse av fenomenet.

2.2 Modeller

Begrepet *modell* kan brukes om mange ting, alt fra en person som prøver ut nye klær og viser seg frem, eller en person som andre ønsker å etterligne, til fysiske objekter som etterligner et annet objekt (Haug & Mork, 2021, s. 163). I denne oppgaven er det naturvitenskapelige modeller som er relevant. Schwarz et al. (2009) definerer en slik modell med utgangspunkt i representasjoner, hvor disse abstraherer og forenkler et system ved å fokusere på spesifikke elementer, med hensikt om å forklare et naturvitenskapelig fenomen. Det finnes flere definisjoner av modeller innen naturvitenskapen, hvor felles for mange er at representasjoner er sentralt (Oh & Oh, 2011). Et enklere syn på modeller er at de er en representasjon av det de forenkler og forklarer (Oh & Oh, 2011).

2.2.1 Kategorisering av modeller

Det finnes mange eksempler på hvordan naturvitenskapelige modeller kan kategoriseres og struktureres, alt fra kun to kategorier og helt opptil 10 kategorier (Christiansen, 2020). I denne oppgaven har det blitt valgt en kategorisering som kan være hensiktsmessig i forbindelse med naturfagundervisning i grunnskolen. Christiansen (2020) argumenterer for at å kategorisere modeller etter presentasjonsformen vil være fordelaktig i denne sammenhengen.

Hovedargumentet er at naturfagundervisningen i grunnskolen ofte innebærer å presentere en spesifikk modelltype til elevene, eller at elevene selv presenterer en modell for medelever (Christiansen, 2020). Ringnes og Hannisdal (2014) beskriver en slik inndeling av modeller, hvor de ulike modelltypene er; *Konkrete modeller*, *Symbolmodeller*, *Illustrasjonsmodeller*, *Verbale modeller* og *Simuleringsmodeller* (Figur 1).

Modelltype	Karakteristisk for modelltypen	Eksempler fra kjemi
Konkrete modeller	Modellen er laget av ett eller flere materialer og er til å ta og føle på.	<ul style="list-style-type: none"> • Kulepinnemodeller og kalottmodeller av molekyler • Krystallgitre av ioneforbindelser • Pilotanlegg av industrielle systemer • Laboratorieforsøk for fremstilling av hudkrem og såpe
Symbolmodeller	Modellen presenteres som <ul style="list-style-type: none"> a et matematisk uttrykk b en kjemisk formel c en reaksjonslikning d en elektronprikkmodell 	<ul style="list-style-type: none"> a $m = \rho \cdot V$ skal vise sammenhengen mellom massen (m) av et stoff, tettheten (ρ) og volumet (V). b $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ skal vise at i en krystall av saltet er hvert negative ion (CO_3^{2-}) omgitt av to positive ioner (Na^+) og 10 vannmolekyler ($10\text{H}_2\text{O}$). c $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ skal vise at når ett molekyl metan forbrenner, reagerer det med to molekyler oksygen og gir ett molekyl karbondioksid og to molekyler vann. (Viser også samme forhold med mol i stedet for molekyl.) d $\cdot\ddot{\text{O}}\cdot$ viser at oksygen har 6 elektroner i ytre skall.
Illustrasjonsmodeller	Modellen er <ul style="list-style-type: none"> a en tegning b et diagram c en graf 	<ul style="list-style-type: none"> a Illustrasjon av karbonets kretsløp b Flytdiagram for en fullgjødselfabrikk c Graf som viser løseligheten av sukker i vann med økende temperatur
Verbale modeller	Modellen uttrykkes med ord som gir en sammenlikning med virkeligheten.	<ul style="list-style-type: none"> • Størrelsesforholdet mellom atomkjernen og elektronskyen i et atom sammenlignes med et knappenålshode i midten av en fotballbane. • Bindingsforholdene i et metall beskrives som metallioner i en sjø av elektroner.
Simuleringsmodeller	Modellen presenteres som <ul style="list-style-type: none"> a en simuleringsmodell på PC b et rollespill 	<ul style="list-style-type: none"> a En grafisk representasjon av et ionegitter som kan «rotteres» og «ses» i 3D på PC-skjermen b Elever som forestiller partikler og sammen viser oppbygningen av et fast stoff, en væske eller en gass

Figur 1: Kategorisering av modeller (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 165).

Figur 1 viser hvordan modelltypene kan deles inn i kategorier, karakteristikk ved de forskjellige modelltypene og ulike eksempler på dem. Hensikten med figuren er å gi et innblikk i hvordan modelltyper kan kategoriseres for elevene i grunnskolen og hvordan elevene selv skal kunne kategorisere dem.

Inndelingen av modelltypene har også noen ulemper og svakheter, blant annet fordi noen av kategoriene flyter over i hverandre (Christiansen, 2020). Et eksempel på dette er hvordan et rollespill kan ses på som en simuleringsmodell, men vil også kunne argumenteres for å være en konkret modell. Christiansen (2020) trekker også frem at en modell kan være sammensatt av flere modelltyper. Ofte vil man se elevtegninger som består av både illustrasjoner og symboler av ulike former. Eksempelvis vil en modell av karbonets kretsløp gjerne inneholde illustrasjoner av hvor i naturen karbonet befinner seg, i tillegg til reaksjonslikninger som viser hvilke kjemiske reaksjoner som skjer. En tegning av materies oppbygning ved bruk av partikkelteorien vil også kunne inneholde symboler i form av piler for å beskrive bevegelsen til partiklene. Slike forhold ved å kategorisere modeller trenger ikke nødvendigvis å være negative. Christiansen (2020) beskriver hvordan dette kan være utgangspunkt for verdifulle diskusjoner i klasserommet. Elevene bør eksponeres for å måtte plassere ulike modeller i

kategorier og argumentere for dette, uten at det nødvendigvis er en fasit. Slik vil elevene også få trening i argumentasjon og en bredere forståelse av naturfaglige modeller.

2.3 Modellering

Modellering er prosessen ved å utvikle en modell, hvor målet er å beskrive, forklare og forutsi naturvitenskapelige fenomener (Oh & Oh, 2011). Denne prosessen er ansett for å være en viktig del av den naturvitenskapelige metode og for å utvikle elevers konseptuelle forståelse i naturfag (Schwarz & White, 2005; Tytler & Hubber, 2013). Basert på flere forskningsartikler har Schwarz et al. (2009) kommet frem til fire arbeidsformer som inngår i en modelleringsprosess. Disse er at elevene skaper, bruker, evaluerer og videreutvikler modeller. Den første går ut på at elevene lager egne modeller basert på teori eller empirisk evidens. Dette kan da være for å uttrykke forståelse av teorien eller som forklaring av observert empiri. Neste arbeidsform Schwarz et al. (2009) beskriver er at elevene skal bruke modeller. Det kan være for å forstå et naturfaglig fenomen, men også for å forklare det for andre. Modeller kan også bli brukt for å gjøre ulike antagelser om et fenomen og for å forutsi hvordan fenomenet utvikler seg over tid (Oh & Oh, 2011). Å evaluere modeller innebærer å sammenligne ulike modeller for å vurdere modellenes evne til å forklare det modellen representerer, i tillegg til å reflektere over modellens styrker og svakheter (Schwarz et al., 2009). Med videreutvikling av modeller mener Schwarz et al. (2009) at elevene skal gjøre endringer på modeller for at modellene skal forbedre sin forklaringssevne. Dette kan skje ved at elevene får ny informasjon om fenomenet, som så skaper et behov for å gjøre endringer på modellen. Utførelsen av arbeidsformene trenger ikke å være i denne rekkefølgen, og alle arbeidsformene er heller ikke nødvendige i en modelleringsprosess (Schwarz et al., 2009). Det viktige er at elevene gjennom skolegangen får erfaring og forståelse for alle.

Hubber og Tytler (2013, s. 133) argumenterer for at det bør legges spesielt stor vekt på å diskutere de modellene som lages ved modellering og at modellene blir laget for å fungere som et redskap til å forklare et fenomen, ikke bare etterligne eksisterende modeller. Dette vil gjøre modelleringen mer identisk med hvordan modellering gjøres i naturvitenskapen og slik tilrettelegge for at elevene utvikler kunnskap om både det naturfaglige fenomenet de lager en modell av, men også for naturvitenskapens egenart (Hubber & Tytler, 2013, s. 132).

Ved planlegging av et modelleringsbasert undervisningsopplegg foreslår Gouvea og Passmore (2017) at undervisningen bør ha et tydelig fenomen, spørsmål og kriterier for måloppnåelse. Undervisningen må altså ha et fenomen som skal undersøkes videre. Det må også være noe

særegent og ukjent ved fenomenet som gjør det interessant for elevene å undersøke det (Gouvea & Passmore, 2017). For at elevene skal forstå hva som skal undersøkes ved fenomenet kreves det også tydelig formulerte spørsmål. Disse kan komme fra både lærer og elevene (Christiansen, 2020) Kriterier for måloppnåelse vil konkretisere hva som skal til for å besvare spørsmålene og slik være et redskap for å vurdere elevenes besvarelser. Gouvea og Passmore (2017) understreker også viktigheten av at elevene forstår sin egen rolle i modelleringsprosessen. De må være innforstått med at de skal undersøke det gitte fenomenet, besvare det formulerte spørsmålet og forstå sin egen rolle i å selv undersøke og utvikle kunnskap om fenomenet.

2.3.1 Læringsutbytte av modellering

Først og fremst kan modellering bli sett på som en grunnleggende prosess i den naturvitenskapelige metode (Windschitl et al., 2008). Elever i grunnskolen skal få innsikt og erfaring med naturvitenskapelige praksiser (Kunnskapsdepartementet, 2019). Av den grunn vil arbeid med modellering i klasserommet være relevant for å følge den norske læreplanen. Flere studier viser at elevene utvikler mye kunnskap om det naturfaglige fenomenet som inngår i modelleringsprosessen, i tillegg til å få en dypere forståelse for hvordan modeller brukes og utvikles av forskere (Hubber & Tytler, 2013; Schwarz et al., 2009). Når elever tegner modeller i en modelleringsprosess viser forskning også at tegningene utvikler seg til å bli mer abstrakte og detaljerte (Auning, 2020; Forbes et al., 2015). Et annet resultat av å modellere er at elevene utvikler egne mentale representasjoner, for så å gjøre dem om til eksterne representasjoner. Dette gir dem et større eierskap til kunnskapen, og slik et bedre utgangspunkt for å forstå og lære om det representasjonen representerer (Oh & Oh, 2011).

Samarapungavan et al. (2017) undersøkte 3. klassingers forståelse av materie før og etter å ha deltatt i en modelleringsprosess hvor temaet var materie. Resultatene viste en stor økning i elevenes evne til å bruke partikkelmodellen til å forklare egenskaper ved materie. Elevenes kriterier for hva som kjennetegner materie økte også i kompleksitet. Det gikk fra overflatiske egenskaper, slik som hardhet, til mer vitenskapelig, hvor masse er et sentralt kjennetegn på materie.

Bruk av modeller i undervisningen kan også føre til feillæring. Dette så man i studien til Saure et al. (2021) hvor det ble benyttet en viftemodell for å forklare kromatografi. Modellen skulle visualisere hvordan ulike molekyler separeres i et løsemiddel. Eksempelvis ble isoporkuler, teipringer og småstein brukt som representasjoner for molekyler. I viftemodellen blir luften en

analogi for løsemiddelet (vann). Da viften startet kunne man se de ulike molekylmodellene bevege seg i ulik lengde. Studien viste at viftemodellen førte til direkte feillæring (Saure et al., 2021). Elevene oppfattet molekylenes vekt som avgjørende for hvor langt de gikk. Dette strider med den vitenskapelige forklaringen hvor det er molekylenes bindingsevne til løsemiddelet som er den avgjørende faktoren. For å unngå dette må modellens svakheter presiseres i undervisningen.

2.3.2 Å tegne modeller

Det er godt dokumentert i forskningslitteratur, at tegning som arbeidsmetode i naturfag kan gi et godt faglig læringsutbytte (Ainsworth et al., 2011). Ainsworth et al. (2011) argumenterer blant annet for at å tegne i naturfag kan utvikle elevenes evne til å representere naturfaglig kunnskap ved at de skaper egne representasjoner. Dette innebærer også kunnskap om hvordan og hvorfor representasjoner blir brukt i naturvitenskapen. En annen grunn til å tegne i undervisningen er at elevene kan utvikle evnen til å kommunisere kunnskap og forståelse (Ainsworth et al., 2011). Gjennom å diskutere egne og andres modelltegninger vil elevene kunne videreføre hverandres forståelse for naturfaglige fenomener og hvordan modeller kan endres over tid. En elevtegning vil også kunne gi læreren en indikasjon på om eleven har forstått temaet i undervisningen.

2.4 Metamodelleringskunnskap

Kunnskap om metamodellering handler om å forstå hvorfor og hvordan modeller brukes i naturvitenskapen, og i tillegg kunne vurdere modellens forklaringsevne og begrensninger (Schwarz et al., 2009). Det innebærer også en forståelse for hvordan og hvorfor naturvitenskapelige modeller endres og videreutvikles (Gogolin & Krüger, 2018). For å beskrive mer i dybden hva metamodelleringskunnskap er vil det nedenfor bli delt opp i tre deler, basert på inndelingen til Miller og Yoon (2023). Innholdet i de ulike delene vil være basert på flere forskningsartikler. Her vil det også bli beskrevet hva som kjennetegner et lavt nivå av kunnskap innenfor hver del, og det samme med et høyt nivå. I siste del av delkapitlet blir det redegjort for hvorfor metamodelleringskunnskap er nyttig og forskning rundt hvordan denne kunnskapen kan utvikles.

2.4.1 Hva en modell er

Denne første delen innebærer å forstå hva en naturfaglig modell er og hvor realistisk en modell trenger å være (Miller & Yoon, 2023). Som beskrevet tidligere kan en modell

defineres som en forenkling av virkeligheten, hvor det benyttes en eller flere representasjoner (Oh & Oh, 2011; Schwarz et al., 2009). Det innebærer altså en forståelse av at modeller ikke er identiske med det de er en modell av og at det ikke nødvendigvis er et mål at de skal være så realistiske som mulig. Denne delen av metamodelleringskunnskap kan også sies å innebære forståelse for hvordan modeller kategoriseres og at ulike modeller kan være modeller av samme fenomen, men med ulike evner til å forklare deler av fenomenet (Schwarz et al., 2009). Modeller skapes med ulike hensikter, og av den grunn vektlegges forskjellige og spesifikke egenskaper til modellen, og fenomenet den skal representere. Ved å fokusere på spesifikke egenskaper ved modellen og fenomenet den representerer vil andre egenskaper bli nedprioritert. Dette medfører at alle modeller pådrar seg ulike svakheter. For å kunne forklare et naturfaglig fenomen så nøyaktig og detaljert som mulig blir det altså nødvendig med flere modeller av samme fenomen (Oh & Oh, 2011).

En utbredt oppfattelse av modeller blant elever i grunnskolen er at de bør være så like som mulig det virkelige fenomenet de representerer (Cheng & Lin, 2015). En slik oppfattelse kan forstås som et lavt nivå innen denne delen av metamodelleringskunnskap (Miller & Yoon, 2023). I undersøkelsen til Schwarz et al. (2009) viste deltakerne også denne forståelsen av modeller før de deltok i et modelleringsbasert undervisningsopplegg. Etter deltakelsen var flere deltakere mer opptatt av at modellen skulle forklare det den skulle, fremfor å være mest mulig realistisk (Schwarz et al., 2009). I studien til Miller og Yoon (2023) deltok ungdomsskoleelever i en modelleringsprosess. Etter intervensjonen var elevene fortsatt opptatt av realisme i modellene og anså dette som viktig. Miller og Yoon (2023) påpeker at dette ikke nødvendigvis viser et lavt nivå av metamodelleringskunnskap, fordi elevene var også opptatt av at modellene måtte være realistiske på en nyttig måte. Det betyr at deltakerne i etterkant av intervensjonen forsto at modeller ikke bare skulle visualisere virkeligheten, men også kunne brukes til noe.

2.4.2 Hensikt med modeller

Kunnskap innen denne delen av metamodelleringskunnskap handler om å forstå hensikten med naturvitenskapelige modeller. Dette innebærer forståelse for hvordan naturvitenskapelige modeller brukes til å både kommunisere og utvikle kunnskap, samt gjøre antagelser om andre sider ved fenomenet de er en modell av (Miller & Yoon, 2023). Modellene kan kommunisere både egen forståelse av et naturvitenskapelig fenomen, men også det som blir ansett som konsensus blant forskere (Oh & Oh, 2011). Modeller brukes også til å illustrere og forklare

naturfaglige fenomener (Schwarz et al., 2009). Å forstå at en modell kan brukes til å gjøre antagelser og utvikle eksisterende kunnskap om fenomenet den er en modell av, kjennetegnes som et høyt nivå av forståelse av hensikten med modeller (Miller & Yoon, 2023). Kjennetegn på et lavt nivå er at forståelsen er begrenset til modellens beskrivende egenskaper (Gogolin & Krüger, 2018).

Deltakerne i studien til Schwarz et al. (2009) gikk fra et lavt nivå av kunnskap innen denne delen til et høyere nivå etter det modelleringsbaserte undervisningsopplegget. De gikk altså fra å forstå modeller som et redskap for å vise hvordan noe så ut, til å vise større forståelse for at modeller brukes til å forklare et fenomen. Som tidligere nevnt viste deltakerne i studien til Miller og Yoon (2023) at de forsto at modeller hadde flere formål enn å kun visualisere. I fokusgruppeintervju etter intervensjonen ga flere deltakere uttrykk for at modeller kunne brukes til å både kommunisere og forklare naturfaglige fenomener.

2.4.3 Utvikling av modeller

Miller og Yoon (2023) sin tredje og siste del av metamodellering handler om hvordan modeller endres og utvikles. Et høyt nivå av kunnskap innen denne delen innebærer forståelse av at modeller endres og utvikles basert på ny evidens (Miller & Yoon, 2023). Kunnskap om naturvitenskapens egenart er sentral innen denne delen av metamodelleringskunnskap. Naturvitenskapelig kunnskap endres og revideres kontinuerlig ved frembringelse av ny empiri (Windschitl et al., 2008). Dette gjelder også naturvitenskapelige modeller (Oh & Oh, 2011). Hvis det frembringes ny empiri som gjør at modellen ikke lenger kan tjene til sin hensikt, vil den bli revidert eller forkastet til fordel for en ny modell. Oh og Oh (2011) poengterer også at modeller i naturvitenskapen dermed aldri blir sett på som ren fakta eller direkte feil. En sentral del av metamodelleringskunnskap er også å kunne vurdere modeller (Schwarz et al., 2009). Det innebærer å kunne vurdere hvilken informasjon modellen trenger å ha med og hvilken som ikke er nødvendig (Schwarz et al., 2009). Kjennetegn på et lavt nivå av denne kunnskapen er at modeller kun endres hvis de ikke er riktige, og da en manglende forståelse for at de endres basert på ny evidens (Miller & Yoon, 2023).

Innen denne delen av metamodelleringskunnskap viste deltakerne i studien til Schwarz et al. (2009), som var på barnetrinn-nivå, at de i forkant av det modelleringsbaserte undervisningsopplegget hadde en ukritisk holdning til å legge til flere detaljer til modellen. Senere viste de en mer kritisk holdning, hvor valg av hvilke detaljer som skulle legges til ble basert på hvilke detaljer som kunne gjøre modellen bedre. For å avgjøre om modellen ble

bedre begynte deltakerne også å bruke mer tydelige kriterier, hvor endringer som gjorde at modellen forklarte fenomenet bedre ble ansett som viktigst. Deltakerne i studien til Schwarz et al. (2009), som var på mellomtrinn-nivå, viste et noe høyere nivå før undervisningen, hvor de gjorde endringer for at modellen skulle kommunisere bedre. Senere var dem mer opptatt av å gjøre endringer basert på ny informasjon, hvor denne informasjonen kom fra enten lærer, pensumbok eller av å utføre eksperimenter. De viste også forståelse av at de kunne gjøre modellen sin bedre ved å hente inspirasjon fra å sammenligne hverandres modeller (Schwarz et al., 2009).

2.4.4 Hvorfor og hvordan utvikle metamodelleringskunnskap

Det er flere grunner til at elever bør utvikle sin kunnskap om modeller. En av dem er for å forstå hva naturvitenskapelig kunnskap er og hvordan den utvikles (Schwarz & White, 2005). Innen naturvitenskapen er modeller et viktig verktøy med mange formål, og av den grunn vil kunnskap om modeller være viktig for å forstå den naturvitenskapelige metode. Ved å tilegne seg metamodelleringskunnskap vil det også kunne bli enklere og mer meningsfylt for elevene å delta i en modelleringsprosess (Schwarz et al., 2009). Naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter er også en del av naturfagets kjerneelementer (Kunnskapsdepartementet, 2019, s. 2). Det vil si at elevene skal få erfare og forstå den naturvitenskapelige metode, og av den grunn blir utvikling av metamodelleringskunnskap en sentral del av målet med undervisningen. Arbeid med modeller er også viktig for å nå flere av kompetansemålene for både mellom- og ungdomstrinn (Kunnskapsdepartementet, 2019). For å nå disse vil utvikling av metamodelleringskunnskap være av stor betydning.

En annen grunn til at elever bør tilegne seg kunnskap om modeller er fordi det kan styrke elevenes forståelse av naturfaglige fenomener (Schwarz & White, 2005). Et eksempel på dette er studien til Miller og Yoon (2023) hvor sammenhengen mellom elevers metamodelleringskunnskap og evne til å forstå komplekse biologiske systemer ble undersøkt. Resultatene fra undersøkelsen viste at elever som hadde utviklet sin kunnskap om metamodellering, også viste stor utvikling av sin forståelse for komplekse systemer i biologi. Dette viser at metamodelleringskunnskap kan hjelpe elever med å forstå mer komplekse naturfaglige fenomener.

Å undervise på en måte som fører til at elever utvikler metamodelleringskunnskap kan være utfordrende (Schwarz & White, 2005). En viktig side ved denne kunnskapen er at den ikke bør læres uten sammenheng med en modelleringsprosess hvor elevene får arbeide med

modeller i praksis (Schwarz et al., 2009). Det må skje som en integrert del av modelleringen, slik at elevene lærer å bruke kunnskapen i praksis. Selv om modellering i seg selv kan utvikle elevers kunnskap om modeller, vil det være en fordel at det i undervisningen rettes et eksplisitt fokus mot å utvikle denne kunnskapen (Hubber & Tytler, 2013). Det vil si at det underveis i modelleringsprosessen blir diskutert og undervist om ulike sider ved naturfaglige modeller.

Flere studier viser at modellering i undervisningen er et godt utgangspunkt for at elevene skal utvikle metamodelleringskunnskap (Hubber & Tytler, 2013; Miller & Yoon, 2023; Schwarz et al., 2009; Schwarz & White, 2005). Noe som også kan være av betydning er elevenes alder (Fortus et al., 2016). Til tross for lite undervisning om modellering viste deltakerne i studien til Fortus et al. (2016) et høyere nivå av metamodelleringskunnskap enn andre undersøkelser hvor deltakerne var yngre. Dette var elever med alder mellom 15 og 18 år. Fortus et al. (2016) argumenterer for at yngre elever på mellomtrinnet muligens har manglende kognitive forutsetninger for å utvikle et høyt nivå av metamodelleringskunnskap. Elevers metamodelleringskunnskap kan også variere ut i fra hvilken kontekst de viser eller bruker kunnskapen i (Gogolin & Krüger, 2018; Krell et al., 2015). Krell et al. (2015) undersøkte om det var forskjell i elevers kunnskap om modeller i kontekst av fysikk, kjemi og biologi. Resultatene indikerte at elevene viste høyest nivå i sammenheng med kjemi, og lavest i sammenheng med biologi. Det blir også poengtert at dette ikke nødvendigvis skyldes at det er lettere å forstå modeller og modellering i kjemi, men at det muligens skyldes hvordan undervisningen i de ulike fagdisiplinene blir gjennomført (Krell et al., 2015).

2.5 Partikkelmodellen

Intervensjonen som ble gjennomført i denne undersøkelsen har materies oppbygning og faseoverganger som tema. Til å forklare dette benyttes partikkelmodellen, og av den grunn blir modellen forklart her. I partikkelmodellen kan begrepet partikkel bli brukt om både atom, molekyl og ioner (Hannisdal & Ringnes, 2021, s. 26). Utgangspunktet for modellen er at alt er bygget opp av partikler. Et viktig element i partikkelmodellen er sammenhengen mellom partiklens temperatur og bevegelse. Det vil si at når partiklene blir tilført varmeenergi, vil de også øke bevegelsen i form av vibrasjon og rotasjon, eller i form av økt hastighet (Hannisdal & Ringnes, 2021, s. 27). Med utgangspunkt i dette kan modellen forklare flere forskjellige fenomener. Den kan blant annet forklare faseoverganger ved at varme tilføres partiklene slik at de beveger seg mer og til slutt bryter bindingene til hverandre, og at materie dermed blir til

væskeform og ved nok varme til gassform. Den kan også forklare hverdagslige fenomener som hvordan matlukt spres i et rom og at en fotball blir hardere hvis den blir lagt i sola (Hannisdal & Ringnes, 2021, s. 27).

Som alle modeller har også denne noen svakheter. Dette er fortrinnsvis at den ikke forklarer hvordan vann er tyngst ved 4°C og hvordan noen stoffer kan gå direkte fra fast form til gassform (Hannisdal & Ringnes, 2021, s. 28). Eksempelvis vil vann under 4°C ifølge modellen være tyngre enn ved 4°C. Modellen forklarer heller ikke hvordan tørris kan gå direkte fra fast form til gassform (Hannisdal & Ringnes, 2021, s. 28). Det kan oppstå flere misoppfatninger hos elevene ved bruk av partikkelmodellen. Noen av de vanligste misoppfatningene er at elevene tenker det er vann mellom partiklene i et vannglass, og at partiklene til et stoff har samme farge som stoffet (Hannisdal & Ringnes, 2021, s. 29). Slike misoppfatninger er det viktig for lærer å være bevisst på og arbeide for at ikke skal oppstå hos elevene.

2.6 Sosiokulturell læringsteori

Undersøkelsen har Vygotskys sosiokulturelle læringsteori som utgangspunkt for synet på læring. Dette gjenspeiles både i undervisningspraksisen under intervensjonen og hvordan elevene uttrykker sin forståelse til meg som forsker i intervjuene. Den sosiokulturelle læringsteorien beskriver ulike utviklingsnivåer, hvor det *aktuelle utviklingsnivået* er et nivå hvor eleven klarer oppgaver og utfordringer på egenhånd (Moen, 2013, s. 257). Det eleven klarer ved hjelp av en mer kompetent person omtales som det *potensielle utviklingsnivået*, hvor da avstanden mellom disse nivåene er den *nærmeste utviklingssonen* (Moen, 2013, s. 258). Det er da i denne sonen elevene vil utvikle seg og utvide det *potensielle utviklingsnivået*. For å klare dette er både sosial interaksjon og redskaper essensielt. Et redskap kan være fysiske gjenstander, slik som blyant og linjal, eller psykologiske verktøy, slik som språk og symboler (Lyngsnes & Rismark, 2014, s. 75). Representasjoner og modeller kan også bli sett på som redskaper i denne sammenhengen, og kan være svært nyttige for å utvikle elevers forståelse av naturfaglige fenomener (Prain & Tytler, 2012). Både slike redskaper og sosiale interaksjoner vil være med å hjelpe elevene å utvide det potensielle utviklingsnivået, og slik utvikle større forståelse og kunnskap. I denne undersøkelsen vil dette komme til uttrykk gjennom tilrettelegging for flere diskusjoner i klasserommet, bruk av modeller som redskap for læring og ved bruk av gruppeintervju som datainnsamlingsmetode.

3. Metode

Forskningsdesign er en strukturert plan for hvordan forskningen skal gjennomføres for å kunne undersøke det som er ønskelig (Blikstad-Balas & Dalland, 2021, s. 21). Maxwell (2012) beskriver studiens mål, teoretiske rammeverk, metode og validitet som viktige komponenter i et forskningsdesign, hvor alle er tilknyttet undersøkelsens problemstilling. Et viktig aspekt ved forskningsdesignet er at de ulike komponentene i designet henger sammen med hverandre, og da spesielt at den valgte metoden kan gi et troverdig svar på problemstillingen (Maxwell, 2012). I dette kapitlet vil det bli presentert hvilken vitenskapsteoretisk posisjon undersøkelsen forholder seg til. Det vil også formidles hvilke forsknings- og analysemetoder som ble benyttet og en beskrivelse av hvordan metodene ble brukt. Til slutt vil betraktninger rundt etiske hensyn og forskningens kvalitet bli presentert.

3.1 Vitenskapsteoretisk posisjon

Hvilket syn forskeren har på virkeligheten er avgjørende for hvilken vitenskapsteoretisk posisjon en undersøkelse har som utgangspunkt, og hvilken informasjon om virkeligheten undersøkelsen kan innhente (Anker, 2020, s. 47). Det påvirker også hvilke metoder undersøkelsen benytter og dermed hvilke resultater undersøkelsen kan forvente å frembringe (Tjora, 2021, s. 37). Dette impliserer en anerkjennelse av at problemstillingen kan belyses på flere måter, og at hvordan dette gjøres, vil påvirke hvilken kunnskap det er mulig å utvikle gjennom undersøkelsen.

I denne undersøkelsen blir problemstillingen belyst fra et sosialkonstruktivistisk perspektiv. Ved at virkeligheten blir formidlet muntlig eller ved handling vil forskeren få tilgang til det som undersøkes (Anker, 2020, s. 52). Kunnskap skapes altså i samhandling mellom forskeren og forskningsobjektene. Med denne vitenskapsteoretiske posisjonen har den sosiale settingen også betydning for den kunnskapen som konstrueres (Tjora, 2021, s. 31). Forskningsobjektene skaper og konstruerer sin virkelighet sammen med andre. Dette synet harmonerer også med sosial læringsteori som er den overordnede læringsteorien intervensjonen baserer seg på. Dette kommer til uttrykk i intervensjonen ved at gjentatte gruppediskusjoner skal lede elevene videre i forståelsen av modeller og modelleringsprosessen. Det kommer også frem i studien ved valg av forskningsmetode og å ha gruppeintervju som metode for datainnsamling.

3.2 Undersøkellesmetode

Et viktig kjennetegn ved vitenskapelig forskning er hvordan sannheten ettersøkes gjennom en systematisk og gjennomtenkt metode, slik at resultatene som frembringes er velbegrunnede (Nyeng, 2012, s. 9). Metoden som benyttes er altså sentral for forskningens kvalitet og at undersøkelsen frembringer troverdige resultater. Denne studien har en kvalitativ tilnærming for å undersøke problemstillingen. En kvalitativ forskningsmetode kan kjennetegnes ved at forståelse blir vektlagt, fremfor forklaring, og at man får en større nærhet til forskningsobjektene (Tjora, 2021, s. 27). Denne tilnærmingen vil derfor kunne gi en dypere innsikt i problemstillingen. En kjent svakhet ved kvalitative forskningsmetoder er at eventuelle funn ikke lar seg generalisere til andre situasjoner enn den som har blitt undersøkt, fordi utvalget som undersøkes er for smått (Nyeng, 2012, s. 75). Sett i lys av dette vil denne studien ikke ha som mål å utarbeide generaliserte resultater, men heller en dypere forståelse av modellering som arbeidsmetode i naturfagundervisningen og hvilket læringsutbytte dette kan gi.

For å undersøke problemstillingen ble aksjonsforskning brukt som metode. Denne metoden innebærer at jeg som forsker drar ut i felten og studerer virkningene av det jeg gjør (Øgreid, 2021, s. 215). Det ble gjennomført en intervensjon, hvor et undervisningsopplegg ble utført. En intervensjon kan beskrives som en planlagt innblanding i det som skal undersøkes, hvor det i utdanningsforskning ofte innebærer prøve ut og undersøke effekten av ulike undervisningsmetoder (Øgreid, 2021, s. 210). Med et sosialkonstruktivistisk utgangspunkt vil denne fremgangsmåten være hensiktsmessig fordi det muliggjør å utvikle kunnskap om temaet i samhandling med andre og i den konteksten kunnskapen er relevant (Øgreid, 2021, s. 214). Metoden harmonerer også med studiens hensikt fordi målet er å undersøke hvordan en undervisningsmetode og arbeidsform fungerer og hvilket læringsutbytte dette gir. Ved å gjøre dette i elevenes naturlige miljø vil resultatene også være mer relevante for andre undervisningssammenhenger i skolen.

3.3 Utvalg

Utvalget besto av totalt 8 elever fra en 5. klasse, hvor klassen hadde totalt 19 elever. Klassen hadde jeg kjennskap til fra før av og kom fra en forholdsvis liten skole. For å sikre deltakernes anonymitet blir det ikke redegjort for hvor i landet skolen befinner seg. Selv om kun 8 av elevene i klassen utgjør utvalget, deltok alle elevene i klassen i undervisningen under intervensjonen. Ved at utvalget er lett tilgjengelig og at forsker har kjennskap til deltakerne

fra før av kan det kalles et bekvemmelighetsutvalg (Blikstad-Balas & Dalland, 2021, s. 39). Kun de elevene som fikk tillatelse av foresatte til å delta, og ønsket dette selv, kunne bli en del av utvalget. For å få et mest mulig representativt utvalg av klassen, ble deltakerne i utvalget valgt ut i samarbeid med klassens kontaktlærer.

3.4 Intervensjon

Her vil det bli redegjort for hvordan intervensjonen ble planlagt og gjennomført. Dette innebærer en beskrivelse av planleggingsprosessen og en mer detaljert beskrivelse av hva som ble gjort i undervisningsøkten. Beskrivelsen av undervisningsøktene er basert på loggføring av undervisningen som ble gjort umiddelbart etter hver økt.

3.4.1 Planlegging av intervensjon

Omfanget av intervensjonen ble satt til 3 undervisningsøkter, hver bestående av 2x45 minutter. De tre undervisningsøktene i intervensjonen ble planlagt og gjennomført av meg. Ifølge klassens eksisterende årsplan i naturfag skulle elevene starte med kjemiundervisning i perioden intervensjonen var planlagt å gjennomføres. Temaet for undervisningen ble dermed valgt til å være partikkelteori og faseoverganger. For å planlegge undervisningen ble det undersøkt hvilken erfaring elevene hadde med tegning og modeller i naturfag fra før av, samt hvilke temaer undervisningen hadde hatt tidligere i skoleåret. Dette ble gjort ved å gjennomgå eksisterende undervisningsplan for naturfag og dialog med andre naturfagslærere klassen hadde hatt.

Tidligere tema for naturfagundervisningen dette året var biologisk mangfold, liv på jorda og naturvitenskapelig metode, hvor elevene arbeidet som forskere. Gjennom temaene hadde elevene fått erfaring med modeller av blader til trær, næringsnett i havet, livet i fjæra og tidslinje over utviklingen av livet på jorda. Elevene hadde ikke hatt mye tegning i faget før, men hadde fått erfaring med å tegne et næringsnett i havet, etter en ekskursjon til fjæra. Motivasjonen for tegning generelt blant elevene var varierende, det samme gjaldt tegneferdighetene. Noen elever tegnet på fritiden og noen mislikte å tegne.

Intervensjonen er inspirert av undervisningsopplegget om faseoverganger og partikkelmodellen som blir presentert av Hubber og Tytler (2013). Dette er laget for elever på mellomtrinnet, men ble modifisert til å passe klassens faglige nivå og for å passe tidsrammen som er satt for prosjektet. Dette innebar å prioritere materie i fast og flytende form som tema, og la materie i gassform være tema for den videre undervisningen for elevene. Modellering

innebærer å skape, bruke, evaluere og videreutvikle modeller (Schwarz et al., 2009). Ved modifisering av undervisningsopplegget hentet fra Hubber og Tytler (2013) ble arbeidsformer som innebar dette prioritert. Det ble også vektlagt å få til en sirkulær prosess, hvor elevene får tegne en modell basert på egne observasjoner og antakelser, for så å få mer informasjon om fenomenet og deretter skape en ny modell hvor den nye informasjonen blir tatt i betraktning. Etter dette ville elevene få diskutere og forklare egne og andres modeller. Gjennom denne prosessen ville elevene få erfare alle arbeidsformene som inngår i modellering, og slik erfaring med en naturvitenskapelig tilnærming til utvikling av modeller og kunnskap. Diskusjonsdelen av undervisningen skulle innebære at elevene diskuterte og forklarte til hverandre, hvor jeg skulle styre diskusjonen og vise noen av modellene for resten av klassen. Det ble også planlagt med at ulike aspekter innen metamodellering skulle bli trukket frem i denne delen. Dette gjaldt spesielt hva en naturfaglig modell er og hvordan modeller endres ved utvikling av ny kunnskap om det modellen representerer.

For å gjøre det enklere for meg å følge undervisningsplanen under intervensjonen, ble det tatt i bruk en lysbildepresentasjon. Denne inneholdt stegvis hva som skulle gjøres i undervisningsøktene, noe som også kunne hjelpe elevene med å holde oversikt over hva som skulle gjøres. Det var også tidsbesparende fordi det ikke var nødvendig å skrive opp oppgavene på tavlen.

3.4.2 Gjennomføring av intervensjon

Økt 1:

Første undervisningsøkt ble startet med en introduksjon av begrepet *materie*. Her kom det frem lite forkunnskap fra elevene. Etter å ha forklart at materie er alt som har vekt og som tar opp plass kom elevene med flere eksempler på ikke-materie. Noen av eksemplene var lys, Bluetooth og wifi. Flere trodde også at luft ikke var materie, i tillegg til gulvet, fordi det angivelig ikke hadde vekt. Etter dette ble planen for undervisningen og læringsmål presentert. Læringsmålene for denne økten var: *Vite hva begrepet materie innebærer, og Kunne diskutere kjennetegn ved ulik materie og kunne tegne en modell av materies oppbygning med bruk av partikkelteorien.*

Neste del innebar å utforske forskjellige gjenstander og diskutere ulike kjennetegn ved dem. Det ble delt ut en gummistrikk, en spiker, et papir og et kritt til to og to elever. Etter at elevene diskuterte i makkerpar, delte hvert par hva de snakket om til resten av klassen. Videre

besto undervisningsøkten av å tegne modeller av hvordan oppbygningen av materie i et ark så ut. Først tegnet elevene slik de trodde det var, for så å bli presentert for partikkelteorien. Før elevene ble presentert for partikkelteorien forklarte jeg at elevene nå hadde tegnet en modell og da også hva en naturfaglig modell er. Her ble det vektlagt at modellen skal forklare noe og at det er en forenkling av det den forklarer. Partikkelteorien ble presentert som en teori forskere hadde kommet frem til basert på ulike undersøkelser. Det ble forklart at naturfaglig kunnskap stadig utvikler seg og at nye undersøkelser kan føre til nye forklaringer.

Etter dette tegnet elevene en ny modell som skulle forklare oppbygningen av materie i et ark, hvor de tok i betraktning den nye informasjonen de hadde fått om partikkelteorien. Jeg sa også at de skulle tenke over hvorfor partiklene ikke falt fra hverandre. Undervisningen ble avsluttet med en felles diskusjon av tegningene, hvor to elevtegninger ble vist til resten av klassen. Det ble snakket om hvordan modellene ga en forklaring på det de skulle og om ulike endringer som kunne gjøres for at de skulle bli enda bedre. Vi diskuterte også kort om partikkelteorien kunne stemme og hvordan modellene ga en forklaring på hvorfor partiklene ikke faller fra hverandre. Her kom vi inn på begrepet *bindinger*.

Undervisningsøkten bar preg av å være siste økt for dagen. Flere elever var til tider ufokuserte og urolige. Motivasjonen for å tegne var som forventet varierende, men alle endte opp med å tegne to ulike modeller. To av de åtte elevene i utvalget ble tatt ut av undervisningen for en samtale med kontaktlærer. Samtalen varte i omtrent 40 minutter. Det viste seg at flere elever misforsto første tegneoppgave, hvor de skulle tegne hvordan materie i et ark var bygget opp. I forklaringen ble det sagt at de skulle tegne de minste delene et ark var bygget opp av, men flere endte opp med å tegne et tre. Ved spørsmål om hvorfor de tegnet et tre svarte elevene at det var fordi papir var laget av tre. Jeg forklarte oppgaven på nytt ved å late som at jeg zoomet inn på arket, slik man gjør med fingrene på et nettbrett når man skal zoome inn på et bilde. Dette medførte at flere forsto oppgaven. Under tegneaktivitetene var det tydelig at elevene diskuterte hverandres tegninger med læringspartner.

Økt2:

Undervisningsøkt nummer 2 ble gjennomført en uke etter økt nummer 1. I motsetning til første økt, ble denne gjennomført i starten av dagen. Erfaringsmessig er elevene mer fokuserte og rolige ved dagens første økt, noe som også stemte i dette tilfelle. I denne økten var det også

flere assistenter med, noe som kan ha gjort at elevene arbeidet bedre enn ved økt nummer 1. Alle de åtte elevene i utvalget var til stede under hele undervisningen.

Undervisningen startet med gjennomgang av plan for timen og læringsmål. Læringsmålene for denne økten var: *Kunne tegne en modell av oppbygningen til materie ved absolutt nullpunkt og romtemperatur, og Kjenne til absolutt nullpunkt og at partiklenes vibrasjon kjennes som varme.* Etterfulgt av dette repeterte vi hva materie er og så på en tegning fra forrige undervisningsøkt. Videre ble absolutt nullpunkt forklart, i tillegg til at partikler vibrerer når de er varmere enn dette. I likhet med undervisningsopplegget fra Hubber og Tytler (2013) lagde vi en simuleringsmodell med bruk av elevene. De representerte partikler, hvor de holdt hverandres hender for å representere bindinger. Vi startet ved absolutt nullpunkt, for så å øke temperaturen. Klassen diskuterte hva som skjedde med partiklene og elevene startet til slutt å riste.

Etter en kort samtale om simuleringsmodellen ble neste tegneoppgave presentert. Her snakket jeg om hvordan forskere arbeider med modeller og at vi skal gjøre det samme. Elevene hadde fått ny informasjon om partikler og at de nå måtte ta dette med i modellene. De skulle tegne en modell av materies oppbygning i romtemperatur. Etterfulgt av tegneoppgaven diskuterte elevene modellene med læringspartner, for så i fellesskap. Her så vi på to av modellene. Det ble diskutert mulige endringer, om modellene forklarte det de skulle og bruk av tekst. Det ble også rettet oppmerksomhet mot hvordan tegningene viste at partiklene vibrerte. Jeg snakket også om hvorfor vi diskuterer modellene, og at forskere gjør det samme.

Etter diskusjonen skulle elevene tegne en ny modell. Jeg forklarte at forskere ofte gjør endringer på modellene etter å ha diskutert dem med andre, og av den grunn skulle også vi gjøre det. For å kunne se hvilke endringer elevene valgte å gjøre ønsket jeg at de tegnet en ny, og ikke gjorde endringer på den de allerede hadde tegnet. Eneste forskjell fra forrige tegneoppgave var at de nå også skulle tegne en modell av materie ved absolutt nullpunkt. Som ved første undervisningsøkt var det nå også tydelig at elevene diskuterte tegningene sine med læringspartner underveis i tegneaktivitetene.

Økt 3:

For å kunne gjennomføre postintervjuene uken etter ble denne undervisningsøkten gjennomført samme dag som økt nummer 2. Mellom øktene hadde elevene en økt av 2x45minutter med engelsk. I likhet med økt nummer 1 var det også mer uro i denne økten. Jeg

var også eneste voksen i klasserommet, noe som ofte resulterer i at elevene er mer ufokuserte og urolige. En av de åtte elevene i utvalget var også tydelig opprørt, og ønsket derfor å ha en pause på gangen. Eleven kom inn i klasserommet etter ca. 20 minutter. Skolens brannalarm gikk da det var 20 minutter igjen av undervisningen. Vi hadde da nettopp startet på siste tegneoppgave, og av den grunn ble siste modell trolig mer mangelfull enn hvis elevene hadde fått mer tid.

Undervisningen startet med gjennomgang av plan for timen og læringsmål. Læringsmålene for denne økten var: *Vite hva fast og flytende form er*, og *Vite hva som skjer med bindingene mellom partiklene når materie går fra fast til flytende form*. Jeg snakket videre om hvordan materie finnes i fast form, flytende form og gassform, men at vi nå skulle konsentrere oss om de to første formene. Etter dette viste jeg en demonstrasjon av sjokolade som smelter i en bolle. Eleven fikk i oppgave å tenke over hvordan partiklene er i sjokoladen når den ikke er smeltet og hva som skjer med dem når temperaturen øker. Etter demonstrasjonen snakket vi om hva som skjer med bindingene når sjokoladen smelter. For å vise dette lagde vi samme simuleringsmodell som i økt nummer 2, hvor elevene selv representerte partikler. Elevene begynte å riste mer og mer ettersom temperaturen økte, hvor de til slutt måtte slippe hverandres hender for å kunne riste mer.

Etter dette fikk elevene i oppgave å tegne en modell av materien i sjokolade, hvor halve arket var i fast form og andre halvdel i flytende form. Etter dette diskuterte vi modellene i fellesskap. Vi snakket igjen om hvorfor vi diskuterer modellene, mulige endringer, om modellene forklarer det de skal og hva som skjer med bindingene mellom partiklene når sjokoladen smelter. Jeg viste klassen tegningene til et par elever i klassen og snakket om hvilken betydning forklarende tekst og piler har for modellens evne til å forklare. Videre viste jeg en simuleringsmodell fra internett som viste vannpartikler ved ulik temperatur. Denne var hentet fra nettsiden *phet.colorado.edu* (University of Colorado, u.å.). Elevene viste stor begeistring for simuleringsmodellen. Etter å ha utforsket modellen fikk elevene samme tegneoppgave som sist, men at de nå skulle tenke over noen endringer de kunne gjøre etter å ha sett simuleringsmodellen. Vi repeterte også at forskere ofte endrer på modeller og hvorfor de gjør det. Etter omtrent fem minutter med tegning gikk brannalarmen, noe som medførte at undervisningsøkten ble avsluttet.

3.5 Datainnsamling

3.5.1 Intervju

For å samle data som kan belyse problemstillingen ble det gjennomført to gruppeintervjuer før intervensjonen, og to etter intervensjonen. Et gruppeintervju vil være å foretrekke med et sosialkonstruktivistisk perspektiv, hvor man ser på utvikling av kunnskap som en sosial prosess med andre mennesker (Svenkerud, 2021, s. 94; Tjora, 2021, s. 138). En annen fordel med gruppeintervjuer er at deltakerne ofte føler en større trygghet med å ha andre deltakere til stede, noe som kan redusere deres nervøsitet for å delta i intervjuet (Tjora, 2021, s. 138). Det var fire intervjuobjekter i hver gruppe. Intervjuene vil bli omtalt som preintervju gruppe 1 og 2, og postintervju gruppe 1 og 2, hvor da preintervju er intervjuene før intervensjonen og postintervju er etter intervensjonen. I både pre- og postintervjuene er det samme intervjudeltakere i gruppe 1 og samme i gruppe 2. Pseudonymene til deltakerne i gruppe 1 er: Lisa, Oda, Anders og Espen. For gruppe 2 er pseudonymene: Anine, Lars, Mats og Stian.

Intervjuet var semistrukturert, som vil si at det ble utarbeidet en intervjuguide, men med mulighet til å stille uplanlagte oppfølgingsspørsmål. Semistrukturert intervju gir mulighet for å be deltakerne om å utdype svarene sine, og stille oppfølgingsspørsmål hvis det skulle være nødvendig (Svenkerud, 2021, s. 98). Intervjuguiden var den samme for alle intervjuene og ligger som vedlegg til oppgaven (Vedlegg 1). Den ble utarbeidet med inspirasjon fra Schwarz et al. (2009), og Miller og Yoon (2023) sin beskrivelse av metamodelleringskunnskap. Intervjuguiden ble delt i tre deler. Første del handlet om *hva en modell er*. Dette innebar spørsmål som «Hva er en modell i naturfag?» og «Hva vil dere si er en god modell?». Andre del handlet om *hensikten med modeller*, hvor deltakerne ble stilt spørsmål som «Hva brukes modeller i naturfag til?» og «Hvis dere jobber som forsker og ønsker å finne ut av noe, hvordan kan modeller hjelpe dere med dette?». Siste tema i intervjuguiden handlet om *hvordan modeller utvikles*, og hadde til hensikt å undersøke hva elevene tenkte om å gjøre endringer på modeller og hvordan modeller lages.

For å i størst mulig grad sikre at deltakerne skulle forstå spørsmålene, ønsket jeg å konkretisere spørsmålene mest mulig. Dette innebar blant annet å ha konkrete eksempler på modeller. Et av spørsmålene i første del av intervjuguiden gikk ut på å undersøke om deltakerne forsto hvorfor det finnes flere ulike modeller av samme fenomen. For å kunne gjøre det valgte jeg å bruke to ulike modeller som representerer fjæra. Den første modellen

3.5.2 Pilotintervju

Før gjennomføringen av intervjuene ble det utført et pilotintervju. Hensikten med pilotintervjuet var å undersøke om spørsmålene i intervjuguide var formulert på en forståelig måte for denne aldersgruppen. Det ga også meg som intervjuer verdifull erfaring med å intervjuer, hvor jeg blant annet ble mer bevisst på å la meg selv få tid til å tenke ut gode oppfølgings spørsmål. I pilotintervjuet deltok fire 6.klassinger fra samme skole. De ble informert om hensikten med intervjuet og at jeg ikke ville fortelle andre hva de svarte på spørsmålene. I likhet med utvalget for undersøkelsen hadde deltakerne i pilotintervjuet lite erfaring med naturfaglige modeller. Etter pilotintervjuet ble noen av spørsmålene endret til å handle om mer generell kunnskap om modeller, for så å kunne stille mer spesifikke spørsmål hvis deltakerne hadde vanskeligheter med å forstå eller svare på spørsmålet. Dette ble gjort fordi det opplevdes vanskelig å få elevene til å uttrykke generell forståelse av modeller med spørsmålene i pilotintervjuet. De uplanlagte spørsmålene dreide seg hovedsakelig om å få en større forståelse av hva deltakerne mente, for å formulere spørsmålene på en mer forståelig måte eller for å undersøke noe deltakerne sa ytterligere.

3.5.3 Gjennomføring av intervju

Før intervjuet startet ble deltakerne informert om at det ble tatt lydopptak og at ingen andre enn meg og eventuelt min veileder ville få lytte til dem. De ble også informert om at de kunne trekke seg når de ønsket uten at det ville få noen konsekvenser for dem. Hvert intervju varte i ca. 40 minutter og ble gjennomført i klassens faste grupperom, hvor det under intervjuene forekom lite forstyrrelser. Etter hvert intervju ble det skrevet en kort logg, med fokus på ulike situasjonsfaktorer. Med situasjonsfaktorer menes ulike sosiale hendelser eller uttrykk fra deltakerne som ikke vil komme frem på et lydopptak (Tjora, 2021, s. 38). Noen av deltakerne ble litt opphengt i gjenstander som lå i rommet, men disse ble lagt bort ved forespørsel om det. Det var kun i de første 5 minuttene av intervjuene at noen av deltakerne kunne gi uttrykk for å bli distraheret av lydopptaker. Ingen av deltakerne ga uttrykk for ubehag rundt intervjusituasjonen eller det å bli tatt lydopptak av. De virket komfortable med situasjonen. Dette kom frem ved at de ofte snakket om mer hverdagslige ting, og var ikke redd for å svare på spørsmål selv om de ikke var sikre på om det de sa var riktig. Gruppe 1 ble i både pre- og postintervju intervjuet rett før lunsjpause. I begge tilfeller ga deltakerne uttrykk for å være sultne, og fulgte med på hvor lenge det var igjen til spising. Intervjugruppe 2 ble intervjuet i

første del av undervisningsøkten umiddelbart etter lunsjpause, både ved pre- og postintervju. I denne gruppen var deltakerne mindre fokuserte på hvor lenge det var igjen av intervjuet.

Samtalene i intervjuene fungerte godt og hadde en naturlig flyt. Deltakerne diskuterte lite med hverandre, men det var tydelig at muligheten til å bygge på hverandres svar gjorde at flere klarte å henge med i samtalen og komme med verdifull forskningsdata. Intervjuguiden ble fulgt i alle intervjuene, men noen av spørsmålene ble omformulert for at deltakerne skulle forstå dem bedre. Det ble også stilt noen uplanlagte oppfølgingsspørsmål. Disse ble stilt med hensikt om å forenkle og konkretisere de planlagte spørsmålene.

3.5.4 Transkripsjon

Etter datainnsamlingen besto datamaterialet av fire gruppeintervjuer på hver ca. 40 minutter. Det første som ble gjort var å transkribere intervjuene. Alle setninger ble nedskrevet ordrett, men ikke på dialekt. Eksempelvis ble uttalelser som «æ» skrevet som «jeg». For å symbolisere pauser i setningene ble det lagt til ulike symboler. Oversikt over hvilken betydning symbolene har kan ses i Tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over symboler brukt i transkripsjon.

Symbol	Betydning
(.)	Pause 1-2 sekunder
(..)	Pause 2-5 sekunder
(...)	Pause 5-10 sekunder
(....)	Pause mer enn 10 sekunder
Tekst i parentes	Informasjon som ikke blir sagt i intervju
.....	Skiller ikke-sammenhengende utsagn

3.6 Analyse

Målet med analysen var å få en oversikt over hva elevene tenkte rundt ulike temaer innen metamodellering, før og etter intervensjonen. Dette var for å kunne sammenligne elevenes tanker før og etter intervensjonen, og slik identifisere eventuelle endringer. For å analysere de fire transkriberte gruppeintervjuene ble det gjennomført en tematisk innholdsanalyse. Denne strategien ble brukt for å få best mulig oversikt over innholdet og meningen i transkripsjonene (Bakken & Andersson-Bakken, 2021, s. 305). I en tematisk innholdsanalyse er ikke målet å få oversikt over kvantitative data i tekstmaterialet, men å beskrive og organisere innholdet, og slik utvikle en dypere forståelse av meningen i teksten (Anker, 2021, s. 40). Datainnsamlingen

kan beskrives som analysefase 1 (Anker, 2020, s. 64). I analysefase 2 blir datamaterialet kodet og kategorisert (Anker, 2021, s. 73). I denne fasen ble hver transkripsjon av gruppeintervjuene kodet. Det ble så utarbeidet kodegrupper hvor kodene ble plassert. Kodene i kodegruppene ble deretter bearbeidet, slik at enkeltkoder med lik mening ble slått sammen. Etter dette ble det utarbeidet tre overordnede temaer, hvor de ulike kodegruppene ble plassert. Til slutt ble kodene fra pre- og postintervjuene som tilhørte samme tema sammenlignet med hverandre. Videre i delkapitlet blir denne prosessen redegjort for med flere detaljer.

3.6.1 Koding

Etter transkriberingen ble hver transkripsjon av intervjuene kodet. Her ble hvert intervju kodet hver for seg, hvor preintervjuene ble kodet først, deretter postintervjuene. Å kode vil si å merke ulike deler av datamaterialet som har en spesiell mening (Anker, 2020, s. 75). I dette tilfelle innebar det å merke en del av intervjudeltakernes utsagn, da enkelt ord eller korte setninger. For å minimere påvirkningen av egne forventninger og meninger ble kodingen gjort induktivt (Tjora, 2021, s. 218). Det vil si at kodene ble laget ut ifra det empiriske datamaterialet. En utelukkende induktiv koding, uten noen påvirkning av forventninger og teori vil aldri være mulig (Tjora, 2021, s. 218). Av den grunn kan ikke kodingen sies å være helt induktiv. Det ble lest mye teori for å utarbeide en intervjuguide med mest mulig relevans, noe som igjen var med på å påvirke kodingen. For å redusere påvirkningen var jeg bevisst på å kode alt som handlet om modeller og modellering. Det ble også planlagt å ha en egen kategori for koder som eventuelt ikke passet i andre kategorier, slik at disse kunne undersøkes nærmere. Forbokstaven til intervjudeltakeren som kom med utsagnet koden er hentet fra, ble tatt med i koden. Hensikten med dette var for å kunne oppdage eventuelle endringer i de enkelte deltakernes utsagn. For å vise hvordan datamaterialet ble kodet legges det her til et eksempel i tabell 2.

Tabell 2: Eksempel på koder og hvor de er hentet fra i datamaterialet

Koder	Fra transkribert intervju
A: dem brukes jo til å liksom se hva som bor i havet og det blir jo brukt til å (.) til å lære da	A: modellene blir for eksempel dem brukes jo til å liksom se hva som bor i havet og det blir jo brukt til å (.) til å lære da A: på en måte da L: jeg vet hva det blir brukt til bilder og utstilling I: ja (.) hadde du noe mer tanker Stian om hva vi bruker modeller til S: mmmm mmmmm (..) nei
L: brukt til bilder og utstilling	

L: naturen, mennesker (.) eehh	I: men ee har dere noen tanker om hvilke typer modeller som finnes? (.) ja L: naturen, mennesker (.) eeehh
L: det kan jo være det hvis det er naturfag, fordi natur også fag	S: er naturen en modell? L: det kan jo være det hvis det er naturfag, fordi natur også fag L: også (.) skolen (.) ja jeg vet ikke
L: også (.) skolen (.) ja jeg vet ikke	

Antall koder etter den innledende kodingen kan ses i tabell 3.

Tabell 3: Antall koder etter innledende koding

Intervju	Antall koder
Gruppe 1 preintervju	126
Gruppe 1 postintervju	143
Gruppe 2 preintervju	138
Gruppe 2 postintervju	147

3.6.2 Kodegruppering

Etter kodingen av intervjuene ble det utarbeidet ulike kodegrupper. En kodegruppe er en samling av koder som har tematisk sammenheng, og har til hensikt å skape mer oversikt (Tjora, 2021, s. 229). Etersom intervjuguiden i stor grad ble utviklet basert på eksisterende teori, ville også kodegrupperingen bli sterkt påvirket av dette. Av den grunn ble det i forkant av kodegrupperingen bestemt noen deduktive kodegrupper. De deduktive kodegruppene ble utarbeidet med inspirasjon fra intervjuguiden og derav også beskrivelsen av metamodelleringskunnskap fra Schwarz et al. (2009) og Miller og Yoon (2023). En fordel med deduktive kodegrupper er at de gjør det enklere å sammenligne egne funn med annet forskningsarbeid (Bakken & Andersson-Bakken, 2021, s. 312–313). Under kodegrupperingen ble det også utarbeidet induktive kodergrupper. Hensikten med dette var å få mer spissede godegrupper, også med forankring i empirien.

Til slutt endte det altså med både deduktive og induktive kodegrupper. Oversikt over kodegrupper fra pre- og postintervju, og hvilke som er å betegne som induktive og deduktive kan ses i Tabell 4. Kodene fra hvert intervju ble holdt adskilt fra hverandre, slik at det ble et sett med koder og kodegrupper for hvert intervju. Det ble noen flere induktive kodegrupper i preintervjuene, da det her ble snakket mer om blant annet de to modellene som ble vist i intervjuet.

Tabell 4: Oversikt over kodegrupper fra pre- og postintervju, kodegruppenes nummerering og hvilke kodegrupper som omtales som deduktive og induktive.

Nr.	Kodegrupper preintervju	Kodegrupper postintervju
	Deduktive kodegrupper:	Deduktive kodegrupper:
1	Hva en modell er	Hva en modell er
2	Typer modeller	Typer modeller
3	Modeller av det samme	Modeller av det samme
4	Hensikt med modeller	Hensikt med modeller
5	Å endre på modeller	Å endre på modeller
	Induktive kodegrupper:	Induktive kodegrupper:
6	God og dårlig modell	God og dårlig modell
7	Hvordan modeller lages	Hvordan modeller lages
8	Modell av det samme som de ikke har sett før	
9	Modell de har sett før	
10	Hvordan vite at modellene er riktige	
11	Annet	Annet

Ved grupperingen av enkeltkodene var det noen tilfeller hvor kodene passet i flere kodegrupper. Det gjaldt spesielt koder i kodegruppe nummer 8, 9 og 10. Dette var også en grunn til at disse induktive kodegruppene ble utelukket i grupperingen av kodene fra postintervjuene. I kodegruppe 11 ble koder som ikke passet inn i andre grupper plassert.

For å redusere antall koder i kodegruppene, ble koder med tilnærmet lik betydning satt sammen som *bearbeidede koder*. Det vil si at etter å ha fordelt de ulike kodene i kodegrupper, ble koder med tilnærmet lik betydning innad i kodegruppene slått sammen. Slik ville det bli enklere å sammenligne kodene fra pre- og postintervjuene. De bearbeidede kodene fikk ikke nytt navn, men ble satt inn i en tabell, hvor hver rute i tabellen var en bearbeidet kode. I ruten ble kodene med lik mening satt inn, slik at det var mulig å se enkeltkodene hver bearbeide kode besto av, og slik også hvilke deltakere enkeltkodene kom fra. For å kunne se hvor i datamaterialet enkeltkodene kom fra ble det tatt med deler av transkripsjonen i en egen kolonne.

Tabell 5 viser eksempler på hvordan enkeltkoder ble satt sammen til bearbeidede koder. Eksemplene er fra kodegruppe 5: *Å endre på modeller*, og kodegruppe 4: *Hensikt med modeller*, fra preintervju gruppe 2. I Tabell 5 er kodene «A: gjøre det mer klart» og «L:

kvaliteten» slått sammen i samme rute i kolonnen *bearbeidede koder* fordi de har lik mening, og omtales dermed som en bearbeidet kode. Det samme gjelder kodene «M: Utstilling» og «L: Bilder og utstilling».

Tabell 5: Eksempler på enkeltkoder som har blitt slått sammen til bearbeidede koder.

Enkeltkoder	Bearbeidede koder
Kodegruppe 5: Å endre på modeller	
A: gjøre det mer klart	A: gjøre det mer klart
L: kvaliteten	L: kvaliteten
Kodegruppe 4: Hensikt med modeller	
M: utstilling	M: utstilling
L: bilder og utstilling	L: bilder og utstilling

Totalt antall *bearbeidede koder* for hvert intervju kan ses i Tabell 6.

Tabell 6: Antall bearbeidede koder

Intervju	Antall bearbeidede koder
Gruppe 1 preintervju	98
Gruppe 1 postintervju	72
Gruppe 2 preintervju	76
Gruppe 2 postintervju	84

3.6.3 Tematisering

Etter kodegrupperingen ble det utformet tre temaer som kodegruppene ble satt inn i. Dette kan være hensiktsmessig for å danne et grunnlag for fremstillingen av resultatene (Tjora, 2021, s. 230). Temaene ble utviklet i henhold til inndelingen av metamodelleringskunnskap til Miller og Yoon (2023) og vises i Tabell 7. Dette er samme inndeling som forskningsspørsmålene ble utarbeidet fra. I Tabell 7 vises også hvilke forskningsspørsmål som er knyttet til hvilket tema. Eksempelvis vil resultatene fra temaet *hva en modell er* være relevante for å svare på forskningsspørsmål nr. 1.

Tabell 7: Oversikt over temaer, tilhørende kodegrupper og forskningsspørsmål.

Tema	Tilhørende kodegrupper	Forskningsspørsmål
Hva en modell er	Nr.: 1, 2, 3 og 6	Nr. 1
Hensikt med modeller	Nr.: 4 og 6	Nr. 2
Utvikling av modeller	Nr.: 5 og 7	Nr. 3

3.6.4 Sammenligning av pre- og postintervju

Tabell 7 viser hvilke kodegrupper som ble koblet til de ulike temaene. Her ble først og fremst de kodegruppene som var i både pre- og postintervjuene prioritert. Dette ble gjort for å forenkle den videre analysen, hvor kodene fra pre- og postintervjuene skulle sammenlignes. Under sammenligningen ble de tilhørende kodegruppene for hvert tema sammenlignet med hverandre. Da først for gruppe 1 pre- og postintervju, så for gruppe 2 pre- og postintervju. Nærmere forklart ble for eksempel kodegruppe 4 og 6 fra preintervju gruppe 1, sammenlignet med kodegruppe 4 og 6 fra postintervju gruppe 1. I denne prosessen ble *bearbeidede koder* med lik mening markert med samme farge, samt *bearbeidede koder* som ikke var like med andre farger. Dette ga et godt overblikk i likheter og ulikheter blant deltakernes uttalelser fra pre- og postintervjuene. Kodegruppene 8, 9 og 10 (Tabell 4) ble kun utarbeidet i kodegrupperingen av preintervjuene, og det var av den grunn ikke mulig å sammenligne disse med samme kodegrupper fra postintervjuene. Disse kodegruppene ble allikevel gjennomgått for å undersøke hvilken metamodelleringskunnskap deltakerne viste, for så en videre sammenligning med kodegruppene fra postintervjuet. Kodegruppe 11 *Annet* ble også undersøkt for hver gruppe, i tillegg til å bli sammenlignet i forhold til pre- og postintervju.

3.7 Etiske hensyn og vurderinger

Etiske hensyn og vurderinger inngår i alle delene i et forskningsprosjekt og er viktig både for forskningens kvalitet og for å ivareta forskningsdeltakerne (Svenkerud, 2021, s. 101). Videre i delkapitlet blir det redegjort for hvilke etiske hensyn som ble tatt under forskningen.

3.7.1 Frivillighet

Det ble planlagt med at utvalget av elever skulle være basert på tillatelse fra foresatte og frivillighet blant elevene. Før elevene tok stilling til om de ville være med fikk de informasjon om prosjektet, hvordan deres personvern ville bli ivaretatt og hvordan data skulle lagres.

Bruk av bekvemmelighetsutvalg har flere problematiske sider (Blikstad-Balas & Dalland, 2021, s. 40). Dette kan blant annet være at forsker har kjennskap til deltakerne fra før av, og dermed skaper en større barriere for å trekke seg fra undersøkelsen, eller å si nei til å være med, hvis man ikke ønsker (Blikstad-Balas & Dalland, 2021, s. 40). I denne studien hadde jeg som forsker kjennskap til elevene fra før av, og av den grunn ble det gjort klart for elevene at ingen ville bli skuffet om noen ikke ønsket å delta. De som ikke ønsket å delta ville fortsatt være med resten av klassen i undervisningen og det fikk ingen negative konsekvenser for deres vurdering i faget. At elevene ikke får en summativ vurdering i form av karakter var sannsynligvis også med på å redusere redselen for å svare «feil» under intervjuet og diskusjonene i intervensjonen. Undervisningen i intervensjonen var også relevant for måloppnåelse i aktuelle kompetansemål for mellomtrinnet, og bidro dermed sannsynligvis positivt for at elevene skulle utvikle kompetanse innen disse, uavhengig om de deltok i forskningen eller ikke.

3.7.2 Konsekvenser av deltakelse

Gjennomføringen av forskningsprosjektet medførte at utvalget av elever ble tatt ut av undervisningen for å kunne delta i intervjuet både før og etter intervensjonen. For å minimere påvirkningen av elevenes ordinære undervisning ble tidspunkt for intervjuene planlagt sammen med klassens kontaktlærer.

Postholm og Jacobsen (2011, s. 65) poengterer at det i fokusgruppeintervju fort kan oppstå negative gruppeprosesser, som for eksempel at noen deltakere dominerer over andre og slik forhindrer andres mulighet til å komme med innspill. Dette ville ikke bare være ubehagelig for deltakerne, men også uheldig for forskningsresultatene ved at enten noen ikke kommer til i samtalen eller tør å delta i den grad de egentlig ønsker. Slike prosesser måtte jeg være bevisst på under intervjuet, og planla intervjuet for å minimere risikoen for slike hendelser. Det innebar en kritisk tilnærming til gruppesammensetningen. Etter at utvalget på 8 elever var bestemt ble gruppene satt sammen med hensikt om at elevene i hver gruppe skulle være mest mulig trygge på hverandre. Elever som hadde gode relasjoner fra før av ble derfor satt i samme gruppe. Både utvelgelsen av deltakere og gruppesammensetningen ble gjort i samarbeid med klassens kontaktlærer. Jeg gjorde meg selv også bevisst på min rolle som moderator, hvor det er mitt ansvar å styre samtalen i intervjuene og sørge for at alle får mulighet til å delta på lik linje (Tjora, 2021, s. 139).

Et annet forskningsetisk aspekt ved studien er at datamaterialet vil kunne gi en indikasjon på i hvilken grad enkeltelevne i utvalget har nådd de relevante kompetansemålene. Da studien ikke innhentet data fra alle elevene i klassen, var det fortsatt behov for en ny vurderingsmetode for å få informasjon om alle elevenes måloppnåelse av kompetansemålene. Dette medførte da at elevene i utvalget fikk en ny mulighet til å uttrykke sin kompetanse, slik at datamaterialet fra intervjuene ikke var del av denne vurderingen. Elevene ble også informert om dette, slik at terskelen for å delta i forskningsprosjektet og eventuell nervøsitet før intervju ble redusert i størst mulig grad.

3.7.3 Personvern

Skolen forskningsprosjektet ble gjennomført på kjennetegnes som liten og med få elever. For å ivareta personvernet til elevene i den aktuelle klassen blir det i denne oppgaven ikke redegjort for hvilken skole det er eller hvor den befinner seg i landet. Elevene i utvalget blir også omtalt med pseudonymer i undersøkelsen.

For å få mest mulig data ut av intervjuene ble det gjort lydopptak. Dette medfører at personopplysninger ville bli behandlet under prosjektet. Når personopplysninger skal behandles i en studie krever det godkjenning av SIKT før studien gjennomføres (SIKT, u.å.). Det ble av den grunn sendt søknad til SIKT og både søknaden (vedlegg 2) og godkjenningen fra SIKT (vedlegg 3) ligger ved som vedlegg. Å ta lydopptak av deltakerne krever også spesiell varsomhet ved oppbevaring av datamaterialet. For å ivareta personvernet til deltakerne ble lydopptaket gjort med *Nettskjema* sin *diktafon* mobilapp (Universitetet i Oslo, 2024). Ved bruk av denne mobilappen vil opptakene lagres på en sikker måte i datalagringstjenesten *Nettskjema*, som også er godkjent av SIKT (Universitetet i Oslo, u.å.). Ved bruk av mobilappen er det anbefalt å ha en back-up enhet som også tar lydopptak, i tilfelle lydopptaket ikke blir lagret riktig (Universitetet i Oslo, 2024). Det ble derfor gjort lydopptak med en av skolens digitale enheter i tillegg. Etter å ha forsikret meg om at lydopptakene var lagret riktig i *Nettskjema* ble de kopiert over på en minnebrikke og slettet fra skolens enhet. Dette ble gjort umiddelbart etter intervjuet, slik at ingen kunne få tilgang til materialet på enheten. Minnebrikken opptakene ble lagret på fungerte som en reserve, og ble oppbevart i en låst skuff. For å forhindre at deltakerne kunne bli gjenkjent, ble de omtalt med pseudonymer i transkripsjon av lydopptakene. Koblingskoden mellom navnene og pseudonymene ble oppbevart på en ekstern enhet som ikke hadde transkripsjonene lagret på seg, og som krevde en kode for å komme inn på.

3.8 Forskningens kvalitet

I dette delkapitlet vil det bli redegjort for hvilke vurderinger som har blitt gjort i forhold til forskningens kvalitet. Her benyttes begrepene *gyldighet*, *pålitelighet* og *generaliserbarhet*.

3.8.1 Gyldighet

En studies *gyldighet* kan også omtales som *validitet*, og handler om at det er en sammenheng mellom hvordan resultatene har fremkommet, hvilke resultater man har fått og spørsmålene som skal besvares (Tjora, 2021, s. 259–260). I denne undersøkelsen fremkommer ikke resultatene fra å observere forskningsobjektene i en naturlig setting med minst mulig påvirkning utenfra. Tvert imot dannes de gjennom en ytre påvirkning av forskeren. Både ved å ha en intervensjon, og ved å sette deltakerne sammen i en gruppe og stille dem spørsmål om det som skal undersøkes. Selv om dette er noe av meningen med en intervensjon, vil det være viktig å være bevisst på hvordan dette påvirker de endelige resultatene, i tillegg til de spørsmålene som skal undersøkes. Å benytte aksjonsforskning som metode ble valgt for å kunne teste ut effekten av modellering i praksis. For å kunne se hvilken effekt dette hadde på elevenes kunnskap innen metamodellering, ble det ansett som en fordel å ha et innblikk i elevenes kunnskap om dette fra før modelleringsaktivitetene ble utført. Av den grunn ble det valgt å intervju deltakerne to ganger, både før og etter intervensjonen. For å redusere påvirkningen av det første intervjuet ble det lagt vekt på å ikke si noe om det deltakerne svarte var riktig. Til tross for dette kan det tenkes at deltakerne har lært av hverandre under intervjuet, og tatt dette med videre inn i siste intervjuet. For å ta høyde for denne påvirkningen, vil resultater fra postintervjuet som ikke fremkom i preintervjuet være mest interessant, ikke bare utviklingen av en enkelt deltakers forståelse. Om en deltaker viser en utvikling i forståelsen i postintervjuet, som en annen deltaker viste i preintervjuet, vil det være mulig at ikke selve intervensjonen har bidratt til dette, men heller påvirkningen av preintervjuet hvor deltakerne lærte av hverandre.

En annen viktig side ved gyldigheten til en undersøkelse er hvordan teorien har påvirket analysen (Tjora, 2021, s. 162). Som nevnt under beskrivelsen av analysefasen, var det utfordrende å utvikle kodegrupper uten påvirkning fra teorien. En ulempe ved å utvikle kodegrupper basert på eksisterende teori er at andre interessante sider ved datamaterialet ikke blir oppdaget (Bakken & Andersson-Bakken, 2021, s. 313). Det kan tenkes at denne negative siden blir noe redusert i denne undersøkelsen, fordi i motsetning til Bakken og Andersson-Bakken (2021), ble det her forsøkt å gjøre en induktiv koding av datamaterialet, for så å

plassere kodene i kodegrupper. Hensikten med en slik induktiv koding er nettopp å redusere innvirkningen av teori og forskerens forventninger på analysen, selv om dette aldri er mulig å gjøre fullt ut (Tjora, 2021, s. 218). Under kodingen var dette et viktig aspekt å være bevisst på.

En studies gyldighet kan også sies å handle om hvorvidt det som skal undersøkes faktisk er det som blir undersøkt (Nyeng, 2012, s. 109). Det vil si om det faktisk er deltakernes metamodelleringskunnskap som blir undersøkt i intervjuene, eller om det er noe annet. Ved utarbeidelsen av intervjuguiden ble det lagt stor vekt på tidligere forskning om metamodelleringskunnskap. Dette ble gjort for at spørsmålene skulle undersøke deltakernes metamodelleringskunnskap i størst mulig grad. Intervensjonen innebar gjennomføring av et undervisningsopplegg med fokus på modellering, og en viktig side ved denne undersøkelsen er å undersøke hvordan deltakernes metamodelleringskunnskap utvikles av å gjennomføre modelleringsbasert undervisningsopplegg. Det vil si at kvaliteten på undervisningen i intervensjonen vil i stor grad kunne påvirke resultatene. Som masterstudent er det begrenset hvor mye erfaring jeg har som underviser, og det er lite tvil om at undervisningen hadde blitt gjort annerledes om det var en mer erfaren lærer som planla og gjennomførte undervisningen. Av den grunn er det ikke gitt at undervisningen som ble gjennomført er av beste kvalitet. Erfaringen jeg har som underviser kan derimot sies å være større enn det man får gjennom den obligatoriske praksisen fra lærerstudiet. Før intervensjonen ble gjennomført hadde jeg erfaring fra et år som tilkallingsvikar, hvor omfanget var i gjennomsnitt 1 dag i uken. Halvåret før intervensjonen arbeidet jeg også 50% som lærer, noe som ga meg verdifull erfaring med undervisning. For å redusere denne påvirkningen på undersøkelsen ble det benyttet en lysbildefremvisning under undervisningen, slik at det skulle være lettere å holde seg til undervisningsplanen. Det ble også skrevet en grundig logg etter hver undervisningsøkt. Denne ble brukt for å beskrive både hva som ble gjort og hvilke ting som ikke gikk som planlagt.

3.8.2 Pålitelighet

Påliteligheten til en undersøkelse er i stor grad påvirket av hvor godt undersøkelsen blir redegjort for i en rapport (Tjora, 2021, s. 259). Dette handler om å beskrive hvordan de ulike delene og valgene i undersøkelsen har blitt gjort. Her er ikke målet nødvendigvis at resultatene skal bli etterprøvbare, men at leser skal kunne vurdere forskningens kvalitet og sammenheng. (Tjora, 2021, s. 264). Av den grunn har det blitt grundig redegjort for hvordan analysen ble gjennomført og hvilke valg som har blitt tatt under denne. For at undersøkelsen skulle fremstå med størst mulig pålitelighet har det også blitt detaljert beskrevet hvordan

intervensjonen ble planlagt og gjennomført. Slik får leseren et innblikk i hvordan modelleringsaktivitetene har blitt gjennomført og da hvordan intervensjonen kan ha påvirket resultatene. Dette kan også gi leseren en mulighet til å vurdere kvaliteten til selve undervisningen.

Hvordan deltakerne i en studie blir valgt og hvilket forhold forsker har til disse er også viktig å redegjøre for i forskningsrapporten (Tjora, 2021, s. 264). Valget om å benytte et bekvemmelighetsutvalg medfører en fare for å påvirke dataene, og dermed gi andre resultater enn om elevene var helt ukjente (Blikstad-Balas & Dalland, 2021, s. 40). Dette gjelder spesielt fordi jeg har kjennskap til elevene fra før av og kan derfor ha et underbevisst ønske om at de får et størst mulig læringsutbytte. Jeg vil da kunne ubevisst tolke utsagn og annet datamateriale i favør av elevenes forståelse, og slik presentere forskningsresultater som viser en større utvikling av metamodelleringskunnskap blant elevene enn det som er reelt. Slike tolkninger kan også forekomme bevisst ved et ønske om å fremstå som en god underviser, og om at undervisningsopplegget skal være effektivt og lærerikt. Dette var noe det ble tenkt grundig over og som jeg var bevisst på gjennom hele forskningsprosessen. Lærerne vil som regel ha kjennskap til elevene de underviser og av den grunn kan det også være positivt for meg som forsker å ha kjennskap til elevene fra før. Undervisningen i intervensjonen blir da mest mulig autentisk med en reel undervisningssituasjon i skolen. Det betyr at elevene sannsynligvis vil bli mindre påvirket av meg som forsker enn hvis jeg var helt ukjent for dem.

3.8.3 Generaliserbarhet

Generaliserbarhet er i hvor stor grad resultatene fra en studie gjelder for andre situasjoner enn den spesifikke situasjonen forskningen forgikk i (Tjora, 2021, s. 267–268). I sammenheng med denne undersøkelsen vil det innebære om det er å forvente samme resultater ved bruk av et lignende undervisningsopplegg på andre elever enn den klassen intervensjonen ble gjennomført i. Klassen består av 19 elever og antall deltakere i utvalget var kun 8 stykker. At resultatene kommer fra undersøkelser på at lite antall deltakere kan sies å redusere resultatenes generaliserbarhet (Nyeng, 2012, s. 75). Av tid- og ressursmessige årsaker var det ikke mulig å undersøke flere deltakere innenfor rammene til denne oppgaven. Ettersom antall deltakere er begrenset, er det ikke mulig å si om resultatene vil være gyldige for andre elever i 5. klasse. Resultatene vil allikevel kunne gi indikasjoner på hva som er å forvente av læringsutbytte ved lignende undervisning som i intervensjonen. Det vil også kunne være et

utgangspunkt for videre undersøkelser rundt temaet, og for undersøkelser av mer kvantitativ natur.

4. Resultater

I dette kapitlet vil resultatene fra den beskrevne analysen bli fremlagt. Resultatene vil bli fremlagt ut ifra temaene som ble utviklet i analysen: *hva en modell er*, *hensikt med modeller* og *utvikling av modeller*. For hvert tema vil resultatene fra gruppe 1 presenteres først, deretter fra gruppe 2. For hver gruppe presenteres resultater fra preintervju først, deretter resultater fra postintervjuet med kommentarer angående endringer og likheter i forhold til preintervjuet. Dette gjøres for å sikre transparens i forskningen og leserens mulighet til å vurdere endringene i elevenes svar, fra før og etter intervensjonen. Den samme hensikten ligger bak sitatene fra transkripsjonen. Alle navn som fremkommer i eksemplene er pseudonymer, med unntak av mitt eget. Jeg omtales også som *I*, som er forkortelse for «intervjuer».

4.1 Hva en modell er

I dette temaet vil utviklingen av deltakernes kunnskap om hva en naturfaglig modell er, bli presentert. For dette er kodegruppe 1, 2, 3 og 6 relevante (Tabell 4), i tillegg til sammenligningen av disse kodegruppene fra pre- og postintervjuene. Kodegruppene 8 og 9 (Tabell 4) fra preintervjuene er også relevante her. Temaet handler om hvordan deltakerne forklarer hva en modell er, hva de tenker om at en modell er realistisk eller ikke og hvordan de forstår ulike modeller som representerer samme fenomen. For å gjøre det enklere å se endringer fra før og etter intervensjonen, blir resultatene for hver elevgruppe presentert i tre deler: *Beskrivelse av hva en modell er*, *Realisme* og *Modeller av det samme*. Med *realisme* menes hvor virkelighetsnær deltakerne anser at en modell er og bør være. For hver del blir det da presentert hva deltakerne tenkte om dette i pre intervjuet, så for post intervjuet.

4.1.1 Gruppe 1

Beskrivelse av hva en modell er:

Pre intervju:

Intervjuet startet med spørsmål om hva en modell i naturfag er. Oda viste umiddelbart noe med hendene, og fikk spørsmål om hva hun mente med dette. På dette svarte Lisa: «Det er en kjønnsmodell». Samtalen fortsatte om dette, og det ble tydelig at alle deltakerne tenkte på menneskelige modeller.

Videre i samtalen kom Lisa inn på at en skisse av noe kunne være en modell. Hun sa: «Det kan jo være sånn hvis du jobber med, eller skisse kan være en prototype av noe. Det er på en måte det samme bare en mindre versjon av det som ikke har like mye styrke». I tillegg til å tenke på en skisse eller prototype som en modell, viser hun her også at hun tenker at en modell er en miniatyr av noe. De andre deltakerne sa seg enig i det som ble sagt her, men tilførte ikke noe nytt. Ordet «skisse» ble nevnt av flere, og som regel i sammenheng med å skulle lage en modell av noe som skal lages. Lisa snakket også om 3D-modeller av hus da hun skulle forklare hva en modell var.

Deltakerne ble også spurt om de hadde noen tanker om hva som skulle til for at en modell i naturfag var god. Ved spørsmål om dette kom Lisa inn på at det var modeller av noe i naturen, og Anders tenkte at de ikke skulle bruke så mye materialer. De andre deltakerne hadde ingen tanker om dette.

Post intervju:

Også i postintervjuet snakket deltakerne om hvordan en modell er en miniatyr av noe og at modeller i naturfag er modeller av noe i naturen. Lisa kom også, som i preintervjuet, inn på 3D-modeller. En endring i uttalelsen hennes om dette var at hun nå snakket om at tredimensjonale bilder også var modeller. En annen tydelig endring i deltakernes forklaring av hva en modell i naturfag er, var hvordan de flere ganger kom inn på at det kunne være en tegning av noe. Utdraget under er et eksempel på dette, hvor Oda også tegnet et eksempel på en modell av partikler, på tavlen i rommet intervjuet ble gjennomført i:

I: Så eee første spørsmål er, hva er en modell i naturfag?

O: deet eeer (.) for eksempel en tegning av noe

I: okei

O: eee noe du har lagd, som, skal vi si at jeg skal lage det som vi gjorde sist gang (...)
(Tegner på tavlen)

I: Mhm(.) hva er det du tegner?

L: Partikler

I: mmm så du ser det med en gang Lisa

L: mhm

I: ja

O: så ee (..) dette her er en modell

At en tegning kan være en modell kom ikke like ofte og klart frem i preintervjuet, og det er derfor tydelig at modelleringsprosessen i intervusjonen har bidratt til en god forståelse av at modeller ikke bare trenger å være 3-dimensjonale fysiske objekter, men også 2-dimensjonale tegninger. Oda viser også at hun husker godt hvordan en modell av partikler kan tegnes.

Ved spørsmål om hva som kjennetegner en god modell kom både Lisa og Anders inn på det samme som i preintervjuet. En interessant endring er at både Espen og Oda nå også uttalte seg om dette. I utdraget under viser Espen at han tenker at profesjonelle lager gode modeller:

E: eller profesjoneeeell naturfag noe sånt

I: og hva tenker du de profesjonelle da, hva er bra med de modellene de lager?

E: ee at dem vet liksom ordentlig hva en modell er og at dem har jobbet med det lenge.

Det kommer ikke frem hva som menes med profesjonelle, men det kan antas at han enten mener forskere, eller dyktige tegnere. Ved spørsmål om hva de ville ha tenkt på hvis de skulle tegnet en god modell svarte Oda: «eee gjøre det så nøye som mulig». Både Oda og Espens uttalelser kan tolkes dit at de forstår at modeller må være nøyaktige, og representere fenomenet de er en modell av på en riktig måte.

Realisme:

Pre intervju:

I preintervjuet var det kun Lisa som hadde noen tanker om hvor realistisk en modell bør være. De andre deltakerne ble spurt direkte, men sa at de ikke hadde noen tanker om det. Lisa mente at en modell av et tre burde være så realistisk som mulig, men ved spørsmål om modeller generelt burde være så realistiske som mulig svarte hun: «dem må ikke, men det må være noe som har noe med det å gjøre for eksempel, så det må ikke være helt likt». Hun viser her en forståelse av at hvor realistiske modeller bør være kan variere, selv om det ikke kom frem hvilke fordeler eller ulemper det var med å ha en modell mest mulig realistisk.

Som vist ovenfor snakket Lisa om 3D-modeller da hun skulle forklare hva en modell var. I forlengelsen av dette ga hun også uttrykk for at hun foretrakk 3D-modeller fordi: «sånn en 3D modell kunne man sett mye mer for der kunne man hatt folk på og der kunne man hatt liksom 3D-hus». Dette kan altså indikere at hun foretrekker 3D-modeller fordi de viser mer, og dermed ligner mer på det de er en modell av.

Post intervju:

I postintervjuet var det flere deltakere som hadde meninger angående hvor realistiske modeller bør være. Espen mener det noen ganger er en fordel at en modell ikke er så realistisk og begrunner med: «fordi den da er unik» og følger opp med: «alle modeller er unik på sin egen vei».

Lisa og Anders var også enige i at det kunne være en fordel at modellen ikke var helt realistiske, men ga ingen begrunnelse på hvorfor. En interessant likhet med preintervjuet er at Lisa her er enig i at modeller ikke må være så realistiske som mulig, men da hun snakket om 3D-modeller sa hun:

L: En modell kan være et 3D bilde, så det kan vises litt mer eller det kan være en (.) man kan lage det for eksempel på en sånn app for eksempel, og vise for det at da kan det litt mer (.) realisme på en måte.

Hun viser her samme forståelse som i preintervjuet, at modeller ikke må være helt realistiske, men at dette er det beste. Det samme gjelder Oda, som ved spørsmål rundt de modellene som ble vist i intervjuet svarte at det beste er om de modellene er mest mulig realistiske. Dette ga hun derimot ikke uttrykk for i preintervjuet.

Modeller av det samme:

Innen dette temaet viste ingen av deltakerne i gruppen å ha utviklet forståelsen for hvorfor det finnes ulike modeller av samme fenomen. Ved spørsmål om dette kommer intervjudeltakerne i både pre- og postintervjuet inn på diskusjoner om at den ene modellen er bedre enn den andre. Dette kan vise at de tenker at vi trenger den modellen de anser som best, fordi den andre ikke er god nok.

4.1.2 Gruppe 2

Hva en modell er

Pre intervju:

Første intervju med gruppe 2 startet også med spørsmål om hva en modell er. Ved spørsmål om dette svarte Anine: «Etter det jeg tror så er en modell liksom (.) e nesten som en byggetegning av det du skal lage på en måte». Anine viser at hun forstår en modell som en form for skisse av noe som skal lages. Både Stian og Lars kom også inn på byggetegninger av

noe som skal lages da de snakket om hva en modell er. De snakket også om menneskelige modeller:

L: også for eksempel hvis du ser på reklame, har du merket at det er enten en gutt eller en dame eller dyr som er på TV (.) det kan og være en modell.

S: Kan på en måte være en dame eller gutt som gå som liksom er på en sånn stadion eller noe sånt, også er mange personer nedenfor, også går dem bortover med kule klær og sånt.

Lars og Stian påpeker her at en modell kan være mennesker på et moteshow eller i reklamer. Dette var også Anine enig i. Både Lars, Stian og Anine ga altså uttrykk for at en modell kunne være en byggetegning av noe som skulle lages, og mennesker som fremsto som modeller på TV eller moteshow. Deltakeren Mats sa han ikke viste hva en modell var, og sa seg heller ikke enig eller uenig i noe av det de andre deltakerne sa angående hva en modell kunne være.

Lars snakket også om at en modell i naturfag var «en modell av naturen», og spesifiserte med at man kunne tegne naturen. Dette ble til dels problematisert av Stian ved at han sa:

S: Naturen er jo ikke egentlig ikke en modell, for det er jo ekte

I: hm

S: Det er litt vanskelig å bare eee hvis man skal ta bilde av et tre, så putter man det liksom en plass (.) man tar bilde av et tre som en modell, også skal man liksom på en måte painte det ned.

Utdraget viser at han mener naturen i seg selv ikke er en modell, men at hvis man tar et bilde av noe i naturen og gjør endringer på det så kan det være en modell. Til tross for dette utsagnet, så uttrykker han noe senere i intervjuet at en modell av naturen vil være en god modell i naturfag. Her kan det være han mener en slik modell han snakket om tidligere, hvor det gjøres endringer på bildet av naturen, men dette kan ikke sies med sikkerhet. Lars og Stian viser i hvert fall at modeller i naturfag er og bør være av noe i naturen.

Post intervju:

I intervjuet etter intervensjon kom elevene inn på flere av de samme tingene som i preintervjuet når de skulle beskrive hva en modell er. Stian svarte at en modell er en «modell av naturen», og tilføyde «eller det høres litt rart ut men ja det var det eneste jeg kom på først». Her kom det heller ikke noe utdypning av svaret eller hva som menes med at noe er en modell

av naturen. Vi ser altså at Stian fortsatt anser det som rart at noe er en modell av naturen, men at det er det han tenker på når han skal forklare hva en modell i naturfag er.

Lars viser at han har tilegnet ny kunnskap om modelltyper ved å si «når vi hadde sist naturfagstime, da brannalarmen gikk da, ee da så vi jo på sånn derre vann partikler også dem var jo animert, så jeg tror det er en modell». Han viser altså at han husker at animasjoner også kan være modeller.

En annen interessant endring i uttalelser i postintervjuet er Anine som beskriver en modell som en forenkling av virkeligheten:

A: på en måte det er en forenkling av virkeligheten.

I: Men da lurer jeg på om du har noen tanker om hvorfor det er en forenkling?

A: altså det er forskjell på for eksempel hvis jeg tegner en tegning av hvordan partiklene er satt sammen da, enn hvis en kjempesmart forsker tar på seg de der brillene sine og bare mhm. Også det finnes jo også mange sånn derre animasjoner av det nærmeste vi kommer til å se partiklene da.

I: mhm.

A: eehm altså det er jo en forskjell da, altså selv om min tegning i forhold til det bildet kommer til å være utrolig mye styggere, så hehe, så viser det jo det samme og det forklarer jo det samme.

I utdraget her viser Anine at hun husker hvordan en naturfaglig modell ble forklart i intervjuet. Flere ganger i intervjuet nevner hun at en modell er en forenkling av virkeligheten, noe som ikke kom frem i preintervjuet. Hun utdyper det med at selv om en modell ikke er helt lik det fenomenet den er en modell av, så vil den fortsatt kunne forklare fenomenet. Til tross for at dette ble nevnt tidlig i intervjuet, var det ingen av de andre deltakerne som kommenterte på det eller nevnte det sine forklaringer. Det kan derfor tyde på at de ikke delte denne forståelsen av naturfaglige modeller med Anine.

Realisme:

Pre intervju:

Både Anine og Stian ga uttrykk for at det er bra hvis en modell er mest mulig realistisk. Anine begrunnet dette med:

A: Hvis du (.) liksom lagde tegning og det blir nesten sånn akkurat sånn som du tenkte, det ble liksom riktig og liksom bra, men det er ingenting liksom dårlig du kan se med det, bortsett fra de folkene som alltid dukker opp å klage.

Begrunnelsen til Anine kan tenkes å være noe mer instinktiv, hvor hun tenker at hvis noe blir slik du hadde tenkt, så er det bra. Og da at man ofte tenker at en tegning skal bli så lik som mulig det man tegner eller slik man tenker at det skal være.

I forbindelse med en samtale om den modellen de hadde kjennskap til fra tidligere undervisning (Figur 2), ga Stian uttrykk for noe han anså som negativt ved modellen: «jeg tror det er litt vanskelig å finne absolutt alle de der rett ved siden av hverandre». Han uttrykker her sider ved modellen som ikke er helt som i virkeligheten. Ved spørsmål om han ville ha gjort den mer lik virkeligheten og blandet de ulike artene mer svarte han ja. Det blir her tydelig at han ikke ser fordelene ved at modellen blir mer oversiktlig med artene på en slik rekke, fremfor mer spredt ut som i virkeligheten.

Postintervju:

I postintervjuet ser man også samme tankegang fra Stian om at modellen bør være så realistisk som mulig. Ved spørsmål om vi kan gjøre endringer på modeller svarte han ja og kom med følgende eksempler på endringer han ville ha gjort på den modellen de hadde kjennskap til fra før (Figur 2): «Ehm at det ser liksom mere ut som at det er liksom ekte, på en måte at det liksom ikke er absolutt alle som er ved siden av hverandre». Som i preintervjuet ga han her uttrykk for å ville gjøre modellen mer realistisk.

I utdraget fra postintervjuet hvor Anine snakket om at en modell er en forenkling av virkeligheten er det derimot en endring angående hvor realistisk en modell må være. Her viser hun i motsetning til i preintervjuet at en modell ikke må være helt realistisk, så lenge den forklarer det den skal. Dette kommer også frem ved spørsmål om hva en god modell er. Der svarer hun at «en god modell vil jo da være noe som forklarer det uten at en annen person må stå å forklare hva det er de ser på». Det kan her se ut som at hun har begynt å se på modeller som forklaringer, og at det da er modellens evne til å forklare som avgjør om det er en god modell, ikke hvor realistisk den er.

Modeller av det samme:

Pre intervju:

Da vi snakket om hvorfor vi har ulike modeller av det samme svarte Anine:

A: for å liksom (..) hvis for eksempel, hvis alt hadde vært likt, da hadde det liksom ikke vært noen vits.

I: jah

A: mens her (.) det er litt det samme men (.) det det altså for eks det her er jo sette opp mer sånn dyr

I: mhm

A: pluss tang og tare og sånn ting, mens her er det liksom bare ee tang og sånne ting

Eksemplet hun kom med her er i forbindelse med de to modellene som ble vist under intervjuet. Det er tydelig at hun forstår at modellene viser ulike sider ved fjæra, men sier ikke om den ene eller den andre modellen har noen fordeler den andre ikke har.

Et annet interessant funn er hvordan Mats gir uttrykk for å ikke se nødvendigheten med den modellen de ikke hadde sett før (Figur 3). Han spør: «Hvorfor trenger vi dem her eller sånn det her bilde (.), kan vi ikke bare ta det her og se her». Han mente den var unødvendig fordi den nye modellen (Figur 2) viste de samme tingene som den de ikke hadde sett før (Figur 3). Det er her tydelig at han ikke ser at den nye modellen forklarer andre sider ved fjæra.

Postintervju:

I postintervjuet kom det ikke frem store endringer i elevenes uttalelser om hvorfor vi har ulike modeller av det samme. Anine viste samme forståelse som i preintervju, hvor hun forklarer at modellene viser ulike sider ved fjæra:

A: Ja (.) vent litt ehm for eksempel da så den første her modellen, den er på en måte en modell da av hvordan dyrene lever da og hvordan det ser ut nede, mens det her er mer sånn det representerer mer havdybde og planter som er der

En interessant endring i postintervjuet er at også Lars deler denne oppfattelsen. Han sier: «Ehm at (.) dem er ikke helt samme fordi kanskje det er på grunn av at der er det planter og der skal det være dyr også noen skjell og sånn». I preintervjuet ga han ingen uttalelser om dette, så det er mulig han har tilegnet seg dette av undervisningen. En annen mulighet kan være at han i preintervjuet ikke så på det som nødvendig å si, ettersom Anine nevnte dette.

Stian og Mats viser ikke at de har denne forståelsen, verken i preintervju eller i postintervju. Dette kan ses i sammenheng med hvordan Stian i både pre og postintervju ga uttrykk for at modeller bør være mest mulig realistiske. Det er av den grunn mulig at han tenker at hvis en modell er så lik et fenomen som mulig, så vil det ikke være nødvendig med flere modeller av fenomenet, og dermed at modeller ikke retter fokus mot å forklare spesifikke sider av et fenomen.

4.2 Hensikt med modeller

Dette temaet handler om hvordan deltakerne forsto hensikten med naturfaglige modeller, og hvordan denne forståelsen utviklet seg gjennom intervensjonen. Her ble kodegruppe 4: *hensikt med modeller* og kodegruppe 6: *god og dårlig modell* undersøkt og sammenlignet med hverandre i pre- og postintervjuene.

4.2.1 Gruppe 1

Preintervju:

I preintervjuet er det en tydelig enighet blant deltakerne om at modeller brukes til å vise hvordan noe er eller ser ut. Lisa forklarer at en modell av et grantré vil kunne vise hvordan en konge er bygget opp. Hun forklarer også hvordan en modell kan hjelpe hvis noe skal lages: «For å finne ut liksom hva som er inni, skal du lage detaljene inni, da må du lage en liten en i starten for å se hvordan du klarer å lage den». Utsagnet kan også sies å vise en forståelse av at modeller brukes til å vise hvordan noe skal se ut, da noe som skal lages. En siste ting Lisa kom inn på var at skoleelever gjerne var dem som lagde modeller. Begrunnelsen hennes for dette var: «fordi det er mye mer sjans for at dem lærer mye mer om det dem skal lære om, enn de for eksempel de som er profesjonelle». Hun viser her forståelse for at modeller kan brukes til læring, og gir uttrykk for at «profesjonelle» gjerne ikke får så mye ut av å lage egne modeller.

Anders kom også med et interessant eksempel på hva en modell kan brukes til:

A: for eksempel mmm hvis du har en modell av månen for eksempel

I: mhm

A: også skal du sjekke om eeehhmm (.) månen er flat

I: okei, ja

A: så kan du ha en modell for å sjekke om den er det

Her viser han forståelse for at vi kan bruke modeller til å finne ut av noe vi lurer på. Det kommer ikke frem om han har noen tanker om hvordan vi kan vite at modellen er riktig, eller hva som skal til for at vi kan stole på modellen. Av den grunn kan dette også forstås som at han har en mer ukritisk holdning til modeller, og at de ikke trenger å være forklarende, men kun beskrivende.

Ved spørsmål om modeller kunne hjelpe dem med noe hvis de skulle undersøke noe, var det delte meninger, og mindre utfyllende begrunnelser. Oda mente at modeller ikke var til hjelp, Lisa mente det kom an på hva det handlet om og Espen sa det ville være til hjelp. Ingen av dem hadde noe begrunnelse for hvorfor de mente det de gjorde.

Postintervju:

I postintervjuet kom det frem at både Anders og Oda fortsatt tenker at modeller brukes til å vise hvordan noe ser ut. Lisa og Espen ga også uttrykk for dette, men kommer med andre uttalelser i tillegg. Ved spørsmål om hva modeller kan hjelpe oss med svarte Lisa: «Ja det kan hjelpe oss med informasjon om hvordan vi skal forklare andre folk det» og sier videre: «også hvis vi skal bli forskere så har vi bedre informasjon om hvordan vi skal gjøre det». En vesentlig endring i forhold til preintervjuet er at hun her viser forståelse for at modeller kan brukes til å forklare noe til andre, i tillegg til å være en verdifull informasjonskilde for forskere. I preintervjuet ga hun uttrykk for at å lage modeller ikke var så nyttig for «profesjonelle». Hvis det hun mente med «profesjonelle» var forskere, så viser hun her en utvikling mot å forstå at modeller kan være nyttige for forskere.

En interessant endring i Espens forståelse av hvorfor vi bruker modeller kommer frem ved spørsmål om hva vi bruker modeller til i naturfag, hvor han da svarer: «fordi det kan (..) det kan hjelpe oss med å forstå hva vi skal tenke om det vi lærer om.» Han anser nå modeller som nyttig redskap for egen læring, da spesielt for å øke forståelsen for det de skal lære. Det kommer også frem at han husker hva vi brukte modeller til i undervisningen. Ved spørsmål om dette svarte han: «Hvor varmt og kaldt det blir når ee partikler rister og hvordan dem henger sammen». Han uttrykker her tydelig forståelse av at vi brukte, og lagde, modeller for å forklare hvordan partikler henger sammen og at temperaturen til materie avhenger av hvor mye partiklene vibrerer.

4.2.2 Gruppe 2

Preintervju:

Ved spørsmål om hva modeller i naturfag brukes til svarer Stian: «jeg vet ikke helt, eller det kan brukes til å lage det selv». Med dette viser han at det kan være en hensikt i seg selv å lage en modell, men utdyper ikke noe mer om hvorfor man skulle gjøre dette. Mats og Lars mente at modeller kunne bli brukt til utstilling. I svarene deres kommer det heller ikke frem noen utdypning om dette eller hva som er hensikten med disse utstillingene.

Et interessant eksempel på bruk av modeller kom fra Anine da hun snakket om et tidligere skolebesøk til et landbasert oppdrettsanlegg:

A: De hadde jo laget ee bilder og sånne ting til det fisk og hvordan de liksom (.) vokser da, men det var på grunn av det temaet vi hadde da for å lære om (.) laks

I: hm

A: så det ble jo (.) lagd av de som ville lære deg det

Først og fremst anerkjenner hun de bildene som ble vist som modeller av hvordan fisken vokser, i tillegg til å vise forståelse for at modellene ble vist for å lære elevene noe. Dette gjentar seg også ved en annen anledning hvor hun da svarer: «Modellene blir for eksempel dem brukes jo til å liksom se hva som bor i havet og det blir jo brukt til å til å lære da». Hun forstår altså modeller som et hjelpemiddel for å lære noe. Dette kommer ikke frem fra noen av de andre deltakerne i intervjugruppen.

Et annet interessant utsagn fra Anine er hvordan modeller kan hjelpe hvis man forsker på noe:

A: hvis vi skal liksom forske på økosystemet i havet, så blir jo en da modell av det som bor der og hvordan det ser ut, og hva det spiser og sånn blir jo å hjelpe da hvis du skal forske på det

Her viser hun forståelse for at modeller kan være til hjelp hvis man prøver å finne ut av noe, og da at forskere kan bruke det som hjelpemiddel. Dette er også noe Lars gir uttrykk for å være enig i.

Postintervju:

I postintervjuet kom det mer tydelig frem hvordan både Lars og Anine mente modeller kunne hjelpe hvis man skulle undersøke noe som forsker. Ved spørsmål om hvordan modeller kunne hjelpe hvis de skulle forske på noe, svarte Lars:

L: ee fordi at da kan du liksom tegne hvor du skal lete

I: hvor du skal lete?

L: ja

I: ja

L: også kan du tegne liksom det du har funnet og forklare hva du har funnet også

I: hvorfor kan det å forklare hva du har funnet hjelpe deg?

L: ehm fordi at da skjønner liksom dem du jobber med litt mere

I: ja

L: av det du liksom har funnet

I motsetning til preintervjuet viser Lars her at modeller kan hjelpe hvis man leter etter noe spesifikt som forsker. Dette kobler han også til at det å lage en modell kan hjelpe med å formidle de funnene man gjør. Her går Lars altså fra å kun si seg enig i at modeller kan hjelpe når man forsker på noe, til å kunne selvstendig utdype hvordan og hvorfor det kan hjelpe. Anine problematiserer utsagnet til Lars, hvor hun da sier:

A: Så kommer det ann på hva du forsker på. Hvis du skal forske på mmm hvor er mynt, hvis du for eksempel er arkeolog som skal finne en mynt, så hjelper ikke en modell deg så mye, å bare tegne en mynt i jorden.

Det hun kommer inn på her, er at hvordan en modell kan hjelpe, kommer an på hva man forsker på. Her viser hun forståelse av at modeller har ulike bruksområder og begrensninger.

En gjenganger i Anines uttalelser i postintervjuet er at hun forstår at modeller har til hensikt å forklare det de er en modell av. Dette var helt fraværende i preintervjuet, og det blir derfor tydelig at hun har tilegnet seg dette gjennom undervisningen i intervensjonen. I eksemplet under viser hun også at hun forstår at modeller kan bli brukt til å forklare hvordan vi tenker, og da ikke bare til å forklare naturfaglige fenomener slik de faktisk er.

A: vi bruker jo modeller da til å forklare det vi jobber med, ee du ville jo at vi skulle tegne en modell av hvordan arket var bygget opp, da tegnet vi, da brukte vi jo for å forklare hvordan vi tenkte at arket var bygget opp da.

Begge utsagnene til Anine ovenfor viser at hun har utviklet forståelsen for hensikten med naturvitenskapelige modeller. Dette gjelder både at ulike typer modeller kan hjelpe forskere til ulike ting, og at modeller kan brukes til formidling av egen forståelse av et naturvitenskapelig fenomen.

4.3 Utvikling av modeller

Resultatene som presenteres i dette temaet er de som fremkom fra kodegruppene 5: *Å endre på modeller* og kodegruppe 7: *Hvordan modeller lages*, i tillegg til sammenligningen av disse fra før og etter intervensjonen. Resultater fra kodegruppe 10: *Hvordan vite at modeller er riktige* er også relevante for dette temaet. Her blir det først presentert hvordan deltakerne tenkte at modeller lages og hvilke endringer som kom frem i intervjuet etter intervensjonen. Etter dette presenteres deltakernes forståelse av hvordan og hvorfor modeller endres på, og endringene angående dette fra postintervjuet.

4.3.1 Gruppe 1

Hvordan modeller lages:

Preintervju:

I preintervjuet kom det frem blant annet at modeller kan lages ved å tegne eller ved å bruke maskiner. Dette var det først og fremst Espen som ga uttrykk for. Ved spørsmål om hvem som lager modeller kom Lisa med følgende svar:

L: Dem som lager dem er mest sannsynlig skoleelever fordi det er mye mer sjanse for at dem lærer mye mer om det dem skal lære om, enn de for eksempel de som er profesjonelle. De har allerede laget modeller mange ganger før og dem kan har de her teknologiske maskinene som kan bare koordinater til alt.

I utdraget ovenfor viser Lisa at hun mener skoleelever sannsynligvis er dem som lager modeller, fordi det er dem som vil lære mest av det. Det er også tydelig at hun tenker at profesjonelle lager modeller med hjelp av ulike verktøy, men som nevnt i forrige delkapittel (4.2 Hensikt med modeller), så forstår hun ikke helt hensikten med dette. Espen gir også uttrykk for at profesjonelle lager modeller ved spørsmål om hvem som lager dem:

«Profesjonelle som liksom har vært å undersøkt også». Hva elevene mente med «profesjonelle» kom ikke frem, men mest sannsynlig tenkte de her på forskere. Espen kom her også inn på at modeller lages ved å undersøke noe i forkant.

Lisa gir også en forklaring på hvordan en 3D-modell kan lages:

L: lagd en på en måte modell av det, bare at man kunne laget for eksempel en vannkasse med sånn vann som man legger inni også under blålys, så blir det hardt stivnet, det kunne vært en modell av hva vi fant.

I tillegg til å forklare konkret hvordan en modell kan lages, så viser hun her også forståelse av at når man lager en modell så bør det være basert på noe vi har oppdaget eller funnet.

Postintervju:

I likhet med preintervjuet var det Espen og Lisa som var mest aktive da vi snakket om hvordan modeller lages. Som i preintervjuet snakket Espen om modeller laget av profesjonelle, og Lisa om at hun så mest nytte i å lage 3D-modeller. Anders kom ikke med svar i preintervjuet, men ga i postintervjuet uttrykk for at mennesker lagde modeller. En annen endring i dette intervjuet var at også Espen snakket om hvordan 3D-modeller kan lages:

E: for eksempel hvis man skal 3D-printe noe også bli jo det en sånn 3D-modell. Så må man jo gå på PC-en sin også må man finne en sånn app eller noe sånn, og tilkoble den til 3D-printeren. Også må man lage designet også må man starte.

Her uttrykker han god forståelse av hvordan 3D-modeller kan lages på en datamaskin. I tillegg viser utsagnet en forståelse av at 3D-modeller kan vises to-dimensjonalt på en data-skjerm. Dette er noe som ikke har kommet frem tidligere i intervjuene. Et nytt uplanlagt oppfølgings spørsmål ble også stilt i dette intervjuet. Dette gikk ut på at deltakerne skulle forklare hvordan de ville ha laget en modell av hvordan jorden så ut utenfor skolegården. Ved spørsmål om dette svarte Espen:

E: Jeg kunne ha laget, ee litt sånn kunne ha tegnet litt sånn brunt jord, noen marker også ehm mm grønt gresshoppe, også kanskje litt snø oppå der igjen og, også kan jeg jo kanskje lage litt mer av jordas og ting under der igjen også ja ehm

I: men hvordan vet du hva som skulle ha vært i jorda?

E: søke det på internett

I: okei (.) kunne du ha gjort noe annet for å finne ut av det?

E: øøøø ja jeg kunne kanskje ha spurt ehm forskere som forsker nede i jorda oog så kunne jeg kanskje fått svaret derifra.

Hensikten med spørsmålet var å finne ut om de forsto at man kunne ha gått ut og undersøkt jorda selv, for å finne ut hvordan modellen kunne være. I utdraget kommer Espen med forslag til informasjonskilder om temaet, men viser ikke at han tenker det er mulig for han selv å undersøke selve jorda.

Å endre på modeller:

Preintervju:

I preintervjuet mente Espen at man ikke skulle endre på modeller. Ved spørsmål om hvorfor han mente dette svarte han: «Fordi, hvis man eeee man kan ødelegge den i prosessen med å endre på den». Det er tydelig at han ser viktigheten i å opprettholde modellens funksjon. Senere ved spørsmål om hva som skal til for å endre på modeller svarte han: «forsiktighet». Ved samme spørsmål svarer Lisa «tålmodighet». Også her kommer det frem at å endre på en modell vil kunne føre til at den blir dårligere, og at det derfor må være nøye gjennomtenkt. Lisa, Anders og Oda ga uttrykk for at man kunne endre på en modell, men sa lite om hvorfor man skulle gjøre det. Anders og Oda mente også at man kunne lage en ny modell, men sa heller ikke noe om hvorfor det eventuelt skulle blitt gjort.

Deltakerne ble også spurt om hvilke endringer de ville ha gjort på de modellene de ble vist i intervjuet. Her svarer både Anders og Lisa at de ville gjort endringer som gjør modellen mer realistisk. Endringer Anders ville ha gjort var: «fisker, og det er så trangt der», altså å legge til fisker i modellen, og ikke ha det så trangt mellom de ulike artene i modellen. Endingene Anine ville ha gjort var: «For det første dem har alt for lite fisk. For det andre det er alt for lite plast». Det blir her tydelig at de tenker på å gjøre endringer for å gjøre modellen mer lik virkeligheten, og ikke nødvendigvis for at den skal forklare fenomenet bedre.

Post intervju:

I post intervjuet ga ikke Anders noe svar da vi snakket om å endre på modeller. Lisa ga i likhet med preintervjuet uttrykk for at man kunne endre på modeller, uten å si noe konkret om hvorfor. I motsetning til preintervjuet ga ikke Espen uttrykk for at han mente vi ikke burde endre på modeller. Det er av den grunn mulig at han har blitt mer positiv til å skulle endre på modeller.

Ved spørsmål om å gjøre endringer på modeller hvis vi fikk ny informasjon om det modellen er en modell av, svarte Espen at han ville ha laget en ny, og begrunnet det med:

E: fordi den gamle hadde ikke da hatt med det som er nytt om fjæra

I: okei

E: så da kunne jeg ha laget en som er en kopi av den andre bare med den nye med om fjæra

Han ville ikke nødvendigvis ha endret på eksisterende modell, men laget en ny som tar den nye informasjonen i betraktning. Her kommer det altså frem at Espen forstår at ny informasjon om et fenomen kan gjøre at en modell som representerer fenomenet ikke lenger forklarer det riktig. Oda viser også denne forståelsen av hvorfor modeller kan endres på hvis det kommer ny informasjon om fenomenet modellen representerer.

4.3.2 Gruppe 2

Hvordan modeller lages

Ved spørsmål om hvordan modeller lages svarte elevene tilnærmet likt i både pre- og postintervjuet. Her kom det frem at de tenkte at enten så har noen tegnet dem for hånd eller på datamaskin, for så å printe dem ut. Det ble forsøkt å stille elevene andre spørsmål for å undersøke hvilken forståelse de hadde angående dette, men her kom det også lite relevante svar.

Endre på modeller

Preintervju:

Både Lars og Anine ga uttrykk for at man kunne endre på modeller. Lars sin begrunnelse for dette var: «Fordi hvis du skal (.) hvis du tar et bilde eller lager en video så er det lurt å edite dem eller tegne på dem». Lars tenker altså på det å redigere bilder eller videoer som å endre på modeller. Han sier også at han tror han ville ha gjort endringer hvis det hadde kommet ny informasjon om det modellen er en modell av, men utdyper ikke noe mer om hvorfor. Anine utdyper mer angående dette, og kommer inn på å gjøre modellen mer lik virkeligheten. Ved spørsmål om hvorfor man skulle ha endret på en modell svarte hun: «Hvis det var noen som for eksempel Stian sa at ingen av de her bor så eller vokser så nærme hverandre». Hun mener altså her at hvis noe på modellen ikke var likt som på det fenomenet modellen

representerer, så ville hun ha endret på dette. Fokuset hennes er altså rettet mot å endre modellen til å ligne virkeligheten mer, fremfor å kunne forklare den på ønsket måte.

Postintervju:

Som vist i et utdrag under første tema (4.1 Hva en modell er), hvor det handlet om *realisme* i postintervjuet, så tenker Stian at vi kan endre på modeller for å få dem mer realistiske. Han viser forståelse for at vi kan gjøre endringer på modeller, men litt mangelfullt angående hvorfor det gjøres. Han skiller altså ikke mellom å endre på en modell for at den skal forklare fenomenet bedre, og det å gjøre en modell mer realistisk.

Anine viser en utvikling i forståelsen rundt dette tema. Hun svarer at man kan gjøre endringer på modeller og gir følgende eksempel på hvorfor det kan gjøres:

A: hvis du finner ut, ee nå snakker jeg bare om partikler for det er bare det vi har jobbet med ee og du bare lager masse rundinger bare sånn «det her er partikler», ee så finner du da ut at ja partikler har bindinger, de holder fast i hverandre, så tenker du ja da må jeg gjøre endring for at det skal være mer riktig da

I: okei

A: så du gjør jo endringer på vegne av det tingene du finner ut da

Eksemplet hun snakker om er hentet fra intervensjonen og handler om hvordan og hvorfor elevene endret på modellene sine. I både pre- og postintervjuet tenker hun at vi kan gjøre endringer på modeller hvis vi finner ut at de ikke stemmer med virkeligheten. Forskjellen blir at hun her gir en mer generell forklaring, og at endringene vi kan gjøre må være ut ifra ny tilegnet informasjon.

Lars har også endret sin forklaring i forhold til preintervjuet. Ved spørsmål om når han ville ha endret på en modell svarte han: «for eksempel hvis jeg hadde tegnet feil og hvis jeg hadde (.) ja bare det egentlig». Han viser at han tenker mer på å lage modeller med å tegne, fremfor bilder og videoer. Han mener endringer kan gjøres med å viske ut hvis man tegner feil. Dette viser at han ikke helt kobler det å endre på modeller, til at modeller endres og utvikles hvis ny informasjon gjør at modellen blir feil.

5. Diskusjon

I dette kapitlet vil undersøkelsens forskningsspørsmål og problemstilling bli besvart.

Undersøkelsens problemstilling er: *I hvilken grad kan et modelleringsbasert undervisningsopplegg i naturfag føre til utvikling av metamodelleringskunnskap hos et utvalg elever i 5. klasse?* En vanlig inndeling av metamodelleringskunnskap er å dele det opp i kunnskap om *Hva en modell er*, *Hensikten med modeller* og *Utvikling av modeller* (Miller & Yoon, 2023; Schwarz et al., 2009). Besvarelsen undersøkelsens tre forskningsspørsmål tar for seg deltakernes utvikling av kunnskap innen hver av disse delene, og vil slik til sammen ta for seg deltakernes utvikling av metamodelleringskunnskap i sin helhet. I kapitlet blir altså forskningsspørsmålene besvart først. Svarene på forskningsspørsmålene blir så benyttet til å svare på problemstillingen.

5.1 Hva en modell er

I dette delkapitlet vil det første forskningsspørsmålet besvares: *Hvordan endres elevenes beskrivelse av hva en naturfaglig modell er?* Spørsmålet er laget for å identifisere om elevene har utviklet forståelse innen den delen av metamodelleringskunnskap som handler om *Hva en modell er*. Denne delen handler om hvor virkelighetsnær en modell er og hvordan modeller har ulike styrker og svakheter (Miller & Yoon, 2023; Schwarz et al., 2009). Det innebærer også en forståelse av at modeller gjerne lages for å forklare en spesifikk side av et fenomen, som igjen kan gjøre den mindre egnet til å forklare andre sider ved fenomenet (Oh & Oh, 2011).

Begrepet modell kan ha flere betydninger og brukes blant annet til å omtale personer som viser frem klær (Haug & Mork, 2021, s. 163). I preintervjuet viste flere deltakere i begge gruppene at de tenkte på denne type modeller ved spørsmål om hva en modell er. Dette viser viktigheten av å presisere hvordan det finnes ulike typer modeller og hva slags type modeller det blir snakket om i naturfagundervisningen. I tillegg til å snakke om menneskelige modeller, kom det også frem i begge gruppene at en modell kunne være en skisse eller byggetegning av noe som skal lages. Dette kom frem i begge postintervjuene.

Utviklingen i deltakernes beskrivelse av hva en modell er varierte i stor grad fra elev til elev. Oda viste at hun husket godt hvordan partikkelmodellen kunne tegnes ved å tegne på tavlen i rommet intervjuet ble gjennomført i. Lisa gjenkjente modellen med en gang. De andre deltakerne i gruppe 1 snakket også om at tegninger kunne være modeller, noe de ikke gjorde i

preintervjuet. I gruppe 2 viser Lars at han husker animasjonsmodellen fra intervensjonen og sier at animasjoner kan være modeller. Dette viser at deltakerne i gruppe 1 og Lars fra gruppe 2 har utvidet sin forståelse av hvilke typer modeller som finnes.

I preintervjuet er det tydelig at flere elever tenker at modeller bør være så like som mulig det de er en modell av, uavhengig av modellens forklaringssevne. Eneste deltaker som i preintervjuet ga uttrykk for at dette ikke er nødvendig var Lisa i gruppe 1, men hun kom også med flere utsagn som strider mot dette, og av den grunn er det sannsynlig at hun også ser på det som en generell fordel at modeller er mest mulig realistiske. Flere studier viser at en slik forståelse av modeller er utbredt blant elever på både mellom- og ungdomstrinnet (Cheng & Lin, 2015). I studien til Schwarz et al. (2009) viste elevene på barnetrinnet også denne forståelsen av naturfaglige modeller, og da elevene skulle lage egne modeller hadde de størst fokus på å lage dem så lik fenomenet som mulig. Etter å ha deltatt i et modelleringsbasert undervisningsopplegg viste de samme elevene en utvikling mot å forstå modeller som et redskap for å forklare et fenomen (Schwarz et al., 2009). At modellen kunne forklare det den skulle ble da viktigere for deltakerne enn at den var så lik fenomenet som mulig. Resultatene fra denne undersøkelsen indikerer en lignende utvikling som i studien til Schwarz et al. (2009) hos noen av deltakerne. Etter intervensjonen gir Espen og Anders uttrykk for at modeller ikke må være helt realistiske og at dette kan være en fordel, men da uten en utdypende begrunnelse for dette. Om de forstår at forklaringssevnen og hensikten med modellen er viktigere enn at den er så lik fenomenet som mulig er av den grunn ikke sikkert. Selv om det ikke kan sies å vise en like stor utvikling som deltakerne i studien til Schwarz et al. (2009), viser deltakerne allikevel en utvikling mot å forstå at modeller ikke er eksakte kopier av virkeligheten, og at dette ikke er et generelt mål for modeller.

I gruppe 2 var det kun Anine som viste en utvikling mot å forstå at modeller ikke må være så like som mulig det fenomenet modellene representerer. I postintervjuet viser hun stor forståelse av at modeller er forenklinger av et virkelig fenomen og at det viktigste er at de forklarer det de skal. Av alle deltakerne i utvalget er det kun Anine som snakket om modeller som forenklinger av virkeligheten, til tross for at dette ble nevnt flere ganger i løpet av intervensjonen. Ettersom hun ikke kom inn på dette i preintervjuet, og at det er tilnærmet ordrett det som ble sagt i intervensjonen, er det tydelig at hun har tilegnet seg denne forståelsen av intervensjonen. Det kan være vanskelig å si om det er selve modelleringsaktivitetene, hvor elevene utviklet og lagde modeller, som har ført til denne forståelsen. At en modell er en forenkling av virkeligheten, ble sagt under muntlig

undervisning i intervensjonen. Det vil si at selve undervisningen om modeller sannsynligvis har vært viktig for å utvikle denne forståelsen. Schwarz et al. (2009) påpeker at metamodelleringskunnskap ikke bør læres uten sammenheng med praktisk modellering, og av den grunn kan det tenkes at Anine ikke hadde forstått og husket det som ble sagt på denne måten uten å få bruke kunnskapen i en modelleringsprosess. Dette kan vise viktigheten av å bruke mulighetene modellering gir til å utvikle elevenes mer generelle kunnskap om modeller i naturvitenskapen.

Stian og Oda ga i etterkant av intervensjonen uttrykk for å fortsatt anse modellens likhet med virkeligheten som en viktig kvalitet. Lisa viste samme motstridende utsagn som i preintervjuet. Hun sa seg enig i at en modell som ikke var helt realistisk kunne være en fordel, men ga også uttrykk for at hun foretrekker 3D modeller fordi de er mer realistiske. Hennes forståelse kan tolkes i flere retninger. Hun kan forstå at modeller ikke må være helt realistiske, men anse dette som en fordel. En annen måte å tolke hennes forståelse er i retning av hva deltakerne i studien til Miller og Yoon (2023) ga uttrykk for. Her var deltakerne opptatt av hvordan modellen representerte noe virkelig, og at de av den grunn foretrakk modeller med flere detaljer og som viste alle delene til fenomenet modellen representerte. Miller og Yoon (2023) poengterer at å anse modellens realisme som en viktig kvalitet kan kjennetegnes som et lavt nivå av metamodelleringskunnskap, men at forståelsen av at naturfaglige modeller er representasjoner av noe virkelig vil fortsatt være viktig. Dette kan sammenlignes med uttalelsene til Lisa, fordi hun også er opptatt av fordelene ved detaljer og at modellen er en realistisk representasjon av fenomenet. Det Lisa ikke viser forståelse for er at en modell kan forenkles på bekostning av hvor realistisk den er, og at dette kan være hensiktsmessig for at den skal forklare det den skal. Dette viser heller ingen andre av deltakerne forståelse for, men som nevnt er Anine mest opptatt av at modeller skal forklare det den skal, og ikke hvor realistisk den er.

En viktig side ved naturfaglige modeller er at ulike modeller av samme fenomen eksisterer fordi modellene skal forklare spesifikke sider ved fenomenet (Oh & Oh, 2011). Eneste deltakeren i utvalget som viste forståelse for dette i preintervjuet var Anine. Hun viste også den samme forståelsen i postintervjuet, men her uttrykte også Lars en lignende forståelse. Fordi Anine viste denne forståelsen i preintervjuet, var det kun Lars som viste en utvikling av kunnskap om denne siden av naturfaglige modeller. Etersom Anine i preintervjuet snakket om hvordan de ulike modellene som ble vist i intervjuet viser ulike sider av fjæra, kan Lars ha tilegnet seg kunnskap om dette i preintervjuet. Av den grunn er det ikke sikkert at Lars

utviklet forståelse for dette gjennom deltakelse i intervensjonen. Det er altså lite som tyder på at undervisningen i intervensjonen har vært egnet til å gi elevene en bedre forståelse av hvorfor det finnes flere modeller av det samme. Ettersom flere deltakere i studien til Schwarz et al. (2009) viste å ha utviklet forståelsen av denne delen av metamodelleringskunnskap, var dette et noe uventet resultat. Noe av årsaken kan være at undervisningen i intervensjonen ikke hadde et tydelig nok fokus mot denne siden ved modeller. I intervensjon fikk elevene erfare flere modeller som forklarte materies oppbyggingen ved bruk av partikler, men det var et manglende eksplisitt fokus på hvorfor de ulike modellene ble vist, samt styrker og svakheter ved disse. Undervisningen rettet derimot et større fokus mot å forstå hva en modell er og at modellene de tegnet ikke måtte være helt lik virkeligheten. Dette var også noe deltakerne viste mer forståelse for i postintervjuet. Det er altså her en sammenheng mellom hvilke deler av metamodelleringskunnskap som ble fokusert på i undervisningen og hvilke deler elevene utviklet kunnskap innen.

5.2 Hensikt med modeller

Det andre forskningsspørsmålet ble utformet for å undersøke om elevenes forståelse av hensikten til modeller har utviklet seg gjennom intervensjonen. Forskningsspørsmålet lyder: *Hvordan endres elevenes forklaring av hensikten med modeller i naturfag?* Naturfaglige modeller har flere formål, fra å kunne illustrere et fenomen, til å kunne brukes for å gjøre nye antagelser om fenomenet (Gogolin & Krüger, 2018; Schwarz et al., 2009). Ofte kjennetegner førstnevnte et lavt nivå av metamodelleringskunnskap, og sistnevnte et høyere nivå (Gogolin & Krüger, 2018; Miller & Yoon, 2023).

Flere av deltakerne viste at de var på et lavt nivå innen denne delen av metamodelleringskunnskap i preintervjuet, hvor de ga uttrykk for at modeller ble brukt til å vise hvordan ting så ut og til utstilling. Samme forståelse kan ses hos deltakerne i studien til Schwarz et al. (2009) før de deltok i en modelleringsprosess. Et unntak i denne undersøkelsen er deltakeren Anine, som i preintervjuet viste forståelse for at modeller også brukes til å lære andre og at det kan være nyttig med modeller hvis noe skal undersøkes. Dette kjennetegner et høyere nivå av metamodelleringskunnskap enn å kun forstå at modeller skal vise hvordan noe ser ut (Schwarz et al., 2009). Hun viste altså å være på et høyere nivå enn de andre deltakerne før intervensjonen. Denne forståelsen viste hun også i postintervjuet, men da med et større fokus på at modeller skal forklare et naturfaglig fenomen. Å i tillegg være innforstått med at modeller brukes til å forklare et virkelig fenomen kan sies å være et høyere nivå enn det hun

viste i preintervjuet (Gogolin & Krüger, 2018; Schwarz et al., 2009). I postintervjuet koblet hun også dette til modelleringsaktivitetene i intervensjonen og viste forståelse for hvordan de første modellene de lagde skulle forklare hvordan de selv tenkte at materie i et ark var bygget opp. Det er derfor tydelig at denne aktiviteten kan ha gitt henne en forståelse av at modeller også brukes til å kommunisere egen forståelse av et fenomen, og ikke bare forklare fenomenet på en god måte. Dette er også en viktig del av hensikten bak naturfaglige modeller og modellering i naturvitenskapen (Oh & Oh, 2011; Schwarz et al., 2009). Etter intervensjonen viste også Espen fra gruppe 1 at han forsto modeller som nyttig redskap for egen læring.

I gruppe 2 viste Lars også en utvikling innen denne delen av metamodelleringskunnskap. Han gikk fra å kun forstå at modeller brukes til å vise hvordan noe ser ut, til å etter intervensjonen forstå at modeller kan være et redskap for å undersøke noe, og forklare andre hva du har funnet ut. Å forstå at modeller kan brukes til å forklare et naturfaglig fenomen er å anse som et høyere nivå av metamodelleringskunnskap enn å utelukkende forstå modellens hensikt som å vise hvordan noe ser ut (Gogolin & Krüger, 2018; Schwarz et al., 2009). Lisa fra gruppe 1 viste en lignende utvikling som Lars. Hun hadde samme forståelse som han i preintervjuet, og ga i tillegg uttrykk for at det ikke var så nyttig for forskere å lage modeller. I postintervjuet viste hun forståelse for at modeller er gode redskap for å forklare noe, og i tillegg at modeller kan være nyttige for forskere som undersøker noe. Både Lars og Lisa viser altså å være på samme nivå som Anine innen denne delen av metamodelleringskunnskap etter intervensjonen. Begge hadde et lavere nivå enn Anine før intervensjonen, og av den grunn kan det sies at de har hatt en større utvikling av metamodelleringskunnskap gjennom intervensjonen.

Endringen i deltakernes beskrivelse av hensikten bak modeller er altså at de legger mer vekt på at modeller brukes til å forklare og som redskap for egen og andres læring. At en modell også kan brukes til å gjøre antakelser om andre sider ved fenomenet den er en modell av viste ingen av deltakerne forståelse for. Å vise forståelse for dette blir ansett som det høyeste nivået av metamodelleringskunnskap (Gogolin & Krüger, 2018; Miller & Yoon, 2023). En grunn til at ingen av deltakerne utviklet kunnskapen til dette nivået kan være at det ikke ble rettet nok oppmerksomhet mot dette i intervensjonen. Hovedfokuset lå på å utvikle modellene basert på ny informasjon gitt av lærer, ikke å bruke modellene til å gjøre nye antagelser om fenomenet. Den lille erfaringen elevene fikk med å gjøre antagelser, var å bruke en modell til å muntlig forklare en side ved materies oppbygning. At elevene skulle bruke modellen til dette ble sannsynligvis ikke kommunisert tydelig nok, og de kan av den grunn ikke ha forstått at det var dette de gjorde. Sammenhengen mellom hva som fikk størst oppmerksomhet i intervensjonen,

og hva deltakerne utviklet av metamodelleringskunnskap er også å se i forbindelse med forståelsen av naturvitenskapelige modellers hensikt.

5.3 Hvordan modeller utvikles

I dette delkapitlet vil det siste forskningsspørsmål bli besvart. Spørsmålet er: *Hvordan endres elevenes forståelse av hvordan naturfaglige modeller utvikles?* Målet med spørsmålet er å få svar på om elevene i utvalget har utviklet forståelsen innen delen av metamodelleringskunnskap som omhandler *utvikling av modeller* etter intervensjonen. Denne delen innebærer å forstå at en modell endres i takt med utvikling av ny kunnskap om det modellen representerer (Miller & Yoon, 2023). Det inkluderer også evnen til å vurdere hvilke endringer som bør gjøres for at modellen skal tjene til sin hensikt (Schwarz et al., 2009). For å undersøke dette ble deltakerne også stilt spørsmål rundt hvordan de tenkte at modeller lages. Dette ble gjort for å undersøke om de forsto at naturfaglige modeller kan lages ut ifra kunnskap tilegnet gjennom undersøkelser og forskning.

Ved spørsmål om hvordan modeller lages svarte deltakerne veldig praktisk, hvor det praktiske rundt modellaging var i fokus. Det fremkom ingen markant utvikling i deltakernes beskrivelse av hvordan naturfaglige modeller ble laget. Deltakerne snakket om noe forskjellige ting i forhold til dette før og etter intervensjonen, men ga ikke uttrykk for at forståelsen hadde utviklet seg. Et eksempel kan være Espen som i preintervjuet ga uttrykk for at modeller kan lages ved å undersøke noe i forkant. I postintervjuet ble han spurt om hvordan han kunne lage en modell av hvordan jorda utenfor skolen så ut. Her ble det forsøkt flere oppfølgingsspørsmål for å undersøke om han forsto at han kunne gå ut å undersøke selv. Dette viste han ikke forståelse for, og ga kun uttrykk for informasjonskilder som internett og ekte forskere. I intervensjonen fikk elevene ny informasjon om materie og partikler fra lærer, og ikke fra å gjøre antagelser og undersøkelser selv. Til tross for at det ble presisert at forskere hadde kommet frem til denne informasjonen gjennom undersøkelser, viste ingen av deltakerne, hverken før eller etter intervensjonen, å ha forståelse for at modeller kan lages ved å gjøre egne undersøkelser av et fenomen. Det er altså sannsynlig at denne presiseringen ikke har vært nok, og at det muligens ville være mer hensiktsmessig å la elevene lage modeller basert på egne undersøkelser for å utvikle forståelse for dette.

Endring av modeller innebærer å forstå hvordan naturvitenskapelige modeller utvikles og endres hvis ny empiri tilsier at eksisterende modell ikke stemmer (Miller & Yoon, 2023; Oh & Oh, 2011). Espen viser at han har utviklet kunnskapen om dette gjennom intervensjonen. I

preintervjuet mente han at modeller ikke burde endres på. I postintervjuet sa han at man kunne lage en ny modell, hvis man fikk ny informasjon om det modellen representerer. Dette sa også Oda seg enig i. Det kan tolkes som at de viser forståelse for at en modell ikke nødvendigvis forklarer det den skal hvis det utvikles ny kunnskap om fenomenet modellen representerer. Å forstå at modeller endres ved ny informasjon er et kjennetegn på et høyt nivå av denne delen av metamodelleringskunnskap (Miller & Yoon, 2023). Espen og Oda uttrykker ikke at modellen kan endres, fremfor å lage en ny, men de viser forståelse for at modellen må få inn den nye informasjonen for at den skal forklare fenomenet riktig. Denne forståelsen var det ingen av dem som viste å ha i preintervjuet, og av den grunn er det sannsynlig at intervensjonen har bidratt til dette. I intervensjonen fikk elevene i oppgave å lage en ny modell hvor de tok med den nye informasjonen de fikk om materie, og ikke å gjøre direkte endringer på den modellen de allerede hadde tegnet. Dette kan være noe av grunnen til at de tenker på å lage en ny modell, og ikke at eksisterende modeller kan endres.

Lisa og Anders viste i preintervjuet forståelse for at modeller kan endres på. Ved spørsmål om hvilke endringer de ville ha gjort på de modellene som ble vist i intervjuet (Figur 2 og Figur 3), var det endringer som gjorde modellene mer lik virkeligheten de ville gjøre. Etter intervensjonen var det samme endringer Lisa ønsket å gjøre, uten å komme inn på hvorfor hun ønsket det, eller om det gjorde modellen bedre egnet til å forklare det den skulle. Lisa viste altså ikke å ha utviklet denne kunnskapen ytterligere gjennom modelleringen i intervensjonen. Anders ga ingen svar angående dette i postintervjuet, og av den grunn er det usikkert om han har utviklet denne kunnskapen videre eller ikke. Forståelsen Anders og Lisa viser å ha for hvorfor modeller endres i både pre- og postintervjuene kan ligne det Schwarz et al. (2009) beskriver som en del av de lavere nivåene av metamodelleringskunnskap. Dette innebærer å ville gjøre endringer for å gjøre modellen mer detaljert eller lik virkeligheten, uten å tenke over modellens forklaringssevne (Schwarz et al., 2009). Stian i gruppe 2 viste også denne forståelsen i postintervjuet, hvor det var endringer som gjorde modellene mer realistiske han ønsket å gjøre. Anders, Lisa og Stian kan derfor ikke sies å ha utviklet seg til et høyere nivå innen denne delen av metamodelleringskunnskap gjennom intervensjonen.

I gruppe 2 er det i hovedsak kun Anine som utviklet kunnskapen om hvordan modeller utvikles. Hun viste her en lignende utvikling som deltakerne i studien til Schwarz et al. (2009). I preintervjuet fokuserte hun også på endringer som gjør modellen mer realistisk, til å i postintervjuet ville endre ut ifra videre undersøkelser av fenomenet. Hun trekker også inn et eksempel fra hva hun gjorde i intervensjonen. Her forklarer hun hvordan hun endret på

modellen etter hun fikk ny informasjon om fenomenet. Dette tilsier at slik modelleringsaktiviteten var lagt opp, hvor elevene fikk gradvis ny informasjon og gjorde egne endringer basert på dette, kan ha vært avgjørende for at hun tilegnet seg denne forståelsen.

Lars viste forståelse for at modeller kunne endres på i begge intervjuene, men koblet det ikke til at de endres hvis ny informasjon tilsier at modellen bør endres på. I preintervjuet snakket han om å gjøre endringer i sammenheng med å redigere et bilde eller video, og i postintervjuet snakket han om å gjøre endringer hvis han tegnet feil. Det kan her argumenteres for at han viser en utvikling, fordi han i preintervjuet ikke snakker om hvorfor eller når han ville ha redigert en modell. I postintervjuet der imot snakker han om endringer i forbindelse med at modellen blir tegnet feil. Denne forklaringen ligner det som ble gjort i intervusjonen, hvor de endret på modellene da ny informasjon om partikler gjorde at modellen ikke forklarte materies oppbygning riktig. Det kan bety at han i postintervjuet tenker på dette, og at han mener han ville gjøre endringer hvis modellen er feil, og ikke kun hvis han tegnet feil i forhold til slik han hadde tenkt. Å forstå at modeller endres hvis de er feil blir av Miller og Yoon (2023) beskrevet som et lavt nivå av metamodelleringskunnskap. Uavhengig av om Lars tenker på å gjøre endringer hvis modellen er feil, eller om han tegner feil i forhold til slik han hadde tenkt, så viser han altså i begge intervjuer et lavt nivå av denne kunnskapen.

Etter å ha arbeidet med modellering viser altså Espen, Oda og Anine at deres kunnskap om hvordan og hvorfor modeller endres har utvikles seg. De gikk fra å fokusere på å endre modellen til å bli mer lik virkeligheten, til å ville endre modellen hvis ny informasjon gjorde det nødvendig for at modellen skulle være riktig. Anine viste også forståelse av at egne funn kunne være en grunn til å gjøre endringer på en modell. En årsak til at flere av deltakerne ikke viste en utvikling i kunnskapen kan være at spørsmål angående dette kom i slutten av intervjuene. Dette gjelder spesielt for deltakerne i gruppe 1, hvor flere ga uttrykk for å være sultne i slutten av intervjuene. I begge grupper ble disse spørsmålene også mindre undersøkt med oppfølgingsspørsmål, fordi det allerede var gått mye tid av intervjuet når det var tid for å undersøke denne delen av metamodelleringskunnskap. Både Mats og Anders svarte heller ingenting ved spørsmål rundt dette. Av den grunn er det mulig at flere av deltakerne har utviklet mer kunnskap enn det som framkom i intervjuene.

5.4 Utvikling av metamodelleringskunnskap

I dette delkapitlet vil svarene på forskningsspørsmålene bli brukt til å besvare undersøkelsens problemstilling: *I hvilken grad kan et modelleringsbasert undervisningsopplegg i naturfag føre til utvikling av metamodelleringskunnskap hos et utvalg elever i 5. klasse?*

Besvarelsen av første forskningsspørsmål ga et svar på i hvilken grad deltakerne utviklet sin kunnskap innen delen av metamodellering som handler om *hva en modell er* gjennom intervensjonen. Flere deltakere viste forståelse for at tegninger kan være modeller i postintervjuet, noe som i liten grad kom frem i preintervjuet. Majoriteten av modelleringsaktivitetene i intervensjonen innebar å tegne modeller, og av den grunn er det sannsynlig at intervensjonen har ført til denne utviklingen. Det samme gjelder for Lars, som i postintervjuet viste forståelse for at animasjoner kan være modeller. Dette var en modelltype som ble vist i intervensjonen, noe Lars også viste at han husket. Espen, Anders og Anine gikk fra å tenke at modeller burde være mest mulig virkelighetsnære, til å etter intervensjonen forstå at dette ikke er en nødvendighet. Dette kan sies å være en utvikling mot et høyere nivå av metamodelleringskunnskap (Miller & Yoon, 2023; Schwarz et al., 2009). Anine viste størst utvikling innen denne delen, og hadde etter intervensjonen god forståelse av at modeller ikke er identiske med det naturvitenskapelige fenomenet modellen representerer, men at modeller er en forenkling av det. Undervisningsopplegget i intervensjonen har altså ført til et høyere nivå av metamodelleringskunnskap hos flere av deltakerne.

Besvarelsen av andre forskningsspørsmål ga et svar på i hvilken grad deltakerne har utviklet kunnskap innen delen av metamodellering som handler om *hensikten med modeller* gjennom intervensjonen. Lars og Lisa gikk fra å forstå modellers hensikt som å skulle vise hvordan noe så ut, til å etter intervensjonen vise forståelse for at modeller også kan brukes til å forklare andre, og som redskap for å undersøke noe. Om Lars har tilegnet seg denne forståelsen gjennom intervensjonen kan ikke sies med sikkerhet, ettersom Anine ga uttrykk for dette i preintervjuet. Av den grunn kan Lars ha lært dette av henne under intervjuet, og ikke i intervensjonen. Selv om Anine viste denne forståelsen i preintervjuet, viser hun også å ha videreutviklet forståelsen sin innen denne delen av metamodelleringskunnskap etter intervensjonen. I postintervjuet var hun i større grad innforstått med at modeller brukes til å forklare naturfaglige fenomener. Den beskrevne utviklingen hos både Lars, Lisa og Anine kan sies å være til et høyere nivå av metamodelleringskunnskap (Gogolin & Krüger, 2018; Schwarz et al., 2009). Det er av den grunn sannsynlig at modelleringsaktivitetene og

undervisningen i intervensjonen har ført til et høyere nivå av metamodelleringskunnskap hos Anine og Lisa, og muligens for Lars.

Besvarelsen av siste forskningsspørsmål ga et svar på i hvilken grad deltakerne hadde utviklet sin kunnskap innen delen av metamodelleringskunnskap som handler om *utvikling av modeller* gjennom intervensjonen. Innen denne delen var det ingen deltakere som viste forståelse for at modeller kan lages ut ifra egne undersøkelser. Espen og Oda viste en utvikling i sin forståelse av hvorfor modeller endres. Etter intervensjonen ga de uttrykk for å forstå at ny informasjon om et fenomen kan tilsi at en modell som representerer dette fenomenet ikke lenger kan forklare det. Dette viste de ikke forståelse for før intervensjonen. I preintervjuet foreslo Anine endringer som ville gjøre modellen mer virkelighetsnær. Etter intervensjonen snakket hun om de endringene hun gjorde på modellene i intervensjonen, og viste forståelse for at modeller endres ut ifra ny informasjon om det fenomenet modellen representerer. Utviklingen som kom frem hos Espen, Oda og Anine kan sies å være fra et lavt nivå, til et høyere nivå av metamodelleringskunnskap (Miller & Yoon, 2023; Schwarz et al., 2009).

Å benytte modelleringsaktiviteter i naturfagundervisningen har altså stort potensiale til å utvikle elevers metamodelleringskunnskap til et høyere nivå. Besvarelsene av forskningsspørsmålene viser også en tydelig sammenheng mellom hvilke sider av metamodellering som fikk et eksplisitt fokus i undervisningen, og hvilken kunnskap innen metamodellering deltakerne utviklet. Det vil si at de modelleringsaktivitetene som ble gjennomført i intervensjonen sannsynligvis ikke ville ført til samme utvikling av metamodelleringskunnskap, uten at lærer trakk inn ulike aspekter ved metamodellering i undervisningen. Schwarz et al. (2009) argumenterer også for at metamodelleringskunnskap bør trekkes inn i undervisning hvor elevene får erfaring med å modellere. At metamodellering har et spesielt fokus vil også være viktig for at elever skal utvikle denne kunnskapen gjennom modellering (Hubber & Tytler, 2013).

Det var også en sammenheng mellom modelleringsaktivitetene som ble gjennomført i intervensjonen og hvilken metamodelleringskunnskap deltakerne utviklet. Eksempelvis var det ingen deltakere som viste forståelse for at modeller kan lages ut ifra egne undersøkelser og kom kun med eksempler på ulike informasjonskilder da de ble spurt om hvordan modeller lages. I intervensjonen lagde elevene modeller basert på informasjon de fikk fra lærer, og ikke ved å gjøre egne undersøkelser. Om elevene også hadde fått gjøre egne undersøkelser og laget

en modell basert på resultatene, ville de sannsynligvis utviklet denne delen av metamodelleringskunnskapen i større grad. Det vil si at hvordan et modelleringsbasert undervisningsopplegg blir gjennomført vil være av betydning for elevers tilegnelse av metamodelleringskunnskap.

Enkelte deltakere viste i mindre grad å ha utviklet sin metamodelleringskunnskap gjennom intervensjonen. Det vil si at undervisningen i intervensjonen ikke har ført til utvikling av metamodelleringskunnskap hos alle deltakerne. Denne variasjonen av elevers utvikling av metamodelleringskunnskap er også sett i andre undersøkelser hvor elevene deltar i undervisning med fokus på modellering (Miller & Yoon, 2023; Schwarz et al., 2009). Ettersom alle elever er forskjellige vil det være å forvente en variasjon av læringsutbytte innad i en klasse, men det vil også kunne være nyttig å undersøke flere mulige årsaker til dette, slik at variasjonen kan reduseres. Fortus et al. (2016) argumenterer for at elever på mellomtrinn-nivå kan ha større vanskeligheter med å tilegne seg metamodelleringskunnskap, enn eldre elever på ungdoms- og videregående nivå. Uten å påstå å ha evidens for dette, stilles det spørsmål om yngre elever har de kognitive forutsetningene som kreves for å utvikle denne kunnskapen (Fortus et al., 2016). Hvis dette er tilfelle, kan det tenkes å være en av årsakene til den varierende utviklingen av metamodelleringskunnskap i denne undersøkelsen. Årsaken kan da være at de ulike deltakerne ikke har samme kognitive utvikling, og av den grunn varierende forutsetninger for å utvikle denne kunnskapen. Om intervensjonen hadde blitt gjennomført i et høyere klassetrinn ville det av den grunn kunne gitt et større læringsutbytte av metamodelleringskunnskap for alle.

Hvilken kontekst elever bruker og uttrykker metamodelleringskunnskap kan påvirke hvilket nivå av kunnskap de gir uttrykk for å ha (Krell et al., 2015). I studien til Krell et al. (2015) viste deltakerne lavest nivå av metamodelleringskunnskap da de fikk spørsmål om biologiske modeller. Da deltakerne i denne undersøkelsen ble intervjuet fikk de både generelle spørsmål om modeller, og spørsmål om konkrete modeller. Eksemplene på modeller som ble vist var av fjæra, altså i biologisk kontekst. Av den grunn vil det være mulig at deltakerne kunne vist et høyere nivå av metamodellering, hvis det hadde blitt vist modeller i kontekst av kjemi eller fysikk under intervjuene. Ettersom modellene ble vist i både pre- og postintervjuene, er det også mulig at forskjellen i hva deltakerne viste av kunnskap ikke ville vært annerledes.

6. Oppsummering

Metamodelleringskunnskap handler om å forstå hva naturvitenskapelige modeller er, hvordan de utvikles og hva de brukes til (Schwarz et al., 2009). Kunnskap om dette er sentralt for å forstå hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles (Schwarz & White, 2005). I lys av dette vil metamodelleringskunnskap være nødvendig for å nå flere kompetansemål i naturfag (Kunnskapsdepartementet, 2019). Målet med denne undersøkelsen var å få en dypere innsikt i et utvalg elever fra 5. klasse sin metamodelleringskunnskap og hvordan denne kunnskapen utvikles ved å benytte modelleringsaktiviteter i naturfagundervisningen. I undersøkelsen ble det benyttet aksjonsforskning som metode, hvor det ble gjennomført en intervensjon. Denne innebar tre undervisningsøkter med en 5. klasse, hvor temaet var materies oppbygning og modellering. I intervensjonen ble det gjennomført flere modelleringsaktiviteter, hvor elevene både lagde og videreutviklet modeller selvstendig, og sammen med andre medelever. For å undersøke elevenes metamodelleringskunnskap og hvordan den utviklet seg av å delta i intervensjonen, ble det gjennomført to gruppeintervjuer før intervensjonen og to i etterkant. Utvalget var totalt 8 elever i 5. klasse og intervjugruppene var de samme før og etter intervensjonen. For å analysere datamaterialet ble det gjennomført en tematisk innholdsanalyse av de transkriberte intervjuene. Her ble hvert intervju analysert og kodet, hvor kodene så ble delt inn i kodegrupper og temaer. Intervjuene før og etter intervensjonen ble så sammenlignet med hverandre, med hensikt om å identifisere endringene i deltakernes utsagn og svar på spørsmålene. Dette gjorde det mulig å få et innblikk i deltakernes metamodelleringskunnskap før og etter de deltok i intervensjonen, og dermed hvordan deres metamodelleringskunnskap utviklet seg av å delta i et undervisningsopplegg i naturfag med fokus på modellering.

6.1 Hovedfunn

For å besvare undersøkelsens problemstilling ble det utviklet tre forskningsspørsmål. Hensikten med spørsmålene var å undersøke deltakernes kunnskap innen hver del av metamodelleringskunnskap, basert på inndelingen til Miller og Yoon (2023). Dette innebar å undersøke deltakernes forståelse av *hva en modell er*, *hensikt med modeller* og *utvikling av modeller*, både før og etter intervensjonen. Besvarelsen av forskningsspørsmålene viste at flere deltakere har utviklet et høyere nivå av metamodelleringskunnskap etter å ha deltatt i naturfagundervisning med fokus på modellering. Utviklingen som ble funnet var at flere deltakere gikk fra å tenke at modeller burde være så like som mulig det fenomenet modellen

representerer, til å forstå at dette ikke var en nødvendighet. En av deltakerne viste også å forstå at modellens forklaringsevne er viktigere enn hvor realistisk modellen er. Flere deltakere gikk også fra å anse modeller som redskap for å vise hvordan noe så ut, til å forstå hvordan modeller også er et viktig redskap for å lære og forklare. Denne utviklingen kan sies å vise en utvikling til et høyere nivå av metamodelleringskunnskap enn det de viste i forkant av intervensjonen (Gogolin & Krüger, 2018; Schwarz et al., 2009). Undersøkelsen viste at noen av deltakerne også hadde utviklet forståelsen for hvordan modeller utvikles. De viste i postintervjuet forståelse for at hvis det kommer ny informasjon om det en modell representerer, vil det kunne være nødvendig å endre på modellen, slik at den forklarer det den skal. I preintervjuet ga flere uttrykk for at modeller kunne endres på, men uten å kunne gi noe begrunnelse. Av den grunn kan dette betraktes som en utvikling til et høyere nivå av metamodelleringskunnskap.

Undersøkelsens problemstilling var som følger: *I hvilken grad kan et modelleringsbasert undervisningsopplegg i naturfag føre til utvikling av metamodelleringskunnskap hos et utvalg elever i 5. klasse?* Ut ifra besvarelsene av forskningsspørsmålene vil det være rimelig å konkludere med at et modelleringsbasert undervisningsopplegg i naturfag kan utvikle elevers metamodelleringskunnskap til et høyere nivå. Dette er med forbehold om at metamodelleringskunnskap har et eksplisitt fokus i undervisningen. Resultatene viser en tydelig sammenheng mellom hvilke deler av metamodellering undervisningen i intervensjonen rettet fokuset mot og hvilken metamodelleringskunnskap deltakerne utviklet. Det var også flere deltakere som ikke utviklet denne kunnskapen. Av den grunn kan det også sies at et undervisningsopplegg med fokus på modellering ikke nødvendigvis utvikler alle elevers metamodelleringskunnskap.

6.2 Videre forskning

Selv om flere deltakere utviklet sin metamodelleringskunnskap til et høyere nivå etter intervensjonen, var det også flere som ikke gjorde det. Å undersøke videre hva som kjennetegner de elevene som utviklet denne kunnskapen og de som ikke gjorde det ville være interessant for videre forskning. Som Gogolin og Krüger (2018) påpeker, vil en årsak til dette kunne være at yngre elever ikke har de kognitive forutsetningene som er nødvendig for å utvikle sin metamodelleringskunnskap. Om dette stemmer, og om dette varierer blant elever i samme alder vil være interessant å undersøke nærmere. Det kan også være interessant å undersøke om det er en forskjell mellom hvor stor grad elever på barne- og mellomtrinnet og elever på ungdomstrinnet utvikler metamodelleringskunnskap ved å delta i et

undervisningsopplegg med fokus på modellering. Kanskje undervisning rettet mot å utvikle metamodelleringskunnskap bør forbeholdes eldre elever på ungdomstrinnet, slik at flest mulig har utviklet de nødvendige kognitive ferdighetene?

Et annet interessant spørsmål som har dukket opp gjennom denne undersøkelsen er om deltakerne ville ha utviklet denne kunnskapen og forståelsen uten den praktiske delen av modelleringen. Det kunne dermed vært interessant å undersøke om elevene utvikler større forståelse innen metamodellering ved å utføre praktiske modelleringsaktiviteter, eller om det vil være nok å påpeke ulike aspekter innen metamodellering i undervisningen, uten at elevene selv modellerer.

Litteraturliste

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183–198.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Ainsworth, S., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science*, 333(6046), 1096–1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>
- Anker, T. (2020). *Analyse i praksis: En håndbok for masterstudenter*. Cappelen Damm Akademisk.
- Auning, C. (2020). Modelling som proces i naturfagsundervisningen. *MONA - Matematik- og Naturfagsdidaktik*, 2020(1). <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/118889>
- Bakken, J. & Andersson-Bakken, E. (2021). Innholdsanalyse. I E. Andersson-Bakken & C. P. Dalland (Red.), *Metoder i klasseromsforskning: Forskningsdesign, datainnsamling og analyse*. (s. 305–326). Universitetsforlaget.
- Blikstad-Balas, M. & Dalland, C. P. (2021). Forskningsdesign- hva må du tenke på når du skal planlegge et forskningsprosjekt? I E. Andersson-Bakken & C. P. Dalland (Red.), *Metoder i klasseromsforskning: Forskningsdesign, datainnsamling og analyse*. (s. 21–45). Universitetsforlaget.
- Cheng, M.-F. & Lin, J.-L. (2015). Investigating the Relationship between students' views of Scientific Models and Their Development of Models. *International Journal of Science Education*, 37(15), 2453–2475. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1082671>
- Christiansen, J. L. (2020). Modeller og modellering i grundskolens naturfag. *MONA - Matematik- og Naturfagsdidaktik*, 2020(3).
<https://tidsskrift.dk/mona/article/view/121566>
- Forbes, C. T., Zangori, L. & Schwarz, C. V. (2015). Empirical validation of integrated learning performances for hydrologic phenomena: 3rd-grade students' model-driven explanation-construction. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 895–921.
<https://doi.org/10.1002/tea.21226>
- Fortus, D., Schwartz, Y. & Rosenfeld, S. (2016). High School Students' Meta-Modeling Knowledge. *Research in Science Education*, 46, 787–810.
<https://doi.org/10.1007/s11165-015-9480-z>
- Gilbert, J. K. (2010). The role of visual representations in the learning and teaching of science: An introduction. *Asia - Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1–19.

- Gogolin, S. & Krüger, D. (2018). Students' understanding of the nature and purpose of models. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(9), 1313–1338.
<https://doi.org/10.1002/tea.21453>
- Gouvea, J. & Passmore, C. (2017). 'Models of' versus 'Models for': Toward an Agent-Based Conception of Modeling in the Science Classroom. *Science & Education*, 26, 49–63.
<https://doi.org/10.1007/s11191-017-9884-4>
- Hannisdal, M. & Ringnes, V. (2021). *Kjemi for lærere: Naturfag i grunnskolelærerutdanningen 5.-10. Trinn* (3. utg.). Gyldendal.
- Haug, B. S. & Mork, S. M. (2021). *Nøkkelbegreper i utforskende arbeid*. Universitetsforlaget.
- Hubber, P. & Tytler, R. (2013). Models and Learning Science. I R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Red.), *Constructing Representations to Learn in Science* (s. 109–133). Sense Publishers.
- Jemterud, T. (Programleder). (2021, 21. mai). Forgård: Kosmisk nihilisme, Ai og Terminator [Audiopodcast-episode]. I *Abels tårn*. NRK.
https://radio.nrk.no/podkast/abels_taarn/sesong/202105/1_50d6e8a1-309a-4ce6-96e8-a1309a9ce653
- Knain, E., Fredlund, T., Furberg, A., Mathiassen, K., Remmen, K. B. & Ødegaard, M. (2017). Representing to learn in science education: Theoretical framework and analytical approaches. *Acta Didactica Norge*, 11(3). <https://doi.org/10.5617/adno.4722>
- Krell, M., Reinisch, B. & Krüger, D. (2015). Analyzing Students' Understanding of Models and Modeling Referring to the Disciplines Biology, Chemistry, and Physics. *Research in Science Education*, 45, 367–393. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9427-9>
- Kunnskapsdepartementet. (2019). *Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. Fastsett som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/lk20/nat01-04>
- Lyngsnes, K. M. & Rismark, M. (2014). *Didaktisk arbeid* (3. utg.). Gyldendal akademisk.
- Maxwell, J. A. (2012). *Qualitative research design: An interactive approach* (3. utg.). SAGE Publications Inc.
- Miller, K. M. & Yoon, S. A. (2023). Teaching complexity in biology through agent-based simulations: The relationship between students' knowledge of complex systems and metamodeling knowledge. *Frontiers in Education*, 8.
<https://doi.org/10.3389/educ.2023.1198307>
- Moen, T. (2013). Sosiokulturell teori: Vygotsky i teori og praksis. I R. Karlsdottir & I. D. Hybertsen (Red.), *Læring, utvikling, læringsmiljø. En innføring i pedagogisk psykologi*. (s. 251–268). Bokforlaget.

- Nyeng, F. (2012). *Nøkkeltbegreper i forskningsmetode og vitenskapsteori*. Fagbokforlaget.
- Oh, P. S. & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Pajchel, K., Ramton, A. M. T. S. & Sollid, P. Ø. D. (2019). Modeller og modellering i naturfag. I L. O. Voll, A. B. Øyehaug & A. Holt (Red.), *Dybdeløring i naturfag* (s. 142–170). Universitetsforlaget.
- Postholm, M. B. & Jacobsen, D. I. (2011). *Læreren med forskerblick: Innføring i vitenskapelig metode for lærerstudenter*. Høyskoleforlaget.
- Prain, V. & Tytler, R. (2012). Learning Through Constructing Representations in Science: A framework of representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2751–2773.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2011.626462>
- Ringnes, V. & Hannisdal, M. (2014). *Kjemi fagdidaktikk: Kjemi i skolen* (3. utg.). Cappelen Damm akademisk.
- Samarapungavan, A., Bryan, L. & Wills, J. (2017). Second graders' emerging particle models of matter in the context of learning through model-based inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(8), 988–1023. <https://doi.org/10.1002/tea.21394>
- Sandnes Media. (2011, 12. august). Plakat til barnerommet eller barnehagen: «Livet i fjæra». *Barnas-Ark*. <https://barnas-ark.blogspot.com/2011/08/livet-i-fjra-plakat-til-barnerommet.html>
- Saure, H. I., Bomark, N.-E. & Svendsen, M. L. (2021). Modeller i kjemiundervisning—Et eksempel på hvordan de kan bidra til læring og feillæring. *Nordic Studies in Science Education*, 17(2), 181–205. <https://doi.org/10.5617/nordina.8363>
- 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>
- Schwarz, C. V. & White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165–205.
https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302_1
- SIKT. (u.å.). *Samtykke og andre grunnlag for å behandle personopplysninger*. Hentet 12. september 2023 fra <https://sikt.no/tjenester/personverntjenester-forskning/personvernhandbok-forskning/samtykke-og-andre-behandlingsgrunnlag>

- Svenkerud, S. W. (2021). Intervjuer i klasseromsforskning. I E. Andersson-Bakken & C. P. Dalland (Red.), *Metoder i klasseromsforskning: Forskningsdesign, datainnsamling og analyse*. (s. 91–103). Universitetsforlaget.
- Tang, K.-S., Delgado, C. & Moje, E. B. (2014). An Integrative Framework for the Analysis of Multiple and Multimodal Representations for Meaning-Making in Science Education. *Science Education*, 98(2), 305–326. <https://doi.org/10.1002/sce.21099>
- Tjora, A. H. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4. utgave.). Gyldendal.
- Universitetet i Oslo. (2024, 24. januar). *Nettskjema-diktafon mobilapp*.
<https://www.uio.no/tjenester/it/adm-app/nettskjema/hjelp/diktafon.html>
- Universitetet i Oslo. (u.å.). *Sikkerhet*. Nettskjema. Hentet 12. mars 2024 fra
<https://nettskjema.no/>
- University of Colorado. (u.å.). *States of Matter: Basics*. PhET Interactive Simulations. Hentet 10. januar 2024 fra https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_all.html
- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Øgreid, A. K. (2021). Intervensjonsbegrepet i fire kvalitative forskningsdesign. I E. Andersson-Bakken & C. P. Dalland (Red.), *Metoder i klasseromsforskning: Forskningsdesign, datainnsamling og analyse*. (s. 209–237). Universitetsforlaget.
- Åkerblå. (2018). *Strandsoneundersøkelse: Lokalitet Andholmen 1 & 2 og Hjortholman* (S-M-00143). https://www.smola.kommune.no/_f/p1/ie2402dc3-10e1-4def-b720-b2f7253e2ae4/19_01070-26-vedlegg-621e-269313_1_1.PDF

Oversikt over tabeller og figurer

Tabell 1: Oversikt over symboler brukt i transkripsjon.

Tabell 2: Eksempel på koder og hvor de er hentet fra i datamaterialet

Tabell 3: Antall koder etter innledende koding

Tabell 4: Oversikt over kodegrupper fra pre- og postintervju, kodegruppens nummerering og hvilke kodegrupper som omtales som deduktive og induktive.

Tabell 5: Eksempler på enkeltkoder som har blitt slått sammen til bearbeidede koder.

Tabell 6: Antall bearbeidede koder

Tabell 7: Oversikt over temaer, tilhørende kodegrupper og forskningsspørsmål.

Figur 1: Kategorisering av modeller (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 165).

Figur 2: Modell av fjæra elevene hadde sett før (Sandnes Media, 2011).

Figur 3: Modell av fjæra elevene ikke hadde sett før (Fra læreboken Kosmos, gjengitt i

Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuguide

Vedlegg 2: Informasjonsskriv med samtykkeerklæring

Vedlegg 3: Godkjenning fra SIKT

Vedlegg 1: Intervjuguide

Modellers natur:			
Spm.	Spørsmål	Oppfølgingsspørsmål	Merknad
1	Hva er en naturfaglig modell?	1.1: Hvilke typer modeller finnes?	
2	Hva vil dere si er en god modell?	2.1: Hvis en modell er så lik det det er en modell av som mulig, er dette bra? Hvorfor, hvorfor ikke?	
3	Vise en modell de har sett før og en annen type modell som er en modell av det samme. Hvorfor finnes det ulike modeller av det samme?	3.1:	
4	Hvordan lager forskere modeller?	4.1: Hvordan vet forskerne at modellen er riktig?	
Hensikt med modeller			
Spm.	Spørsmål	Oppfølgingsspørsmål	Merknad
5	Vise samme modell som tidligere, den de har brukt før i undervisning. Hvorfor tror dere denne modellen ble brukt i undervisningen når dere hadde om dette?	5.1: Noen andre grunner til å bruke modeller i naturfag?	
6	Hvis dere jobber som forsker og ønsker å finne ut av noe, kan modeller hjelpe dere med dette?	<p>Hvis ja</p> <p>6.1: Hva kan modeller hjelpe dere med?</p> <p>6.2: Hvordan kan modeller hjelpe dere med dette.</p> <p>6.3: Kan det å <u>lage</u> modeller av det dere undersøker hjelpe dere?</p> <p><u>Hvis ja:</u></p> <p>6.3.1: Hvordan kan det hjelpe dere?</p> <p><u>Hvis nei:</u> Spm. 6.6.</p>	Viktig å ikke si at det kan hjelpe, må først vite om de tror det kan det.

		Hvis nei	<p>6.4: Hvorfor kan ikke modeller hjelpe dere?</p> <p>6.5: Vi har jo sett på noen modeller tidligere, hvorfor tror dere noen har laget disse?</p> <p>6.6: Hvis jeg sier at forskere lager modeller, hvorfor tror dere de gjør det?</p> <p>6.7: Hva kan det å lage modeller hjelpe forskere med?</p>	
Endring av modeller				
7	Vise modellen fra tidligere undervisning. Kan vi gjøre endringer på denne?	Hvis ja	<p>7.1: Hvilke endringer kunne vi gjort?</p> <p>7.2: Hvorfor kunne vi gjort disse endringene?</p> <p>7.3: Kan man endre på alle modeller eller er det noen vi ikke kan endre på?</p> <p>7.4: Hvorfor kan vi / kan vi ikke det?</p> <p>7.5: Hva skal til for å endre på en modell?</p>	
		Hvis nei	<p>7.6: Hvorfor kan vi ikke endre på denne modellen?</p> <p>7.7: Hvis vi skulle ha endret på en modell, hvorfor skulle vi ha gjort det?</p> <p>7.8: Hva skal til for å endre på en modell?</p>	

Vedlegg 2: Informasjonsskriv med samtykkeerklæring

Vil du tillate at barnet ditt deltar i forskningsprosjektet «Tegning og meta-modellering i naturfag»?

Dette er en henvendelse fra master-student Simen Fiskaa, om barnet ditt kan delta i et forskningsprosjekt, hvor formålet er å undersøke læringsutbyttet av å tegne modeller i naturfag. I dette skrivet gis det informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg og barnet ditt.

Formål med prosjektet

Prosjektet er en del av en masteroppgave i grunnskolelærerutdanning for 5-10. trinn. Målet er å undersøke hvordan tegning som arbeidsform i naturfagundervisningen kan skape forståelse for hva naturfaglige modeller er, hvorfor vi bruker dem og hvordan de lages. Hovedspørsmålet prosjektet skal forsøke å besvare er: «Hvordan bidrar tegning av modeller i en modelleringsprosess til forståelse av naturfaglige modeller og hvorfor de brukes, hos et utvalg elever i 5. klasse?». En modelleringsprosess vil si at elevene tegner modeller basert på informasjon de blir presentert for, de vurderer og diskuterer om egen og andres modell stemmer i forhold til den informasjonen de har fått, og gjør deretter endringer for at modellen skal stemme best mulig med den informasjonen de har fått. Prosessen kan gjentas flere ganger, hvor elevene da blir presentert for ny informasjon, for så å tegne en ny modell og vurdere denne.

Prosjektet går først og fremst ut på å gjennomføre et undervisningsopplegg hvor elevene deltar i slike modelleringsprosesser. Undervisningen vil bestå av tre naturfagsøkter, hvor øktene inngår som elevenes vanlige naturfagundervisning. Temaet for undervisningen er partikkelteorien og hva som skjer når et stoff går fra fast form til flytende form (f.eks. når sjokolade smelter). Dette, og kunnskap om modeller, er relevant for å nå kompetansemålene i naturfag for 5. til 7. klasse.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Hovedansvarlig for prosjektet: Universitetet i Sørøst-Norge.

Masterstudent: Simen Fiskaa

Veileder for masterstudent og ansvarlig for prosjekt: Camilla Haslekås

Kontaktinformasjon står nederst i dette skrivet.

Hvorfor får du spørsmål om barnet ditt kan delta?

Klassen har blitt valgt ut til å delta i forskningsprosjektet fordi det har blitt gjort få undersøkelser rundt temaet for prosjektet i 5. klasse. En annen grunn er at jeg har tilknytning til klassen fra før, noe som sannsynligvis gjør undervisningen som skal gjennomføres så lik en vanlig undervisningssituasjon som mulig.

Grunnen til at du som foresatt blir spurt er fordi elevene i klassen er under 16 år, hvor det da kreves tillatelse fra foresatte for at de skal kunne delta i forskningsprosjektet. Elevene vil også bli grundig informert om forskningsprosjektet og deres deltakelse er også avhengig av om de ønsker det selv. Om foresatte tillater at barnet deltar, men barnet ikke ønsker det selv, vil barnet ikke delta i prosjektet. Om barnet ønsker å delta, men foresatte ikke gir tillatelse, vil barnet heller ikke delta.

Hva innebærer det barnet ditt å delta?

At barnet ditt deltar i prosjektet, innebærer:

- Deltakelse i 2 intervjuer sammen med tre andre medelever, ett intervju før undervisningen og ett intervju etter undervisningen. Intervjuene vil ta 30-40 minutter. Intervjuene blir gjennomført av meg, Simen Fiskaa, i elevenes skoletid. Tapt undervisning på grunn av deltakelse i intervju vil bli tatt igjen på en best mulig måte på skolen.
- Deltakelse innebærer også at tegningene barnet ditt har tegnet under undervisningen blir samlet inn og analysert i etterkant.

Opplysninger som blir samlet inn ved deltakelse:

- Lydopptak fra intervjuene. Her vil elevens navn, stemme og svar på spørsmål bli samlet inn. Spørsmålene under intervjuene vil utelukkende handle om naturfaglige modeller og modellering. Foreldre som ønsker å se spørsmålene som skal stilles under intervjuene kan ta kontakt med student Simen Fiskaa. Se kontaktinformasjon lenger nede i teksten.
- Tegningene fra undervisningen.
- Lydopptaket og tegningene vil bli lagret elektronisk med passord-beskyttelse.
- Opplysningene fra tegningene og intervjuene vil ikke brukes til vurdering av elevenes faglige nivå i skolesammenheng.

De innsamlede opplysningenes formål:

- Gi et innblikk i hvilket læringsutbytte elevene sitter igjen med etter undervisningen, rettet mot kunnskap om naturfaglige modeller og modellering.
- Gi et innblikk i hva som vektlegges i tegningene og hvordan dette endres gjennom undervisningen.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du gir tillatelse til at barnet ditt deltar, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle personopplysninger om barnet vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for barnet om det ikke deltar i forskningsprosjektet. Datainnsamling fra selve undervisningen vil kun være i form av elevtegninger, og av den grunn vil barnet fortsatt delta i undervisningen, selv om det ikke deltar i prosjektet. Tegningene til de elevene som ikke deltar i prosjektet vil ikke inngå som datamateriale i forskningsprosjektet. Undervisningen som blir gjennomført er godt planlagt og basert på tidligere forskning for å gi best mulig læringsutbytte. Læringsutbyttet er som tidligere nevnt relevant for kompetansemålene i naturfag for 5. til 7. klasse.

Personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker barnets opplysninger

Opplysningene om barnet vil kun bli brukt til formålene redegjort for i dette skrivet. Opplysningene blir behandlet konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Det vil kun være student Simen Fiskaa og veileder Camilla Haslekås som har tilgang til de innsamlede opplysningene.
- For å sikre at ingen uvedkommende får tilgang til personopplysningene vil lydopptak og elevtegninger bli lagret elektronisk og passord-beskyttet på godkjent forskningsserver. Lydopptaket vil bli omgjort til tekst, hvor elevenes navn blir byttet ut med en kode. Oversikten over elevenes navn og tilhørende koder vil bli lagret adskilt fra øvrige data.
- Før tegningene fra undervisningen lagres elektronisk vil navnet til eleven bli klippet bort og erstattet med tilhørende kode.
- Det vil ikke være mulig å identifisere elevene i publikasjonen av masteroppgaven. For å sikre dette vil det i publiseringen ikke bli redegjort for hvilken skole undersøkelsen er gjort på og heller ikke hvilken tilknytning student Simen Fiskaa har til elevene som deltar i prosjektet.
- Opplysninger som blir publisert vil være anonymisert og gjort på en måte som ikke gjør det mulig å identifisere elevene.

Hva skjer med personopplysningene til barnet ditt når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes når masteroppgaven er godkjent, planlagt til å være senest 15.08.2024. Når prosjektet er avsluttet vil alle opplysninger som er samlet inn bli slettet. Dette gjelder dokumentet med skriftliggjøringen av intervjuene, lydopptak fra intervjuene og filene med elevtegningene. De fysiske elevtegningene vil også bli makulert.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om barnet ditt?

Vi behandler opplysninger om eleven/ditt barn basert på ditt og elevens samtykke.

På oppdrag fra Universitetet i Sørøst-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:

Masterstudent

Simen Fiskaa: Tlf.: 47629589

Mail: simenfiskaa@gmail.com

Veileder

Camilla Haslekås: Tlf.: 35026366

Mail: camilla.haslekas@usn.no

Personvernombud hos Universitetet i Sørøst-Norge:

Paal Are Solberg

Mail: 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

Prosjektansvarlig
Camilla Haslekås

Student
Simen Fiskaa

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Tegning og meta-modellering i naturfag*», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til at barnet mitt kan:

- delta i intervju før og etter undervisning
- delta i undersøkelse av elevtegninger fra undervisning

Jeg samtykker til at barnet mitt sine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

Navn på deltaker (barnet): _____

Signatur foresatt: _____

Vedlegg 3: Godkjenning fra SIKT



Vurdering av behandling av personopplysninger

Referansenummer

462653

Vurderingstype

Standard

Dato

06.11.2023

Tittel

Tegning og meta-modellering i naturfag

Behandlingsansvarlig institusjon

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

Prosjektansvarlig

Camilla Haslekås

Student

Simen Fiskaa

Prosjektperiode

27.11.2023 - 15.08.2024

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 15.08.2024.

Meldeskjema [↗](#)**Kommentar****OM VURDERINGEN**

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

FORELDRE SAMTYKKER FOR BARN

Prosjektet vil innhente samtykke fra foresatte til behandlingen av personopplysninger om barna.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

Det er institusjonen du er ansatt/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 oppfyller 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!