Elevers utfordringer i arbeid med matematisk modellering

Elise Indregård Petersen

Masteroppgave i matematikkdidaktikk

Matematisk institutt

Universitetet i Bergen

Juni 2021

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på min femårige lektorutdanning i naturvitenskap og matematikk ved Universitetet i Bergen. Det har vært fem fantastiske år der jeg har tilegnet med verdifull kunnskap, og samtidig fått venner for livet. Nå ser jeg frem til å begynne å undervise på fulltid og benytte meg av alt jeg har lært, men også videreutvikle meg som lærer.

Jeg ønsker å utrette en stor takk til min veileder, Johann Christoph Kirfel. Takk for svært god hjelp og lærerike samtaler. Jeg føler meg alltid klokere etter å ha snakket med deg!

Takk til gjengen bak ARGUMENT for at jeg fikk være med på prosjektet, og takk til alle elever og lærere som har bidratt.

Jeg vil også takke mine medstudenter på kull 16. Studietiden hadde ikke vært det samme uten dere! Mye godt faglig samarbeid og ikke minst det sosiale miljøet som vi har klart og beholdt alle disse fem årene.

Til slutt vil jeg takke mine nærmeste som har heiet på meg hele veien – dere er gull verdt! Og en spesiell takk til onkel Geir som alltid har gitt meg gode råd.

Elise Indregård Petersen
Juni, 2021

Sammendrag

Målet med studien var å undersøke hvilke utfordringer elevene møter i arbeid med matematisk modellering. Fokuset ligger hovedsakelig på startfasen i modelleringssyklusen, og jeg vil også belyse hvordan elevene håndterer noen av de oppståtte utfordringene.

Datamaterialet er samlet inn i forbindelse med et større prosjekt, ARGUMENT. Den primære datakilden har vært lydopptak fra en jente- og guttegruppe på 10. trinn. Opptakene er fordelt over ulike økter hvor klassen arbeidet med problemstillingen «Bør skolen investere i solceller?». En samtale med lærer har også blitt gjennomført og dette gav meg både utfyllende informasjon, og nye synspunkter.

Analysen som har blitt gjennomført er inspirert av forskningsmetoden konstruktivistisk grounded theory. Jeg har utarbeidet en tabell over elevenes hovedutfordringer og underutfordringer som oppstod i arbeidet med matematisk modellering. Studiens funn indikerer at det særlig er fem utfordringer som utmerker seg i startfasen: «det ekstra-matematiske domenet», «konkurransetenking», «utholdenhet», «matematikkunngåelse» og «oppgaveparadigmet». De ulike utfordringene vil alle ha en viktig betydning i matematisk modellering, men også innenfor matematikkfaget generelt og andre fagområder. Det er særlig to måter elevene klarer å unngå matematikken på: 1) Elevene tilkaller lærer som løser oppgaven for dem, og 2) Elevene benytter seg ukritisk av informasjon fra eksperter og nettsider. Elevene håndterer også andre utfordringer på denne måten, og særlig går lærerens topazeeffekt igjen i studien. Den tradisjonelle kommunikasjonsformen kan ses i sammenheng med oppgaveparadigmet som ligger på et overordnet plan. Selv om solcelleprosjektet åpner for en undersøkende virksomhet, viser det seg at det ikke er lett å bryte med klassens tradisjoner.

På bakgrunn av oppgavens funn foreslås det en integrert tilnærming til modellering i skolen, hvor elevene arbeider både atomistisk og holistisk med modelleringsprosessen. Videre blir lærerens veilederrolle fremhevet som en av de viktigste faktorene, men at skolen som institusjon også har et ansvar. Skolens vurderingssystem må være i tråd med opplæringen, og en mangfoldig elevgruppe må ivaretas både faglig og sosialt.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og mål med studien

Matematisk modellering er en undervisningsform som brukes på mange forskjellige måter og nivåer i skolen. Morten Blomhøj betegner matematisk modellering som den prosessen som finner sted når matematikk brukes til å beskrive, beregne eller forklare forhold utenfor matematikken (2003, s. 51). Matematisk modellering kan brukes til å løse virkelige problemer med allerede kjent matematikk, men har også potensial for å lære ny matematikk.

I løpet av min tid på lektorutdanningen ved UiB var matematisk modellering noe som vekket interesse, da det er viktig for elever at matematikk blir knyttet til deres virkelighet og hverdag. Et typisk spørsmål som særlig matematikklærere får er nemlig «Hvorfor skal vi egentlig lære dette?». Modelleringsoppgaver kan hjelpe elevene med å se nytten av matematikken, også utenfor klasserommet. I tillegg gir modelleringsprosessen rom for utforskning og nye erfaringer som kan bidra til bedre forståelse i matematikk, andre fagområder og livet ellers. Mye forskning viser dessuten at modellering vil ha en positiv påvirkning på elevers holdning og motivasjon innen matematikk (Niss & Blum, 2020).

Modellering har nylig fått en sentral plass i matematikkundervisningen og dette kan knyttes til to impulser som har oppstått. Det første er at 2000-tallet har presentert mye fagdidaktisk forskningslitteratur knyttet til modellering og mulighetene som ligger bak. Blant dette vil jeg trekke frem det danske KOM-prosjektet som blant annet har fått stor betydning for skolematematikken i Norge. Niss og Jensen (2002, s. 45) presenterer rapporten «Kompetanser og Matematikklæring», der åtte delkompetanser er inkludert og modelleringskompetansen er en av disse. Den andre impulsen er den nye læreplanen som høsten 2020 ble innført i norsk skole. Her blir den matematiske kompetansen representert gjennom seks kjerneelementer som beskriver det viktigste faginnholdet, og «modellering og anvendelser» er en av disse. I fagfornyelsen (LK20) står også dybdelæring sentralt og elevene må kunne se sammenhenger mellom fagområder, og utvikle evnen til å reflektere og tenke kritisk (Utdanningsdirektoratet, 2020a). Systematisk og tilrettelagt undervisning i matematisk modellering vil være med å bidra til at dette målet oppfylles.

Men nye muligheter medfører også nye utfordringer, og matematikkfaget har lenge vært dominert av en tradisjonell undervisning hvor *oppgaveparadigmet* legger fokus på tavleundervisning og oppgaver fra læreboken (Alrø & Skovsmose, 2004). Mellin-Olsens (1990) *oppgavediskurs* fremhever den sentrale rollen oppgaveløsning har i matematikkundervisningen der fokuset rettes mot ett riktig svar. Dette har ført til underliggende sosiale normer og forventninger til undervisningen som det kan være vanskelige å bryte med. Gjennomføring av modelleringsaktiviteter kan derfor oppleves som utfordrende for både lærer og elever som tidligere har vært vant med en tradisjonell undervisning. Med dette som bakgrunn ønsker jeg i denne studien å belyse elevers utfordringer innen matematisk modellering, slik at man som lærer lettere kan forberede seg på å støtte og hjelpe elevene best mulig.

1.2 Problemstilling

Fagfornyelsen (LK20) legger opp til en implementering av matematisk modellering i undervisningen og dette kan flere elever oppleve som utfordrende. Det finnes eksisterende rammeverk som omhandler elevers utfordringer innen matematisk modellering, men disse mener jeg er for grove. I mitt datamateriale finner jeg utfordringer som ikke blir dekket, og disse ønsker jeg å inkludere for å gi en fullstendig oversikt. Dette resulterte i problemstillingen:

Hvilke utfordringer møter elevene i arbeid med matematisk modellering?

Fokuset ligger hovedsakelig på startfasen i modelleringssyklusen, og jeg vil også se på følgende forskningsspørsmål:

Hvordan håndterer elevene noen av utfordringene som oppstår?

Elever utvikler forskjellige måter å håndtere utfordringer på, og jeg ønsker å studere hvordan dette foregår. Et større prosjekt «allmenndannende realfag gjennom utforsking med ekte og nære tall» (ARGUMENT) har gitt meg mulighet til å se nærmere på dette. Prosjektet er utviklet av forskere ved Universitetet i Bergen og Høyskolen på Vestlandet, i samarbeid med Bergen kommune (argument.uib.no). Forskjellige undervisningsopplegg har blitt utarbeidet, men jeg har fordypet meg i solcelleprosjektet.

1.3 Beskrivelse av solcelleprosjektet

For å få et innblikk i problemstillingen deltok jeg i prosjekt ARGUMENT. Siden jeg selv ikke var delaktig når undervisningsopplegget utspilte seg, synes jeg det er viktig å formidle prosjektets gang og målsetting tidlig. Den overordnet ideen til ARGUMENT er å se nærmere på hvordan elevene lærer når de arbeider med nære og ekte tall som er knyttet til samfunnsaktuelle problemstillinger (argument.uib.no). Jeg har fordypet meg solcelleprosjektet som er et tverrfaglig undervisningsopplegg i matematikk, naturfag, norsk og samfunnsfag. I solcelleprosjektet arbeider en klasse på 10. trinn med problemstillingen «Bør skolen investere i solceller?». Det er en reell problemstilling som elevene har kjennskap til gjennom miljødebatten som ofte dukker opp i media. Elevene har også kjennskap til skolens områder og på denne måten går solcelleprosjektet inn i en samfunnsaktuell kontrovers.

Som en introduksjon til temaet fikk elevene besøke bedriften ASKO som har installert solceller på taket. På denne utflukten kunne elevene stille spørsmål og få informasjon som de selv kunne ta i bruk senere i prosjektet. Undervisningsopplegget la senere til rette for at elevene fikk koble elektriske kretser og prøve ut elektrisitetsproduksjonen på små solcellepanel (argument.uib.no). Ved hjelp av plantegninger laget elevene egne forslag til prosjektering av solcelleanlegg på skolen. Arealbruk og kostander av installasjon ble også diskutert, og elevene ble oppfordret til å kontakte ulike eksperter, samt ta i bruk ulike nettsider, for å få tilgang til informasjon. Levetiden til solcellene ble videre undersøkt og en nedbetalingsplan til investeringen kunne utarbeides. Lærerne i solcelleprosjektet delte ut en oversikt over skolens gjennomsnittlige strømforbruk, og forklarte at man betaler både for overført strøm og en nettleie til leverandøren. Elevene måtte selv gjøre beregninger for å se om investeringen var nok til å spare skolens utgifter, og eventuelt finne ut hvor stor gevinst skolen kan sitte igjen med. De fikk mye frihet i solcelleprosjektet til fordeling av arbeidsoppgaver og disponering av tid.

Etter at problemstillingen hadde blitt ferdig undersøkt, skulle elevene skrive en oppsummerende argumenterende tekst. Synspunktene måtte begrunnes med argumenter hvor elevene brukte sine egne resultater fra undersøkelsene og beregningene gjort i solcelleprosjektet (argument.uib.no). Den argumenterende teksten skulle til slutt presenteres foran lærer og resten av klassen, og en summativ vurdering gis til hver gruppe.

1.4 Studiens oppbygning

Denne oppgaven er bygget opp av 6 kapitler. Innledningsvis introduserte jeg studiens bakgrunn og problemstilling, og i kapittel 2 presenteres teori om matematisk modellering og elevenes utfordringer knyttet til denne prosessen. Utfordringer knyttet til det tradisjonelle klasserommet vil også bli tatt opp.

I kapittel 3 vil det gjøres rede for de metodiske valgene som ble tatt i forbindelse med å svare på studiens problemstilling. Dette inkluderer blant annet valg av forskningsmetode og hvordan datamaterialet har blitt analysert. I tillegg blir etiske retningslinjer diskutert og det forklares hvordan jeg gikk frem for å sikre studiens kvalitet.

I kapittel 4 vil jeg presentere funn på bakgrunn av analysen. Jeg har tatt utgangspunkt i fem ulike økter hvor det vises til situasjoner der elevens utfordringer oppstår eller er tilstede. En totaloversikt over funnene vil bli gitt til slutt i en tabell, før jeg presenterer fire nye funn som kom frem i en samtale med lærer.

Det er særlig fem utfordringer som utmerker seg og disse funnene blir diskutert i kapittel 5. Funnene vil også bli drøftet opp mot relevant teori og forskning som er presentert i kapittel 2.

Masteroppgaven avrundes i kapittel 6 med en avsluttende konklusjon, der jeg svarer på oppgavens problemstilling. Her blir også studiens svakheter og begrensninger lagt frem, før jeg viser til studiens betydning og veien videre.

2 Teori

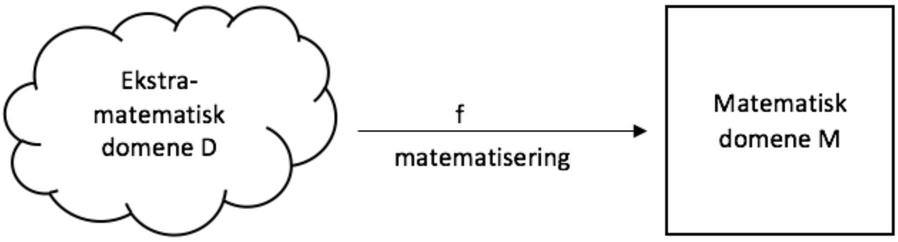
I følgende kapittel presenteres aktuell teori som har vært med på å forme denne masteroppgaven. Jeg vil starte med å legge frem hva matematisk modellering er, og deretter presentere modelleringssyklusen som har blitt tatt utgangspunkt i. Det vil også bli presentert teori om hvorfor modellering bør inngå i undervisningen, før jeg kommer nærmere inn på utfordringene som kan oppstå. Utfordringer knyttet til elevers modelleringssyklus og det tradisjonelle klasserommet vil bli vektlagt.

2.1 Matematisk modellering

Morten Blomhøj (2003, s. 51) skriver at all anvendelse av matematikk utenfor matematikken selv forutsetter en eller annen form for modelldannelse, hvor størrelser og relasjoner, som selv ikke er matematikk, modelleres ved hjelp av matematiske objekter og relasjoner. Videre betegner han matematisk modellering som den prosessen der en matematisk modell oppstilles og anvendes til å beskrive, forutsi eller foreskrive forhold utenfor matematikken (Blomhøj, 2003, s. 51).

Blomhøj definerer en matematisk modell som et forhold mellom noe matematisk (i form av matematiske ideer, objekter og relasjoner), og noe ikke-matematisk (2003, s. 53). Han viser til det enkleste eksempelet han kommer på: når en bruker et tall, ni for eksempel, representert av symbolet 9, til å beskrive et antall (Blomhøj, 2003, s. 52). En matematisk modell er altså en modell av *noe,* og dette stemmer overens med Niss og Blum (2020) sin definisjon som blir beskrevet nedenfor.

Når Mogens Niss og Werner Blum (2020) skal gi en god forståelse om hva matematisk modellering innebærer, begynner de med det mest grunnleggende: Hva er egentlig en modell? Et enkelt svar på dette spørsmålet er at en *modell* er et objekt som representerer noe annet. En modell er ment til å fange opp bare visse utvalgte egenskaper, og er dermed en simplifisert representasjon av virkeligheten. Niss og Blum poengterer at modellen sin tapte informasjon bør være av mindre betydning dersom modellen skal kunne brukes til sitt formål. En *matematisk modell* blir fremstilt som aspekter av et ekstra-matematisk domene ved hjelp av matematiske objekter, og forholdet mellom dem (Niss & Blum, 2020). Denne matematiske modellen kan illustreres på en enkel måte i figur 2.1.

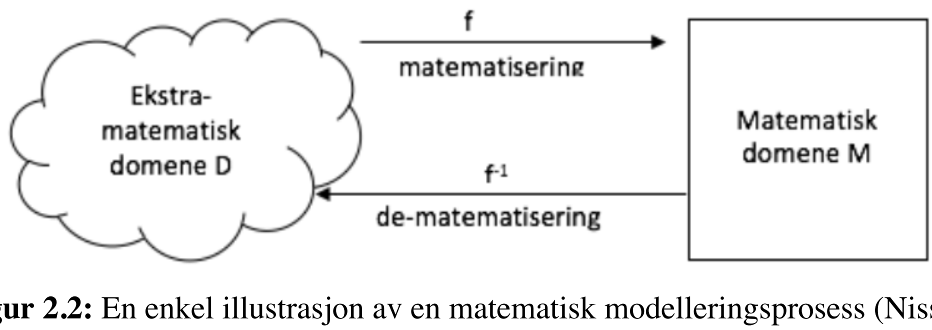


Figur 2.1: Illustrasjon av en matematisk modell (Niss & Blum, 2020)

Det ekstra-matematiske domenet D representerer den virkelige verden som er avhengig av en gitt kontekst og en situasjon. Pilen, f, fra det ekstra-matematiske domenet D til det matematiske domenet M, er det som oversetter utvalgte objekter som for eksempel relasjoner, fenomener og antagelser. Denne oversettelsen blir også kalt for å *matematisere*. I det matematiske domenet M blir matematiske overveielser, manipulasjoner og slutninger utført (Niss & Blum, 2020).

Niss og Blum (2020) forklarer at det ofte kan skje at en bare refererer til M når en snakker om matematiske modeller. De har derfor valgt å definere en matematisk modell som en trippel (D, f, M) for å tydeliggjøre at den inneholder *noe* i det ekstra-matematiske domenet, og ikke bare er en samling av matematiske objekter.

Oversettelsen, f, i figur 2.1 kan videre gå motsatt vei og det blir da omtalt som en de-matematisering, f^{-1}. En tolkning av det matematiske resultatet blir gjort i de-matematiseringen, og man må se om resultatet kan tilfredsstille betingelsene i det ekstra-matematiske domenet. Det er først når denne «matematiseringspilen» går begge veier at *matematisk modellering* oppstår, og en enkel modelleringsprosess er vist i figur 2.2.

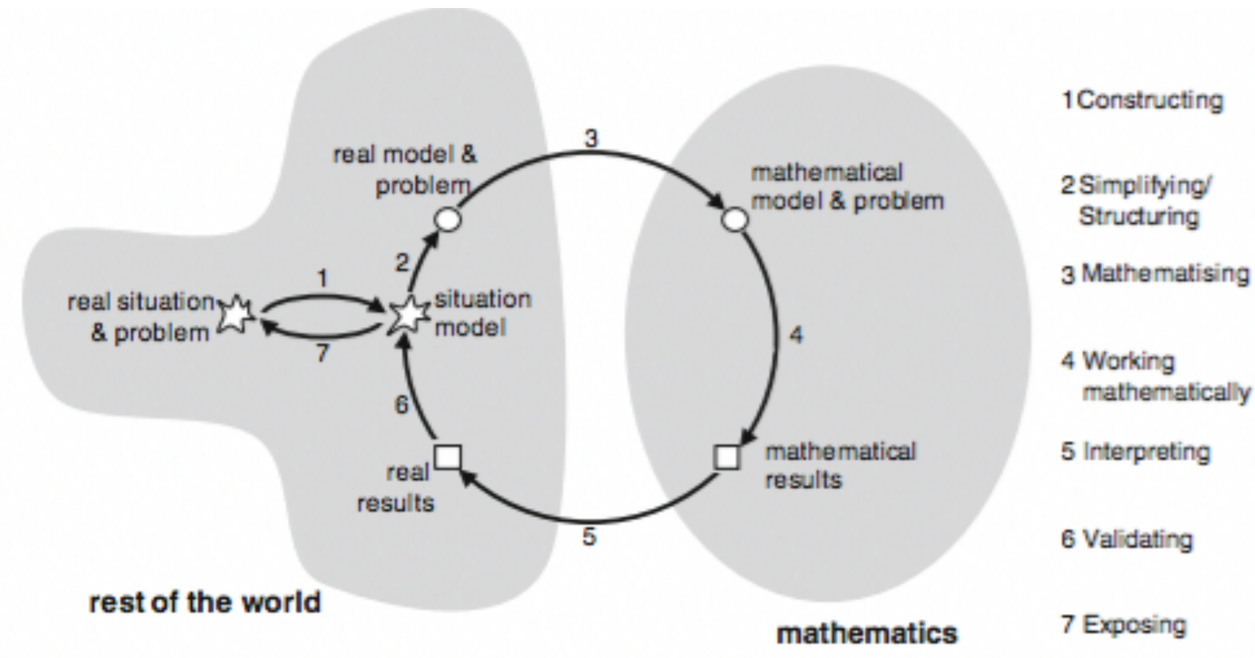


Figur 2.2: En enkel illustrasjon av en matematisk modelleringsprosess (Niss & Blum, 2020)

Matematisk modellering kan brukes til å løse virkelige problemer med allerede kjent matematikk, og denne bruken er noe den nye læreplanen vektlegger gjennom kjerneelementet «modellering og anvendelser» (Utdanningsdirektoratet, 2020a). Det er lett å oppfatte modellering innenfor dette nytteperspektivet, hvor elevene kun bruker tidligere lært matematikk og begreper. Men nye tanker og ideer kan også dukke opp underveis i arbeidet, og modelleringsoppgaver har også potensial til å lære ny matematikk (Blomhøj, 2003; Niss & Blum, 2020). Dette kan bidra til en dypere forståelse innen matematiske begreper, konsepter, resultater, metoder og teorier.

2.2 Modelleringssyklusen

Det finnes flere ulike modelleringssykluser med både likheter og forskjeller. Felles for alle er at de fremhever den prosessen som knytter matematikk og virkelighet sammen. Jeg har valgt Blum og Leiß (2007) sin *syv-stegs-modell* som vises i figur 2.3.



Figur 2.3: Syv-stegs-modellen (Blum & Leiß, 2007, s. 225)

Som navnet tilsier består denne modelleringssyklusen av syv ulike steg som er plassert i en syklus. Det er piler mellom de ulike stegene som viser at man kan komme seg fra et steg til et annet. Jeg skal nå ta for meg de ulike stegene og har valgt å basere meg på Blum (2015, s. 75-

76). Sammen med leseren går han igjennom stegene parallelt med at en modelleringsoppgave blir løst:

- Steg 1: Vi må forstå problemet fra den virkelige verden og konstruere en mental modell.
- Steg 2: Vi må simplifisere og strukturere den mentale modellen ved å gjøre antagelser. Det er viktig at antagelsene som gjøres er av mindre betydning slik at modellen fortsatt gir et forenklet, men sant, bilde av den virkelige situasjonen.
- Steg 3: Vi må konstruere en passende matematisk modell ved å *matematisere*. Dette innebærer å benytte relevante matematiske konsepter slik at vi får et matematisk problem som kan løses.
- Steg 4: Vi arbeider matematisk og får et matematisk resultat. I dette steget kan ulike matematiske verktøy bli tatt i bruk.
- Steg 5: Vi må tolke det matematiske resultatet i den virkelige verden.
- Steg 6: Vi må gjøre en validering av resultatene: Er de fornuftige? Dersom resultatet ikke er fornuftig, så kan problemet være at antagelsene gjort i steg 2 ikke er tilstrekkelige. Dette betyr at vi må gå igjennom steg 2 til 6 en gang til.
- Steg 7: Vi skriver ned hele løsningen på det virkelige problemet og modelleringsprosessen avsluttes.

Det er viktig å poengtere at modelleringsprosessen er uregelmessig og vil derfor ikke alltid være i tråd med denne ideelle syklusen. Modelleringssyklusen må ofte gjennomgås flere ganger, og man hopper frem og tilbake mellom den virkelige verden og matematikken, samt mellom de ulike stegene. Valg av modelleringsrute vil påvirkes av individuelle kunnskapsnivåer, erfaringer og preferanser slik som en individuell tenkningsstil (Niss & Blum, 2020, s. 122).

Undervisning i matematisk modellering kan utspille seg ulikt, og Niss & Blum (2020) skiller mellom to ulike tilnærminger: den *holistiske* og den *atomistiske*. I en holistisk tilnærming jobber elevene med modelleringsprosessen i sin helhet. De inkluderer all relevant informasjon i den ekstra-matematiske verdenen og ser dette i sammenheng med matematikken (Niss & Blum, 2020). Den holistiske tilnærmingen inkluderer alle stegene i modelleringssyklusen, og dette vil være nyttig med tanke på at det skaper en dypere forståelse av et virkelig problem. Den atomistiske tilnærmingen fokuserer på bare ett eller noen få steg i gangen, og vil i stedet gi en konsentrert undervisning (Niss & Blum, 2020). Dette vil være fordelaktig dersom det er for utfordrende å jobbe med hele modelleringsprosessen, og det vil også være enklere for lærer å gi tilrettelagt veiledning og støtte. Over tid vil man bevege seg ulike steder i modelleringssyklusen og ifølge Niss og Blum (2020) vil hele modelleringskompetansen også kunne oppstå ved en slik atomistisk tilnærming. Likevel vil en balanse mellom de to ulike tilnærmingene være mest effektivt for elevers læring i matematisk modellering.

2.3 Hvorfor modellering i undervisningen

I litteraturen finnes det mye forskning og begrunnelser for å inkludere modellering i undervisningen. I den didaktiske teorien om matematisk modellering presenterer Blomhøj (2006, s. 89-93) tre nytteperspektiv:

1. Det *samfunnsmessige perspektivet* handler om å se rollen som matematisk modellering har i samfunnet. I hverdagen omgir vi oss rundt matematiske modeller og det er en viktig egenskap å kunne se dette. Eksempler på slike modeller er pensjonsplaner, forsikringer og kredittkortavtaler. I den sammenheng er den kritiske dømmekraften også avgjørende for å kunne delta i de demokratiske prosessene.

2. Det *undervisningsmessige perspektivet* handler om å kunne begrunne og beskrive matematisk modellering som innhold i matematikkfaget på de ulike faglige nivåene i utdanningsløpet. Det er derfor viktig å knytte matematikken til elevenes virkelighet, slik at det ikke blir to adskilte verdener. Å se nytten av matematikken vil også bidra positivt til motivasjonen i faget. Det kan blant annet legges opp til et tverrfaglig samarbeid der tilegnelse av teorier og metoder innenfor andre fagområder blir inkludert. Blomhøj og Jensen (2003) poengterer også at modellering ikke kan læres uten øvelse. Det er med andre ord en kompetanse som ikke følger automatisk av det å lære matematikk. Modellering må derfor prioriteres i undervisningen og lærer må velge ut oppgaver og aktiviteter som bidrar til økt modelleringskompetanse for alle.

3. Det *læringsmessige perspektivet* handler om at elevene må utvikle modelleringskompetanse og at dette kan føre til en mer fruktbar tilgang til matematikkfaget. Dette vil kunne skape motivasjon for læring, og være en konkret støtte når elevene skal lære matematiske begreper og metoder. Elevenes utvikling av autonomi er en del av modelleringskompetansen da det verken finnes en gitt fremgangsmåte eller et «fasitsvar». Som lærer kan det være utfordrende å støtte elevene i dette arbeidet, og senere i dette kapittelet viser jeg til en kommunikasjonsform, topazeeffekten, som kan oppstå i slike situasjoner.

Werner Blum (2015) kommer med fire begrunnelser for å inkludere matematisk modellering i undervisningen: 1) den pragmatiske begrunnelsen, 2) den formative begrunnelsen, 3) den kulturelle begrunnelsen og 4) den psykologiske begrunnelsen. Alle disse begrunnelsene blir i mer eller mindre grad dekket i perspektivene til Blomhøj, men jeg vil utdype et par likheter og forskjeller. I det *samfunnsmessige perspektivet* til Blomhøj blir den kritiske dømmekraften vektlagt, mens dette er noe som Blum ikke viser til. De matematiske valgene som tas i en modelleringsprosess vil kunne påvirke det endelige resultatet i stor grad, og kritisk tenking som kompetanse er derfor en viktig ferdighet og et satsningsområde i norsk skole. I overordnet del av læreplanen står det at «skolen skal bidra til at elevene blir nysgjerrige og stiller spørsmål, utvikler vitenskapelig og kritisk tenkning og handler med etisk bevissthet» (Utdanningsdirektoratet, 2020b). Kritisk tenkning blir på denne måten en forutsetning for demokratisk deltakelse.

At modelleringskompetansen bare kan oppnås gjennom deltagelse i ulike modelleringsaktiviteter kommer tydeligere frem i Blum sin *formative* begrunnelse. De er begge opptatt av å knytte matematikk og virkelighet sammen, men et ytterligere moment knyttet til tverrfaglig samarbeid er noe Blomhøj legger opp til. I et tverrfaglig undervisningsopplegg kan elevene tilegne seg teorier og metoder innenfor andre fagområder i mye større grad.

2.4 Utfordringer for elevene i modelleringssyklusen

Det er flere utfordringer knyttet til implementering av matematisk modellering. Jeg ønsker å belyse utfordringene som forekommer hos elevene på hvert steg i modelleringssyklusen til Blum og Leiß (2007), men første barrieren inntreffer allerede *før* det første steget. Selve invitasjonen til å engasjere seg i oppgaven er en mulig utfordring for elevene av flere grunner.

Det kan for eksempel være at oppgaven står i strid med elevenes syn på faget, eller fordi de ikke vet hvordan de skal starte (Niss & Blum, 2020). Videre skal jeg nå gå grundigere inn på utfordringene knyttet til de syv stegene.

Første steget omhandler å forstå den gitte situasjonen og konstruere en mental modell av den. Dette kan være utfordrende med tanke på at alle elever har en særegen tolkning av oppgaven, avhengig av personlige opplevelser (Niss & Blum, 2020). I et gruppearbeid kan det derfor tenkes at denne utfordringen blir forsterket da enighet rundt konstrueringen er en forutsetning for videre arbeid. God kommunikasjon og evner til å se for seg ulike løsninger er viktige faktorer for å overkomme denne barrieren. Niss og Blum (2020) fremhever også behovet for å forstå den gitte situasjonen i henhold til det ekstra-matematiske domenet, som noe av grunnen til at dette steget er vanskelig for flere elever. Mange elever behersker matematikk bare ved å ignorere konteksten og henter ut data som kan regnes på i henhold til kjente metoder.

I det andre steget i modelleringssyklusen inngår det en simplifisering og strukturering av situasjonen, men mange elever klarer ikke å pre-matematisere på en fornuftig måte. I pre-matematiseringen må elevene redusere det ekstra-matematiske domenet slik at det bare inneholder elementer som videre skal utsettes for matematisering. Det kan være utfordrende for elever å forenkle problemet og strukturere informasjonen på en fornuftig måte. I den sammenheng introduserer Niss (2010) betydningen av *implementert forventning,* som betyr at ting må gjøres med et øye som ser fremover mot det neste steget (funnet i Niss & Blum, 2020). Hvis elevene ikke reflekterer over dette, kan det fort føre til ukjent og umedgjørlig matematikk.

Matematiseringen forekommer på det tredje steget, og elevene må oversette det virkelige problemet til matematikk. Jankvist og Niss (2019) sin studie *«Upper secondary school students' difficulties with mathematical modelling»* viser at dette er det mest utfordrende steget i modelleringsprosessen. Flere andre studier viser også til dette, blant annet rammeverket til Galbraith og Stillmann (2006) som studerer elevers blokader i modelleringsprosessen. Matematiseringen forutsetter tilstrekkelig matematisk kunnskap, samt at de første stegene har blitt gjort på en gjennomtenkt måte. Om ikke, vil modelleringsprosessen stoppe opp og elevene kommer seg ikke videre. En annen utfordring ved dette steget er at elevene ikke vet hvilken matematikk som kan brukes (Jankvist & Niss, 2019). Fremgangsmåten er ofte uklar i modelleringsoppgaver og elevene må selv bestemme hvilke relevante matematiske konsepter de skal benytte seg av. En tredje utfordring som Jankvist og Niss (2019) viser til, er at elevene velger å gjøre betraktninger basert på egen hverdag. De ser ikke matematikken og foretrekker en slags «snarvei» i modelleringssyklusen, der matematikken blir valgt bort. En slik matematikkunngåelse er problematisk fordi det kan føre til at oppgaven mister sin hensikt.

I følge tidligere forskning er selve matematiseringen den avgjørende delen av modelleringssyklusen, men Niss og Blum (2020, s. 24) fremhever et paradoks: *«in order to undertake mathematisation, you already have to be able to undertake mathematisation!»*. Den som skal utføre matematiseringen må altså besitte matematiske konsepter, teorier og metoder allerede *før* steget har blitt utført. Denne kognitive fremstillingen av modelleringsprosessen er imidlertid en analytisk rekonstruksjon av hva som prinsipielt må skje, og ikke nødvendigvis det som skjer i praksis (Niss & Blum, 2020, s. 25).

Det fjerde steget handler om det matematiske arbeidet som elevene utfører for å komme frem til et matematisk resultat. Hovedutfordringen i dette steget vil være å tenke ut en strategi som leder til en løsning på det matematiske spørsmålet en har stilt seg (Niss & Blum, 2020). En vurdering rundt ulike representasjoner kan være til hjelp for å finne den mest gunstige løsningen.

Det femte steget omhandler en tolkning av det matematiske resultatet i den virkelige verden. Dette steget blir gjerne ikke sett på som utfordrende i seg selv, men heller noe som elevene ofte glemmer siden de tror de er ferdige (Niss & Blum, 2020). Validering av resultatet er det sjette steget som elevene ofte lar være å gjennomføre fordi det blir sett på som lærerens ansvar. Dette kan ses i sammenheng med den *didaktiske kontrakten* mellom lærer og elever, som skal utgreies i delkapittel 2.5.1. Det siste steget i modelleringssyklusen er å presentere løsningen på det virkelige problemet. Utfordringene blir gjerne knyttet til den utvalgte måten å presentere løsningen på.

2.5 Utfordringer knyttet til det tradisjonelle klasserommet

En tradisjonell matematikktime kjennetegnes gjerne ved at lærer starter å presentere nye matematiske temaer og fremgangsmåter. Presentasjonen ligner gjerne på det som står i læreboken. Resten av timen jobber elevene selvstendig med utvalgte oppgaver, og vanligvis kan oppgavene løses ved å bruke de allerede presenterte teknikkene (Alrø & Skovsmose, 2004, s. 45). Mens elevene jobber, går lærer rundt og kontrollerer om de svarer riktig. Alrø og Skovsmose (2004) kaller en slik tradisjonell matematikkundervisning for *oppgaveparadigmet*.

Oppgaveparadigmet har en stor påvirkning på organiseringen av undervisningen, kommunikasjonsformen mellom lærer og elev og rollen matematikk har i samfunnet (Alrø & Skovsmose, 2004, s. 45).

Skovsmose (2003) viser til at en matematikkundervisning som er strukturert etter oppgaveparadigmet føyer seg inn under Mellin-Olsens (1990) *oppgavediskurs*. Ifølge Mellin-Olsen er oppgavediskursen *«et språk og en praksis som læreren utøver, med tilknytning til institusjonen, i vårt tilfelle skolen, og til matematikkundervisningens tradisjon»* (1990, s. 47). Oppgaveregning er den sentrale aktiviteten og bestemte oppgaver må besvares korrekt. Dette kan forårsake at elevene utvikler en fasitfokusering, og evnen til å produsere riktig svar blir viktigere enn å utvikle en dyptgående matematisk forståelse (Mellin-Olsen, 1990). Det kan være avgjørende å utfordre oppgavetradisjonen og åpne for nye læringsmuligheter og kommunikasjonsformer, selv om det vil medføre uforutsigbarhet (Alrø & Skovsmose, 2004).

Som et alternativ til oppgaveparadigmet, blir *undersøkelseslandskapet* introdusert av Skovsmose (2003). Undersøkelseslandskapet i matematikk er kjennetegnet med at både lærer og elever har en spørrende og utforskende holdning. Å befinne seg i et undersøkelseslandskap vil være uforutsigbart, og man kan ikke på forhånd planlegge hvilke matematiske fenomen som skal undersøkes (Alrø & Skovsmose, 2004). Elevenes engasjement er viktig og Alrø og Skovsmose (2004) understreker at elevene må godta lærerens invitasjon til å delta i undersøkelsene. En slik utforskende virksomhet er prosessorientert, ettersom det først og fremst handler om læringen som skjer underveis i prosessen. Dette er i motsetning til tradisjonell målorientert undervisning der fokuset har vært på det rette svaret (Skott, Jess & Hansen, 2016, s. 28).

På samme måte som undersøkelseslandskapet, vil også modelleringsoppgaver bryte med den tradisjonelle undervisningen. Matematisk modellering vil derimot være mer målrettet og bestå av klare mål. Samtidig vil elevene få mulighet til å være aktive og undersøke en problemstilling. Endringen fra tradisjonell undervisning og over til en mer utforskende virksomhet vil ta tid og medføre utfordringer. Man trenger ikke å se på denne endringen som et brudd med lærerens eksisterende praksis, men noe som kan vokse ut av den. Av Hmelo-Silver et al. (2007) blir lærerens rolle sett på som en forutsetning for hvor hensiktsmessig arbeidsmåten er for elevenes læring. Det er derfor viktig at lærere får tid og rom til å reflektere over sin praksis, dersom modelleringskompetansen skal få vokse frem i undervisningen.

Matematikkfaget er preget av underliggende sosiale normer og forventninger som lenge har vært dominert av oppgaveparadigmet. Den *didaktiske kontrakt* og *topazeeffekten* er to komplekse utfordringer, begge utviklet av Brousseau (1997), som kan ses i sammenheng med tradisjonell undervisning i matematikk.

2.5.1 Didaktisk kontrakt

Lærer og elever har forskjellige roller i et klasserom som er bygget opp av ulike forventninger. Forventningene til lærer og elever er gjerne ulike, og man er avhengig av et samspill for at undervisningen skal gjennomføres. Guy Brousseau utviklet på 80-tallet begrepet *didaktisk kontrakt* som beskriver de forventninger og krav som dukker opp mellom lærer og elever i kjente undervisningssituasjoner (Blomhøj, 1994). Den didaktiske kontrakten blir bygget opp over tid og er sterkt preget av institusjonelle rammer som for eksempel læreplaner og eksamen, men også av den enkelte lærer sin forståelse av faget (Blomhøj, 1994). Den didaktiske kontrakten vil derfor være ulik fra lærer til lærer, og fra klasserom til klasserom.

I en tradisjonell matematikkundervisning har den didaktiske kontrakten lenge stått sterkt. Dette har bidratt til klare rammer hvor både lærer og elever har følt seg trygge (Niss & Blum 2020). Oppgavene som elevene har fått tildelt har i følge den didaktiske kontrakten vært preget av at:

1) de skal kunne løses på under ti minutter,
2) de inneholder bare nødvendig data,
3) de har en unik løsning,
4) konteksten må raskt fjernes slik det blir mulig å finne det matematiske problemet som lærer ønsker svar på,
5) lærer kontrollerer løsningen og sier ifra dersom noe er feil (Niss & Blum, 2020, s. 96).

Gjennom slike matematikkoppgaver klarer ikke elevene å tilegne seg den kunnskapen som er nødvendig i dagens samfunn. Elevene løser oppgaver basert på lærerens forventning, og ikke fordi de skal tilegne seg ny kunnskap. Matematikkundervisningen bygger også opp om troen på at autoriteter har utformet oppgaven og at løsningsmetoden er bestemt på forhånd. En slik tradisjonell undervisning vil ikke klare å leve opp til de målene som er satt for fagfornyelsen, hvor dybdelæring står sentralt og elever skal reflektere og tenke kritisk (Utdanningsdirektoratet, 2020a). Modellering som undervisningsform vil kunne oppleves som et brudd på den didaktiske kontrakten, og trolig bryte med flere av de fem punktene som nevnt ovenfor. Innføring av modelleringsoppgaver vil by på utfordringer for både lærer og elever, og disse må håndteres riktig dersom modelleringskompetansen skal finne sted.

2.5.2 Topazeeffekten

En kommunikasjonsform som kan knyttes til det tradisjonelle klasserommet er topazeffekten beskrevet av Brousseau (1997). Navnet kommer fra Marcel Pagnols satiriske komedie *Topaze* fra 1928 (Strømskag, 2020). Topaze er læreren som hjelper en svak elev i rettskriving. Når eleven møter på vanskeligheter med å stave et ord, avslører læreren mer og mer om hvordan ordet skal skrives. På denne måten kan eleven til slutt skrive ordet, uten å selv kunne stave det (Strømskag, 2020, s. 56).

Brousseau påpeker at topazeeffekten beskriver situasjoner hvor læreren: *«simplifies her task so that the student obtains the correct answer by a trivial reading of the teachers question and not by an authentic mathematical activity specific to the proposed structure»* (Brousseau, 1997, s. 271). Topazeeffekten kjennetegnes altså av at lærer simplifiserer oppgaven og leder eleven frem til svaret. Selv om eleven kommer frem til riktig svar, har kommunikasjonsformen redusert læringspotensialet til oppgaven. Brousseau (1997) fremhever at kunnskapen som elevene trenger for å finne svaret i verste fall kan forsvinne helt. Novotná og Hošpesová (2007) støtter dette ved å påpeke at de intellektuelle kravene til en oppgave minker når topazeeffekten benyttes.

Topazeeffekt er en konsekvens av den didaktiske kontrakten som har oppstått i klasserommet, og det hele kan betraktes som et didaktisk spill hvor premien er at elevene lærer (Strømskag, 2020). I frykt for å ikke oppfylle sin del av kontrakten, vil lærer prøve å unngå at elevene tar feil. På denne måten kan lærer bli fristet til å redusere oppgavens krav, og ulike former for topazeeffekt har blitt identifisert. I studien til Novotná og Hošpesová (2007, s. 29) blir eksplisitt topazeeffekt blant annet uttrykt når lærer gir en beskrivelse av stegene som forventes å følge, stiller spørsmål relatert til bestemte løsningsprosedyrer, advarer om mulige feil eller viser til tidligere oppgaver som ligner. Et eksempel på en slik advarsel kan være at lærer sier: «Oi, her må du tenke deg om». Den implisitte formen for støtte blir beskrevet ved at lærer omformulerer oppgaven, bruker signalord, avslører starten av svaret eller betviler korrektheten til svaret (Novotná & Hošpesová, 2007, s. 29). Et eksempel på et signalord kan være at lærer vektlegger et spesielt ord i oppgaveteksten. Når lærer betviler korrektheten til svaret er dette et hint til eleven om at noe er galt. Lærer kan også stille spørsmålet: «Er du sikker?», noe som trolig indikerer en feil.

Traktkommunikasjon, eller traktmønster, er også en kommunikasjonsform som er preget av topazeeffekten (Brousseau, 1984, funnet i Skott et al., 2016, s. 270). Traktkommunikasjonen tar gjerne utgangspunkt i det opprinnelige opplegget, og lærer starter gjerne med å stille et åpent spørsmål. Dersom eleven ikke responderer riktig, kan lærer velge å snevre inn spørsmålene mer og mer. Til slutt blir oppgaven så enkel at det ikke er mulig å svare feil, eller så kan samtalen avsluttes med at lærer selv sier svaret. Uansett utfall vil oppgaven tømmes for læringspotensial, og elevene vil sitte igjen med mindre eierskap og forståelse knyttet til oppgaven (Skott et al., 2016). Steinbring (1998) mener at forpliktelsen ved at enhver matematikktime skal nå bestemte mål, kan være med på å skape dette traktmønsteret.

I studien til Novotná og Hošpesová (2007) fant de ut at en hyppig bruk av topazeeffekt kan knyttes til lærerens tanker om matematikkundervisningen. Dersom lærerens forestilling er at suksess i matematikk kommer av repeterte gjennomførelser av lignende prosedyrer, kan lærer tenke at en slik støtte er nødvendig. En slik type undervisning kan flyte fint i et klasserom, men Novotná og Hošpesová påpeker at prisen for hyppig bruk av topazeeffekt er høy:

> *Students lose self-confidence and are only seemingly active. They rely on the teachers help, mistake is understood as transgression. Students routinely repeat the learned process, often without understanding. They do not attempt to find their own suitable solving strategies.* (Novotná & Hošpesová, 2007, s. 31)

I dette sitatet kommer elevens utfordringer, knyttet til topazeeffekten, til syne. Novotná og Hošpesová sier at elevene kan miste selvtilliten i matematikk og at deres arbeid er kun basert på rutiner, og ikke forståelse. Når dette inntreffer kan læringsprosessen betraktes som mislykket, og over tid har Steinbring (1998) observert at elevene blir mindre selvstendige og avhengige av lærerens hjelp.

2.6 Oppsummering teori

Dette kapittelet har hatt som formål å skape en felles forståelse rundt hva matematisk modellering er og hvorfor det bør inkluderes i undervisningen. Modelleringssyklusen til Blum & Leiß (2007) har blitt presentert, og i tillegg har jeg gått dypere inn på elevers utfordringer knyttet til hvert steg. Matematisk modellering kan være en undervisningsform som bryter med klassens eksisterende sosiale normer og forventninger, og jeg har derfor vist til teori som omhandler den didaktiske kontrakt og topazeeffekten.

3 Metode

I dette kapittelet vil det gjøres rede for de metodiske valgene som ble tatt i forbindelse med å svare på problemstillingen: *Hvilke utfordringer møter elevene i arbeid med matematisk modellering?* Jeg har valgt en kvalitativ kasusstudie som forskningsmetode og i det følgende vil jeg begrunne hvorfor jeg mener denne tilnærmingen er best egnet. Videre blir studiens kontekst presentert, før jeg belyser hvordan datainnsamlingen har foregått. De etiske retningslinjene diskuteres og det blir reflektert rundt min rolle i forskningsprosessen. Deretter skal jeg forklare hvordan analysearbeidet ble gjennomført med utgangspunkt i konstruktivistisk grounded theory. Til slutt i kapitelet vil jeg ta opp hva jeg har gjort for å sikre studiens kvalitet.

3.1 En kvalitativ metode

Det er vanlig at forskning skiller mellom kvalitative og kvantitative tilnærminger. Enkelt sagt kan man si at den kvantitative metoden er opptatt av å telle opp fenomener og kartlegge utbredelse, mens den kvalitative metoden sier noe om kvalitet eller spesielle kjennetegn ved det fenomenet som studeres (Johannessen et al., 2016). Kvalitativ og kvantitativ forskning kan derfor betraktes som komplementære metoder med ulikt fokus på dybde og bredde. Kvalitativ forskning innebærer å utforske menneskelige prosesser eller problemer i en virkelig setting, og Creswell (1998) fremhever at forskeren må være åpen for det deltakerne gjør og sier, og videre løfte deres perspektiver frem (funnet i Postholm, 2010).

Jeg benyttet en kvalitativ metode da målet med studien var å fange opp kompleksiteten og helheten av de utfordringene om elevene står ovenfor i modelleringsprosessen (Postholm, 2010). Kvalitative studier ble skapt ut fra ønsket om å forstå «den andre» (Denzin & Lincoln, 1994, funnet i Postholm, 2010), og jeg ønsker å forstå hvilke utfordringer elevene møter i arbeid med matematisk modellering. Det finnes flere rammeverk fra før, som blant annet Niss og Blum (2020) og Jankvist og Niss (2019) som ble diskutert i kapittel 2, men disse rammeverkene mener jeg er for grove. I mitt datamateriale finner jeg kategorier som ikke blir dekket og disse ønsker jeg å inkludere for å gi en fullstendig oversikt over de utfordringene som elever møter i en modelleringsprosess.

Den kvalitative forskningsprosessen fokuserer på deltakerens perspektiv og dette perspektivet kan aldri være helt fastlagt på forhånd. Ved å bruke en induktiv tilnærming går forskeren inn i prosessen med et åpent sinn og tar hensyn til situasjonelle betingelser (Postholm, 2010). På den andre siden har man en deduktiv tilnærming til forskningsfeltet, noe som innebærer at forskeren vet hva han eller hun skal se etter, og har opparbeidet seg et teoretisk grunnlag. I denne oppgaven forgår det en interaksjon mellom deduksjon og induksjon. Noen utfordringer kan bekreftes, andre avkreftes, samtidig dukker det opp nye utfordringer underveis som må bringes inn i forskningsarbeidet (Postholm, 2010).

3.1.1 Kasusstudie

Innenfor kvalitativ metode presenterer Postholm (2010) tre ulike tilnærminger. Disse tre tilnærmingene er fenomenologi, etnografi og kasusstudie. Det er i form av den siste varianten jeg har gjennomført i studien av en klasse på 10. trinn som arbeider med et modelleringsprosjekt. En kvalitativ kasusstudie blir definert som et «bundet system» som både er tids- og stedbundet (Postholm, 2010). Modelleringsprosjektet på skolen er akkurat et slikt bundet system, men som igjen har blitt avgrenset da jeg kun analyserer lydopptak til to grupper i denne klassen.

Kasusstudier kan være beskrivende og tolkende på samme tid. I beskrivelsene er deltakernes perspektiv fremtredende, og hensikten med tolkingen er å illustrere, støtte, utfordre og utvikle eksisterende teori (Postholm, 2010). Slike studier er nyttige når man mangler teori eller når den eksisterende teorien er mangelfull. Som nevnt tidligere så hevder jeg at de eksisterende rammeverkene for elevers utfordringer innen matematisk modellering ikke er tilstrekkelige, og derfor er en kasusstudie valgt.

3.2 Kontekst

Prosjektet ARGUMENT ble gjennomført høsten 2019, og var avsluttet før min forskningsprosess startet. Et råmateriale i form av lydopptak har imidlertid blitt valgt ut, hvor en klasse på 10. trinn arbeider med problemstillingen: «Bør skolen investere i solceller?». Opptakene er fordelt over ulike økter, og jeg har selv transkribert datamaterialet.

Solcelleprosjektet gikk over tre uker og omtrent 20 skoletimer ble brukt. I løpet av denne tiden fikk elevene blant annet besøke solcelleanlegget hos ASKO, koble solceller inn i en elektrisk krets for å gjøre egne målinger og kontakte ulike eksperter, samt ta i bruk ulike nettsider, for å få tilgang til informasjon. I forbindelse med investeringen av solcellene ble det økonomiske perspektivet vektlagt, og elevene ønskte å finne ut om investeringen var lønnsom for skolen, eller ikke. Dette økonomiske perspektivet skjulte for synspunkter innen miljø- og samfunnsnytte, selv om dette også ble nevnt underveis. Elevene beregnet skolens takareal ved hjelp av plantegninger og kostander ble diskutert. Undervisningsopplegget til ARGUMENT la grunnlag for at elevene kunne ta i bruk matematikk for å beskrive virkeligheten ved hjelp av ekte data, og derfor kan dette arbeidet betraktes som matematisk modellering. Sluttproduktet ble en argumenterende tekst, og elevene skulle holde en presentasjon fremfor lærer, professorene og resten av klassen.

3.3 Utvalg og datainnsamling

Ettersom jeg ville studere hvilke utfordringer elevene står ovenfor i en modelleringsprosess, passet den aktuelle 10. klassen utmerket bra av ulike grunner. Det fremkommer fra samtale med lærer, se delkapittel 4.9, at elevene hadde få erfaringer med matematisk modellering fordi slike oppgaver ikke hadde blitt prioritert i undervisningen. Jeg betraktet derfor sannsynligheten som stor for at utfordringer kunne oppstå underveis i solcelleprosjektet. Av personlige grunner er det også interessant for meg, som fremtidig matematikk- og fysikklærer, å se hvilke utfordringer elever med liten modelleringserfaring står ovenfor. Siden modellering nylig har blitt inkludert i fagfornyelsen vil det nok i tiden fremover være stor variasjon i elevenes modelleringskompetanse, og dette må man som lærer ta hensyn til.

Jeg observerte en jente- og guttegruppe som besto av fire elever på hver gruppe. Dette antallet med informanter mener jeg er tilstrekkelig med tanke på den kvalitative metoden som er valgt for min problemstilling. Et for høyt antall informanter kan gi større risiko for dårligere vitenskapelig kvalitet, og jeg vil ikke kunne beskrive enkeltsituasjonene like bra (Hovland et al., 2009). Siden datainnsamlingen har foregått som en del av prosjektet ARGUMENT, ble det tilsendt relevante og rike data fra flere av øktene, som jeg selv har transkribert. Dette gav meg gode muligheter til å danne et helhetlig bilde av undervisningsopplegget og videre identifisere de viktigste karakteristika rundt utfordringene som utspilte seg.

Et essensielt trekk for en kasusstudie er at tilstrekkelig data blir samlet inn, slik at man som forsker gjøres i stand til å utforske viktige trekk og tolke det som blir studert (Postholm, 2010,

s. 53). Det er derfor tatt i bruk flere ulike informasjonskilder studien, men den primære datakilden har vært lydopptak. I lydopptakene blir både ordbruk, tonefall, pauser og liknende registrert (Kvale & Brinkmann, 2015). Siden jeg ikke deltok personlig i situasjonene som utspilte seg, har dette vært verdifullt da man igjen og igjen kan gå tilbake og lytte på lydopptakene. Et intervju med lærer over Zoom har også blitt gjennomført og dette gav meg utfyllende informasjon, samt nye synspunkter. Et semistrukturert intervju er en fleksibel måte å innhente informasjon på, samtidig som at det er rom for informantens egne innslag (Kvale & Brinkmann, 2015). Etter intervjuet laget jeg en oversikt over innholdet og fire funn blir presentert senere i delkapittel 4.9. Supplerende informasjon som videoopptak, plantegninger, lærerveiledninger, uformelle samtaler med én av de involverte professorene, bilder av gruppene som arbeider og sluttproduktet; den argumenterende teksten, har også blitt tatt i bruk. Dette har bidratt med utfyllende informasjon, samt bekreftelse av den forståelsen som er skapt gjennom lydopptakene.

Det er til slutt viktig å nevne at den utvalgte klassen har tidligere erfaringer med prosjekt ARGUMENT, i 9. trinn, selv om de da jobbet med en annen problemstilling. Jeg kan dermed ikke si at de er vant med video- og lydopptak, men jeg opplevde at hverken elevene eller lærer lot seg påvirke av dette. Situasjonene virker ikke kunstige, selv om elevene en gang i blant snakker og tuller med lydopptakeren.

3.4 Etiske betraktninger

Når en forsker på mennesker er det viktig å sikre personvern og det finnes flere etiske betraktninger som en må forholde seg til. Siden mitt forskningsprosjekt er en del av prosjektet ARGUMENT, ble det sendt inn felles søknad til Norsk Senter for Forskningsdata (NSD) i forbindelse med innsamling og håndtering av data. Søknaden ble godkjent og prosjektet har fulgt NSD sine retningslinjer.

Kvale og Brinkmann (2015) trekker frem fire områder som forskere tradisjonelt bruker å overveie innen kvalitativ forskning: *informert samtykke*, *fortrolighet*, *konsekvenser* og *forskerens rolle*. I det følgende vil jeg redegjøre for disse fire områdene og forklare hva som har blitt gjort underveis.

3.4.1 Informert samtykke

I ethvert forskningsprosjekt ligger prinsippet om informert samtykke. Dette sikrer at deltakerne deltar frivillig og er så godt informert som overhodet mulig om hensikten med forskningen (Nilssen, 2012). Det er nødvendig med samtykke fra foreldre når barn opp til 15 år skal delta i forskningen. Siden solcelleprosjektet omhandler en klasse på 10. trinn har både elever og foresatte signert et samtykkeskjema. I samtykkeskjemaet ble det informert om hva solcelleprosjektet gikk ut på og hva det skal brukes til, og elevene var frie til å trekke seg fra forskningen når som helst.

3.4.2 Fortrolighet

Et annet etisk hensyn er fortrolighet, eller konfidensialitet, som refererer til enigheten med deltakerne om hva som skal gjøres med data som blir et resultat av deres deltakelse (Kaiser, 2012, funnet i Kvale & Brinkmann, 2015). Dette innebærer ofte å anonymisere deltakerne slik at de ikke kan bli identifisert og sporet tilbake til. I denne studien har jeg anonymisert alle navn på elever, lærer og professorer. Opplysninger rundt lokasjon og navn på skole har jeg også valgt å holde tilbake. Elevene ble godt ivaretatt gjennom informasjon og alle lydopptak, videoer og transkripsjoner har blitt lagret på en trygg måte. Når forskingen er fullført, skal filene slettes permanent.

3.4.3 Konsekvenser

I en kvalitativ undersøkelse må en også forholde seg til konsekvensene for deltagelse i forskningen. Kvale og Brinkmann (2015) fremhever både mulige skader som kan påføres deltakerne og de fordeler som kan forventes. Det poengteres at summen av potensielle fordeler for deltakerne og betydningen av den oppnådde kunnskap skal veie tyngre enn risikoen for å skade deltakerne, og dermed gjøre det berettiget å gjennomføre undersøkelsen (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 107). Det er forskerens ansvar å reflektere over mulige konsekvenser og slik det fremkommer i beskrivelsen av studien, har ingen involverte blitt utsatt for en risiko.

3.5.4 Forskerens rolle

Forskerens rolle og integritet blir tatt opp i Kvale og Brinkmann (2015, s. 108) som avgjørende for den vitenskapelige kunnskapen og de etiske beslutningene som treffes i den kvalitative forskningen. Det blir kalt for et *usikkerhetsområde* som rommer en spenning mellom profesjonell distanse og personlige vennskap (Kvale & Brinkmann, 2015). I denne studien blir ikke dette etiske dilemmaet relevant, siden jeg ikke var til stede i klasserommet da undervisningsopplegget utspilte seg. Dette var fordi opplegget og datainnsamlingen ble gjennomført høsten 2019, altså før min forskningsprosess startet. Likevel er det viktig at en som forsker tenker over sin rolle som observatør, og i den sammenheng er det naturlig å se nærmere på Raymond Gold (1958) sine ulike observatørroller: «fullstendig deltaker», «deltaker som observatør», «observatør som deltaker» og «fullstendig observatør» (funnet i Postholm & Jacobsen, 2011). Siden jeg fikk tilsendt datamateriale fra prosjekt ARGUMENT, gav dette meg rollen som *fullstendig observatør*. En fullstendig observatør deltar ikke i situasjonen, men observerer fra sidelinjen.

Det er både fordeler og ulemper med en slik rolle som kvalitativ forsker. Når det kommer til å samle inn nøyaktig informasjon kan rollen som fullstendig observatør være fordelaktig. Personlig har jeg ingen innflytelse på prosessen og dataene som har blitt samlet inn, og dette kan styrke studiens troverdighet. Det blir også høy kvalitet i observasjonene da jeg ikke trenger å konsentrere meg om andre oppgaver i forskningsprosessen. På den andre siden ser Postholm (2010) på datainnsamling og dataanalyse som gjentatte dynamiske prosesser. Det kan derfor ses på som en ulempe at jeg ikke fikk være til stede på forskningsfeltet, fordi jeg mister en del av denne analysen.

Til tross for at jeg ikke kunne være tilstede under datainnsamlingsperioden, vil jeg likevel hevde at jeg som forsker har hatt en aktiv rolle i studien. Ved å hente inn supplerende informasjon, som nevnt i delkapittel 3.3, prøver jeg å kompensere for tapet. Utvalgte undervisningssituasjoner har jeg selv transkribert, og uavhengig av prosjektet ARGUMENT har jeg selv stått for den videre databehandlingen og analysen.

3.5 Databehandling og analyse

Jeg har valgt en kvalitativ metode for å analysere det innsamlede datamaterialet, fordi en slik metode gjør at man kan uttale seg spesifikt om sosiale mønster innenfor et avgrenset område (Johannessen et al., 2016). Jeg analyserer lydopptak fra en ren jente- og guttegruppe og det er læreren selv som har delt de inn. I samtale med lærer sier han at gruppene er satt sammen basert på hvordan elevene fungerer best i lag, både med tanke på trivsel og læring.

I tabell 3.1 er en oversikt over de ulike øktene som er brukt i studien. Navnet på øktene er gitt ut i fra undervisningens hovedinnhold. I koblingsøkten og skriveøkten har jeg lydopptak fra både jente- og guttegruppen, mens i resten av øktene har jeg opptak fra den ene gruppen. Lydopptakene til de ulike øktene er fordelt over to uker og utgjør tilsammen cirka 235 minutter.

Tabell 3.1: Oversikt over de ulike øktene

	Navn på økt	Forkortelse	Grupper
1.	Koblingsøkten	Kob.	Jente- og guttegruppen
2.	Skriveøkten	Skr.	Jente- og guttegruppen
3.	Regneøkten	Reg.	Jentegruppen
4.	Informasjonsinnhentingsøkten	Inf.	Jentegruppen
5.	Diskusjonsøkten	Dis.	Guttegruppen

Jeg vil i det følgende presentere hvordan jeg har gått frem for å behandle og analysere rådataene fra prosjektet ARGUMENT. Jeg forklarer prosessen stegvis, selv om stegene trolig har gått noe i hverandre.

3.5.1 Transkripsjon av lydopptak

Transkripsjoner definerer Kvale og Brinkmann (2015) som oversettelser fra talespråk til skriftspråk. Jeg transkriberte alt som ble sagt av både elever, lærer og professorer i alle øktene for å bevare det muntlige språket. Dette innebærer både sosialt snakk, pauser, latter og uttrykk som for eksempel «ehm» og «mhm». All denne informasjonen gjør imidlertid transkripsjonen til en tidkrevende prosess, men en sitter igjen med et godt innblikk om hva som fant sted i klasserommet under solcelleprosjektet. Ulik tegnsetting og koder benyttes i transkriberingen og oversikten over dette blir gitt senere, se tabell 4.2.

Kvale og Brinkmann (2015, s. 205) påpeker at lydopptak innebærer en første abstraksjon fra personens fysiske tilstedeværelse, og at dette medfører tap av kroppsspråk som for eksempel kroppsholdning og gester. Lydopptakene fra ARGUMENT ble mitt første møte med datamaterialet, og jeg brukte lang tid til å bli kjent med konteksten og de ulike stemmene. Videoopptak ble brukt som supplerende informasjon dersom jeg trengte et ansikt på personene for å klare å skille stemmene. Siden navnene skulle anonymiseres bruke jeg en kode med kjønn og tall. Et eksempel på dette er at [J1] står for «Jente nummer 1» i jentegruppen. Videre blir det brukt [L] for lærer og [P] for professorene fra universitetet og høyskolen.

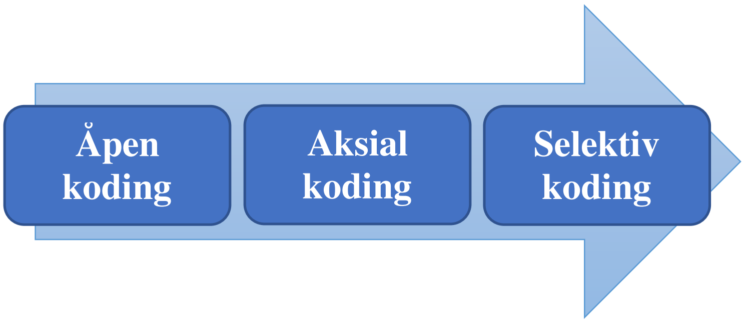
Transkripsjoner vil aldri bli helt nøyaktige og Kvale og Brinkmann (2015) omtaler det som svekkende, dekontekstualiserte gjengivelser. Både stemmeleie, intonasjon og åndedrett går tapt, og i tillegg vil forskerens tolkning påvirke transkripsjonen. Likevel er det verdifullt at materialet struktureres i tekstform da det gir en bedre oversikt, og samtidig er en del av analyseprosessen (Kvale & Brinkmann, 2015). Forskeren bør derfor transkribere selv og Nilssen (2012) sier at tidsaspektet er den eneste grunnen til å vurdere noe annet. Det kan også veie opp for at jeg selv ikke innhentet datamaterialet. Under transkriberingen dukket det opp flere ideer til koding og kategorisering.

3.5.2 Koding og kategorisering

I selve analysearbeidet ble jeg inspirert av forskningsmetoden konstruktivistisk grounded theory som kan benyttes for å gi en grundig beskrivelse av et bestemt fenomen (Johannessen et al., 2016). Dette ble gjort fordi jeg mener at eksisterende rammeverk og kategorisystemer som omhandler elevers utfordringer innen matematisk modellering er for grove. I mitt datamateriale finner jeg utfordringer som ikke blir dekket, og disse ønsker jeg å inkludere for å gi en fullstendig oversikt.

Grounded theory sin analysemetode er anerkjent innenfor det kvalitative forskningsparadigmet og har fått en stor utbredelse i dagens samfunnsforskning. Klassisk grounded theory ble utviklet av Barney G. Glaser og Anselm L. Strauss og bygger på boken *«The Discovery of Grounded Theory»* som de utgav i 1967. Hovedideen bak forskningsmetoden er å utvikle nye teoretiske ideer som har basis i datamaterialet, og dette innebærer at forskeren bruker en fullstendig induktiv tilnærming (Nilssen, 2012). Betydningen av en rent induktiv tilnærming ble etter hvert omdiskutert og det finnes i dag flere retninger utgått fra klassisk grounded theory. Jeg har tatt i bruk den konstruktivistiske varianten hvor Kathy Charmaz regnes for å være opphavskvinnen. Det konstruktivistiske synet mener at kunnskap ikke er gitt, men er noe som kan konstrueres i møte mellom mennesker i sosial samhandling (Postholm, 2010). Charmaz (2014) mener derfor at en fullstendig induktiv tilnærming ikke er mulig, og at forskerens forforståelse og tidligere erfaringer vil påvirke resultatet. Hun anbefaler derfor forskeren å se på sin tolkning og sitt perspektiv som ett av flere alternativ, fordi det ikke finnes bare én sannhet (Charmaz, 2014, s. 132).

Til tross for dette så bygger den konstruktivistiske varianten på mange av de samme grunnprinsipippene som Glaser og Strauss presenterte i 1967. De tre ulike kodefasene som er involvert vises i figur 3.1: *åpen koding, aksial koding* og *selektiv koding*. I dette delkapittelet vil jeg ta for meg de ulike fasene, selv om det ikke er et skarpt skille mellom dem, og forklare hvordan jeg gikk frem for å kode og kategorisere utfordringene som oppsto blant elevene.



Figur 3.1: De tre stadiene i kodingsprosessen

Åpen koding handler om at forsker setter navn på, eller koder fenomener og ytringer gjennom en intens og nøye gjennomgang av data (Nilssen, 2012). I denne studien ble transkripsjonene lastet ned på programvaren NVivo som hjelper både med innsamling, strukturering og analysering av data. Sitat og avsnitt ble plassert under ulike koder, og målet var å få et rikt og oversiktlig material. Underveis i denne prosessen kunne jeg se hvilke setninger eller dialoger som ble knyttet til hver kode og på denne måten kontrollere egen kodingspraksis. Det ble stadig oppdaget nye koder, noe som gjorde at jeg måtte gjennomgå transkripsjonene på ny. Memoskriving er også noe dataprogrammet NVivo tilbyr og dette ble brukt til å kommentere de ulike kodene og til å se sammenhenger. Dette bidro til å utvikle tanker om teoretiske tolkningsbegreper, og ble på denne måten et redskap som støttet analysens fremdrift (Nilssen, 2012).

Gjennom den aksiale kodingen måtte kodene grupperes i kategorier som så ut til å dekke de samme fenomenene. Jeg lette i denne delen etter sammenhenger og gikk over til penn og papir da dette støtter de kreative evnene bedre. Kategoriutviklingen var preget av en bevegelse mellom teori og empiri, da en fullstendig induktiv tilnærming ikke var mulig (Charmaz, 2014). Teorien fra Blum og Leiß (2007) sin *syv-stegs-modell* la grunnlaget for kategorien «matematisk modellering», men i tillegg ble det laget andre kategorier som jeg selv satte navn på. Ulike modeller ble utprøvd gjennom den aksiale kodingen, men valget falt til slutt på en tabell med ulik inndeling. Tabellen viser hvordan hovedutfordringene relateres til en eller flere underutfordringer og blir vist til senere i oppgaven, se tabell 4.1.

Siste fasen i den kvalitative forskningsmetoden grounded theory er den selektive kodingen og det er her forsker prøver å finne selve kjernekategorien. Kjernekategorien representerer forskningens hovedanliggende og er ifølge Glaser (2011) det grounded theory handler om (funnet i Nilssen, 2012). Denne fasen blir ikke vektlagt i min studie fordi problemstillingen ønsker en forståelse av situasjonene hvor elevers utfordringer oppstår, fremfor en teoriutvikling. Analysen har derfor ikke benyttet metoden konstruktivistisk grounded theory eksakt, men heller benyttet de delene som har virket relevante for studien.

3.5.3 Opptelling

I analysearbeidet har jeg også gjennomført en opptelling for å slå fast utfordringens hyppighet, og samtidig få en innsikt i elevenes forskjellige måter å håndtere utfordringene på. Opptellingen skaper et klarere bilde av elevenes situasjon og i tillegg kan man studere hvilke typer utfordringer som forekommer i de ulike øktene: *koblingsøkten, skriveøkten, regneøkten, informasjonsinnhentingsøkten* og *diskusjonsøkten*.

Jeg valgte å markere opptellingen ulikt fordi jeg skiller mellom hvordan elevenes utfordringer blir, eller ikke blir, løst. Elevenes utfordringer som *ikke* blir løst markeres med en «I», mens elevenes utfordringer som blir *løst* markeres med en «L». Utfordringene som løses kan for eksempel komme av at lærer eller medelever gir tilstrekkelig med hjelp og støtte. Jeg studerer om utfordringene blir løst utover den gitte dialogen, men ikke på tvers av ulike økter. I tillegg registreres det utfordringer der lærer hjelper for *mye*, og dette kan springe ut av lærerens høye ønske om at elevene skal svare riktig. Jeg skiller ikke mellom lærer og professorene i opptellingen, da alle voksenpersonene fungerer som en lærer i klasserommet.

Lærerne var mye tilstede for å støtte elevene når utfordringene oppsto, og ofte kunne dette føre til at de gav for *mye* hjelp. Dette kan knyttes til topazeffekten beskrevet av Brousseau (1997), og kjennetegnes ved at lærer reduserer kompleksiteten på elevenes oppgave gjennom hint og omformuleringer. Både implisitt og eksplisitt topazeeffekt, samt traktkommunikasjon, forekommer og er en utfordring som i verste tilfelle kan tømme oppgaven for kunnskap og potensiell læring. I analysen vil derfor elevenes utfordringer der lærer hjelper for *mye*, registreres med en «T». En oversikt over de ulike markeringene er vist i tabell 3.2.

Tabell 3.2: Viser de ulike markeringene under opptellingen av utfordringene

Elevenes utfordring som *ikke* blir løst	I
Elevenes utfordring som blir *løst*	L
Elevenes utfordring som lærer hjelper for *mye* med	T

En kan videre spørre om topazeeffekten gjør at utfordringen blir løst eller ikke. Dette kan ikke avklares fullstendig i denne studien, men siden topazeeffekten gjør at elevene får en enklere oppgave enn det som egentlig var utgangspunktet, blir den opprinnelige utfordringen *ikke* løst. Topazeeffekten skaper imidlertid en fremdrift som gjør at elevene lettere kommer frem til riktig svar, og iblant kan dette være nyttig for å unngå at elevene gir opp i møte med utfordringer.

3.6 Studiens kvalitet

En kvalitativ metode er valgt for min analyse da målet var å fange opp kompleksiteten og helheten av de utfordringene som elevene står ovenfor i en modelleringsprosess. Viktige indikatorer på god kvalitet er *relabilitet*, *validitet* og det å se på *generaliserbarheten*. I det følgende vil jeg redegjøre for dette slik at studiens kvalitet kan vurderes.

3.6.1 Reliabilitet

Ifølge Kvale og Brinkmann (2015, s. 276) handler reliabilitet om konsistens og troverdighet i forskningsresultatene. De skriver at reliabilitet handler om hvorvidt resultatet kan reproduseres på andre tidspunkter av andre forskere. Forskerens interaksjon med datamaterialet bør blant annet drøftes i sammenheng med transkriberingen og analysen som er utført. Creswell (2007) poengterer at forskere som bruker en kvalitativ metode aldri kan bli objektiv eller fri for verdier. Nilssen (2012) skriver at det er bortkastet tid å eliminere denne «forskereffekten» da den verken kan eller skal unngås. Forskeren må heller konsentrere seg om å utforske egen subjektivitet og identifisere den, samt gi gode beskrivelser av den brukte metoden.

Med lydopptak som utgangspunkt for datamateriale innebærer dette ifølge Kvale og Brinkmann (2015) en første abstraksjon fra personens fysiske tilstedeværelse. I tillegg utelukker lydopptak mer detaljerte skildringer av arbeidsprosessene som for eksempel når elevene gjorde utregninger på papir eller brukte pc-en. De tilsendte videoopptakene fra prosjekt ARGUMENT er ikke tilstrekkelige for å gi meg en innsikt i disse arbeidsprosessene og dette er en faktor som svekker troverdigheten til studien. På den andre siden kan det hende at videoopptakene hadde påvirket elevenes arbeid og væremåte, da flere videokamera gjør seg mer bemerket i klasserommet. Fortolkningselementet i transkripsjonene er også noe som kan bli påvirket av personen som transkriberer. Dette kan skyldes dårlig kvalitet på opptakene og at man hører feil, eller at man setter punktum eller komma ulikt (Kvale & Brinkmann, 2015). I min studie transkriberte jeg lydopptak med god kvalitet, men likevel oppstod det tilfeller hvor ord ble utydelige. Dette ble markert i transkripsjonene med tre prikker, se tabell 4.2.

I analysearbeidet tok jeg utgangspunkt i forskningsmetoden konstruktivistisk grounded theory. Koding og kategorisering, i tillegg til navnsetting på disse, er elementer som påvirkes av forskerens subjektivitet. Dette kan man se igjen i studien hvor jeg tar i bruk Blum og Leiß (2007) sine syv steg i modelleringssyklusen, mens resten har blitt formet av egne ord og uttrykk. Hovedfokuset i analyseprosessen var at mine forutinntatte ideer rundt elevers utfordringer ikke skulle påvirke forskningen, og at datamaterialet skulle tale for seg selv. Andre forskere hadde trolig kommet frem til andre koder og kategorier, men det viktigste er at forskningsmetoden formidler studiens hovedanliggende.

Det finnes ulike prosedyrer som kan tas i bruk for å kvalitetssikre studien og øke troverdigheten. Denne studien har tatt i bruk triangulering, som innebærer at forsker anvender ulike datakilder og datainnsamlingsstrategier (Postholm, 2010). I min studie er lydopptak hovedkilden, men i tillegg har jeg gjennomført et intervju med læreren. Intervju er den vanligste metoden for innsamling av data i et kvalitativt forskningsprosjekt og er hensiktsmessig dersom en søker forståelse fra andres perspektiv (Kvale & Brinkmann, 2015). Samtalen med lærer bidro med utfyllende informasjon, samt nye synspunkter. En oversikt over innholdet blir presentert senere i oppgaven, se kapittel 4.9.

3.6.2 Validitet og generaliserbarhet

Validitet kan defineres som styrken og gyldigheten i et utsagn (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 357). I kvalitativ forskning handler validitet om hvorvidt en metode er egnet til å undersøke det den skal. Cohen et al. (2011, s. 179) sier at det er umulig å oppnå hundre prosent gyldighet, men at det er fornuftig å studere ulike skalaer. De skiller videre mellom indre og ekstern validitet. Indre validitet handler om i hvilken grad funnene kan opprettholdes av studien sitt datamateriale (Cohen et al., 2011). For å sikre indre validitet i studien ble det gjennomført en samtale med lærer. I tillegg samarbeidet jeg med både veileder og medstudenter når usikkerheter rundt kategoriseringen oppsto. Dette blir gjort fordi det ikke var ønskelig å «presse» utfordringer inn i kategorier basert på mine forventninger og min teoribakgrunn.

Ekstern, eller indre, validitet kan forklares som grad av generaliserbarhet og Kvale og Brinkmann (2015) stiller spørsmål om resultatene er av lokal interesse eller om de kan overføres til andre situasjoner. Generaliserbarhet handler altså om forskningens relevans kan gå utover det undersøkte utvalget. Ifølge Flyvbjerg (2010) blir det påstått at kasusstudier bare kan brukes til å generere hypoteser, at det er vanskelig å utvikle generell teori på grunnlag av kasusstudier og at generalisering på grunnlag av et enkelt kasus er umulig. Dette mener han er kritikk og misforståelser rundt kasusstudier, og tar et oppgjør med det i artikkelen *«Five misunderstandings about case-study research»* (Flyvbjerg, 2010). Kasusstudier gir mulighet til å studere fenomen i sine naturlige omgivelser. Det er derfor viktig å dokumentere brukte data og metoder slik at det lettere kan overføres til andre sitasjoner (Postholm, 2010). Begrepet «tykke beskrivelser» er kjent fra Geertz (1973) som beskriver menneskelig atferd på en slik måte at atferden blir meningsfull for utenforstående. Ved bruk av slike «tykke beskrivelser» kan man følge analysen som er forankret i data, og på denne måten blir resultatene mer troverdige. Dette har blitt vektlagt i min analyse, som er beskrevet i kapittel 4, da hver situasjon etterfølges av en analyse som utdyper de observerte utfordringene.

Jeg vil presisere at det ikke er sikkert at de samme utfordringene vil forekomme i et annet klasserom, eller i det samme klasserommet ved et senere tidspunkt. Det blir derfor ikke snakk om en direkte overføring av mine funn, men en tilpasning med utgangspunkt i beskrivelsen som er lest (Postholm, 2010). Dette kaller Stake og Trumbull (1982) for *naturalistisk generalisering* og det blir opp til hver enkelt leser å vurdere om mine funn kan overføres til hans eller hennes situasjon.

4 Funn og analyse

I dette kapittelet vil jeg presentere funn som kan hjelpe med å svare på problemstillingen: *Hvilke utfordringer møter elevene i arbeid med matematisk modellering?* Jeg studerer hovedsakelig startfasen i modelleringssyklusen, og ønsker også å belyse hvordan elevene håndterer noen av de oppståtte utfordringene. Ulike kategorier og opptellinger tas i bruk for å analysere datamaterialet, og jeg vil vise til noen situasjoner innen hver økt. En totaloversikt over funnene vil bli gitt til slutt i en tabell, før jeg presenterer fire nye funn som kommer frem fra samtale med lærer.

4.1 Tabell over elevers utfordringer

Analysen som ble gjennomført var inspirert av forskningsmetoden konstruktivistisk grounded theory. Etter å ha utarbeidet kategorier i den aksiale kodingen, kunne alle hovedutfordringene og underutfordringene presenteres systematisk i en tabell. Tabellen er vist på neste side, tabell 4.1, og man ser hvordan hovedutfordringene relateres til en eller flere underutfordringer. Med unntak av Blum og Leiß (2007) sine syv steg i modelleringssyklusen, har jeg selv satt navn på kategoriene.

Tabell 4.1: Hovedutfordringene og underutfordringene som ble benyttet i analysen. Utfordringene som er generert fra Blum og Leiß (2007) sine syv steg er stjernemerket.

Hovedutfordring	**Underutfordring**
Praktiske problem	• Koble elektrisk krets • SPARKvue
Teori i naturfag	• Energi og bærekraft • Strømnettet sin infrastruktur • Naturfaglige begrep
SI-systemet	• Måleenhet og prefiks
Undervisningsopplegget	• Oppstart • Solcelleanlegget ASKO • Valg av løsningsstrategi

Matematisk modellering	• Informasjonsinnhenting ∗ 1. Konstruere ∗ 2. Simplifisere/strukturere ∗ 3. Matematisere ∗ 4. Arbeide matematisk ∗ 5. Tolke ∗ 6. Validere ∗ 7. Presentere
Konkurransetenking	• Summativ vurdering • Informasjonsdeling
Utenomfaglig aktivitet	• Distraksjoner • Sosialt snakk

For å kunne utføre modelleringsprosessen i solcelleprosjektet krevde det at elevene hadde en god del kunnskap innen naturfag, både praktisk og teoretisk. *Praktiske problem* knyttes til kobling av elektriske kretser, og SPARKvue er en programvare fra PASCO Scientific som gjør at målinger kan presenteres direkte som grafer. Trådløse sensorer kan kobles til smarttelefon og i dette solcelleprosjektet kunne elevene få frem grafer til både strøm, spenning og effekt. Kategorien som omhandler *teori i naturfag* består av underutfordringen «energi og bærekraft» som blir brukt for å spesifisere blant annet energilagring, energikvalitet og en bærekraftig energiproduksjon. Strømnettet sin infrastruktur er en separert kategori som viser til hvordan energien transporteres helt hjem. Arbeid med begreper er grunnleggende i naturfag og en viktig del av å forstå fagets innhold. Naturfaglige begreper blir derfor satt som en egen underutfordring og eksempler på slike begreper er strøm og spenning. Kjennskap til *SI-systemet* med måleenheter og prefikser ble også en forutsetning som solcelleprosjektet la opp til. Siden målenheter og prefikser kan knyttes til både teori i naturfag og matematikk, velger jeg å beholde det som en egen hovedutfordring.

Undervisningsopplegget sin åpne struktur gjør at elevene får mye fritt spillerom. Dette kan føre til at elevene ikke vet hvordan de skal starte på oppgaven, og utfordringen «oppstart» inntreffer. Uklarheter knyttet til besøket hos solcelleanlegget ASKO er også en utfordring som undervisningsopplegget medbringer. Elevene får mulighet til å velge mellom flere løsningsstrategier, og det er mye som kan påvirke dette valget. Det er ikke gitt at elevene velger en løsningsstrategi innen matematisk modellering, og elevene vil kunne la seg friste av den enkleste utveien. Valg av løsningsstrategi er derfor en utfordring som knyttes til undervisningsopplegget.

Blum og Leiß (2007) sine syv steg i modelleringssyklusen er stjernemerket og settes under kategorien *matematisk modellering*. Disse syv stegene ble diskutert i teoridelen, se delkapittel 2.2, så går ikke videre inn på dem her. Informasjonsinnhenting ble en viktig del av modelleringsprosessen som prosjekt ARGUMENT la til rette for, og det medførte utfordringer knyttet til anskaffelse av nødvendig og relevant informasjon, samt eksperthjelp. Dette kan knyttes til Blum og Leiß sitt første steg, konstruere, da det handler om å konstruere en mental modell. Likevel skiller informasjonsinnhentingen seg fra dette steget, da den byr på flere utfordringer som kommer ulikt til uttrykk. Et eksempel på en slik type utfordring kan være å forstå solcellekalkulatorens ulike valgmuligheter. Praktiske utfordringer som å finne ut hvem de skal ringe, er også utfordringer som knyttes til informasjonsinnhentingen. Jeg mener derfor at det er hensiktsmessig å beholde informasjonsinnhenting som en egen underutfordring, knyttet til matematisk modellering.

Hovedutfordringen *konkurransetenking* relateres til både summativ vurdering og informasjonsdeling. Summativ vurdering er den formelle tilbakemeldingen som gis etter at arbeidet er avsluttet (Kompetanse Norge, 2019). Det er en generell observasjon at en slik vurdering ofte blir tatt seriøst hos de fleste elever. Informasjonsdeling kan i utgangspunktet gi assosiasjoner til samarbeid, inspirasjon, engasjement og glede, men dette var ikke tilfelle i solcelleprosjektet. Informasjonsdelingen blir i denne studien knyttet til konkurransetenking og i de fleste tilfellene førte dette til krangling, hemmelighold, utestenging og sabotasjer. Konkurransetenking er imidlertid en utfordring som en vanlig skoledag vil kunne by på uavhengig av undervisningsopplegg. I tillegg vil *utenomfaglige aktiviteter* mest sannsynlig oppstå i ethvert klasserom, og jeg velger videre å splitte kategorien opp i «distraksjoner» og «sosialt snakk». Dette var forventede utfordringer med tanke på at skolen er en sosial arena og spesielt i et gruppearbeid kan elever bli fristet til å snakke om andre ting som opptar dem. I analysen vil det sosiale snakket ikke bli vektlagt, men ved hjelp av NVivo vil det bli oppgitt en prosentandel fra transkripsjonene som helhet i tabell 4.8.1.

4.2 Øktene sin oppbygging

Jeg har tatt utgangspunkt i de fem ulike øktene som ble presentert i tabell 3.1: *Koblingsøkten*, *skriveøkten*, *regneøkten*, *informasjonsinnhentingsøkten* og *diskusjonsøkten*. En generell oppbygging av de ulike øktene blir som følger:

Jeg starter med å beskrive målsettingen og forutsetningene for økten, og videre viser jeg til noen situasjoner knyttet til den aktuelle økten. Hver situasjon blir kodet med <underutfordring, opptelling> der en utfordring oppstår eller er tilstede. Et eksempel på dette kan være <matematisere, T> som betyr at underutfordringen er matematisering og at lærer hjelper elevene for *mye* med utfordringen. En slik lærerstøtte knyttes til topazeeffekten og markeres derfor med «T». Flere slike koder kan forekomme i samme dialog og en dobbeltkoding, altså to utfordringer på samme tid, finnes det også tilfeller av. Etter hver situasjon kommer en analyse og en tabell som viser funnene som fant sted i den gitte dialogen. En oppsummering av øktens hovedinnhold kommer på slutten av hver økt. I delkapittel 4.8 blir det vist til en totaloversikt over alle funnene fra de nevnte situasjonene, sammen med resten av datamaterialet som har blitt analysert ved hjelp av NVivo.

I det følgende vil jeg vise til transkriberte dialoger som inneholder tegnsettinger og ulike markeringer. En oversikt over dette er vist i tabell 4.2.

Tabell 4.2: Oversikt over tegnsettinger og markeringer i dialogene

TEGNSETTINGER OG MARKERINGER	FORKLARING
–	Tankestrek betyr en kort pause i et sekund eller to, eller at elevene stopper å snakke midt i en setning.
– –	To tankestreker betyr en lengre pause på mer enn 2-3 sekunder.
…	Tre prikker betyr ord som en ikke hører godt nok.
/	Når en person avbryter en annen person slik at denne slutter å snakke og den som avbryter overtar.
[ORD]	Representerer klargjørende informasjon.
(ORD)	Beskrivelse av situasjonen. For eksempel kroppsspråk.
<UNDERUTFORDRING, OPPTELLING>	Kode for egen tolkning av det som skjer. Jentegruppen markeres i rød og guttegruppen i grønn.

4.3 Koblingsøkten

Målsetting: Elevene skulle i denne økten måle solcellenes strøm og spenning, og i tillegg skulle de bruke SPARKvue for å presentere målingene som grafer. Elevene måtte laste ned appen på smarttelefonen sin og koble seg til sensor gjennom Bluetooth.

Forutsetning: En forutsetning for denne økten er at elevene har forståelse og erfaringer knyttet til elektriske kretser og naturfaglige begreper innen elektrisitetslære. Lærer tar bare en rask felles repetisjon i starten av økten som varer i underkant av fem minutter. I denne repetisjonen blir voltmeter, amperemeter, lysdioder, seriekobling og parallellkobling nevnt.

<u>SITUASJON Kob.1:</u>

Professor (P) hjelper jentene (J1, J2 og J3) med praktiske problem i forhold til appen SPARKvue. Professor har tidligere i samtalen hjulpet jentene med å laste ned appen, koble til Bluetooth med riktig nummer og endret innstillingen slik at grafen for strøm har kommet opp på skjermen. I denne situasjonen studerer professor og jentene strømmens graf.

Dialog 4.3.1 *I denne dialogen har jentene en utfordring knyttet til det å konstruere en mental modell av problemet. Siden utfordringen ikke blir løst, markeres dette med en «I». Et praktisk problem med appen SPARKvue er også en utfordring der lærer hjelper for mye. Denne lærerstøtten knyttes til topazeeffekten og markeres derfor med en «T».*

	Ytring	**Kode**
J3	Jeg skjønte ikke hvor lyset kom fra.	<Konstruere, I>
P	Gikk den ned? Hvorfor det?	
J1	Jeg vet ikke, jeg skjønner ikke.	
J2	Fordi [J3] holdt hånden sin på i sted.	
J3	Ja, jeg tror den bare går litt etter/	
J2	Den er litt etter tiden.	
P	Nå gikk den opp igjen.	
J3	Ja, men den henger litt etter.	
J1	Hva er opp og hva er ned?	
P	Vet dere hva jeg tror? Den er plassert feil vei og da får du negativt istedenfor positivt. Det er egentlig ikke feil, bare et skifte på dem. Bare prøv å skifte på dem. Se om den blir positiv da – Sann - Og så prøver vi med lyset igjen - nå kommer lyset her da. [Professor gjør koblingen]	<SPARKvue, T>

J3 P J3 P	Ja ja, det går helt fint. Sånn at dere er klar over det - Ser dere det? Den var rett, bare negativ, sant? Kan jeg ta på skygge nå? Vinklinger kan dere prøve, hvis man tar imot den, blir den bedre da - Ser du? – Ikke noe spesielt er det. Eller hvis dere bruker lampen på mobiltelefonen, kanskje det er bedre? [Professor går]	

Analyse:

I denne situasjonen studerer jentene og professor grafen til strømmen. Professor prøver å aktivisere jentene til å tolke grafen ved å stille det utforskende spørsmålet «Gikk den ned? Hvorfor det?». Dialogen viser at jentene har vanskeligheter med å konstruere en mental modell av problemet. De skjønner verken hva det er som påvirker strømmens graf eller hvorfor grafen ser ut som den gjør. Professor velger å forklare at det trengs et polskifte siden grafen viser motsatt, altså negativt fremfor positivt. Videre løser professor dette praktiske problemet slik at jentene får sett den riktige grafen på SPARKvue. Dette blir betraktet som eksplisitt topazeeffekt ettersom professor utfører koblingen av SPARKvue, og beskriver hvordan det skal gjøres. Lærer forenkler oppgaven til jentene og noe av læringspotensialet blir borte. Dialogen viser at professor er foran jentene i tankegangen fordi J1 har ennå ikke har skjønt hva som er opp og ned på grafen. Kanskje hadde det vært best å avvente polskifte til jentene faktisk så verdien av det. På den andre siden så bidrar lærerens hjelp til å sikre jentenes fremdrift slik at de kommer seg videre i arbeidet.

Tabell 4.3.1 – Oppsummering av funn fra situasjon Kob.1

Utfordringer i koblingsøkten	***Opptelling***
Praktisk problem	
• SPARKvue	T
Matematisk modellering	
• Konstruere	I

SITUASJON Kob.2:

Jentegruppen står ved vinduet for å teste ut hvilke strømverdier de kan få av sollyset. J1 leser av verdiene som kommer opp på grafen til resten av jentene.

Dialog 4.3.2 *Jentene har utfordringer med å strukturere informasjonen fra SPARKvue og måleenheter blir ikke brukt. Siden utfordringene ikke blir løst markeres dette med «I».*

	Ytring	**Kode**
J1	Eh - - Det er en sånn ting som står i veien. Skal vi se - 0 – Hey! – Nei, nå er vi nede igjen. Nå har vi koplet feil her. 0, 001 eller noe - - oi oi oi! - Sånn, nesten 0, 04. - - Nå er vi over det. Nei gud.	<Simplifisere/ strukturere, I> <Måleenhet/ prefiks, I>
J2	Ble det mye nå?	
J1	Jeg vet ikke. Nei, nå ble det feil.	
J3	Det ble kaldt, nå må vi lukke vinduet.	
	(jentene ler)	

Analyse:

I denne situasjonen prøver J1 å beskrive informasjonen som grafen på SPARKvue presenterer. Det kan se ut som at J1 er overrasket over verdiene som kommer frem, da hun utbryter: *«oi, oi, oi!»*. Samtidig virker det som at J1 ikke har forventninger rundt verdiene, og i beskrivelsene brukes verken måleenheter eller prefikser. SI-systemet fremstår imidlertid som en utfordring da hun bruker uttrykk som: «0, 001 *eller noe*». Den andre ytringen i dialogen viser at J2 forholder seg undersøkende til grafen og spør «Ble det mye nå?», men dette får ikke videre oppmerksomhet. Jentene melder seg fort ut av læringsprosessen og det virker som at de bare er fornøyd med å få frem «noe». Utfordringen kan derfor knyttes til det å simplifisere og strukturere informasjonen på en fornuftig måte i en mental modell. Det er først i slutten av timen at J3 spør resten av jentene «Hva var det egentlig målingene skulle vise?». Dette spørsmålet er det ingen på jentegruppen som klarer å gi et svar på.

Tabell 4.3.2 – Oppsummering av funn fra situasjon Kob.2

Utfordringer i koblingsøkten	***Opptelling***
Matematisk modellering	
• Simplifisere/strukturere	I
SI-systemet	
• Måleenhet/prefiks	I

SITUASJON Kob. 3:

Professor har hjulpet guttene med å skifte om på polene slik at grafen på SPARKvue blir positiv. Videre gir professor guttene en oppgave med å få lys i dioden, og hinter om at det trengs to solcellepanel. Etter cirka to minutter er professor tilbake igjen og vil se om guttene har fått det til.

Dialog 4.3.3 *Guttene har utfordringer knyttet til kobling av elektrisk krets. Først gir professor for mye hjelp, noe som markeres med «T». Deretter gir professor tilstrekkelig med hjelp slik at problemet løser seg, «L». Professor gir videre teori om et naturfaglig begrep som er en underliggende utfordring for guttene. Siden utfordringen trolig ikke blir løst, markeres dette med «I».*

	Ytring	**Kode**
P	Kan jeg få sjekke om dere har gjort det riktig?	<Koble elektrisk krets, T>
G3	Ja, sjekk om vi/	
P	Minus – Går den minusen til pluss? Nei, den går til minus.	
G3	Åja, skal den gå motsatt?	
P	Ja, den skal gå motsatt. Hvis - da hadde den seriekoblingen av solcelle - så det kan hende dere får det til nå.	
G3	Greit.	
P	Det hadde vært kult, og hvis det ikke går så – ja, lys på han. Hvis ikke det går/	
G4	Svær lommelykt!	
G1	Fortsatt minus.	
P	Ja, men dere har ikke koblet den inn. Har dere det?	
G1	Vi har ikke koblet inn voltmeteret.	
P	Men amperemetret har dere? Okei, ingenting?	
G1	Jo, den gikk opp en gang.	
P	Men det er bare noe forstyrrelse. Da snur du dioden – dette blir siste forsøk for vi må bytte grupper nå.	<Koble elektrisk krets, T>
G1234	Der! (roper i kor)	
P	Det kan jeg si noe om. En sånn diode krever en hvis spenning og hvis den får for lite spenning så blir motstanden veldig stor. Og får den nok spenning så - og nå har dere doblet spenningen og da gikk den.	<Naturfaglige begrep, I>
G3	Men han klarer det bare med dagslys òg. Uten av vi/	
P	Ja.	
G3	Sterkere enn vi/	
P	Det heter terskelspenning.	

Analyse:

I denne dialogen kommer det tydelig frem at kobling av elektriske kretser er en utfordring for guttene, og de ønsker at professor hjelper og blander seg inn i arbeidet. Guttene vet at professor sitter på fasitsvaret og gjennom kommunikasjonsformen topazeeffekt forenkler professor oppgaven. En form for implisitt topazeeffekt blir registrert da professor betviler korrektheten av guttenes kobling ved å si: «Minus – Går den minusen til pluss? Nei, den går til minus». På denne måten gir professor et hint om at noe er galt, og G3 forstår raskt at ledningen må gå motsatt vei og endrer dette raskt. En lysdiode fungerer bare når strømmen går ene veien og trenger en viss spenning for å lyse. Dette er naturfaglig kunnskap som guttene mest sannsynlig ikke innehar, og professor velger å avsløre svaret ved å si direkte at de må snu dioden. En slik type lærerstøtte blir registrert som topazeeffekt fordi kommunikasjonsformen avslører svaret og bidrar ikke med å utvikle guttenes kognitive ferdigheter. I dialogen kommer det frem at professor er stresset på tiden, og kanskje er han for opptatt av at timen skal nå bestemte mål.

Videre utdyper professor det naturfaglige begrepet «terskelspenning». En kan stille spørsmål om denne kunnskapen «går inn» blant guttene, men sannsynligvis vil forklaringen ikke være tilstrekkelig for å forstå hva terskelspenning innebærer. Det er professor som styrer dialogen og guttene har få muligheter til å bidra. Dette er typiske kjennetegn på topazeffekt, og er særlig fremtredende i slutten av dialogen hvor professor avbryter G3 to ganger.

Tabell 4.3.3 – Oppsummering av funn fra situasjon Kob.3

Utfordringer i koblingsøkten	***Opptelling***
Teori i naturfag	
• Koble elektrisk krets	TT
• Naturfaglige begrep	I

4.3.1 Oppsummering av koblingsøkten

Det er en høy målsetting for økten som krever både praktisk- og teoretisk kunnskap i naturfag. Det er særlig de praktiske problemene knyttet til kobling av elektriske kretser og appen SPARKvue som er utfordrende for begge grupper. Ifølge læreren skal elevene ha mye erfaring med kobling av elektriske kretser fra 9. trinn, men det viser seg at mye er borte og de er avhengige av hjelp og støtte. Det er tre aktive lærere i klasserommet som alle ønsker å hjelpe elevene med å nå øktens målsetting, og dette fører til mange tilfeller hvor lærer gir for *mye* hjelp. Hyppig bruk av topazeeffekt hvor lærer hinter eller omformulerer oppgaven gjør at den kognitive utfordringen som elevene står ovenfor forsvinner. Selv om jeg ikke skiller mellom topazeeffekten som forekommer hos lærer og professor, er min oppfatning at de gir litt ulik hjelp. Det virker som at professor er mer bevisst når han gir for mye hjelp, og en tendens til dette kan man se når professor sier: «typisk at lærer tar overhånd». Dette sier han litt senere i koblingsøkten hvor han igjen befinner seg borte ved guttegruppen og hjelper dem for *mye* med koblingen av solceller. Flere ganger i analysen blir det også observert at professor velger å utdype naturfaglig teori og begreper til elevene, etter at for mye hjelp er gitt. I noen situasjoner er elevene mottakelige for professorens ekstra kunnskap, mens andre ganger er de ikke det.

Siden det ekstra-matematiske domenet tar mye plass i denne økten, fører dette til at matematikken blir oversett. Verken jente- eller guttegruppen klarer å få frem både grafen til strøm og spenning i SPARKvue. Siden effekt er produktet av strøm og spenning kunne PASCO-programmet brukes til å gi disse verdiene direkte. Dette er noe som blir fremhevet i veiledningen til prosjekt ARGUMENT, men som ikke gjennomføres i praksis. Verken effekt eller watt blir nevnt i denne koblingsøkten, noe som er synd med tanke på at senere beregninger baseres på dette. Istedenfor består økten av mye grafbeskriving, for eksempel: «den går opp/ned» og «grafen er positiv/negativ». Det er imidlertid ingen forventning rundt hvilke verdier som oppstår, og måleenheter og prefikser blir som regel ikke tatt i bruk.

4.4 Skriveøkten

Målsetting: Klassen har vært på besøk til solcelleanlegget hos ASKO. I denne økten skulle elevene skrive ned det de fikk svar på hos ASKO, og videre skrive ned det de trenger å vite mer om.

Forutsetning: Elevene må klare å knytte noe relevant informasjon fra besøket over til sin egen problemstilling «Bør skolen investere i solceller?».

SITUASJON Skr.1:

Jentene prøver å finne ut hvordan solcellene skal stå på skolens tak. De husker hvordan det var hos ASKO og vet hvordan taket er på skolen. Nå er utfordringen å finne ut *hvordan* de skal gjøre dette, og de velger å tilkalle lærer. Denne problemstillingen går utover øktens målsetting og det er positivt at jentene velger å reflektere over dette.

Dialog 4.4.1 *Jentene har en utfordring knyttet til valg av løsningsstrategi og siden lærer gir for mye hjelp markeres dette med «T».*

	Ytring	**Kode**
J3	Men de sa noe om at solcellene 10 grader vending.	
L	Ja, det var det de hadde hos seg. Det går an å ha forskjellig. Bare skriv det da sant: solcellepanelet deres sto i/	
J2	Der det er mest lys.	
L	Og de sto i øst-vest, ikke sant? Så da kan dere skrive det: Solcellepanelet hos ASKO stod øst-vest med 10 graders helning/	
J1	Men hva er best hos oss, hvordan skal vi finne det ut?	<Valg av løsningsstrategi, T>
L	Det må vi prøve å finne ut av etter hvert. Det går an å finne ut av det. Der er en sånn side som kan hjelpe oss med det/	
J2	Men solen går jo opp i øst og ned i vest, gjør den ikke?	
J1	Men jeg så på sann der, på nettet sant, der det stod sånn at – eh – sånn som passet til resultatet.	
L	Jeg fikk at de var ganske godt egnet, men det er litt sånn forskjellig etter hvert, sant? Så da måtte vi finne ut hva vi skulle ha som helning. Det som han sa var at hvis/	
J3	Men hvor mange grader?	
L	Det var 10 grader.	

Analyse:

I starten på denne dialogen kan man tydelig se at lærer er opptatt av å følge øktens målsetting, og det fremkommer to ganger at han sier direkte til jentene hva de kan skrive ned. Det virker som at lærer er stresset på tiden og føler et press på at jentene må produsere noe i løpet av økten. Lærerstøtten fokuserer altså mer på selve arbeidsprosessen enn det faglige innholdet som bidrar til forståelse.

Det som er den egentlige utfordringen til jentegruppen, og som er grunnen til at de tilkaller lærer, er *hvordan* de skal løse problemet for å finne solcellepanelets helning. Lærer har ikke et entydig svar, og kanskje rekker dette spørsmålet utover det læreren selv har reflektert over ved dette tidspunktet. Selv om det ikke er en tydelig signalsending fra lærer, kommer det frem at en nettside kan være en fornuftig løsningsstrategi på dette problemet. Siden lærer ikke er overtydelig på at det finnes flere valg av løsningsstrategier, velger jentegruppen å ta i bruk lærerens forslag. Jentene er opptatt av å finne ut hva læreren tenker er best og vurderer ofte hans løsningsstrategi som gyldig. En slik kommunikasjonsform kan ses i sammenheng med topazeeffekten.

Tabell 4.4.1 – Oppsummering av funn fra situasjon Skr.1

Utfordringer i skriveøkten	***Opptelling***
Undervisningsopplegget • Valg av løsningsstrategi	 T

SITUASJON Skr.2:

I likhet med jentene så prøver også guttene å finne ut *hvordan* helningen skal være på solcellepanelene, og i denne dialogen kommer guttene frem til to ulike forslag.

***Dialog 4.4.2** Guttene har utfordringer knyttet til valg av løsningsstrategi og siden utfordringene ikke blir løst så markeres dette med «I». En distraksjon gjør at samtalen blir avbrutt og dette er også en utfordring.*

	Ytring	**Kode**
G2	Okei, jeg har skrevet at de beste solcellepanelene har en viss helning. Helningen kan eventuelt bestemmes av eksperter. Helningen – bestemmes litt ut i fra hvordan taket er og hvor mye det tåler og sånn der.	<Valg av løsnings-strategi, I>
G4	Helt enig. Tror du har helt rett jeg [G2].	
G2	Okei, og så – angående retning. Vi ligger ikke helt der i dag, det er jo litt åpent. Så eventuelt kan det kanskje være nyttig å ha det mot sør for oss fordi at når solen er midt på dagen så/	
G4	Men kan ikke eksperter vite det? Det kan være på det dokumentet vi lager/	
G3	Ja, at ting vi må spørre om ja – og så spør vi heller noen så vet det/	

G4	Ja, og om/	
G3	Det går eventuelt an å legge et solcellepanel på taket og teste forskjellige vinkler og når produserer han – hvis vi legger den mot øst, produserer han mest strøm da? Viss vi legger den mot sør - altså når produsere han mest strøm. At vi har et lite forsøk da.	<Valg av løsnings-strategi, I>
G4	Mhm.	
G3	Men det kan vi eventuelt/	
	[Blir avbrutt av jentegruppen]	<Distraksjon, I>

Analyse:

I denne situasjonen har guttene selv påtatt seg oppgaven med å finne solcellepanelets helning. Det er en interessant diskusjon hvor G2 og G4 er samstemte om at helningen kan bestemmes av eksperter. Videre kommer G3 med et forslag om at de kan gjøre et lite forsøk selv, ved å teste forskjellige vinkler. Dette er to ulike løsningsstrategier som vil kunne føre guttegruppen i to ulike retninger.

Eksperthjelpen kan imidlertid høres som den enkleste utveien, men en slik hjelp er ikke nødvendigvis fri for utfordringer. Eksperthjelpen kan gjøre at guttene får tilsendt både grafer og tall i kontekst som videre må tolkes. Et lite forsøk vil kunne kreve naturfaglig kunnskap innen solhøyder, retninger og vinkelavhengighet. Flere målinger kan bli utført over tid og romgeometri, samt matematiske beregninger, kan også inkluderes i forsøket. Begge løsningsstrategiene kan derfor potensielt løses ved hjelp av matematisk modellering, men i skriveøkten blir de bare presentert som dialogen ovenfor viser. Siden guttegruppen ikke kommer seg videre i arbeidet med valg av løsningsstrategi, markeres denne utfordringen som *ikke* løst, «I». Samtalen blir avbrutt av jentegruppen og denne distraksjonen ses også på som en utfordring.

Tabell 4.4.2 – Oppsummering av funn fra situasjon Skr.2

Utfordringer i skriveøkten	***Opptelling***
Undervisningsopplegget	
• Valg av løsningsstrategi	II
Utenomfaglig aktivitet	
• Distraksjon	I

SITUASJON Skr.3:

Jentene diskuterer hvordan solcellepanelene fungerer om vinteren. Med i «bagasjen» har de med seg nylige erfaringer fra besøket hos ASKO, men jentene er likevel litt usikre rundt det som ble sagt.

Dialog 4.4.3 *Jentene har utfordringer knyttet til «Energi og bærekraft» i naturfag som kommer frem da solceller og energilagring blir diskutert. Uklarheter knyttet til besøket hos ASKO og strømnettet sin infrastruktur er også to utfordringer som oppstår i denne dialogen.*

	Ytring	Kode
J3	Liksom, hvis det er snø hele vinteren, produserer den energi da?	<Energi og bærekraft, L>
J2	De sa hvis det var sann lag opp på dem så kunne de produsere, men hvis det var mer enn det så kom det ikke igjennom.	
J3	Men han sa at sånn 20% av energien kom der i fra. Er det sånn at de da har strøm i stikkontaktene som ikke/	<Solcelleanlegget ASKO, I>
J1	Jeg vet ikke, men så sa han at de sendte det ut hvis det ble for mye. Jeg skjønte ikke det der.	
J2	Jeg tror ikke det kan ikke bli for mye?	
J1	Men hvis du får masse strøm om sommeren og du bruker ikke all den strømmen, sant? Går det an å bruke den strømmen om vinteren? Eller går det ikke? For hvis ikke så kan lyset på vinteren plutselig svikte.	<Energi og bærekraft, I>
J3	Men hva har man hvis man ikke har solcellepanel?	<Strømnettet sin infrastruktur, L>
J2	Jeg vet ikke.	
J3	Får man strøm da i veggen? Man får jo det uansett.	
J1	Ja ja, man får strøm fra Fjordkraft. Jeg vet ikke. Gjennom noen kabler –- Vi har hvert fall Fjordkraft.	
J3	Men det må vel være noen koblinger på taket som går inn i huset. Man kan jo ikke bare ha solcelle/	
J1	Eller ned på bakken - - I dont know.	

Analyse:

I denne dialogen prøver jentene å forstå hvordan en solcelle virker, og det er avgjørende for videre modellering at jentene skjønner den ekstra-matematiske konteksten. Det er karakteristisk for en undersøkende samtale at mange spørsmål blir stilt, og særlig J3 er i denne dialogen en viktig pådriver. Jentene har eierskap til læringsprosessen, men samtalen viser til flere ulike «kunnskapshull». Besøket hos ASKO bidrar med viktig informasjon, men jentene er ikke like sikre på alt som ble sagt. Dette gjør at den første utfordringen knyttet til snø på solcellepanelet blir løst, mens de fortsatt synes det er uklart om ASKO får all strømmen sin fra solcellepanelene. Lagring av energi i batterier viser seg også til å være en utfordring for jentene som ikke blir løst. Energilagring er en viktig forutsetning å ha på plass for det videre arbeidet med problemstillingen. Siste utfordringen i dialogen omhandler strømnettet sin infrastruktur og jentene vet ikke hvordan strømmen transporteres inn i huset. Senere i skriveøkten blir denne utfordringen løst ved at J3 tar kontakt med lærer som gir tilstrekkelig med veiledning.

Tabell 4.4.3 – Oppsummering av funn fra situasjon Skr.3

Utfordringer i skriveøkten	***Opptelling***
Undervisningsopplegget	
• Solcelleanlegget ASKO	I
Teori i naturfag	
• Energi og bærekraft	LI
• Strømnettet sin infrastruktur	L

Guttegruppen har en lignende samtale, men i motsetning til jentene har ikke guttene de samme utfordringene. Et lite utdrag fra samtalen går som følger:

G3	Vi må ha batterier for å lagre. Det er godt poeng. Hvis vi lagrer all strøm som vi lager om sommeren - så kan vi tjene masse.
G2	Så er det ikke så farlig om vi går tom om vinteren om det snør masse og sånn. Da har vi fortsatt/

Som man kan se i dette utdraget så har guttene bedre kunnskap innen det ekstra-matematiske konteksten, og vet at blant annet at energilagring er en viktig faktor som må tas hensyn til. Elever vil alltid ha ulike forutsetninger i modelleringsprosessen, og dette blir særlig synlig i skriveøkten.

4.4.1 Oppsummering av skriveøkten

I denne skriveøkten ble begge gruppene opptatt av å finne ut *hvordan* solcellepanelet sin helning skal være på skolens tak. Denne problemstillingen går utover skriveøktens målsetting og det er positivt at elevene forholder seg undersøkende til dette. Det er tre ulike forslag til valg av løsningsstrategier kommer frem: 1) bruk av nettside, 2) få tak i eksperthjelp og 3) gjennomføre et lite forsøk. Alle løsningsstrategiene kan potensielt løses ved hjelp av matematisk modellering, men det er ikke gitt at dette blir utført i praksis. Valg av løsningsstrategi blir derfor en utfordring som knyttes til undervisningsopplegget.

Jentegruppen velger å ta kontakt med lærer som sier at en nettside kan være en fornuftig løsningsstrategi. Jentene vurderer lærerens løsningsforslag som gyldig og på denne måten kommer de seg videre i arbeidet. Guttegruppen er mer selvstendige og drøfter to ulike løsningsstrategier knyttet til eksperthjelp og gjennomføring av et lite forsøk, men videre stopper det faglige arbeidet. Det virker som at guttene blir usikre og utrygge rundt valget av løsningsstrategi, og muligens er dette noe av grunnen til at de gir opp. NVivo registrerer at cirka 50% av all pratingen til guttene omhandler ikke-faglige tema i skriveøkten. Dette kan tyde på at det er litt for løse rammer og for lite støttestruktur for guttene. Jentene skriver en punktliste underveis i modelleringsprosessen, som ser ut til å hjelpe med den videre planleggingen. De er derimot lite selvstendige og tilkaller lærer flere ganger for hjelp og bekreftelse. Man kan spekulere i om dette henger sammen med at den ekstra-matematiske kunnskapen til jentene er svakere enn guttenes, som vist i situasjon Skr.3. Eller kanskje har bare gruppene ulik motivasjon og drivkraft i solcelleprosjektet.

4.5 Regneøkten

Målsetting: I denne økten var målet å beregne hvor mange solceller som skulle plasseres på skolens tak. Jentene har tidligere fått målestokken til å være 1:2,66 ved å måle en side av skolens vegg på et digitalt kart og dele på veggens lengde i virkeligheten, se formel 1. På denne måten kunne de beregne alle lengder av skolens tak ved hjelp av det digitale kartet på pc-en.

$$\text{Målestokk} = \frac{lengden\ på\ kartet}{lengden\ i\ virkeligheten} \tag{1}$$

Forutsetning: For å beregne antall solceller på skolens tak, må jentegruppen først konstruere en felles mental modell av problemet. De må bli enige om simplifiseringer og antagelser før situasjonen kan utsettes for videre matematisering. Det forutsettes også at jentene innehar matematiske ferdigheter som blant annet det å kunne bruke målestokk.

SITUASJON Reg.1:

I denne situasjonen prøver J1 å beregne takets lengder ved hjelp av plantegning og målestokk, og lærer ønsker å hjelpe henne i denne prosessen. J2 har oppdaget at skolens tak har flere ulike utstikk, og trenger lærerens støtte for å gjøre en antagelse.

Dialog 4.5.1 *Jentene har i denne dialogen utfordringer med måleenhet, det matematiske arbeidet og simplifisering av modellen.*

	Ytring	**Kode**
J1	Ja, men – jeg skjønner ikke. Er målestokken dette?	<Måleenhet/ prefiks, T>
L	Eh – nei – For at dere må huske å ha samme enhet.	
J1	Jeg skjønner ikke/	
L	Hva enhet målte dere i?	
J1	Meter?	
L	Ja. Hva målte dere på kartet?	
J1	Jeg vet ikke hva jeg skal gjøre. Er det 1 til 2,66 meter?	
L	Da blir det 1 til 266.	
J1	Å ja.	
L	Sant?	<Arbeide matematisk, T>
J1	Meter? – jeg skjønner ingenting	
L	Meter eller centimeter - det kommer an på hva du måler i. Hvis du måler i – hvis målestokken er sånn – hvis jeg hadde lagt – hvis det er en fing [mener finger] – Er det et rom som er en tommel? La oss si at det er det, sant?	
J1	Mhm.	
L	Det betyr at det rommet i virkeligheten er 266 tommer, sant?	
J1	Mhm.	
L	Hadde jeg målt at det hadde vært 2 cm for eksempel bort der, så betyr det at virkeligheten er 2 cm ganget med?	
J3	266	
L	266 (sier det bekreftende)	

J2 L J2 L	Men skal vi ta med den ekstra meteren med tak som er på hver side? Den kan jo være greit å/ Men er det 1 meter? Ja, det er noe sånt. Kanskje 60 – nei kanskje det er 1 meter utstikk.	<Simplifisere/ strukturere, L>

<u>Analyse:</u>

I denne situasjonen har J1 utfordring med å gjøre om fra meter til centimeter. Det er tydelig at omgjøring av måleenheter er vanskelig, og lærer sier først at hun må huske å bruke samme enhet. Videre snevrer lærer inn spørsmålene og spør: «Hva enhet målte dere i?» og «Hva målte dere på kartet?». J1 vet ikke hva hun skal gjøre og uttrykker flere ganger at hun ikke forstår. Til slutt sier lærer hva målestokken er og dette kan ses på som en traktkommunikasjon. Videre har J1 utfordring knyttet til det matematiske arbeidet og igjen overtar læreren oppgaven. Lærerstøtten som gis reduserer oppgavens krav og når lærer til slutt spør «så betyr det at virkeligheten er 2 cm ganget med?» har svaret blitt trivielt. Forståelsen til J1 blir ikke fremmet og senere i regneøkten blir hun usikker på akkurat det samme.

Mot slutten av dialogen trenger J2 hjelp med å simplifisere, da hun har oppdaget at skolens tak har flere utstikk med ulik lengde. Det er mulig at lærer prøver å finne en alternativ lærerstøtte på dette spørsmålet, men J2 er utålmodig og avbryter. J2 ønsker en bekreftelse på at 1 meter utstikk er riktig antagelse, slik at det matematiske arbeidet kan fortsette. Dette får hun til slutt, men lærerresponsen er imidlertid undrende og ikke for bastant. Den kan derfor ikke knyttes til topazeeffekten, og blir betraktet som en passende hjelp som gjør at utfordringen blir løst, «L».

Tabell 4.5.1 – Oppsummering av funn fra situasjon Reg.1

Utfordringer i regneøkten	***Opptelling***
SI-systemet	
• Måleenhet/prefiks	T
Matematisk modellering	
• Simplifisere/strukturere	L
• Arbeide matematisk	T

SITUASJON Reg.2:

I den neste situasjonen som presenteres har jentene begynt å tenke på hvor mange solceller det er plass til på taket. De er uenige i fremgangsmåten og har konstruert ulike mentale modeller.

Dialog 4.5.2 *Jentene har utfordringer knyttet til konstruering av den mentale modellen.*

	Ytring	**Kode**
J2	Skal vi finne arealet?	<Konstruere, I>
J1	Nei.	
J2	Vi må jo ha arealet?	
J1	Vi må ikke ha arealet.	
J3	Jo?	
J1	Maks antall solceller - det finner vi ved å ta arealet på denne og så ta/	
J3	Vi må finne ut hvor stort solcellepanelet er.	
J1	Men vi trenger ikke å skrive det opp, fordi det er inni den. Det er et via-punkt, eller liksom – inne i prosessen ved å finne ut hvor mange solceller vi kan ha på taket.	
J2	Hva annet skal vi gjøre neste time?	

Analyse:

Det kommer frem i dialogen at jentene har konstruert ulike mentale modeller og derfor ser for seg ulike løsninger. J2 og J3 ønsker å finne det totale arealet av skolens tak, mens J1 mener at dette ikke er nødvendig. J1 har tidligere i samtalen sagt: «Nei, men vi kan ikke bare ta arealet fordi da kan det være at det ikke passer». Hun mener altså at de er nødt til å se *hvor* på taket det passer med solceller, *før* de beregner arealet.

Det er ikke en undersøkende samtale mellom jentene og de glemmer å lytte til hverandre. På denne måten får de ikke tilgang til hverandres ideer, og et glimrende eksempel på dette vises i slutten av dialogen. Etter at J1 har prøvd å forklare sin mentale modell, responderer J2 med: «Hva annet skal vi gjøre neste time?». J2 viser med dette at hun ikke er interessert i å tilegne seg J1 sin mentale modell, og dette er problematisk i et gruppearbeid.

Tabell 4.5.2 – Oppsummering av funn fra situasjon Reg.2

Utfordring i regneøkten	***Opptelling***
Matematisk modellering • Konstruere	I

4.5.1 Oppsummering av regneøkten

En sentral utfordring for jentene i regneøkten er å gjøre antagelser rundt simplifiseringen av skolens tak. Dette kan man se igjen i slutten av situasjon Reg.1, hvor J2 ønsker bekreftelse på at 1 meter utstikk er riktig antagelse. Lignende situasjoner blir registrert flere ganger, men lærerresponsen blir i disse tilfellene knyttet til topazeeffekten da lærer hjelper til alt for *mye* gjennom hint og omformuleringer.

En annen utfordring knyttet til simplifisering kommer frem senere i regneøkten da jentene ikke lenger er fornøyd med antagelsen vedrørende 1 meter utstikk. Jentene sier at: «flere detaljer gir bedre karakter», og går derfor ut i skolegården for å finne nøyaktige lengder på utstikkene. De lager en skisse over lengdene på taket og prøver til tider å være nøyaktige på centimeteren. At jentene henger seg opp i slike ubetydelige detaljer er det motsatte av det steg 2, simplifisere/strukturere, i modelleringssyklusen ønsker.

Det å konstruere en mental modell er også en utfordring som jentegruppen står ovenfor. I situasjon Reg.2 blir det vist til to ulike mentale modeller, som begge er knyttet til det å finne antall solcellepanel på skolens tak. Senere i samtalen kommer J4 med et enda et nytt forslag: «Må vi ikke vite hvor store disse solcellene er? Begynne å plassere de ut?». Denne løsningen er preget av at J4 ser for seg et slags puslespill der solcellepanelene er ulike biter. De ulike mentale modellene skaper forvirring og gjør at jentene mister motet. Flere ganger blir det observert at jentene avviser hverandres forslag uten undersøkelse og de glemmer å lytte til hverandre.

4.6 Informasjonsinnhentingsøkten

Målsetting: Jentegruppen har til nå kommet frem til antall solcellepanel de trenger på skolens tak, og målet for denne økten er å finne prisen på ønsket solcelleanlegg. Jentene går til innhenting av informasjon ved å ringe og sende mail til ulike strømleverandører. Ulike nettsider blir tatt i bruk, og jentene ønsker å benytte seg av solcellekalkulatorene som finnes der.

Forutsetning: En forutsetning for denne økten er at jentene klarer å skaffe seg nødvendig og relevant informasjon, og videre anvende denne informasjonen riktig. Jentene får mye frihet i denne økten, så dette krever også at de klarer å jobbe selvstendig.

SITUASJON Inf.1:

Jentene har akkurat ringt til Norgeseliten som er en landsdekkende elektrikerkjede. Her blir de videresendt til nettsiden *soleliten.no* som har en solcellekalkulator med mye informasjon og flere valgmuligheter.

Dialog 4.6.1 *I denne dialogen er det utfordringer knyttet til informasjonsinnhenting, informasjonsdeling og den summative vurderingen som skal gis på sluttproduktet.*

	Ytring	**Kode**
J2	Der står det 554 MAX -- Det er det eneste stedet.	<Informasjons-innhenting, LL>
J1	Ja, men det er bare et felt – liksom det er bare sånn der, sant? – og så skal vi ha der, der, der, der og der.	
J2	Ja, okei - men altså – viss vi hadde gått på denne appen før, så hadde vi jo fått vite hvor mange solceller vi hadde trengt uten å – regne areal og sånn.	
J3	Det er bare å ikke fortelle om den siden til/	<Informasjons-deling, I>
J1	Men vi får høyere karakter for det – det går jo inn på mattekarakteren òg – eller ikke på mattekarakteren, men vi jobber jo med det i matten/	<Summativ vurdering, I>
J3	Det viser kompetansen.	

Analyse:

I denne situasjonen utforsker jentene solcellekalkulatoren til Norgeseliten som inneholder flere funksjoner, valgmuligheter, skisser og avanserte begreper. Solcellekalkulatoren oppleves som uoversiktlig og det er mye informasjon som jentene må sette seg inn i. De prøver å skape en felles forståelse, og flere av utfordringene knyttet til informasjonsinnhentingen blir løst grunnet dette. Dette kan man se igjen i starten av dialogen hvor J1 forklarer J2 hvordan funksjonen (MAX) gir et maks antall solceller som kobles til markerte områder på nettsidens skisse. Videre i dialogen opplever J2 enda en ny utfordring knyttet til informasjonsinnhentingen da deres tidligere arbeid står i konflikt med metoden og svaret som solcellekalkulatoren gir direkte. J2 vurderer det ferdigproduserte svaret til solcellekalkulatoren som en fasit, noe som gjør at deres tidligere beregninger knyttet til areal av takflater og antall solcellepanel «rakner». J1 begrunner at deres tidligere arbeid ikke er forgitt fordi det vil påvirke matematikkarakteren. Dette blir derfor sett på som utfordringens løsning og det markeres med en «L», samtidig som at fokuset knyttet til summativ vurdering er en indirekte utfordring i seg selv. Jentene stresser med å få en høy karakter, og derfor blir denne utfordringen inkludert. Siden J3 ønsker å holde solcellekalkulatoren hemmelig for resten av klassen, blir også informasjonsdeling registrert som en utfordring som ikke blir løst.

Tabell 4.6.1 – Oppsummering av funn fra situasjon Inf.1

Utfordringer i informasjonsinnhentingsøkten	*Opptelling*
Matematisk modellering	
• Informasjonsinnhenting	LL
Konkurransetenking	
• Summativ vurdering	I
• Informasjonsdeling	I

SITUASJON Inf.2:

Jentene studerer forskjellige solcellekalkulatorer og det kommer frem ulik informasjon som vekker deres interesse.

Dialog 4.6.2 *Jentene har utfordringer knyttet informasjonsinnhentingen. Siden utfordringene blir løst så markeres dette med «L». Valg av løsningsstrategi registreres også som en utfordring for J3 som ikke blir løst, «I».*

	Ytring	Kode
J1	Viss vi skal ha sort/	<Informasjons-innhenting, L>
J3	Var den bedre, den siden?	
J1	Så koster det 170.	
J3	Vi tar den billigste.	
J2	Mest effektiv, da er det dyrt.	
J3	Trenger de ganske effektive på skolen da.	
J1	Da blir 70 av forbruket - 70% - her blir 54 og her blir 50.	<Informasjons-innhenting, L>
J3	Hva betyr de prosentgreiene?	
J1	Av strømmen – som dekkes.	
J3	Så vi må ha – òg annen strøm?	
J1	Ja, men viss vi bruker disse – 50 paneler av disse – så blir 70% av strømmen dekket.	
J3	Men sant jo mer solcellepanel vi bruker, jo mer strøm dekkes det?	<Valg av løsningsstrategi, I>
J2	Mhm, tror det.	
J3	Fordi det er jo bare 50% - Viss vi har 50 til, blir det ikke 100% da? (ingen svarer)	

Analyse:

Informasjonsinnhenting er en utfordring i denne situasjonen fordi solcellekalkulatorene har flere ulike valgmuligheter. I det første utdraget diskuterer jentene fargen på solcellepanelene og hvor effektive panel som skal velges. Det blir enige om å gå for de beste solcellepanelene som er sorte og mest effektive. Det å skjønne informasjonen som presenteres på nettsiden er også en utfordring knyttet til informasjonsinnhenting, og i dialogen er J3 usikker på hva symbolet prosent står for. J1 har allerede forstått at det er prosenten av strømmen som dekkes, og begge utfordringene knyttet til informasjonsinnhenting blir dermed løst.

Slutten av dialogen viser at J3 blir særlig opphengt i setningen som sier at 50 solcellepanel dekker 70% av energien som brukes. Hennes umiddelbare løsning er at de trenger 100 solcellepanel slik at prosentene går opp. Siden resten av jentegruppen ikke gir noen respons på dette, bestemmer J3 seg for å videre tilkalle lærer. Lærer sier at prosentene vil gå opp, men at det igjen blir dyrere å investere. Deretter setter han spørsmålstegn rundt størrelsen til solcellepanelene, og hvordan nettsiden har funnet ut at 70% av strømmen blir dekket. Lærerens hypotese er at det kanskje er beregnet ut fra et gjennomsnittlig strømforbruk per areal. Dette har ikke J3 reflektert over fordi hun hoppet rett til løsningen uten å se matematikken som lå bak utsagnet. For det første har hun ikke nok informasjon rundt forbruksprofilen til skolen, og for det andre er det ikke sikkert at det er nok plass på taket til at hele skolen skal gå på solceller. For det tredje kan det, som lærer påpeker, bli veldig dyrt å investere i disse hundre solcellepanelene. J3 sin løsningsstrategi blir ikke brukt videre, og utfordringen blir derfor markert som ikke løst.

Tabell 4.6.2 – Oppsummering av funn fra situasjon Inf.2

Utfordringer i informasjonsinnhentingsøkten	***Opptelling***
Undervisningsopplegget	
• Valg av løsningsstrategi	I
Matematisk modellering	
• Informasjonsinnhenting	LL

4.6.1 Oppsummering av informasjonsinnhentingsøkten

Jentegruppen har tidligere sendt ut flere mailer til ulike strømselskaper. De har ikke fått noe svar, og prøver derfor i denne økten å ringe til tre forskjellige leverandører. Grunnet ulike årsaker blir det kun gjennomført en samtale med Norgeseliten. I utgangspunktet er det bare prisen på solceller, og eventuelt et godt tilbud, som jentene har behov for, men informasjonsinnhentingen byr på mange flere utfordringer. Jentegruppen er innom fire ulike nettsider og tre ulike solcellekalkulatorer i løpet av økten. Til sammen blir det registrert hele 18 utfordringer knyttet til informasjonsinnhentingen. Utfordringene kommer ulikt til uttrykk, og situasjonene er knyttet til valgmuligheter, konflikter med tidligere arbeid og forståelse av presentert informasjon. Andre utfordringer blir registrert når det kommer til mer praktiske gjøremål, for eksempel å finne ut hvem de skal ringe, finne riktig telefonnummeret og hva de skal si. Jentene går seg vill i all informasjonen, og det virker som at de glemmer hva de egentlig var ute etter. Dette gjør at mye tid blir brukt til et arbeid hvor det inngår lite faglig læring. I flere situasjoner benytter også jentene seg av informasjon fra nettsidene, uten å reflektere rundt matematikken som ligger bak. Et eksempel på dette blir vist i situasjon Inf.2 hvor J3 ble opphengt i setningen som sa at 50 solcellepanel dekker 70% av energien som brukes.

Lærer er ikke mye tilstede i informasjonsinnhentingsøkten, og kanskje er dette fordi han synes det er ubehagelig å hjelpe jentene i denne prosessen. Mange av spørsmålene som blir stilt rekker nemlig utover det lærer har mulighet for å svare på. Senere i økten når jentene har spørsmål knyttet til en bestemt solcellekalkulator, velger han heller å anbefale en annen kalkulator som han er kjent med fra før. På denne måten fremmer lærer sitt eget løsningsforslag og, trolig ubevisst, tar tilbake den mistet kontrollen.

4.7 Diskusjonsøkten

Målsetting: I denne økten skulle guttene diskutere innsamlet informasjon og skrive ferdig den argumenterende teksten.

Forutsetning: En forutsetning for at denne økten skal bli vellykket er at guttene har den informasjonen de trenger, og vet hvordan en argumenterende tekst skal skrives. Økten krever at guttene er fokusert på arbeidet og samarbeider godt med hverandre.

SITUASJON Dis.1:

Den argumenterende teksten skal skrives og guttene har mottatt et dokument fra en annen guttegruppe som de ønsker å skrive av. Senere i økten blir det forventet at de skal sende sitt dokument i retur, men dette er ikke alle på gruppen enige om. I dialogen under har guttene i den andre gruppen fått de anonymiserte navnene Matias og Vetle.

Dialog 4.7.1 *Informasjonsdeling og summativ vurdering registreres som utfordringer som ikke blir løst, «I».*

<table>
<tr><th></th><th>Ytring</th><th>Kode</th></tr>
<tr><td>G1

G4</td><td>Skal vi herme litt etter Matias og de – det de skrev om det ASKO-greiene?
Jeg tenker det er et smart påfunn. Herming er greit.</td><td rowspan="2"><Informasjons-deling, I></td></tr>
<tr><td></td><td>Senere</td></tr>
<tr><td>G4

G3
G4
G3
G4</td><td>[G3], du må sende hele tingen. [G3], du må sende hele tingen. [G3], du går ned i karakter viss du ikke sender hele tingen.
Vetle er så …
Ikke fjern ting. Send bare hele tingen.
Jeg holder jo på å skrive [G4].
Du sletter jo ting!</td><td><Summativ-vurdering, I>

<Informasjons-deling, I></td></tr>
</table>

Analyse:

I begge disse utdragene kan en tydelig se at informasjonsdeling er en utfordring både innad i gruppen og på tvers av grupper. Det første utdraget viser at guttene synes informasjonsdeling er fint når det er til ens egen fordel, mens det andre utdraget viser at et omvendt tilfelle ikke er ønskelig, og fører til irritasjon. En dobbelkoding oppstår fordi G4 bruker nedsetting av karakter som en trussel. Dette fokuset på summativ vurdering er en utfordring fordi det virker som at guttene frykter en dårlig karakter på sluttproduktet.

I løpet av diskusjonsøkten sier lærer til guttene: «Det er viktig at forskningsmiljøene samarbeider», men dette blir ikke etterfulgt. Mange av diskusjonene glir over til krangling og det virker som at guttene synes det er uklart *hva* som skal deles. Det ender til slutt med at guttene sender fra seg både informasjon som de har mottatt på mail fra ulike selskaper, samt selvproduserte tekster som skal brukes i den argumenterende teksten.

Tabell 4.7.1 – Oppsummering av funn fra situasjon Dis.1

Utfordringer i diskusjonsøkten	***Opptelling***
Konkurransetenkning	
• Informasjonsdeling	II
• Summativ vurdering	I

SITUASJON Dis.2:

Guttene har tidligere vært ute og målt ulike vinkler og retninger for å finne ut hvor solcellepanelet gir mest strøm. G4 skal nå lage en tabell med disse verdiene som skal brukes i den argumenterende teksten.

Dialog 4.7.2 *Guttene har som utfordringer med å simplifisere og strukturere informasjonen, og videre er valg av løsningsstrategi en utfordring.*

	Ytring	**Kode**
G4	Men har vi bare målt det en gang?	<Simplifisere/ strukturere, L>
G3	Mhm.	
G4	Og hvorfor har vi målt sør tre ganger?	
G3	Jeg vet ikke.	
G4	Okei.	
G3	Fordi dere hadde lyst til å gå ut en gang ekstra bare for å måle.	
G4	Jeg ser den.	
	Litt senere	
G3	Okei, da skriver du 0.04, 0.09 og 1.07	<Valg av løsnings- strategi, L>
G4	På amperet? [mener amperemeteret]	
G4	Ja.	
G4	0.04, 0.09 og –	
G3	0.07 – Vi har ikke målt det, men sann cirka.	

Analyse:

I denne situasjonen oppdager G3 at de bare har målt retning sør tre ganger, og savner at dette ikke har blitt gjort for de andre retningene. Det blir derfor vanskelig å få et bilde av den virkelige situasjonen, og vite hvilke verdier som skal utsettes for videre matematisering. I dialogen forklarer G3 at de mangelfulle målingene henger sammen med hva guttene hadde *lyst*, og *ikke* *lyst*, til å gjøre. Metode og måleusikkerhet blir ikke diskutert og de nevner heller ikke at gjennomsnittet kan brukes for å gi det beste svaret. Uavhengig av dette skjønner guttene at de trenger å vise til flere målinger.

Situasjonen blir løst ved at G3 begynner å jukse med data for å få det til å passe. G3 dikter opp tall som de egentlig ikke har målt, men som ligner på tallene de har fra før. Når G4 senere spør «så det har ikke noe å si?», forklarer G3 at de bare trenger litt forskjellige tall. Utfordringen blir derfor knyttet til valg av løsningsstrategi og G3 velger den enkleste utveien. Det ligger mye arbeid bak å gjøre flere målinger og det virker som at guttene ikke ser betydningen av å jobbe med realistiske tall.

Tabell 4.7.2 – Oppsummering av funn fra situasjon Dis.2

Utfordringer i diskusjonsøkten	***Opptelling***
Undervisningsopplegget	
• Valg av løsningsstrategi	L
Matematisk modellering	
• Simplifisere/strukturere	L

4.7.2 Oppsummering av diskusjonsøkten

Diskusjonsøkten er, som navnet tilsier, preget av mye diskusjon både innad i gruppen og på tvers av grupper. Informasjonsdelingen er den sentrale utfordringen som registreres mange ganger og kan videre knyttes til herming og plagiat, hemmelighold og sabotasje av informasjon. Dette fører til mye krangling og utestenging i gruppene noe som er svært uheldig for det faglige arbeidet. Lærer legger merke til den dårlige stemningen, men klarer ikke å hjelpe dem med å ordne opp.

Informasjonsdelingen ser ut til å ha grobunn i en konkurransetenkning hvor det «kjempes» om en god summativ vurdering på sluttproduktet. Fokuset rundt karaktersetting trekkes frem fire ganger i løpet av diskusjonsøkten og alltid i negativ forstand. Det virker som at guttene frykter en dårlig karakter og stresser over dette. Det blir også nevnt at klassen akkurat har hatt utviklingssamtaler, så kanskje er dette en faktor som påvirker karakterfokuset.

4.8 Oversikt over funn

I tillegg til situasjonene som er nevnt ovenfor, har jeg også analysert resten av transkripsjonene ved hjelp av NVivo. En oversikt over alle funn er vist i tabell 4.8.1. Ulike farger er benyttet for å gjøre tabellen enklere å lese. Det ekstra-matematiske domenet er delt opp i flere ulike kategorier og underutfordringene er farget i grå. Det matematiske domenet er farget i hvit, og utfordringer som ikke knyttes direkte til modelleringsprosessen er farget gult.

Tabell 4.8.1: En oversikt over av alle funn med ulike markeringer. Elevenes utfordringer som *ikke* blir løst markeres med en «I», og elevenes utfordringer som blir *løst* markeres med en «L». Elevenes utfordringer der lærer hjelper for *mye*, markeres med en «T».

		Jentegruppen				Guttegruppen		
		Kob.	Skr.	Reg.	Inf.	Kob.	Skr.	Dis.
Praktiske problem	Koble elektrisk krets	I L TTTT				I TTT TTTT	I	
	SPARKvue	I L TT				T		
Teori i naturfag	Energi og bærekraft		I LLL					
	Strømnettet sin infrastruktur	L	L					
	Naturfaglige begrep	L	I			II		
SI-systemet	Måleenhet/prefiks	I	I	T		I		I
Undervisning-opplegget	Oppstart		LL				IL	I
	Solcelleanlegget ASKO		I			I	L	
	Valg av løsningsstrategi	T	I TT	II	I		II	L
Matematisk modellering	Informasjons-innhenting				IIIII IIII LLLLL LLL T			I
	1. Konstruere	I	L	II				
	2. Simplifisere/ strukturere	I		I LL TT	T	II		I L T
	3. Matematisere[1]							
	4. Arbeide matematisk			TT				T
	5. Tolke	I						T
	6. Validere							T
	7. Presentere			I L	L			L
Konkurranse-tenking	Summativ vurdering				II	I		IIII
	Informasjonsdeling		I	I	II			IIIII IIIII IIIII IIIII III
Utenomfaglig aktivitet	Distraksjoner	III	I	I	IIIII		III	IIIII II
	Sosialt snakk (%)	9%	15%	~0%	12%	9%	50%	18%

[1] Siden det ikke alltid er gitt at elevene velger å matematisere, blir disse utfordringene registrert under <Valg av løsningsstrategier>.

4.9 Samtale med lærer

Målsettingen med intervjuet som ble gjennomført var å få innblikk i lærerens perspektiv og synspunkter innen matematisk modellering. Jeg var interessert i hans tidligere erfaringer knyttet til modellering og om han hadde gjort noe som lignet på solcelleprosjektet i nyere tid. Hans holdning til matematisk modellering var også noe jeg ønsket å fange opp i løpet av samtalen.

Etter samtale med lærer sitter jeg igjen med fire funn som videre utdypes i denne delen. Direkte sitat fra lærer blir satt i kursiv.

1. Lærer er vant med tradisjonell undervisning og synes det er vanskelig å bryte med dette

Lærer var reflektert rundt den tradisjonelle undervisningen som utspilte seg i klasserommet og det var han selv som tok i bruk begrepet *tradisjonell undervisning*. Grunnet fagfornyelsen så var lærer selv bevisst over at hans undervisningsform krevde en endring, men han synes dette var vanskelig. Årsaken til vanskelighetene var ikke lett å få tak i, men jeg fikk inntrykk av at lærer var lite begeistret over fagfornyelsen da han sa følgende: *«lignende har blitt gjort tidligere da fokuset var på prosjektarbeid»*. Man kan videre spekulere om læreren er motivert for de endringene som fagfornyelsen vektlegger.

2. Lærer har liten erfaring med matematisk modellering og prioriterer det ikke i undervisningen

I intervjuet kom det frem at lærer har liten erfaring med matematisk modellering, og det virker som at solcelleprosjektet er det eneste som har blitt gjennomført. Han synes undervisningsopplegget passet bra for sin daværende klasse og kunne tenke seg å gjennomføre noe lignende. Lærer synes imidlertid at det er vanskelig å finne relevante undervisningsopplegg og føler et tidspress knyttet til andre kompetansemål som må følges. Lærer uttrykker også at organisering av undervisning er en utfordrende faktor som krever at flere av lærere samarbeider og tar eierskap til et eventuelt modelleringsprosjekt.

3. Lærer er mest opptatt av elevenes velvære og trivsel

Lærer hevder at hans største utfordring under solcelleprosjektet var å få de *sosiale tingene* til å fungere. Han utdyper at dette inkluderer blant annet personlige konflikter og agendaer i gruppene. Videre sier lærer følgende:

Det meste av min tid går til å følge opp elever og deres velvære, og samle elevene i en trygg klasse. Jeg opplever at prosjekt ARGUMENT tror at elevene er små forskere som higer etter kunnskap. Dette er et litt for optimistisk syn på elevene. Det er ikke slik i virkeligheten at alle er forskere.

Utsagnet ovenfor viser at lærer er mest opptatt av elevens velvære og trivsel, og at dette er noe som læreren bruker mye tid på. Elevenes læring ser ut til å komme i andre rekke, og lærer har ikke en oppfatning av at elevene higer etter ny kunnskap.

4. Lærer synes det var lett å hjelpe og støtte elevene

I et spørsmål som handlet om hvordan det var for lærer å hjelpe og støtte elevene, sier lærer at han synes det var lett. Han presiserer at en lærer kjenner klassen sin godt når de går i 10. trinn, og vet hvem som kan lenes på i en gruppe. Lærer synes også at elevene var flinke til å ta imot veiledning under solcelleprosjektet. I løpet av intervjuet kom det også frem at elevene, i større grad enn vanlig, var flinke til å hjelpe hverandre.

5 Diskusjon

Analysen av datamaterialet har gitt innsyn i hvilke utfordringer som elevene møter i arbeid med matematisk modellering. Fokuset har hovedsakelig ligget på startfasen i modelleringssyklusen, og jeg har også sett på hvordan elevene håndterer noen av de oppståtte utfordringene. Det er særlig fem utfordringer som utmerker seg, og disse er henholdsvis: «det ekstra-matematiske domenet», «konkurransetenking», «utholdenhet», «matematikkunngåelse» og «oppgaveparadigmet». I dette kapittelet vil jeg utdype disse utfordringene og trekke linjer mellom de presenterte funnene i tabell 4.8.1, samt det som kom frem under samtale med lærer. Funnene vil også bli drøftet opp mot relevant teori og forskning.

5.1 Det ekstra-matematiske domenet

Det ekstra-matematiske domenet representerer den virkelige verden som er avhengig av en gitt kontekst og en situasjon. Tabell 4.8.1 viser at mange utfordringer har blitt registrert i dette domenet, noe som fremhever at den gitte konteksten til solcelleprosjektet trolig var et problem.

Flere situasjoner i analysen viser at elevene måtte lære mye nytt i solcelleprosjektet. Dette inkluderer blant annet forståelse og erfaringer knyttet til elektriske kretser, matematiske beregninger, anskaffelse av informasjon og skriving av en argumenterende tekst. Et gap mellom øktens målsetting og elevenes forutsetninger førte til mange utfordringer i det ekstra-matematiske domenet, og dette gjorde at flere undervisningsaktiviteter tok lengre tid enn først antatt. I noen tilfeller førte det også til at de planlagte matematiske momentene i undervisningsopplegget ble oversett. Et eksempel på dette er gitt i koblingsøkten hvor både praktiske- og teoretiske kunnskaper i naturfag var en forutsetning. Selv om elevene hadde koblet mye i tidligere trinn, ble det svært krevende å skulle koble inn et voltmeter, amperemeter, solcellepanel, en lysdiode og SPARKvue i samme krets. Verken jente- eller guttegruppen klarte å gjennomføre dette, og begrepet effekt og måleenheten watt ble ikke nevnt. Grafen for effekt ble heller ikke studert og tolket slik som undervisningsforløpet til ARGUMENT hadde lagt opp til.

Niss og Blum (2020) fremhever at behovet for å forstå den gitte situasjonen i henhold til det ekstra-matematiske domenet kan være en utfordring for flere elever. I tråd med den didaktiske kontrakten har nemlig mange elever behersket matematikk ved å ignorere konteksten. Konteksten har blitt raskt fjernet slik at det har blitt mulig å finne det matematiske problemet som læreren ønsker svar på. Modelleringsoppgaver knytter matematikk og virkelighet sammen, og forståelsen av det ekstra-matematiske domenet er avgjørende for å komme seg videre i modelleringsprosessen.

Det er viktig at det blir satt av nok tid til utfordringene som oppstår i det ekstra-matematiske domenet dersom konteksten er relativt ukjent fra før. Alternativt kan det velges en kontekst som elevene har gode kunnskaper og erfaringer med fra før. Dette er viktige refleksjoner som lærer må gjøre i forkant av et modelleringsarbeid. Likevel vil elever alltid ha ulike forutsetninger, og dette kommer frem i skriveøkten hvor en dialog impliserer at guttegruppen har bedre kunnskaper enn jentegruppen, og de vet blant annet mer om energilagring. Dette må lærer ta hensyn til og tilrettelegge med riktig veiledning og støttestruktur til jentegruppen, slik at de ikke tidlig faller av i modelleringsprosessen.

5.2 Konkurransetenking

Konkurransetenking viser seg til å bli en av hovedutfordringene som oppstår i solcelleprosjektet. Konkurransetenkingen relateres til både den summative vurderingen som elevene skulle få sluttproduktet og informasjonsdelingen som førte til krangling, hemmelighold, utestenging og sabotasje. I diskusjonsøkten til guttegruppen utspilte konkurransetenkingen seg på et ekstremt nivå, og tabell 4.8.1 viser at hele 23 utfordringer vedrørende informasjonsdeling oppstod. Fokuset knyttet til den summative vurderingen ble også trukket frem fire ganger i denne økten og alltid i negativ forstand. Det virker som guttene frykter en dårlig karakter og opplever stress i forbindelse med solcelleprosjektet. I likhet med guttene viser analysen at også jentegruppen er stresset over den summative vurderingen, men deres mål er få høyest mulig karakter.

Konkurransetenkingen kan kobles opp mot funn nummer 3 i samtale med lærer, hvor han hevder at den største utfordringen var å få de «sosiale tingene» til å fungere. Konkurransen trigger frem negative mekanismer i flere av øktene, og dette går utover både solidariteten og samarbeidsevnen blant elevene. Særlig informasjonen som de ulike selskapene og nettsidene gir, ønsker elevene å holde for seg selv. Lærer vektlegger at elevene skal dele informasjon, og sier blant annet til guttene at «det er viktig at forskningsmiljøene samarbeider», men likevel blir det ikke etterfulgt. I solcelleprosjektet blir det gjennomført noen delingsøkter i plenum, men her fokuseres det bare på hva som har blitt gjort og planen videre, uten å gå så mye mer i detaljer. Kanskje skulle det vært en plikt å dele alt av informasjon fra de ulike selskapene i et felles dokument. På denne måten hadde det blitt tydeliggjort *hva* som skulle deles, og de ulike selskapene hadde også sluppet å bli kontaktet x antall ganger. Et syn på informasjonsdeling som er til alle sin fordel, kunne også bidratt til å dempe konkurransetenkingen.

Det er en bred enighet om å ta avstand fra konkurransetenking i skolesammenhenger. Selv om det kan virke motiverende for noen elever, fører konkurransen til at noen blir tapere. Dette kan utløse flere negative mekanismer, blant annet skolestress. Tiltak bør derfor settes i gang for å bedre en slik undervisningspraksis. Konkurransen i et klasserom er sammensatt av flere faktorer, og en av disse er skolens bruk av vurderingsformer (Skaalvik & Skaalvik, 2013). Mens den summative vurderingen er den formelle vurderingen som gis etter at et arbeid er avsluttet, kan den formative vurderingen betegnes som en «underveisvurdering». Fagfornyelsen har et sterkt fokus på at underveisvurderingen skal være en integrert del av opplæringen, og skal brukes til å fremme læring, tilpasse opplæring og øke kompetansen i alle fag (Utdanningsdirektoratet, 2020c). Analysen kan ikke bekrefte at underveisvurderinger ikke forekommer, men jeg ønsker å fremheve viktigheten av en slik vurdering. Kanskje hadde en karakterfri underveisvurdering gitt bedre opplevelser i læringsmiljøet og redusert den usunne konkurransetenkingen. Etter min mening ligger det gode muligheter for utvikling og læring ved bruk av underveisvurdering. En konstruktiv tilbakemelding kan blant annet bidra til at elevenes mentale innsats blir høyere.

I solcelleprosjektet ble det satt tydelige krav til sluttproduktet og det tradisjonelle karaktersystemet fra 1-6 ble tatt i bruk. Dette var noe 10. klassen var godt kjent med fra før. Dersom en annen summativ vurdering hadde blitt tatt stilling til, kunne det kanskje tenkes at karakterfokuset fikk mindre oppmerksomhet. Niss og Blum (2020) sier imidlertid at det er vanskelig å gi modelleringsoppgaver en god summativ vurdering, og at dette er noe som blir forsket mye på. Når lærer skal rette en modelleringsoppgave må nemlig ulike fremgangsmåter vurderes opp mot hverandre, og det er ikke sikkert at besvarelsen viser om elevene har vært kritiske til den brukte metoden. Niss & Blum (2020) tenker at en vurderingspraksis som er mer i tråd med selve modelleringssyklusen, der hvert steg forutsetter ulike evner, kanskje kunne bidratt med å fremme læring, og ikke hemme den.

5.3 Utholdenhet

Lav utholdenhet ble en utfordring innen matematisk modellering som preger flere av situasjonene i solcelleprosjektet. I koblingsøkten står jentene ved vinduet for å teste ut hvilke strømverdier de kan få av sollyset. Selv om J2 forholder seg undersøkende til grafen, melder resten av jentene seg fort ut av læringsprosessen. Det virker som at jentene bare er fornøyde med å få frem «noe» på grafen, og viljen til hardt arbeid er fraværende. En feil på grafen til SPARKvue er nok til at jentene gir opp og de sier at vinduet må lukkes fordi det blir for kaldt.

Regneøkten inneholder flere situasjoner hvor J1 prøver å beregne takets lengder ved hjelp av plantegning og målestokk. Det blir at en ikke forstår hva som skal gjøres, og er avhengig av lærerens støtte som reduserer oppgavens krav. Jentegruppen er generelt raske med å søke hjelp og støtte når utfordringene oppstår, og dette kan trolig knyttes til lav arbeidskapasitet. De er utålmodige i kontakt med lærer og ønsker gjerne å finne løsningen fortest mulig. Til tross for lav utholdenhet i regneøkten virker det som at jentene styres av indre drivkrefter og de ønsker å lykkes med oppgaven. Det sosiale snakket er tilnærmet lik null, se tabell 4.8.1, og jentenes arbeidsmoral er god.

Det var Albert Bandura (1997) som utviklet teorien om *mestringsforventning* som brukes om elevenes forventninger til å mestre konkrete oppgaver (funnet i Skaalvik & Skaalvik, 2013). Elever med høy mestringsforventning har større mot til å gå løs på utfordringer, og har større innsats og utholdenhet når de møter problemer (Skaalvik & Skaalvik, 2013, s. 153). Det finnes flere faktorer som påvirker mestringsforventningen, blant annet tidligere erfaringer, oppmuntring og støtte. I solcelleprosjektet var elevenes tidligere erfaringer med det ekstra-matematiske domenet, som nevnt tidligere, en sentral utfordring. Det er vanskelig å ta eierskap og initiativ i en kontekst som man ikke har faglig kunnskap eller erfaringer med. I flere av situasjonene gjorde dette at elevene ble både usikre og utrygge. Følelsen av kompetanse ble ikke stimulert, og dette kan ses i sammenheng med Deci og Ryans (2000) definisjon av indre motivasjon hvor følelsen av kompetanse er en viktig drivkraft for å engasjere seg i utfordrende oppgaver og for å ha utholdenhet når oppgavene blir krevende (Skaalvik & Skaalvik, 2013). Det er en klar sammenheng mellom motivasjon og mestring, og Bandura (1986) påpeker at erfaringer med å mislykkes er særlig uheldig i begynnelsen av en læringsprosess (Skaalvik & Skaalvik, 2013). I solcelleprosjektet var koblingen av elektriske kretser for vanskelig for elevene og førte til mangel på mestring tidlig i undervisningsopplegget. Hvis man derimot hadde gitt elevene gjentatte erfaringer med å lykkes i startfasen kunne mestringsforventningen blitt styrket, og det hadde vært et bedre utgangspunkt for videre modellering (Skaalvik & Skaalvik, 2013).

Det utmerker seg i analysen at utholdenhet er en mangelvare blant elevene, og dette er i samsvar med en OECD-undersøkelse (2014) basert på PISA. I en omfattende studie til TIMSS 1999 ble utholdenheten til elever fra flere ulike land observert og analysert. De fant ut at elever i Japan bruker i gjennomsnitt 15 minutter på en matematikkoppgave, mens andre land ligger på rundt 2-5 minutter (Hiebert et al., 2003). Japan sin læringsstrategi skiller seg ut ved at de bruker like lang tid på å overvåke og regulere metoden, som det å utføre den matematiske prosedyren. Økt fokus på læringsstrategi vil trolig bidra positivt til elevers matematiske aktivitet, og legger til rette for en selvregulert læring.

Den nobelprisvinnende Daniel Kahneman sin forskning lærer oss hvilke snarveier hjernen tar når informasjon vurderes og beslutninger må tas. I boken, *Thinking Fast and Slow*, skiller han mellom to ulike tankesystem hvor menneske foretrekker system 1 hvor man resonnerer automatisk, hurtig og følelsesdrevet. Dette er i motsetning til system 2 hvor en mer kontrollert, langsom og rasjonell tenking foregår. I en matematisk sammenheng må system 2 aktiveres for at læring skal utvikles, og dette kan oppleves som svært anstrengende (Kahneman, 2012). Det er likevel viktig å koble elever på tankesystem 2 i læringssituasjoner og engasjere deres matematiske tenking. Modelleringsoppgaver kan brukes til dette, og sammen med et økt fokus på læringsstrategier kan elever over tid bli bedre rustet og mer utholdende.

5.4 Matematikkunngåelse

Det var overraskende få utfordringer som ble registrert i det matematiske domenet, se tabell 4.8.1. Dette betyr ikke at matematikken var uten utfordringer, men heller at matematikken fikk en litt liten plass i solcelleprosjektet. Jeg har tidligere vært inne på at det var mange utfordringer i det ekstra-matematiske domenet som måtte løses i forkant, og at dette tok lengre tid enn først antatt. Til tross for dette oppsto det flere situasjoner hvor elevene kunne benyttet seg av matematikk, men istedenfor valgte de en snarvei rundt matematikken. En slik matematikkunngåelse mener jeg er en utfordring innen matematisk modellering, som jeg ønsker å rette søkelyset mot.

Som nevnt i teoridelen har blant annet studien til Jankvist og Niss (2019), og Galbraith og Stillmann (2006), kommet frem til at matematisering er det mest utfordrende steget i modelleringssyklusen. I tabell 4.8.1 fremstår utfordringen «matematisere» som en tom kategori, men dette var ikke tilfelle. I studien var det flere situasjoner som potensielt kunne blitt matematisert, men ofte var elevene opptatt av den enkleste utveien og det var ikke alltid et mål for dem å gå via matematikken. Siden det ikke alltid var gitt at elevene valgte å matematisere, ble utfordringene registrert under «valg av løsningsstrategi» og plassert utenfor matematisk modellering. Paralleller kan likevel trekkes mellom utfordringene da de begge viser at prosessen som knytter virkelighet og matematikk sammen er utfordrende for elever.

5.4.1 På hvilke måter unngår de matematikken?

I et større prosjekt vil mange elever prøve å redusere kompleksiteten ved å senke ambisjoner, skrive av eller prøve å finne ferdige metoder og svar (Angell et al., 2011). I min analyse er det særlig to ulike måter elevene klarer å unngå matematikken på. Det er viktig å påpeke at dette trolig ikke er bevisste tanker fra elevenes side, men mer naturlige fremgangsmåter som blir benyttet før en eventuell matematisering.

1. **Elevene tilkaller lærer som løser oppgaven for dem**

Under hele solcelleprosjektet var lærerne aktivt tilstede i klasserommet og dette førte til mye hjelp og støtte. Dette er tilsynelatende positivt da det er en omfattende oppgave og elevene trenger tilrettelagt veiledning. På den andre siden viser analysen til flere situasjoner hvor lærerne gir for *mye* hjelp, og topazeeffekten oppstår. I tabell 4.8.1 markeres dette med en «T», og det blir totalt registrert at lærer gir for mye hjelp hele 26 ganger. Læreren fremstår som en autoritet i klasserommet og elevene tilkaller lærer når utfordringene oppstår og de trenger en «fasit». Det blir vist til situasjoner hvor lærer demonstrerer hvordan oppgaven skal gjøres og fremmer sitt eget løsningsforslag. Situasjoner hvor lærer reduserer oppgavens krav gjennom forenklinger, omformuleringer og hint utmerker seg også i analysen. I noen tilfeller velger også lærer å avsløre svaret direkte til elevene. På denne måten bidrar læreres veiledning til at læringspotensialet blir redusert, eller i verste fall forsvinner helt. Elevene unngår både bruk og forståelse av matematikk, samt andre fagområder. Særlig blir utfordringene i det ekstra-matematiske domenet håndtert på denne måten.

2. **Elevene benytter seg ukritisk av informasjon fra eksperter og nettsider**

I løpet av solcelleprosjektet fikk elevene mulighet til å kontakte ulike eksperter, og ta i bruk ulike nettsider for å få tilgang til informasjon. En slik digital informasjonsinnhenting har blitt en naturlig del av vår hverdag, og det er derfor nyttige erfaringer å gi elevene. Informasjon fra ulike eksperter og nettsider førte også til variasjon da elvene fikk tak i ulike tall og data. Det er en viktig del av den matematiske modelleringen at ulik informasjon og antagelser fører til ulike resultat. Dette tatt i betraktning, vil også nye muligheter medføre nye utfordringer. I min analyse finner jeg flere situasjoner hvor elevene ukritisk benytter seg av informasjon fra eksperter og nettsider uten å reflektere over matematikken som ligger bak. Informasjonsinnhentingsøkten viser at J3 blir opphengt i setningen som sier at 50 solcellepanel dekker 70% av energien som brukes, og i samme økten bruker jentene mye tid på ulike solcellekalkulatorer. Solcelleprosjektet viser også til andre situasjoner hvor elevene benytter seg ukritisk av informasjon, og dette tar fokuset bort fra matematikken.

5.4.2 Hvordan motvirke matematikkunngåelser

For å kunne motvirke matematikkunngåelser må ulike redskaper som fremhever elevers tenking og læring i matematikk tas i bruk. Noen av tiltakene vil også ha en positiv innvirkning på de andre utfordringene som blir nevnt i oppgaven. Dette er fordi det ikke er et klart skille mellom utfordringene, og flere faktorer og tiltak vil kunne overlappe.

Læreren har en viktig oppgave med å støtte, oppmuntre og hjelpe elevene underveis i arbeidet. Hmelo-Silver et al. (2007) ser på læreres rolle som en forutsetning for hvor hensiktsmessig en arbeidsmåte er for elevenes læring. Lærer må ta utgangspunkt i elevenes tenking og veilede dem frem til egen kunnskap. Ofte er lærerne ikke bevist over dette synet på læring, og de kan lett «gli» inn i en tradisjon hvor tanken er å overlevere sin kunnskap til elevene (Botten, 2016). En slik lærerrolle er kanskje preget av kjennetegn fra egen tid på skolen.

I samtale med lærer kom det frem, i funn nummer 4, at lærer synes det var lett å hjelpe og støtte elevene. Dette blir begrunnet med at han kjenner elevene sine godt når de går i 10. trinn. Funnet blir betraktet som oppsiktsvekkende fordi det er i motsetning til hva som kommer frem i min analyse. Hva som ligger bak lærerens uttalelse kan jeg ikke svare sikkert på, men den kan bidra til å fremheve en bevissthet rundt veilederrollen. Som veileder skal lærer gi elevene både råd og tips, men samtidig unngå å gi selve løsningen på problemet. Balansen mellom å hjelpe, og å hjelpe til for mye, kan være vanskelig å finne (Botten, 2016). En lærer som gir for mye hjelp vil gjøre elevene en «bjørnetjeneste». Det tar fra dem retten til å prøve og feile, og derigjennom finne sin egen løsning, samtidig som det underbygger en feil oppfatning av hva matematikk innebærer (Botten, 2016). Det stilles store krav til lærerens veilederrolle, og Botten (2016) påpeker at det er en av de viktigste manglene ved matematikkundervisningen i norsk skole. Økt bevissthet rundt egen undervisningspraksis er viktig, der målet må være å fremme elevenes *egen* læring. Dette må veie tyngre enn ønsket om riktig svar, slik at ikke topazeeffekten oppstår. Lærer må innta en nysgjerrig og undrende holdning, og utfordre elevene gjennom dialog. Forskning viser stadig til ny kunnskap om ulike grep som kan tas i bruk, men det er lærerne som selv må inkludere dette i sin undervisning. I forkant av solcelleprosjektet hadde det trolig vært fordelaktig dersom lærerne hadde reflektert over hvordan de skulle hjelpe og støtte elevene uten at læringspotensialet ble redusert. På denne måten kunne matematikkunngåelser i større grad blitt motvirket, og modelleringsoppgaven kunne blitt utnyttet til det fulle.

I et senere undervisningsopplegg kunne matematikken enklere fått en sentral rolle, og gitt elevene verdifulle erfaringer. Som nevnt i teoridelen så finnes det ulike tilnærminger til matematisk modellering. Niss & Blum (2020) skiller mellom den holistiske, hvor elevene jobber med modelleringsprosessen i sin helhet, og den atomistiske tilnærmingen som fokuserer på bare en eller noen få delprosesser. Solcelleprosjektet er preget av en holistisk tilnærming hvor elevene inkluderes fra start til slutt. De besøker solcelleanlegget hos ASKO, kobler elektriske kretser, lager egne forslag til prosjektering av solcelleanlegg og skriver en argumenterende tekst som til slutt skal presenteres. Et slikt arbeid er nyttig med tanke på at det skaper en dypere forståelse av et virkelig problem, men samtidig er det utfordrende å jobbe med hele modelleringsprosessen når klassen mangler erfaringer. Som en tilvenningsfase til matematisk modellering hadde det kanskje vært fordelaktig å konsentrere undervisningen rundt utvalgte delprosesser.

Takberegningene i solcelleprosjektet kunne for eksempel fått en atomistisk tilnærming. Steg 2 i modelleringssyklusen Blum og Leiß (2007), handler om simplifisering og strukturering av den mentale modellen, og mange elever klarer ikke å pre-matematisere på en fornuftig måte. For å imøtekomme denne utfordringen kunne lærer for eksempel samlet klassen til en matematisk diskusjon. Sammen kunne de studert takets form som består av flere takflater i ulike høyder, og takutstikk med ulike lengder. Det er også flere hensyn som kan tas som med i beregningene, for eksempel skygger, hvor ubeskyttet takflaten er mot en eventuell fotballbane, og om det er plass til arbeidere som trenger å gå på taket.

Det finnes flere rammeverk og strategiske grep som lærer kan benytte seg av for å legge til rette for gode matematikksamtaler. Et eksempel på dette er Stein, Engle, Smith og Hughes (2008) sine fem praksiser som hjelper lærer både med planlegging og ledelse av matematiske samtaler som tar utgangspunkt i elevenes tenking. Den første fasen omhandler hvordan lærer forbereder undervisningen, mens de fire siste inngår i selve situasjonen. På denne måten hadde det vært lettere for både elever og lærer å ta tak i utfordringene som oppstår underveis. I tillegg hadde en atomistisk tilnærming til takberegningene gitt bedre forutsetninger til videre matematisering, og matematikkunngåelser kunne blitt forhindret. Andre atomiseringer i solcelleprosjektet kan også gjennomføres og ifølge Niss og Blum (2020) vil en slik tilnærming, som over tid beveger seg ulike steder i syklusen, føre til at modelleringskompetansen oppstår.

5.5 Oppgaveparadigmet

Oppgaveparadigmet et en overordnet utfordring som ikke direkte kan knyttes til tabell 4.8.1. En samlet vurdering av solcelleprosjektet indikerer likevel at dette er en utfordring som må betraktes. Matematisk modellering er en undervisningsform som skiller seg fra klassens vanlige matematikkregning, og dette påvirker både organiseringen, elevenes syn på faget og kommunikasjonsmønstrene som foregår mellom lærer og elev.

Solcelleprosjektet strakk seg over tre uker og hadde en åpen struktur som gav elevene mye fritt spillerom. I samtale med lærer, se funn nummer 1, kom det frem at dette var i motsetning til hva klassen var vant med. En tradisjonell matematikkundervisning hadde lenge stått sterkt, noe som indikerer at Alrø og Skovsmoses (2004) *oppgaveparadigme* finner sted. Oppgavene som elevene hadde fått tildelt tidligere har trolig vært preget av at de inneholder bare nødvendig data, skal kunne løses på kort tid og har en unik løsning (Niss & Blum, 2020). Elevene har mest sannsynlig vært vant med å fjerne konteksten raskest mulig, og hatt en lærer som sier ifra dersom noe er feil. Slike forventninger til matematikkoppgavene kan ses i sammenheng med klassens didaktiske kontrakt, beskrevet av Brousseau (1997). Det er mye som tyder på at undervisningsopplegget bryter denne kontrakten ved flere punkter, og særlig gjør den åpne strukturen det vanskelig for elevene å få oversikt over hva som må gjøres. I analysen finner jeg blant annet flere dialoger hvor elevene ikke vet hvilken løsningsstrategi som kan velges. I skriveøkten har jentegruppen vanskeligheter med å ta eierskap til oppgaven, og de bruker lærerens løsningsforslag for å komme seg videre i arbeidet. Guttegruppen er mer selvstendig og klarer, på eget initiativ, å komme opp med to ulike forslag til valg av løsningsstrategier: 1) få tak i eksperthjelp eller 2) gjennomføre et lite forsøk, men videre stopper det faglige arbeidet. Senere i skriveøkten virker det som at guttene blir usikre og utrygge rundt valget, og trolig er dette grunnen til at de gir opp.

Struktur og oversikt er viktige betingelser for at elevene skal kunne ta medansvar for egen læring. Elever som opplever mangel på dette vil lettere bli usikre og utrygge, og sjansene for å lykkes med arbeidet reduseres (Skaalvik & Skaalvik, 2013). Strukturering av arbeidsprosesser, milepælplaner, krav til loggføring og godkjenning av delprodukter er eksempler på støttestrukturer som kunne fremmet faglig fokus og fremdrift (Angell et al., 2011). Selv om elevene befinner seg i en undersøkende modus, kan også lærer sette klare forventninger til det faglige arbeidet. Dette betyr ikke at elevene fratas initiativ, selvstendighet og medbestemmelse, men tvert i mot vil det utgjøre bedre læringsrammer (Skaalvik & Skaalvik, 2013). I skriveøkten hvor flere forslag til læringsstrategier forekom, kunne lærer ledet elevene i en konstruktiv retning og samtidig vært med på å avgrense oppgaven, slik at en matematisering lettere kunne oppstått. Eventuelt kunne lærer gitt elevene informasjon om solcellepanelets helning dersom det ikke var aktuelt å gå dypere inn på akkurat det. Først etter at elevene har fått erfaringer innen matematisk modellering og blitt mer selvstendige, kan man avpasse bruken av styring og støttestruktur (Angell et al., 2011).

Problemstillingen som omhandler «Bør skolen investere i solceller?» er nært knyttet mot elevenes liv, og en virkelighetsnær måte å forholde seg til matematikk på. Undervisningsopplegget til ARGUMENT gir elevene muligheten til å utforske nære og ekte tall, samt diskutere ulike innfallsvinkler på problemstillingen. Til tross for dette viser diskusjonsøkten at guttegruppen begynner å dikte opp tall som de egentlig ikke har målt. De er mest opptatt av å gjennomføre oppgaven og raskt få et korrekt svar, noe som er sentralt innen Mellin-Olsens (1990) oppgavediskurs. At guttene er ute etter den enkleste utveien og ikke ser betydningen av å jobbe med realistiske tall, gjør at den matematiske forståelsen blir satt til side. I analysen uttrykker også jentegruppen flere ganger at «skolen kommer ikke til å gjøre det», noe som forsterker mitt inntrykk om at solcelleprosjektet ikke blir sett på som troverdig. Uansett hva elevene svarer på problemstillingen, vil det ikke ha noen betydning for skolens investeringer.

Det *undervisningsmessige perspektivet* til Blomhøj (2006) sier det er viktig å knytte matematikken til elevenes virkelighet, slik at det ikke blir to adskilte verdener. Han sier videre at å se nytten av matematikk vil bidra positivt til motivasjonen i faget. I utgangspunktet er solcelleprosjektet satt i en realistisk kontekst, og skolens samarbeid med den eksterne aktøren, ASKO, er blant annet et element som gjenspeiler det. Til tross for dette legges det ikke opp til at den argumenterende teksten skal publiseres eller deles med andre. Sluttproduktets betydning ser ut til å være overveiende for elevene, og kanskje hadde små grep utgjort en stor forskjell. En representant fra klassen kunne for eksempel gått til ledelsen med de ferdige argumenterende tekstene, og ledelsen måtte ha vurdert tekstene som seriøse forslag. Et ordentlig svar med gode begrunnelser kunnet videre kommet i retur til klassen. Solcelleprosjektet hadde på denne måten blitt enda mer reelt, og elevene kunne fått en opplevelse av å utgjøre en forskjell.

Ved å knytte problemstillingen sterkere til betydningen for miljøet og klima, kunne også nytteverdien blitt mer fremtredende. Alrø og Skovsmose (2004) påpeker at elevenes engasjement er viktig i undersøkelseslandskapet, og mange elever er engasjert i miljø og klima. Et sterkere miljøperspektiv hadde også bidratt positivt til indre motivasjon som springer ut av elevens egne interesser og verdier, og kvaliteten på arbeidet kunne økt. Ved å fremme nytteverdien og elevenes motivasjon, kunne kanskje matematikkunngåelser også blitt motvirket. Elevene hadde unngått snarveier fordi betydningen av realistiske tall hadde vært viktigere.

Utfordringene knyttet til oppgaveparadigmet ligger trolig på et overordnet og institusjonelt plan. Skolen, lærere og elever har alle forventninger til hva en matematikktime skal innebære, og tradisjonell undervisning har bidratt til klare rammer hvor alle parter har følt seg trygge (Niss & Blum, 2020). Selv om solcelleprosjektet åpner for en mer undersøkende virksomhet enn det klassen har vært vant med tidligere, blir flere tradisjoner likevel beholdt. Deriblant blir det tradisjonelle kommunikasjonsmønsteret mellom lærer og elever, topazeeffekten, observert mange steder i analysen. Lærer bør være mer bevisst rundt alternative måter å styre matematiske samtaler på, og elevinnspillene må lyttes til. Det er ikke slik at lærer trenger å sitte med en fasit, for gjennom utforsking kan reelle diskusjoner finne sted. Elevene må få mulighet til å tenke langsomme tanker og aktivere system 2, slik som Kahneman (2012) beskriver. Dette vil trolig bidra til at elevene øker sin matematiske kompetanse, og finner veien inn til alternative paradigmer. Selv om utforskende virksomheter medfører uforutsigbarhet, er det viktig å utfordre den tradisjonelle didaktiske kontrakten. Det må åpnes for nye læringsmuligheter og kommunikasjonsformer, og dette er ikke bare lærer sitt ansvar, men hele skolen som institusjon.

Fagfornyelsen har nylig lagt til rette for at elevene skal få tid og mulighet til å utforske dybden i ulike fagområder, og de anbefaler lærerne å søke en mer utforskende tilnærming (Utdanningsdirektoratet, 2020b). Eksamen er også tilpasset den nye opplæringen, og jeg har selv studert et oppgavesett som elevene i 1P potensielt kunne fått til eksamen våren 2021. Oppgavene er samlet i tre hovedkategorier, som gir elevene mulighet til å vise bredde i sin kompetanse (Utdanningsdirektoratet, 2021). Oppgavetype 3 er blant annet knyttet til modelleringsoppgaver, og elevene må selv gjøre antagelser, forklare fremgangsmåter, vise beregninger, begrunne og vurdere resultater (Utdanningsdirektoratet, 2021). Modelleringsoppgaver vil sammen med programmering, som også er et nytt element i fagfornyelsen, være med på å åpne for mer utforskende aktiviteter. En ny didaktisk kontrakt i norsk skole kan utformes over tid, og gjennom matematikkoppgavene kan elevene tilegne seg kunnskap som er nødvendig i dagens samfunn.

6 Avslutning

I dette siste kapittelet vil jeg samle trådene fra de tidligere kapitlene i en avsluttende konklusjon. Deretter vil jeg rette blikket mot studiens svakheter og begrensninger, før mine tanker om studiens betydning og veien videre blir diskutert.

6.1 Konklusjon

Formålet med studien har vært å få en bedre innsikt i hvilke utfordringer elevene møter i arbeid med matematisk modellering. Jeg har også sett på hvordan elevene håndterer noen av de oppståtte utfordringene. Fokuset har hovedsakelig ligget på startfasen i modelleringssyklusen, og funnene peker på fem utfordringer som har utmerket seg i studien: «det ekstra-matematiske domenet», «konkurransetenking», «utholdenhet» «matematikkunngåelse» og «oppgaveparadigmet».

Kunnskap om det ekstra-matematiske domenet er de første uunnværlige skrittene i en modelleringsprosess, og viste seg til å bli avgjørende i solcelleprosjektet. Det er viktig at det blir satt av nok tid til å bli kjent med konteksten, eller at det velges en kontekst som elevene har gode kunnskaper og erfaringer med fra før. På denne måten blir det enklere for elevene å gjøre relevante antagelser og utelukke ubetydelige detaljer. Dersom elevene i solcelleprosjektet hadde vært tryggere på det ekstra-matematiske domenet, kunne en matematisering også lettere ha forekommet. Konkurransetenking er en hovedutfordring som vil gjelde for skolen generelt, men trolig har matematikkfaget vært særlig utsatt da det ofte skilles mellom rett og galt, og med lite rom for skjønn. Det er en bred enighet om å ta avstand fra konkurranse i skolesammenhenger, og fagfornyelsens sterke fokus på underveisvurderinger kan virke forebyggende. Lav utholdenhet ble også en utfordring som utmerket seg i den matematiske modelleringen, og mange elever valgte å gi opp i møte med motstand. Dette kan ses i sammenheng med det ekstra-matematiske domenet som gikk over elevenes forutsetninger og påvirket motivasjonen. Matematisk tenking krever også en form for logisk tankegang som er kognitivt krevende, og kan oppleves som en anstrengende aktivitet. Som en konsekvens av dette må elevers utholdenhet trenes opp, og de vil trenge en riktig lærerstøtte med økt fokus på læringsstrategier.

I solcelleprosjektet er det mye som diskuteres i gruppene, men det er sjeldent at elevene setter seg ned for å gjøre matematiske beregninger. Ferdige metoder og svar blir funnet på ulike nettsider og eksperthjelpen gir elevene ferdige utregninger på epost. Elevene velger å tilkalle lærer når de trenger en «fasit» å forholde seg til, og ofte fører dette til at lærer gir for mye hjelp grunnet topazeeffekten. Matematikkunngåelser oppstår og dette er den fjerde utfordringen som utmerker seg i analysen. Det er synd at matematikken får en liten plass i modelleringsprosjektet og at elevene foretrekker en «snarvei» rundt. Matematikkunngåelser kan imidlertid motvirkes, og jeg vil blant annet trekke frem lærerens veilederrolle som en av de viktigste faktorene. I modelleringsoppgaver må lærer innta en mer nysgjerrig og undrende holdning, samtidig som at lærerstøtten må sikre elevenes faglige fokus og fremdrift. Dette er ingen enkel oppgave for verken lærer eller elever. Kanskje kunnet en atomistisk tilnærming til modellering vært en hensiktsmessig start.

Undervisningsopplegget til ARGUMENT gjør at den didaktiske kontrakten blir brutt på flere punkter, og en undersøkende virksomhet får mulighet til å vokse frem. Men selv om solcelleprosjektet bryter med det tradisjonelle klasserommet, viser funnene i studien at flere tradisjoner fortsatt henger igjen. Utfordringene knyttet til oppgaveparadigmet ligger på et høyrere og kanskje mer spennende plan, enn de andre utfordringene. Et paradigmeskifte i skolen er en omfattende prosess, og vil innebære vesentlige endringer for hele skolen som institusjon. Fagfornyelsens (LK20) inkludering av modellering og programmering er et viktig steg i riktig retning, og tidlig innsats vil forsterke mulighetene. En slik endring vil imidlertid ta noe tid å implementere i skolen. Lærere skal bli trygge i nye undervisningsformer og noen vil også markere motstand for nye måter å undervise på.

I samtale med lærer, se funn nummer 3, kom det frem at «elever ikke er små forskere som higer etter kunnskap», og at dette var et litt for optimistisk syn på elevene. Basert på funnene gjort i denne studien kan det se ut som lærer har delvis rett, og at en mangfoldig elevgruppe består av ulike kunnskapsnivå, læringsstiler og interesser. Over tid kan likevel en systematisk og tilrettelagt undervisning i modellering gi alle elever gode forutsetninger for å lykkes.

6.2 Studiens svakheter og begrensninger

Det er flere svakheter og begrensninger i denne studien, og disse er i hovedsak knyttet til metoden som er brukt. En av svakhetene i analysemetoden min er at jeg i hovedsak var alene når koder og kategorier ble utarbeidet. En fagfelle som hadde foretatt deler av kodefasene kunne bidratt til å avdekke nye utfordringer i datamaterialet, samt bekrefte likheter. Kodene og kategoriene hadde imidlertid ikke blitt helt like, og Charmaz (2014) sier at forskerens forforståelse vil påvirke resultatet. Likevel kunne sammenhenger i kodefasene blitt oppdaget, noe som hadde bidratt til mer troverdige funn. En annen svakhet er at jeg ikke var til stede da undervisningsopplegget utspilte seg. Siden datainnsamling og dataanalyse er gjentatte dynamiske prosesser, betyr dette at jeg som forsker mister en del av analysen (Postholm, 2010). Det kan også ha oppstått tilfeller hvor jeg går glipp av viktig informasjon som verken har blitt fanget opp på video- eller lydopptak.

Triangulering har blitt tatt i bruk for å kvalitetssikre studien og øke troverdigheten. Jeg har gjennomført et intervju med læreren, og dette gav utfyllende informasjon og nye synspunkter. Ettersom lærer var lite tilgjengelig, ble det ikke gjennomført flere samtaler med han. Uformelle samtaler med én av de involverte professorene har blitt utført, men det hadde vært interessant med et intervju for å høre professorenes tanker knyttet til selve gjennomføringen av solcelleprosjektet. En samtale med elever fra jente- og guttegruppen hadde også vært verdifullt og «member-checking» kunne blitt benyttet. Dette innebærer at elevene må si om de kjenner seg igjen i beskrivelsene og tolkningene som har blitt gjort (Postholm, 2010). På denne måten hadde elevene fått mulighet til å si seg enig eller uenig i tolkningene, samtidig som de kunne kommet med viktig tilleggsinformasjon. Dessverre var det ikke mulig å kontakte elevene fordi de hadde gått ut av ungdomsskolen.

Det er særlig fem utfordringer som har utmerket seg studien, og det er viktig å understreke at disse i hovedsak inngår i startfasen. Jeg deltok ikke personlig i undervisningsopplegget, og har ikke datamateriale fra resten av øktene. Fasene som utspilles senere i prosjektet kan derfor inneholde egne utfordringer, som ikke kommer frem i denne oppgaven. En annen begrensning i studien er at underutfordringene i tabell 4.8.1 er veldig spesifikke og rettet mot solcelleprosjektet. Tabellen vil derfor se annerledes ut i et annet undervisningsopplegg, og særlig er underutfordringene ikke overførbare. Samtidig bidrar de spesifikke kategoriene til å gi et detaljert bilde av de utfordringene som oppstod under solcelleprosjektet. De fanger informasjonen mye bedre enn dersom jeg bare hadde benyttet hovedkategoriene. For å kunne studere bredden i elevenes utfordringer, trengs det flere studier som inkluderer andre kontekster, skoler og trinn.

Når lærerne gir for *mye* hjelp i solcelleprosjektet, knyttes dette til topazeeffekten beskrevet av Brousseau (1997). Implisitt og eksplisitt topazeeffekt, samt traktkommunikasjon, nevnes i analysen, og i opptellingen registreres hjelpen med en «T». Jeg kunne videre supplert opptellingen med mer nyanserte markeringer, og sett nærmere på hvilke grep lærerne bruker i dialogene. I koblingsøkten finnes det for eksempel et par tilfeller hvor lærer demonstrerer og gjennomfører store deler av koblingen. Det er lite rom for elevinnspill, og kanskje hadde det vært hensiktsmessig og knyttet lærerens hjelp til det Drageset (2014) kaller for *demonstrering*[2]. En slik utviding ville imidlertid gått utover min problemstilling, og lærerne sin hjelp ble derfor begrenset til topazeeffekten i studien.

Selv om tabell 4.8.1 viser at mange utfordringer ikke blir løst, så har flere av utfordringene blitt løst på et senere tidspunkt. Dette kan jentenes sluttprodukt, den argumenterende teksten, bekrefte. Jeg ble positivt overrasket over tekstens kvalitet, der jentene viser både til gode refleksjoner og matematiske beregninger. En begrensning i studien er at jeg ikke har innsyn i hvordan dette har gått for seg, og kan videre bare spekulere. Har utfordringene blitt løst gjennom en massiv lærerstøtte, eller har elevene hjulpet hverandre slik som lærer fremhever i intervjuet (se kapittel 4.9)? En læringsprosess kan også ha oppstått på et senere tidspunkt som jeg ikke har tilgang til. Jeg har heller ikke fått innsyn i guttenes tekst fordi prosjektet ARGUMENT fikk tilsendt en kryptert versjon som ikke kunne åpnes, og dette kan også ses på som en begrensning. Siden elevene har gått ut av ungdomsskolen, har teksten også blitt automatisk slettet fra skolens It's Learning.

[2] Drageset (2014) har utviklet rammeverket *«Redirecting, progressing, and focusing actions—a framework for describing how teachers use students' comments to work with mathematics»* som kan brukes til å analysere matematiske samtaler i klasserommet. Drageset (2014) viser også til andre begreper som kan knyttes til topazeeffekten. Eksempler på dette er det Lithner (2008) kaller for «guided algorithmic reasoning» og Wood (1998) sitt begrep «funneling» som kan ses i sammenheng med traktkommunikasjonen. Sammen med topazeeffekten beskriver de alle fenomener hvor lærer utfører hovedarbeidet og reduserer oppgavens kompleksitet (Drageset, 2014).

6.3 Studiens betydning og veien videre

I denne studien har jeg sett på hvilke utfordringer som elevene møter i arbeid med matematisk modellering. Fokuset har hovedsakelig ligget på startfasen i modelleringssyklusen, og jeg har også belyst hvordan elevene håndterer noen av de oppståtte utfordringene. Ved hjelp av forskningsmetoden konstruktivistisk grounded theory har det blitt utarbeidet en tabell med elevers utfordringer innen matematisk modellering, se tabell 4.8.1. Hovedutfordringene mener jeg er overførbare til andre undervisningsopplegg, og vil derfor oppmuntre andre lærere og lærerstudenter til å ta i bruk hovedkategoriene mine. De spesifikke kategoriene kan man selv lage til sin egen undervisning i matematisk modellering. Oppgaven viser også at elevenes håndtering av oppståtte utfordringer får en stor betydning for hvordan modelleringsarbeidet utspiller seg. Skolen og lærerne bør derfor reflektere over sin undervisningspraksis, slik at blant annet matematikkunngåelser kan motvirkes.

Siste fasen i forskningsmetoden grounded theory er den selektive kodingen og det er her forsker prøver å finne selve kjernekategorien som er forskningens hovedanliggende. Denne fasen blir ikke vektlagt i studien, men jeg vil likevel betrakte mine fem funn som forslag til kjernekategorier. Selv om flere av utfordringene går utover selve modelleringen, kan det tenkes at de hadde blitt sentrale i en videre teoriutvikling av modelleringsaktiviteter, eller matematikkundervisning som sådan. Ved å finne relasjoner mellom de ulike kategoriene kunne også flere utfordringer blitt integrert under en felles kjernekategori. Kjernekategorien kunne på denne måten blitt en empirisk veiviser for videre datainnsamling (Hjälmhult, 2014). Teoriutvikling blir sett på som en krevende fase, og ideelt sett fortsetter analysen helt til datainnsamlingen ikke gir nye kategorier, men bare bekrefter teorien (Hjälmhult, 2014, s. 31).

Matematisk modellering er et nytt kjerneelement i fagfornyelsen (LK20) og mange lærere etterspør gode undervisningsopplegg. Selv om det finnes en overflod av eksisterende materiale, fremhever Niss og Blum (2020) at lærere synes det er vanskelig å finne et passende opplegg for sin klasse. Lærerne setter høye krav til det matematiske temaet og den ekstra-matematiske konteksten som begge skal samsvare med elevenes kompetanse. Dette kommer også frem i min studie, se funn nummer 2, hvor lærer sier det er vanskelig å finne relevante undervisningsopplegg og føler et tidspress knyttet til andre kompetansemål som må følges. Det kan se ut som at for strenge krav til modelleringsoppgaver bidrar til å sette en stopper, og dette er synd da det finnes mye forskning og gode begrunnelser for å inkludere modellering i undervisningen (se kapittel 2.3). Det tverrfaglige solcelleprosjektet til ARGUMENT er av kvalitet og gir elevene mulighet til å se sammenhenger mellom ulike fagområder, samt utvikle evnen til å tenke- og reflektere kritisk (Utdanningsdirektoratet, 2020a). Dette er i tråd med de nye læreplanene som Kunnskapsdepartementet har fastsatt, og som nå blir tatt i bruk i skolen. På denne måten kan dybdelæring oppstå, samtidig som at undervisningsopplegget bryter ned matematikkfagets isolasjon i skolen. Det er ikke til å unngå at utfordringer oppstår underveis i denne prosessen, og jeg ser et behov for videre forskning rundt elevers utfordringer knyttet til matematisk modellering. Det er derfor ønskelig med flere liknende studier som kan fange opp flere utfordringer og aspekter. På denne måten kan lærer lettere forberede seg på å støtte og hjelpe elevene i modelleringsarbeidet sitt.

Det hadde også vært spennende å se nærmere på lærernes utfordringer knyttet til matematisk modellering, og en problemstilling kunne for eksempel vært: «Hvilke utfordringer møter lærer i arbeid med matematisk modellering?». I likhet med elevene stiller modelleringsoppgaver høye krav til lærerens matematiske- og ekstra-matematiske kunnskap, men i tillegg må lærer anvende en riktig lærerstøtte til de ulike elevene. Det hadde vært interessant å identifisere ulike former for topazeeffekt, men også andre grep som kommer frem i matematiske samtaler. Lærerens egen bevissthet knyttet til bruken, hadde også vært spennende å vite mer om.

Det jeg har lært i denne studien vil jeg ta med meg videre inn i læreryrket. Jeg ønsker å gjennomføre en variant av solcelleprosjektet til ARGUMENT, og dette vil gi meg en dypere innsikt i både elevenes og lærens utfordringer. En videreutvikling av tabell 4.8.1 vil trolig kunne oppstå hvor nye utfordringer kan inkluderes, mens andre kanskje ekskluderes. Jeg ser også frem til å teste andre undervisningsopplegg innen matematisk modellering, samt lage egne modelleringsaktivteter. Jeg er forberedt på at utfordringer vil oppstå og ønsker videre å løse disse på best mulig måte, uten at oppgavens læringspotensial blir redusert. Målet er at matematisk modellering skal bli en del av matematikkundervisningen i skolen, og ikke bare en tre ukers «happening».

Referanser

Alrø, H., & Skovsmose, O. (2004). *Dialogue and learning in mathematics education. Intention, reflection, critique*. (Vol.29). Springer Science & Business Media.

Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Høyskoleforlaget.

argument.uib.no. (2019). *Prosjektbeskrivelse* Hentet fra: https://argument.uib.no/prosjektbeskrivelse/

Blomhøj, M. (1994). Udfordrende matematik- undervisning - vanskelig, men nødvendig. I G. Nissen & M. Blomhøj, *Hul i kulturen. Sæt matematikken på plads*. CRME, 77-97.

Blomhøj, M. (2006). Mod en didaktisk teori for matematisk modellering. I O. Skovsmose & M. Blomhøj (Red.), *Kunne det tænkes? – om matemtiklæring*. Malling Beck, 80-109.

Blomhøj, M. & Jensen, T. H. (2003). *Developing mathematical modelling competence: conceptual clarification and educational planning*. Teaching Mathematics and its Applications: An international journal of the IMA, 22(3), 123-139.

Blomhøj, M. (2003) Modellering som undervisningsform. I O. Skovsmose & M. Blomhøj (Red.) *Kan det virkelig passe? - Om matematikklæring*. L&R Uddannelse, 51-71.

Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? I C. Haines, P. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Red), *Mathematical modelling: education, engineering, and economics*. ICTMA, 12, 222-23.

Blum, W. (2015). Quality Teaching of Mathematical Modelling: What Do We Know, What Can We Do? I *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education*. Springer, 73-96,

Botten, G. (2016). *Matematikk med mening, mening for alle*. Caspar forlag.

Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics 1970*. (N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland & V. Warfield, Eds. & Trans.)

Charmaz, K. (2014). *Constructing grounded theory*. Sage.

Cohen, L., Morrison, K., & Manion, L. (2011). Validity and reliability. I *Research methods in education*. (7. utg., s. 179-180). Routledge.

Creswell, J.W. (2007). *Qualitative inquiry and research design. Choosing among five traditions*. Saga Publications.

Drageset, O. G. (2014). Redirecting, progressing, and focusing actions—a framework for describing how teachers use students' comments to work with mathematics. *Educational Studies in Mathematics, 85(2), 281-304.*

Flyvbjerg, Bent. (2010). Fem misforståelser om casestudiet (Five Misunderstandings about Case-Study Research) I Brinkmann, S., & Tanggaard, L. *Kvalitative metoder*. Hans Reitzels Forlag, 463–487.

Galbraith, P. & Stillman, G. (2006). *A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process*. ZDM, 38(2), 143-162.

Geertz, C. (1973). Thick Description: Toward an Interpretive Theory of Cultures. I *The Interpretation of Cultures: Selected Essays*. Basic Books.

Gold, R. L. (1958). Roles in sociological field observations. *Social forces,* 36(3), 217-223.

Hjälmhult, E. (2014) Å identifisere hovedutfordringen til deltakerne – nøkkelen til hele teorien? I Hjälmhult, E., Giske, T og Satinovic. M. red. *Innføring i grounded theory.* Akademika Forlag, 25-36.

Hovland, B. I., Bakken, K., Dale, O., Johnsen, W., Lunde, T., Melsom, P. A., & Wifstad, Å. (2009). Veiledning for forskningsetisk og vitenskapelig vurdering av kvalitative forskningsprosjekt innen medisin og helsefag. *Kvalitative forskningsprosjekt innen medisin og helsefag-NEM*.

Hmelo-Silver, C. E., R. G. Duncan og C. A. Chinn (2007). *Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning*: A responce to Kirschner, Sweller, and Clark Educational Psychologist, 42(2), 99-107.

Hiebert, J., Gallimore, R., Garnier, H., Givvin, K. B., Hollingsworth, H., Jacobs, J., Chiu, A. M.-J., Wearne, D., Smith, M., Kersting, N., Manaster, A., Tseng, E., Etterbeek, W., Manaster, C., Gonzales, P., & Stigler, J. (2003). *Teaching Mathematics in Seven Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study*. DIaNe Publishing.

Jankvist, U. T. & Niss, M. (2019). Upper secondary school students' difficulties with mathematical modelling. *International Journal of mathematical education in science and technology*. 51(4), 467-496.

Johannessen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (5. utg.). Abstrakt forl.

Kahneman, D. (2012). *Thinking, Fast and Slow*. Penguin Books.

Kompetanse Norge. (2019). *Vurdering for læring*. Hentet 2021 fra: https://www.kompetansenorge.no/Norsk-og-samfunnskunnskap/Vurdering/

Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju*. (3. utg.). Gyldendal Akademisk.

Mellin-Olsen, S. (1990). Oppgavediskursen. I G. Nissen & J. Bjørneboe (red.). *Matematikundervisning og Demokrati*, 47-64.

Nilssen, V. L. (2012). *Analyse i kvalitative studier: den skrivende forskeren*. Universitetsforlaget.

Niss, M. & Blum, W. (2020) *The Learning and Teaching of Mathematical Modelling*. Routledge.

Niss, M., & Jensen, T. H. (2002). *Kompetencer og matematiklærin: Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. Undervisningsministeriets forlag.

OECD, (2014). *Have students have the drive to succeed?* Paris: OECD Publishing. Hentet fra: https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisainfocus/pisa-in-focus-n37-(eng)-final.pdf

Postholm, M. B. (2010). *Kvalitativ metode - En innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier*. Universitetsforlaget.

Postholm, M. B. & Jacobsen, D. I. (2011). *Læreren med forskerblikk – Innføring i vitenskapelig metode for lærerstudenter*. Høyskoleforslaget.

Novotná, J., & Hošpesová, A. (2007). What is the price of topaze? I *Proceedings of the 31st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4), 25-32.

Skaalvik, E. M. & Skaalvik, S. (2013). *Skolen som læringsarena: selvoppfatning, motivasjon og læring*. Universitetsforlaget.

Skott, J., Jess, K., & Hansen, H. (2016). *Matematik for lærerstuderende. Delta. Fagdidaktik.* Forlaget Samfundslitteratur.

Skovsmose, O. (2003) Undersøgelseslandskaber. I O. Skovsmose & M. Blomhøj (Red.) *Kan det virkelig passe? - Om matematikklæring*. L&R Uddannelse, 51-71.

Stake, R. E., & Trumbull, D. J. (1982). Naturalistic generalizations. *Review Journal of Philosophy and social science*, *7*(1), 1-12.

Steinbring, H. (1998). Elements of Epistemological Knowledge for Mathematics Teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 1(2), 157-189.

Stein, M. K., Engle, R. A., Smith, M. S., & Hughes, E. K. (2008). Orchestrating productive mathematical discussions: Five practices for helping teachers move beyond show and tell. *Mathematcal thinking and learning*, 10(4), 313-340.

Strømskag, H. (2020). Teorien for didaktiske situasjoner i matematikk: Et systemisk rammeverk for å utvikle og studere matematikkundervisning. I V. Nilssen & S.-M. Høynes (Eds.), *Samtaleorientert matematikk: Et samspill mellom didaktiske og adidaktiske situasjoner* (s. 25–80). Fagbokforlaget.

Utdanningsdirektoratet. (2021). *Eksempeloppgaver i matematikk 1P*. Hentet 14. februar 2021 fra: https://www.udir.no/eksamen-og-prover/eksamen/eksempeloppgaver/eksempeloppgaver-i-matematikk-p/#

Utdanningsdirektoratet. (2020a). *Læreplan i matematikk fellesfag Vg1 teoretisk*. Hentet 8. mai 2021 fra: https://data.udir.no/kl06/v201906/laereplaner-lk20/MAT09-01.pdf

Utdanningsdirektoratet. (2020b). *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen*. Hentet 1. januar 2021 fra: https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/

Utdanningsdirektoratet. (2020c). *God underveisvurdering*. Hentet 3. mars 2021 fra: https://www.udir.no/laring-og-trivsel/vurdering/om-vurdering/underveisvurdering/