

Øivind Estensen

Hvordan påvirke elevers følelser, holdninger og forestillinger om matematikk

En studie av effekten av en undervisningsøkt
basert på teorien for didaktiske situasjoner

Masteroppgave i Lærerspesialist - matematikdidaktikk (8.-10. trinn)

Veileder: Eivind Kaspersen

Mars 2022

Øivind Estensen

Hvordan påvirke elevers følelser, holdninger og forestillinger om matematikk

En studie av effekten av en undervisningsøkt basert
på teorien for didaktiske situasjoner

Masteroppgave i Lærerspesialist - matematikdidaktikk (8.-10. trinn)
Veileder: Eivind Kaspersen
Mars 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap
Institutt for lærerutdanning



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Denne studien handler om hvordan elevenes forestillinger, holdninger og følelser til matematikk påvirkes av et undervisningsopplegg basert på teorien for didaktiske situasjoner. Studiens forskningsspørsmål er: *Hvilke holdninger og forestillinger har elever om matematikk og seg selv i matematiske situasjoner og hvordan kan disse påvirkes av et undervisningsopplegg basert på teorien for didaktiske situasjoner?* Formålet med studien er å finne ut om det er tilstrekkelig å drive med utforskende undervisning som et avbrett fra den vanlige undervisningen dersom målet er å endre elevenes holdninger, eller om slik undervisning må gjennomføres oftere.

For å besvare forskningsspørsmålet ble undervisningen gjennomført som en intervensjon med 34 deltagere. Undervisningen var planlagt etter teorien for didaktiske situasjoner. I for- og etterkant av økta fylte elevene ut et spørreskjema som kartla holdninger til matematikk. I tillegg ble tre elever intervjuet om sine erfaringer fra den aktuelle økta. Resultatene tolkes ut fra teorier om forestillinger, holdninger, følelser og motivasjon.

Studien viser at elevene har stabile holdninger etter undervisningsøkta, det ser altså ut til at en enkelt intervensjon med TDS-undervisningen hadde liten effekt på gruppenivå. Samtidig kommer det fram at elevene har forestillinger om matematikk som et viktig fag. Elevene opplever at dette gjenspeiles i TDS som metode, hvor matematikken framstilles som nyttig og relevant. Samtidig er det motiverende å arbeide med uvante metoder hvor det skal løses et konkret problem. Elevene forteller hvordan negative følelser i arbeid med vanskelige oppgaver er demotiverende. Den didaktiske fasen i TDS trekkes fram som en mulighet til å øke elevenes motivasjon og mestringstro. Gjennom å bruke gruppearbeid som stillas og designe et miljø som legger til rette for positive følelser kan elevene oppleve mestring og dermed få økt mestringstro til lignende undervisning på et senere tidspunkt. Studien viser ikke om dette faktisk er tilfelle, derfor bør man gjennomføre flere lignende økter for å undersøke effekten på elevenes mestringstro og selvtillit.

For å planlegge en økt som motiverer må miljøet ivareta elevenes behov for kompetanse, autoritet og tilhørighet. TDS ser ut til å være egnet til dette, men det krever at læreren bruker tid i forkant til å planlegge undervisningen godt nok. TDS er en krevende undervisningsform, men samtidig er den egnet for forskning på egen praksis. Studien antyder at utforskende undervisning kan være godt egnet til å heve elevers forestillinger om matematikk, og at det på sikt også kan styrke elevenes forestillinger om seg selv. Det kan også se ut til at holdninger som motivasjon og mestringstro kan styres i positiv retning av denne typen undervisning. Hvilke følelser som utløses er avhengig av om miljøet støtter elevene i problemløsningsfasen.

Abstract

This study is about how students' beliefs, attitudes and feelings towards mathematics are affected by a teaching plan based on the theory of didactic situations. The study's research question is: *What attitudes and beliefs do students have about mathematics and themselves in mathematical situations and how can these be influenced by a teaching plan based on the theory of didactic situations?* The purpose of this study is to find out whether it is sufficient to engage in inquiry based learning activities (IBL) as a break from the regular teaching if the goal is to change the students' attitudes, or IBL must be carried out more often.

To answer the research question, the teaching was conducted as an intervention with 34 participants. The teaching was planned according to the theory of didactic situations. Before and after the lesson, the students filled out a questionnaire that mapped attitudes towards mathematics. Additionally, three students were interviewed about their experiences from the aforementioned lesson. The results are analysed based on theories of beliefs, attitudes, emotions, and motivation.

The study shows that the students have stable attitudes after the lesson, thus it seems that a single intervention with the TDS teaching had little effect on a group level. Concurrently, it appears that students have notions of mathematics as an important subject. The students experience that this is reflected in TDS as a method, where mathematics is presented as useful and relevant. Albeit it is motivating to work with unfamiliar methods where a specific problem is to be solved, the students describe how negative emotions in working with difficult exercises are demotivating. The didactic phase in TDS is highlighted as an opportunity to increase students' motivation and self-efficacy. By utilising group work as scaffolding and designing an environment that facilitates positive emotions, students can master experiences and gain increased self-efficacy in similar situations at a later date. The study does not show whether this is actually the case, therefore one should conduct several similar lessons to examine the effect on students' self-efficacy and self-confidence.

In order to plan a lesson that motivates, the learning environment must support the students' needs for competence, authority and belonging. TDS seems to be suitable for this, but it requires the teacher to spend time in advance to plan the teaching well enough. TDS is a demanding form of teaching, but at the same time it is suitable for research of one's own practice. The study suggests that exploratory teaching can be well suited to elevate students' ideas about mathematics, and eventually also strengthen the students' self-perceptions. Also, there is evidence to suggest that attitudes such as motivation and self-efficacy can be steered in a positive direction by this type of teaching. What emotions that are triggered depend on whether the environment supports the students in the problem-solving phase.

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på min videreutdanning i lærerspesialist i matematikk ved NTNU. Selv om det til tider har vært krevende å kombinere jobb og studier, har jeg utviklet min kunnskap sammen med dyktige medstudenter og lærere. Det er mange jeg ønsker å takke for å ha hjulpet meg med den tidkrevende prosessen det er å skrive en masteroppgave.

Jeg vil først takke min veileder Eivind Kaspersen for at han hele veien har hatt tro på prosjektet og sett muligheter når jeg har møtt motstand. Gjennom gode veiledningsøkter og samtaler har jeg utviklet mitt syn på hva som er god forskning og akademisk skriving.

Gjennom hele studieperioden har jeg opplevd støtte av kollegene på jobb. Jeg vil rette en spesiell takk til Marit og Ann-Helen, som har hjulpet med korrekturlesing og kritiske blikk på teksten.

Jeg har hele veien kjent på støtten fra venner og familie, spesielt min kjære Inger Karoline. Du har vært en trygg havn når motivasjonen har vært lav.

Den største takken må jeg likevel gi til elevene mine. Hadde det ikke vært for dere hadde det ikke blitt noen oppgave. Dette gjelder både dere som stilte opp for spørreundersøkelser og intervju, men også de blide ansiktene jeg møter i klasserommet hver eneste dag.

Trondheim, mars 2022

Øivind Estensen

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Forskningsspørsmål	2
1.2	Begrepsavklaringer	3
	Oppgavens oppbygging	3
2	Teoretisk rammeverk	5
2.1	Det affektive området i matematikk	5
2.1.1	Forestillinger	5
2.1.2	Følelser	6
2.1.3	Holdninger	7
2.2	Verdi, selvtillit og motivasjon i ATMI	7
2.3	Utforskende undervisning	9
2.3.1	Teorien for didaktiske situasjoner (TDS)	10
3	Metode	12
3.1	Flermetodedesign	12
3.1.1	Kvasi-eksperiment	14
3.1.2	Undervisningsopplegget: Sykkelfabrikken	15
3.2	Kvantitativ metode: Spørreundersøkelse	15
3.2.1	Instrument: Attitudes Towards Mathematics Index	16
3.2.2	Datainnsamling og utvalg	17
3.2.3	Troverdighet	17
3.2.4	Analysemetode: T-test og Wilcoxon signed-rank test	19
3.3	Kvalitativ metode: Dybdeintervju	20
3.3.1	Instrument: Intervjuguide	20
3.3.2	Datainnsamling og utvalg	21
3.3.3	Troverdighet	21
3.3.4	Analysemetode: Tematisk analyse	22
3.4	Forskningsetiske betraktninger	23
3.4.1	Forskning på egen praksis	24
4	Analyse og resultater	26
4.1	Kvantitativ analyse	26
4.1.1	Deskriptiv statistikk	26
4.1.2	Statistiske tester	27
4.2	Kvalitativ analyse	28
4.2.1	Selvtillit og mestringstro	29
4.2.2	Positive følelser gir motivasjon	30

4.2.3	Negative følelser er demotiverende	31
4.2.4	Matematikk er viktig	32
4.2.5	Samarbeid og metoder	33
5	Diskusjon.....	35
5.1	Begrepene følelser, holdninger og forestillinger	35
5.2	Den didaktiske fasen kan støtte elevenes forestillinger og motivasjon	36
5.3	TDS påvirker elevenes følelser i stor grad.....	38
5.4	Holdninger kan være et flytende begrep.....	38
5.5	Tilbake til klasserommet	39
6	Avslutning.....	41
6.1	Begrensninger og troverdighet.....	42
6.2	Implikasjoner for videre praksis og forskning	42
7	Referanser	44
8	Vedlegg	50

Figurer

Figur 1. Det affektive området, etter McLeod (1992)	5
Figur 2. Undervisningsforløpet i TDS	10
Figur 3. Sekvensielt forklarende design, etter Andersen (2017)	13
Figur 4. Triangulering, etter Andersen (2017)	13

Tabeller

Tabell 1. Tabell fra "Sykkelfabrikken". (Meria, u.d.)	15
Tabell 2. Påstander fra ATMI	16
Tabell 3. Gjennomføring av undersøkelse og eksperiment.....	17
Tabell 4. Kendalls tau.....	18
Tabell 5. Skjevhet, kurtose og K-S test.	19
Tabell 6. Deskriptiv statistikk av variablene	27
Tabell 7. Resultater fra t-test og Wilcoxon signed-rank test	28

1 Innledning

Utforskende undervisning blir gjerne brukt som et avbrekk fra den tradisjonelle undervisningen, noe lærere gjør av og til for å variere innholdet i matematikktimene (Bergem et al., 2016; Kunnskapsdepartementet, 2015). Samtidig blir utforskende undervisning dratt fram som et kjennetegn på god matematikkundervisning, fordi både læring og indre motivasjon ser ut til å øke (Wæge & Nosrati, 2015). Ideelt sett burde lærere derfor drive med utforskende undervisning på daglig basis. Det kan likevel oppleves krevende å skulle endre undervisningspraksis bort fra det man er vant med å gjøre. I denne oppgaven vil jeg derfor undersøke om utforskende undervisning gjennomført som en enkelthendelse har effekt på elevenes holdninger til matematikk.

Vi vet fra tidligere forskning at norske klasserom er preget av tradisjonell, lærerstyrt, undervisning (Alseth et al., 2003; Kunnskapsdepartementet, 2015; Olsen, 2013). En rapport i kjølvannet av PISA 2012 viste at norske elever i mindre grad enn andre elever i OECD møter på kognitivt krevende oppgaver i matematikk. I tillegg var det bare 21% av elevene som oppga at de ofte eller i de fleste timene fikk arbeide i små grupper for å komme fram til en felles løsning på et problem eller en oppgave (Olsen, 2013). Disse kognitivt krevende oppgavene løst sammen i grupper, er ofte et kjennetegn på utforskende undervisning (Pedaste et al., 2015). I den samme PISA-undersøkelsen så man at norske elevers indre motivasjon for matematikk var lavere enn snittet i OECD-landene (Jensen & Nortvedt, 2013). Motivasjon er bare én del av det affektive området som kan kalles holdninger, men den manglende motivasjonen gir en pekepinn på noen utfordringer i matematikkundervisningen. I Teaching and Learning International Survey (TALIS) 2018 svarte 68% av norske ungdomsskolelærere at de «aldri» eller «i liten grad» klarte å motivere elever som viste svak interesse for skolearbeidet (Carlsten et al., 2021). I denne studien vil jeg finne ut om utforskende undervisning basert på teorien for didaktiske situasjoner (TDS) kan være en løsning på noen av utfordringene som kommer fram i disse undersøkelsene.

OECD-rapporten i etterkant av PISA 2012 slår fast at arbeid med følelser, holdninger og forestillinger er viktige faktorer i matematikkundervisningen. Ifølge rapporten fører en økning innenfor det affektive området til at elevene i større grad utvikler sin matematiske kompetanse (OECD, 2013). Funnene støttes av en metastudie, som viser at elevenes prestasjoner henger sammen med elevenes holdninger til matematikk (Ma & Kishor, 1997). En interesse for matematikk vil, ifølge PISA-undersøkelsen, føre til at elevene ønsker å bruke matematikk både i dagliglivet, utdanning og yrkesliv. Det vektlegges derfor at arbeid med problemløsning vil øke både kompetansen og holdningene til elevene (OECD, 2013). Både internasjonalt og i Norge har vi altså sett et skifte hvor utvikling i matematikk inkluderer både kognitive ferdigheter og affektive verdier, som holdninger, følelser og forestillinger.

Også de norske læreplanene legger til rette for utforskende undervisning. Ludvigsen-utvalgets kunnskapsgrunnlag, «Elevenes læring i fremtidens skole», slår fast at elevene må delta aktivt i læringsprosessen gjennom samarbeid med andre. Samarbeidet bør skje i arbeid med utfordringer som gjør at de strekker seg (NOU 2014:7). Ludvigsen-utvalgets løsninger er konkretisert i læreplanen for matematikk: «Matematikk skal bidra til at elevane utviklar evne til å jobbe sjølvstendig og samarbeide med andre gjennom

utforskning og problemløsning» (Utdanningsdirektoratet, 2020). Det slås også fast at «motivasjon, følelser og kognisjon er sentrale faktorer for læring, og at de er nært forbundet med hverandre» (NOU 2014:7, s. 35). Dette bør være motivasjon for enhver matematikklærer til å tenke annerledes om hva vi gjør i klasserommet. Skal læringsutbyttet øke, må det også arbeides med motivasjon og følelser, ikke bare de kognitive ferdighetene.

Holdninger kan defineres på mange ulike vis. I de offentlige dokumentene jeg har henvist til er motivasjon og følelser brukt for å vise til det som kalles det affektive området av bevisstheten (Mandler, 1984). Tidligere har forskningen i stor grad pekt på at evner eller kognitive ferdigheter er viktige for å lykkes i matematikk. De siste førti årene har vi sett en dreining mot at også emosjonelle forhold spiller inn i læring av matematikk, ikke bare de kognitive forutsetningene hos hver enkelt elev (McLeod, 1992). I teorikapitlet vil jeg redegjøre for flere viktige begreper innenfor det affektive området og hvorfor emosjonelle aspekter er viktige ved blant annet problemløsning.

1.1 Forskningsspørsmål

Hypotesen min var at en enkelt undervisningsøkt kunne utløse følelser hos elevene, men ikke endre stabile forestillinger og holdninger. For å finne svaret på hypotesen valgte jeg meg en spesifikk form for utforskende undervisning, kalt teorien for didaktiske situasjoner (TDS). TDS beskriver hvordan man kan designe didaktiske situasjoner, hvor elevene selv må arbeide i grupper uten støtte fra læreren for å løse et problem. Løsningen på dette problemet kan brukes for å skape ny matematisk kunnskap (Brousseau 2002). TDS som metode for å planlegge, gjennomføre og analysere undervisning er veldokumentert, men jeg finner ikke noe forskning på hvordan TDS påvirker elevenes holdninger til matematikk. Det er generelt gjort få forsøk på å undersøke holdninger innenfor spesifikke områder som problemløsning (Ma & Kishor, 1997). Ofte har forskere sett på holdninger til matematikk generelt. Med det økende fokuset på utforskende undervisning er det derfor behov for å måle den affektive påvirkningen på elevene (Chamberlin, 2010).

Stylianides og Stylianides (2014) argumenterer for bruk av kortvarige intervensjoner for å endre elevenes holdninger. Ved å sette affektive heller enn kognitive læringsmål for en intervensjon er det også lettere å kontrollere om endringer i det affektive området har skjedd. Slik kan man tilpasse intervensjonene til et eksisterende utdanningsløp framfor å endre undervisningen helt for å påvirke elevenes forestillinger om problemløsning. I en travel lærerhverdag kan det derfor være nyttig å finne ut hvilke undervisningsopplegg som kan gjøre elevene mer positive til matematikk uten at man må legge om hele undervisningen. Jeg har derfor formulert følgende forskningsspørsmål:

Hvilke holdninger og forestillinger har elever til matematikk og til seg selv i matematiske situasjoner, og hvordan påvirkes disse av et undervisningsopplegg basert på teorien for didaktiske situasjoner?

I arbeid med matematikk utløses det en del følelser. Jeg ønsker å finne ut hvilke positive og negative følelser elevene kjenner på i TDS-økta, og om dette skiller seg fra følelsene de får i mer tradisjonell undervisning. Forestillinger antas å være mer stabile enn holdninger, som igjen antas å være mer stabile enn følelser (McLeod, 1992). Det kan derfor være rimelig å anta at det vil være få endringer i forestillingene til elevene etter bare én undervisningsøkt. Samtidig kan det være tegn på endringer både i forestillinger og holdninger, i tillegg til uttrykte følelser hos elevene. TDS er bare ett eksempel på utforskende undervisning, og jeg vil derfor forsøke å sammenligne resultatene fra min

undersøkelse med andre former for utforskende undervisning. Samtidig kan også funnene mine si noe om sammenhengen mellom følelser, holdninger og forestillinger hos elevene.

For å besvare forskningsspørsmålet, gjennomførte jeg prosjektet som et kvasi-eksperiment hvor jeg brukte egne elever som subjekter. Jeg tok utgangspunkt i «Attitudes Towards Mathematics Inventory» (ATMI), et spørreskjema med fire skalaer som måler selvtillit, motivasjon, glede og verdien av matematikk (Marsh & Tapia, 2004). I dette kvasi-eksperimentet var intervensjonen et undervisningsopplegg basert på TDS, mens ATMI ble brukt til å måle effekten. Deretter plukket jeg ut tre elever som viste tegn på endrede holdninger til dybdeintervju. Gjennom intervjuene ønsket jeg å finne ut hva det var med opplegget som gjorde at de endret sine holdninger. Med et såpass begrenset utvalg vil jeg ikke kunne generalisere funnene, men forhåpentligvis finner jeg noen antydninger om hvordan TDS påvirket elevenes holdninger. Jeg valgte å bruke et TDS-opplegg som er utviklet gjennom et EU-finansiert prosjekt og testet flere ganger (MERIA, u.d.). Jeg kunne også ha utviklet et eget undervisningsopplegg basert på TDS, men ved å bruke et utviklet og testet opplegg mener jeg at troverdigheten i studien øker.

Jeg har benyttet meg av triangulering med både kvalitative og kvantitative metoder for å få fram resultater på både gruppe- og individnivå. For å analysere funnene har jeg brukt et rammeverk for følelser, holdninger og forestillinger til matematikk (McLeod, 1992). Dette støttes i teori rundt glede, motivasjon selvtillit og verdi. Det finnes også alternative forklaringsmodeller for det affektive området i matematikk (Hannula, 2002). Dette betyr ikke at ulike teorier nødvendigvis er konkurrerende, men at de kan fungere som ulike briller for å tolke resultatet.

1.2 Begrepsavklaringer

De fleste begrepene i denne teksten er hentet fra engelsk forskningslitteratur. For å skape flyt i teksten har jeg oversatt både begreper og sitater til norsk. Enkelte begreper kan ha ulike betydninger hos ulike forskere og dermed gi ulike oversettelser. I rammeverket er *emotions*, *attitudes* og *beliefs* sentrale deler. Jeg har valgt å benytte meg av Wæge (2007) sine oversettelser: følelser, holdninger og forestillinger. Følelser var også et ord elevene brukte mye i intervjuene, det ble derfor mer naturlig enn for eksempel emosjoner.

Et annet mye brukt begrep i forskningen på området er *self-efficacy* (Bandura, 1986). Her har jeg valgt å bruke *mestringstro*, heller enn forventning om mestring, da jeg mener *mestringstro* klinger bedre i teksten. Et relatert begrep, *self-concept*, har også ulike betydninger hos ulike teoretikere (Bong & Skaalvik, 2003; Marsh & Tapia, 2004; McLeod, 1992). *Confidence* og *self-confidence* brukes også om det norske begrepet selvtillit. Selvtillit kan sees på som et positivt selvbilde eller selvoppfatning. I teksten vil jeg benytte meg av alle de tre begrepene; selvtillit, selvbilde og selvoppfatning, der det passer og for å få flyt i teksten.

Oppgavens oppbygging

I teoridelen vil jeg først presentere det affektive området i matematikk og hvordan det kan deles inn i følelser, holdninger og forestillinger. Jeg vil spesielt se på forestillinger om matematikk og forestillinger om selvet (McLeod, 1992). Deretter vil jeg definere noen av begrepene som brukes i ATMI, nemlig verdi (Aiken, 1972), *mestringstro* (Bandura, 1986), selvtillit (Bong & Skaalvik, 2003) og motivasjon (Ryan & Deci, 2000). Dette er viktig for analysen av elevenes egne opplevelser. Jeg vil avslutte teorikapitlet med å vise

hvordan man kan arbeide utforskende i matematikk for så å plassere teorien for didaktiske situasjoner i en utforskende kontekst og samtidig vise hva som er unikt for TDS.

Gjennom metodekapitlet vil jeg gjennomgå hvordan triangulering med kvantitative og kvalitative metoder kan hjelpe meg å finne svar på forskningsspørsmålet. Ved å forklare kvasi-eksperimentet og måleinstrumentet vil jeg vise hvordan jeg har målt endringer i holdninger på gruppenivå ved hjelp av t -test og Wilcoxon signed rank-test. Den kvalitative metoden består av et intervju av tre elever hvor jeg har brukt tematisk analyse til å kategorisere resultatene (Braun & Clarke, 2006). Til slutt vil jeg drøfte noen forskningsetiske utfordringer, spesielt når det kommer til forskning på egen praksis.

I analysen viser jeg hvordan holdninger til matematikk ser ut til å være stabile på gruppenivå, men mer dynamiske hos den enkelte elev. Jeg har spesielt sett på hvilke forestillinger elevene har om seg selv og matematikk, hvilke positive og negative følelser som utløses i arbeid med matematikk og hvordan dette påvirker de nevnte forestillingene. Det vil også komme fram at elevene opplevde samarbeid og den uvante undervisningsformen som motiverende. Gjennom diskusjonen skal jeg koble mine funn mot rammeverket jeg har presentert. Der vil jeg vise at elevene har stabile forestillinger om matematikk som et viktig fag for fremtiden og at TDS kan være med på å påvirke disse forestillingene i riktig retning. Når det gjelder elevenes forestillinger om seg selv, selvbildet, ser det ut til at én enkelt gjennomføring av TDS har liten effekt. Likevel skal jeg argumentere for at TDS kan utløse følelser som gir mestringstro og økt motivasjon hos elevene. Til slutt i oppgaven vil jeg forsøke å vise at det affektive området er komplekst, og at det derfor er utfordrende å kartlegge hvilke holdninger elevene har. Jeg skal også vise til andre former for utforskende undervisning, og vurdere styrker og svakheter ved TDS opp mot problembasert læring.

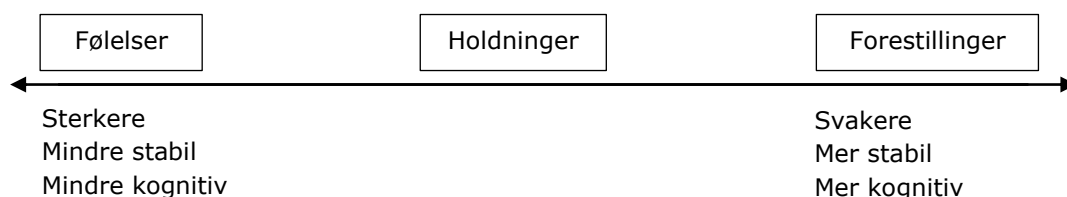
2 Teoretisk rammeverk

Denne studien bruker to rammeverk for å undersøke forskningsspørsmålet. For å forklare det affektive området har jeg valgt et rammeverk som skiller mellom følelser, holdninger og forestillinger (McLeod, 1992). For å måle endringer i elevenes holdninger har jeg valgt et spørreskjema kalt Attitudes Toward Mathematics Index (ATMI) (Marsh & Tapia, 2004). Til slutt vil jeg komme med en beskrivelse av teorien for didaktiske situasjoner (TDS) og begrunne hvorfor dette er en form for utforskende undervisning.

2.1 Det affektive området i matematikk

Noen elever gleder seg til matematikktimene, mens andre gruer seg. Slike negative eller positive holdninger faller innenfor det affektive området av sinnet vårt, i likhet med andre begreper som følelser, stemninger, verdier og forestillinger. Kognisjon derimot, er først og fremst ren informasjonsprosessering ved hjelp av nervesystemet. For analytisk bruk kan vi skille mellom kognisjon og affekt. (Hannula, 2002). Samtidig kan enkelte deler av det affektive området knyttet nærmere opp mot kognitive områder (McLeod, 1992). Ved å organisere kunnskap i kognitive skjema kan vi samle og sortere ulike inntrykk og erfaringer. Disse skjemaene bruker man videre til å ubevisst tolke nye sanseintrykk. Siden skjemaene er kognitive strukturer, kan vi ikke si at det er et klart skille mellom det affektive og kognitive domenet (Mandler, 1984). Eksempel på et skjema kan være «tekstoppgaver i matematikk». En elev som har hatt mange negative erfaringer til denne arbeidsformen, vil sannsynligvis ha negative holdninger i dette skjemaet.

Som jeg har påpekt, er det vanskelig å forstå det affektive området av bevisstheten vår. Med en konstruktivistisk tilnærming er det lettere å se for seg skjema for følelser, holdninger og forestillinger. En måte å se på dette er ved å dele det affektive området inn i tre, fra varmt (følelser) til kaldt (forestillinger), med holdninger en plass imellom. Her ser vi på følelser som intense og ustabile, mens forestillinger er stabile og lite intense. Forestillinger er også tettere knyttet opp mot kognitive deler av hjernen. I figuren under kan man se hvordan det affektive området er bygget opp (McLeod, 1992).



Figur 1. Det affektive området, etter McLeod (1992)

2.1.1 Forestillinger

Forestillinger kan defineres som «en persons forståelse og følelser som former måtene individet konseptualiserer og engasjerer seg i matematisk aktivitet» (Schoenfeld, 2016, s. 26, min oversettelse). Forestillinger er den mest stabile og minst intensive delen av det affektive domenet. Denne studien forholder seg mest til elevenes forestillinger om selvet og matematikk (McLeod, 1992). Forestillinger om den sosiale konteksten er viktig ut fra et sosialkonstruktivistisk perspektiv. Ved at læreren etablerer et støttende

læringsmiljø, vil også elevene føle seg trygge og oppmuntres til faglig og sosial utvikling (Kunnskapsdepartementet, 2017). Positive sosiale forestillinger kan bidra til å gjøre eleven mer motiverte og entusiastiske over problemløsningsoppgaver (McLeod, 1992). Selv om forestillingene kan være stabile, vil de endre seg over tid dersom eleven får nye opplevelser. Elevenes forestillinger om matematikkundervisning vil basere seg på det de er vant med. Dette har igjen følger for hvordan de responderer på ulik undervisning.

Elever lager sine forestillinger om formell matematikk – sin følelse av faget – i stor grad fra sine erfaringer i klasserommet.

Elevenes forestillinger former atferden på måter som har usedvanlige kraftige (og ofte negative) konsekvenser. (Schoenfeld, 2016, s. 27, min oversettelse)

Dersom en klasse bare har hatt tradisjonell undervisning, vil andre metoder bryte med disse forventningene. Å endre forventningene til at matematikkundervisning også kan være utforskende, kan ta lang tid (Pehkonen, 2001). Noen typiske forestillinger om matematikk fra Schoenfeld (2016, s. 27) er at:

Matematikkproblemer bare kan ha et riktig svar.

Det er bare en riktig måte å løse en matematikkoppgave – vanligvis gjennom den siste metoden læreren har vist til klassen.

Matematikk er en ensom aktivitet, gjort av individer i isolasjon.

Elever som har forstått matematikken de har jobbet med vil kunne løse alle problemer de får på under fem minutter

Matematikken man lærer på skolen har lite eller ingenting å gjøre med den virkelige verden.

Disse forestillingene ligner det jeg i innledningen la fram som tradisjonell undervisning i norske klasserom (Alseth et al., 2003; Bergem et al., 2016; Olsen, 2013). Det betyr ikke at alle elever har slike forestillinger som Schoenfeld (2016) lister opp, noe jeg vil vise eksempler på i resultatkapitlet. Jeg mener også at flere av prinsippene bak TDS står i motsetning til denne tradisjonelle formen for forestillinger, dette vil jeg vise til senere i teorikapitlet.

Gjennom forskningsspørsmålet leter jeg etter effekten av en intervensjon. Basert på hva jeg har vist av forskning om forestillinger, ser det i liten grad ut til at det skal skje målbare endringer på dette nivået hos elevene. Samtidig må man ha med seg at det er glidende overganger mellom de ulike begrepene innenfor det affektive området. Som jeg skal vise i neste gang vil også de følelsene som utløses være viktige faktor for å snu på elevenes forestillinger.

2.1.2 Følelser

Følelser kan variere fra sterk frustrasjon til «Aha!»-øyeblikk eller ren glede over å ha løst et problem. Utfordringen med disse øyeblikkene er at de avbryter en planlagt rutine eller fremgangsmåte. Når man jobber med matematikk, kommer eleven ofte inn i et rutinepreget arbeid. Et matematisk problem derimot, kan da gi disse korte, men intense, følelsene som bryter opp rutinene (Mandler, 1984). Dette er en biologisk egenskap, hvor kroppen blir aktivert i møte med fare eller andre sterke inntrykk. Spesielt er det følelser som frykt, sinne og forlegenhet som kan utløses (Simon, 1982). For elever kan det være en løsning å stoppe arbeidet med disse problemene for å bli kvitt de negative følelsene som oppstår. Følelsene vil uansett påvirke hvordan eleven løser problemet. En elev som opplever frykt i møte med problemer, kan utvikle seg til å bli redd for å prøve på slike oppgaver ved senere anledninger, de kan stoppes av frykten for å feile. Hvis elever

forstår at problemløsning inneholder avbrytelser og blokkeringer kan de lære seg å håndtere følelsene på en bedre måte. Det samme gjelder de positive følelsene vi får ved å finne svaret på et problem. Det er fort gjort å bruke denne positive emosjonen til å være fornøyd med svaret og gå videre til neste oppgave. Elever må lære å bruke disse positive emosjonene til å lete etter andre svar og kontrollere løsningen på oppgaven (McLeod, 1988). Gjentakende positive og negative følelser ser ut til å føre til mer stabile holdninger og etter hvert forestillinger om matematikk og selvet. (McLeod, 1992; Zan et al., 2006). Elever som gang på gang får feil svar på en matematikkoppgave, vil sannsynligvis utvikle forestillinger om at de ikke kan få til matematikk og at matematikkoppgaver bare har et riktig svar.

2.1.3 Holdninger

Holdninger defineres i dette rammeverket til å ligge en plass mellom forestillinger og følelser. I andre teorier om det affektive området vil man se at holdninger også kan inneholde forestillinger om matematikk og selvet. Utviklingen av holdninger kan komme av gjentatte negative eller positive opplevelser. Over tid vil de følelsesmessige reaksjonene bli svakere og mer automatisert. Holdninger kan også dannes ved at holdninger i et kognitivt skjema overføres til et nytt (McLeod, 1992). Dersom en elev liker gruppearbeid i arbeid med problemløsningsoppgaver, kan det være rimelig å anta at eleven vil like gruppearbeid i TDS fordi dette er to metoder som ligner på hverandre.

Å dele inn det affektive domenet i tre separate områder, slik jeg har gjort, kan sees på som en forenkling, særlig sett i sammenheng med den nære koblingen mot kognitive prosesser, især når vi arbeider med matematikk. Holdninger kan derfor også sees på som noe fornbart, men også vises ut fra de handlingene en velger å foreta seg basert på følelser, forventninger og verdier ifølge Hannula (2002). For å ha tydelige begreper til diskusjonen, har jeg likevel valgt å holde meg til det rammeverket jeg har presentert. I den neste delen vil jeg vise hvordan holdninger kan måles og plasseres innenfor ulike kategorier. Disse stemmer ikke fullgodt med den inndelingen jeg har presentert så langt, hvor eksempelvis selvtillit kan plasseres nærmere forestillinger om selvet, mens glede kan uttrykkes i større grad som en følelse. Dette vil jeg også se nærmere på i analysen og diskusjonen, hvor elevene selv forteller om hvilken glede de opplever og hvilken selvtillit de tar med seg inn i mattetimene.

2.2 Verdi, selvtillit og motivasjon i ATMI

For å finne endringer i holdninger, har jeg valgt å bruke *Attitudes Towards Mathematics Index* (ATMI). Instrumentet er satt sammen av fire skalaer som måler glede, selvtillit, motivasjon og verdien av matematikk hos eleven (Marsh & Tapia, 2004). Disse begrepene vil jeg redegjøre for i dette delkapitlet, samt komme med noen avklaringer og forbehold. Hvordan selve instrumentet er bygget opp vil jeg gå nærmere inn på i metodekapitlet. Der vil jeg også redegjøre for hvorfor jeg har valgt dette instrumentet over andre kandidater.

Ved å bruke verdier som en måleenhet for hvor godt man liker matematikk, må dette også bety at denne parameteren kan endres til det positive. Dersom læreren introduserer elevene for oppgaver som viser hvordan matematikk kan brukes i både arbeid og i hverdagslivet, kan dette påvirke eleven i positiv retning (Aiken, 1972, 1974). Sannsynligvis kan dette ta lang tid da verdien av matematikk kan sees som en forestilling. Utviklerne av instrumentet sier at «verdi av matematikk-kategorien var designet for å måle elevenes forestillinger om nytten, relevansen og verdien av

matematikk i livene deres nå og i fremtiden» (Marsh & Tapia, 2004, min oversettelse). Dette er nok et eksempel på at det ikke er vanntette skott mellom holdninger og forestillinger. I analysen vil jeg vise eksempler på hvordan elevene vurderte den aktuelle TDS-økta ut fra sine forestillinger om matematikk, og hvordan dette kan kobles opp mot verdien til matematikk.

I ATMI brukes begrepet selvbilde som en måleenhet på elevens oppfatning av seg selv i møte med matematikk. Det nært beslektete begrepet mestringstro blir ikke brukt i instrumentet. I denne oppgaven vil jeg se på både mestringstro og selvbilde, fordi jeg mener de forklarer ulike funn i studien. Mestringstro er en vurdering av hvorvidt man kan løse en gitt oppgave i en spesifikk situasjon. Selvtillit er ikke en vurdering av egne evner, men en mer generell forestilling om selvet basert på kontinuerlig selvevaluering (OECD, 2013; Pajares & Miller, 1994). Høy mestringstro gjør at en person kan løse nye oppgaver innenfor et spesifikt felt, basert på tidligere erfaringer, kunnskap og ferdigheter innenfor det samme området. Tidligere erfaringer vil påvirke mestringstro. Har man lyktes med matematikkprøver tidligere, og fått skryt hjemmefra, vil man få større tro ved neste prøve (Bandura, 1986). For å oppsummere så måler ATMI i stor grad den generelle selvtilliten til eleven, men jeg må grave dypere for å få svar på forskningsspørsmålet. Hva slags forventninger eleven har til seg selv i møte med et utforskende opplegg som TDS, er i stor grad påvirket av tidligere mestrings erfaringer. Mestringstroen er også mer formbar og knyttet til spesifikke kontekster (Bong & Skaalvik, 2003). Dette kan bety at det er lettere å endre mestingstroen til utforskende arbeid, enn å endre selvtilliten til eleven.

Selvtillit påvirkes og formes av ulike erfaringer med miljøet, både andre mennesker og gjennom ulike mestrings erfaringer. Signifikante andre, som medelever, lærere og foreldre, er i stor grad med på å påvirke hvordan vi ser på oss selv (Bong & Skaalvik, 2003). Dersom selvbildet er dårlig, kan man være redd for å ta feil og dermed ikke tørre å forsøke heller. En undervisning som i større grad er orientert rundt prosessorienterte oppgaver med diskusjoner og mindre fokus på å finne det riktige svaret, kan ta vekk noe av forventningspresset. Slik kan læreren være med på å fremme risikosøkende adferd hos elevene som trenger det. Ved at eleven må bruke tidligere kunnskap i utforskende arbeid, kan eleven mestre, og dermed utvikle selvtilliten (Randhawa et al., 1993). Der mestingstroen i større grad er oppgavespesifikk, ser vi at selvtilliten kan økes med riktige metodevalg og ved å ta hensyn til det sosiale aspektet.

I spørreundersøkelsen skiller det ikke mellom indre og ytre motivasjon. Det er heller ikke noe jeg har sett etter i min analyse. Likevel er det greit å skille mellom disse to formene for motivasjon. Ytre faktorer, som karakterer eller press hjemmefra kan styre elevene mot det som kalles ytre motivasjon. Her er det ikke selve oppgaven som motiverer, men en ytre belønning eller straff. Indre motivasjon er ønsket om å drive med engasjerende aktiviteter som fører til læring og utvikling. Ifølge selvbestemmelsesteorien, har elevene behov for autonomi, kompetanse og tilhørighet. Elevene kan oppleve autonomi gjennom å selv få velge oppgaver eller metoder dersom de får velge ut fra egne verdier eller mål. Kompetanse kommer gjennom en egen følelse av mestring, i tillegg til at dette blir verdsatt av lærer og medelever. En elev med gode relasjoner til lærere og medelever, vil føle tilhørighet til fellesskapet. Sammen vil disse elementene motivere elevene (Ryan & Deci, 2000; Wæge & Nosrati, 2018). I diskusjonen vil det komme fram hvordan selvbestemmelsesteorien kan være med på å forklare hvordan TDS kan øke elevenes motivasjon for å lære matematikk.

For å gi elevene følelsen av autonomi, bør læreren legge opp til undervisning som virker meningsfull og fokuserer på hvordan matematikken kan brukes i virkeligheten (Singh et al., 2002). Elever som gleder seg over å arbeide med matematikk presterer gjerne bedre enn elever som er mer frustrerte, selv om kausaliteten kan gå begge veier (Ma & Kishor, 1997). Ifølge Ma (1997) kan det være bedre for prestasjonene å presentere fagstoffet på et vis som elevene liker og får glede av, enn på en måte som gjør det enkelt å forstå stoffet. Motivasjon er altså en viktig faktor for å lykkes i matematikk, enten det betyr å få gode karakterer eller å utvikle seg.

Selv om de fire begrepene verdi, selvtillit, motivasjon og glede av matematikk kan ha ulik betydning avhengig av hva forskeren ser etter, vil gjennomgangen over være en innføring i noe av det teoretiske grunnlaget for ATMI. Dette vil være mitt rammeverk for å tolke hva elevene har svart i spørreundersøkelsen og dybdeintervjuet i etterkant.

2.3 Utforskende undervisning

Utover skoleløpet sementerer holdningene seg og de synker gjerne gradvis. For å snu dette må man gjøre noe som bryter med det tradisjonelle (Pehkonen, 2001). Undervisning som viser matematikkens verdi i dagliglivet (Aiken, 1972, 1974), gir økt mestringstro (Bandura, 1986), involverer signifikante andre (Bong & Skaalvik, 2003), tar bort forventningspress (Randhawa et al., 1993) og virker meningsfull og spennende (Ma, 1997; Singh et al., 2002), kan være svaret. En metode som legger til rette for dette kan se ut til å være utforskende undervisning, noe som også harmonerer med de synene vi finner i styringsdokumentene (NOU 2014:7; Utdanningsdirektoratet, 2020) jeg viste til i innledningen.

Utforskende undervisning skiller seg fra det jeg i innledningen definerte som en tradisjonell undervisning. I utforskende undervisning, kalt *inquiry-based learning* (IBL) på engelsk, jobber elevene etter til dels de samme prinsippene som forskere, ved å formulere hypoteser og teste disse gjennom eksperimenter eller andre aktiviteter. Gjennom å løse problemer eller utforske antagelser kan elevene oppdage ny kunnskap. Eleven skal stå i fokus og nå målet gjennom undersøkelser, i motsetning til en deduktiv undervisning hvor læreren presenterer fagkunnskapen som fakta. For å lære må også studenten reflektere over resultatene, slik vi kjenner det fra Deweys teorier om *reflective inquiry*. Ifølge Dewey må aktiviteten være autentisk, det vil si at den må ligne på noe elevene kan møte i virkeligheten (Artigue & Blomhøj, 2013; Pedaste et al., 2015). Selv om det er vanskelig å gi en entydig beskrivelse av IBL som undervisningsform, skiller metodene seg fra tradisjonell undervisning ved mengden veiledning som blir gitt til elevene. Eleven er selv ansvarlig for å oppdage målkunnskapen gjennom undervisningsopplegget (Alfieri et al., 2010). For å oppdage ny kunnskap bør det være innenfor interesseområdet til eleven, i tillegg til at den lærende bør være øvd i en slik arbeidsmetode. Ofte kommer ikke kunnskapen av nye oppdagelser, men av restrukturering av gammel kunnskap eller informasjon (Bruner, 1961).

Gjennom forskning vises det at utforskende undervisning fungerer så lenge noen forutsetninger er til stede. I en metastudie av 164 studier ble det sett på ulike former for utforskende undervisning, og disse ble sammenlignet med hverandre og med eksplisitte instruksjoner slik vi kjenner fra tradisjonell undervisning (Alfieri et al., 2010).

Basert på disse analysene bør minst en av følgende forutsetninger være til stede; (a) veiledede oppgaver som har stillas på plass for å hjelpe elevene, (b) oppgaver som krever at elevene forklarer sine egne ideer og gode tilbakemeldinger som sørger for at ideene er presise, eller (c) oppgaver som gir praktiske eksempler på hvordan elevene skal lykkes med oppgaven. (Alfieri et al., 2010, s. 13, min oversettelse)

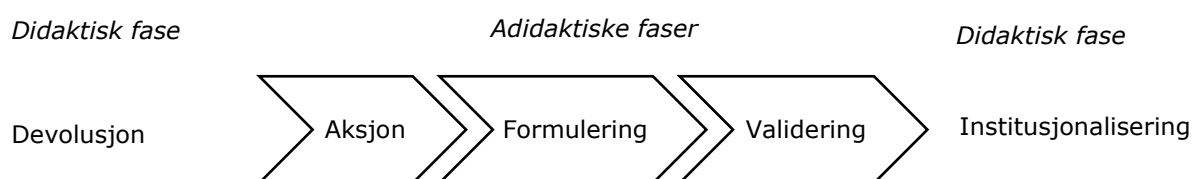
Skal eleven nå læringsmålet trenger de derfor støtte. Ofte vil det være lærerens ansvar å legge til rette for at forutsetningene over blir nådd. Samtidig må undervisningen være av en art som gir mulighetene til *reflective inquiry*. Jeg vil videre vise hvordan teorien for didaktiske situasjoner til en viss grad stemmer med forutsetningene for IBL og forutsetningene jeg har vist.

2.3.1 Teorien for didaktiske situasjoner (TDS)

Teorien for didaktiske situasjoner i matematikk ble utviklet i Frankrike fra 1970-tallet fram til i dag og fungerer som et systemisk rammeverk for å designe, men også analysere undervisning (Artigue et al., 2014). Denne forskningsbaserte forankringen var en viktig grunn til at jeg valgte å se på nettopp TDS som et uttrykk for utforskende undervisning. Jeg vil i det følgende gå kort gjennom noen relevante elementer og begreper i teorien. Siden jeg selv ikke har laget undervisningsopplegget, eller ser på læringseffekten av opplegget, er ikke hele rammeverket relevant for denne oppgaven.

Sentralt i TDS står den fundamentale situasjonen hvor et matematisk konsept er den best mulige løsningen på et problem. I tillegg skal miljøet rundt eleven gi tilbakemeldinger om svaret er riktig. Den beste løsningen krever målkunnskapen for den aktuelle undervisningsøkten (Strømskag, 2017). Gjennom en epistemologisk analyse kan man finne koblingen mellom målkunnskap og metode. Ved å gjøre en *a priori* analyse kan læreren eller forskeren forsøke å forutsi hvilke variabler som påvirker læringen til elevene, eller det som skjer i klasserommet. Det neste steget i analysen er å utvikle en situasjon til konseptet som skal læres. Dette arbeidet kalles for didaktisk ingeniørvirksomhet. Etter realisering av undervisningen følger en fase med *a posteriori*-analyse av det som skjedde i klasserommet. Da sammenligner man det som skjedde med hva man forutså i *a priori* analysen, for å kunne forbedre opplegget (Artigue et al., 2014). Dette arbeidet har allerede blitt gjort for undervisningsopplegget jeg bruker i denne studien. Da kan jeg i større grad være trygg på at opplegget fungerer hensiktsmessig for å gi den ønskede læringseffekten.

Lærerens rolle i selve undervisningen er å forberede eleven på en didaktisk situasjon, hvor elevene bare skal interagere med miljøet og problemet som skal løses. Den didaktiske kontrakten endres, og elevene får ansvaret for kunnskapsutviklingen som skjer i klasserommet. Miljøet må tilpasses, slik at det gir gode tilbakemeldinger. Dette kan være ved bruk av fysisk eller ikonisk materiell slik som tabeller og bilder. Hjelpemidler som PC, bøker og skrivesaker er også en del av miljøet. I denne didaktiske fasen skal elevene formulere sine tanker og validere den løsningen de ender opp med. Ideelt sett skal denne løsningen være en form for ny matematisk kunnskap. Den siste fasen innebærer at læreren skal dekontekstualisere kunnskapen elevene har utviklet. Her må den lærte kunnskapen tas ut av det konkrete eksemplet og settes i sammenheng med annen matematisk kunnskap. Her endrer også den didaktiske kontrakten seg igjen, ved at læreren blir ansvarlig for kunnskapsutviklingen (Strømskag, 2017).



Figur 2. Undervisningsforløpet i TDS

Figur 2 viser alle fasene i realiseringen av undervisningen slik det er beskrevet i TDS. I

analysen vil jeg bare forholde meg til realiseringen, ettersom den epistemologiske modellen er laget av EU-programmet «*Mathematics Education. Relevant, Interesting and Applicable*» (MERIA, 2016). Selve undervisningsopplegget vil jeg presentere i metodekapitlet.

Å kunne matematikk er ikke bare å kunne formler og regler og vite hvordan og når disse skal anvendes. Gjennom TDS skal elevens arbeid ligne på matematikernes, gjennom å produsere, formulere, bevise, lage modeller og kommunisere sine ideer. Læreren må derfor rekontekstualisere kunnskap og legge til rette for vitenskapelige aktiviteter. Samtidig kan også TDS ligne på en spillsituasjon. Læreren lager spillet og reglene, og gir dette til elevene i den adidaktiske fasen (Brousseau, 2006). Det skjulte målet med «spillet» er å nå målkunnskapen. Elevene vil oppleve at målet er å løse oppgaven de er gitt. Reglene i spillet er det konstruerte miljøet og den adidaktiske situasjonen. Elever som evner å tilpasse seg og utnytte miljøet vil mestre spillet og dermed nå kunnskapsmålet. Spesielt i formulerings- og valideringsfasen, hvor elevene viser fram sine resultater, blir det fort en konkurranse om å nå målet. For å nå dette målet må de altså få tak i den nye kunnskapen. En slik undervisning fordrer elevaktivitet, da en passiv elev ikke vil kunne delta i spillet og interagere miljøet (Mangiante-Orsola et al., 2018; Måsøval, 2011). Disse forutsetningene stemmer godt med støtten som kreves for utforskende undervisning (Alfieri et al., 2010). Miljøet er stillaset som skal være nok for å hjelpe elevene. Gjennom valideringsfasen må elevene vise at ideene de har kommet med er presise. Det siste punktet, hvordan elevene skal lykkes mangler, og dette må de finne ut av selv. Samtidig er det læreren som eier oppgaven. For at eleven skal kunne lykkes med å løse problemet, kreves det en tydelig devolusjon fra lærer til elev. Dette skiller i stor grad TDS fra for eksempel problembasert-læring (PBL). Gjennom PBL arbeider elevene i større grad med åpne oppgaver som igjen kan gi forskjellige svar. Som vist i figur 2 er det lærerens ansvar å vise hvordan elevenes svar kan passe inn blant tidligere matematikkunnskaper. Dette skiller seg også fra andre former for IBL som *Realistic Mathematics Education* (RME) hvor matematikkunnskapene er tenkt å vokse fram på et mer kontinuerlig vis (Artigue & Blomhøj, 2013). Jeg mener at TDS er en form for utforskende undervisning, spesielt i den adidaktiske fasen. De skal løse et problem, selv om de ikke vet at det finnes en «beste løsning». Problemene skal være basert på virkeligheten, noe som gir eleven den nærheten til verden som Dewey påpeker. I tillegg må elevene reflektere over sitt arbeid gjennom valideringsfasen.

I analysen vil jeg vise hvordan elevene opplevde å arbeide utforskende gjennom den adidaktiske fasen. Jeg vil deretter finne ut hvordan dette arbeidet kan ha påvirket dem på noe vis, for å svare på forskningsspørsmålet. Ifølge hjemmesiden til MERIA-prosjektet er målet «(...)å adressere lavtpresterende i matematikk, med det ultimate målet om å forbedre elevers kunnskap og holdninger til matematikk» (MERIA, 2016, min oversettelse). Gjennom dette teorikapitlet vises sammenhengen mellom følelser, forestillinger og holdninger til matematikk, i tillegg til undervisningsmetoden som kan forbedre disse holdningene. I neste kapittel vil jeg gå nærmere i dybden på hvordan jeg undersøkte effekten av TDS-undervisning.

3 Metode

I denne studien ønsker jeg å finne ut om en enkelt undervisningsøkt kan gi endringer i elevenes holdninger. For å undersøke dette har jeg benyttet meg av både kvalitative og kvantitative måleinstrumenter. For å måle endringer på gruppenivå, benyttet jeg meg av et kvasi-eksperiment, hvor jeg målte holdningene i for- og etterkant av TDS-økten. Analysen av dette la også grunnlaget for et dybdeintervju med tre elever, hvor jeg forsøkte å få svar på hvilke holdninger de hadde til matematikk og hva som påvirket disse holdningene. Ved å velge flere metoder får man det som kalles et flermetodedesign. Videre vil jeg forklare hvorfor jeg mener dette var en fornuftig metode for å svare på forskningsspørsmålet, men også vise til noen utfordringer.

3.1 Flermetodedesign

Ved å gjennomføre en spørreundersøkelse i forkant og etterkant av den aktuelle undervisningsøkten, har jeg kunnet se etter endringer i holdninger til matematikk hos 34 elever. Ut fra dette, ble tre elever intervjuet for å avdekke hvilke endringer som hadde skjedd hos disse elevene. I tillegg så jeg etter hvilke faktorer ved TDS som påvirket denne holdningsendringen. Denne kombinasjonen av kvantitative og kvalitative metoder kalles flermetodedesign eller triangulering. Det ligger noen utfordringer i å velge et slikt design, men videre i teksten skal jeg begrunne hvorfor jeg valgte denne undersøkelsesmetoden.

Det er store forskjeller mellom kvalitative og kvantitative forskningsmetoder med tanke på analyse. Også selve vitenskapsparadigmet er tradisjonelt veldig forskjellig. Dette har resultert i at mange forskere mener at disse ikke kan kombineres (Brannen, 2017). Ved å se på verden som en stabil sosial konstruksjon, kan man argumentere for at fenomener kan måles gjennom kvantitative undersøkelser. Innenfor det kvalitative feltet er det mer vanlig å si at verden konstrueres gjennom individers handlinger. Den kvantitative forskeren har gjerne avstand til det som undersøkes, for eksempel gjennom spørreundersøkelser, som deretter kan kvantifiseres til talldata gjennom statistiske analyser. Kvalitative undersøkelser har ofte en større nærhet til det som undersøkes, for eksempel gjennom dybdeintervju eller observasjoner i naturlige omgivelser (Ringdal, 2007). Dette skaper utfordringer for forskeren som ønsker en kvalitativ og kvantitativ forståelse av fenomenet.

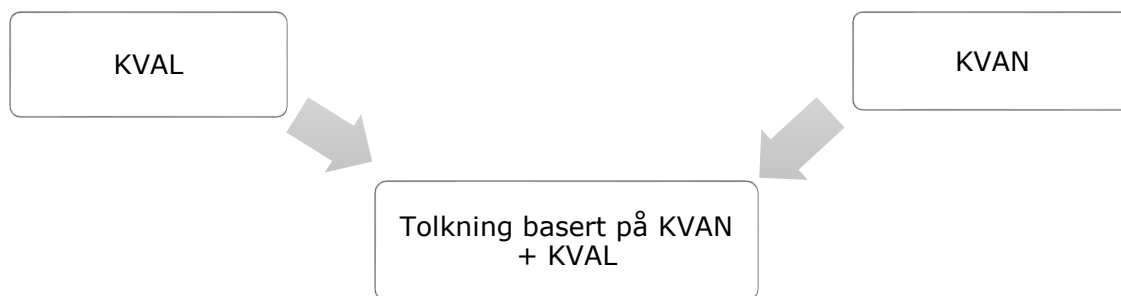
Ved å bare gjennomføre kvantitative undersøkelser, kunne jeg ha sett på elevene som én gruppe og generalisert funnene. Dersom halvparten av gruppa viser en økning i holdninger, og halvparten viser en tilbakegang, kan disse resultatene nøytralisere hverandre. Resultatet kan derfor skjule noen interessante enkeltfunn blant elevene. Ved å bare stå utenfor og kikke inn på objektene, får jeg ikke nødvendigvis all den informasjonen som trengs for å belyse problemstillingen. Ved å bare forholde seg til det kvantitative paradigmet, kan det derfor være variabler som ikke blir fanget opp. Denne informasjonen kan plukkes opp av kvalitative undersøkelser (Guba & Lincoln, 1994). Forskeren kan altså være pragmatisk og bruke ulike metoder for å besvare problemstillingen sin. «Med dagens pragmatiske tilnærming kan man bruke ulike verktøy til å besvare ulike spørsmål; Kvalitative metoder referer til *hva slags*, og kvantitative metoder til *hvor mye av en type*» (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 117, min oversettelse).

Jeg vil videre i dette kapitlet vise hvordan jeg har tilnærmet meg forskningsspørsmålet ut fra et slikt pragmatisk utgangspunkt.

Det finnes flere måter å kombinere kvalitative og kvantitative metoder på, men i denne oppgaven har jeg valgt et sekvensielt forklarende design (Robson & McCartan, 2016) slik det er vist i Figur 3. Forskeren tar utgangspunkt i kvantitative data (KVAN). Ut fra dette samler og analyserer forskeren kvalitative data (kval). Her er de kvantitative dataene viktigst. De kvalitative dataene brukes for å tolke og forstå det kvantitative resultatet. Metoden som står med store bokstaver, er dominerende i studien. Ut fra resultatene jeg fikk gjennom analysen av spørreundersøkelsen gjennomførte jeg dybdeintervjuer. En stor del av min analyse vil basere seg på kvalitative data slik at dette materialet får større plass enn det som er normalt i et sekvensielt forklarende design. Designet kan derfor ligne mer på triangulering, hvor kvalitative og kvantitative metoder brukes parallelt for å forstå fenomenet som undersøkes. Rekkefølgen for analyse i triangulering er vist i Figur 4. I triangulering vektlegges det kvalitative og kvantitative aspektet i like stor grad (Andersen, 2017; Robson & McCartan, 2016).



Figur 3. Sekvensielt forklarende design, etter Andersen (2017)



Figur 4. Triangulering, etter Andersen (2017)

Kombinasjonen av spørreundersøkelse og dybdeintervju er velprøvd innenfor flermetodedesign. I en metaanalyse ble ulike studier som benyttet både kvalitative og kvantitative metoder undersøkt. En stor andel (57,4%) av alle 232 studier benyttet seg av en form for undersøkelse og et kvalitativt intervju. Ved å gjennomføre dybdeintervjuer i etterkant av en kvantitativ fase kan man eksempelvis svare på andre deler av problemstillingen. I min studie er det viktig å finne ut hvilke aspekter ved TDS som kan være med på å endre holdninger til matematikk. Som jeg har vært innpå tidligere, gjennom å bare samle inn kvantitative data er det vanskelig å svare på dette delspørsmålet. I tillegg kan de kvalitative dataene male et tydeligere bilde enn man klarer med bare kvantitative data (Bryman, 2006).

Det er utfordringer ved å velge et flermetodedesign. I mitt tilfelle har jeg tidligere utført dybdeintervjuer og analysert disse. Kvantitative metoder var derimot helt nytt, og noe jeg heller ikke hadde møtt som student. Dette er et typisk problem for en uerfaren forsker. Dette kan også resultere i at de kvalitative og kvantitative funnene blir lite integrerte og blir stående hver for seg. Det blir derfor viktig å bruke modellene i Figur 3 og 4 til å tolke de kvalitative resultatene (Robson & McCartan, 2016). For meg var det

pragmatiske aspektet viktigst, jeg ønsket å vite mest mulig om elevenes opplevelse av fenomenet holdninger, både i relasjon til TDS-økta, men også på mer generell basis. På bakgrunn av dette ble studien gjennomført som en slags hybrid mellom sekvensielt forklarende design og triangulering.

3.1.1 Kvasi-eksperiment

Ved å måle holdninger før og etter en intervensjon med TDS-undervisning, ville jeg se om det skjedde noen endringer. Et slikt eksperiment med høy kontroll gjør at man kan holde en høy indre validitet fordi ytre påvirkning i stor grad er fjernet. Dette er lettere å gjøre på et laboratorium enn ute i felten. For å gjennomføre et ekte eksperiment i samfunnsvitenskap kan man for eksempel se på en gruppe mennesker, for eksempel elever i en tiendeklasse ved en utvalgt skole, slik jeg har gjort i denne studien. Det blir igjen vanskeligere å generalisere funnene, noe jeg skal komme tilbake til senere. I et ekte eksperiment vil det også være nødvendig å benytte seg av en kontrollgruppe, som ikke får eksponeringen som eksperimentgruppen mottar (Ringdal, 2007).

Jeg valgte å ikke benytte meg av en kontrollgruppe av to grunner. For det første var tilgangen på informanter begrenset. Når undervisningsopplegget og undersøkelsen skulle gjennomføres i en hel gruppe, krever dette også mye tid. I tillegg kommer det etiske aspektet fram ved at elevene i kontrollgruppen ikke ville fått det samme undervisningstilbudet som eksperimentgruppen, men muligens dårligere undervisning. I helseforskning skal kontrollgruppen motta det som kalles «beste behandling» der dette finnes. Etersom jeg tidligere har argumentert for at utforskende undervisning er en bedre undervisningsform enn tradisjonell undervisning, vil jeg argumentere for at alle skulle motta samme behandling, altså TDS-undervisningen (Ekern, 2010).

Randomisering var også vanskelig. Eksperimentet ble gjennomført under koronaviruspandemien, på et tidspunkt hvor man ikke skulle blande kohorter. I en normalsituasjon ville også blanding av grupper kunne hatt en negativ effekt på undervisningsøkta, da elevene skulle arbeide i smågrupper og presentere arbeidet på tavla, helst foran elever de kjenner fra før. Basert på disse forutsetningene innså jeg tidlig at det var vanskelig å gjennomføre et ekte eksperiment. Dette gir lavere indre validitet, men også høyere ytre validitet, som igjen tilsier en større realisme og mulighet for generalisering (Ringdal, 2007). Det passet bedre med et kvasi-eksperiment for å undersøke forskningsspørsmålet, samtidig som jeg ivaretok realismen i situasjonen.

Et kvasi-eksperiment kan sees på som et enklere alternativ til et ekte eksperiment. Den største forskjellen er mangelen på randomisering, som igjen truer validiteten til resultatet. I kvasi-eksperimentet er det enten deltakeren selv eller en administrator som velger hvilken behandling deltakeren skal motta. I dette tilfellet var det meg selv, i rollen som forsker og lærer, som valgte at alle skulle få samme behandling (Cook et al., 2002).

Ifølge Robson og McCartan (2016) kan man gjennomføre kvasi-eksperimentet med både pre-test og post-test i to eller flere grupper som ikke er valgt ut tilfeldig. Da jeg underviser matematikk i to grupper med omtrent 25 elever i hver, tok jeg utgangspunkt i disse to gruppene. Dersom man ikke benytter seg av pre-test, vil man få mye lavere validitet. Man må ha et sammenligningsgrunnlag i pre-testen for å kunne si om det er behandlingen eller andre forskjeller i gruppene som gir et ulikt resultat mellom gruppene. Det kan være andre hendelser enn intervensjonen som har gitt endring i holdninger som for eksempel modning i gruppen eller andre statistiske tilfeldigheter (Robson & McCartan, 2016). Det er også andre trusler mot validiteten som jeg skal komme tilbake til senere i kapitlet.

3.1.2 Undervisningsopplegget: Sykkelfabrikken

Selve kvasi-eksperimentet er et TDS-opplegg kalt sykkelfabrikken. Det er utviklet av partnerne i MERIA-prosjektet. Som jeg skrev i teorikapitlet, er det gjennomført en epistemologisk analyse som deretter har blitt utformet som en epistemologisk modell av kunnskapsutviklingen som kan brukes i klasserommet. Modulen inneholder ikke bare undervisningsopplegget, men også materiell, i dette tilfellet tabellen under, som viser priser for ulike sykkelfabrikk.

Plassering av fabrikken	Kostnaden ved å bygge en fabrikk på denne plassen i kroner	Kostnad for produksjon av en sykkel i dette området i kroner
A	3 000 000	1 200
B	4 500 000	1 100
C	6 600 000	600
D	6 800 000	800

Tabell 1. Tabell fra "Sykkelfabrikken". (Merria, u.d.)

I tillegg følger det med erfaringer fra tidligere gjennomføringer og sannsynlige måter elevene kan nå målkunnskapen på (MERIA, u.d.). Målkunnskapen for undervisningsøkten er at konstruksjon av stykkevis lineære funksjoner er den best mulige løsningen på et problem med flere lineære forutsetninger. Problemet som elevene må løse er å finne den beste plasseringen av en sykkelfabrikk. Elevene får se en tabell med forslag til ulike sykkelfabrikk. Hver av disse fire fabrikkene har en kostnad for å plassere fabrikken, i tillegg til en kostnad til produksjon av en enkelt sykkel. For å nå målkunnskapen må elevene innse at det vil være lønnsomt med ulike plasseringer av fabrikken avhengig av hvor mange sykler som produseres. Undervisningsopplegget er utviklet for elever i alderen 15-16 år og gjennomføringen var beregnet til å ta ca. 80 minutter, noe som gjorde at jeg kunne gjennomføre spørreundersøkelsen i slutten av undervisningsøkta. Elevene satt i firergrupper med elever som de var vant til å samarbeide med. Dette var for å legge til rette for best mulig samarbeid og trygge rammer innad i gruppene.

I devolusjonen fikk elevene tabellen og oppdraget om å finne den beste plasseringen av fabrikken. De fikk beskjed om at de skulle være rådgivere for en bedrift som produserer sykler. Deretter jobbet elevene med problemet i en adidaktisk fase som varte i omtrent tjue minutter før enkelte av gruppene fikk i oppdrag å presentere det de hadde funnet ut så langt. Her var målet å lede flere av gruppene mot målkunnskapen, uten å avsløre den optimale løsningen (Artigue et al., 2014). I en ny adidaktisk fase fikk elevene mulighet til å ta i bruk ideer fra de andre gruppene før de måtte formulere sin idé og validere løsningen. Til slutt ble den optimale løsningen med stykkevise likninger vist på tavlen og med digital graftegner. Læreren forsøkte deretter å institusjonalisere kunnskapen utover problemet elevene arbeidet med. Jeg har selv oversatt beskrivelsen av opplegget til norsk for å kunne følge scenarioet så nøyte som mulig. Dette ligger som Vedlegg 1 til oppgaven.

3.2 Kvantitativ metode: Spørreundersøkelse

Den kvantitative metoden består av en spørreundersøkelse i forkant og etterkant av undervisningsøkta. Resultatene av spørreundersøkelsen ble deretter analysert for å se etter endringer i holdninger til matematikk. Videre i teksten skal jeg gå gjennom hvordan instrumentet er bygd opp og hvordan datainnsamlingen foregikk. Deretter vil jeg vurdere troverdigheten til instrumentet. Her vil jeg komme inn på både validitet og reliabilitet,

spesielt test-retest-reliabilitet. Deretter vil jeg forklare hvilke kvantitative analysemetoder jeg har benyttet meg av.

3.2.1 Instrument: Attitudes Towards Mathematics Index

For å kunne måle effekten av eksperimentet, brukte jeg instrumentet ATMI.

Undersøkelsen består av 40 spørsmål som skal besvares ved hjelp av en femstegs Likert-skala (Marsh & Tapia, 2004). Jeg har selv oversatt spørreundersøkelsen, som ligger som Vedlegg 2. For å bevare meningen er spørsmålene i liten grad endret på. Opprinnelig ble undersøkelsen gjennomført på skoleelever i videregående, og derfor er noen av formuleringene endret til å passe bedre for ungdomsskoleelever. Dette gjelder også språkbruken og lengden på enkelte av spørsmålene. Målet var at elevene enkelt skulle forstå hva som ble spurt om. Når det gjelder spørsmål om holdninger, må man unngå ledende spørsmål. Derfor passer det godt med en Likert-skala. I denne undersøkelsen måler man styrken til en påstand fra «svært enig» til «svært uenig». Lukkede, enkle spørsmål er lettere for respondenten å forstå og svare korrekt på (Ringdal, 2007).

Utviklerne av spørreundersøkelsen har gjennomført en faktoranalyse som resulterte i fire ulike skalaer. De fire skalaene er basert på hva respondentene svarte på ulike effektindikatorer, altså de 40 spørsmålene (Marsh & Tapia, 2004). De fire skalaene kalles motivasjon, glede, selvtillit og verdi av matematikk. I tillegg kan man trekke ut en hovedskår for holdninger. Tabellen under viser eksempler på påstander i de ulike skalaene.

Påstand	Kategori
Matematikk er viktig i hverdagslivet	Verdi
Jeg har tro på at jeg kan lære avansert matematikk	Selvtillit
Jeg liker å løse nye problemer i matematikk	Glede
Jeg liker utfordringen med matematikk	Motivasjon

Tabell 2. Påstander fra ATMI

Selv om jeg har brukt ATMI kunne jeg også valgt å bruke andre instrumenter for å måle endringene i elevenes holdninger. Et mye brukt instrument er Fennema-Sherman Mathematics Attitude Scale (FSMAS). Denne undersøkelsen måler også holdninger på ulike skalaer: holdninger til suksess i matematikk, matematikk som et mannlige domene, foreldres interesse for matematikk, lærerens holdninger, selvtillit, matematikkangst, motivasjon og nytte (Fennema & Sherman, 1976). I praksis måler dette instrumentet ikke bare elevens holdninger (selvtillit, angst, motivasjon, verdi), men også foreldrenes og lærerens holdninger slik de blir observert av eleven. Dette er i liten grad relevant for min studie. Et annet punkt som taler mot FSMAS er at den ble utviklet for over førti år siden. Selv om undersøkelsen viste god reliabilitet da den kom, er det ikke sikkert at begrepene som ble brukt da betyr det samme nå (Chamberlin, 2010). Et annet argument for å bruke ATMI er tidsbruken. Å gjennomføre FSMAS tar omtrent 45 minutter siden undersøkelsen inneholder 108 spørsmål, mens ATMI tar omtrent 10-20 minutter (Marsh & Tapia, 2004). Selv om FSMAS har blitt brukt i stor grad tidligere, har jeg altså likevel valgt å bruke ATMI som utgangspunkt for mine undersøkelser. ATMI var mulig å gjennomføre på slutten av en matematikktime og inneholder de kategoriene jeg ønsker å undersøke.

3.2.2 Datainnsamling og utvalg

Utvalget i den kvantitative delen av studien besto av to undervisningsgrupper med til sammen 34 deltagere. Elevene fikk spørreskjemaet utdelt på papir i for- og etterkant av den aktuelle undervisningsøkten, slik det framkommer av Tabell 3 nedenfor. I tillegg ble det gjennomført enten en ekstra pre-test eller post-test av alle elevene for å sikre intern reliabilitet.

Alt av rådata ble lagt inn i programmet SPSS (IBM Corp., 2020), og elevene ble anonymisert ved hjelp av et referansenummer. Siden undersøkelsen var basert på en femstegs Likert-skala gikk verdiene fra 0 (svært uenig) til 4 (veldig enig). Deretter laget jeg variablene for «verdi» (11 påstander), «glede» (6 påstander), «motivasjon» (7 påstander) og «selvtillit» (16 påstander) ved å regne ut gjennomsnittet for alle effektindikatorerne innenfor hver skala. Den siste variabelen «holdninger» regnet jeg ut som et gjennomsnitt av de fire skalaene. Her har jeg gjort noen antagelser. Ettersom det er stor forskjell på antall effektindikatorer på de ulike skalaene, kunne jeg også ha beregnet et gjennomsnitt av alle førti påstandene og fått litt andre verdier for «holdning». I det valget jeg har gjort er det underforstått at alle de fire skalaene er vektet likt i beregningen av holdninger.

3.2.3 Troverdighet

Ved bruk av spørreundersøkelser kan man få målefeil og representasjonsfeil. Høy validitet er en måte å unngå sistnevnte feil. Validiteten forteller om instrumentet faktisk måler det den skal måle (Ringdal, 2007). Jeg har benyttet meg av en spørreundersøkelse som tidligere har blitt validert (Marsh & Tapia, 2004). Derfor tar jeg utgangspunkt i at den interne validiteten er sikret.

Høy reliabilitet, eller pålitelighet, har man om gjentatte målinger viser samme resultat. For å sikre intern reliabilitet har jeg gjennomført to pre-tester i den ene gruppen, og to post-tester i den andre gruppen med en ukes mellomrom som vist i Tabell 3. Ideelt sett skulle jeg ha gjennomført dobbelt sett med begge tester i begge gruppene, men dette ville blitt for tidkrevende. For å sjekke styrken på den interne reliabiliteten har jeg funnet Pearsons korrelasjonskoeffisient for de to testene. Dette er et korrelasjonsmål som viser hvor likt respondentene svarer på testene, altså hvor høy reliabiliteten er (Field, 2009).

Gruppe 1	Pre-test <i>dag 1</i>	TDS-eksperiment <i>dag 1</i>	Post-test <i>dag 2</i>	Post-test <i>dag 9</i>
Gruppe 2	Pre-test <i>dag 1</i>	Pre-test <i>dag 8</i>	TDS-eksperiment <i>dag 9</i>	Post-test <i>dag 9</i>

Tabell 3. Gjennomføring av undersøkelse og eksperiment

Dersom korrelasjonen mellom målinger av samme variabel på to ulike tidspunkt er høy, er også reliabiliteten høy. I en spørreundersøkelse om holdninger kan samme person svare ulikt dersom en test blir tatt flere ganger. Dette gir lav reliabilitet. I min undersøkelse har jeg brukt flere skalaer. Det kan være slik at en deltaker svarer med lav reliabilitet på de seksten påstandene om selvtillit, men dersom man ser på korrelasjonen mellom variabelen «selvtillit» kan denne ha høyere reliabilitet enn enkeltindikatorerne (Ringdal, 2007). For å sjekke test-retest-reliabiliteten til undersøkelsen, har jeg sjekket korrelasjonen mellom de to pre-testene i den ene gruppa og de to post-testene i den andre gruppa. Jeg har bare sett på korrelasjonen for holdninger og de fire underkategoriene. Jeg valgte å bruke den ikke-parametriske Kendalls τ da jeg ikke hadde normalfordelte data, noe jeg vil komme tilbake til senere (Field, 2009). Tabell 4 viser resultatene fra testen.

Variabel	Pre-test (n=13)		Post-test (n=12)	
	Korrelasjonskoeffisient	Sig.*	Korrelasjonskoeffisient	Sig.*
Selvtillit	0,850	< 0,01	0,962	< 0,01
Glede	0,811	< 0,01	0,730	< 0,01
Motivasjon	0,644	0,03	0,794	< 0,01
Verdi	0,543	0,01	0,800	< 0,01
Holdninger	0,872	< 0,01	0,939	< 0,01

*Tohalet signifikans

Tabell 4. Kendalls tau

Kendalls τ for pre-testen viser korrelasjon mellom variablene selvtillit, glede, motivasjon og holdninger. For variabelen verdi er det noe lavere korrelasjon. For post-testen er det tydelig korrelasjon for alle variablene. Det kan dermed se ut til at reliabiliteten i undersøkelsen er gjennomgående høy. Med andre ord har elevene svart ganske likt på de fleste påstandene om holdninger til matematikk. Selv om jeg kunne hatt opp mot førti deltakere i denne studien var det ikke alle som deltok på alle tre testene. Etter å ha vist at deltakerne svarte svært likt på begge pre-testene eller begge post-testene har jeg videre i analysen kun tatt utgangspunkt i en av de to testene. Dette gjør at de som bare fylte ut én spørreundersøkelse før eksperimentet og én etter eksperimentet også blir en del av den videre analysen.

Den interne reliabiliteten er også viktig. Ved å teste Cronbachs alfa kan man få et uttrykk for den interne reliabiliteten i en skala. Verdien vil ligge mellom 0 og 1, hvor et tall over 0,7 gir tilfredsstillende reliabilitet (Ringdal, 2007). Cronbachs alfa viser høy intern konsistens i alle de fire skalaene: selvtillit (0,95), verdi (0,89), glede (0,89) og motivasjon (0,88) (Marsh & Tapia, 2004). Instrumentet er også validert for collestudenter (Marsh & Tapia, 2002). En studie gjennomført på 699 elever i alderen 12-14 år i Australia viser høy reliabilitet innad i de fire skalene. Denne konfirmerende faktoranalysen viser at ATMI også gjelder for en yngre aldersgruppe, som ligger nærmere elevene i min studie, i alder (Majeed et al., 2013).

Representasjonsfeil skjer når utvalget ikke er representativt. Dette kan for eksempel skje ved stort frafall av en undergruppe. I min studie ville det eksempelvis ha vært vanskelig å generalisere funnene for begge kjønn dersom halvparten av guttene ikke hadde tatt undersøkelsen. Som nevnt tidligere ble studien gjennomført under korona-pandemien, noe som påvirket fraværet i stor grad. Med et mulig utvalg på 50, ble det totale antallet bare 34. Det er også andre trusler mot troverdigheten når det gjelder forskning på egen praksis (Ringdal, 2007), og dette vil jeg komme tilbake til i siste del av metodekapitlet.

For å kunne gjennomføre den avhengige t -testen må differansen mellom pre-test og post-test være normalfordelt. Ved visuell inspeksjon er det vanskelig å se om et lite utvalg følger normalfordelingen. Derfor er det viktig å gjennomføre ulike tester for normalfordeling. Ved en analyse av skjevhet og kurtose kan man se hvorvidt normalfordelingskurven er forskjøvet. Ved normalfordelte data vil begge disse to ha en verdi på null. En positiv skjevhetsverdi betyr at «klokken» er forskjøvet mot venstre, mens en negativ verdi betyr at verdiene er forskjøvet mot høyre. Kurtose forteller om kurven er spiss (positivt tall) eller flat (negativt tall). Ved å regne ut z -verdier for begge

variablene kan man finne absolutte z-verdier for både skjevhet og kurtose. Z-verdien for skjevhet finner man ved å trekke skjevhetsverdien fra gjennomsnittet i befolkningen. I en gjennomsnittlig befolkning skal skjevheten være null. Ved å dividere differansen man får, med standardavviket ender man opp med z-verdien for skjevhet. Det samme kan vi gjøre for å finne z-verdien til kurtosen. Ved verdier over 1,96 ($p < 0,05$) må hypotesen om normalitet forkastes. Tabell 5 viser skjevhet, kurtose, samt z-verdier.

Jeg gjennomførte også Kolmogorov-Smirnov test (K-S test) som forteller om verdiene avviker fra normalfordelingen (D). Det viktigste er signifikansen til D. Signifikante verdier (under 0,05) antyder et avvik fra normalitet. Frihetsgraden i denne testen er 35 og alle verdiene kan sees i Tabell 5.

Differanser	Skjevhet	Zskjevhet	Kurtose	Zkurtose	K-S stat. (D)	KS Sig.
Verdi	-0,530	-1,33	1,768	2,27	0,135	0,107*
Selvtillit	-0,149	-0,37	0,033	0,04	0,118	0,200*
Glede	2,309	5,80	9,171	11,79	0,202	0,001
Motivasjon	-0,867	-2,18	1,794	2,30	0,164	0,018
Holdninger	-0,236	0,59	0,467	0,60	0,078	0,200*

* godkjente resultater i henhold til normalfordeling

Tabell 5. Skjevhet, kurtose og K-S test.

Variabelene *holdninger* og *selvtillit* passerte K-S testen og viser lite kurtose og skjevhet. De kan derfor brukes videre i t-testen. *Glede* og *motivasjon* måtte forkastes, da de viser signifikante avvik fra normalfordelingen gjennom K-S testen. Spesielt *glede* viser også veldig skjevhet og kurtose. Den siste faktoren, *verdi*, er et tvilstilfelle. Den viser ikke noe signifikant avvik fra normalfordeling på K-S testen, men kurtose på over 1,69. Ved visuell inspeksjon har jeg likevel valgt å ta med denne faktoren inn i t-testen, da den ser relativt normalfordelt ut bortsett fra en tydelig topp.

3.2.4 Analysem metode: T-test og Wilcoxon signed-rank test

For å se om endringene i holdninger var signifikante på gruppenivå brukte jeg t-test og Wilcoxon signed-rank test. Prosedyrene er ansett som elementær kunnskap innenfor statistikk. Derfor refererer jeg ikke til kilder hele veien gjennom dette kapitlet. Hovedsakelig har jeg benyttet meg av Field (2009). For at funnene skal kunne generaliseres må funnene være signifikante. Det må altså være en målbar endring etter TDS-økten i holdninger eller noen av de fire skalaene.

I en avhengig t-test undersøkes forskjeller mellom gjennomsnittsskårer i to like utvalg. For at hypotesen om endring i holdninger skal bekreftes, må det være en signifikant forskjell mellom disse to utvalgene. Dersom man hadde trukket ut to tilfeldige utvalg av befolkningen ville gjennomsnittet i de to gruppene vært ganske like. Hypotesen i den avhengige t-testen er det motsatte, at gjennomsnittet i de to gruppene skal være forskjellig. Dersom forskjellen i de målte variablene er stor nok, eller signifikant, kan man si at eksperimentet har hatt en effekt på gruppenivå. Nullhypotesen for den avhengige t-testen sier at eksperimentet ikke har noen effekt, og at gjennomsnittet for de to utvalgene vil være svært like. Hypotesen min var ikke retningsbestemt, det vil si at holdningene kan endres til det positive og det negative. Derfor benyttet jeg meg av

tohalet test (Field, 2009). Jeg har gjennomført den avhengige t-testen for holdninger, verdi og selvtillit, siden bare disse tre variablene passerte normalitetstesten.

For variablene som ikke var normalfordelte, gjennomførte jeg en ikke-parametrisk test kalt Wilcoxon signed-rank test. Forskjellen fra t-testen er at man sorterer dataene fra lavest til høyest, og gir alle en rangering fra 1 og oppover. Deretter regner man ut differansen mellom de to verdiene. Dersom differansen er 0 blir verdiparet ekskludert fra utregningen. Positiv rangering betyr at verdien etter eksperimentet var høyere enn verdien før eksperimentet, altså en positiv endring. Negativ rangering betyr at verdien etter eksperimentet var lavere enn verdien før eksperimentet, altså en negativ endring. Deretter sammenlignes summen av positive og negative rangeringer hver for seg (Field, 2009). Jeg har gjennomført denne testen på variablene glede og motivasjon, siden de ikke var normalfordelte.

3.3 Kvalitativ metode: Dybdeintervju

Etter å ha gjennomført undersøkelsen og analysert datamaterialet, plukket jeg ut tre elever med positiv endring, til dybdeintervju. I intervjuet ønsket jeg å finne ut mer om hvordan elevene opplever de fire dimensjonene: motivasjon, glede, verdi og selvtillit i matematikk generelt. I tillegg ønsket jeg å gå nærmere inn på den spesifikke økta, for å finne ut hvordan eksperimentet påvirket elevene til å endre holdninger. Videre i dette kapitlet vil jeg gjøre greie for intervjuets oppbygging og hvordan datainnsamlingen foregikk. Jeg vil deretter si noe om troverdigheten i arbeidet før jeg redegjør for tematisk koding, som var min valgte analysemetode.

3.3.1 Instrument: Intervjuguide

Det kvalitative intervjuet er velprøvd som metode, spesielt i samfunnsvitenskapelige emner. Gjennom intervjuet forsøker forskeren å forstå hvordan intervjuobjektet opplever verden. Målet er ikke kvantifisering, men heller en rik beskrivelse av ulike fenomener. Dette plasserer intervjuet i fenomenologien hvor den enkeltes forståelse av verden står i fokus. Den som intervjues oppfordres til å forklare hva de erfarer og føler, uten å måtte kategorisere erfaringene sine. Det er forskerens oppgave å vurdere hvorfor intervjuobjektet har disse tankene (Kvale & Brinkmann, 2009). Med denne bakgrunnen ønsket jeg å grave dypere i holdningene til elevene og hva som hadde formet disse.

Intervjuene ble gjennomført semi-strukturert etter den vedlagte intervjuguiden (Vedlegg 3), delt inn etter de fire dimensjonene og holdninger til matematikk. I arbeidet med å utforme intervjuguiden var det viktig å oversette de faglige begrepene til ord som elevene kunne relatere seg til. Som analysen senere vil vise, brukte elevene likevel ord som motivasjon og holdninger uoppfordret. Intervjuet var delt inn i to deler, matematikk generelt og deretter TDS-økta spesielt. Dette var for å få et bredere inntrykk av elevenes holdninger til matematikk. Samtidig ble intervjuet spisset inn mot den aktuelle økta. Dette kan kalles for et traktintervju, hvor forskeren nærmer seg fenomenet som skal undersøkes (Kvale & Brinkmann, 2009). Samtidig lot jeg informantene styre samtalen i den retningen de selv vektla. Dette gjorde at enkelte av områdene ble grundigere besvart enn andre, ut fra informantenes egne interesser.

Spørsmålene handlet i stor grad om informantens egen opplevelse eller egne holdninger. Jeg mener at dette gjorde det enklere for elevene å formulere seg om et tema som kan være utfordrende å sette ord på. I forkant av intervjuene var jeg spent på om elevene skulle føle seg trygge i situasjonen, da jeg som intervjuer også var faglærer i matematikk. Jeg vil si mer om de etiske perspektivene rundt dette senere i kapitlet. Det

er viktig at intervjuobjektene ikke føler at de blir angrepet, slik at de går inn i en forsvarsposisjon (Robson & McCartan, 2016). Svarene de gav på spørsmål som «Hva synes du om faget matematikk» tilsier at de må ha vært ganske ærlige. I min dobbeltrolle som forsker og lærer synes jeg også det var ganske spennende å høre hva elevene mine fortalte om deres forhold til matematikk, jeg mener at jeg på dette viset oppfordret intervjuobjektene til å snakke fritt. Jeg gjorde lydopptak av intervjuene, som senere ble transkribert og anonymisert.

3.3.2 Datainnsamling og utvalg

For å belyse problemstillingen ønsket jeg å intervju tre elever som hadde vist positiv endring i holdninger til matematikk i etterkant av undervisningsøkten.

Forskningsspørsmålet handler om hvordan TDS kan påvirke holdningene i positiv retning, og dette ble derfor viktig for meg. Flere enn tre informanter hadde vært ideelt, men med en intervjuetid på omtrent 40 minutter, og desto flere timer med analyse, ble dette vanskelig. Ideelt sett kunne jeg også tenkt meg å intervju noen som opplevde nedgang i holdninger. Dette kunne ha vært med på å motbevise hypotesen, eller gi meg noen andre synspunkter. Det er ikke noe fasitsvar på hvor mange man bør intervju, men målet skal alltid være å intervju så mange at man får svar på det man lurer på. Samtidig satt jeg med en del svar fra den kvantitative analysen, og intervjuene var først og fremst ment for å utdype disse funnene (Kvale & Brinkmann, 2009).

3.3.3 Troverdighet

Jeg kan ikke forsvare troverdigheten i den kvalitative delen på samme måte som jeg gjorde for den kvantitative undersøkelsen. Det kvalitative paradigmat støtter seg i større grad på at kunnskapen blir skapt i sosiale konstruksjoner. Derfor kan man ikke replisere et intervju og forvente å få samme svar. Det blir derfor vanskelig å snakke om begrepene validitet og reliabilitet på samme måte som vi gjør i det kvantitative feltet (Robson & McCartan, 2016). De samme reglene for troverdighet og kredibilitet gjelder likevel også for den kvalitative forskeren (Creswell & Miller, 2000). I dette kapitlet vil jeg støtte meg på Guba og Lincoln (1985) for å forklare hvordan jeg har vurdert troverdigheten i mitt eget arbeid.

Jeg har undersøkt mine egne elever i egen klasse. Dette mener jeg er med på å øke den interne validiteten, eller kredibiliteten, i forskningen. Studiet foregikk i en kultur jeg kjente godt fra før. Et slikt langvarig engasjement vil også etablere tillit. Tidligere har jeg nevnt hvordan jeg stolte på at elevene gav ærlige svar i intervjusituasjonen. Jeg mener at dette kommer fra en trygghet fordi de kjente meg fra tidligere (jf. Guba & Lincoln 1985). Samtidig kjente jeg også informantene godt fra tidligere, slik at jeg kunne legge til rette for en trygg og ærlig intervjusituasjon. I det siste metodekapitlet vil jeg forklare hvilke utfordringer man møter ved å forske på egen praksis, og der ligger det også noen trusler mot troverdigheten. Ved å bruke triangulering av metoder slik jeg har skissert tidligere kan jeg også være tryggere på at jeg sitter igjen med faktiske svar på forskningsspørsmålet. Den største svakheten, slik jeg ser det, er antallet informanter i intervjuet og i kvasi-eksperimentet. Dette tar jeg høyde for i konklusjonen.

Reliabiliteten, eller påliteligheten, i analysen er vanskelig å påvise. Guba og Lincoln (1985) forklarer hvordan en ekstern revisor går gjennom både prosessen og datamaterialet for å sjekke både prosess, datamateriale og resultatet til forskeren. Dette kan være med på å sikre både reliabiliteten til studien og forskerens objektivitet. En slik revisjon ble ikke gjennomført i denne studien, på grunn av prosjektets størrelse. Det er ikke like lett å overbevise leseren om troverdigheten til en kvalitativ studie som i en

kvantitativ studie. Et viktig kriterium er åpenhet, noe jeg har lagt vekt på gjennom å bruke sitater fra elevene for å underbygge mine analyser. Dette vil jeg også komme innpå i diskusjonen, hvor jeg ser på hvilke slutninger jeg kan gjøre basert på de ulike funnene jeg har gjort.

3.3.4 Analysemetode: Tematisk analyse

Målet med analysen var å tolke og forstå hvordan intervjuobjektene opplevde fenomenet holdninger ut fra rammeverket som ble presentert i teorikapitlet. Arbeidet besto mye i å lete etter mønstre i datamaterialet og kategorisere disse. For å gjøre jobben lettere brukte jeg tematisk analyse. Et kjennetegn på tematisk analyse er at ulike temaer vokser frem av seg selv under analysen. Et tema kan være stort eller lite, det er forskeren selv som må avgjøre hvor utbredt noe skal være før det kan kalles et tema. Målet med et tema er at det gir innsikt som kan svare på forskningsspørsmålet (Robson & McCartan, 2016). Videre i dette kapitlet vil jeg vise hvordan jeg arbeidet for å danne meg temaene som ble utgangspunktet for den kvalitative analysen.

I min studie har jeg et teoretisk rammeverk som utgangspunkt og det var naturlig å bruke begrepene fra ATMI og teorier om det affektive området i analysen. For å svare på forskningsspørsmålet lette jeg etter utsagn knyttet til dannelsen og endringene av holdninger og hva som kunne ha påvirket dette. En slik deduktiv tilnærming gir en mer spisset analyse i motsetning til en induktiv tilnærming hvor det er datamateriale som styrer temaene i større grad (Braun & Clarke, 2006).

Selve analysen startet allerede gjennom transkripsjonen, da dette gjorde meg kjent med datamaterialet. Gjennom flere runder med gjennomlesing skrev jeg ned idéer og tanker jeg gjorde meg på post-it lapper og markerte underveis i teksten. Allerede her startet en form for tolkning av utsagnene, og i den enkleste formen var det negative eller positive utsagn. Deretter begynte jeg å sette koder på interessante biter av datamaterialet. I en teoredreven studie som dette, skjedde kodingen i stor grad ut fra rammeverket. Koder som «gøy med matte» eller «vanskelig oppgave, gir opp». Gjennom denne første fasen vokste det fram mange koder, som hver hadde utsagn knyttet til seg (jf. Braun & Clarke 2006). Denne delen av analysen ble gjennomført i programmet NVivo(QSR International Pty Ltd., 2020), som ga meg mulighet til å enkelt vise alle funnene tilknyttet hver kode.

Etter at alle interessante funn var sortert på ulike koder, forsøkte jeg å samle flere koder til ulike tema for å få et mer overordnet blikk på datamaterialet. Dette ble et tankekart, med noen hovedtema som «matte er viktig» og undertema som «jobb» og «anvendelighet». Ikke alle kodene passet inn i et av temaene og enkelte av kodene kunne plasseres under flere av de ulike temaene. Dette var bare en midlertidig sortering (jf. Braun & Clarke, 2006). I tankekartet dukket det også opp piler. Utsagnene pekte for eksempel på at «negative følelser» førte til «selvtillit» og det samme gjorde «gir glede og motivasjon». Til slutt endte «selvtillit og motivasjon» opp som et hovedtema, mens «glede og motivasjon» og «negative følelser og motivasjon» ble undertema.

Jeg har i stor grad sett etter ord som kan kobles opp mot det affektive området. I noen utsagn har elevene benyttet seg av ord og uttrykk som er kjent fra denne oppgaven som «motivasjon» eller «selvtillit». Enkelte kategorier og emner er derfor basert på kjente begreper fra det teoretiske rammeverket. I tillegg dukket det opp koder basert på elevenes egne uttrykk. Slike uttrykk stemte ikke nødvendigvis med hva begrepet betyr i faglitteraturen. Et ord elevene benyttet seg mye av var «viktig». Dette ble opphavet til koden «Matematikk er viktig». Denne kategorien likner på området innenfor holdninger som kalles for «verdi av matematikk». Et annet eksempel er utsagn som «det er gøy å få

til en oppgave». At noe er gøy kan være så mangt, men det tyder på en kobling opp mot «glede av matematikk» og «motivasjon». I tillegg så jeg etter motsetninger. Der noe var gøy, var det noe annet som var kjedelig. På dette viset laget jeg kodene «gir motivasjon» og «gir mindre motivasjon». Ved å se etter ulikheter ble det også lettere å nyansere svaret på problemstillingen ut fra de tre individene som ble intervjuet. For å kontrollere temaene så jeg etter intern homogenitet, at innholdet i et tema var relativt entydig. Det samme gjaldt ekstern heterogenitet, at det var tydelige forskjeller i innhold fra andre tema (Braun & Clarke, 2006). Det er viktig å presisere at analysen ikke fremgikk like lineært som jeg har beskrevet. Underveis leste jeg gjennom transkripsjonene, endret koder og tema flere ganger. Jeg satt likevel igjen med et sett med tema og undertema jeg mener dekket hva elevene prøvde å si, ut fra rammeverket jeg forholdt meg til.

I den siste fasen satte jeg navn på, og definerte, de endelige temaene. Innholdet i et tema skulle derfor være sammenhengende og ikke sprike for mye. Samtidig ønsket jeg at temaene skulle henviser til forskningsspørsmålet og forsøke å besvare dette. Jeg har forsøkt å skrive analysen på en slik måte at hovedtanken i hvert tema kommer tydelig fram. Kausaliteten eller sammenhengen mellom temaene blir også vist fram og drøftet (Braun & Clarke, 2006). Jeg satt igjen med tre hovedtema, «selvtillit og motivasjon», «matematikk er viktig» og «samarbeid og metoder», som på hver sine vis belyser forskningsspørsmålet.

3.4 Forskningsetiske betraktninger

I min studie lå det noen etiske utfordringer som jeg skal belyse i de neste avsnittene. Ut fra en grunnleggende respekt for menneskeverdet må man være varsom overfor barn og andre sårbare grupper (NESH, 2018). Norsk senter for forskningsdata (NSD) vurderte det slik at undersøkelsen ga ut informasjon om helseopplysninger. Eksempelvis gir svaret på «Jeg blir nervøs bare av tanken på å løse et matematisk problem» opplysninger om psykisk helse. Dette la strenge føringer for hvordan helseopplysningene skulle samles inn og behandles.

Med samtykke menes enhver frivillig, spesifikk, informert og utvetydig viljesytring fra deltakeren der vedkommende ved en erklæring eller tydelig bekreftelse gir sitt samtykke til behandling av helseopplysninger eller humant biologisk materiale. Samtykket skal bygge på spesifikk informasjon om et konkret forskningsprosjekt med mindre det er adgang til å avgi et bredt samtykke, jf. § 14. (Helseforskningsloven, 2009, § 13)

Helseforskningsloven krevde at informantene fikk spesifikk informasjon om prosjektet. Derfor ble det utfordrende å vite hvor mye informasjon jeg skulle gi. Dersom man gir ut for mye kan dette påvirke hva som skjer under eksperimentet, eller hvordan deltagerne svarer både på undersøkelsen og under intervjuet. Det ble i hovedsak opplyst at studien handlet om å utvikle min egen undervisning og ikke elevenes kompetanse eller holdninger til matematikk. Selvfølgelig var elevenes opplevelse svært viktig i datainnsamlingen, men i størst grad som et instrument for å måle effekten av undervisningen. I etterkant av studien opplyste jeg også elevene om hvilken rolle de hadde i prosjektet, slik at de fortsatt hadde mulighet til å trekke seg dersom det var ønskelig (Kvale & Brinkmann, 2009). Jeg mener at jeg ga tilstrekkelig informasjon til at elevene visste hva de skulle intervjues om, men lite nok informasjon til at undervisningsøkta opplevdes naturlig.

Spørreundersøkelsen ble administrert på papir, med navn som eneste identifiserbare personopplysning. Resultatene ble så lagt inn i programmet SPSS og hvert individ ble tildelt en unik id. For å identifisere individene som skulle velges ut til intervju, var det

viktig å bevare en kobling mellom navn og referansenummer til senere. Et skjema med disse referansenumrene ble oppbevart innelåst adskilt fra resultatene. Lydopptakene ble tatt opp ved hjelp av en app kalt «Diktafon». Denne lagrer lydopptaket direkte hos Tjenester for Sensitive Data (TSD), eid av Universitet i Oslo. Ettersom lydopptak av stemmer er en sensitiv personopplysning, ble dette lagret på en sikker server (godkjent av NTNU). Dataene ble også slettet herfra etter prosjektslutt. Transkribering av intervjuene ble også gjennomført på denne serveren. De ferdige transkripsjonene var anonymiserte. I det ferdige arbeidet er det derfor ingen opplysninger som kan identifisere respondentene.

3.4.1 Forskning på egen praksis

Gjennom prosjektet sto jeg i en spagat mellom rollen som lærer og forsker. Jeg ønsket å gjennomføre en forskning som fulgte de kravene til troverdighet jeg har gått gjennom i metodekapitlet. «Barns velferd og integritet går foran vitenskapens og samfunnets interesser» (NESH, 2018). Derfor var det viktig for meg å finne en balanse mellom de to rollene som forsker og lærer, men samtidig veie elevenes hensyn tyngst. I de følgende avsnittene skal jeg vise noen hensyn jeg måtte ta.

For å delta i forskningsprosjektet måtte elevene gi informert samtykke. For å ikke presse elevene til noe de ikke ønsket å være med, fulgte jeg anbefalingen i helseforskningsloven.

Dersom forskningsdeltakeren kan anses å være i et slikt avhengighetsforhold til den som ber om samtykke, at forskningsdeltakeren vil kunne føle seg presset til å gi samtykke, skal det informerte samtykket innhentes av en annen som forskningsdeltakeren ikke har slikt forhold til. (Helseforskningsloven, 2009, § 13)

Jeg valgte å sende samtykkeskjema med hjem til foreldrene, slik at de kunne lese gjennom hva prosjektet gikk ut på og gi samtykke i samråd med elevene. Det var viktig for meg å presisere både muntlig og skriftlig at det ikke var press på deltakelse fra min side. Meldeskjema med samtykkeerklæring ligger som Vedlegg 4. Samtykkeskjemaet var inndelt i separate samtykker for spørreundersøkelse og intervju. Der sto det også tydelig at elevene kunne trekke seg i etterkant om de følte for det. Jeg kan likevel ikke garantere for at elevene ikke følte et press, enten det var fra meg, medelever eller foreldre. Jeg var også forberedt på å ta hensyn til elever som ikke ønsket å være en del av forskningen. Samtidig var TDS-undervisningen ment å være en vanlig matematikktime i den normale klasseromskulturen for å bevare autentisiteten i situasjonen (Hammack, 1997). Selv om forskningsspørsmålet omtaler økta som et avbrekk fra vanlig undervisning, skulle den ikke oppleves som noe mer annerledes enn det.

I utgangspunktet skal fordelene med å delta i et prosjekt oppveie for negative følger. I denne studien mener jeg at det på gruppenivå bare finnes positive konsekvenser da målet med forskningen er å finne metoder som hjelper elevene med å forbedre sitt forhold til matematikk. Jeg kunne uansett ha funnet på å gjennomføre en slik økt i min vanlige undervisning, nettopp som et avbrekk. Dette viser hvor uklare skillelinjer det kan være mellom undervisning og forskning i klasserommet. Det er derfor viktig å ha med seg at skolen først og fremst skal være en plass for elevene å lære. Forskningen kan foregå samtidig så lenge den ikke går på bekostning av skolens mandat (Hammack, 1997). Ved å bruke et undervisningsopplegg som har blitt velutviklet og testet tidligere mener jeg at læringen ble godt ivaretatt.

På individnivå var det andre utfordringer, spesielt i forbindelse med intervjuene. Spørsmålene la opp til at elevene skulle dele personlige erfaringer og holdninger. Jeg forsøkte å vise varme og lytte aktivt til elevene for å få positive og kompetente svar (jf. Rosenthal, 1976). Dette la også til rette for at elevene fortalte om vanskelige tanker. Samtidig må jeg gjennom min lærerrolle ta elevenes utfordringer på alvor. Det var derfor viktig for meg å ta av meg «lærerhatten» og ta på meg «forskerhatten» under selve intervjuet jf Kvale & Brinkmann (2009).

En kanskje større utfordring er den asymmetriske maktbalansen. Den vil man finne i de fleste intervjusituasjoner. Intervjuet er ikke en åpen dialog mellom to parter, men intervjueren bestemmer hva det skal snakkes om. Målet med samtalen er å få ut informasjon fra forskningsobjektet gjennom en serie spørsmål, noe som fordrer en enveis dialog (Kvale & Brinkmann, 2009). Forskning på egen praksis er vanskelig, det er mange feller å gå i, samtidig som fordelene kan være mange. I denne studien har jeg forsøkt å ta hensyn til de ulike utfordringene jeg har skissert. Samtidig mener jeg at fordelene med en slik nærhet til forskningen kan heve kvaliteten på resultatet. Ved at elevene stoler på meg, og tør å være åpne, er det større sannsynlighet for å få troverdige og genuine svar.

4 Analyse og resultater

I dette kapitlet viser jeg hvordan elevene på gruppenivå ikke så ut til å ha noen målbare endringer i holdninger til matematikk etter en økt med TDS. Samtidig ser elevene ut til å skåre høyt på variabelen *verdi av matematikk*. Deretter vil jeg vise hvordan tre elever beskriver sine forestillinger og hvordan disse påvirkes av ulike undervisningsformer.

4.1 Kvantitativ analyse

4.1.1 Deskriptiv statistikk

Ved å se på gjennomsnitt og median for de fem variablene før og etter intervensjonen kan det se ut som undervisningen hadde liten effekt. Nøyaktige resultater kommer frem i neste delkapittel, med gjennomgang av *t*-test og Wilcoxon signed-rank test. Ut fra deskriptiv statistikk i Tabell 6, går det likevel an å si noe om elevenes tilsynelatende stabile holdninger.

De fem variablene, *verdi*, *selvtillit*, *glede*, *motivasjon* og *holdninger*, måles på en skala fra 0-4 hvor 2 er et nøytralt svar og 3 tilsvarer *enig*. *Verdi av matematikk* ser ut til å skille seg ut fra de andre. Sentralmålene viser at elevenes holdninger til matematikk som et viktig fag, ser ut til å være tett opp mot det som tilsvarer *enig* i spørreskjemaet til elevene. Samtidig er standardavviket mindre enn for de andre verdiene, og verdiene er med andre ord ganske samlet rundt gjennomsnittet. Målingene av *verdi* kan antyde at elevene har en forestilling om matematikk som et viktig fag.

Variablene *glede* og *motivasjon* ligger tett ned mot 2, altså nøytralt. Sagt med andre ord ser elevene ut til å ha gjennomsnittlig glede av matematikk, samt motivasjon for å lære seg matematikk. Både gjennomsnittet og medianen for *selvtillit* ser ut til å ligge noe over nøytralt, noe som kan antyde at elevene har selvtillit over nøytralt. Samtidig gjør det høye standardavviket at det er vanskelig å si noe sikkert om elevenes forestillinger om seg selv ut fra de målte verdiene. Det kan se ut som en del elever har veldig høy selvtillit, samtidig som en del elever skårer lavt.

Variabler	N		Gj. snitt	Median	Std.avvik	Min.	Maks.
Verdi	39	Før	2,77	2,73	0,47	1,91	3,82
	38	Etter	2,76	2,63	0,53	1,55	3,91
Selvtillit	39	Før	2,33	2,38	0,67	0,50	3,56
	38	Etter	2,41	2,44	0,73	0,75	3,69
Glede	39	Før	2,02	2,00	0,70	0,50	3,50
	38	Etter	2,15	2,00	0,67	0,33	3,50
Motivasjon	39	Før	2,00	1,86	0,64	0,71	3,43
	38	Etter	2,05	2,00	0,62	0,86	3,29
Holdninger	39	Før	2,32	2,20	0,55	1,41	3,31
	38	Etter	2,33	2,22	0,59	1,28	3,39

Tabell 6. Deskriptiv statistikk av variablene

Elevene har holdninger som i gjennomsnitt er litt over nøytrale til matematikk. *Verdi* er variabelen som skiller seg spesielt ut fra resten, og som sammen med *selvtillit* trekker opp gjennomsnittet. I diskusjonen vil jeg sammenligne dette resultatet med elevenes egne utsagn.

4.1.2 Statistiske tester

Tabell 7 viser at *t*-testen ikke viser signifikante endringer av verken av verdi, selvtillit eller holdninger etter intervensjonen. Det samme gjelder for Wilcoxon signed-rank test av glede og motivasjon. Elevene skårer omtrent det samme som de gjorde dagen før, uka før og uka etter. Eventuelle forskjeller på de to gruppene er ikke signifikante. Om ikke annet er dette en bekreftelse på at holdninger er ganske stabile innenfor det affektive området (jf. McLeod, 1992). Siden jeg aldri valgte en kontrollgruppe er sammenligningsgrunnlaget lite, men det er lite sannsynlig at de ville fått et annerledes resultat, fordi målingene er såpass stabile. Jeg vil derfor videre i analysen sette søkelys på de kvalitative intervjuene, for å se etter endringer på individnivå. Selv om elevene som gruppe ikke viser noen økninger i holdninger til matematikk, kan det være at enkeltelever har opplevd noe som har endret deres forhold til matematikk, om ikke annet enn på kort sikt. Som nevnt tidligere er disse tre elevene valgt ut basert på positiv endring til holdning i matematikk i etterkant av TDS-økta.

t-test	N		Gj. snitt	Std.avvik	t-verdi	p-verdi
Verdi	34	Før	2,77	0,47	0,96	0,35
		Etter	2,76	0,53		
Selvtillit	34	Før	2,33	0,67	-0,16	0,87
		Etter	2,41	0,73		
Holdninger	34	Før	2,28	0,55	-0,43	0,67
		Etter	2,34	0,57		

Wilcoxon signed-rank			Median	T	z-skår	p-verdi
Glede	39	Før	2,00	146	-0,448 ^a	0,65
	38	Etter	2,00			
Motivasjon	39	Før	1,86	170	-1,050 ^a	0,29
	38	Etter	2,00			

a. Basert på negative rangeringer

Tabell 7. Resultater fra t-test og Wilcoxon signed-rank test

4.2 Kvalitativ analyse

Den kvalitative analysen min har jeg valgt å dele inn i ulike undertema basert på utsagnene fra de tre elevene Hanne, Roger og Tommy. Elevenes ulike erfaringer i matematikk gir utslag i både selvtillit og mestringstro. Elevene virker å ha ordet selvtillit i sitt vokabular som et synonym til forestillinger om seg selv i matematikk, slik McLeod forklarer det i sitt rammeverk (1992). Videre i oppgaven vil jeg skille mellom selvtillit og mestringstro fordi elevene kan ha en form for mestringstro når det kommer til TDS-basert undervisning og en annen mestringstro i andre sammenhenger, samtidig som selvtilliten er mer stabil innenfor matematikk (Pajares & Miller, 1994). Dette vil jeg se nærmere på i temaet *selvtillit og mestringstro*. Elevene skildrer også hvordan følelser som glede øker motivasjonen for å arbeide med matematikk. Jeg har derfor valgt å samle de positive emosjonene i undertemaet *positive følelser gir motivasjon*. Samtidig viser analysen hvordan negative følelser påvirker motivasjonen i motsatt retning. Dette undertemaet kaller jeg for *negative følelser er demotiverende*.

Et fellestrekk hos alle elevene, er at de ser på matematikk som et viktig fag til senere i livet. Dette kommer fram generelt, men er også knyttet spesifikt mot TDS-økta. At noe var viktig, ga motivasjon til å legge inn en innsats. Disse begrunnelsene er samlet i temaet *matematikk er viktig*.

Elevene var i tillegg opptatt av at økta lignet på en virkelig situasjon. Samtidig kom det fram hvordan samarbeid hjalp elevene med å løse oppgaven. Dette ga navn til temaet *metoder og samarbeid*. Selv om analysen i utgangspunktet var deduktiv (jf. Braun & Clarke, 2006), har jeg vektlagt informantenes opplevelser av fenomenet holdninger. Som det vises av temaene jeg endte opp med, vil det være enkelte deler av det affektive området som er prioritert i større grad enn andre.

En del av funnene i analysen er ikke direkte relatert til forskningsspørsmålet, da intervjuene også omhandler erfaringer fra den vanlige undervisningen. Slik fikk jeg elevene til å snakke om forskjeller mellom ulike former for undervisning, og hvordan de ble påvirket av dette. Ved å se etter forskjeller kan jeg i diskusjonen kontrastere mellom erfaringene fra TDS-økta og annen undervisning. Samtidig har jeg også lett etter kausalitet, for å se hvordan elevenes presumptivt mer stabile holdninger og forestillinger påvirkes av ulike erfaringer.

4.2.1 Selvtillit og mestringstro

Mestringserfaringer former elevenes mestringstro, og muligens selvtillit. Oppfatningen av at de kan lykkes fører igjen til at elevene har tro på at de kan løse vanskelige matematikkoppgaver (Bandura, 1986). Ifølge elevene kan mestringstroen se ut til å overstyre motivasjonen til elevene og bestemme om de lykkes med en oppgave. Dette er et argument for at styrking av troen på egne ferdigheter er en viktig faktor i arbeidet med holdninger til matematikk.

De negative og positive opplevelsene elevene har med matematikk, former hvilke holdninger de har til matematikk. Samtidig er også elevene tydelige på at det er enkelte områder av matematikk de har større tro på at de kan få til enn andre. Dette kan være et tegn på at elevene ikke har en generell selvtillit i matematikk, men ulik mestringstro avhengig av tema (jf. Pajares & Miller, 1994). Den tydelige sammenhengen mellom tidligere opplevelser og hvilken selvtillit eller mestringstro eleven har, vises godt gjennom denne sekvensen fra intervjuet med Hanne.

Intervjuer: Er det noe du ønsker, om du skjønner, å bli flinkere i matte?

Hanne: På en måte ja, men jeg har ikke så mye motivasjon til det.

Intervjuer: Hvorfor har du ikke motivasjon til det?

Hanne: Det er fordi jeg ikke føler at jeg får det til.

Utdraget viser hvordan manglende motivasjon og selvtillit hos Hanne henger tett sammen. Det er en selvmotsigelse at Hanne ønsker å bli flinkere, samtidig som hun ikke har motivasjon til det. Det kan se ut til at Hanne er i en negativ spiral, hvor manglende motivasjon og manglende selvtillit påvirker hverandre. Elever som frykter å ikke få til en oppgave, er som regel mer opptatt av resultatet enn prosessen (Randhawa et al., 1993). Hanne ser ut til å ha behov for metoder som kan få fokuset bort fra prestasjonen, hvor hun er redd for å oppleve nederlag.

I andre enden av skalaen er Roger, som sier at «[d]e er ikke vant med å stå i det. Man må venne seg til å tape og til å stå i det når det buttrer litt imot». Her sammenligner han seg med andre elever som ikke har like mye tro på at de skal løse vanskelige oppgaver. Roger viser at han har tro på seg selv, selv om oppgaven oppfattes som vanskelig. En slik positiv erfaring er typisk for elever med høy mestringstro (Bandura, 1986). Det kan se ut til at Roger har akkurat dette. Han vet at han skal få til oppgaven uansett, siden han har fått til vanskelige oppgaver tidligere. Dette ser ut til å kunne være en viktig faktor for både Hanne og Roger. Tidligere mestringserfaringer er med på å forme selvtillit, og i enda større grad mestringstroen, hos den enkelte (Bong & Skaalvik, 2003). I de to undertemaene som følger vil jeg se på hvordan elevene beskriver ulike positive og negative erfaringer. Jeg vil se på sammenhengene mellom de følelsene som utløses og hvordan dette påvirker elevenes mestringstro. Det er tydelig at konkrete følelser har stor påvirkning på hvilke holdninger elevene sitter igjen med etter endt undervisning. Dette gir også svar på deler av forskningsspørsmålet.

4.2.2 Positive følelser gir motivasjon

Det kan se ut som at å løse matematikkoppgaver er en effektiv metode for å øke motivasjonen og gleden i matematikk. Alle elevene var tydelige på at gleden ved å få rett svar var med på å øke motivasjonen for faget. Å få til noe vanskelig gir en følelse av glede. Dette gir økt motivasjon til lignende oppgaver, noe elevene beskriver som nettopp glede. Denne motivasjonen er kortvarig, og det er derfor usikkert om mestringstroen faktisk øker. Samtidig kan følelsesutbruddene være med på å endre holdningene og selvbildet til elevene. I denne kategorien vil jeg vise hvordan positive opplevelser, økt motivasjon og glede ved matematikk, ser ut til å føre til økt mestringstro og selvtillit hos elevene jeg intervjuet. For å besvare forskningsspørsmålet vil jeg vil ha et spesielt søkelys på hvilke undervisningsmetoder elevene har opplevd som motiverende og morsomme.

Selv om de tre elevene har ulik grad av selvtillit, har de mange like syn på hva som er motiverende. Et eksempel på dette er Roger som har et positivt forhold til matematikk, noe som vises av motivasjonen og gleden han har for faget. Utdraget viser hvordan matematikk skiller seg ut i forhold til andre fag.

Roger: Men i norsk, å skrive lange tekster, da er jeg ikke så motivert.

Intervjuer: Du sier at du ikke er motivert?

Roger: Fordi jeg ikke synes det er gøy. Det er viktig, at det er artig.

Intervjuer: Men hva er gøy med algebra og likninger?

Roger: Fordi du får det til, da blir det artig.

Det første utsagnet ligner svært mye på en av påstandene fra spørreundersøkelsen, «Jeg vil heller løse en oppgave i matematikk enn å skrive en tekst», under kategorien glede av matematikk. Det finnes sikkert elever som synes det er artigere å skrive en tekst enn å løse algebra og likninger, men for Roger er det annerledes. Roger ser ut til å bli motivert av den gleden han får ved å løse likninger. Som vist i hovedtemaet, gjelder dette til en viss grad for Hanne også. Hun har motivasjon til å arbeide med matematikk, men likevel lettere for å gi opp. Da Hanne under samtalen ble spurt om denne berg og dalbanen av følelser var spesifikk for matematikk, svarte hun: «Jeg føler at jeg blir mer glad i matte, når jeg får til ting. Det blir en ekstra glede når jeg sliter, og så forstår mer. Da blir det en ekstra glede». Uansett hva Hanne legger i å bli glad i matematikk, er det tydelige positive følelser som utløses ved å lykkes med en vanskelig matematikkoppgave. Dette likner på hva Roger beskrev ovenfor. Tommy er også tydelig på at matematikk kan være gøy når det er noe han får til. Han sier blant annet at han blir stolt når han får til en matteoppgave. Tommy beskriver seg som en elev som egentlig ikke liker matematikk, og da kan man skjønne de positive følelsene når han mestrer noe vanskelig. Det er ikke vanskelig å skjønne at dette kan påvirke elevenes mestringstro i positiv retning. Gleden av å lykkes kan være et utfall som styrker mestringstroen til elevene (Bandura, 1986). Gledene som dette utløser er også et tegn på at elevene er styrt av indre motivasjon i større grad, siden det er oppgaven i seg selv som virker motiverende (Ryan & Deci, 2000). I diskusjonen vil jeg se på hvordan TDS kan være med på å gi elevene de positive følelsene jeg har beskrevet i dette temaet. Dette vil igjen kunne påvirke mestringstroen til elevene til senere matematikktimer.

Gjennom intervjuene og analysen virket det for meg som elevenes beskrivelser av glede lignet mer på en emosjonell respons enn en endring i holdninger. Elevene brukte også ordet følelser flere ganger, og det er tydelig at dette er en mer naturlig del av

vokabularet enn holdninger. I det følgende utdraget er det intervjuer som introduserer begrepet følelser, sannsynligvis fordi dette er et kjent begrep for elevene. Jeg ønsket å få fram om utbruddene var en kortvarig følelse, eller om gleden var en dypere holdningsendring, slik det fremstilles i rammeverket (McLeod, 1992). Selv om ikke Tommy svarer helt på det jeg spør om, ligner det på tidligere sitater fra Hanne og Roger, hvor gleden utløses ved å få til en vanskelig oppgave.

Intervjuer: Hvis du får til en vanskelig oppgave

Tommy: Da blir jeg stolt, fikk det til før X og Y hadde begynt med oppgaven. Skrevet ferdig min del, pisslett.

Intervjuer: Er denne følelsen noe du kommer til å kjenne på i morgen eller neste gang vi har mattetime?

Tommy: Det kan skje ofte, ikke bare en mattetime. Det jeg kan føle når jeg har fått til en matteoppgave er den gledfølelsen.

Ut fra intervjuene jeg har gjort ser det ut til å være positive følelser knyttet til det å få til en vanskelig oppgave. Dette stemmer i mindre grad med hvordan glede og motivasjon blir framstilt i rammeverket som stabile og mindre intense holdninger (McLeod, 1992). Følelser kan være med på å endre elevenes holdninger og forestillinger, og det elevene beskriver kan være en del av denne prosessen. Dette er et tegn på at et enkeltopplegg som TDS i større grad påvirker følelsene til elevene enn holdninger og forestillinger.

4.2.3 Negative følelser er demotiverende

Elevene hindres av negative følelser. Følelsene kan svinge mye når elevene arbeider med problemløsningsoppgaver (McLeod, 1988). Dette betyr ikke at elevene gir opp, men når følelsene blir sterke nok ser det ut til å være veldig demotiverende. Både Hanne og Tommy ønsker å få til vanskelige oppgaver, men blir lei seg når de møter motgang. Dette kan igjen se ut til å påvirke mer stabile holdninger som mestringstro og motivasjon.

Roger har stort sett positive følelser og erfaringer knyttet til matematikk. Han sier for eksempel dette om å gi opp: «følelsen av å gi opp er ikke god, det er ikke noe jeg liker, å kjenne at jeg gir opp». Rogers uttalelse er et tegn på at han har en forestilling om seg selv som kompetent, og han klarer derfor å skyve vekk negative følelser. Han er lite preget av lav motivasjon eller negative følelser knyttet til arbeid med matematikk. Slike forestillinger er en del av selvbildet til elevene (McLeod, 1992). Dette gjør at Roger møter problemer i alle vanskelighetsgrader med tro om at han skal klare å løse oppgaven.

Tommy blir i større grad påvirket av negative følelser når han møter vanskelige oppgaver. Da stopper det helt opp. «Da klarer jeg ikke å gjøre noe som helst. Da får jeg følelsen av at det ikke er vits i å prøve i det hele tatt, jeg gir bare opp», sier han. Det kan se ut som de negative følelsene påvirker motivasjonen i stor grad hos Tommy. Han nevner også at han tidligere har skulket matematikktimer, eller meldt seg ut av gruppearbeid når han ikke forstår noe, slik han beskriver i dette utsagnet «...at jeg ikke følger med, at jeg forstyrrer klassen, at jeg snakker i timene, sånne ting». Oppgavene Tommy får, må være innen rekkevidde for han, ellers blir det vanskelig å løse disse. Det kommer også frem når han snakker om hvordan vanskelighetsgraden påvirker han.

Jeg kan være den personen som synes matte er veldig kjedelig, som ikke gjør noe som helst. Med mindre det er noe jeg kan. Så kan jeg være en person som ikke gjør noe som helst, ikke bare i mattetimen.

Tommys holdninger er et eksempel på hvor viktig det er å utvikle den indre motivasjonen hos den enkelte eleven. Ifølge selvbestemmelsesteorien har mennesket tre behov som kan gi indre motivasjon; behovet for autonomi, kompetanse og tilhørighet (Ryan & Deci, 2000). Tommy har tidligere skullet mattetimene, men han opplever en større tilhørighet til både klassen og gruppa som han jobbet med i den aktuelle TDS-økta. For å oppfylle kompetansebehovet er Tommy nødt til å mestre de oppgavene han blir gitt. Akkurat som Hanne kan det se ut til at fokuset må snus vekk fra resultatet og over til å lykkes med prosessen (jf. Randhawa et al., 1993). På den måten kan Tommy også oppleve mestring og glede ved matematikk. Samtidig ser det ut til at Tommy har en forestilling om at alle matematikkoppgaver kan løses på relativt kort tid, ellers er de uløselige, noe vi kjenner igjen fra Schoenfelds beskrivelser av typiske forestillinger (2016). Dette er en motsetning fra Roger, som ser ut til å ha større utholdenhet enn Tommy. Tommys forestillinger kan ha vært en årsak til at han ikke hadde et positivt inntrykk av TDS-økta. Undervisningen var lagt opp slik at det krevde en del arbeid og tid for å finne ut av løsningen. På denne måten kan Tommys forestillinger ha kommet i konflikt med hva som var forventet i den adidaktiske fasen.

Hanne befinner seg en plass mellom de to guttene. Hun beskriver hvordan hun kan gå inn i en time med lav motivasjon, men tvinger seg selv til å jobbe for å forstå eller løse oppgavene. Hun beskriver seg selv på denne måten: «jeg er, altså jeg prøver, men jeg blir kanskje litt ukonsentrert når jeg ikke får til, så gir jeg kanskje litt opp, så prøver jeg litt til, så gir jeg litt opp igjen, så ja». Flere ganger under intervjuet kommer hun tilbake til denne svingningen i motivasjon. Det er tydelig at Hanne har en sviktende selvtillit, samtidig som hun har en form for motivasjon for å lykkes i matematikk. Utfordringen hennes ser ut til å ta mestringsopplevelsene med seg videre, heller enn nederlagene. Hanne sier dette om følelsen av å få til en vanskelig oppgave: «Jeg får veldig høy selvtillit da, men ofte så kommer jeg til neste oppgave og får ikke til, og så blir det nederlag». Det er tydelig at Hanne både mangler mestringstro i matematikk, og trenger å arbeide på et vis som øker denne. På den måten kan Hanne klare å stå i de vanskelige oppgavene og utvikle både mestringstro og større indre motivasjon, slik som med Tommy (jf. Pajares & Miller, 1994).

For de tre elevene jeg har intervjuet virker det som en tydelig sammenheng mellom motivasjonen for å løse matematikkoppgaver og mestringstro. De negative forestillingene elevene har om seg selv blir heller ikke styrket av mangelen på positive opplevelser. Negative følelser ser ut til å blokkere Hanne og Tommys muligheter, og det kan se ut til at de mangler det McLeod kaller strategier for å håndtere det som utløses emosjonelt (1988). Gjennom de to siste temaene i analysen vil jeg i større grad vise til konkrete fordeler ved TDS, som igjen kan forhindre negative følelser hos elevene og være med på å øke motivasjonen. I diskusjonen vil jeg bruke de to neste hovedtemaene til å vise hvordan TDS kan forhindre negative følelser, og styrke glede og motivasjon hos elevene gjennom mestringserfaringer.

4.2.4 Matematikk er viktig

Elevene har en stabil forestilling av at de trenger matematikk videre i livet. Dette er med på å gi elevene både ytre motivasjon, gjennom gode karakterer, og indre motivasjon for å lære matematikk. TDS-økta ser ikke ut til å påvirke forestillingene, men økta motiverer fordi kunnskapen elevene lærer er noe de kan ha nytte av på et senere tidspunkt.

De tre elevene jeg intervjuet har veldig forskjellige fremtidsvisjoner. Hanne ser for seg at hun skal jobbe med helse, kanskje bli sykepleier. Roger ønsker å bli sjef, eller arbeide

med økonomi. Tommy vet at han skal gå elektro på videregående og trenger spesielt å kunne naturfag. En felles forestilling er viktigheten av matematikk, gjennom både kunnskap og gode karakterer. Roger forklarer hvordan hans innstilling er til matematikk.

For eksempel når jeg skal ut i jobb ser jeg for meg at matte er et av de fagene jeg har mest behov for. Sånn at jeg har den innstillingen at et av de fagene som er viktig å gjøre det bra i.

Viktigheten av matematikk gjelder ikke bare i utdanning og jobb, men også i virkeligheten og da spesielt fremtiden. På spørsmål om hvorfor vi lærer matematikk i skolen svarer Tommy at: «Fordi det kan være forskjellige ting vi møter på i fremtiden, at du må løse et eller annet regnestykke.» Disse utsagnene stemmer godt overens med skalaen «verdien av matematikk» i ATMI. En av påstandene i spørreundersøkelsen var «En sterk bakgrunn i matematikk kan hjelpe meg i yrkeslivet» (Marsh & Tapia, 2004). Dette og lignende påstander passer med uttalelser fra informantene. Hanne sier dette om sin fremtid, «Jeg vet ikke, kanskje sykepleier eller noe sånn, og du har jo matte der på en måte. Jeg føler at jeg trenger å få til en god karakter med matte der». Selv om ikke informantene klarer å sette helt ord på hva som er viktig, viser de en holdning om at de trenger matematikk i fremtiden.

Sammenlignet med elevenes utsagn i de forrige kategoriene, ser det ut til at holdningene om nytteverdien av matematikk stikker dypere, at de er mer stabile. Skjemaene som omhandler verdien av matematikk, virker fastere enn for eksempel skjemaene tilknyttet motivasjon og mestringstro som ble beskrevet tidligere i analysen. Der følelsene i større grad styrer motivasjonen og troen på at de skal få til en oppgave, ser det ut til at nytten av virkelighetsnære oppgaver er udiskutabel. Selv om den konkrete situasjonen i TDS-økta ikke var direkte relevant for elevene, virker det til at elevene så nytten i målkunnskapen eller arbeidet. Roger sier at «Men også verdien, at jeg har gjort noe som jeg tenker at dette kan jeg ha bruk for. Da blir det enklere å huske på». Noe av det samme kommer fram hos Hanne som sier at «(...) når jeg tenker på det nå er det litt mer virkelig, for det kan være relevant, enn at vi sitter og regner algebra $a + b$.» En slik økt ser altså ut til å være viktig for elevene fordi de kan få bruk for det de har lært i fremtiden. Dette kjennetegner generelt de utsagnene jeg har samlet i dette temaet. I stedet for at skjemaene for verdi av matematikk endrer seg, ser denne utforskende undervisningsøkta ut til å akkomoderes inn i elevenes eksisterende forestillinger om matematikk. I diskusjonen vil jeg vise hvorfor TDS er en metode som kan fremme forestillinger om matematikk som noe viktig.

4.2.5 Samarbeid og metoder

Det siste temaet viser hvordan elevene opplever ulike metoder som motiverende for å arbeide med matematikk. Gruppen fungerer som et stillas gjennom den adidaktiske fasen. De hjelper hverandre og har et felles ansvar om å nå målet. Timen var annerledes, det var elementer som brøt med hva de forventet av en matematikktime. Å måtte redegjøre for hvordan de hadde tenkt, på tavla, var uvant og spennende. Samtidig var dette noe de skjønte kunne være en virkelig situasjon.

Alle de tre informantene trekker fram gruppearbeid og samarbeidslæring som positivt for sine holdninger i matematikk. Rogers svar på hvorfor han viste en stor økning i holdninger til matematikk etter undervisningsøkta, forklarer essensen: «sikkert fordi vi jobbet med det jeg liker. Litt praktisk tankegang, gruppearbeid». Tommy og Hanne, som ser på seg selv som svakere i matematikk, forteller om en trygghet ved å kunne spørre en medelev om hjelp. Tommy forteller om hvordan han får støtte fra medelever: «En

som er høyere [flinkere] og kan mer matte. Som forstår mer enn meg. Per er flink til å forklare meg hvordan jeg skal løse en ting». Samarbeidet i den aktuelle økta trekkes fram som positivt av både Roger og Hanne. Igjen er det tryggheten eller gleden av å samarbeide som er viktig for dem. Gruppa fungerer som et stillas, noe som er viktig for å arbeide utforskende (jf. Alfieri et al., 2010). Tommy opplevde at akkurat denne oppgaven ble for vanskelig for han, og at det var andre på gruppa som løste oppgaven. Han beskriver seg selv som passiv, selv om han vanligvis er en mer aktiv part i gruppearbeid. Som tilskuer vil man ha lite utbytte av TDS (Mangiante-Orsola et al., 2018). Dette stemmer med hvordan Roger og Hanne i større grad opplevde økta som meningsfull. Samarbeid vokste fram som et viktig tema gjennom elevenes uttalelser i intervjuene. I diskusjonen vil jeg se nærmere på hvorfor samarbeid er en viktig komponent i miljøet i TDS og hvordan dette kan endre elevenes holdninger til matematikk i en positiv retning.

Noe annet som skilte denne timen fra en vanlig time, var at metoden og temaet var mer praktisk. Roger sier at det som skilte denne timen mest fra en vanlig time var: «[a]t vi jobbet litt mer praktisk, at vi må tenke praktisk og ikke bare skrive alene med oppgaver fra boka». At de måtte opp på tavla og presentere og finne lønnsomheten ved sykkelfabrikken, var noe som hadde festet seg. Denne annerledesheten er noe som bryter med normen for en «vanlig» matematikktime. Hanne opplevde økta på denne måten: «Jeg husker det egentlig som en bra mattetime. Det er gøy når vi får en oppgave, skal løse den og så vet vi at vi skal presentere den på tavla. Det blir et ekstra press, vi må jobbe og får lyst til å få det til». Her forklarer hun hvordan situasjonen oppleves mer reell og viktig. Det er ikke bare en matematikkoppgave hun skal løse for seg selv, men hun må også vise til andre hvordan hun har tenkt. Den konsekvente bruken av «vi» impliserer at hun tenker på dette som en gruppeoppgave. Det er ikke bare hennes ansvar, men gruppas ansvar. Roger viser hvordan han beskriver den didaktiske fasen som autentisk:

Det var et praktisk eksempel. Du satte oss i en situasjon der vi måtte tenke at vi var i næringslivet. Det synes jeg var en artig oppgave. Og det at vi fikk være i grupper og jobbe sammen.

Elevenes utsagn kan tyde på at de har opplevd en annen form for undervisning. Metodene ligger nærmere formulering av ideer og hypoteser og teste disse med et konkret mål om å løse et problem. I TDS skal elevenes arbeid ligne på hvordan matematikere arbeider. Sitatene fra Roger og Hanne viser hvordan de har opplevd dette som mer reelt og viktigere enn en vanlig matematikktime (jf. Brousseau, 2006; Pedaste et al., 2015).

Dette temaet viser hvordan det affektive området påvirkes av uvante metoder. Den didaktiske kontrakten endres fra det elevene er vant med. Dette bryter sannsynligvis med en del av de forestillingene elevene har om matematikkundervisning. I diskusjonen vil jeg vise hvordan slike brytninger kan påvirke elevenes holdninger i positiv retning.

5 Diskusjon

I denne studien undersøkte jeg hvordan et undervisningsopplegg basert på TDS påvirket elevenes følelser, holdninger og forestillinger om matematikk. Gjennom det kvantitative måleinstrumentet, ATMI, var det ingen målbare effekter etter den ene økta med TDS-undervisning. Av undersøkelsene som ble gjennomført en uke før og en uke etter eksperimentet ser det ut til at elevene har stabile holdninger. Elevene viste tegn på at de hadde positive holdninger mot matematikk som et viktig fag. Dette vises både gjennom undersøkelsen og i intervjuene med elevene, hvor de har forestillinger som bryter med hva Schoenfeld (2016) karakteriserer som vanlige forestillinger. I fremtiden har de bruk for matematikk, enten det er i utdanning, jobb eller hverdagslivet. Dette gir elevene motivasjon til å arbeide med og lære matematikk. TDS-oppgaven var praktisk rettet og harmonerte med elevenes forestillinger om matematikk som noe viktig. Arbeidsmetodene opplevdes annerledes enn i tradisjonell undervisning. Presentasjonen av eget arbeid koblet sammen med realismen i oppgaven gjorde oppgaven mer virkelighetsnær og spennende.

Intervjuene viste også at elevenes forestillinger om seg selv er viktige. Elever som har et svakt selvbilde, trenger støtte for å lykkes med vanskelige oppgaver. Elevene beskriver et sett av negative følelser, i tillegg til at de har lav mestringstro, dersom oppgaven er vanskelig. Dersom elevene derimot får til en oppgave de anser som vanskelig, blir de glade og stolte. Dette påvirker hvordan de går inn i neste utfordring. Medelevene kan være en viktig støtte i slike situasjoner. I TDS-økta var det tydelig at gruppa fungerte som et stillas for elevene, selv for elever med sterkt selvbilde, som Roger.

Elevene ser ut til å være styrt av stabile forestillinger om seg selv og matematikk, positive holdninger til samarbeid og en rekke følelser som utløses underveis i matematikktimene. Ifølge det teoretiske rammeverket skal det være mulig å påvirke disse følelsene slik at holdninger og forestillinger over tid blir mer stabile (McLeod, 1992). Gjennom diskusjonen vil jeg vise hvordan TDS kan være med på å styrke elevenes mestringstro og motivasjon, som videre fører til endrede holdninger og forestillinger. Den didaktiske fasen i TDS kan også være med på å legge til rette for glede og motivasjon for å arbeide med matematikk. Deretter vil jeg argumentere for at andre IBL-metoder kan gi elever mestringsopplevelser på et vis som TDS ikke klarer. Til slutt vil jeg forklare hvorfor det teoretiske rammeverket jeg har benyttet meg av ikke nødvendigvis fanger opp alle aspektene ved det affektive området. Først vil jeg likevel gjøre noen avklaringer rundt begrepene i rammeverket til McLeod (1992) og hvordan jeg har tolket disse begrepene i lys av resultatene i studien.

5.1 Begrepene følelser, holdninger og forestillinger

Analysen viser at det er vanskelig å skille mellom flere av begrepene innenfor det affektive området. Jeg har holdt meg til en streng tolkning av konseptene følelser, holdninger og forestillinger langs én akse (McLeod, 1992), men andre forskere har kommet til en annen inndeling og vil påstå at rammeverket jeg har benyttet meg av er en forenkling av virkeligheten (Di Martino & Zan, 2010; Hannula, 2012). Konstruktene jeg bruker i denne studien er ikke målbare på samme måte som vekt eller høyde. Følelser er ikke kvantifiserbare, men subjektive opplevelser med ulik styrke, mål og

retning (Chamberlin, 2010). Dette gjør at resultatene i studien kan tolkes i ulike retninger avhengig av hvilket teoretisk utgangspunkt forskeren har. Med dette som utgangspunkt vil jeg likevel forsøke å vise hvordan elevenes følelser blir påvirket av et TDS-undervisningsopplegg.

Lærere ønsker gjerne å endre elevers holdninger fra «dårlige» til «gode». Slike endringer er kompliserte, fordi det affektive området er svært sammensatt og ulike teorier forklarer området på ulike vis. I spørreundersøkelser er det også lett å blande mellom begrepene jeg har brukt i denne oppgaven. Det vil derfor være naturlig at både lærere og elever kan ha vansker med å identifisere forskjellen på holdninger og følelser som utløses i arbeidet med problemer slik Hannula (2012) forklarer.

Undersøkelser om matematikkrelaterte forestillinger eller holdninger har en tendens til å blande selvtillit ("Jeg er god i matematikk") og emosjonelle egenskaper ("Jeg liker matematikk"). (Hannula, 2012, s. 155, min oversettelse)

Samtidig har jeg vist at det er avstand mellom de stabile forestillingene til elevene og følelsene som oppstår underveis i problemløsningsprosessen. I analysen tok jeg derfor utgangspunkt i elevenes egne beskrivelser og koblet dette opp mot McLeods rammeverk (1992) som studien bygger på. Jeg mener at det er lettere å forstå hvordan elevene opplever undervisningen gjennom å identifisere intensiteten og stabiliteten ut fra elevenes utsagn. Et slikt utgangspunkt innebærer at det kan forekomme avvik fra rammeverket, eller at mine tolkninger ikke passer helt med rammeverket. I avslutningen vil jeg vise hvordan denne tilnærmingen gjør det vanskeligere å generalisere denne studien.

5.2 Den adidaktiske fasen kan støtte elevenes forestillinger og motivasjon

I dette delkapitlet vil jeg diskutere elevenes forestillinger om matematikk og seg selv. Elevenes forestillinger om seg selv er knyttet opp mot begrepene selvtillit og mestringstro. Jeg viste i analysen hvordan selvtillit og mestringstro hang sammen med elevenes motivasjon. Diskusjonen vil derfor dreie seg inn mot hvordan den adidaktiske fasen kan støtte elevenes motivasjon og mestringstro.

Alle elever kommer til matematikktimene med ulike forestillinger om egne evner. Samtidig er mestringstroen med på å bestemme hvordan de skal engasjere seg i et gitt opplegg. Dersom TDS er en ukjent arbeidsform, eller ikke ligner på noe elevene har jobbet med før, har de få mestringserfaringer innenfor temaet og dermed en potensielt lav mestringstro (Bandura, 1986; Pajares & Miller, 1994), spesielt dersom selvtilliten er lav. Siden mestringstro er mer dynamisk enn selvtillit kan det være enklere å bedre elevenes mestringstro i utforskende arbeid, enn å endre selvbildet (Bong & Skaalvik, 2003). For å lykkes med dette er læreren nødt til å hjelpe elevene på veien. Jeg mener at den adidaktiske fasen i TDS kan legge til rette for gode mestringserfaringer. Elever med lav mestringstro trenger å forstå at suksess kan måles i meningsfull matematisk aktivitet i stedet for å produsere riktige svar (Di Martino & Zan, 2011). Dette vil kunne ta bort prestasjonspresset hos elevene. Her bør det være diskusjonen og prosessen som skal ha fokus i stedet for resultatet (Randhawa et al., 1993). Et slikt skifte må skje i devolusjonen, når oppgaven leveres over til elevene. Ifølge Artigue et al. (2014) må læreren være tydelig på hva den didaktiske kontrakten skal inneholde i den påfølgende adidaktiske fasen. Dersom elevene eksempelvis har forestillinger om at matematikk er å lete etter riktig svar, er det ikke sikkert at læreren klarer å få elevene prosessorientert.

Gruppene styrer selv i hvilken retning de går, hjulpet av miljøet. Dette gir en autonomi som også kan være med på å styrke den indre motivasjonen hos elevene (Ryan & Deci, 2000). Dersom læreren klarer å dreie elevene mot prosess og i tillegg trygge miljøet, vil det gi elever som Tommy og Hanne en mulighet til å oppleve både kompetanse og autonomi. Den adidaktiske fasen i TDS ser altså ut til å legge til rette for produktiv matematisk aktivitet. Dette krever en tydelig lærer og et støttende miljø. I tillegg må elevene muligens øve seg på å stille inn tankesettet mot utforskende undervisning. Dette avsnittet antyder dermed at arbeidsmetodene i den adidaktiske fasen ikke er innlært etter bare én gjennomføring, men at TDS-basert undervisning må gjennomføres flere ganger.

Tilhørighet er den tredje faktoren som må være til stede for å gi indre motivasjon ifølge selvbestemmelsesteorien til Ryan & Deci (2000). Gjennom analysen så det ut til at alle de tre elevene jeg intervjuet hadde gode relasjoner til medelevene og var trygge i gruppearbeidet (jf. Wæge & Nosrati, 2018). Dette kan være grunnen til at elevene trekker fram gruppearbeid som noe positivt med TDS. Ved å bruke grupper i arbeidet med sykkelfabrikken blir også medelever en del av miljøet som den enkelte må forholde seg til (Brousseau, 2006). Den kunnskapen og erfaringen som de ulike elevene innehar er dermed en del av stillaset som bygges rundt eleven. Ved at elevene kan spørre hverandre, dele av tidligere erfaringer eller være kritisk til fremgangsmåter interagerer de med miljøet. Ut fra elevenes følelse av tilhørighet ser gruppearbeid ut til å være viktig for elevenes positive opplevelse av TDS. Elevenes indre motivasjon kan altså styrkes av den adidaktiske fasen i TDS dersom læreren klarer å ivareta både autonomi, kompetanse og tilhørighet hos elevene.

Sammenhengen mellom forestillinger om matematikk som et viktig fag og realismen i «sykkelfabrikken», sto fram som et viktig funn både gjennom den kvalitative og kvantitative analysen. I TDS gjennomføres en epistemologisk analyse, som viser hvordan målkunnskapen kan brukes i en fundamental situasjon. I denne situasjonen skal målkunnskapen være den best egnede løsningen (Strømskag, 2017). Ved å designe undervisning etter en slik målsetning kan læreren vise hvordan matematikk fungerer som et verktøy til å løse problemer i det virkelige livet. Dersom elevene klarer å løse problemet, vil de få nok et eksempel på hvordan matematikk kan være nyttig i fremtiden. Dette vil igjen styrke forestillingene om matematikk som et verdifullt og nyttig fag. Positive forestillinger om matematikk kan igjen få elevene til å velge matematiske fag senere i livet (McLeod, 1992) og øke kompetansen hos den enkelte eleven (Ma & Kishor, 1997). I lys av gruppas høye skår på variabelen *verdi* i spørreskjemaet, burde TDS-økta stemme godt med forestillingene elevene møtte økta med. Elever med andre forestillinger om matematikk ville ikke nødvendigvis opplevd realismen som en motiverende faktor.

Dersom man har elever som har mer tradisjonelle forestillinger om matematikk (Schoenfeld, 2016) vil det vil ta lengre tid å endre disse forestillingene. En slik forutsetning tydeliggjør hvor viktig et TDS-opplegg kan være gjennom en slik prosess. TDS-økter kan være med på å vise at matematikk ikke er noe man driver med alene og at det tar tid å løse problemer. Samtidig kan det også bli utfordrende for elevene når forestillingene de har om matematikk ikke stemmer med opplegget. Dette så vi med Tommy, som sannsynligvis kom inn i timen med et bilde av at oppgaven skulle løses rimelig raskt. Denne tradisjonelle forestillingen stemte ikke med hvordan oppgaven måtte løses gjennom grundig problemløsningsarbeid. Denne gangen ble det et hinder for Tommy, men ved gjentagende opplegg kan det være at forestillingene hans endrer seg.

Det samme gjelder forestillingene elevene har om seg selv. Jeg har vist hvordan mestringsstroen kan påvirkes av å lykkes med TDS-oppgaver, men å endre selvbildet er et større prosjekt (Bong & Skaalvik, 2003). For å få til denne endringen kreves det at elevene får utløst et sett med positive følelser gjentatte ganger (McLeod, 1992). I neste del av diskusjonen skal jeg vise hvorfor dette kan være utfordrende, både på kort og lang sikt.

5.3 TDS påvirker elevenes følelser i stor grad

Elevenes følelser er mer intense og mindre stabile enn forestillingene jeg presenterte i det forrige avsnittet. Dette betyr at elevene kan få en rekke sterke følelser underveis i undervisningsøkten. Tidligere har jeg beskrevet hvordan Hannes negative følelser blokkerer motivasjonen og hvordan Tommy gir opp. Samtidig forteller også elevene om gleden ved å få til vanskelige oppgaver. I undersøkelsen ble dette målt som holdninger under kategorien «glede av matematikk», men i virkeligheten ser det mer ut til å ligne på sterke følelser basert på elevenes beskrivelser. Alle de tre elevene beskrev hvordan følelsene kan variere i løpet av en matematikktime. Det som skilte Roger fra de andre så ut til å være at han evnet å stå i de vanskelige følelsene og ikke gi opp. For at elevene skal lykkes med utforskende undervisning, må de tåle å møte motgang underveis, og øve seg på å fokusere på prosessen framfor resultatet (Randhawa et al., 1993). Samtidig vet vi at følelser er en viktig del av problemløsning (McLeod, 1988).

Jeg mener at den epistemologiske analysen i TDS kan legge til rette for å få frem følelser som leder elevene framover. Miljøet må legge til rette for at elevene hele tiden skal komme nærmere målet og få små seire på veien. Disse små mestringsopplevelsene vil støtte opp den videre motivasjonen til elevene. Samtidig vil mestringsstroen øke (Bandura, 1986). Dersom miljøet består av for mange hindre, vil de intense negative følelsene stoppe elevene fra å nå målet, slik tilfellet var for Tommy. I TDS skal dette være mulig gjennom et grundig didaktisk ingeniørarbeid i forkant av undervisningen (Artigue et al., 2014). For å få til dette må det fanges opp hvilke positive og negative følelser som dukker opp, slik at læreren eller forskeren er bedre forberedt til neste gjennomføring av opplegget. Ifølge McLeod er negative følelser helt vanlig i problemløsning (1988), men som vist gjennom analysen kan frustrasjon og motstand være demotiverende dersom man ikke klarer å komme seg videre.

5.4 Holdninger kan være et flytende begrep

Så langt i diskusjonen har jeg adressert begreper som selvtillit, mestringsstro, motivasjon, forestillinger og følelser knyttet til matematikk. Alle begrepene ligger langs en akse, hvor elevenes forestillinger ser ut til å være stabile inn i undervisningen og følelsene oppstår spontant underveis i problemløsningsprosessen. Ifølge McLeods modell skal holdninger finnes en plass mellom forestillinger og følelser. Ser man på spørreundersøkelsen ATMI, brukes begrepet «attitudes» som direkte oversatt blir holdninger (Marsh & Tapia, 2004) om begrepene verdi, selvtillit, glede og motivasjon. Samtidig ser ATMI ut til å måle verdier langs hele aksen for det affektive feltet. Jeg har tidligere vist hvordan «verdien av matematikk» handler om elevenes forestillinger om matematikk. «Selvtillit» handler i stor grad om elevens forestillinger om seg selv, muligens iblandet mestringsstro. Jeg viste tidligere i diskusjonen hvordan mestringsstro kan påvirkes i positiv retning av TDS. I hvor stor grad dette også endrer selvtilliten av elevene, er vanskelig å si. Gjennom denne studien ser jeg ingen tegn på at selvtilliten

endres av én intervensjon med TDS. «Verdi» og «Selvtillit» i ATMI ser altså ut til å være relativt stabile forestillinger.

De to skalaene «Glede» og «Motivasjon» ligner mer på hva McLeod (1992) definerer som holdninger, «affektive responser som involverer positive eller negative følelser av moderat intensitet og er rimelig stabile» (s. 581, min oversettelse). Jeg har tidligere vist hvordan glede uttrykkes som en følelse, gjennom elevenes opplevelse av glede som noe de fikk rett etter en oppgave de klarte å løse. Negative følelser, som frustrasjon og nedstemthet, kan sees på som en motsats til glede, slik jeg har vist eksempler på i analysen. Det kan altså se ut som dimensjonen av glede heller mot å være følelser, siden de ikke har den stabiliteten og er mer intense enn hva rammeverket sier. Motivasjon er også et vanskelig begrep å definere under holdninger. Enkelte forskere sidestiller motivasjon med holdninger (Hannula, 2012) eller som en sum av holdningene til elevene (Chamberlin, 2010). Denne argumentasjonen viser at det er utfordrende å vite om elevene har vedvarende glede og motivasjon til å arbeide med matematikk, eller om det er mer situasjonsbetinget. Ved å arbeide med oppgaver som tilfredsstillende elevenes behov for autonomi, kompetanse og tilhørighet, samtidig med at man bygger opp rundt positive følelser, er det kanskje ikke så farlig hva man kaller begrepene. Ved å bruke TDS kan læreren uansett tilrettelegge for både glede og motivasjon. Dette er avhengig av at elevene ikke opplever oppgaven som så vanskelig at de negative følelsene dominerer. Dersom man ikke klarer å legge til rette for et miljø som hjelper elevene mot målkunnskapen, vil elevene verken oppleve mestring eller å få glede og motivasjon, som igjen vil påvirke forestillingene om både seg selv og matematikk.

5.5 Tilbake til klasserommet

I denne studien har jeg vist miljøets betydning i den didaktiske fasen av TDS. Begrensende faktorer i miljøet er en trussel, ikke bare mot å nå kunnskapsmålet, men også for elevenes følelser. TDS er låst inn mot en gunstig løsning, altså et «riktig» svar. Kanskje er TDS for låst inn mot det riktige svaret? Teorien for didaktiske situasjoner er bare et eksempel på utforskende undervisning. I dette avsnittet vil jeg bruke problembasert læring (PBL) som et annet eksempel for sammenligningens skyld. Felles for de begge er elevenes muligheter til å være aktive og selv oppdage matematikk. Den største forskjellen er at i PBL er det ikke nødvendigvis bare én korrekt løsning på problemet. Elevene kan selv finne løsninger som er på sitt nivå (Artigue & Blomhøj, 2013). Den siste fasen av et PBL-opplegg er gjerne en felles oppsummering og gjennomgang av mulige løsninger i fellesskap. Her kan det være rom for å løfte elever med et svakt selvilde. Institusjonaliseringsfasen i TDS ligner, men der vil læreren snevre inn løsningene mot den tenkte målkunnskapen. I «Sykkelfabrikken» innebar dette at den beste løsningen var å tegne stykkevisse lineære funksjoner, gjerne digitalt. Dersom elevene ikke kommer til målkunnskapen, kan de oppleve et nederlag når læreren viser fram den beste løsningen. Dette vil forhindre mestringsopplevelser og fremme negative følelser hos elevene. Læreren kan risikere at elevene sitter med en følelse av at de ikke fikk til oppgaven, siden de ikke fikk det riktige svaret, selv om det har vært en læringseffekt gjennom timen. Dette mener jeg er en av de største svakhetene i TDS. Tommy som bare ble sittende å se på gruppa løse oppgaven, er et eksempel på det jeg har forklart. For å lære noe av TDS krever det at alle på gruppa er aktive deltagere (Mangiante-Orsola et al., 2018). Dette avsnittet oppsummerer en av de største forskjellene mellom PBL og TDS. Gjennom arbeidet med problemer er innlæring av problemløsningsstrategier et mål i seg selv, mens et TDS-opplegg er utformet for å lede elevene mot konkret kunnskap. En god lærer kan utnytte dette ved å lage et miljø som

gir elevene positive følelser, samtidig som miljøet også kan forhindre eleven og fremme negative følelser.

6 Avslutning

I innledningen la jeg fram en hypotese om at en intervensjon med TDS-undervisning ikke var nok til å endre elevers holdninger og forestillinger om matematikk. Gjennom analysen og diskusjonen har jeg forsøkt å finne ut om denne hypotesen stemmer. Jeg har vist hvordan elevers forestillinger om matematikk og om seg selv sitter dypt. Det kreves derfor mange positive erfaringer for å endre elevenes utgangspunkt når de går inn til en matematikktime. Elever som allerede har forestillinger om matematikk som et viktig og nyttig fag, kan oppleve TDS-økter som motiverende, fordi innholdet i undervisningen stemmer med hva de forventer. For elever som ikke har denne forestillingen, kan suksessfulle økter gi positive opplevelser som på sikt vil endre forestillingene. Det er likevel vanskelig å si hvordan en gruppe med elever som ikke ser på matematikk som et verdifullt og nyttig fag, vil oppleve TDS-undervisning.

Styrking av elevenes forestillinger om matematikk harmonerer med målsetningene etter PISA 2012 (OECD, 2013) om å vise matematikkens nytteverdi til elevene. Dersom man ønsker at elevene senere skal være interessert i yrkesveier og utdanninger som inkluderer matematikk, vil det være hensiktsmessig å gi et inntrykk av matematikk som et viktig og interessant fag. Å jobbe utforskende med problemløsning ansees som en viktig kompetanse for å forberede elevene på et arbeidsliv og samfunn i utvikling, sees på som et sentralt grunnlag for matematikk i skolen (Utdanningsdirektoratet, 2020). TDS ser altså ut til å være i tråd med hva både myndigheter og forskere mener er god undervisningspraksis for å koble matematikk mot det virkelige livet.

Den didaktiske fasen i TDS kan være et godt verktøy for å påvirke elevenes forestillinger om seg selv. Et veldesignet miljø kan støtte opp under positive følelser, slik at elevene opplever mestring. Dette kan igjen føre til økt mestringstro og motivasjon for å arbeide med liknende oppgaver. Miljøet må være bygget opp med nok hjelp, slik at elevene har stillaset som trengs for å lykkes. Dette krever at læreren gjør et nøye didaktisk ingeniørarbeid i forkant av undervisningen. Å gjennomføre en epistemologisk analyse er krevende og kan ta lang tid. Det vil derfor være vanskelig å se for seg at lærere skal gjøre dette ofte. Samtidig vil dette legge til rette for utforskning og problemløsning i samarbeid med andre, slik læreplanen i matematikk ønsker det (Utdanningsdirektoratet, 2020). Etter endt økt kan også elevene i større grad sitte igjen med en følelse av at de har løst en vanskelig oppgave. Det ser likevel ikke ut til at elevenes selvbilde blir endret etter en intervensjon. Sannsynligvis må elevene oppleve suksess gjennom flere lignende situasjoner før de kan føle seg kompetente. Elevenes skjema om seg selv skal endres, og dette er skjema som er formet gjennom mange år med matematikk. Dersom de har hatt flere negative enn positive opplevelser i matematikk, vil disse skjemaene være bygget opp rundt et negativt selvbilde. Slike skjemaer er for det meste kognitive strukturer som det tar lang tid å endre (Mandler, 1984).

Selv om timen var interessant i seg selv, var ikke dette nok til å endre holdningene, men timen utløste følelser underveis. Det ser ut til at motivasjonen til elevene kan skifte raskt, fordi den bestemmes av hvilke følelser som utløses. Samtidig har jeg vist hvordan motivasjonen til elevene kan opprettholdes ved at læreren planlegger for å ivareta elevenes behov for kompetanse, autoritet og tilhørighet (jf. Ryan & Deci, 2000). Jeg

mener at hver enkelt undervisningsøkt kan legge til rette for elevenes behov, slik at elevenes indre motivasjon kan styrkes. Dermed er det ikke snakk om hvor ofte man gjennomfører TDS, men hvordan undervisningen legges opp når slik undervisning planlegges.

På den ene siden virker det som at utforskende undervisning må skje ofte for at elevene skal få forestillingene om at det er slik matematikkundervisning skal foregå. På den andre siden er det krevende å planlegge undervisning innenfor teorien for didaktiske situasjoner. I tillegg vil slike intervensjoner oppleves som noe annerledes som bryter med normaliteten. Det er kognitivt krevende arbeid (Pedaste et al., 2015) hvor elevene må være aktive (Mangiante-Orsola et al., 2018). Å variere med andre former for IBL som problembasert læring kan være et alternativ. Her kan man være tryggere på at elevene får mestringserfaringer. Samtidig antyder mine resultater at det grundige arbeidet læreren må gjøre i forkant av en TDS-økt kan sikre at elevene når læringsmålet, og opplever matematikk som virkelighetsnært og motiverende. Gjør man dette på jevnlig basis kan også elevenes stabile forestillinger endre seg.

6.1 Begrensninger og troverdighet

Det er vanskelig å generalisere mine funn til å gjelde alle elever i alle skoleklasser. Elevene jeg intervjuet hadde alle forestillinger om matematikk som et viktig fag når de gikk inn i undervisningen. TDS-økta stemte dermed godt med de forventningene de hadde, og dette kan ha gjort at de fikk et mer positivt inntrykk av undervisningen enn elever som har mer tradisjonelle forestillinger om matematikk. Det var generelt få deltakere i studien, både i den kvantitative og kvalitative delen. Da eksperimentet ikke ble gjennomført med noen kontrollgruppe vet man ikke hvilke faktorer som kan ha påvirket resultatet. At elevene ble intervjuet av sin egen lærer gjør også at man kan stille spørsmål rundt de svarene som ble gitt. Det kan være de svarte det jeg ønsket. Samtidig har jeg et inntrykk av at de var ærlige og oppriktige, spesielt med tanke på de negative opplevelsene Tommy og Hanne fortalte om. Ved å bruke triangulering har jeg fått flere veier inn til elevenes opplevelser (jf. Hannula, 2002). Jeg tror at dette kan være fornuftig for å få bred innsikt i hvordan følelser, holdninger og forestillinger formes.

Gjennom diskusjonen har jeg skilt tydelig på hva som er forestillinger og følelser. Jeg har også vist hvordan holdninger ligger en plass mellom disse to. Begreper som motivasjon, mestringstro og glede har vært vanskelig å plassere, og dermed vanskelig å analysere ut fra rammeverket til McLeod (1992). Det affektive området innenfor matematikk er langt fra er fullstendig kartlagt. Ulike rammeverk gjør det komplisert å måle og konkludere med hvordan endringer skjer hos elevene, og hvilke parametere man egentlig måler. Di Martino & Zan (2010, 2011) har utviklet en modell hvor elevenes holdninger til egen kompetanse kan sees på som en bro mellom forestillinger og holdninger. De mener at en annen tilnærming til det affektive området kan være med på å lettere endre elevenes holdninger. Ved å forstå elevenes behov, kan læreren hjelpe elevene med å endre holdninger til matematikk. Dette er en annen tilnærming til samspillet mellom følelser, holdninger og forestillinger enn hva jeg har benyttet meg av i denne studien. I et såpass nytt forskningsfelt sitter man derfor ikke med fasiten på verken hvilke holdninger elevene har, eller hvordan disse kan endres.

6.2 Implikasjoner for videre praksis og forskning

Å bruke undersøkelser for å måle elevenes holdninger kan være nyttig for å finne ut hvordan elevene påvirkes av utforskende undervisning. Ved å bruke ATMI som verktøy

bør man i så fall være bevisst på at det ikke bare er holdninger, men også stabile forestillinger om matematikk og selvet, som måles. Til videre bruk er det utviklet en kortere versjon av ATMI, som skal ta under ti minutter å gjennomføre (Lim & Chapman, 2013). Ved jevnlig bruk kan læreren selv finne ut hvorvidt undervisningen er med på å endre holdningene til elevene. Et annet interessant aspekt med kortversjonen av ATMI, er at det var høy korrelasjon mellom «glede» og «motivasjon», og at disse kunne slås sammen til en skala. Dette svarer godt til mine funn, hvor elevenes følelse av glede ser ut til å påvirke motivasjon i stor grad.

Kvasi-eksperimenter med målinger av holdninger før og etter, er relativt enkle å gjennomføre. Enhver lærer kan selv gjennomføre dette i klasserommet for å undersøke effekten av utforskende undervisning. Sannsynligvis må man gjennomføre flere runder med TDS eller lignende opplegg før man merker noen stor forskjell, men også intervensjoner som dette ser ut til å hjelpe, i alle fall på individnivå. Ved å bruke kortversjonen av ATMI, trenger man bare å sette av ti minutter på slutten av mattetimen. Å arbeide med holdninger til matematikk er viktig, ikke bare for at elevene skal like matematikk, men også for å heve resultatene (Ma & Kishor, 1997).

Teorien for didaktiske situasjoner er i seg selv forskningsbasert (Artigue et al., 2014), og ved å utvikle andre undervisningsopplegg i denne tradisjonen kan både lærere og forskere bidra til et rikt innhold av økter som ligner på det jeg har brukt i denne studien. Det kan også være med på å finne ut hvordan følelsene endrer både holdninger og forestillinger på lengre sikt. Jeg mener at lærere som ønsker å utvikle egen praksis og endre holdninger og forestillinger hos elevene kan benytte seg av de metodene jeg har vist til i denne praksisen. Resultatene viser tegn på at elevenes holdninger blir positivt påvirket av utforskende undervisning som TDS, og med et verktøy som ATMI kan man måle effekten både på elevenes forestillinger, holdninger og følelser gjennom et lengre løp.

Forskjeller mellom gutter og jenter er et viktig felt innenfor matematikdidaktikken. Den mest brukte undersøkelsen for holdninger til matematikk (FSMAS) har en egen skala for matematikk som et mannlige domene (Fennema & Sherman, 1976). Dette henger sammen med at jenter tradisjonelt har hatt mer negative holdninger til matematikk enn gutter (Hyde et al., 1990). At matematikk har blitt sett på som et mannlige domene, har gjort det vanskeligere for kvinner å se på seg selv som flinke i matematikk (Nosek et al., 2002). Denne studien har ikke sett på forskjeller mellom jenter og gutter, blant annet på grunn av det lave antallet deltagere. Det kan være interessant å finne ut om utforskende undervisning, som TDS, utjevner forskjellene mellom jenter og gutter i større grad enn tradisjonell undervisning (jf. Ma & Kishor, 1997).

I en større sammenheng kunne det også vært interessant å se om TDS er bedre egnet enn andre utforskende metoder som PBL og RME, dersom hensikten er å endre elevenes holdninger. Jeg har i denne studien skissert noen elementer som jeg mener er fordelaktig med teorien for didaktiske situasjoner. Uavhengig av hvilke former for IBL man velger å prøve ut, finner man god støtte i læreplanen og internasjonale studier som TIMSS og PISA (jf. Bergem et al., 2016; OECD, 2013; Utdanningsdirektoratet, 2020). Selv om man ikke kan konkludere med effekten av et enkelt undervisningsopplegg, viser studien tydelige tegn på positive effekter, spesielt på individnivå.

7 Referanser

- Aiken, L. R. (1972). Research on attitudes toward mathematics. *The Arithmetic Teacher*, 19(3), 229–234.
- Aiken, L. R. (1974). Two Scales of Attitude toward Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 5(2), 67–71. <https://doi.org/10.2307/748616>
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2010). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1–18. <https://doi.org/10.1037/a0021017>
- Alseth, B., Breiteig, B., & Brekke, G. (2003). *Endringer og utvikling ved R97 som bakgrunn for videre planlegging og justering—Matematikkfaget som kasus*. Telemarksforskning Notodden.
- Andersen, J. (2017). «Mixed methods»-design i helseforskning. *Sykepleien*, 64738. <https://doi.org/10.4220/Sykepleiens.2017.64738>
- Artigue, M., & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM Mathematics Education*, 45, 797–810.
- Artigue, M., Haspekian, M., & Corblin-Lenfant, A. (2014). Introduction to the Theory of Didactical Situations (TDS). I A. Bikner-Ahsbals & S. Prediger (Red.), *Networking of Theories as a Research Practice in Mathematics Education*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05389-9>
- Bandura, A. (1986). Social Foundations of Thought and Action. I D. F. Marks (Red.), *The Health Psychology Reader* (s. 94–106).
- Bergem, O. K., Nilsen, T., & Scherer, R. (2016). Undervisningskvalitet i matematikk. I O. K. Bergem, H. Kaarstein, & T. Nilsen (Red.), *Vi kan lykkes i realfag. Resultater og analyser fra TIMSS 2015* (s. 120–136). Universitetsforlaget. <https://www.idunn.no/doi/abs/10.18261/97882150279999-2016>
- Bong, M., & Skaalvik, E. M. (2003). Academic Self-Concept and Self-Efficacy: How Different Are They Really? *Educational Psychology Review*, 15(1), 40.
- Brannen, J. (2017). *Mixing Methods: Qualitative and Quantitative Research*. Routledge.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brousseau, G. (2006). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques, 1970-1990* (Bd. 19). Springer Science & Business Media.
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21–32.

- Bryman, A. (2006). Integrating quantitative and qualitative research: How is it done? *Qualitative Research*, 6(1), 97–113. <https://doi.org/10.1177/1468794106058877>
- Carlsten, T. C., Throndsen, I., & Björnsson, J. K. (2021). Hovedfunn fra TALIS-2018-undersøkelsen. I J. K. Björnsson (Red.), *Hva kan vi lære av TALIS 2018? Gode relasjoner som grunnlag for læring* (s. 9–20). Cappelen Damm Akademisk/NOASP. <https://doi.org/10.23865/noasp.123>
- Chamberlin, S. A. (2010). A review of Instruments Created to Assess Affect in Mathematics. *Journal of Mathematics Education*, 3(1), 167–182.
- Cook, T., Campbell, D. T., & Shadish, W. (2002). *Cook, T. D., Campbell, D. T., & Shadish, W. (2002). Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin. <https://www.alnap.org/system/files/content/resource/files/main/147.pdf>
- Creswell, J. W., & Miller, D. L. (2000). Determining Validity in Qualitative Inquiry. *Theory Into Practice*, 39(3), 124–130. https://doi.org/10.1207/s15430421tip3903_2
- Di Martino, P., & Zan, R. (2010). 'Me and maths': Towards a definition of attitude grounded on students' narratives. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(1), 27–48. <https://doi.org/10.1007/s10857-009-9134-z>
- Di Martino, P., & Zan, R. (2011). Attitude towards mathematics: A bridge between beliefs and emotions. *ZDM*, 43(4), 471–482. <https://doi.org/10.1007/s11858-011-0309-6>
- Ekern, L. (2010). *Placebo*. De nasjonale forskningsetiske komiteene. <https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/metoder/placebo/>
- Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman Mathematics Attitudes Scales: Instruments Designed to Measure Attitudes toward the Learning of Mathematics by Females and Males. *Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), 324–326. <https://doi.org/10.2307/748467>
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3. utg.). Sage.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1985). *Naturalistic Inquiry*. SAGE.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. I *Handbook of qualitative research* (2. utg., s. 105–117). https://miguelangelmartinez.net/IMG/pdf/1994_Guba_Lincoln_Paradigms_Quali_Research_chapter.pdf
- Hammack, F. M. (1997). Ethical Issues in Teacher Research. *Teachers College Record*, 99(2), 247–265. <https://doi.org/10.1177/016146819709900201>
- Hannula, M. S. (2002). Attitude towards mathematics: Emotions, expectations and values. *Educational Studies in Mathematics*, 49, 25–46.

- Hannula, M. S. (2012). Exploring new dimensions of mathematics-related affect: Embodied and social theories. *Research in Mathematics Education*, 14(2), 137–161. <https://doi.org/10.1080/14794802.2012.694281>
- Helseforskningsloven. (2009). *Lov om medisinsk og helsefaglig forskning (helseforskningsloven)*—Lovdata (LOV-2008-06-20-44). Lovdata. <https://lovdata.no/lov/2008-06-20-44>
- Hyde, J. S., Fennema, E., Ryan, M., Frost, L. A., & Hopp, C. (1990). Gender Comparisons of Mathematics Attitudes and Affect: A Meta-Analysis. *Psychology of Women Quarterly*, 14(3), 299–324. <https://doi.org/10.1111/j.1471-6402.1990.tb00022.x>
- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0*. IBM Corp.
- Jensen, F., & Nortvedt, G. A. (2013). Holdninger til matematikk. I M. Kjærnsli & R. V. Olsen (Red.), *Fortsatt en vei å gå. Norske elevers kompetanse i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2012*. (s. 97–120). Universitetsforl. <https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/pisa/publikasjoner/publikasjoner/fortsatt-en-vei-a-ga.pdf>
- Kunnskapsdepartementet. (2015). *REALFAG. Relevante—Engasjerende—Attraktive—Læreri. Rapport fra ekspertgruppa for realfagene*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/Rapport-fra-ekspertgruppa-for-relafagene/id2343488/>
- Kunnskapsdepartementet. (2017). *Overordnet del—Verdier og prinsipper for grunnopplæringen*. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/3.-prinsipper-for-skolens-praksis/3.1-et-inkluderende-laringsmiljo/?lang=nob>
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *Interviews: Learning the craft of Qualitative Research Interviewing* (2. utg.). SAGE.
- Lim, S. Y., & Chapman, E. (2013). Development of a short form of the attitudes toward mathematics inventory. *Educational Studies in Mathematics*, 82(1), 145–164. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9414-x>
- Ma, X. (1997). Reciprocal Relationships Between Attitude Toward Mathematics and Achievement in Mathematics. *The Journal of Educational Research*, 90(4), 221–229. <https://doi.org/10.1080/00220671.1997.10544576>
- Ma, X., & Kishor, N. (1997). Assessing the Relationship between Attitude toward Mathematics and Achievement in Mathematics: A Meta-Analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(1), 26–47. <https://doi.org/10.2307/749662>
- Majeed, A. A., Darmawan, I. G. N., & Lynch, P. (2013). A Confirmatory Factor Analysis of Attitudes Toward Mathematics Inventory (ATMI). *The Mathematics Educator*, 15(1), 121–135.
- Mandler, G. (1984). *Mind and body: Psychology of emotion and stress*. Norton.

- Mangiante-Orsola, C., Perrin-Glorian, M.-J., & Strømskag, H. (2018). Theory of didactical situations as a tool to understand and develop mathematics teaching practices. *145-174*, 145–174.
- Marsh, G. I., & Tapia, M. (2002). Confirmatory factor analysis of the Attitudes Toward Mathematics Inventory. *Paper Presented at the Annual Meeting of the Mid-South Educational Research Association*, 18.
- Marsh, G. I., & Tapia, M. (2004). An Instrument to Measure Mathematics Attitudes. *Academic Exchange Quarterly*, 8(2), 16–21.
- McLeod, D. B. (1988). Affective Issues in Mathematical Problem Solving: Some Theoretical Considerations. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(2), 134–141. <https://doi.org/10.2307/749407>
- McLeod, D. B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. I D. A. Grows (Red.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (s. 575–596). Macmillan.
- MERIA. (2016). *Welcome to Meria | Meria*. <https://meria-project.eu/>
- MERIA. (u.d.). *MERIA Scenario «Bicycle Factory»*. https://meria-project.eu/sites/default/files/2019-08/Bicycle_factory.pdf
- Måsøval, H. S. (2011). *Factors constraining students' establishment of algebraic generality in shape patterns: A case study of didactical situations in mathematics at a university college*. <https://uia.brage.unit.no/uia-xmlui/handle/11250/2394000>
- NESH. (2018, desember 4). *Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teologi*. Forskningsetikk. <https://www.forskningsetikk.no/retningslinjer/hum-sam/forskningsetiske-retningslinjer-for-samfunnsvitenskap-humaniora-juss-og-teologi/>
- Nosek, B. A., Banaji, M. R., & Greenwald, A. G. (2002). Math = male, me = female, therefore math ≠ me. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83(1), 44. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.83.1.44>
- NOU 2014:7. (2014). *Elevenes læring i fremtidens skole. Et kunnskapsgrunnlag*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/contentassets/e22a715fa374474581a8c58288edc161/no/pdfs/nou201420140007000dddpdfs.pdf>
- OECD. (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264190511-en>
- Olsen, R. V. (2013). Undervisning i matematikk. I M. Kjærnsli & R. V. Olsen (Red.), *Fortsatt en vei å gå. Norske elevers kompetanse i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2012*. (s. 121–156). Universitetsforl.

<https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/pisa/publikasjoner/publikasjoner/fortsatt-en-vei-a-ga.pdf>

- Pajares, F., & Miller, M. D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), 193. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.2.193>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle | Elsevier Enhanced Reader. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pehkonen, E. (2001). A Hidden Regulating Factor in Mathematics Classrooms: Mathematics-Related Beliefs. I M. Ahtee, O. Bjorkqvist, E. Pehkonen, & V. Vatanen (Red.), *Research on Mathematics and Science Education From Beliefs to Cognition, from Problem Solving to Understanding*. INSTITUTE FOR EDUCATIONAL RESEARCH, University of Jyväskylä.
- QSR International Pty Ltd. (2020). *NVivo*.
- Randhawa, B. S., Beamer, J. E., & Lundberg, I. (1993). Role of mathematics self-efficacy in the structural model of mathematics achievement. *Journal of Educational Psychology*, 85(1), 41–48. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.85.1.41>
- Ringdal, K. (2007). *Enhet og mangfold: Samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode*. Fagbokforlaget.
- Robson, C., & McCartan, K. (2016). *Real world research: A resource for users of social research methods in applied settings*. Wiley.
- Rosenthal, R. (1976). *Experimenter effects in behavioral research*.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense Making in Mathematics (Reprint). *Journal of Education*, 196(2), 1–38. <https://doi.org/10.1177/002205741619600202>
- Simon, H. A. (1982). Comments. I M. S. Clark & S. T. Fiske (Red.), *Affect and cognition: The Seventeenth Annual Carnegie Symposium on Cognition* (s. 333–342). Psychology Press.
- Singh, K., Granville, M., & Dika, S. (2002). Mathematics and Science Achievement: Effects of Motivation, Interest, and Academic Engagement. *The Journal of Educational Research*, 95(6), 323–332. <https://doi.org/10.1080/00220670209596607>
- Strømskag, H. (2017). A methodology for instructional design in mathematics—With the generic and epistemic student at the centre. *ZDM*, 49(6), 909–921.

Utdanningsdirektoratet. (2020). *Læreplan i matematikk—Fagrelevans og sentrale verdier (MAT01-05)*. <https://www.udir.no/lk20/mat01-05/om-faget/fagets-relevans-og-verdier>

Wæge, K., & Nosrati, M. (2015). *Sentrale kjennetegn på god læring og undervisning i matematikk*. Matematikksenteret.
<https://www.matematikksenteret.no/kompetanseutvikling/hva-kjennetegner-god-matematikkundervisning>

Wæge, K., & Nosrati, M. (2018). *Motivasjon i matematikk*. Universitetsforlaget.

Zan, R., Brown, L., Evans, J., & Hannula, M. S. (2006). Affect in Mathematics Education: An Introduction. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 113–121.

8 Vedlegg

Vedlegg 1: Sykkelfabrikken

Vedlegg 2: Spørreundersøkelsen

Vedlegg 3: Intervjuguide

Vedlegg 4: Meldeskjema med samtykkeerklæring

Vedlegg 1: Sykkelfabrikken

MERIA – scenario – «Sykkelfabrikken»

Oversatt av Øivind Estensen

Målkunnskap	Konstruksjon av stykkevis lineære funksjoner er den optimale løsningen på et problem med flere lineære forutsetninger.															
Bredere mål	<ul style="list-style-type: none">- Tegne grafer av (lineære) funksjoner på papir og ved hjelp av IKT.- Diskusjoner om skalering av grafer langs en akse.- Dypere forståelse av lineære funksjoner (stigningen a og konstanten b) ved å bruke disse i lineære forutsetninger til å konstruere stykkevise lineære funksjoner.- Diskusjoner om kontinuitet og diskrete aspekter relatert til algebraisk og grafisk representasjon i modelleringsprosessen.- Utforskende ferdigheter: eksperimentering med nummer før man tegner grafer, utelukkning av overflødig informasjon og åpenbart suboptimale fabrikker, tolking av resultatene fra modelleringsprosessen, ta ansvar for sluttrapporten og presentasjon av funnene gjennom et råd.- Tverrfaglige ferdigheter: Elevene kan diskutere ulike økonomiske aspekter ved problemet som forskjellen mellom inntekt og resultat.- Elevene må skrive profesjonelt i rapporten.															
Læreforutsetninger:	<ul style="list-style-type: none">- Tegne grafen til en lineær funksjon- Kjennskap til notasjonen $f(x) = ax + b$ og tolkning av a og b															
Årstrinn	Alder 15-16															
Tid	50 min (80 min)															
Nødvendig materiell	Tabellen med informasjon om kostnader <table border="1" data-bbox="595 1018 2047 1251"><thead><tr><th>Plassering av fabrikken</th><th>Kostnaden ved å bygge en fabrikk på denne plassen i kroner</th><th>Kostnad for produksjon av en sykkel i dette området i kroner</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>3 000 000</td><td>1 200</td></tr><tr><td>B</td><td>4 500 000</td><td>1 100</td></tr><tr><td>C</td><td>6 600 000</td><td>600</td></tr><tr><td>D</td><td>6 800 000</td><td>800</td></tr></tbody></table> <p>Ruteark og PC med programmer for å tegne og endre grafer, legge til eller endre forutsetning og finne skjæringspunkter. Stor tavle/whiteboard og/eller smartboard</p>	Plassering av fabrikken	Kostnaden ved å bygge en fabrikk på denne plassen i kroner	Kostnad for produksjon av en sykkel i dette området i kroner	A	3 000 000	1 200	B	4 500 000	1 100	C	6 600 000	600	D	6 800 000	800
Plassering av fabrikken	Kostnaden ved å bygge en fabrikk på denne plassen i kroner	Kostnad for produksjon av en sykkel i dette området i kroner														
A	3 000 000	1 200														
B	4 500 000	1 100														
C	6 600 000	600														
D	6 800 000	800														

Problem:

Dere er konsulenter som gir råd til bedrifter over hvor de bør bygge fabrikker for å produsere sykler. Basert på tabellen som viser kostnader ved ulike plasseringer, hva slags råd vil dere gi til bedriftene, og hvorfor?

Fase	Lærerens handlinger og instruksjoner	Elevenes handlinger og reaksjoner
Devolusjon (didaktisk) 5 min	Læreren forklarer situasjonen og tabellen over og kommer med problemet «Hvordan vil dere generelt hjelpe bedriftene til å plassere sine fabrikker? Dere skal arbeide med den dere sitter med og forberede dere til å vise løsningen på tavlen litt senere»	Elevene lytter, forstår relevansen til problemet og blir engasjert i å løse dette. De kan ha spørsmål til tabellen og problemet. Læreren bør gi elevene en eksplisitt mulighet til å stille slike spørsmål, for å forsikre seg om at alle forstår oppgaven.
Aksjon (adidaktisk) 15 (20) min	Læreren observerer og noterer hvordan elevene tilnærmer seg problemet. Slik får læreren tilgang til elevenes tidligere kunnskap. Det er viktig at læreren ikke gir hint til parene og unngår interaksjon med dem, utover å gjenta oppgaven om det er nødvendig.	Parene starter med å prøve ut ulike strategier eller ideer basert på tidligere kunnskap. Se «ulike veier for elevene til å oppdage målkunnskapen» nedenfor. Fordi elevene arbeider i par vil den adidaktiske formuleringen skje.
Formulering (didaktisk) 10 (15) min	Læreren velger grupper (minst fem) til å presentere ulike strategier på tavlen. Den bør være forhåndsdelte inn i områder før presentasjonene. Elevene har ikke lov til å viske ut i etterkant. Velg ut par til å presentere muntlig, start med de enkleste løsningene. På dette tidspunktet er vi ikke ute etter validering.	Parene presenterer etter lærerens plan. Først enkle løsninger basert på tall, deretter løsninger med grafer og funksjoner.
Devolusjon (didaktisk) 1 min	Diskuter med partneren din hvilke likheter eller forskjeller du ser i de presenterte løsningene. Bruk dette til å forbedre deres eget svar til ledelsen av fabrikkene. Jeg vil be dere om å rapportere tilbake om 5 (10) minutter.	Elevene lytter. Læreren må forsikre seg om at elevene forstår.
Aksjon/formulering (adidaktisk)	Læreren sirkulerer rundt i klasserommet for å observere hva parene har lagt merke til og diskutert, og hvordan de tar i bruk andre sine ideer.	Parene peker på likheter og forskjeller, for å forbedre sin egen løsning.

5 (15) minutter		
Formulering og validering (didaktisk) 10 (15) min	Læreren spør forskjellige par for å få så mange observasjoner og forbedrede svar som mulig. Læreren forsøker å få elevene til identifisere eventuelle feil i sine tidligere løsninger.	Elevene formulerer likheter og ulikheter og forklarer hvordan de har forbedret sin egen løsning ved å ta inn arbeidet andre har gjort. De kan også peke på mangler i dette arbeidet.
Institusjonalisering (Didaktisk) 5 (10) min	Læreren vektlegger at det ikke er et rett svar, men at løsningen avhenger av hvor mange sykler som blir bygget. Læreren baserer først denne løsningen på elevenes løsninger på tavler, deretter introduseres notasjonen av funksjoner definert stykkevis slik som i eksemplet: $f(x) = \begin{cases} 120x + 3 \cdot 10^5, & x \leq a \\ 60x + 6.6 \cdot 10^5, & x \geq a \end{cases}$ hvor $a = 6000$. Læreren bruker dette til å oppsummere hvilke råd man kan gi selskapet: Område B og D er aldri optimalt, mens A og C er optimal for produksjon hhv under og over 6000 sykler. Den optimale funksjonen for kostander er en stykkevis lineær funksjon definert for positive heltall.	Elevene lytter og kjenner igjen sin egen strategy i henhold til definisjonen som læreren kommer med, og sammenligner denne med den andre elevene sine løsninger. Elevene skriver ned notater.

Mulige veier for elever til å nå målkunnskapen

Enkelte elever begynner å arbeide med noen av tallene for å se hva de betyr, for eksempel:

- Noen studenter begynner med å beregne prisen for et konkret antall sykler på hvert område. Ved hjelp av prøving og feiling kan de finne antallet for hvilke områder som gir de samme svarene.
- Elevene kan lage tabeller for hvert område, hvor de beregner totalt kostnad for ulike antall sykler. Slik kan de sammenligne og peke på den optimale løsningen for et hvilket som helst antall sykler. Dette kan bli gjort på papir eller regneark.
- Sammenligning av to områder for å se på forskjellen mellom den faste kostnaden med den variable kostnaden (for å svare på hvor mange sykler som må bli produsert før B er bedre enn A); seks slike sammenligninger er nødvendige for å få et fullstendig svar.

Noen studenter vil gå rett på funksjonen med en gang og skrive ned fire funksjonsuttrykk hvor hver funksjon representerer kostnaden ved å produsere x sykler.

$$f(x) = 1\,200x + 3\,000\,000$$

$$g(x) = 1\,100x + 4\,500\,000$$

$$h(x) = 600x + 6\,600\,000$$

$$k(x) = 800x + 6\,800\,000$$

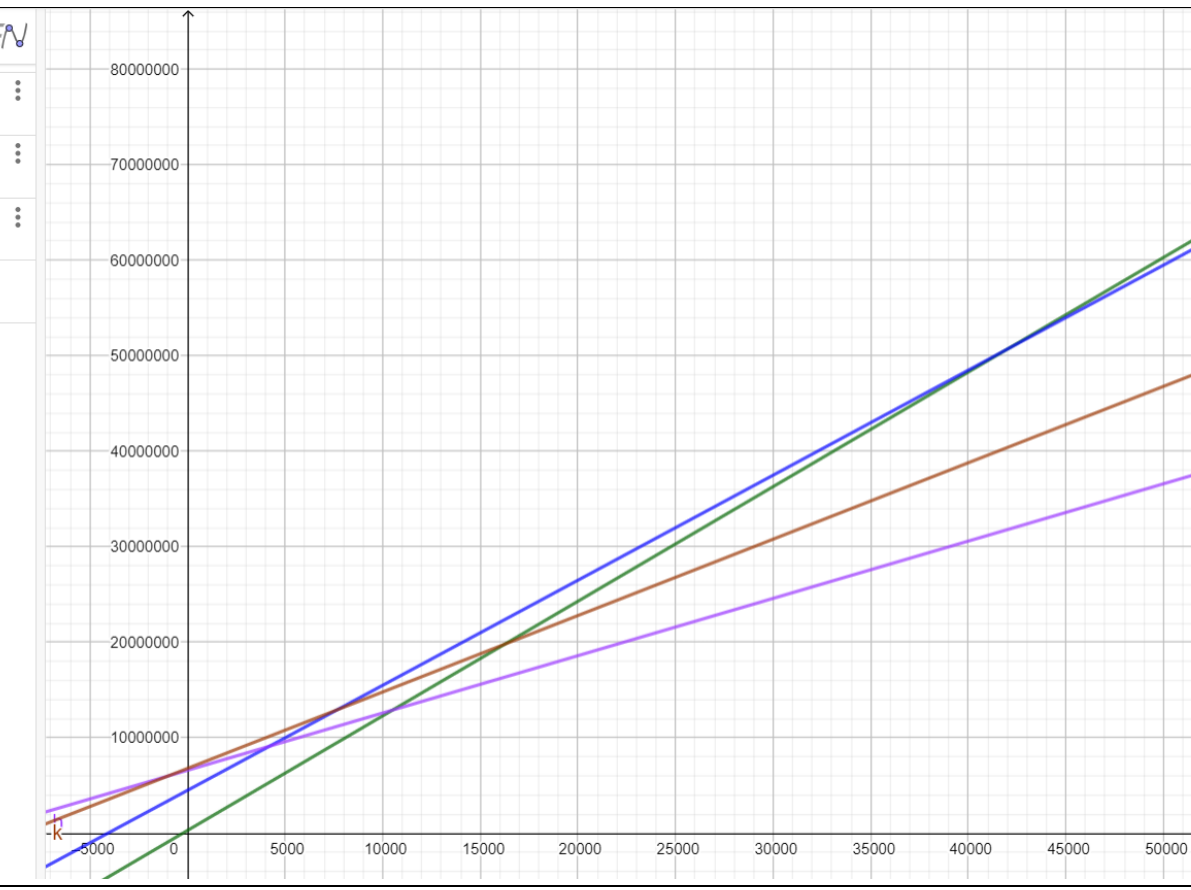
- Grafene til funksjonene tegnes i et eller flere koordinatsystemer og fra den grafiske representasjonen vil elevene argumentere for plasseringen av fabrikken.
- Elever som bruker ruteark kan lese av skjæringspunktene på aksene i koordinatsystemet.
- Elever som bruker IKT kan tegne alle lineære funksjoner med en gang, men vil ha vanskeligheter med å justere aksene til å «se» grafene.
- Uansett vil ikke tolkingen av grafene og nødvendigheten av å minimisere kostnadene være eksplisitt fra disse framgangsmåtene, det krever tenking rundt problemet. Feil vil forekomme, som å blande produksjonskostnader med profitt, salgspriser og lignende.
- Basert på funksjonsuttrykkene kan man finne skjæringspunktene mellom grafene ved å sammenligne likningspar. Elevene vil bruke den grafiske representasjonen for å finne hvilke par som er relevante. Denne strategien krever også teknikker i å løse likninger.

Elevene kan ende med ulike konklusjoner

- Om elevene jobber med tall (og tabeller) eller funksjoner (og grafer) vil noen innse at det ikke er et «optimalt område», men rådet må gis avhengig av hvor mange sykler som skal produseres. Konklusjonen kan være mer eller mindre presis, formulert med ord, likninger, grafer osv.
- Noen studenter vil gi et kjapt og feil svar som for eksempel «A er best fordi vi så på kostnaden ved å produsere 1, 2, ..., 10 sykler at vi alltid fikk den billigste prisen der.»

Eksempler på grafer og likninger som studentene kan lage (enten på papir eller, som her, ved IKT) for å identifisere hvilke områder som er mest økonomisk basert på antallet sykler som blir produsert.

- $f(x) = 1200x + 300000$
- $g(x) = 1100x + 4500000$
- $h(x) = 600x + 6600000$
- $k(x) = 800x + 6800000$
- + Skriv inn...



Vedlegg 2: Spørreundersøkelsen

Holdninger til matematikk

I denne undersøkelsen skal du ta stilling til førti ulike påstander om dine holdninger til matematikk. Det er ingen rette eller gale svar. Les hver påstand godt før du krysser av på det du føler passer best til deg.

Navn: _____

Nummer	Påstander	Svært uenig	Uenig	Nøytral	Enig	Veldig enig
1	Matematikk er veldig verdifullt og nødvendig fag					
2	Jeg vil utvikle mine matematiske ferdigheter					
3	Jeg får stor tilfredsstillelse av å løse et matematikkproblem					
4	Matematikk hjelper til med å utvikle hjernen og lærer en person å tenke					
5	Matematikk er viktig i hverdagslivet					
6	Matematikk er et av de viktigste fagene å studere for folk					
7	Videregående-skole-matematikk fag vil være veldig hjelpsom uansett hva jeg velger å studere					
8	Jeg kan tenke meg mange måter jeg kan bruke matte på utenfor skolen					
9	Matematikk er et av de fagene jeg frykter mest					
10	Tankene mine blir tomme og jeg klarer ikke å tenke klart når jeg arbeider med matematikk					
11	Å studere matematikk gjør meg nervøs					
12	Matematikk gjør at jeg føler meg ukomfortabel					
13	Jeg er alltid under en forferdelig belastning i mattetimene					
14	Når jeg hører ordet matematikk får jeg en følelse av motvilje					
15	Jeg blir nervøs bare av tanken på å løse et matematisk problem					
16	Matematikk skremmer meg ikke i det hele tatt					
17	Jeg har mye selvtillit når det kommer til matematikk					
18	Jeg klarer å løse matematiske problemer uten for mye vanskeligheter					
19	Jeg forventer å gjøre det ganske bra i alle matematikkfag jeg tar					
20	Jeg er alltid forvirret i matematikktimene					
21	Jeg har en følelse av usikkerhet når jeg prøver meg på matematikk					
22	Jeg lærer matematikk lett					
23	Jeg har tro på at jeg kan lære avansert matematikk					

24	Jeg har som regel likt å lære matematikk i skolen					
25	Matematikk er ensformig og kjedelig					
26	Jeg liker å løse nye problemer i matematikk					
27	Jeg vil heller løse en oppgave i matematikk enn å skrive en stil					
28	Jeg vil unngå å bruke matematikk på universitetet					
29	Jeg liker matematikk godt					
30	Jeg er lykkeligere i mattetimene enn i andre timer					
31	Matematikk er et veldig interessant fag					
32	Jeg er villig til å ta flere matematikkfag enn jeg må (på VGS)					
33	Jeg planlegger å ta så mye matematikk som jeg kan gjennom min utdanning					
34	Jeg liker tanken på utfordringen med matematikk					
35	Jeg tenker at det er nyttig å studere avansert matematikk					
36	Jeg tror at å studere matte vil hjelpe meg med problemløsning innenfor andre områder					
37	Jeg er komfortabel med å uttrykke mine egne ideer om hvordan jeg ser etter løsninger på et vanskelig problem i matematikk.					
38	Jeg er komfortabel med å svare på spørsmål i mattetimene					
39	En sterk bakgrunn i matte kan hjelpe meg i yrkeslivet					
40	Jeg tror at jeg er god til å løse matematiske problemer					

Vedlegg 3: Intervjuguide

Intervjuguide om holdninger til matematikk

Om holdninger til matematikk

1. Hva synes du om faget matematikk?
 - Hva liker du godt?
 - Hva liker du ikke så godt?
 - Hvorfor?
2. Beskriv deg selv i en typisk matematikktime, hvilken elev er du?
Stikkord: muntlig aktiv, passiv, arbeidsom, motivert, vil bare bli ferdig, gruer meg, liker å løse oppgaver

Verdien av faget

3. Synes du matematikk er et viktig fag å lære på skolen?
 - Trenger man matematikk senere i livet, til hva?
 - Hvorfor tror du at vi lærer matematikk på skolen?
 - Hva med videre utdanning?
 - Har du bruk for matematikk til den utdanningen du planlegger å ta?
4. Hvorfor tror du vi har matematikk på skolen?

Selvtillit

5. Vil du si at du er flink i matematikk?
 - Er det noe du er flinkere til enn andre ting?
 - Har du troa på deg selv, at du kan bli flink(ere)?
6. Negative følelser (kvalme, skjelving, vondt i hodet) knyttet til matematikk?

Motivasjon

7. Er du motivert til å arbeide i matematikktimene?
 - Noen forskjeller fra andre fag?
 - Hva styrer motivasjonen? (indre vs ytre faktorer)
 - Hva med lekser?

Glede

8. Hvilke følelser (emosjoner) får du når det er matematikktime?
 - Er dette likt i alle mattetimer?
 - Prøver, problemløsning, oppgavejobbing etc
 - Har du alltid hatt det slik?

9. Hvordan trives du i mattetimene sammenlignet med andre fag?
- Er matematikk et spennende fag?
10. Kjenner du på noen følelse når du har fått til en vanskelig oppgave i mattetimen?

Om den spesifikke økta

Start med å kort gjenfortelle hva vi gjorde i økta.

1. Var det noe spesielt i denne økta du likte spesielt bra?
2. Hva skilte denne økta fra en vanlig matematikktime?
3. Var dette en morsommere time enn det vi vanligvis har?
4. Hadde du en annen rolle i denne timen en bruker å ha?
5. Har du endret noen av dine tanker om matematikk etter denne økta?
 - Motivasjon (Proessen i TDS fører til økt indre motivasjon?)
 - Glede (Var oppgaven morsom? Se spm 3)
 - Selvtillit (var oppgaven for vanskelig, ingen økt tror på egne ferdigheter?)
 - Verdi av faget (virkelighetsnær oppgave?)
6. Hvorfor tror du at denne økta har endret disse holdningene/tankene?
 - Referer til det eleven likte bra, men ikke led eleven til svaret

Vil du delta i forskningsprosjektet

«Et forsøk for å se om utforskende undervisning endrer elevers holdning til matematikk?»

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å finne ut om undervisningsmetoden kalt «teorien om didaktiske situasjoner» endrer elever sine holdninger til matematikkfaget. I dette skrivet gir jeg deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

I min masteroppgave skal jeg undersøke om utforskende undervisning kan endre elevers holdninger til matematikk. Holdninger til matematikk handler om motivasjon, selvtillit, verdien og gleden av faget. Jeg skal se om et konkret undervisningsopplegg vil endre noen av disse faktorene ved å gjennomføre en spørreundersøkelse før og etter undervisningen. I tillegg vil jeg plukke ut enkeltelever til å gjennomføre et intervju i etterkant.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

NTNU, institutt for lærerutdanning er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Jeg ønsker at du skal delta på dette fordi du går i min klasse og jeg ønsker å gjennomføre dette forsøket med elever jeg kjenner. Hele klassen får tilbudet om å fylle ut spørreskjemaet. Jeg vil i etterkant spørre 3-5 elever som viser positive endringer i holdninger om de ønsker å delta i et dybdeintervju i etterkant av forsøket.

Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du velger å delta i prosjektet, innebærer det at du fyller ut et spørreskjema. Det vil ta deg ca. 20 minutter. Spørreskjemaet inneholder påstander om dine holdninger til matematikk. Spørreskjemaet inneholder påstander som «Jeg er komfortabel med å svare på spørsmål i mattetimene», «Matematikk gjør at jeg føler meg ukomfortabel» og «Jeg vil utvikle mine matematiske ferdigheter». Jeg må også registrere navnet ditt slik at jeg kan finne igjen de elevene som viser størst positive holdningsendringer. Skjemaet skal fylles ut tre ganger, for å måle eventuelle endringer.

Dersom du blir spurt om å være med på et dybdeintervju vil jeg stille utfyllende spørsmål som omhandler dine holdninger til matematikk, men også spørsmål knyttet til undervisningsøkten vi gjennomførte. Spørsmålene kan være «Hvorfor føler du deg (ikke) ukomfortabel av matematikk», «Hvorfor mener du det er viktig å utvikle dine matematiske ferdigheter» og «Hva tror du det var med undervisningsøkten som gjorde at du endret dine holdninger til matematikk?».

Både deltagere og foreldre kan få se både spørreskjema og intervjuguide i forkant dersom dere ønsker dette.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg. Dette gjelder både spørreskjemaet og intervjuet. Det vil ikke påvirke hvordan du vurderes i matematikk eller andre fag. Jeg har taushetsplikt både som lærer og forsker, jeg kan derfor ikke benytte informasjonen fra forskningen i min rolle som lærer. Det samme gjelder andre veien, informasjon om din prestasjon eller karakter i matematikk kan ikke brukes i forskningen.

Alle elevene i klassen skal være med på undervisningsopplegget, da dette er en del av den normale undervisningen, men spørreskjema i forkant og etterkant er frivillig, det samme gjelder et eventuelt intervju. Formålet er å finne ut hvordan min undervisning i størst mulig grad kan utvikle positive holdninger til matematikkfaget.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

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

Det er bare jeg og min veileder, Eivind Kaspersen ved NTNU, som vil ha tilgang til de opplysningene som du gir fra deg i spørreskjemaet og under intervjuet.

Det eneste som kan gjenkjenne deg på spørreskjemaet ditt er navnet ditt. Spørreskjemaene vil foretas gjennom en digital kryptert løsning, med innlogging ved hjelp av FEIDE. Data fra spørreskjemaene vil lagres på en kryptert server og her vil alle navn være fjernet. Intervjuene blir foretatt via en app som automatisk lagrer lydfilen på en kryptert server. De transkriberte intervjuene vil bli lagt inn på en kryptert minnepinne.

I teksten vil alle navn bli anonymiserte.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Opplysningene anonymiseres når prosjektet avsluttes/oppgaven er godkjent, noe som etter planen er september 2021. Personopplysninger og lydopptak vil bli destruert.

Dine rettigheter

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

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- å få slettet personopplysninger om deg, og
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NTNU har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

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

- Øivind Estensen, estensen@gmail.com
- NTNU ved Eivind Kaspersen, eivind.kaspersen@ntnu.no
- Vårt personvernombud: Thomas Helgesen, thomas.helgesen@ntnu.no

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost (personverntjenester@nsd.no) eller på telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Øivind Estensen

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Et forsøk for å se om teorien om didaktiske situasjoner (TDS) endrer holdninger til matematikk hos elever i ungdomsskolen*» og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å fylle ut et spørreskjema i forkant og etterkant av undervisningen
- å delta i et dybdeintervju

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

