

Masteroppgave

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

Lisbeth Skei

Dataloggere i matematikkundervisning

- En kvalitativ studie om bruk av dataloggere
som verktøy i matematikkundervisning

Masteroppgave i matematikdidaktikk

Veileder: Øistein Gjøvik

Trondheim, mai 2017

Lisbeth Skei

Dataloggere i matematikkundervisning

En kvalitativ studie om bruk av dataloggere som digitalt verktøy i matematikkundervisning

Data loggers in teaching mathematics

A qualitative study on the use of data loggers as a digital tool in mathematics education

Masteroppgave, mastergrad i matematikdidaktikk

Trondheim, mai 2017

Veileder: Øistein Gjøvik

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap

Institutt for lærerutdanning

Lisbeth Skei

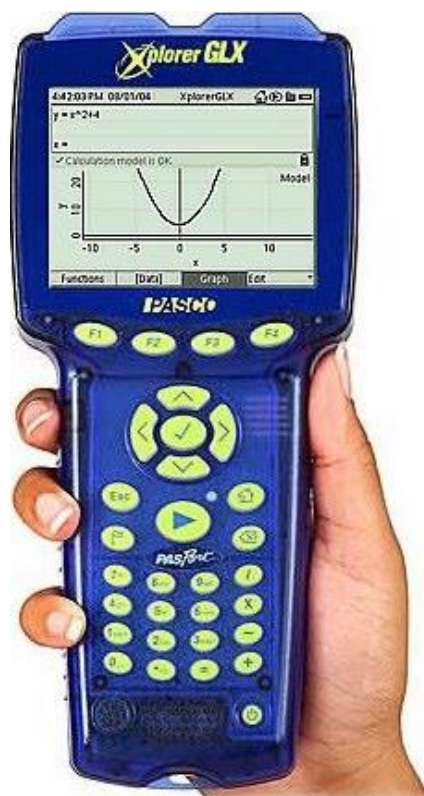
Dataloggere i matematikkundervisning

- En kvalitativ studie om bruk av dataloggere som verktøy i matematikkundervisning

Masteroppgave i matematikdidaktikk

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Trondheim, mai 2017



Lisbeth Skei

Dataloggere i matematikkundervisning

En kvalitativ studie om bruk av dataloggere som digitalt verktøy i matematikkundervisning

Data loggers in teaching mathematics

A qualitative study on the use of data loggers as a digital tool in mathematics education

Masteroppgave, mastergrad i matematikdidaktikk

Trondheim, mai 2017

Veileder: Øistein Gjøvik

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap

Institutt for lærerutdanning

«Education is not the learning of facts, but the training of the mind to think» - Albert Einstein

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	4
1.1 Problemstillingen formes	4
1.2 Empiri, metode og teori.....	7
1.3 Oppgavens struktur	8
2 Teori.....	10
2.1 Digitale verktøy i matematikkfaget.....	10
2.1.1 Hva er en datalogger?.....	13
2.1.2 Datalogging i skolen	14
2.1.3 Datalogging, bevegelse og matematikk.....	15
2.2 Matematikk.....	16
2.2.1 Representasjonsformer.....	16
2.2.2 Å gjøre matematikk.....	19
2.2.3 Matematikk som forståelse	20
2.3 Sosiokulturelt perspektiv på læring.....	23
2.4 Kompetanser i fremtidens skole	23
2.5 Kroppsspråk og gestikulering for å tenke	24
2.6 Teorioppsummering	25
3 Oppgavens metodebruk.....	26
3.1 Forskningsdesign.....	26
3.2 Empiri.....	27
3.2.1 Kontekst og utvalg.....	28
3.2.2 Feltsamtaler	29
3.2.3 Observasjon.....	29
3.3 Datainnsamlingen.....	31
3.3.1 Aktiviteten med datalogger.....	32
3.4 Analysemetode	36
3.4.1 Grounded Theory og konstant komparativ analyse	36
3.4.2 Koding og kategorisering.....	37
3.5 Validitet og reliabilitet	39

3.6 Etikk	41
4 Analyse	44
4.1 Eksperimentering, lek og engasjement.....	44
4.1.1 Lek og eksperimentering	45
4.1.2 Engasjement	47
4.2 Samarbeid, deltakelse og læringsfellesskap	49
4.3 Erfaring og resonnement	52
4.3.1 Lage og tilpasse hypoteser	52
4.3.2 Å bruke datalogger som en arbeidsmetode	57
4.4 Misforståelser hos elevene	58
4.5 Språkets rolle, bruk av matematiske begreper	61
4.6 Gestikulering, forklaring og beskrivelser	62
5 Drøfting	66
5.1 Oppsummering av analysen og funn	66
5.2 Datalogger som et verktøy når man arbeider med matematikk	67
5.2.1 Matematisk resonnering	67
5.2.2 Eksperimentering og utholdenhet.....	68
5.2.3 Forståelse og kompetanser.....	70
5.2.4 Sammenligning av arbeidsmetode.....	71
5.2.5 Matematisk språk, deltakelse og samtale.....	72
5.2.6 Elevenes misforståelser.....	73
5.3 Engasjement	74
5.4 Gestikulering for å beskrive hvordan man tenker	75
6 Avslutning	76
6.1 Bruken av programvaren	76
6.2 Avsluttende refleksjoner	77
6.3 Forskning.....	78
Litteraturliste.....	80

Figurliste

Figur 1.1: Oppgave: Skildre løypa med egne ord.....	4
Figur 1.2: Oppgave: Linjegrafen viser en tur som familien Myren gjorde en søndag.....	4
Figur 2.1: SAMR-modellen.....	11
Figur 2.2: Janviermatrisen.....	17
Figur 2.3: Flette av kompetanser.....	22
Figur 3.1: Programvarens brukergrensesnitt.....	32
Figur 3.2: De ulike malene.....	32
Figur 3.3: Oppsett for "å gå en graf"	33
Figur 3.4: PASCOs eksterne datalogger.....	34
Figur 3.5: Oversikt koder og kategorier.....	39
Figur 4.1: Tagning 1, mal 9.....	54
Figur 4.2: Tagning 2, mal 9.....	55

1 Innledning

1.1 Problemstillingen formes

Det var allerede det tredje semesteret jeg som lærerstudent ble presentert for en datalogger for første gang. Dette var i forbindelse med opplegget ”realist for en dag” ved NTNU. Det er et dagsopplegg for å inspirere og engasjere studenter til å velge realfag. Allerede denne dagen startet prosessen som til slutt ledet til problemstillingen i denne masteroppgaven. Det var da jeg leste teori om typiske misoppfatninger av grafer at prosessen startet. Jeg hadde selv erfart hvordan grafer kunne bli tolket bokstavelig – at opp var opp og ned var ned, uansett. Tanken om at en datalogger kunne gi øyeblikkelig respons på en handling og dermed bidra til å dempe denne typiske misoppfatningen slo meg umiddelbart.

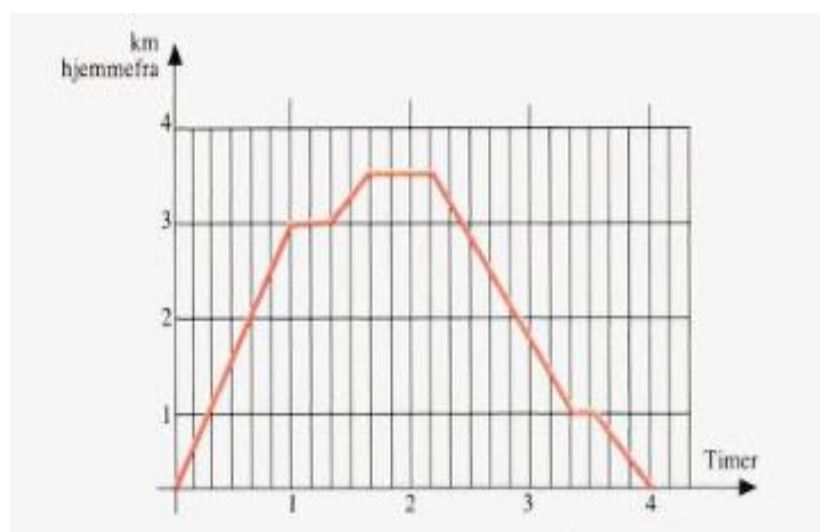


Figur 1.1: Oppgave: Skildre løypa med egne ord. (Gulbrandsen & Melhus, 1995, s. 83)

Eksempelet på en grafisk fremstilling ovenfor er tatt fra en norsk lærebok i matematikk i grunnskolen. Her er det naturlig at elevene tolker fremstillingen billedlig. Det fungerer i noen situasjoner og elevene gjør seg erfaringer med dette. Derfor har den matematiske misoppfatningen ”graf leses som et bilde” oppstått (Selvik, Rinvold, & Høines, 2007). Elever har problemer med å tolke og uttrykke seg gjennom grafer. Elever leser ikke informasjonen som blir gitt og leser også annen informasjon enn den som er ment (Brekke, 1995; Clement, 1989).

Oppgaven og grafen til høyre er ofte brukt for å tydeliggjøre problematikken:

Figur 1.2: Oppgave: Linjegrafen viser en tur som familien Myren gjorde en søndag. Beskriv turen med dine egne ord. (Gulbrandsen & Melhus, 1996, s. 60)



Mange elever (og voksne) beskriver turen som hard og bratt før de kom opp på et flatt parti, deretter nådde de toppen som var en vidde som hadde flott utsikt. Så gikk de hjem igjen på andre siden av fjellet. Undersøkelser viser at hele 18 % av 9. klassinger som deltok ga svar som lignet dette (Brekke, 1995). Noen tolket grafen som en kartskisse mens andre tolket den geometrisk (25 % av 8. klassingene). Voksne kan ha samme feiltolkninger. Hva betyr dette? Vil det si at alle grafiske fremstillinger som blir presentert i media og læreverk kan tolkes på samme måte, og at elevene ikke blir eksponert nok for andre typer grafer enn avstand/tid? Er det så vanskelig å forestille seg en tur beskrevet ved avstanden til hjemmet til enhver tid? Er ikke elevene vant til å se på funksjonssammenhengen? Er elevene vant til å la fantasien ta overhånd når de får språklige oppgaver som ”beskriv med egne ord”? Disse spørsmålene kan man dvele ved, og Brekkes funn gjør det interessant å se nærmere på dette.

Grafer blir daglig brukt i samfunnet. De blir brukt for å understreke og tallfeste argumenter i både muntlige og skriftlige presentasjoner. De bidrar til å beskrive situasjoner og problemstillinger. Tolkning av grafer og formidling ved hjelp av grafer er demokratiske kunnskaper som ses på som høyst nødvendige. Det handler om å legge et godt utgangspunkt for grunnleggende forutsetninger for kommunikasjon og læring (Selvik mfl., 2007). I skolen brukes det både i matematikkfaget og andre fag som f.eks. naturfag og samfunnsfag. Kunnskap om dette gir bakgrunn for å utvikle undervisning slik at vi arbeider i mot at slike misoppfatninger dannes og heller fremmer elevers læring best mulig. Forhåpentligvis kan denne oppgaven være et bidrag i så måte.

En datalogger er et digitalt verktøy som er tilrettelagt undervisning, men som også benyttes i forskning og industri. Til tross for at det er velegnet til bruk i skolen er det lite benyttet i matematikkfaget. Det eksisterer lite forskning på bruken av dette hjelpemiddelet i undervisning. PASCO¹ sine dataloggere og deres programvarer er laget som pedagogiske verktøy og de krever liten eller ingen forkunnskaper av verken lærere eller elever. Som utviklerne av utstyr og programvare selv sier:

Et pedagogisk verktøy - Ikke bare "en ny dings": Datalogging muliggjør en mer åpen inngang til det eksperimentelle arbeidet. Når en komplett måleserie på et

¹ <https://www.pasco.com>

øyeblikk kan gjengis grafisk, så kan elevene med det samme få svar på en rekke spørsmål. I den daglige undervisningen vil man hurtig sette pris på muligheten til å kunne presentere måleresultater på en storskjerm eller en digital tavle. En fordel med en datalogger koblet til en datamaskin, er at man kan måle flere parametere samtidig. Dermed kan sammenhengen mellom to størrelser vises direkte i en graf.

(Frederiksen, 2016)

Det finnes mange faktorer for læring. Man kan ha ulike intelligenser (Gardner, 1999) eller læringsstiler. Forskningen er blitt kritisert, men en læringsstil er i følge Dunn og Dunn «...the way in which each individual learner begins to concentrate on, process, absorb and retain new and difficult information.» (Dunn, Dunn, & Price, 1981). Studier viser at noen elever lærer best gjennom visuell læringsstil, altså at det den visuelle persepsjonskanalen i hjernen får presedens i elevenes læringsprosess. Disse elevene lærer best ved å se, de tenker i bilder og lærer best når visuelle hjelpemidler benyttes. Andre lærer best gjennom bevegelse, berøring og handling, denne læringsstilen kalles taktil læringsstil. Dette innebærer en praktisk tilnærming til læring som å aktivt utforske den fysiske verden. Dette er nødvendig for at eleven oppnår mest og best læring (ibid). Det finnes selvsagt andre faktorer for andre elever, men ved å benytte en læringsaktivitet med en datalogger bør man kunne treffe mange elevers læringsstil.

Studier viser også at arbeid med digitale verktøy i seg selv motiverer og engasjerer elever på en annen måte enn tradisjonell undervisning (Hatlevik & Kløvstad, 2009). At dette både fremmer læring og øker elevenes motivasjon har vært et argument for å ta i bruk mer IKT i undervisningen. Forskning fra midt på 90-tallet viser også til dette, men her må man ta i betraktning den enorme digitale utviklingen de siste 20 årene (B. Hudson & Borba, 1996). I dag regnes det som en selvfølge at ungdom har tilgang til digitale hjelpemidler også hjemme. Er det slik at arbeid med dataloggere kan berike matematikkundervisningen når det kommer til tema om funksjoner og grafer? Vil det øke elevdeltagelsen og elevengasjementet, samtidig som læringsutbyttet øker? Vi vet lite om hvorvidt det matematiske innholdet i aktiviteter ved bruk av datalogging er bredt nok, og om arbeid med dataloggere engasjerer elever til matematiske aktiviteter. Det er viktig å få et innblikk i dette før man tar det i bruk i matematikkfaget eller lager tverrfaglige prosjekter med for eksempel naturfag. For det er innen naturfag, biologi, kjemi og fysikk at dataloggere i dag benyttes mest i undervisning

(Barton, 1997; Robutti, 2006; Tan, Hedberg, Koh, & Seah, 2006). Det er kanskje naturlig med alle de ulike muligheter innen måling, logging og etterarbeid med og av naturfaglige mål som lys, lys, pH, osv.

På bakgrunn av dette ønsker jeg med min oppgave å undersøke bruk av dataloggere og bevegelsessensor fra PASCO i arbeid med funksjoner og grafer i matematikkfaget. Studien vil også vurdere hvordan arbeid med dataloggere i matematikk påvirker elevers bruk av faglige begreper, og hvordan de tar i bruk gestikulering for å forklare hverandre hvordan de tenker. Oppgavens problemstilling blir derfor:

«På hvilken måte kan man dra nytte av dataloggere i arbeid med grafer og funksjoner i matematikkundervisning på 9.trinn?»

Ved å gjennomføre en kvalitativ studie av arbeid med funksjoner og grafer ved bruk av datalogging ønsker jeg å finne svar på problemstillingen. Studien har blitt gjennomført i to niendeklasser, og datamaterialet er hovedsakelig innhentet i form av videoopptak av læringsaktiviteter, lydopptak av elevsamtaler og feltsamtaler.

1.2 Empiri, metode og teori

Kvalitativ forskning kan fortelle oss hvordan og hvorfor noe oppstår, og passer til å finne svar på prosesser der handlinger, situasjoner og utfall vokser fram (Cohen, Manion, & Morrison, 2011). Jeg har derfor valgt å gjennomføre en kvalitativ studie. Undersøkelsen er gjennomført på ungdomstrinnet. Datainnsamlingen består av observasjoner både i form av egne feltnotater og videoopptak, lydopptak av elevsamtaler og feltsamtaler med elevene, dette fra to doble timer i skolen. Til sammen gir disse et fyldig bilde av de ulike elevene sitt arbeid med oppgaver tilknyttet en læringsaktivitet med dataloggere, samt deres begrepsbruk både enkeltvis og som par.

For å kunne finne svar på oppgavens problemstilling er det tatt utgangspunkt i teori om forståelse og kompetanser i matematikk, dataloggere og bruken av språk og håndbevegelser når man arbeider med disse. Teori om benyttelse av digitale verktøy i skolen og studier som er gjennomført som omhandler datalogging bidrar også til å svare på oppgavens problemstilling. Innen disse temaene er det Hatlevik og Kløvstad (2009), Hudson (2014), Robutti (2006; 2009) og Barton (1997) som er mest sentrale. Når det gjelder forståelse og

kompetanser har jeg støttet meg på Skemp (1976), Ludvigsen-utvalget (2015), Kilpatric, Swafford, Findell, og National Research Council (2001). De viktigste matematiske bidragene har vært Duval (2006), Janvier (1987) og Van de Walle, Karp og Bay-Williams (2013). Og når det kommer til språk og gestikulering er teorien til Säljö (2001), McNeill (1995) og Kita (2000) benyttet.

1.3 Oppgavens struktur

Denne oppgaven er inndelt i 6 kapitler. Disse kapitlene har igjen delkapitler og underkapitler. Innledningsvis tar oppgaven for seg relevant teori som kan være med på å belyse problemstillingen. Det sosiokulturelle perspektivet på læring, teori som omhandler digitale verktøy i skolen og datalogging, hva matematikk kan være, og hva det vil si *å gjøre* matematikk er teorier som vil bli presentert i oppgaven. Teorikapittelet gir også en innføring i språkets og begrepets rolle som medierende redskap og hvordan bruk av gestikulering kan bidra til å forklare hvordan man tenker. I metodekapitlet begrunnes valg av metode og innsamlingsmetodene beskrives. I analysekapitlet blir deler av datamaterialet i form av utdrag og små utsnitt presentert og videre analysert. Analysen og studiens funn belyses ved hjelp av den presenterte teorien i drøftingskapitlet, før oppgaven avslutningsvis oppsummeres og trådene samles. Videre forskning presenteres og nye spørsmål stilles.

2 Teori

Elever motiveres faglig av å ta i bruk digitale verktøy i undervisningssituasjoner og få mulighet til å utforske verktøyene (Hatlevik & Kløvstad, 2009; T. Hudson, 2014; Ludvigsen, 2015). Datalogger er en form for digitalt verktøy (Barton, 1997). Dataloggere kan derfor ha en rolle i elevenes faglige utvikling av kompetanser, herunder temaet grafer og funksjoner. Kapitlet vil først avgrense hva som menes med digitale verktøy og dataloggere. Så presenteres det hvordan dette kan knyttes til matematikkfaget, før man deretter viser hva forskning sier om det å arbeide i samspill med andre. Til slutt gis det en oversikt over hvordan språk og gestikulering spiller en rolle for å beskrive og forklare hvordan man tenker. Også når man arbeider med dataloggere.

2.1 Digitale verktøy i matematikkfaget

I 2013 ble det gjennomført en undersøkelse der 9 av 10 lærere hevdet at dersom de brukte IKT i undervisningssammenheng så var det for å vekke elevens interesse for faget og for å variere sin undervisning. 8 av 10 lærere hevdet også at det ble lettere å aktivisere elevene og lettere å differensiere undervisningen. 8 av 10 elever mente på samme tid at bruk av data på skolen var nyttig i læringsprosessen og at det gav dem mer lærelyst. Matematikk var det faget hvor digitale verktøy ble minst brukt (Hatlevik, Egeberg, Guðmundsdóttir, Loftsgarden, & Loi, 2013). Det at matematikk er faget der digitale verktøy benyttes sjeldnest konkluderer også andre rapporter med (Hultin, Egeberg, & Berge, 2016; Waagene & Gjerudstad, 2015).

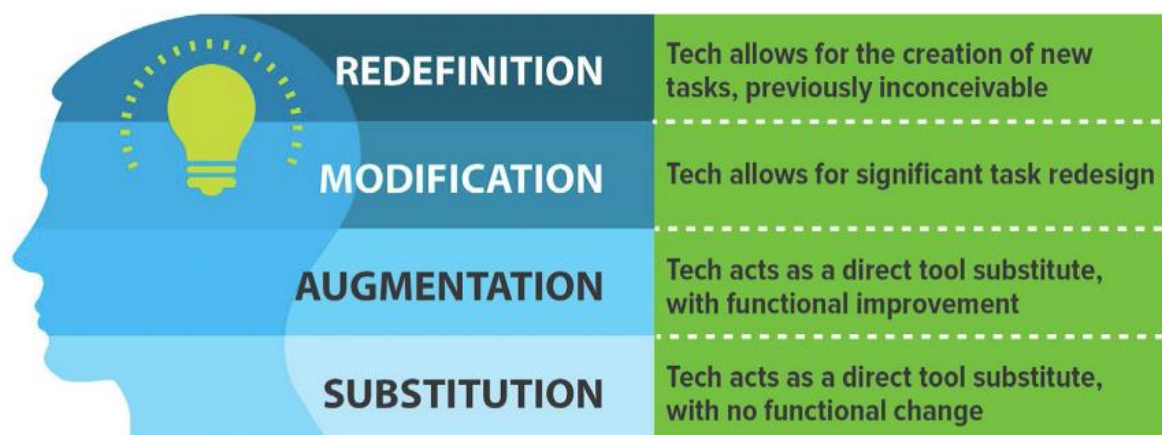
I matematikkfaget skal eleven, blant annet, både kunne utrykke seg muntlig og kunne bruke digitale verktøy. Dette kommer frem i Kunnskapsløftet (LK06) om de *grunnleggende ferdighetene*: «Noen grunnleggende ferdigheter er nødvendige forutsetninger for læring og utvikling i skole, arbeid og samfunnsliv. I Kunnskapsløftet er disse definert som å kunne lese, regne, utrykke seg muntlig og skriftlig, og bruke digitale verktøy.» (Utdanningsdirektoratet, 2006).

Digitale ferdigheter er altså én av fem basisferdigheter i norsk skole. For det første er bruk av teknologi viktig for å sikre at elevene er rustet til å møte de stadig skiftende kravene i samfunnet og dermed gjennom læring i skolen forberede seg på å ferdes i mediesamfunnet (Ludvigsen, 2015). For det andre er teknologi en rammefaktor i undervisningen, der teknologien er med på å utvide og forandre hvordan lærerne forbereder seg til og

gjennomfører undervisning (T. Hudson, 2014).

I Kunnskapsløftet legges det frem at elevene skal bruke digitale verktøy (Utdanningsdirektoratet, 2006). Det står ikke noe om hvilke verktøy dette skal være, trolig fordi teknologien er i stadig utvikling. Dette betyr at det er opp til den enkelte lærer hvilke verktøy man velger å bruke i undervisningen, og hvilke verktøy elevene skal lære seg å bruke. Man kan ved bruk av digitale verktøy risikere at matematikken kommer i bakgrunnen fordi elevene blir opphengt i teknologien. Enten ved at de har problemer med å henge med, eller ved at elevene bruker verktøyet mer til eksperimentering og lek enn til læring (Elstad, 2016). Det er derfor viktig at man tenker godt gjennom hvilke verktøy man bruker, og hvordan de best kan brukes for at matematikken skal være i fokus (Iktsenteret, 2015).

Lærere bør unngå å bruke teknologi dersom den i praksis bare erstatter det som kan utføres på papir (T. Hudson, 2014). Man ønsker å benytte digitale ressurser som engasjerer elever på nye og effektive måter. Å se noe på en dataskjerm vil ikke i seg selv tilføre læringsmetoden noe utover å skrive på papir. Teknologien blir da bare et substitutt for papir og blyant jfr. laveste nivå i SAMR-modellen - en modell som viser hvordan teknologi kan brukes i undervisning. SAMR står for Substitutt/Argumentasjon/Modifikasjon/Redefinisjon og modellen er utarbeidet av dr. Ruben R. Puentedura. Denne modellen bruker man ved å velge oppgavetyper og arbeidsmåter for å gi økt læringsutbytte. Jo lengre opp i modellen man kommer, desto større innflytelse har teknologien i klasserommet (T. Hudson, 2014):



Figur 2.1: SAMR-modellen

Dersom man velger å bruke digitale hjelpemidler i undervisningen er det viktig at læreren i sin planlegging har tatt hensyn til klare mål for undervisningsøkta. Det digitale hjelpemidlet må kunne hjelpe elevene på vei mot å nå læremålene. Forskning viser at det viktigste ikke er bruk av teknologi, men hvordan teknologien brukes (T. Hudson, 2014). Goldenberg (2000) presenterer seks prinsipper man kan ha som utgangspunkt når man skal vurdere bruk av teknologi i undervisning i et fag som matematikk. Hvert prinsipp peker tilbake på behovet for å vurdere hensikten med undervisningen. Prinsippene er som følger:

Sjanger: Det er viktig å være klar over hvilken type oppgaver elevene skal jobbe med når de skal bruke teknologi. Hva kreves av elevene? Skal de kun produsere svar på problemer som blir presentert gjennom det digitale verktøyet eller skal elevene selv komme med ideer, uttrykke disse og utvikle dem? Vær oppmerksom på om man tar i bruk teknologi i klasserommet kun for å bruke det eller om det faktisk gir undervisningen noe og fremmer læring og måloppnåelse.

Hensikt: En godt planlagt undervisningsøkt har en sentral idé og holder elevene fokusert på denne. Man må alltid vurdere hvilke operasjoner som er sentrale og hvilke som er mindre viktig. Er det viktig å gjøre alle beregninger selv, eller kan man bruke digitale verktøy for å effektivisere? Hvilken hensikt har teknologien i dette klasserommet?

Svar eller analyse: Man må vurdere hvilke prosesser som fremmer forståelsen hos elevene. Noen ganger er det hensiktsmessig å kalkulere raskt, altså finne svaret, mens andre ganger er det mer læring i selve prosessen frem mot svaret, analysen.

Hvem tenker?: Vurder hvilken rolle teknologien har i aktiviteten. Brukes teknologien til å løse et problem, eller til å få elevene til å tenke over et problem, analysere en prosess og generere bevis? Ville elevene gjennomgått denne prosessen uavhengig av det digitale verktøyet?

Endre innhold forsiktig: Teknologiens utvikling kan føre til at enkelte deler av pensum ikke lenger anses som nødvendig å lære. Matematikken er dog kompleks og alt henger sammen så man må være meget forsiktig med å fjerne det man tror er foreldede læringsmål. Man må ikke bare se på hva teknologien kan erstatte og utføre, men også ta i betraktning hva elevene må lære for å være i stand til å resonnerer.

Å mestre verktøyet: Det er viktig at elevene behersker de digitale verktøyene. Å bruke flere digitale verktøy uten å mestre de godt kan gjøre mer skade enn det gjør godt. Elevene må mestre verktøyet kunnskapsmessig, matematisk, intelligent, selvsikkert og hensiktsmessig. Det er også viktig at lærerne er trygge på de verktøyene de anvender (ibid).

Terminologien *amplification*, eller forsterkning, brukes om å ta i bruk digitale verktøy i undervisning for å oppnå at noe blir gjort raskere eller mer effektivt enn ved andre metoder uten bruk av digitale verktøy. *Reorganization*, eller reorganisering, benyttes om å bruke digitale verktøy i undervisning for å gjøre noe på en annen måte enn tidligere (Pea, 1985). Sistnevnte begrep kan man se i det tredje nivået i SAMR-modellen, der teknologi gir en signifikant endring i måten oppgaver er bygget opp på (T. Hudson, 2014).

Ethvert digitalt interaktivt medium kan i hovedsak gjøre to ting: Det kan *sette begrensninger (constraints)* og/eller *hjelp (support)*. Dette kalles et constraint-support-system/CS-system (Kaput, 1992). De digitale hjelpemidlene vil være best anvendt når man får fortløpende tilbakemelding fra CS-strukturen. Disse tilbakemeldingene informerer eleven dersom eleven har gjort noe riktig eller galt i matematikken. På grunn av CS-strukturen i digitale hjelpemidler, kan elevene ha fokus på læringsmålet og unngå å bruke mye energi på operasjoner som ikke er i fokus (ibid).

2.1.1 Hva er en datalogger?

Begrepet datalogging brukes hovedsakelig for å beskrive aktiviteten der målinger blir samlet av sensorer under et eksperiment og deretter sendt til en datamaskin for å prosesseres. En datalogger er en teknologisk enhet som muliggjør kommunikasjon mellom en bruker og en datamaskin. Hovedelementene innen datalogging er sensorer brukt for å samle målinger, en datalogger, en datamaskin og et dataprogram (Barton, 1997). Newton (2000) presiserer: «data-logging methods involve the use of electronic devices to sense, measure and physical parameters in experimental settings» (s. 1247).

Sensorene er koblet enten direkte eller trådløst til dataloggeren. Sensorene responderer ganske enkelt på de fysiske verdiene som skal måles. Eksempler på slike fysiske verdier kan være temperatur, fart, lysnivå, lydnivå, avstand eller oksygenkonsentrasjon. Disse målingene blir dermed konvertert til elektriske signaler som leveres videre til selve dataloggeren.

Dataloggere kan samle informasjon fra flere sensorer samtidig, og enten sende informasjonen direkte til en datamaskin eller lagre informasjonen som samles for å overføre den ved et senere tidspunkt (Barton, 1997).

Når informasjonen fra dataloggere sendes direkte til datamaskinen vises den oftest som en graf på datamaskinens skjerm. Det å vise informasjonen direkte som en graf gjelder dataloggere som benyttes i skolesammenheng. Det finnes også andre muligheter med ulike programvarer. For eksempel er det mulighet for å endre måten informasjonen som vises på skjermen, eller legge til rette slik at videre analyse av datamaterialet kan utføres. I dag har de fleste elever i skolen tilgang på kraftige og bærbare datamaskiner, og bærbare datamaskiner har mange fordeler når man driver med datalogging fremfor de stasjonære. De kan for eksempel lettere bli distribuert og lagret siden de tar mindre plass i klasserommet. De er like kraftige som mange stasjonære datamaskiner og har lett og rask tilgang på ny programvare og nok lagringsplass. Elevene får dermed muligheten til å bygge seg egne bibliotek med filer i løpet av undervisningsøktene (Barton, 1997).

2.1.2 Datalogging i skolen

Det er to ulike måter man kan samle data med en datalogger:

1. I *Real-time logging* blir grafen presentert på datamaskinens skjerm samtidig som eksperimentet og innsamling av data finner sted. En fordel med denne måten å samle data er den umiddelbare linken mellom utforskning og resultat. Dette i stedet for den svært vanlige lange forsinkelsen mellom eksperimentet/datainnsamlingen og grafen som elevene ofte opplever som to separate handlinger. Det å få frem den grafiske fremstillingen umiddelbart kan føre til en økning i elevenes motivasjon i faget.

2. Mens i *Remote logging* blir dataene samlet og deretter lagret på dataloggeren før det overføres til en datamaskin etter at eksperimentet har funnet sted. Ved hjelp av *Remote logging* kan man utvide undervisningen ved hente data også utenfor klasserommet, man får også muligheten til å forlenge datainnsamlingen med mer tid enn kun én undervisningsøkt (Barton, 1997).

Det finnes flere fordeler med å bruke datalogging i undervisning:

- Tid for elevene til å tenke og å studere resultatet, fremfor å bruke veldig mye tid på å innhente datamaterialet (elevene legger sjelden merke til oppsettet av datainnsamlingen).
- Muliggjør at elevene kan studere trender og gradienter på grafen.
- Det første inntrykket av datamaterialet blir presentert kvalitativt – tall vil være tilgjengelige dersom de er nødvendige. Dette i kontrast til den konvensjonelle

tilnærmingen som krever numeriske datainnsamlinger og en skissert graf før noen form for analysing av innsamlet data er mulig.

- Oppmuntrer elevene til å estimere og å teste og kritisere egne estimater.

(Barton, 1997)

Naturlig nok blir dataloggere oftest brukt i naturfag; da spesielt innen temaene i fagene kjemi og fysikk. Dette er på grunn av dataloggerens egenskaper, nøyaktig og visualiserende. Sensoren kan måle i et bredt spekter og kan måle over både svært kort og svært lang tid ved hjelp av dataloggeren. Dataloggernes produsenter legger hovedsakelig til rette for denne type egenskaper, ved å produsere nøyaktige sensorer som har små feilmarginer og mange ulike typer sensorer (Frederiksen, 2016). Når man blar i skolebøkene som blir brukt i dag er det grafer som skisserer innsamlinger om priser, befolkning, lønn/timebetaling, høyde, antall gjenstander og temperaturer og fart/tid som allerede er logget som går igjen (Hjardar & Pedersen, 2015). Det å benytte dataloggere som verktøy kan være med på å muliggjøre tverrfaglige prosjekter mellom naturfag og matematikk; lage grafene i naturfag og deretter tolke, sammenligne, beskrive og diskutere de i matematikkundervisningen.

2.1.3 Datalogging, bevegelse og matematikk

I dette forskningsprosjektet tar man i bruk bevegelse i matematikkundervisningen. Man tar i bruk stillestående bevegelser, ensartede bevegelser og akselererte bevegelser. Dette gir muligheten til å se mengdevariasjoner ved hjelp av en graf (Robutti, 2006). En graf kan defineres som et diagram som viser relasjonen mellom kvantitative (tallfestede) variabler, oftest vist ved hjelp av to akser med rette vinkler. Man kan se kvantitative variasjoner på grafer ved å benytte forståelsen av måten en avhengig eller uavhengig variabel endres (Slavit, 1997, s. 263). Dette matematiske konseptet ligger til grunn for tilnærming til matematikkpensum på lengre sikt.

Elever kan begripe matematiske konsepter gjennom å bruke meningsfulle motoriserte erfaringer dersom de er oppmuntret til å kommunisere med hverandre og får den støtten de har behov for (Arzarello & Robutti, 2004, s. 308). I skolen er det som oftest kun brukt fiktive grafer og dette kan hemme elever i å lage seg kognitive skjema om funksjoner. Dette kan unngås ved å ta i bruk digitale verktøy som for eksempel dataloggere. Arzarello, Rezzi og

Robutti (2007) konkluderer i sin forskning med blant annet at:

The approach to functions in the school often inhibits or curtails experiences that encourage the productions of fictive motions schema. For ex., the graphs in books and exercises generally have a static and holistic aspect. But new technology allows teachers to design experiences where graphs can be presented in a dynamical and genetic way. (s. 135)

Det finnes forskning om temaet datalogging, funksjoner og barn helt nede i barnehagenivå. Det er utført en undersøkelse med barnehagebarn der man brukte grafer med variablene tid og avstand ved hjelp av bevegelsessensorer og dataloggere. Her så man ut at til og med svært unge barn var i stand til å se sammenhenger mellom bevegelser de gjorde foran sensoren og grafer som ble skissert ved hjelp av dataloggeren (Robutti, 2009).

Ved å ta i bruk en datalogger i læringen legger man til rette for at elevene får tid og mulighet til å studere grafen, kritisere data grafen er basert på og gir mulighet til å matematisere og modellere situasjonen (Barton, 1997). Kompetanse i modellering inneholder det å kunne strukturere den situasjonen som skal bearbeides, altså å kunne matematisere situasjonen. Det vil si å kunne oversette situasjonen til et matematisk språk med matematiske problemstillinger, med nødvendige symboler og matematiske uttrykk (Røsselund, 2005).

2.2 Matematikk

Vi lever i et samfunn der matematikk og matematisk forståelse har blitt en integrert del av vår hverdag. Matematikk finnes som et felt for undersøkelse og forskning, en måte for resonnering, en kilde og ressurs for teknologi, tenking i hverdagen, og som et skolefag. Felles for de nevnte former er at de alle er i sentrum av menneskets sosiale utvikling (Alrø & Skovsmose, 2002). Matematikk kan beskrives som en menneskelig aktivitet, et sosialt fenomen, et sett av metoder for å kunne belyse verden og som en del av vår kultur. Matematikk er også en måte å uttrykke forhold og idéer på, både numerisk, grafisk, symbolsk, verbalt og billedlig (Boaler, 2010).

2.2.1 Representasjonsformer

I lærebøker i skolen i dag anvendes en variasjon av diagrammer og bilder for å bidra til forståelsen av blant annet matematiske begreper. Det å lære og benytte disse symbolene,

bildene og diagrammene som benyttes i matematikk er grunnleggende for matematisk tenkning. Det er vanlig at man overser denne oversettelsesprosessen som selv er basert på bruk av matematiske symboler (Janvier, 1987). Med oversettelsesprosess menes den psykologiske prosessen som skjer når for eksempel en elev oversetter fra en representasjonsform til en annen. Eksempler er oversettelsen fra en situasjon til en graf, eller en graf til en formel. Janvier (1987) nevner forskere i matematikdidaktikk som har understreket viktigheten av denne oversettelsesprosessen. Lesh (1981) hevder at det er viktig for problemløsning. Bell (1979) hevder at oversettelsesprosessen er en grunnleggende del av matematiske ferdigheter. Janvier selv ble interessert i temaet da et av hans forskningsarbeider gikk ut på å tolke grafer som representerer reelle situasjoner. For å beskrive oversettelsesprosessen innførte han en 4 x 4 matrise.

Oversettelsesprosesser

Fra \ Til	Situasjoner, Verbale beskrivelser	Tabeller	Grafer	Formler
Situasjoner, Verbale beskrivelser		Måle	Skisse	Modellere
Tabeller	Lese av		Plotte	Tilpasse
Grafer	Tolke	Lese av		Tilpasse kurven
Formler	Parameter gjenkjenne	Utregne	Skisse	

Figur 2.2: Janviertabellen (Janvier, 1987, s. 28), min oversettelse.

Janvier (1987) beskriver fire former for representasjoner situasjon, tabell, graf og formel i sin matrise. Oversettelsesprosessen involverer oversettelse mellom to ulike former for representasjoner. Slik som situasjon og graf eller mellom graf og situasjon. Dette betyr at det er mulig å oversette fra en representasjonsform til en annen, men også vice versa, situasjon → graf, graf → situasjon. Oversettelsesprosessen kan utføres på samme måte med de andre representasjonsformene i tabellen. Prosessen var best utviklet i overgangen mellom en situasjon og graf eller mellom en graf og en situasjon (ibid).

Videre mener Janvier at for at oversettelsesprosessen skal lykkes og utføres riktig må man undersøke kilden sett ut i fra målets vinkling - *target point of view* (Janvier, 1987, s. 29). For eksempel; hvis man skal finne en formel til en graf innebærer det at vi må studere grafen fra en formels vinkling. Man studerer grafen ved å tenke egenskapene til en formel eller et algebraisk uttrykk. Ved å studere grafen slik har man gjort en korrekt oversettelse mellom representasjonsformene, og vil som resultat finne en formel til grafen (Janvier, 1987) .

For å få tilgang på de matematiske objektene, gjennom de kognitive prosessene, må man ta i bruk semiotiske representasjoner. Med dette menes at for å kunne få kognitiv tilgang til matematiske objekter som tall, rekker, matriser, mengder, utvalg, funksjoner og sammenhenger må man ta i bruk semiotiske representasjoner som tegn, systemer, figurer, grafer, tale og kroppsspråk for at det skal gi mening (Duval, 2006). Disse semiotiske representasjonene beskrives som ulike *registre*, og et karakteristisk trekk ved matematisk aktivitet er å bruke minst to måter å representere registrene på samtidig. Terminologien *conversion*, på norsk omdannelse, brukes for å beskrive overgangen fra et register til et annet uten at betegnelsen endres. Denne omdannelsen er viktig: «What matters is not representations but their transformation» (Duval, 2006, s. 107). Det argumenteres også med at *vanlig undervisning* ikke fokuserer nok på gjenkjennelse av matematiske objekter på kryss av disse registrene og det påpekes at dette kan være årsaken til at mange elever ser på dette som ubegripelig. Det blir sagt at: «changing representations register is the threshold of mathematical comprehension for learners at each stage of the curriculum», altså at matematisk forståelse hos elever avhenger av å endre representasjonsregistrene etter hvert som de har måloppnåelse i nye stadier av pensum (ibid). Retningen av enhver omdannelse mellom registre er avgjørende, da noen retninger ofte er mer utfordrende enn andre. Dette er basert på forskerens erfaringer og observasjoner. Det menes problemet kan reduseres eller elimineres ved å sørge for at elever kontinuerlig får observere og studere innvirkningen en endring i et register på et annet som er dynamisk knyttet opp mot det første, muligens ved å synliggjøre denne endringen i begge retninger (ibid). Et eksempel på dette kan være at å manipulere algebraiske uttrykk ikke er en *conversion*, men at å skifte fra algebraisk til grafisk fremstilling er det. Innholdet er det samme i begge, men det fremstilles på en annen måte ved å omdanne det.

Forskning i både matematikk og naturfag har vist at erfaringer med sammenkoblede dynamiske representasjoner er én av flere fordeler ved å ta i bruk digitale hjelpemidler. Den

samme forskningen har vist at elever lettere lærer og forstår matematiske konsepter dersom de får ta i bruk erfaringer på kryss av representasjonsformer og notasjoner. Slike sammenkoblede representasjoner, eller «linked representations», synliggjør for elever hvordan en representasjon forandrer seg når andre representasjoner endres (Kaput, 1992). Et annet viktig poeng nevnes; elever blir ofte lært prinsipper og konsepter i matematikkfaget hver for seg, dermed får ikke elevene mulighet til å oppdage sammenhenger:

It also builds connections between principles and concepts which are often taught in isolation (sometimes years apart, in conventional curricula). The ability to move easily across a connected network of knowledge, and to change representation systems, is critical to high-level problem - solving when doing “real” mathematics and science.

Connecting representations to students’ real-world knowledge requires use of contextualized models and simulations. When students can directly manipulate them visually (e.g., by dragging curves or objects), they can observe the dynamic operation of the principles underlying the model or simulation, especially when a full suite of “hot links” to multiple representations of these principles are present.

(Hegedus & Kaput, 2007, s. 3)

Man ser også at det å koble representasjoner til elevens virkelige verden kan være utfordrende når dette krever kontekstualiserte modeller og simuleringer. Ved hjelp av teknologiske verktøy som en datalogger får elever mulighet til å observere de dynamiske operasjonene som ligger til grunn for simuleringen (ibid).

2.2.2 Å gjøre matematikk

Det å gjøre matematikk handler om å finne passende strategier for å løse ulike problemer (Van de Walle, Karp, & Bay-Williams, 2013). Deretter handler det om å ta i bruk disse tilnærmingene for undersøke om de leder til løsninger, og til slutt for å kontrollere om løsningene gir mening. «Doing mathematics in classrooms should closely model the act of doing mathematics in the real world» (Van de Walle mfl., 2013, s. 13) Matematikk handler om å finne og utforske regelmessige mønstre og logiske rekkefølger for deretter å gi det mening. Elever har behov for å lære seg grunnleggende kunnskaper og ferdigheter. Det

påpekes at elevene må kunne mer enn bare å pugge og huske for å være i stand til å møte matematikken som vil kreves av elever i det 21. århundret (ibid).

Det blir brukt en rekke verb som viser til handlinger der elevene engasjerer seg i å gjøre matematikk. Handlingene som gir mulighet til tenking på et høyere nivå og omfatter det å gi mening og finne ut av ting.

«[...]the following verbs engage students in doing mathematics:

Compare *explain* *predict*

Conjecture *explore* *represent*

Construct *formulate* *solve*

Describe *investigate* *use*

Develop *justify* *verify*»

(Van de Walle mfl., 2013, s. 14)

Å gjøre matematikk handler om å reflektere over prosessen der elever tilfører kunnskap i hverandres idéer for deretter å evaluere disse, og å fange opp og justere feil som elevene oppdager på veien mot resultatet. Elever er på utkikk etter og diskuterer sammenhenger. Elever bør kunne se sammenhenger mellom ulike strategier for å løse et bestemt problem, og også bite seg merke i tilknytninger til andre matematiske konsepter og til reelle kontekster og situasjoner. Når elever ser etter og diskuterer sammenhenger ser de matematikken som verdifull og viktig, fremfor en isolert samling av fakta (Van de Walle mfl., 2013).

2.2.3 Matematikk som forståelse

Den doble betydningen av ordene forståelse og matematikk kan være roten til mange misforståelser og utfordringer i matematikkundervisning (Skemp, 1976). Også i dag tas undervisning som gir både relasjonell og instrumentell forståelse i skolen i bruk, også i matematikkundervisningen. For noen er forståelse det å kunne bruke en algoritme og få rett svar. Dermed mangler det å forstå hvorfor akkurat den algoritmen kan tas i bruk og hvorfor

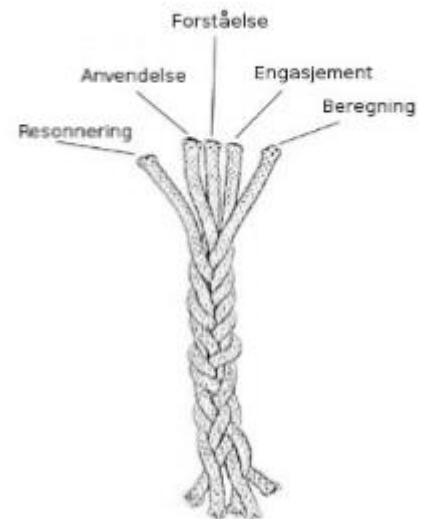
den gir det korrekte svaret. Dersom matematikk undervises for å gi elevene en relasjonell forståelse vil elevene få et bilde av hvorfor man gjør som man gjør. Det vil kunne føles mer givende, gir en egenverdi og kan føre til at elevene frivillig ønsker å fortsette læringsprosessen. Instrumentell undervisning av matematikk kan derimot preges av pugging av algoritmer og regler, noe som for en del elever raskt kan oppleves som svært kjedelig. Med en gang en oppgave krever litt mer enn bare puggede formler og regler vil det for mange bli veldig vanskelig. Det understrekes at begge «typene» matematikkundervisning vil kunne ha sine fordeler og vil kanskje også komplementere hverandre (Skemp, 1976).

Langt tilbake i tid har matematikkfaget vært dominert av forventninger om at elevene skal kjenne til og kunne bruke en rekke faglige begreper og ferdigheter. Med tiden har forventningene utviklet seg til at elevene også skal kunne undersøke, beskrive, forklare og forutsi sammenhenger og mønstre i matematikken. Fra å ha brukt mye tid og energi på produksiden ved matematikken har det blitt mer og mer fokus på fagets prosesser, og det å skape eller konstruere matematikk. For elever som utelukkende får matematikk presentert i form av øving av begreper og prosedyrer, vil dette kun avspeile resultater av matematisk aktivitet, ikke aktiviteten eller prosessen som førte dit. Elevene bør få muligheten til å finne og konstruere sammenhenger mellom ulike begreper og metoder innen matematikk. Slik kan faget fremstå som en sammenhengende begrepsbygging og ikke som en lang rekke isolerte regler og begreper uten innbyrdes sammenheng (Skott, Hansen, & Jess, 2008).

Den matematiske forståelsen omkring begrepet graf kalles ofte *the graph sense*, eller grafforståelsen, slik som vi også kan snakke om tallforståelse og symbolforståelse. Grafforståelsen innebærer mer enn evnen til å plassere punkter eller kurver eller lese en inntegnet graf ut i fra et koordinatsystem. Å relatere seg til de ulike variasjonene av informasjon som en graf kan vise, både på lokalt og globalt nivå, er essensielt for grafforståelsen. Det å kunne lage grafer som representerer matematiske modeller, fenomener, skille mellom diskrete og kontinuerlige representasjoner og alltid ta høyde for de ulike skaleringsfaktorene er også en del av grafforståelsen (Robutti, 2009). Grafforståelsen kan ikke defineres, men forklares gjennom beskrivelser og bruk av eksempler. Man må benytte denne grafforståelsen for å kunne overføre en modell beskrevet med naturlig språk eller en tabell med tall eller symboler, for å kunne evaluere grensebetingelsene; sett i lys av akkurat den

situasjonen eller konteksten, for å kunne beskrive en mengde i forhold til en annen, for å kunne sammenligne ulike grafer og for å gjøre sammenligninger i form av stigningstall, endring av stigningstall og slikt (ibid).

Matematisk forståelse er et omdiskutert begrep, og man kan velge å bruke andre alternativer f. eks matematisk kompetanse (Kilpatrick, Swafford, Findell, & National Research Council (U.S.), 2001). Matematisk kompetanse beskrives som sammensatt av fem komponenter: begrepsforståelse, beregning, anvendelse (strategisk tankegang), resonnering og engasjement. Det vektlegges at disse fem komponentene er tett sammenflettet og avhengige av hverandre. Komponentene støtter opp om hverandre, og elevene bør få mulighet til å utvikle alle de fem på samme tid. Forbindelsen mellom de fem ulike komponentene blir dermed forsterket og elevene utvikler en matematisk kompetanse som er varig, fleksibel, nyttig og relevant. Denne definisjonen av matematisk kompetanse kan ses som et mulig utgangspunkt for nærmere drøfting av forståelse (her: grafforståelse) og matematiske kompetanser (ibid).



Figur 2.3: Flette av kompetanser, hentet fra oversatt utgave Kilpatrick m.fl. (2001) s. 117.

Conceptual Understanding, eller begrepsforståelse, omfatter matematiske begreper, operasjoner og sammenhenger. Procedural Fluency, oversatt til beregning, er ferdigheter i å utføre prosedyrer fleksibelt, nøyaktig, effektivt og hensiktsmessig. Strategic Competence eller strategisk tankegang er evnen til å formulere, representere og løse matematiske problemer. Adaptive Reasoning innebærer kapasiteten til logisk tenkning, refleksjoner, forklaringer og bevis. Productive Disposition er evnen til å se matematikk som fornuftig, nyttig og verdifull. I tillegg til å ha en tro på at innsats lønner seg (Kilpatrick mfl., 2001).

Det påpekes at trådene ikke kan ses på som separate, men som en flette som til sammen utgjør matematiske kompetanser. Det tar tid å utvikle denne fletten av kompetanser, og den er ikke ferdig selv om to tråder er «fullført», se figur 2.3. For å utvikle disse kompetansene trenger elevene god tid til hvert enkelt matematiske tema som læres. Elevene må *gjøre matematikk* over en lengre periode, i form av å løse problemer, resonnere, utvikle forståelse, praktisere ferdigheter og å finne sammenhenger mellom tidligere og ny kunnskap (ibid).

2.3 Sosiokulturelt perspektiv på læring

Det er en del av menneskets natur å være sosial og kommuniserende. Det som står sentralt i et sosiokulturelt perspektiv på læring og utvikling er menneskets samspill med språklige og fysiske redskaper. Det er dette samspillet, vår utvikling og benyttelse av redskaper som er det som skiller oss fra de andre levende vesener. Disse redskapene har ikke i seg selv noen kommunikativ funksjon, men i samspill med et tenkende individ kan redskapet bli en del av komplekse og intellektuelle praksiser. Det medierer virkeligheten for mennesker i konkrete virksomheter, altså at man ved å benytte fysiske eller intellektuelle redskaper fortolker verden slik at den gir mening. Det er dette samspillet som er det som skiller det sosiokulturelle perspektivet fra andre teoretiske perspektiver (Säljö, 2001). Disse fysiske eller intellektuelle redskapene kan f.eks. være språket vårt, en datalogger eller et annet (digitalt) verktøy.

Språket ses på som den viktigste av alle medierende redskaper. I menneskets kunnskapsbygging i form av å samle erfaringer og å kommunisere disse videre, er språket desidert den viktigste delen. Gjennom språket vårt, i form av ord og utsagn, medieres verden slik at den fremstår som meningsfull. På én og samme tid er språket et individuelt, et interaktivt og et kollektivt sosiokulturelt redskap for oss. Dette fører til at språket kan være med på å binde sammen kulturer, interaksjoner og den individuelle tenkningen vår. Tenkning i et sosiokulturelt perspektiv trenger ikke være noe som finner sted kun i individet, det kan like gjerne være en kollektiv prosess som innebærer samspill, men også like mye det å lytte til hverandre (ibid).

2.4 Kompetanser i fremtidens skole

Ludvigsen-utvalget er et offentlig utvalg, utnevnt av Kunnskapsdepartementet, som har foreslått kompetanser de mener er viktige for elever i fremtiden. Rapporten disse kompetansene kommer frem i ble presentert i juni 2015. De peker på hva som er viktig for at skolen skal bidra til at elevene mestrer livet som privatpersoner, som yrkesutøvere og samfunnsborgere. Skolen skal derfor i samarbeid med hjemmet bidra til at de ferdigheter og kompetanser som behøves utvikles og læres. De har satt opp fire forslag til kompetanseområder som grunnlag til prioritering: *fagspesifikk kompetanse, kompetanse i å lære, kompetanse i å kommunisere, samhandle og delta og til slutt kompetanse i å utforske og skape* (Ludvigsen, 2015).

Fagspesifikk kompetanse innebærer at elevene utvikler kunnskap om sentrale metoder og tenkemåter, begreper og prinsipper i alle fag. Kompetanse i å utforske og skape inkluderer kritisk tenking og problemløsning, sammen med kreativitet og innovasjon. «Kreativitet forstås som å være nysgjerrig, utholdende, fantasifull i problemløsning, alene og ikke minst i samarbeid med andre» (Ludvigsen, 2015, s. 10). Kompetanse i å lære innebærer metakognisjon og selvregulert læring. Elevene skal kunne reflektere over hensikten med det de lærer, det de har lært og hvordan de lærer. I tillegg skal de lære å ta initiativ og arbeide målrettet for å lære. Det er dette som beskrives som selvregulert læring. I rapporten trekkes også dybdelæring inn som et viktig aspekt ved elevenes læring. Det handler om å utvikle forståelse for et fagområde eller på tvers av fagområder, samtidig som de tilegner seg kunnskaper og ferdigheter, reflekterer over det de lærer og knytter det til det de tidligere har lært (Ludvigsen, 2015).

Under fagspesifikk kompetanse trekkes matematikk, naturfag og teknologi inn som et av de sentrale fagområdene hvor det vil være behov for at elever utvikler kompetanse. «Utvalget anbefaler at matematikk styrkes i skolen og synliggjøres bedre i fag der matematisk kompetanse er en viktig del av kompetansen, spesielt samfunnsfag og naturfag» (Ludvigsen, 2015, s. 9–10). Matematikk er viet en spesiell plass i fremtidens skole, og det begrunnes blant annet med at matematikk griper inn i alle skolefagene. I samfunnet vil matematisk kompetanse være viktig for å sikre et konkurransekraftig næringsliv og innovasjon på en rekke områder, samtidig som elevene vil ha behov for matematikk både i utdanning, yrkesliv, og i livet generelt. I rapporten presenteres et eksempel på hvordan matematikkfaget kan fornyes. Matematisk kompetanse beskrives med fem komponenter bestående av: forståelse, beregning, anvendelse eller strategisk tankegang, resonnering og engasjement. De fem komponentene støtter og er avhengige av hverandre. De er også sammenflettet og må utvikles parallelt (ibid).

2.5 Kroppsspråk og gestikulering for å tenke

Det fokuseres på viktigheten av gestikulering i kommunikasjon og tenking (Goldin-Meadow, 1999, 2005; Kita, 2000; McNeill, 1995). Med gestikulering menes håndbevegelser som utføres i forbindelse med tale. Det er en del av produksjonen av en intensjonell kommuniserende handling og blir konstruert samtidig som man snakker, tett sammenflettet med timing, mening og funksjon. Man kan si at gestikulering er en symboliserende handling

som formidler en mening - på samme måte som ord. Man skiller mellom deiksis gestikulering og ikonisk gestikulering, der førstnevnte brukes ved å indikere enheter i samtalen rom og den andre brukes når det er en nødvendighet å fange opp aspekter innen det semantiske innholdet av samtalen (McNeill, 1995). Det vil si at å bruke håndbevegelser som å vinke vil være en deiksis gestikulering, da den gir mening uten tale. Mens å peke på noe eller beskrive en form vil være en ikonisk gestikulering, da man må lytte til det som blir sagt for at det skal gi mening. Man kan ved å se på de kognitive funksjonene knyttet opp mot gestikulering skille mellom *ikoniske* eller *abstrakte deiksis* gestikuleringer (Kita, 2000). Begge spiller en viktig rolle innen kommunikasjon oss mennesker imellom. Det å ta i bruk disse typene gestikulering bidrar til organisering en stor mengde informasjon slik at det blir passende å ta i bruk i samtalen. Når man snakker om rom (spatio eller space) i slike sammenhenger menes konseptet rom som et basisfelt innen grunnleggende representasjoner. Basisfeltet utgjør en del av generelle fysiske deler av det medfødte kognitive apparatet hos mennesket. Rom-motorisk tenkning (konstituert av representative gestikuleringer) gir et alternativ informasjonsorganisering, i motsetning til analytisk tenkning (konstituert av taleorganisering). Disse to måtene å tenke på har tilgang til ulike sett av informasjonsorganisering. Selv om taleproduksjonens retning, de ulike representasjonene, er koordinert og har en tendens til å konvergere. Når rom-motorisk informasjon skal formidles vil de to måtene å tenke på fremkalle og organisere informasjonen i talen. De to tenkemåtene kontrollerer og påvirker hverandres representasjon (ibid).

2.6 Teorioppsummering

Det fremlegges at en datalogger kan tilpasses undervisning og bidra i elevers læringsprosess (Barton, 1997). Dette digitale verktøyet er ikke mye brukt i skolen, til tross for at det kan tilpasses som et verktøy i undervisningen. Dersom verktøyet er benyttet i skolesammenheng, er det i naturfag fremfor matematikk (Barton, 1997; Tan mfl., 2006). Når man tar i bruk et slikt digitalt verktøy bidrar dette til at elevene *gjør* matematikk (Van de Walle mfl., 2013). Denne oppgaven har som formål å undersøke nærmere hvordan elever opplever å arbeide med dataloggere i matematikk og hvilke nytte det kan gi.

3 Oppgavens metodebruk

I dette kapittelet skal det først redegjøres for forskningsprosjektet og undersøkelsene som er utført i forbindelse med dette. Der rasjonaliseres valget av fokusområde og metode. Videre presenteres en beskrivelse av gjennomføringen av studien, der blant annet kontekst og utvalg presiseres. Deretter diskuteres og begrunnes valg av datainnsamlingsmetoder og det fremlegges hvilke metoder som er lagt til grunn for analysearbeidet. Avslutningsvis vil oppgavens validitet og reliabilitet behandles før etiske hensyn overveies.

3.1 Forskningsdesign

Studien ser på hvordan bruk av dataloggere kan nyttiggjøres ved å påvirke elevenes interesse og motivasjon for matematikkfaget. Denne studien tar for seg bruk av dataloggere i den delen av matematikk faget som omhandler grafer og funksjoner. Hensikten med studien er å se om benyttelse av dataloggere kan gi elevene et tydeligere bilde av grafer og funksjoner tatt fra en faktisk tilnærming i undervisningen i skolen. Siden jeg har valgt å studere elevene i skolesituasjonen, ble det naturlig å ta i bruk en kvalitativ tilnærming. For å undersøke oppgavens problemstilling var det behov for et rikt og beskrivende datamateriale for å få frem elevenes tanker, meninger og opplevelser om arbeidet med matematikk den økta læringsaktiviteten ble presentert. Jeg fant det mest hensiktsmessig å ta videoopptak av gjennomføringen av læringsaktiviteten, samt lydopptak av samtaler og enkelte intervju, i tillegg til feltnotater av observasjoner og egne refleksjonsnotater. Jeg valgte å gjennomføre undersøkelsene mine i to klasser i deres respektive klasserom, for så å se på hvordan elevene arbeidet sammen med matematikk og bruk av dataloggere. Studien og undersøkelsene ble formet av klasseromssituasjonen, og jeg valgte å ha en induktiv tilnærming til transkripsjonene av video- og lydopptakene, altså å se på fenomenene før man drøfter og ser erfaringene man gjør i lyset av relevant teori (Creswell, 1998; Postholm, 2005; Tjora, 2012).

Kvalitativ forskning kan defineres som «undersøkelse av menneskelige / sosiale prosesser i deres naturlige setting» (Denzin & Lincoln, 2000; Postholm, 2005, s. 35). Siden det undersøkes hvordan elever fremstår i arbeid med dataloggere i matematikkundervisning, var det naturlig å undersøke elevene der de mottar undervisning, og det ble klart at studien benytter kvalitative metoder for å finne svar på oppgavens problemstilling.

Kvalitativ forskning kan fortelle oss hvordan og hvorfor noe oppstår. Derfor ville en

kvalitativ tilnærming for å belyse problemstillingen være nyttig, da man i oppgaven ville se på på hvilke måter elevene arbeidet sammen med matematikk og bruk av dataloggere. Kvalitativ forskning kan tilby dyptgående og detaljert forståelse av fenomenet som undersøkes. Forskningen kan gi stemmer til deltagerne og undersøke spørsmål som ligger dypere enn utelukkende beskrivelse av adferd (Cohen mfl., 2011, s. 219). Ved at man benytter seg av kvalitativ forskningsmetode, plasseres man innenfor det fortolkende paradigmet. Denne måten å oppfatte verden på kjennetegnes av sin interesse for individet og det er sentralt å forsøke å forstå deres tolkninger av verden rundt dem (Cohen mfl., 2011, s. 17). Dette medfører at man kan gå dypere inn i datamaterialet og få fram en helhetlig forståelse av fenomenet som undersøkes. Som forsker er man en unngåelig del av den verdenen man undersøker (Cohen mfl., 2011, s. 225). Jeg innser og anerkjenner at jeg som forsker alltid har egne verdier og fordommer som vil kunne påvirke tolkningen av den allerede fortolkede verdenen til elevene som observeres. Min rolle som forsker vil diskuteres nærmere i avsnittene om validitet, reliabilitet og etiske hensyn, til slutt i dette metodekapittelet.

Kvalitative metoder passer godt når man benytter seg av empiri som vanskelig lar seg undersøke kvantitativt - altså med ord fremfor tallmateriale (Cohen mfl., 2011, s. 221). En kvalitativ forsker kan velge å benytte seg av en rekke teknikker for datainnsamling, og det er ingen fast prosedyre som bestemmer hvilke man skal bruke. Valg av datainnsamling bør være basert på *fitness for purpose*, altså hva som passer best for sitt prosjekt (Cohen mfl., 2011, s. 235). Noen typer datainnsamling er mer brukt enn andre, og datagenerering i kvalitative metoder foregår ofte ved feltnotater, deltagende observasjon, semi- eller ustrukturerte intervjuer, dagbøker, artefakter, dokumenter, videofilming etc. (Cohen mfl., 2011). I denne studien har jeg valgt å benytte meg av observasjon, intervju, feltsamtaler og feltnotater for å generere data. Det er integrert flere datainnsamlingsmetoder for å utforske ulike sider av fenomenet, for å få bredde i analysen, og for å triangulere for å underbygge funnene i forskningsprosjektet. Nærmere begrunnelse for valg av datainnsamlingsteknikker vil bli behandlet i avsnittet om empiri.

3.2 Empiri

I dette forskningsprosjektet har jeg valgt å anvende meg av lydopptak, videoopptak og feltnotater for å samle inn datamateriale. Dette er lydopptak av elevsamtaler under arbeid med dataloggere, samt intervjuer av enkelte elevgrupper etter endt undervisningsøkt. I tillegg er det samlet feltnotater og refleksjonsnotater av observasjoner som er utført underveis. Videre

har lydopptakene blitt transkribert, og feltnotatene er blitt ført på en ryddigere måte. I dette delkapitlet beskrives konteksten for forskningsprosjektet og de ulike innsamlingsmetodene som har blitt benyttet.

3.2.1 Kontekst og utvalg

I forskningsprosjektet er det foretatt valg av kriterier som kjennetegnes ved at undersøkelsene foregår i dybden av relativt få strategisk utvalgte enheter, og at det er satt visse kriterier til deltagerne i studien. Deltagerne undersøkes helt uavhengig av en eksisterende avgrensning, der formålet med studien er knyttet til deltakernes erfaringer og opplevelser. Utvalget i dette prosjektet består av to skoleklasser med elever fra samme skole som uavhengig av denne studien går i disse klassene på denne skolen. Valg av skole og klasse ble gjort på grunnlag av behovet for en lærer som var villig til å sette av matematikktimer, og behovet for å ha tilgang til teknisk utstyr under datainnsamlingen. Strategisk utvelgelse er i kvalitativ datainnsamling utvelgelse på grunnlag av hensiktsmessighet (Johannessen & Tufte, 2002). På disse premissene ble en lærer som hadde interesse for bruk av digitale verktøy i undervisningen kontaktet. Dette førte til at man fikk stor frihet når det gjaldt kravene som var nødvendige for at innsamlingen av data kunne gjennomføres. Innsamlingen av datamaterialet ble gjennomført i to 9.klasser (13-14 år gamle) på en skole i Sør-Trøndelag bestående av tilsammen 55 elever, hvorav 26 jenter og 29 gutter.

Ved begge øktene var ett klasserom med SMARTBoard og projektor tilgjengelig. Tilgangen på SMARTBoard gjorde at det var enkelt å gjennomføre felles gjennomganger med alle elevene. Det at man ikke kunne spre elevene skapte dårlige forhold for lydopptak. Den første økta ga en pekepinn på hvordan opplegget som var planlagt fungerte - hvordan elevene samarbeidet og hvordan kvaliteten på lydopptakene ble. Det ble foretatt et bevisst valg i å plassere lydopptakerne lenger inn i rommet ved den andre gjennomgangen, da støy utenifra var forstyrrende på opptakene. Jeg valgte å ikke ha noen pilot da rikt materiale ble samlet ved første gjennomgang.

Inndelingen av elever i grupper ble gjort av elevene selv, med eneste kriteriet at de skulle være to til tre elever per gruppe, og at disse gruppene skulle gjelde for hele den doble økta. Ved å la elevene velge grupper selv gjorde dette at jeg som forsker ikke fikk noen innvirkning på sammensetningen. Mer detaljerte beskrivelser av elevgruppene som er med i analysekapitlet finnes som vedlegg (vedlegg nummer 2). Disse beskrivelsene er gjort på

bakgrunn av egne oppfatninger av elevene i løpet av øktene, i tillegg til innspill fra elevenes lærer underveis i forskningsprosjektet.

3.2.2 Feltsamtaler

En grunnleggende form for menneskelig samspill er samtalen, og gjennom denne kan man få kjennskap til personers opplevelser, følelser, holdninger og den verdenen de lever i (Kvale, Rygge, Brinkmann, & Anderssen, 2009). Forskere som oppholder seg i felt vil ofte få faglig informasjon gjennom feltsamtaler. En feltsamtale er en uformell og dagligdags samtale, men er samtidig en metode for innsamling av empiri. Gjennom feltsamtalen har forskeren mulighet til å stille spørsmål og oppfordre informantene om å fortelle mer eller utdype på en uformell og mer tilfeldig måte (Aase & Fossåskaret, 2007). Gjennom observasjonen i klasserommet fikk man tilgang på mye informasjon via feltsamtaler med elevene. Noen av elevene var pratsomme, åpne og snakket velvillig om alt som hadde med både matematikk, fremtid og andre fag å gjøre. Det ble foretatt feltsamtaler med 8 elever. Feltsamtalene ga mye informasjon og kunnskap som kunne brukes til å finne relevant materiale for å svare på oppgavens problemstilling. I tillegg også utfylle spørsmålene som ble stilt, som gir en større forståelse av hva bruken av dataloggere i matematikkundervisning kan bidra til - mer generelt. Feltsamtalen ble slik en viktig og nyttig del av observasjonen.

3.2.3 Observasjon

Alle mennesker gjør observasjoner, men ikke alle har et bestemt fokus for sine observasjoner, slik en forsker har. En kvalitativ forsker ønsker å observere et fenomen i dets naturlige kontekst eller setting, og selv om forskeren har et fokus, har den ikke nødvendigvis forhåndsbestemte kategorier den ser etter (Postholm, 2005). Observasjonene i dette prosjektet foregikk i klasserommet der elevene til vanlig har undervisning. Det ble tatt opp på video og det ble skrevet feltnotater. I kvalitativ forskning vil forskeren, til tross for tidligere kunnskap og antakelser, forsøke å være induktiv i observasjonen og dermed åpen for at andre temaer og fokus enn de som var tenkt ut på forhånd kan dukke opp underveis. Dette medfører at det alltid vil være en kontinuerlig interaksjon mellom deduksjon og induksjon i slike studier (Postholm, 2005).

Observasjoner er ulike ut i fra hvor deltakende forskeren er - altså hvordan forskeren forholder seg til deltakerne underveis i undersøkelsene (Gold, 1958). I undersøkelsene i denne studien visste elevene hvorfor jeg var i klasserommet og hva formålet med

undervisningsopplegget var. Under observasjonen ga jeg i blant noen grupper litt hjelp, men foruten dette var jeg ikke deltakende i undersøkelsene som ble gjort. Gold (1958) kaller denne rollen for Participant-as-Observer eller observerende deltaker (Postholm, 2005). Rollen kjennetegnes ved at observatøren har innsamlingen av datamateriale som første prioritet, og at ønsket med en slik rolle er å utforske forskningsdeltakernes perspektiv uten å bli en fullstendig deltaker selv (Postholm, 2005). Med en slik rolle hadde jeg mulighet til å gå rundt i klasserommet og observere alle elevene, og på den måten samle inn datamateriale i tillegg til det som ble fanget opp gjennom lydopptakene som ble tatt. På bakgrunn av at man befinner seg i en situasjon som utspiller seg der og da, kan man ikke alltid ha full kontroll på sin egen rolle. Gjennom tilstedeværelsen i situasjonen som utspiller seg kan det dukke opp uventede situasjoner man er nødt til å ta tak i hvor ulik involvering og interaksjon kan oppstå (Tjora, 2012). Dette kalles *interaktiv observasjon*, forskeren kan inngå samhandling i form av samtale eller interaksjon (ibid). Dette passer inn i min egen rolle i egne undersøkelser, da jeg selv var en del av undervisningsopplegget og at bruk av dataloggere var nytt både for elevene og læreren og dermed måtte jeg som kjenner utstyr og program involveres.

En av grunnene for valget av å benytte videokamera som et hjelpemiddel for å innhente informasjon og datamateriale til denne oppgaven er at man har valgt å observere egen undervisning, elevenes bevegelser og oppgavearbeid. Når man velger å observere egen undervisning byr dette på utfordringer omkring eget fokus. Skal man ha fokuset på undervisninga man gir eller hvilke prosesser som skjer hos elevene? Når man skal samle data og selv være en del av undervisninga vil videoopptak være en hensiktsmessig innsamlingsmetode. Da man får mulighet til å se opptak av undervisningen i ettertid, og dermed kan man være i stand til å reflektere, repetere hendelser og analysere observasjonene.

Fordelene ved å bruke videoopptak er at man fanger det som skjer i observasjonsøyeblikket nøyaktig. Alt fra ord, stemmebruk, bevegelser, gestikulering/kroppsspråk, øyebevegelser, ansiktsuttrykk/mimikk til det som foregår digitalt/på skjermbilder (Cohen mfl., 2011, s. 530). Man har også muligheten til å se det hele om igjen og om igjen, zoome inn og ut for detaljer og enkelt spole frem og tilbake i det innsamlede datamaterialet. Det er også mange utfordringer som kommer fortløpende når man arbeider ved hjelp av videoopptak - noen mer overfladiske enn andre. Observasjonsmessig finnes det ulemper som at man ikke kan samle data annet enn i observasjonsøyeblikket. Dette i motsetning til f.eks. feltnotater som også kan

skrives utenfor situasjonen (Cohen mfl., 2011). Støy/forstyrrelser og mangel på oversikt er også ulemper som kan gjøre det utfordrende å arbeide med materialet i ettertid. Det er sjelden man ikke støter på noen form for tekniske problemer, som kabler, batteritider, minne eller lignende.

I følge Cohen m.fl. gir bevegende bilder et rikt og detaljert datamateriale. De kan fange både hverdagslige rutiner, deltagernes aktivitet, deltagelse og helt spesielle sjeldnere hendelser. Prisen man betaler for å få et rikt og detaljert materiale er det store omfanget med analysearbeidet. Hvordan skal man rettferdiggjøre og begrunne valg av transkribert datamateriale? Hvordan skal man analysere komplekst nok? Her er det viktig å begrunne nøyaktig nok når man velger materiale som skal transkriberes (Cohen mfl., 2011, s. 531). Det snakkes også om aspektet om overbelastning av datamateriale. At det er samlet en så stor mengde med datamateriale at man mister fullstendig oversikt over hva som er relevant og ikke. Derfor er det viktig å håndtere dette best mulig, reflektere rundt og rettferdiggjøre valgene man tar i tolkningen av materialet og begrunnet dette godt (Cohen mfl., 2011, s. 529).

3.3 Datainnsamlingen

Datainnsamlingen foregikk over to doble undervisningsøkter i løpet av én dag, på samme skole i to ulike klasser på samme trinn. Begge øktene omhandlet det matematiske temaet funksjoner og grafer. Opplegget var planlagt forhånd av undervisningsøktene, men siden det ofte vil skje endringer blir sjelden en økt akkurat slik man har forstilt seg. I planleggingsarbeidet av undervisningsopplegget var en viktig del å se på hvordan elevene ville gripe an oppgavene. Dette er én av fem praksiser man ofte benytter i arbeid med matematikk og elever, der de er tilknyttet planlegging og presentasjon av læringsaktiviteten og vurdering av denne i etterkant. De fem praksisene er: 1. Forventning om hvordan elevene vil gripe an oppgaver (*Anticipating*), 2. Observere elevene i arbeid med aktivitet og oppgave (*Monitoring*), 3. Velge hvilke elevarbeid som skal presenteres for resten av klassen (*Selecting*), 4. Bestemme rekkefølgen på presentasjonene (*Sequencing*), og 5. Søke etter sammenhenger enten felles eller individuelt (*Connecting*) (Smith & Stein, 2011). I denne studien ble praksisene *anticipating*, *monitoring* og *connecting* benyttet.

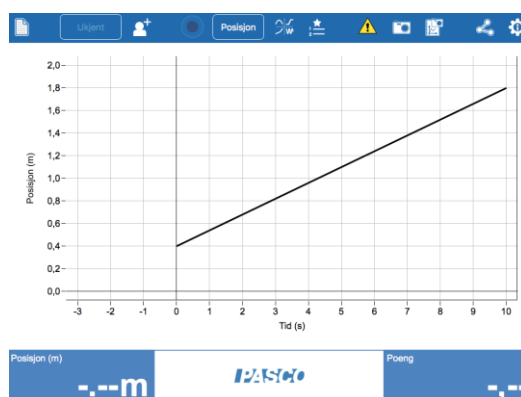
Den første delen av økta inneholdt en introduksjon av hva en datalogger er og hvordan den fungerer sammen med en bevegelsessensor, da bruk av dataloggere var nytt for elevene. Etter dette arbeidet elevene med ulike oppgaver, hvor de jobbet i grupper på to eller tre. Begge

øktene ble avsluttet med noen tanker om hva de hadde gjort og hva de hadde lært. Underveis i alle øktene observerte jeg elevenes arbeid og tok notater. De to doble øktene ble sett på som en helhetlig del av dette forskningsprosjektet. Prosjektet som helhet hadde som overordnet mål at elevene skulle arbeide med grafer og funksjoner ved hjelp av dataloggere, og på denne måten få en forståelse for egenskapene til ulike funksjoner og grafer.

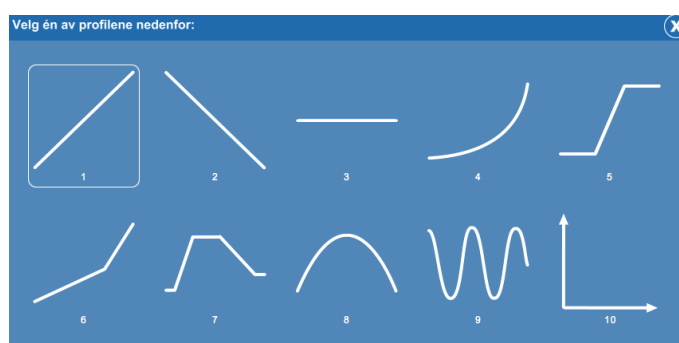
I løpet av øktene oppsto feltsamtaler med ulike elevpar. De ble ofte introdusert ved at elevene trengte hjelp, men ikke i alle tilfellene. Med disse samtalen ønsket man å få innsikt i deres tanker om det de hadde arbeidet med og få klarhet i temaer oppgavene omhandlet. På denne måten fikk man mulighet til å komme inn på temaer man på forhånd hadde sett meg ut, samt å la elevene samtale fritt om sine opplevelser og erfaringer. Dette er verdifull informasjon for å samle enda bedre beskrivelser.

3.3.1 Aktiviteten med datalogger

I dette delkapitlet blir det skildret og begrunnet hvilke verktøy som er benyttet. I forskningsprosjektet ble det tatt i bruk dataloggere fra PASCO og programvaren MatchGraph, som er gratis å laste ned og derfor lett tilgjengelig i skolesammenhenger. Idéen bak MatchGraph er å gi elever forståelse av strekning/tid og hastighet/tid – grafer gjennom lek og utprøving (Frederiksen, 2016). Man kan velge mellom flere forskjellige grafer (se figur 3.2) som man legger inn i koordinatsystemet som en mal. I prosjektet mitt brukte vi mal 1, 3, 5, 6, 7, 8 og 9. Deretter kan man starte målingen med bevegelsessensoren, og bevege seg på en måte som likner mest mulig på malen man har valgt. Elevene lager sin egen graf med å bevege seg med større eller mindre avstand til sensoren, da sensoren bruker ekkoteknologi for å innhente informasjon om hvor langt unna personen befinner seg fra sensoren (se figur 3.3 for skjematisk oppsett). Man får poeng ut fra hvor lik den grafen man går, er med malen. Aktiviteten kalles for å gå en graf. Elever får en direkte, visuell og fysisk opplevelse av grafer når grafen blir tegnet



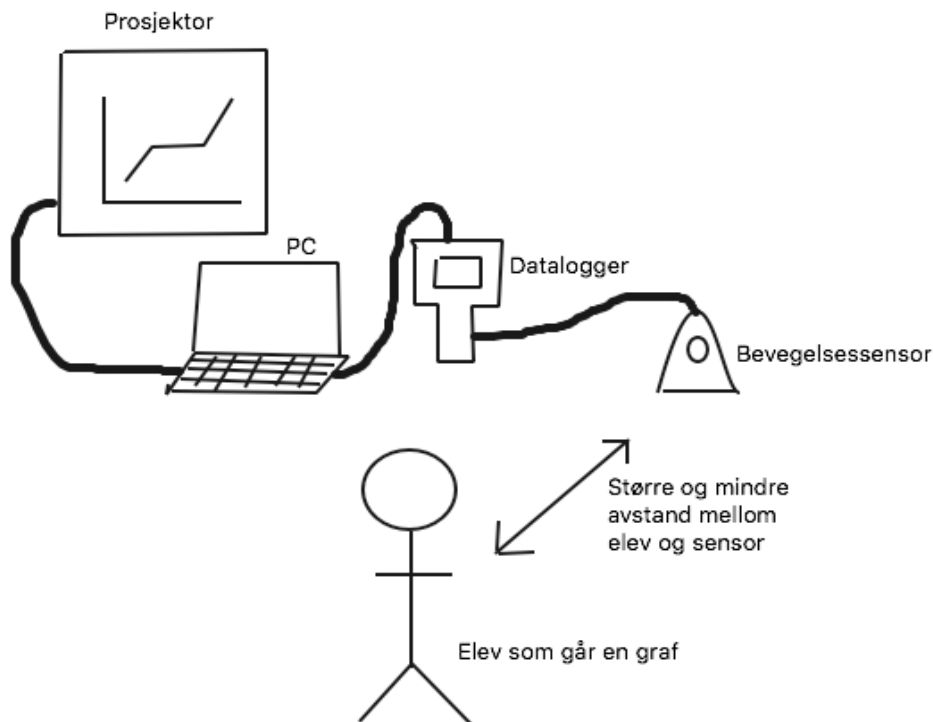
Figur 3.1: Programvarens brukergrensesnitt



Figur 3.2: De ulike malene i MatchGraph

mindre avstand til sensoren, da sensoren bruker ekkoteknologi for å innhente informasjon om hvor langt unna personen befinner seg fra sensoren (se figur 3.3 for skjematisk oppsett). Man får poeng ut fra hvor lik den grafen man går, er med malen. Aktiviteten kalles for å gå en graf. Elever får en direkte, visuell og fysisk opplevelse av grafer når grafen blir tegnet

fortløpende mens man beveger seg frem og tilbake foran sensoren. Den blir en direkte modellering, et slags speil av elevenes bevegelser akkurat i øyeblikket.



Figur 3.3: Oppsett for å gå en graf. Egen skisse.

Resultater fra aktiviteter med MatchGraph kan legges over i en annen programvare, for eksempel PASCO Capstone, for å gjøre videre arbeid og nærmere studier med og av grafen (Frederiksen, 2016).

MatchGraph kan være et verktøy som lærere kan benytte for å gjøre det velkjente ”gapet” mellom den virkelige verden og den formelle matematikken, som Gravemeijer (1999) beskriver, noe mindre. Å kunne knytte formell matematikk, som funksjoner, til elevens erfarte virkelighet er med på å redusere dette ”gapet”. Dette verktøyet kan gjøre det lettere for elevene å følge overgangen fra en situasjon til et referensielt nivå, da denne overgangen skjer helt samtidig. Med referensielt nivå menes måten man ser på og forståelsen av eksperimentelle og ekte modeller (ibid). Man kan se situasjonen opptre (en elev går) *samtidig* som modellen blir laget (grafene blir tegnet). Da kan det være lettere for elevene å forstå hvordan enkelte fenomener i situasjonen, for eksempel det å stå helt stille, vil uttrykke seg i modellen. MatchGraph, og andre programvarer, og dataloggere kan representere fenomenet direkte. Dette kalles som tidligere nevnt «linked representations». Dataloggeren er linken

mellom situasjonen og grafen. Man kan forandre bevegelsene sine og umiddelbart se responsen i grafen. En styrke i læringsutbyttet fra MatchGraph er at elever får lage sine egne grafer. Man benytter ikke et resultat av en lærebokforfatters eldre målinger når man gjennomfører en slik aktivitet. Målingene skjer «her og nå», og resultatet kommer fra elevenes egne bevegelser.

Når det gjelder de ulike nivåene i SAMR-modellen, så vil en slik aktivitet ligge på nivå 3 (modifikasjon) eller nivå 4 (redefinisjon). Dette på bakgrunn av at nivå 4 viser til at teknologien gir en mulighet for å skape nye oppgaver, som det tidligere ikke har vært mulig å gjennomføre. Nivå 3 viser til at teknologien bidrar til en signifikant endring av oppgavene. Samtidig kan oppgavene med datalogger også knyttes til begrepene Pea (1985) benytter. Tidligere, og uten bruk av dataloggere har man ikke kunne laget slike grafer i løpet av så kort tid og innad i klasserommet. Man får med dataloggere også muligheten til å bruke mye mer tid og energi på å evaluere, reflektere og jobbe med selve grafen og funksjonen. Derfor er denne måten å lage grafer på både mer effektiv (*amplification*) og gjort på en ny og annerledes måte enn uten hjelp av digitale verktøy (*reorganization*) (ibid).

MatchGraph er en av mange produkter som er utviklet av PASCO og som er utarbeidet for bruk i skolen. De har over 70 ulike sensorer som enten kan brukes med en ekstern datalogger eller kobles direkte til programvaren på datamaskinen via en overfører. Ved bruk av andre typer sensorer og en ekstern datalogger anbefales heller bruk i ungdomsskole og videregående, da den eksterne dataloggeren er noe komplisert i bruk (se bilde til høyre for brukergrensesnitt). Dette kan by på problemer dersom elevene selv skal ut å gjøre målinger og samle egne data. Eksempler på målinger som kan gjøres eksternt med andre sensorer kan være måling av pH-konsentrasjon på naturfagslaboratoriet, måling av kontinuerlig temperatur når man går en lang skiløype eller koker vann, måling av CO₂-konsentrasjonen i rushtiden i byen, måling av fart, telling av antall kjøretøy, osv. (inspirert av sensorliste hos Frederiksen, 2016).



Figur 3.4:
PASCOs
eksterne
datalogger

Bevegelsessensoren er ganske enkelt konstruert. Den fungerer som et ekkolodd (sender lydimpulser ut og måler tiden det tar før lydimpulsen reflekteres) (Frederiksen, 2016). Dette gir noen konsekvenser for målingene:

- Rekkevidden på bevegelsessensoren er relativt kort, omtrent 4 meter. Dette på grunn av at man tok i bruk en tilgjengelig eldre modell. Den nyeste modellen har en rekkevidde på 8 meter.
- Den tar diskrete målinger hvert 0,1 sekund, som ikke gir muligheter for å finne momentan endringsrate
- Fart «måles» ved å regne ut endringsraten til den allerede litt unøyaktige målingen av posisjon.

I oppstarten av økta med datalogger som verktøy i arbeid med funksjoner og grafer, ble elevene introdusert for dataloggeren og sensoren og dens funksjonsmåte. Deretter fikk elevene tilgang til planlagte oppgaver som skulle forberede dem på *å gå grafen*. Disse oppgavene ba om hypoteser og refleksjoner rundt aktiviteten. I dette arbeidet ble elevene nødt til å ta i bruk begreper som stigningstall og konstantledd.

Etter introduksjonen av dataloggerutstyret hadde elevene fått mulighet til å danne hypoteser om hva som var viktig for å følge en mal av den graf. Hypotesene gikk kanskje ut på å finne strategier om hvordan elevene best mulig, med de ulike variablene som var presentert, kunne følge grafen til én eller flere av malene. Dette kan knyttes til matematikk. For erfaringene kunne elevene ta med seg videre da de senere i økta selv skulle ta i bruk dataloggeren og dens bevegelsessensor for å arbeide mer med grafer og deres egenskaper.

Det finnes selvfølgelig andre leverandører av utstyr som kan benyttes for lignende aktiviteter, et eksempel kan være utstyr fra Texas Instruments: kalkulatoren TI-83 Plus, sensoren Vernier Motion Detector og programvaren DATAMATE (Brueningsen & Gastineau, 2003). På bakgrunn av datainnsamlingens form og formål ble utstyret fra PASCO foretrukket.

Dataloggingsutstyret og programvaren til PASCO ble valgt på bakgrunn av at det er utstyr og programmer som er relativt enkelt å ta i bruk når man ikke har arbeidet med datalogging tidligere. Dette fordi det bygger på god og pedagogisk brukervennlighet som også barn på småtrinnet og mellomtrinnet skal kunne håndtere. I programmet MatchGraph kan elevene selv starte og stoppe loggingen, selv justere avstanden til sensoren slik at MatchGraph tegner grafen *deres* inn i koordinatsystemet sammen med malen (Frederiksen, 2016). Dette programmet er spesielt godt egnet til å arbeide med grafer fordi det er visuelt, og knytter situasjonen med avstanden til sensoren til enhver tid opp mot en kurve. Når elevene beveger seg er de nødt til å ta i bruk kunnskap om egenskaper til ulike grafer og funksjoner for at

kurven skal bli tegnet riktig. Det er for eksempel ikke nok å bare vite hvordan en kurve med konstant verdime mengde ser ut. Man må også vite at y-verdien som kurven er konstant i betyr noe og hvordan dette vil påvirke handlingen som skal til for å følge malen. Med MatchGraph kan elevene prøve og feile, oppdage sammenhenger mellom situasjoner og grafer. Dermed blir man mer bevisst egenskapene til grafen til for eksempel en konstant funksjon, en lineær funksjon, en polynomfunksjon, en eksponentialfunksjon eller en sinusfunksjon (Frederiksen, 2016).

3.4 Analysemetode

I dette forskningsprosjektet er det naturlig å ta i bruk en induktiv tilnærming i analysen av datamaterialet. Det vil si at det er datamaterialet som danner grunnlaget for fenomenene som undersøkes og studeres. For å strukturere datamaterialet og gjøre det mer forståelig er deskriptive analyser ved hjelp av koding og kategorisering benyttet. Disse er inspirert av *Grounded Theory* og *den konstante komparative analysemetoden* som vil presenteres om litt. I tillegg ble også teoretiske analyser av enkelte utdrag av elevsamtaler og feltsamtaler tatt i bruk for å forstå enkeltepisoder i datamaterialet i lys av eksisterende teori.

3.4.1 Grounded Theory og konstant komparativ analyse

Grounded Theory er utviklet som en metodisk tilnærming, med et ønske om å utvikle teori ut i fra med det innsamlede datamaterialet. Hendelser, interaksjon og sosiale prosesser mellom mennesker var av spesiell interesse (Glaser & Strauss, 1967). Det ble senere utviklet en analysemetode kalt «the constant comparative method of analysis», på norsk oversatt til «den konstante komparative analysemetoden». Denne måten å analysere på er en systematisk prosess bestående av tre faser, på norsk kalles de åpen koding, aksial koding og selektiv koding (Strauss & Corbin, 1998). Det antydes at denne analysemetoden også kan brukes innenfor andre kvalitative studier der koding og kategorisering blir viktig i analysearbeidet, og ikke bare innenfor den metodiske tilnærmingen Grounded Theory (Postholm, 2005). Denne oppgaven har ikke Grounded Theory som metodisk tilnærming, men den er benyttet som inspirasjon og støtte i analysen.

I *åpen koding* blir transkripsjonene man har skrevet ned nøye gjennomgått og man leter etter fremtredende kategorier som informasjonen kan samles inn under. I prosessen blir datamaterialet delt inn i mindre deler ved at hver del får en kode. Disse kodene representerer ulike fenomener og elementer i datamaterialet. Etter hvert som antall koder øker, må

forskeren gruppere de kodene som kan dekkes av en og samme kategori for å gjøre datamaterialet mer håndterlig. Målet med den åpne kodingen er å redusere datamaterialet til et mindre sett av kategorier som karakteriserer prosessene eller hendelsene som har inntruffet og som skal utforskes (Strauss & Corbin, 1998).

Under det neste trinnet i analyseprosessen skal kategoriene fra den åpne kodingen relateres til hverandre slik at forklaringene av fenomenene blir mer presise og fullstendige. Dette kalles *aksial koding*. For å spesifisere en kategori eller et fenomen må man lete etter trekk som var med på å utforme dem. Det er disse trekkene som kalles for subkategorier. For å komme frem til disse kan man stille seg spørsmål om når, hvorfor og under hvilke forhold kategoriene dukket opp. På denne måten kan man finne relasjonen mellom kategoriene og deres subkategorier (Strauss & Corbin, 1998).

Selektiv koding foregår i fasen da forskeren prøver å finne kjernekategori eller hovedkategorien som alle kategoriene fra de andre fasene kan relateres eller knyttes til. Denne kjernekategori er det som representerer forskningens hovedtema (Strauss & Corbin, 1998). Selektiv koding beskrives også som den delen der det bygges en fortellende forklaring om hvordan kategoriene er knyttet sammen. Målet er å skape en helhet av alle kategoriene og et kort sammendrag som kan beskrive forskningen (Creswell, 1998).

Den konstante komparative analysemetoden er ikke fast og bestemt, men fasene kan gli over i hverandre. Man kan i mange tilfeller allerede i transkripsjonsprosessen eller i første analysefase se sammenhenger mellom kategorier (Postholm, 2005). En slik analysemetode krever at forskeren er kreativ og selvstendig, at ethvert kvalitativt forskningsprosjekt er unikt og at analysen dermed også må foregå på en unik måte (Patton, 2002).

3.4.2 Koding og kategorisering

Det ble utviklet til dels egne navn på koder og kategorier ut i fra funnene i denne studiens datamateriale. Det er viktig å poengtere at til tross for at egne koder og kategorier er benyttet, har disse blitt påvirket av teori som er lest og hva man ønsket å finne i datamaterialet. Kategoriene vil av den grunn ikke bare være selvlagde, de er også inspirert av kompetanser som trekkes frem i *Fremtidens skole* og det som står sentralt i det sosiokulturelle perspektivet på læring (Ludvigsen, 2015; Säljö, 2001).

Flere faktorer er viktige i transkripsjonsprosessen. Slik ble transkripsjonen utført i dette

forskningsprosjektet:

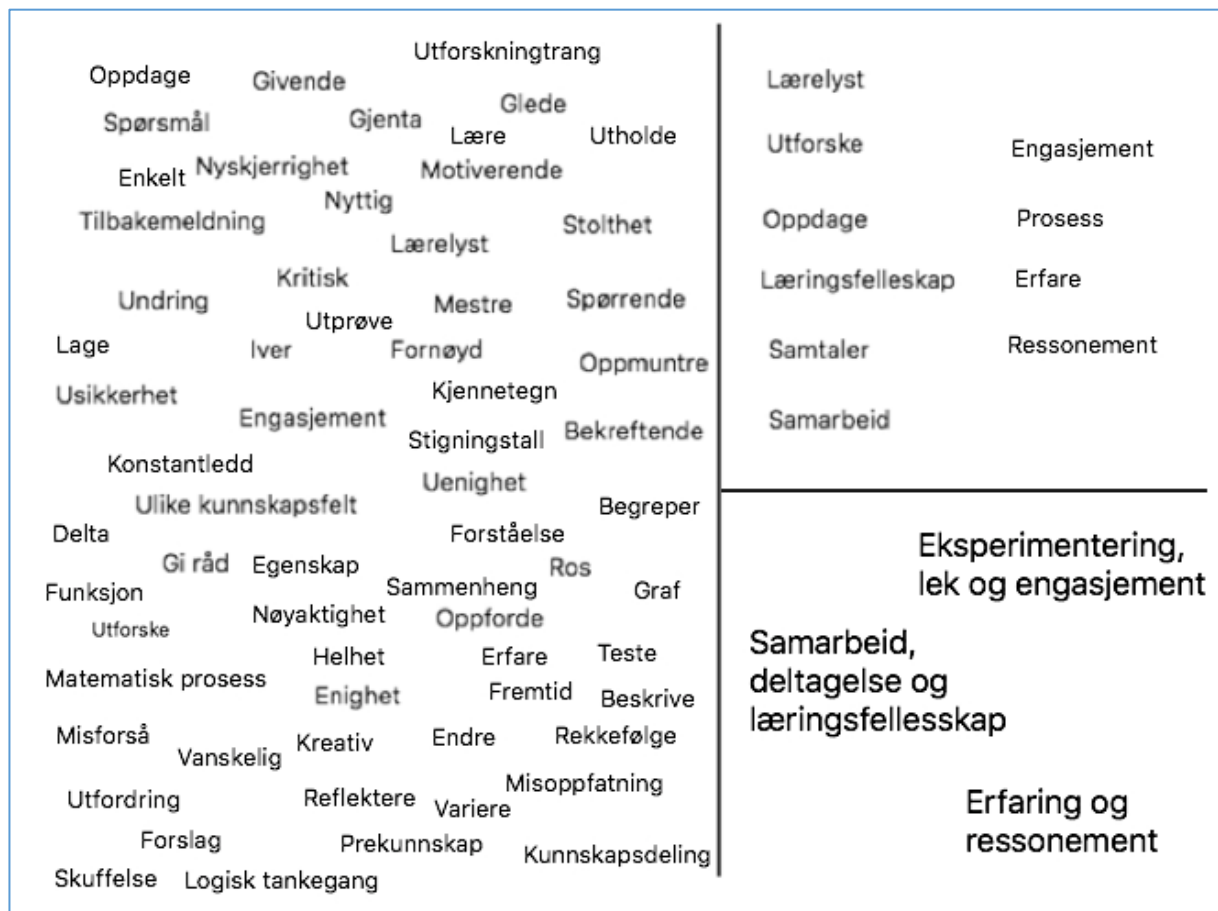
- Lydopptakene ble transkribert så nøyaktig som mulig for å få med alt som ble sagt.
- Videopptakene ble benyttet til å knytte tale med bevegelser. Ikke alle bevegelser ble transkribert, men man gjorde et forsøk på å få med bevegelser man så på som relevante for annet materiale i oppgaven.
- Det ble transkribert direkte inn i et regneark slik at man enklere kunne finne frem i transkripsjonene og hele tiden holdt en viss orden i teksten.
- Det ble laget en kolonne der man kommenterte hva som kom frem av hver elevs ytring og av observasjoner som var gjort.
- Disse kommentarene ble deretter gjennomgått og man satte koder på hele utsnitt og utdrag. I kodingen og kategoriseringen så man etter samarbeid, tegn på forståelse, ulike tilnærminger til matematikk, bruk av matematiske begreper, bruk av gestikulering og holdningsbaserte hendelser i form av motivasjon, engasjement, iver og glede.
- Det ble på det meste 64 ulike koder.

Betydningen av å kategorisere kodene for å få det mer oversiktlig kom tydelig frem. For å få koder som passet og beskrev datamaterialet på en best mulig måte ble kodene gjennomgått og endret i flere omganger.

Etter første kategorisering av kodene sto man igjen med kategoriene: *samarbeid, samtaler, læringsfellesskap, lærelyst, engasjement, oppdagelse, utforsking, prosess, erfaring og resonnement*. Etter å ha gjennomgått kodene en rekke ganger og flyttet de frem og tilbake mellom kategoriene som var satt opp, etter hvert som fellestrekk oppsto, ble noen av kategoriene slått sammen. Tilslutt satt man igjen med tre hovedkategorier: *eksperimentering, lek og engasjement, samarbeid, deltakelse og læringsfellesskap, og erfaring og resonnement*. I tillegg til disse tre hovedkategoriene vil det også presenteres datamateriale som belyser misforståelser hos elever, hvordan elevene tok i bruk og ble mer bevisste på bruken av begreper innen temaet funksjoner og grafer, og hvordan elevene tok i bruk gestikulering for å beskrive hvordan de tenker.

For å tydeliggjøre hvordan man har gått frem i kodingen og kategoriseringen av datamaterialet har jeg valgt å lage en figur som illustrerer dette. Kolonnen til venstre inneholder kodene man hadde etter første gjennomgang av datamaterialet. I ruten øverst til høyre har kodene blitt samlet i kategorier som dekker flere koder, og i kolonnen nederst til

høyre finner man de tre hovedkategoriene.



Figur 3.5: Oversikt koder og kategorier

3.5 Validitet og reliabilitet

Når det gjelder validiteten eller gyldigheten til datamaterialet som er samlet inn må man reflektere rundt valg man har tatt. Ingenting kan være helt valid. Dette er mye på grunn av at en kvalitativ studie aldri vil kunne være helt objektiv, da man som forsker bringer med seg ulike former av forforståelser inn i prosessen. Oppfattelsene man har fra tidligere, forforståelsen, beskrives ofte som et kjennetegn ved kvalitative studier (Nilssen, 2012). Tidligere erfaringer og kunnskap man har om emnet vil kunne påvirke hvordan man som forsker opptrer og hvilke valg man tar (Cohen mfl., 2011). En forsker påvirkes av sin teoretiske bakgrunn og egne oppfattelser, og tar dem i betraktning i sitt møte med eget forskningsfelt. Med sin bakgrunn tatt i betraktning danner forskeren et filter som observasjonene oppleves gjennom (Postholm, 2005). Datamaterialet blir regnet som valid ut i fra hvor godt metoden det er samlet på passer for forskningsprosjektet. Hvor gyldig dataene er sier noe om i hvor stor grad resultatene av prosjektet kan brukes til å trekke gyldige og valide

slutninger. Dess bedre innsamlingsmetoden passer til forskningsprosjektet, dess høyere validitet har dataene og resultatet av prosjektet kan trekke gyldige slutninger (Cohen mfl., 2011). Forskningens validitet omhandler forskningens gyldighet, og om svarene man finner faktisk er de svarene på spørsmålene man stilte innledningsvis i forskningen. Gyldigheten til et forskningsresultat kan styrkes ved at den er forankret i relevant forskning (Tjora, 2012).

Forskerens evne til å redegjøre for forskningsprosessen og hvordan innsamlede data er utviklet sier noe om prosjektets reliabilitet. Det forteller hvor pålitelig og troverdige dataene og dermed resultatene av forskningen er. Reliabiliteten, eller påliteligheten, til forskningen vil kunne påvirkes av holdningene og engasjementet forskeren har til temaet det forskes på. Idealet er å være nøytral eller objektiv, men forskerens engasjement kan også ses på som en ressurs (Tjora, 2012). Kort forklart handler det om å være kritisk til eget prosjekt og stille seg spørsmål om andre forskere med samme fremgangsmåte ville fått like resultater. For å argumentere for reliabilitet i prosjektet sitt kan det være lurt å gjøre forskningsprosessen ”gjennomsiktig”. Med dette menes det at man gir en detaljert beskrivelse av strategier og analysemetoder man velger å ta i bruk i sitt forskningsprosjekt, slik kan man følge prosessen og vurdere den trinn for trinn (Thagaard, 2013). Dersom man som forsker er ute i feltet over en lengre periode har man mulighet til å identifisere de viktigste karakteristikaene til forskningsfeltet, noe som ytterligere kan bidra til å sikre kvaliteten (Nilssen, 2012).

Når det kommer til validitet i dette forskningsprosjektet viser argumentasjonen som er benyttet at det er valgt riktig metode for innsamling av data til prosjektet. Uten videoopptak som en del av metoden ville man gått glipp av ikke-verbal kommunikasjon mellom elevene, og alle sammenhenger mellom bevegelsen eleven gjør og grafen som dannes på skjermen. Da store deler av forskningsprosjektet avhenger av å tolke og analysere denne type kommunikasjon, sammen med den verbale diskusjonen elevene har seg i mellom - vil jeg påstå at metoden som er valgt gir prosjektet høy validitet. Reliabilitet og gjennomsiktighet er det vanskelig å si noe om, da det handler om hvor mye og hvordan man gjør rede for forskningsprosessen i teksten som blir produsert i prosjektet. I denne studien vil mine interesser for digitale verktøy og dataloggere i matematikkundervisningen og mitt syn på dette kunne påvirke påliteligheten, og dette er derfor noe man må ta hensyn til når man analyserer datamaterialet.

Refleksivitet handler om å være selvbevisst på sin egen rolle som forsker og observatør, altså

være klar over at man som forsker påvirker egen forskning (Nilssen, 2012). I en kvalitativ studie vil man som forsker både påvirke og bli påvirket, da man er en del av det sosiale livet eller prosessen som det forskes på. Det er viktig å være bevisst sin refleksivitet og hvordan ens rolle påvirker forskningen (Leming, 2009). Det nevnes tre kategorier som sier noe om hva som påvirker refleksiviteten: forskerens tilstedeværelse som kan påvirke informantenes atferd, forholdet til forskningsdeltakerne som kan påvirke informasjonen forskeren får og for forståelsen man møter feltet med som kan ha konsekvenser for hvilke og hvordan man stiller spørsmål (ibid). I denne forskningen er det gjennomført deltakende observasjon, derfor kan det tenkes at min forskerrolle kan ha hatt innvirkning på elevenes atferd. Avhengig av hva elevene føler om min tilstedeværelse, vil de kunne holde igjen på informasjon og oppføre seg annerledes enn de ellers ville ha gjort. Dette til tross for at de vet hvorfor jeg er tilstedeværende og hva formålet med det er (Nilssen, 2012). Forskeren møter feltet med en egen referanseramme bestående av kunnskaper, forståelse, erfaringer og opplevelser. Studien vil av den grunn være verdiladet og aldri helt objektiv (Postholm, 2005). All kvalitativ forskning inneholder forskereffekter og påvirkes av forskerens bakgrunn, verdier, holdninger og interesser. Også det å ta i bruk kamera i klasserommet påvirker deltagerne. Dette påvirker igjen data som samles som til slutt påvirker forskningen. Det er viktig å reflektere rundt i hvor stor grad refleksiviteten påvirker validiteten på forskningsprosjektet.

Kunnskap produsert i en kvalitativ studie vil være knyttet til det bestemte stedet og det bestemte tidspunktet da forskningen og undersøkelsene fant sted. Kunnskapen er derfor det man kaller kontekstuell. Til tross for dette kan kunnskapen likevel være til nytte og overførbart til andre. Naturalistisk generalisering vil si at leseren kan kjenne seg igjen i situasjonen som undersøkelsene blir foretatt i, og dermed kan erfaringer og funn fra forskningen være nyttig for egen situasjon (Postholm, 2005). Da undersøkelsene i dette prosjektet skjer parvis i to enkelte klasser vil ikke forskningen kunne være representativ for alle andre klasser på samme trinn, men den kan ses på som overførbart til andre situasjoner ved at lærere med elever på samme trinn kan oppleve en naturalistisk generalisering.

3.6 Etikk

Det er mange etiske problemstillinger å gjøre seg opp en mening om og reflektere rundt - både når det kommer til observasjon på generell basis og filming (og lydopptak) i klasserommet. Mange valg skal tas og mange overveielser skal gjøres, også på etisk grunnlag. Etikk er ett av de viktigste områdene innenfor filosofi og handler om å studere hvordan man

bør handle og hvordan man forstår begrepene som brukes når handlinger, personer som handler eller konsekvenser av handlinger evalueres. Begreper som ofte blir diskutert når etikk er tema er ”riktig” og ”galt” eller ”god” og ”dårlig” . Kort sagt så handler i bunn og grunn etikk om hvordan man skal oppføre seg, og etikken skal fungere som en ”rettesnor” (Ihlen & Robstad, 2009). I kvalitativt forskningsarbeid burde etiske prinsipper og selve forskningen gå hånd i hånd gjennom hele løpet for forskningsprosjektet, både før, under og etter. Dette for å verdsette deltagerne i forskningsprosjektet og for å sikre gode datamaterialer (Postholm, 2005).

Observasjon skjer naturlig overalt og det er likevel mange etiske betraktninger som må gjøres. Særskilt siden det er snakk om observasjoner av utdanningssituasjoner med barn og ungdom. Det finnes forskningsetiske retningslinjer man som forsker er pliktet i å følge. Man er pliktet til å unngå skade eller smerte/belastninger på de som deltar i undersøkelsene. Innenfor dette punktet påpekes det også at man skal unngå å utsette deltagere for emosjonelle belastninger. Man må få tillatelser og samtykke for at denne type observasjon kan finne sted, både fra NSD (Norsk senter for forskningsdata), skolen, elevenes foresatte og læreren selv. På generelt grunnlag kan man trekke det så langt at også godkjenning av forskerens fortid med tanke på sikkerhet må ligge til grunn. Med dette menes det kriminell bakgrunnssjekk hos landets politi (Postholm, 2005).

Dersom elevkommunikasjon skal tas opptak av må elevene få grundig informasjon om hva som skal skje med disse opptakene, og forskeren må være eksplisitt når man orienterer om bruken av materialet og hvem som får tilgang til det (Postholm, 2005). Anonymisering av deltagerne, klassen og skolen de går på er også et tema det er behov for å reflektere på bakgrunn av etiske retningslinjer. Ingen lesere av oppgaven man skriver i et mastergradsprosjekt skal kunne identifisere en deltager, en klasse eller en skole ved hjelp av den informasjon forskeren har presentert. All informasjon skal behandles konfidensielt, og forskeren er pliktet til å hindre bruk og formidling av informasjon som kan skade enkeltpersoner. Disse retningslinjene er for å beskytte mindreårige barn og ungdoms identitet. I noen prosjekter er det sensitive opplysninger og informasjon som innhentes og da kommer denne regelens bakgrunn og gode poeng frem (ibid). Det finnes også krav om tilbakeføring av resultater og respekt for individet. Derfor bør det være en mulighet for at deltagerne får lese transkripsjoner slik at de ikke opplever å bli utnyttet. Overordnet for alle de nevnte retningslinjer er kravet om at alle deltagere skal bli respektert med tanke på menneskeverd

(ibid).

I dette forskningsprosjektet har man gjort sitt aller beste for å følge alle disse vilkårene for å kunne forsvare at prosjektet er gjennomført på en god måte når det kommer til de etiske kravene. I forkant av undersøkelsene ble metoden for datainnsamling godkjent av *Norsk senter for forskningsdata*, på bakgrunn av at datamaterialet kunne inneholde sensitive personopplysninger når man tar video og lydopptak. Elevene ble opplyst om hvordan konfidensialiteten skulle ivaretas, og det ble laget et samtykkeskjema til elevenes foresatte siden elevene selv var under myndig alder. I skjemaet ble forskningsprosjektet beskrevet, og undersøkelsens formål fremkom. Hvordan innsamlingen skulle foregå og hva som ville skje med personopplysninger etter endt oppgave ble også beskrevet. Dette kalles et *informert samtykke* (Kvale mfl., 2009). I skjemaet kunne foreldrene enten samtykke i at eleven deltok eller la være. Veldig få samtykket, til tross for informativt skjema og to ukers innleveringsfrist. Man kan kun spekulere i hvorfor slikt skjer, men man respekterer det og gjør undersøkelser basert på de elevene med samtykkende foresatte i studien. For å verne om elevenes personlige opplysninger, slik at de ikke skal kunne identifiseres, har man anonymisert studien ved å bruke andre karakteristika på elevene. Lydopptakene vil bli slettet etter at prosjektet er fullstendig avsluttet, og de fullstendige transkripsjonene er kun tilgjengelige for meg som forsker.

4 Analyse

Målet med dette kapittelet er å gi innsikt i elevenes arbeid med datalogger og sensor, og deres opplevelse av denne arbeidsmetoden for å kunne belyse problemstillingen. Oppgavens problemstilling ble presentert tidligere, og er altså som følger: «*På hvilken måte kan man dra nytte av dataloggere i arbeid med grafer og funksjoner i matematikkundervisning på 9.trinn?*»

Datamaterialet ble analysert ved å kode og kategorisere det delvis i tråd med «den konstante komparative analysemetoden» i Grounded Theory. Analysen ga tre hovedkategorier: *Eksperimentering, lek og engasjement, Samarbeid, deltagelse og læringsfellesskap, Erfaring og resonnement*. I tillegg til disse tre hovedkategoriene vil det også presenteres datamateriale som belyser misoppfatninger. Utdrag som viser elevenes bruk av begreper for å være presise og hvordan de tar i bruk gestikulering for å vise hvordan de tenker vies også litt oppmerksomhet.

I sitatene som er hentet fra transkripsjonen av lydopptakene og videoopptakene er ytringene nummerert som linjer, elevene nummerert fra 1 til 9, og parene og gruppene nummerert fra 1 til 4. Der linjen er merket med bokstaven L er det datainnsamleren som snakker. Det som står skrevet i parentes er handlinger eller annen tilleggsinformasjon.

4.1 Eksperimentering, lek og engasjement

I datamaterialet har man funnet tydelige tegn på at elevenes arbeid med dataloggere er preget av utforskning og en iver etter å lære. Dette ser vi ved at elevene utforsker og prøver mer enn hva som var forventet av dem og hva oppgavene krevde. Man finner tegn til elevenes lyst til å lære gjennom deres positive holdning, engasjement og glede ved å lage egne grafer.

Kategorien *eksperimentering, lek og engasjement* er representert i alle elevparene, og eksemplene på samtaler er dermed ikke unike i den forstand at det finnes flere eksempler. Det kan likevel argumenteres for at de er unike på den måten at de er spesielt tydelige eksempler på elevenes utforskning og lyst til å lære.

Samtidig som denne kategorien er formet av empiri, er den også blitt påvirket av teori. Aktiviteter i matematisk problemløsning krever at elevene har en evne til å utforske, skape og engasjere seg. Dette trekkes frem i *Fremtidens skole* som viktige kompetanser elever vil trenge i fremtiden (Ludvigsen, 2015). Læreplanen i matematikk som et fellesfag presenteres i

Kunnskapsløftet, der står det blant annet: «*Opplæringa vekslar mellom utforskande, leikande, kreative og problemløysande aktivitetar og ferdigheitstrening*» (Utdanningsdirektoratet, 2006). Utforskning, lek og engasjement som kategori er dermed relevant både for dagens læreplan og for kompetanser elever har behov for i fremtiden.

4.1.1 Lek og eksperimentering

Under er et utdrag fra en situasjon der elevpar 1 arbeider med å lage egne grafer ved hjelp av dataloggeren og bevegelsessensoren. De to elevene har sammen klart å finne en måte for å best mulig følge malen, men ser seg ikke ferdige av den grunn.

415	1	Hvordan var det vi lagra igjen?
416	L	Trykk på bildet.
417	1	Her?
422	1	Vent, jeg vil prøve en...jeg har lyst å prøve en annen måte! (Velger en ny mal) Er du klar? (elev 2 trykker på startknappen)
423	1	Nooo...
424	2	Det der funka egentlig (ler) ganske dårlig (ler høyt).
425	2	Følte egentlig det gikk ganske bra på slutten der...
426	1	Ja, prøv igjen. (Trykker på startknappen igjen).
427	2	Oi, det der ble jo helt for jævlig!
428	1 og 2	(Begge elevene ler)
429	L	Oisann!
430	1	Vi prøvde med hånda. Det var ikke like lett skjønner du! Ser ut som den fanga opp veggen og folket borti der i stedet.

Utdraget viser at de fortsetter å utforske og å prøve ut selv etter å ha gått mot avslutning av aktiviteten, med ytringer om lagring i linje 415, 416 og 417. De ser ut til å ha et behov for å teste, utforske, forstå og å lære mer. Videre kan vi se av utdraget at elevene prøver seg frem og er kreative. De vil ikke fortsette på neste oppgave med en gang. Det kommer frem at de ønsker å se hva som skjer dersom de endrer objektet som fanges opp og danner kurven. I dette tilfellet bruker de sine hender i stedet for hele kroppen. De vil utforske det digitale vektøyet mer og se om endringer kan gjøre en forskjell på grafen. Vil det fungere bedre, dårligere eller blir det det samme? Og er det enklere eller vanskeligere å treffe malen? Dette ser vi i linje 422 med: «*Vent, jeg vil prøve en...jeg har lyst å prøve en annen måte!*» og 430 med: «*Vi prøvde*

med hånda. Det var ikke like lett skjønner du! Ser ut som den fanga opp veggen og folket bort i stedet». Observasjoner av elevene ga inntrykk av to ivrige og engasjerte elever som var dypt konsentrerte med aktiviteten og oppgavene. Utforskingen i seg selv ser ut til å være motiverende nok til å skape en positiv holdning til arbeidet, noe som kommer tydelig frem når elev 1 og 2 forteller om sine tanker om dagens aktivitet.

524	2	Jeg er veldig fasinert av den greia der! (Dataloggerutstyret)
525	1	Det var veldig gøy å få sånn der, ikke bare teoretisk, men få det litt praktisk også. Det var veldig praktisk. Det var gøy å prøve forskjellige ting! Også har vi fått en oppfriskning på stigningstall og konstantledd, det tror jeg at jeg vil huske bedre etter den greia her da. Fikk liksom sett det blir brukt... sånn i hverdagen om man kan si det?

De to ytringene får frem at elevene synes det er *gøy* å prøve seg frem. De oppdager og finner fremgangsmåten, og prøver deretter andre metoder for å teste resultatet. Man legger også merke til at elev 1 omtaler aktiviteten som noe man kan ta i bruk i hverdagen. Her bemerker man seg elevens usikkerhet og tolker det dit hen at det er en hverdag i klasserommet han/hun sikter til, og trolig ikke i *selve hverdagen*.

I en samtale i elevpar 4 kan det se ut til at den ene eleven har utforsket «nok», men likevel velger lå fortsette med aktiviteten.

57	7	Nå tror jeg at jeg går og setter meg... (Går unna)
58	8	Ja, men du slo meg! Vi må jo holde på til jeg har slått deg igjen! (Går grafen, mal 3)
59	7	Wow! Ni komma fem.
60	8	Nei, nittifem blank!
61	7	Ja, det jeg mente. Det skal jeg ”naile”! Du traff linja skikkelig, det var derfor du slo meg.

Elev 7 er trolig lei av å gjenta aktiviteten og påpeker dette i linje 57 med å si: «*Nå tror jeg at jeg går og setter meg...*». Samtidig ser det ut til at den andre eleven ikke er interessert i å gi seg ennå, og ønsker å fortsette aktiviteten og ytrer: «*Ja, men du slo meg! Vi må jo holde på til jeg har slått deg igjen*». Det kommer av samtalen frem både en positiv og en negativ holdning til arbeidet med aktiviteten og de tilknyttede oppgavene. Det å lage en slags konkurranse de to

elevene seg i mellom motiverer elev 6 til å fortsette aktiviteten videre. De fortsatte like etter med å svare på flere oppgaver mens aktiviteten pågikk.

I dette delkapittelet har vi sett eksempler på datamateriale som tyder på at en økt med dataloggere kan være en arena for å prøve seg frem, utforske og leke. Denne arenaen er en viktig del av matematikkfaget, da den er nevnt spesielt i læreplanen (formål for matematikk fellesfag) (Utdanningsdirektoratet, 2006).

4.1.2 Engasjement

Nesten alle elevene i studien så på det som gøy og motiverende å arbeide med datalogger og sensor i matematikktimen. Ytringene under er hentet fra en feltsamtale med elevgruppe 4 der de sammenligner arbeid denne økta med arbeid i de fleste andre matematikktimer, og hvor det kommer frem at arbeidet denne økta foretrekkes. Bruk av datamaskin i undervisningen kan for noen elever i seg selv være motiverende, men i dette datamaterialet er det funnet eksempler på at den matematiske prosessen i seg selv er motiverende.

78 8 Det er artigere å gjør noe annet enn å sitte med boka og skrive i allefall.

79 7 Ja, få lov til å *gjøre* noe i matten, ikke bare sitte der.

80 8 Ja, enig!

Bruk av datamaskin kan i seg selv være en motivasjonsfaktor til elevenes lærelyst og engasjement. Disse elevene er svært vant med å bruke datamaskin i sine matematikktimer og de har tilgang på datamaskiner til alle når de har matematikktimer med denne læreren.

Selv om å lage en egen kurve i timen kanskje krever mer enn å tegne av en fra matematikkboka, er dette en utfordring elevene tar.

28 6 Herregud, den der var vanskelig!

35 7 Oioioi, oh dæh!

36 6 Dææ, det der var bra da!

170 4 Vi burde vært litt mer nøyaktig fra starten av.

171 3 Ja, vi måtte være så nøye!

Flere av elevene påpekte også at det å være nøyaktig i både planlegging og gjennomføring var

viktig men samtidig utfordrende. Utfordringene med å jobbe med dataloggere ser ut til å ha positiv innvirkning på elevenes lærelyst, og flere fant arbeidet både givende og lærerikt. I dialogen mellom en elev og datainnsamleren i oppstarten av ei økt ser vi et eksempel på en elev som trolig ser nytten i de erfaringene han/hun allerede har gjort seg.

- 26 1 Ser ikke sammenhenger med, ja i hverdagen ja. Det er jo ganske vanskelig i matematikk da, å finne noe som er relevant til hverdagen. At mye av det virker *helt* unyttig.
- 27 L Yes, dette her blir jo mer som en lek, men at man kan...
- 28 1 Som konstruksjon for eksempel, noe man kan dra nytte av seinere. Men det er jo ikke så mye.
- 29 L Man prøver å få folk til å forstå at det...
- 30 1 Kan brukes til mye ja...
- 31 L Ja, kan brukes til mye.

Både opplevelsen av å aktivt lage sin egen kurve og følelsen av å hjelpe hverandre kan altså være kilder til motivasjon i arbeid med datalogger, grafer og funksjoner. I et renskrevet feltnotat fremkommer opplevelsen av å se elevene utforske og skape gjennom arbeid med dataloggere, dette sett fra datainnsamlerens side:

«[...]Stor mengde smil og latter. Støynivået i områdene omkring dataloggerne er høyt! Det beveges, utbrytes både gledesjubel og banneord, det fektes med armer og kommenteres høylytt. Høyt aktivitetsnivå! Elever går inn i hverandre, det er kaos, men det ser likevel ut til at elevene holder fokuset på aktiviteten. Elevene engasjerer seg i hverandres «maltreff» og gir tips. [...]» (L. Skei 30.11.16).

Man ser i eksemplene som er trukket frem at aktiviteter med dataloggere kan ha en positiv innvirkning på elevenes engasjement og glede ved å skape. Det kan tolkes dit hen at elevene liker at dataloggingsaktivitetene er litt utfordrende og dermed krever litt innsats. Oppgavene som er gitt til aktiviteten er innen rekkevidde av det de kan klare og når elevene får det til kan de få følelsen av suksess og mestring. Datamaterialet viser at det positive engasjementet til elevene ser ut til å påvirke motivasjonen til å arbeide. De ser på arbeidet som meningsfylt og nyttig.

4.2 Samarbeid, deltakelse og læringsfellesskap

Samarbeid har hatt en rolle i dette prosjektet da alt av arbeid skulle gjøres i par eller mindre grupper. Denne kategorien har på denne måten både bakgrunn i empiri, men også i teori i form av det sosiokulturelle perspektivet på læring. Samarbeid i form av samhandling og deltakelse trekkes frem som viktige ferdigheter og kompetanser i *Fremtidens skole* (Ludvigsen, 2015). Kategorien *Samarbeid, deltakelse og læringsfellesskap* finner man igjen i datamaterialet fra alle elevgruppene. Dette er sannsynligvis på grunnlag av at det på forhånd var bestemt at elevene skulle arbeide i par eller i mindre grupper. Eksempelene som trekkes frem er derfor ikke unike, men de er spesielt tydelige.

Betydningen av samarbeid i datalogsingsaktiviteten er høy. Det fremkom gjennom observasjon at elevene som samarbeidet godt fikk mer ut av økta, enn de som samarbeidet dårligere. Dette kan kanskje ikke ses på som unikt i denne læringsaktiviteten, men kan trolig kjennetegne ulike læringsformer også i andre fag. Elevpar 1 slet med at én elev overkjørte den andre, i feltnotatene er elevparets arbeidsmåte omtalt:

«[...]Elev 1 dominerer arbeidet. H*n tar avgjørelser på egenhånd og svarer på egne spørsmål, slipper sjelden elev 2 til og virker frustrert dersom elev 2 er uenig i synspunkter h*n har. Elev 2 ble sjelden hørt fikk derfor lite ut av økta, og virker derfor tydelig frustrert på slutten. [...]» (L. Skei 30.11.16).

- | | | |
|-------|---|---|
| 56 | 1 | Okey, å gå en graf, diskuter to og to, hva er det grafen egentlig viser?
Den grafen som ble laget da studenten gikk. (Pause 4 sek) |
| 57 | 1 | Hmmm, vent litt da. |
| 58 | 2 | Hva skal du? |
| 59 | 1 | Nei, jeg må bare... |
| 60 | 2 | Grafen viser jo hvor langt unna hun var. |
| 61 | 1 | Nei, jeg lurte bare på om det er et sted vi skal svare, eller? |
| [...] | | |
| 68 | 1 | Hva er det grafen egentlig viser? Den grafen som ble laget da studenten gikk. |
| 69 | 1 | Hva tenker du elev2? |
| 70 | 2 | Jeg tenker at den viser hvor langt unna hun var. |

71	1	Ja, bevegelsen hennes da. At jo nærmere hun gikk, jo lavere var grafen og jo lengre unna hun gikk, jo høyere var grafen.
72	2	Ja.
73	1	Det er det jeg også tenker.

I linje 60 svarer elev 2 på spørsmålet elev 1 stiller, i form av «*Grafen viser jo hvor langt unna hun var*». Elev 1 merker seg på ingen måte svaret og stiller spørsmålet på nytt i linje 68 og elev 2 gjentar sitt svar. Hos dette elevparet er mangel på samarbeid gjentagende og elev 2 blir mer og mer frustrert.

110	1	Her har vi det... $y=ax+b$, da..
111	2	$ax + b$??? Det her gir jo ikke mening, gjør det det?
112	1	Nei, men...det ga mening når " <i>lærerens navn</i> " forklarte det skjønner du.
113	2	Ga det?
114	1	Men problemet er at dersom du ikke kan å forklare enkelt, så kan du ikke å forklare det, da vet du ikke...
115	2	Å ja, det her! A er stigningstallet og b er konstantledd.
116	1	Vet du hva? Vi spør " <i>forskerens navn</i> "!
117	2	Ja, det...går jo an det óg.

Verdsettelse i form av å se verdien av hverandres kunnskap og ferdigheter mangler i disse eksemplene fra elevpar 1. Elevene diskuterer den matematiske representasjonen for en lineær linje og ønsker å repetere hva som er stigningstall og hva som er er konstantledd. I linje 115 viser elev 2 at han/hun tydelig vet hva som snakkes om og har en forklaring ved å si «*Å ja, det her! A er stigningstallet og b er konstantledd*». Elev 1 bryter av og ber om hjelp i stedet for å lytte til sin partner. Elev 2 er tydelig skuffet da han/hun sier «Ja, det...går jo an det óg» i linje 117.

7	L	Ja, det er kanskje ikke det letteste å få til. Hva synes du om å jobbe med sidemannen din da?
8	5	Det var bra vi var to, vi hadde nok ikke kommet gjennom oppgavene dersom vi hadde jobbet alene.
9	L	Å? Var det så mye?
10	5	Nei, men det er så bra at vi kan jobbe sammen, for da får begge liksom

bidratt med det de kan, også går det fortere.

Elev 5 presiserer i linje 8 og 10 på tur ut av klasserommet at han/hun satte pris på å få jobbe sammen og å samarbeide om oppgavene fremfor å jobbe alene, dette for at med to elever får man bidratt med sin egen kunnskap, som kanskje er ulik den andres.

I gjennomføring av aktiviteten ser man mange eksempler på anerkjennelse og verdsettelse av hverandres innsats.

395 1 Aiaiaiai! Nei! Stå!
396 2 Du klarte det så bra da!
397 1 Nei!
398 2 Du klarte det jævlig bra da! 89 poeng!

410 1 1,4 meter, her sånn skal du stå!
411 2 Ja, her kanskje..
412 1 Kjempebra!
413 1 Ja, kjør! Litt nærmere. Der ja, perfekt! Fram igjen, oi! Opp, opp, opp, frem,
frem, frem, frem, frem. Dævven! Dævven!
414 2 Det var jo bra!

32 8 Okey her, jeg må prøve jeg og!
33 7 Der ja, oh...oh...ohh,
34 6 Du gjør det litt for sakte!
35 7 Oioioi, oh dæh!
36 8 Dææ, det der var bra da!
37 L Ja, det var bra

Man kan av utdragene se at elevene er dyktige på å rose hverandre når de går grafen. Dette kan man lese både av linje 396, der elev 2 ytrer: «*Du klarte det så bra da!*» og når elev 1 ikke er enig i dette, gjentar elev 2 oppmuntrende ord. Denne gangen ble det understreket hvor bra eleven synes elev 1 gjennomførte aktiviteten: «*Du klarte det jævlig bra da! 89 poeng!*».

Elevene er også dyktige på å gi råd og tips. Det kan man lese av linje 36 der elev 6 gir tips til elev 8: «*Du gjør det litt for sakte!*» og av linje 413 der elev 1 oppmuntrer, roser og gir råd til

elev 2: «Ja, kjør! Litt nærmere. Der ja, perfekt! Fram igjen, oi! Opp, opp, opp, frem, frem, frem, frem, frem. Dævven! Dævven!».

I denne kategorien om samarbeid, deltakelse og læringsfellesskap er det vist flere eksempler der det tydelig kommer frem at elevene er både positive til å samarbeide, men at de også kan overkjøre hverandre i arbeidet med dataloggere. Det er vanskelig å se for seg at noe lignende ville skje under arbeid med matematikkoppgaver fra læreboka. Det legges til rette for muntlige diskusjoner siden alle utdelte oppgaver ber om beskrivelser og/eller refleksjoner. I arbeid med matematisk problemløsning skaper arbeid med dataloggere en arena for samarbeid, samtale, diskusjoner, ros og deltakelse. Samtidig er det en arena, som mange andre, der man ikke blir hørt eller ikke ønsker å anerkjenne medelevers arbeid. Disse aspektene er begge viktige i det sosiokulturelle perspektivet på læring, og samarbeid trekkes også frem som en viktig kompetanse for å lykkes i dagens og fremtidens samfunn.

4.3 Erfaring og resonnement

Det oppstod flere situasjoner der elevene underveis i arbeidet oppdaget at noe var feil eller at det var noe som kunne bli bedre i måten de utførte aktiviteten på og hvordan de diskuterte oppgavene. Dette førte til at elevene var nødt til å resonnerer seg imellom for å finne ut hvordan de skulle løse oppgaven. Kategorien kommer frem av datamaterialet, men er også påvirket av teori om viktigheten av dypere forståelse av matematikk, og som viktigheten av dybdelæring som trekkes frem i *Fremtidens skole*. Kategorien *erfaring og resonnement* er representert i alle elevgruppene, men i ulik grad. Eksempelene ses derfor på som unike fordi de på en spesielt tydelig måte får frem de matematiske resonnementene og oppdagelsene.

4.3.1 Lage og tilpasse hypoteser

I arbeidet med matematikk i dataloggingsaktiviteten tok elevene i bruk matematiske resonnementer og oppdagelser. Et eksempel på dette finner man i et utdrag fra en samtale elevene i mellom og observasjoner under gjennomføring av aktiviteten. I samtalen forklarer elevene hvordan de har arbeidet med å forberede seg på å *gå en graf*.

246	1	Også kanskje det å <i>se</i> litt på grafen før du begynner da. Studere litt, tenke gjennom hva du tror du må komme til å gjøre. Ta en liten sånn der.... <i>hypotese</i> ...
247	2	Hypotese

248	1	Også...også vet du...
249	2	Også kan du prøve om det går!
		[...]
290	2	Jeg har 9. Og du har graf nummer 7.
291	1	Men iallefall da, så er vi jo...vi må jo tenke på det spørsmålet vi snakket om tidligere. Hvor er det lurt å starte når man starter grafen? Din graf starter jo veldig høyt opp.
292	2	Ja
293	1	Så du må starte <i>langt</i> unna, Elev 2!
294	2	Jeg må starte langt unna!
295	1	(Skriver) Elev 2, M-Å S-T-A-R-T-E L-aaaaaa-N-G-T unna.
296	2	Elev 1 må starte ganske nærme.
297	1	Jeg vil, jeg starter...ganske nærme.
298	2	(Ler) Var det jeg sa...Også må jeg kjappe meg inn, også må jeg kjappe meg ut.
299	1	Langt unna!
300	2	Ja
301	1	J-E-V-N bevegelse(Skriver), det må du huske Elev 2.
302	2	Jevn bevegelse ja.
303	1	Flyt...
304	2	Flyyyyyt...

Det kan av utdraget se ut til at elevene avtaler at de kan sette opp en hypotese og deretter *prøve* om den fungerer/er gyldig. Dette kommer frem av blant annet linje 246: «*Ta en liten sånn der....hypotese...* » og linje 249 «*Også kan du prøve om det går!*». De forklarer at det det kan gå bra eller dårlig, med henvisning til grafen, og man kan se at planen er å studere malen, finne en hypotese og justere deretter. Med ytringen: «*Studere litt, tenke gjennom hva du tror du må komme til å gjøre*» kan det se ut til at elevene har sett en sammenheng mellom å se på kurvens egenskaper og deretter knytte den opp mot situasjonen, her med datalogger og bevegelsessensor. Man kan se av linje 293 at elev 1 trekker en riktig slutning om at når grafen starter høyt (høy verdimengde) er det i sammenheng med at avstanden til sensoren er stor: «*Så du må starte langt unna, Elev2!*». Samtidig trekker elev 2 en slutning om farten når han/hun ytrer «*Også må jeg kjappe meg inn, også må jeg kjappe meg ut*», og det blir påpekt at

det er viktig å bevege seg jevnt. Dette resonnementet fører frem til en gjennomføring av å gå grafen til mal nummer 9.

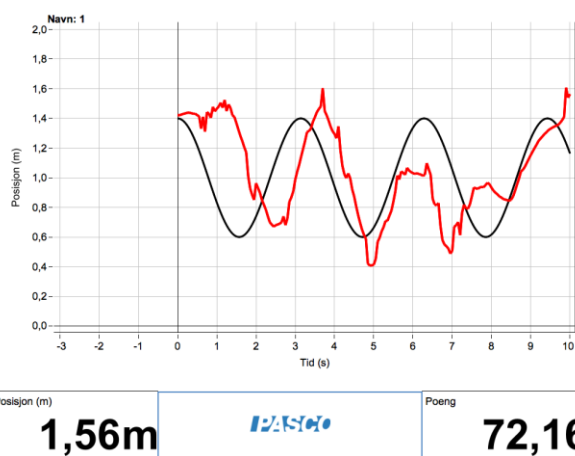
364 1 Husker du hvordan figuren var Elev 2?
365 2 Jada.
366 1 2 meter....Ahhh! Genialt!!!
367 2 Så det der er altså 1,4 meter unna? Skal jeg stå cirka her ikke sant?
368 1 Eureka Elev2!
369 1 Du skal kun bevege deg...du skal kun bevege deg...(tenkepause) du skal kun bevege deg 0,8 meter du egentlig.
370 2 Jeg skal egentlig frem sånn der, også der og der, også der...(Peker)
371 2 Vi kan vel gjøre det flere ganger?
372 1 Er du klar? 1-2-3!
373 2 Hvor er jeg egentlig?
374 1 Det er feil vei!!
375 2 Oi!
376 1 Det er nesten da!
377 1 Du gjør det for fort!
378 1 Det var bra! (Klapper i hendene)

Det kan av ytringene se ut til at elevene underveis i aktiviteten har oppdaget noen sammenhenger på praktisk vis - sammenhenger de på forhånd hadde diskutert. Disse ”feilene” man ser i utdraget over i form av feil i retning og fart/tempo har ført til mer læring enn nederlag hos elevene.

Dette kan man tydelig se i endringen mellom tagging 1 (figur 4.1) og tagging 2 (figur 4.2).

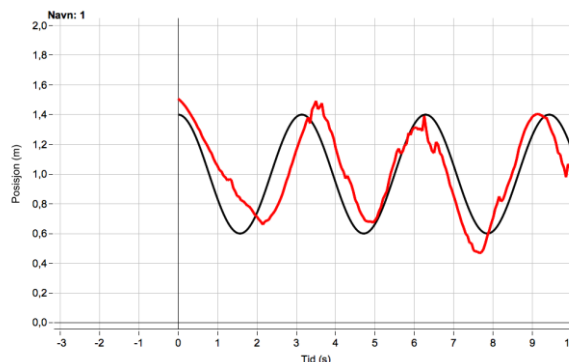
Prosessen med prøving og feiling fører til at

elevene ser sammenhengen mellom hvordan kurven er og hvordan situasjonen er. Disse misforståelsene i form av feil retning og tempo kan snus om på og bli en nyttig erfaring - en prosess som fører til kunnskap man trolig ikke ville ha kommet inn på ellers. Denne måten å arbeide på krever en viss utholdenhet og innsats over en lengre tid, da det krever flere forsøk.



Figur 4.1: Tagning 1, mal 9

De har på veien funnet ut nye ting gjennom å oppdage feil. Dette resonnementet rundt hvilken retning som blir riktig å bevege seg i når kurven er synkende bidrar til læring for elevpar 1. Dette ser man ved å se på bildet fra gjennomføringen eleven gjorde.



Posisjon (m)	0,97m		Poeng
			84,55

Figur 4.2: Tagning 2, mal 9

Matematiske resonnementer sammen med oppdagelser underveis i arbeidet, ble viktig i elevenes arbeid med matematiske problemer i dataloggingsaktiviteten. For å underbygge dette vises et eksempel fra slutten av økta med elevpar 1 og de diskuterer mal nummer 9 videre. Med utdraget ønsker man å vise at elevene sammen bruker matematiske resonnement når de sammen skal finne grafen til farten sin, eller den momentane vekstfarten grafisk fremstilt. En tanke bak oppgaven som omhandlet grafen av farten til objektet var å undersøke om elevene hadde en mulighet til å uttale meninger, tanker og resonnementer angående tempo og stigningen eller synkningen i øyeblikket.

- 496 1 Ja, vi har regnet ut hvor mye vi må bevege oss hver gang også faktisk.
- 497 L Ja
- 498 1 Siden den går jo cirka fem ganger opp og ned
- 499 L Ja
- 500 1 Også er det over ti sekunder.
- 501 L Ja
- 502 1 Så da vil si at vi bruker to sekunder, fire, seks, åtte, også ti da.
Har bare tegnet litt mye da.
- [...]
- 507 L Men hvordan ville fartskurven ha sett ut på den der da?
- 508 1 Fartskurven er vel jevn? Er den ikke? Den beveger seg jo like raskt?
- 509 L Tja, men vi er vel litt saktere der enn der? (Peker på den bratteste stigningen, og den flate)
- 510 2 Der står vi i ro et lite sekund, eller et lite millisekund kanskje?
- 511 1 Den går raskere her! (Peker på vendepunktene)

- | | | |
|-----|---|--|
| 512 | L | Ja, den går raskt der og går den... |
| 513 | 1 | Og litt sakte der, også raskt igjen. |
| 514 | L | Ja...Så hvordan kan den ha sett ut da? Tegn grafen til farten. |
| 515 | 2 | Da må du ha høyere fart enn to meter per sekund her, og... |
| 516 | 1 | Vent litt da...sakte, raskt, sakte, rask. Vent litt, blir ikke det her...
Det blir jo samme grafen på en måte! Bare litt forskjøvet. Hmm... |

Man ser i ytringen: «*Siden den går jo cirka fem ganger opp og ned*» at eleven tenker på antall buer eller antall positive og negative stigninger på grafen. Kurven beskriver en harmonisk svingning. Eleven klarer å resonnerer seg frem til at farten vil være cirka to meter per sekund og at fartsgrafene til malen vil se mye likt ut. Med ytringen: «*Det blir jo samme grafen på en måte! Bare litt forskjøvet*» ser det ut til at eleven har sett en sammenheng mellom grafen til malen og grafen til farten. Dette kan være en begynnelse på å forstå derivasjon av funksjoner og egenskaper hos harmoniske funksjoner.

Et annet svar på spørsmålet om grafen til farten ble mottatt skriftlig fra elevpar 3, der svarte elevene:

«Hvordan tror dere en graf av farten til objektet ville sett ut i områder der avstanden stiger jevnt? Hva med i områder der avstanden er konstant?
**Vi tror at grafen til farten til et objekt som beveger seg jevnt ville vært ganske rett.
 Mens til et objekt der avstanden er konstant vil det være null fart og det vil ikke være noe linje. »**

Ved at elevene er i stand til å beskrive fartskurver kan man se at elevene absolutt er inne på viktige konklusjoner og sammenhenger. Her har man ikke muligheten til å studere resonnementet bak påstandene da det ikke finnes lydfiler av elevparet.

I delkapittelet har man sett eksempler som tydelig viser elevenes bruk av matematiske resonnement og oppdagelse i aktiviteten med datalogger, og tilhørende oppgaver om grafer og funksjoner. Det er en form for metakognisjon - at elevene kan reflektere over hensikten med det de lærer, hva de har lært, og hvordan de lærer. Dette trekkes frem i *Fremtidens skole* som kompetansen å *kunne lære* (Ludvigsen, 2015). Det er også noen ganger viktigere å fokusere på feilen enn å prøve å glemme den. Egenskapen ved å kunne fokusere på feilen fremfor svaret, er viktig i blant annet den faglige matematiske prosessen. Papert (1993) hadde en slik

type idé da han utviklet programmeringsverktøyet LOGO, en skilpadde som tegner geometriske figurer ved hjelp av programmeringskommandoer. Tanken bak var å utvikle et verktøy som kunne styrke den faglige prosessen hos elevene. Dermed ga programmet tilbakemeldinger underveis som pekepinn på neste steg, uten at de var ladet som riktige eller gale (ibid). Det er prosessen og ikke produktet som er det viktigste. Da er man mer opptatt av at man gjør et godt arbeid på veien mot resultatet - altså at man fokuserer på prosessen eller prosedyren man holder på med fremfor å fokusere på resultatet eller målet (Skott mfl., 2008).

4.3.2 Å bruke datalogger som en arbeidsmetode

I feltsamtaler med elevene ble det av flere elever nevnt at det var annerledes å arbeide med grafer og funksjoner ved å bruke dataloggere enn ved å benytte læreboka i matematikk. Et eksempel på dette finner man i en feltsamtale med en enkeltelev på vei ut etter endt økt. Feltsamtalen viser hvilke meninger eleven har om forskjellen ved å arbeide med grafer og funksjoner i matematikkboka, og det å arbeide med det ved hjelp av dataloggere.

- | | | |
|---|---|--|
| 5 | L | Synes du det var lett eller vanskelig i matematikken i dag? |
| 6 | 5 | Det var jo kjempevanskelig å treffe malene! Men man fikk liksom følelsen av "å være med" (lager hermetegn i lufta) i stedet for å tegne av en random graf i boka. Men det var vanskeligere enn å tegne av altså! |

Det ser ut til at eleven har en opplevelse av at det kreves mer enn å bare kikke i boka når de arbeider med dataloggere, og eleven poengterer dette med «*Men det var vanskeligere enn å tegne av altså!*». Av utdraget kan man også lese at eleven ser på en graf som noe man ser i en bok og tegner av, og så er man ferdig. Tilsynelatende er dette noe elevene gjør helt uten videre.

Elevenes opplevelse av at datalogging er en annerledes arbeidsmetode kommer fram i en feltsamtale med elev 5.

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | L | Hva synes du om å jobbe med dataloggere slik da? |
| 2 | 5 | Artig! (Smiler stort) |
| 3 | L | Hva synes du var artig da? |
| 4 | 5 | Jo, nå har vi ikke jobbet så mye med dette, denne perioden enda. Men det var artig å jobbe med en graf som ikke var en random en i boka liksom. Den var jo knyttet opp mot noe virkelig liksom... i klasserommet. Det synes jeg var artig! |

Ved å ytre «Artig!» samtidig som man gir et stort glis gis det inntrykk av at dette er noe eleven har likt å holde på med. Videre i samtalen begrunner han/hun mer konkret hvorfor eleven er positiv til denne typen arbeid, blant annet med: «*Men det var artig å jobbe med en graf som ikke var en random en i boka liksom. Den var jo knyttet opp mot noe virkelig liksom... i klasserommet*».

I dette delkapittelet er det med eksempler vist hva elevene tenker om bruken av dataloggere som en arbeidsmetode i matematikkundervisningen. Det fremkommer av eksemplene at elevene ser på det som litt mer utfordrende enn mer tradisjonell undervisningsform. Elevene er også nødt til å planlegge og reflektere mer over hva de gjør. Elevene likte å arbeide med datalogging til tross for at det var vanskeligere enn undervisningsmåter de til vanlig benytter. Det å arbeide med datalogger kan knyttes til den faglige matematiske prosessen, da elevene ser nytten av å lage en egen graf fra en situasjon de selv har bidratt i.

4.4 Misforståelser hos elevene

I datamaterialet finnes eksempler på at det i noen elevgrupper hadde oppstått misforståelser i arbeidet med aktiviteten og oppgavene knyttet til dataloggeren. Denne kategorien kom frem utelukkende fra transkripsjon, da dette var misforståelser som ikke ble oppfattet før under transkripsjon av lydopptakene. De utdragene som er presentert i denne kategorien er unike i den forstand at det tydelig er avdekket misforståelser. Kategorien om elevenes misforståelser finner man ikke representert i alle elevgruppene, men det kan tenkes at det finnes flere misforståelser og/eller misoppfatninger, men at disse ikke kommer like tydelig frem.

I matematikk regnes en misoppfatning som en feilaktig forståelse som ligger dypere, dette er gjerne ikke tilfeldige feil. Misoppfatninger er systematiske og logiske feil som går igjen som et mønster, ofte basert på overgeneralisering av tidligere kunnskaper. Altså at elevene slår fast noe ut i fra begrensede erfaringer (Selvik mfl., 2007). I analysen av datamaterialet finnes det feil basert på uriktige resonnementer. Man har ikke studert de deltagende elevene over lang nok tid til å slå fast at det er snakk om misoppfatninger, derfor benyttes begrepet misforståelser. En misforståelse kan være en tilfeldig feil.

Underveis i arbeidet dukket det opp enkelte situasjoner der det hadde oppstått misforståelser hos elevene. Et eksempel på en situasjon der det har oppstått en misforståelse i arbeidet med å tolke grafen paret hadde laget finner vi i elevpar 2.

109 4 Man går frem når den går oppover.
110 3 Den går?
111 4 Vi går frem når den går oppover og bak når den går ned?
112 3 Nei...(uhørlig)..jo...
113 4 Ja!
114 3 Nei nei nei
115 4 Bak når den går opp..
116 3 Ja, bakover når den går opp

145 3 Ehh...vi var for... Okey, først der så var vi for langt, så...jeg tror vi var for langt...
146 4 Ja, vi var for langt unna.
147 3 Vi måtte nærmere. For det vi tenkte var at vi må egentlig...nei vi må ikke nærmere...
148 4 Jo, vi måtte være nærmere for at den skulle treffe den tingen, og når vi måtte snu, siden den skulle gå nedover gikk vi for langt ned, og da gikk vi for langt unna igjen, også skulle vi prøve å komme oss nærmere, men da gikk vi for langt igjen.
149 3 Ja
150 4 Også ble vi liksom mer og mer...eh...fordi det var liksom slik at først var vi for langt unna også ja, sånn akkurat ett minutt på en måte...
151 3 Ja

Elevene blir i linje 109-113 enige om at man beveger seg frem mot sensoren når grafen stiger. Grafen representerer avstand og tid når man beveger seg frem og tilbake foran grafen. Jo større avstand/lenger bak man befinner seg, desto høyre verdimengde på grafen. I utdraget ser man at elevene kommer frem til det motsatte, før de retter seg selv - mulig ved hjelp av logisk tankegang. En stund senere gjentas feiltolkningen, og derfor kan man anta at det dreier seg om en misoppfatning. Man ser av linjene 113 og 146 at elev 4 med sine konstateringer om saken bidrar til å svekke elev 3 sin usikkerhet: «*Ja!*», og videre at «*Ja, vi var for langt unna*». Elevene retter som sagt seg selv i det første utdraget, men i det andre så fastholder de at de har vært for langt unna, når de egentlig har vært for nær sensoren. Elev 3 fremstår i sine ytringer mer usikker på om tolkningen er riktig og får i første utdrag rettet opp i misforståelsen. Men i det neste utdraget ser man at han/hun blir overbevist av sin medelevs ytring i linje 148 og 150. I linje 150 legger man merke til at elev 4 blander mellom tidsangivelsen sekund med minutt. Det kan være en forsnakkelse, men kan også bidra til å styrke inntrykket av at eleven

snakker mye uten å forstå det grunnleggende og dermed føre til misforståelser og evt. misoppfatninger også hos medeleven. Elevgruppen forstår ikke selv at det har skjedd en misforståelse. De har tolket grafen på sin egen måte og konstatert at det er reflektert og tolket riktig i sin forståelse av avstanden til sensoren og den skisserte grafen. Elever i aktiviteter som *å gå en graf* får ikke bekreftelse på at de har kommet frem til riktig svar.

Det oppstod misforståelser også for andre elevpar. Et eksempel på noe som kunne vært en misoppfatning som kom frem i en elevsamtale hos elevpar 1 der de diskuterte begrepene *stigningstall* og *konstantledd*.

96	1	Da er den $y=x$ tror jeg. Men stigningstallet er jo 1, siden den stiger med 1 hver gang.
97	2	Men er stigningstallet 1 da?
98	1	Tror det.
99	2	Og så er konstantleddet $y=x$.

Av utdraget ser vi at det gjennom samtale avdekkes hva som kan være en misoppfatning hos den ene eleven. Eleven tror at konstantleddet er det samme som funksjonsuttrykket. Det kan hende at dette har en sammenheng med at det har vært lite fokus på temaet i tidligere undervisning. Og at de har vært vant til at det fremkommer både stigningstall og konstantledd i alle lineære funksjonsuttrykk. Elevene har kommet frem til riktig forklaring på hva et stigningstall er og elev 2 ser ut å dra en for kjapp slutning om hva definisjonen av et konstantledd til en funksjon eller graf er. I eksemplet elevene brukte i utdraget er konstantleddet 0. I delkapitlet om samarbeid kan man se at elev 2 kommer på hva konstantledd er, men ikke får muligheten til å legge det frem da elev 1 bestemmer at de skal be om hjelp til dette. Elevene fikk en forklaring, og brukte begrepene riktig heretter.

Delkapitlet viser to misforståelser som har oppstått i klasserommet. Ingen av misforståelsene ble oppfattet underveis i matematikkøkta, men ble oppfattet ved å lytte til lydopptakene av elevparene. Det kommer frem av sitatene at dette kan være fallgruver når man tar i bruk dataloggere i matematikkundervisningen. Samtidig kunne disse misforståelsene eller misoppfatningene blitt tatt i bruk i felles diskusjon dersom de hadde blitt lagt merke til, spesielt feiltolkningen av grafen. Ved misoppfatningen om konstantledd fikk man mulighet til å forklare begrepet på en god måte slik at begge elevene forstod. Denne måten å møte misforståelser eller misoppfattelser på er viktig når elevene skal tilegne seg en dypere forståelse av matematikk, det Ludvigsen-utvalget kaller for dybdeløring i fagene (Ludvigsen,

2015). Å nå målet er et resultat av å løse problemer gjennom å reflektere over dem og kommunisere dem.

4.5 Språkets rolle, bruk av matematiske begreper

Datamaterialet viser at elevene i løpet av øktene med datalogging ble mer bevisst på sin bruk av matematiske begreper som benyttes innen temaet grafer og funksjoner. De brukte de matematiske begrepene mer konsekvent etter hvert da de skulle forklare hverandre hvordan de skulle løse oppgavene og reflektere over egne aktiviteter. Tilsynelatende så de en verdi i å kunne være presise når de samtaler og dermed være sikre på at medelevene forstår hva de mener. Kategorien om språkets rolle kom frem av datamaterialet, men jeg hadde selv en formening om at dette kunne fremkomme som et resultat i studien siden mye handlet om å anta og beskrive. Relativt tidlig i økta finner man tydelige eksempler på at elevene har tatt i bruk matematiske begreper i større grad enn tidligere når de samtaler.

181	1	Jeg vil si at den først er litt nøytral (om mal 7).
182	L	Eller det som heter konstant da.
183	1	Konstant ja!
184	L	Den stiger ikke i det hele tatt og synker ikke i det hele tatt.
185	1	Ah, okey, så det er konstant ja.
186	L	Det er konstant vet du.
187	1	Konstant, er den da først, også blir den ganske positiv.
188	L	Den blir ganske positiv.
189	1	Også blir den konstant en liten stund igjen. Også var den ganske bratt da, når den var positiv.
[...]		
193	1	Også, når den skal gå ned igjen, da må du gå...fremover!
194	L	Ja, og da blir stigningstallet?
195	1	Ehh, minus eller negativt da.
196	L	Riktig.
197	1	Ja.
198	1	Også blir den litt konstant igjen.

Elevene går f.eks. fra å bruke ordet «nøytral» med ytringen: «*Jeg vil si at den først er litt nøytral*» til å bruke begrepet «konstant» som er et mer matematisk begrep. Dette ser man av

ytringen: «Konstant, er den da først, også blir den ganske positiv». Man kan også lese av utdraget at begrepene *minus/negativ*, *positiv* og *bratt* blir tatt i bruk. Det kan se ut til at elevene vil være mer presise og på den måten sørge for at man lettere blir forstått når man visualiserer grafen for medelever. Ønsket om å gjøre seg lettere forstått er noe man bare kan anta og trenger ikke ha noen sammenheng med læringsaktiviteten.

Videre i økta ser man at elevene også tar i bruk begrepene *jevn*, *vending*, *økning* og *synkning* når de diskuterer både med datainnsamleren og hverandre, og reflekterer rundt hvordan de skal svare på oppgavene.

209 L Vi kan snakke om forskjellige punkter.

210 1 Man får jo på en måte en jevn bevegelse her da?

211 L Her får man en jevn bevegelse.

212 1 Man må jo på en måte...også frem igjen. Uten at du stopper!

(Beveger hånden rolig mot seg, og fra seg, stanser aldri.)

438 1 Og man bør også se på hvor den der, når grafen vender eller da blir konstant.

43 L Hva er forskjellen? For der øker den ganske mye, ikke sant?

44 8 Ja

45 L På kort tid...mens der så synker den, men den synker ikke like bratt.

46 8 Nei, for der...der går det saktere nedover. Du har 4 sekunder på deg til å flytte deg fra en 1.4 meter til 0.6 meter, mens når du skal gå oppover så ha du 2 sekunder på deg til å flytte deg fra 0.4 til 1.4.

Det ble observert at uttrykkene *jevn*, *vending*, *økning* og *synkning* på en måte kom ubevisst ved at elevene ikke anstrengte seg med å finne de. De var bevisste for å være sikre på at de snakket om det samme. I denne kategorien om språkets rolle er det presentert eksempler som tydelig viser elevenes bruk av relevante matematiske begreper innen temaet grafer og funksjoner når de samtaler med hverandre.

4.6 Gestikulering, forklaring og beskrivelser

Deler av studiens datamateriale er videoopptak. Årsaken til at det er valgt å ta i bruk denne måten å samle datamateriale på var for å få en oversikt - også over ikke-verbal atferd. Med

ikke-verbal atferd menes kroppsspråk, derunder gestikulering, øyebevegelser og mimikk. Det kommer tydeligst frem at elevene tar i bruk gestikulering, håndbevegelser sammen med tale, når de beskriver og forklarer for hverandre. Transkripsjonen består av utallige beskrivelser av gestikuleringer, men det presenteres noen få som representerer flere andre liknende. I forrige delkapittel finnes det et eksempel der elev 1 bruker håndbevegelser for å bidra til å gi det eleven sier mening. Eleven forklarer begrepet *jevn* i linje 212: «*Man må jo på en måte...også frem igjen. Uten at du stopper! (Beveger hånden rolig mot seg, og fra seg, stanser aldri.)*».

I en annen situasjon prøver elev 4 å beskrive en fasong på grafen, og velger derfor å ta i bruk hånden for å tegne grafen i lufta.

77	4	Men tempo har jo ikke noe med det å gjøre da Pause 3 sek
78	4	Eller jo, fordi hvis det er en som går SÅNN så må...eller hvis en går skikkelig fort opp så man man være rask. (Peker skrått og bratt opp mot høyre med flat håndflate)
79	3	Det er kanskje hvor hun er på...eller liksom... Pause 3 sek
80	4	Eller hvis det er en som går sånn også ned, så i stedet...for eksempel hvis den går...hvis den er på null da også går den rett opp på 1 liksom, 2 komma null sant? (Lager en konkav bue i lufta med hånda. Fører hånda rett opp og rett ned, litt på skrå, når eleven sier ”sånn også ned”). (Kort pause) Også går den helt ned, på nulleren på toeren. Da må man ha raskt tempo. For da må man springe bakover for å ha...(Blir avbrutt av annen elev).

Her ser man at elev 4 gestikulerer samtidig som det snakkes. Først i linje 78 når eleven samtidig som å ytre ordet «SÅNN» (slik) med sterk vekt på ordet beveger hånden bratt og vendt oppover, mens retningen er mot høyre og håndflaten holdes flat. Dette indikerer at eleven med ytringen «SÅNN» (slik) mener at grafen har en positiv stigning med et relativt høyt stigningstall. I linje 80 beskriver den samme eleven en konkav kurve ved å tegne den med en håndbevegelse i lufta. Dette skjer samtidig som eleven ytrer «*sånn (slik) også ned*».

Flere steder i det transkriberte datamaterialet fra undersøkelsene ser man gestikuleringer og også andre typer kroppsspråk som kan indikere at elevene er positive til denne type læringsaktivitet. Tidligere i analysekapitlet er det presentert materiale der elever klapper i

hendene og der elever smiler og ler. Et sted kommer det også frem at elev 2 er ivrig og glad for å få prøve aktiviteten en gang til:

399	2	Vi prøver igjen da!
400	1	Det er ikke lov å prøve igjen. Får vi prøve en gang til?
401	L	Ja.
402	2	Ohhhh! Har vi lagra? (Intenst tonefall, knytter nevene og rister dem foran seg)

I linje 402 bryter elev 2 ut i et slags ivrig gledesrop mens eleven knytter hendene fremfor seg og rister dem raskt. Det eleven ytrer i linje 399 bidrar til at det tolkes dit hen at eleven ønsker å prøve på nytt og derfor blir glad når de får tillatelse til å prøve aktiviteten en gang til. Man ser også selvsagt kroppsspråk og gestikuleringer som tyder på skuffelse og kjedsomhet når elevene ikke opplever at de treffer malene og er lei av å prøve samme mal gang på gang.

[...]Elev 5 arbeider med å følge mal 3, som er konstant. Eleven er tydelig oppgitt og slår ut med begge armer når det viser seg at plasseringen ikke var justert nøyaktig nok og det slår ut på poengsummen. [...]
--

Dette utdraget fra feltnotatet beskriver elev 4 når den var misfornøyd med egen tagging og tydelig slår ut i lufta med begge armer. Her legger man merke til at håndbevegelsene er med på å understreke hva eleven synes om egen innsats.

I denne siste kategorien, hentet hovedsakelig fra transkripsjonen av videoopptaket, er det kommet frem at elevene bruker tydelig gestikulering sammen med tale for å forklare hverandre hvordan de tenker. Man legger også merke til at elevene bruker gestikulering for å *understreke* det de sier, tenker eller føler.

5 Drøfting

I første kapittel ble følgende problemstilling for denne oppgaven presentert: *«På hvilken måte kan man dra nytte av dataloggere i arbeid med grafer og funksjoner i matematikkundervisning på 9.trinn?»*.

I dette kapittelet skal det i lys av tidligere presentert teori, drøftes hvordan analysene av eksemplene fra datamaterialet kan bidra til å besvare problemstillingen. For å gjøre dette har jeg valgt å stille tre spørsmål: *«Hvorfor skal elevene jobbe med funksjoner og grafer ved å benytte en datalogger som verktøy i læringsprosessen?»*, *«Hvorfor er elevene så positive og engasjerte når de jobber med dataloggere?»* og *«Hvordan bruker elevene gestikulering for å forklare hvordan de tenker?»*.

5.1 Oppsummering av analysen og funn

I analysen av elevsamtaler, feltsamtaler, feltnotater og observasjoner er det gjort flere funn som vil drøftes i dette kapittelet. Kategoriene man har kommet frem til er i seg selv funn, men det er også gjort mer spesifikke funn innenfor kategoriene. Datamaterialet viser at aktiviteter med dataloggere og tilknyttede oppgaver egner seg godt til å gi muligheter for å arbeide med matematiske resonnementer og oppdagelser. Det er tydelige tegn til at elevene tester og prøver ut, og opplever glede når de lager egne grafer ved hjelp av dataloggere og bevegelsessensorer. Det å benytte dataloggere i matematikkundervisning gir elevene en arena som gir god mulighet for å matematisere og drive modellering. I elevens utforskning og utprøving ser man tegn til en utholdenhet i arbeid med oppgavene, et viktig funn som jeg skal komme tilbake til. Det kan også antas at enkelte elever opplever en følelse av mestring og at denne formen for arbeid i matematikkundervisningen er motiverende. Samarbeid og deltakelse går som nevnt igjen i alle gruppene, og elevenes holdning til samarbeid skal senere drøftet og ses i lys av teori. Ut i fra elevenes kommentarer ser oppdagelsene og refleksjonene de gjør seg ut til å bidra til forståelse og ulike tilnærminger til matematikk. Misforståelsene som presenteres er viktige funn og de vil være interessante å undersøke nærmere. Elevenes utvikling fra å bruke hverdagslige uttrykk til å bli mer bevisst sin bruk av mer matematiske begreper er et interessant funn, som også vil ses nærmere på. Til slutt er elevenes bruk av gestikulering nevnt, da disse vil være med å belyse hvordan elevene har tenkt.

5.2 Datalogger som et verktøy når man arbeider med matematikk

Funnene fra økta med bruk av datalogger viser at arbeidet har ført til matematisk resonnering hos elevene. Den faglige matematiske prosessen og utforsking hos elevene har bidratt til det. Det kommer også frem at elevene i løpet av dataloggingsøkta lærte seg en del av de grunnleggende konseptene ved grafer, funksjoner og datalogging. Funnene i studien føyer seg dermed inn i rekken av andre studier som har vist at elever gjennom datalogging kan utvikle matematiske ferdigheter og forståelse for grunnleggende konsepter innen grafer og funksjoner (Newton, 2000; Robutti, 2006, 2009; Sikko, Gjøvik, Cyvin, Febri, & Staberg, 2017; Tan mfl., 2006). Med disse funnene skal de ulike tilnærminger til matematikk som er lagt merke til i datamaterialet drøftes.

5.2.1 Matematisk resonnering

Datamaterialet viser flere eksempler der det tydelig kommer frem at elevene både har sett betydningen av rekkefølgen av sine bevegelser, sitt tempo og sine retningsskifter. Forståelsen av sitt tempo kan knyttes til stigningstall og momentan vekstfart (her: fartsgraf). Elevene resonnerer seg frem til når grafen er positiv, negativ og konstant, sett i sammenheng med situasjonen; altså sine egne bevegelser. Av dette kan man se at elevene har en viss grafforståelse (Robutti, 2009), da de mestrer å beskrive og forutse grafer. Dette er også begreper man kjenner igjen fra Van de Walle m.fl. (2013) sin samling av ord som er knyttet til å *gjøre* matematikk. Elevene ser også sammenhenger mellom situasjonen og grafen, og mestrer derfor oversettelsesprosessen og skiftet i retningene mellom representasjonene (Duval, 2006; Janvier, 1987).

Duncan (2010) konkluderer etter en studie at arbeid med dataloggere er en effektiv måte for å bidra til økt forståelse av matematiske konsepter innen funksjoner og grafer. Han ser en sammenheng mellom bruk av teknologi i undervisningen og elevenes motivasjon og engasjement. Dette samsvarer med studien til Robutti (2009) der det kom frem at barna lærte matematiske ferdigheter i form av tolkninger av grafer, orientering i koordinatsystem, forståelse av stigningstall og konstantledd og sammenligning av grafer og situasjoner. Da funnene i denne oppgaven samsvarer med disse resultatene, kan det hevdes at måten man arbeidet med dataloggere og MatchGraph på også var en tilnærming til matematisk resonnering.

Elevenes oppdagelse av verdien til egne bevegelser og eget tempo tyder på at det oppstår

metakognisjon hos elevene, hvor de reflekterer over egen og medelevers læring og på den måten finner en bedre strategi for å treffe malen og å løse oppgavene. Å reflektere over egen læring beskrives i *Fremtidens skole* som kompetanse i å lære (Ludvigsen, 2015). Dette ser man tydelig som en viktig komponent også i fletten av matematiske ferdigheter. Der trekker man sammenhenger mellom å reflektere over egen læring og egenskapen i tråden «Adaptive Reasoning» (Kilpatrick mfl., 2001).

5.2.2 Eksperimentering og utholdenhet

Gjennom arbeidet med dataloggerne dukket det opp flere muligheter for å prøve ut ting. Alle gruppene/parene grep denne muligheten på ett og annet vis. De endret objektet som gikk grafen, gjentok aktiviteten og endret tempo og retning. Denne testingen eller eksperimenteringen var noe de brukte en god del tid på, og henger sammen med å ha utholdenhet i arbeidet. På en side kan en slik utholdenhet medføre at noen elever vil bli sittende med samme graf eller oppgave lenge uten å fortsette videre. På en annen side kan denne lange utprøvingen skape forståelse som kanskje er viktigere enn antall oppgaver. Det fremkommer i datamaterialet at den relativt lange tiden som ble brukt på eksperimentering og utforskning medførte at elevene fant ulike strategier for å treffe malene. Dette kunne de ta med seg videre når de for eksempel skulle si noe om grafen til farten. Da datamaskinen og dataloggeren gir øyeblikkelige tilbakemeldinger i form av en graf ser elevene umiddelbart om de er på riktig spor med tanke på grafens utseende (Barton, 1997). Van de Walle, Bay-Williams og Karp (2013) beskriver denne måten å bruke ulike strategier på for å få noe til å gi mening som det «å gjøre matematikk».

Da elevene arbeidet med aktiviteten viste de en trang til å utforske gjennom å prøve og gjenta hver mal en rekke ganger, og dermed viste de også utholdenhet i arbeidet. Å ha utholdenhet i arbeidet med en utfordrende oppgave trekkes frem av Ludvigsen-utvalget som en del av de sosiale og emosjonelle kompetansene (Ludvigsen, 2015). Det kan tenkes at denne utholdenheten kan komme på bakgrunn av endring i arbeidsmetode, og ikke nødvendigvis fordi elevene var spesielt fornøyde med å arbeide med akkurat de oppgavene som var gitt. Likevel var denne utholdenheten noe man opplevde i begge klassene i begge øktene, og kan dermed anta at elevene sannsynligvis likte arbeidet de holdt på med. Utholdenheten elevene har med oppgavene kan også knyttes opp mot kreativitet i faget og at det å få prøve ut ulike strategier motiverer (ibid). Elevene må bruke tid for å komme frem til refleksjoner som gir mening og for å treffe malen til en viss grad, men det er innenfor rekkevidde av hva de kan

prestere. I datamaterialet kommer det frem at elevene opplever en mestringsfølelse når de etter flere gjentakelser kommer nærmere målet og får refleksjonene sine til å gi mening.

I arbeidet med å danne en harmonisk svigning (mal 9), fikk elevpar 1 først problemer med å tegne/gå grafen riktig i forhold til malen. Elevene bryter ned utfordringen i mindre deler og gjør det mer overkommelig. Ved hjelp av resonnering, prøving og feiling fant de sammenhengen mellom situasjonen og grafen, og dermed avstanden og tiden. De oppfatter disse sammenhengene fordi de tar i bruk et digitalt verktøy som har et CS-system. Med andre ord: at elevene får fortløpende tilbakemeldinger som informerer om elevene har gjort noe riktig eller galt. Det at en datalogger har en constraint-support-struktur hjelper elevene å holde fokus på læringsmålet, da datamaskinen og dataloggeren bidrar til å støtte og hjelpe elevene ved å gi direkte tilbakemelding på aktivitetsutførelsen (Kaput, 1992). Elevene kritiseres ikke for "feilene" de gjør, i stedet bruker de disse på veien videre frem mot et resultat. Det kan tenkes at noen elever vil oppleve dette i mindre grad fordi de har et behov for å få riktig svar på første forsøk, eller fordi de er redde for å mislykkes og dermed ikke ønsker å utforske i like stor grad som andre elever.

Det at elevene ser sammenhenger mellom situasjonen, altså bevegelsene de utfører i klasserommet og den grafen som skisseres ved hjelp av dataloggeren, viser at de mestrer overgangen eller *conversion* som Duval (2006) beskriver. Janvier (1987) kaller denne overgangen for en oversettelsesprosess mellom representasjonsformer. Overgangen er beskrevet som kritisk og utfordrende av Duval (2006) og ved å ta i bruk to semiotiske representasjoner (her: graf og situasjon) danner man et godt utgangspunkt for å nå de matematiske objektene og øke forståelsen om temaet funksjoner og grafer hos elevene. Siden elevene diskuterer og reflekterer rundt hva slags situasjon som ville ført til den viste malen i datamaterialet benyttes også to *retninger* i konverteringen. Dette ser Duval (2006) på som en viktig forutsetning for å gjøre pensumet begripelig for elevene.

I Janvier's tabell blir en oversikt over måtene å oversette mellom representasjonsformer presentert. I denne tabellen kan man hovedsakelig trekke frem to ruter; situasjon til graf – skisse, og graf til situasjon – tolke. Å skissere en graf ut i fra en situasjon krever større forståelse enn for eksempel å plote en graf fra en tabell. Å tolke en graf og deretter finne en sammenheng til en reell situasjon gjør trolig at elevene får vist sin forståelse. Det er også én annen rute i tabellen det kan være interessant å nevne i forbindelse med aktiviteten elevene

har gjennomført. Noen elever forsøkte å tallfeste funksjonsuttrykket til de grafiske malene, da benyttet de tilpassing av kurven. I dette forskningsprosjektets læringsaktivitet fungerte dataloggeren som linken mellom situasjonen og grafen. *Linked representations* er sammenkoblede representasjoner som synliggjør hvordan en representasjon forandrer seg når andre representasjoner endres. Man kan altså endre retningen og tempoet på sine bevegelser og umiddelbart se responsen i den skisserte grafen på skjermen. Dette tar elevene i bruk når de går grafen. Hegedus og Kaput (2007) legger samtidig vekt på viktigheten av å lage gode kontekster og koble det opp mot elevens virkelige verden. Dette kan man knytte til det elev 4 sa om at det å ta i bruk dataloggere gjorde det enklere å knytte det til *noe virkelig*.

5.2.3 Forståelse og kompetanser

Ved flere anledninger ytret elevene at det var vanskeligere å tegne en graf ved hjelp av datalogger og sensor enn å tegne de slik de skulle være for hånd. For noen elever kan det virke som de tidligere har hatt en forståelse av en graf som et kart. Måten de bruker ord som «opp» og «ned» på, når de egentlig mener å si «tilbake» eller «bakover» og «frem» eller «fremover» kan kanskje forklares ved at elevene tolker grafen som et kart. Med dette så menes at elevene trolig antok at en oppadgående bevegelse (at eleven hopper) ville gi en positiv endring i y-verdien på kurven og motsatt. Disse oppfatningene kan knyttes til det Robutti (2009) beskriver som grafforståelsen og de misoppfatningene som er vanlige når det gjelder grafer (Selvik mfl., 2007). Elevene ser på det å tegne ulike grafer som skisser av kart, og har ikke nødvendigvis tenkt gjennom egenskapene til grafen og dens variabler når de utfører arbeidet. I arbeidet med dataloggere og bevegelsessensor var elevene nødt til å resonnerer i forkant av aktivitetsgjennomføringen og forklare hverandre hvordan grafen skulle tegnes. Dette tyder på at elevene har ulike grafforståelse og at man er avhengig av denne for å utføre aktiviteten med suksess. Det var ikke bare å ta en blyant og gjøre en bevegelse, men man måtte ta i bruk hele kroppen sin. Man kan anta at det i arbeidet med dataloggere og aktiviteten «å gå en graf» kan oppstå det Skemp (1976) beskriver som den relasjonelle forståelsen. Elevene er nødt til å forstå hvilke egenskaper grafen har for å kunne vite hvordan de skal kunne tegne den ved hjelp av egne bevegelser. Å tegne en graf ved å ta i bruk et digitalt verktøy og sin egen kropp kan ses på som en prosess hvor man reflekterer over fremgangsmåten og grafens egenskaper. Som et produkt når grafen er laget er det blitt til et grafisk diagram og kan diskuteres. Instrumentell og relasjonell forståelse kan ifølge Kilpatrick mfl. (2001) knyttes til de to trådene «Conceptual understanding» og «Procedural Fluency» i

fletten av matematiske ferdigheter. Denne dypere forståelsen for et fagspesifikt område omtales i rapporten til Ludvigsen-utvalget som behovet for dybdeløring i elevenes læring (Ludvigsen, 2015).

5.2.4 Sammenligning av arbeidsmetode

I analysekapittelet vises det til at elevene sammenligner arbeid med dataloggere med arbeid i matematikkboka. Elevene som utalte seg om dette mener det er vanskeligere og morsommere å jobbe med dataloggere. Hvorfor synes elevene det er morsommere å arbeide med grafer og funksjoner ved å ta i bruk dataloggere og dens sensorer, selv om det er vanskeligere? Det kan tenkes at det kan ha en sammenheng med at de får en øyeblikkelig tilbakemelding på om de har gjort noe riktig. I analysekapittelet så man blant annet et elevpar som fortalte om hvordan gjennomføring av aktiviteten kan gå bra eller dårlig. Ved å finne feil, reflektere rundt hvorfor det ble feil og deretter endre bevegelsene kan de prøve på nytt og se om endringen har ført til at grafen ble skissert riktigere (Van de Walle mfl., 2013). Kan det tenkes at elevene har lengre utholdenhet med å ha muligheten til å prøve flere ganger med dataloggeren enn ved å tegne av eller lage grafer i matematikkboka? Når man bruker datalogger kan man enkelt slette det man har laget ved et klikk og prøve på nytt, mens i matematikkboka er det mer tidkrevende fordi det trengs linjal, blyant og viskelær. De får også raskere tilbakemelding på om gjennomføringen har vært suksessfull med tanke på malen enn ved å spørre læreren om det.

Med tanke på Goldenbergs (2000) prinsipper kan man se nærmere på dataloggere som arbeidsmetode. Sjangeren, bruk av datalogger, som tas i bruk gjør at elevene selv kan uttrykke ideer og utvikle disse når de tester og utforsker under læringsaktiviteten. Om man ser på den teknologiske brukervennligheten, kreves det minimalt av elevene. Det er kun start og lagreknappen som skal håndteres, samt gjennomføring av bevegelsene foran sensoren. Her bruker man ikke et digitalt verktøy bare for å bruke det, men det er en hensikt med benyttelsen. Datalogging gjør dannelse av grafer øyeblikkelig og dette fører til at effektiviteten blir høy. Elevene får dermed mulighet til å bruke mer tid på å reflektere og diskutere situasjonene og handlingene, fremfor å bruke tid på innsamling av data og tegning av kurver. Her er det analysen og refleksjonene som står i sentrum, og både Goldenberg (2000) og Skott mfl. (2008) påpeker at det er denne faglige prosessen som er viktig. Det er mer læring i selve prosessen, fremfor svaret. Uten bruk av det digitale verktøyet (her: datalogger, sensor og programvare) ville en slik læringsaktivitet vært mer eller mindre meningsløs. Det å forsøke og følge en mal på denne måten, bare med papir og blyant, ville

ikke ført til dypere læring. Heller ikke ville bevegelser kunne benyttes på samme måte.

5.2.5 Matematisk språk, deltakelse og samtale

Datalogging kan ses på som det Papert (1993) beskriver som en *microworld* - en slags verden eller sted der man kan arbeide med en bestemt del av matematikken. Datalogging og MatchGraph ble et sted der elevene kunne arbeide med og reflektere rundt grafer og deres egenskaper. Man kan se på selve klasserommet i sin helhet som det Papert (ibid) beskriver som et *MathLand*, hvor man legger til rette for matematisk kommunikasjon og gir mulighet for læring i matematikk. Ved å arbeide i par eller små grupper, hjelpe hverandre og forklare hvordan de skulle gå løs på aktiviteten ble elevene «tvunget» til å forklare og prate matematikk med hverandre. I datamaterialet ser man tydelig at elevene tar i bruk matematiske begreper når de snakker med hverandre, og det ser ut til at dette skjer på bakgrunn av at de ønsker å være presise (se analysekap. 4.5).

Språket er et viktig redskap i elevenes utforskning og læring, og derfor også et sentralt begrep i sosiokulturell læringsteori. Elever lærer i samspill med andre og bruker språket som et medierende redskap (Säljö, 2001). I denne studien kan dataloggeren og dens bevegelsessensor og programvare ses på som et medierende verktøy i læringen av funksjoner og grafer. Gjennom arbeid med dataloggere blir temaet meningsfullt for elevene.

I det sosiokulturelle perspektivet på læring vektlegges samarbeid og deltakelse. Både samarbeid og deltagelse regnes som viktige faktorer i all læring uavhengig av fag og tema (Säljö, 2001). Flere av elevparene viste dessverre tegn på ”dårlig” samarbeid. Det ser man i flere deler av analysekapitlet (kap. 4.2). Flere av elevene har perioder av økta der de ikke lytter ikke til hverandre, men arbeider individuelt i stedet for å diskutere med medeleven(e). Samtidig ser man anerkjennelse og ros av medelever, og en feltsamtale der det kommer frem at samarbeid mellom to elever også er noe positivt: «*Det er så bra at vi kan jobbe sammen, for da får begge liksom bidratt med det de kan, også går det fortere*». Av dette ser man at arbeid med dataloggere kanskje ikke er den beste læringsaktiviteten når det gjelder å tilrettelegge for godt samarbeid og læringsfelleskap. Her må man også ta i betraktning at få elever i hver klasse deltok i aktiviteten og studien. Dette medførte at klassene ble delt denne økta, og elevene var ikke en del av en helhet eller et fellesskap. Man må også ta i betraktning at oppgavene kunne vært enda mer tilrettelagt for samarbeid enn de var og at dette vil ha en betydning for temaet samarbeid.

Det å samarbeide og delta poengteres som positivt i *Fremtidens skole*, og fremheves som en viktig ferdighet i det 21. århundre (Ludvigsen, 2015). Det skal likevel påpekes at det alltid må være en balanse i arbeidet som gjøres i klasserommet. Alt kan ikke gjøres gjennom samarbeid. Alle har behov for å kunne jobbe individuelt i sitt eget tempo og med oppgaver på sitt faglige nivå.

5.2.6 Elevenes misforståelser

Et av funnene i datamaterialet var at det underveis i arbeidet med dataloggeren og øktas aktivitet dukket opp misoppfatninger eller misforståelser i elevenes arbeid med grafer og funksjoner. Det er viktig å poengtere at man var i en posisjon der man kunne identifisere misforståelser på bakgrunn av at man hadde lydopptak av flere av elevparene. Dette ser man blant annet i samtalen der elevpar 2 er uenige om hva slags handling i situasjonen som fører til positiv stigning og negativ stigning på grafen. Elevene kommer frem til det omvendte av hva som er korrekt og mener at grafen har positiv stigning når avstanden til sensoren bli mindre. Elevene resonnerer til en viss grad og konkluderer både ulogisk og ukorrekt. Man får også inntrykk av at de til en viss grad bare gjetter hvilken retning som er riktig - og dermed gjetter feil. De resonnerer ikke over enhetene på aksene og hvilken retning verdiene på aksene øker. Å ta med seg strategien om å bare gjette og ikke resonnerer over opplysningene som er gitt kan føre til misforståelser, i verste fall misoppfatninger, i andre deler av matematikken også. Da er det viktig å ta tak i dette slik at man i stedet kan bruke det til å lære om egenskapene og kjennetegnene til et koordinatsystem, en funksjon eller en graf. Hadde man oppdaget og tatt tak i misforståelsen da den oppsto kunne man tatt i bruk muligheten til å ha en dypere gjennomgang om konkave og konvekse grafer, stigning og synking og øking og minking i verdimengder.

Et av de andre funnene i mitt datamateriale som trolig var en misforståelse hos eleven fikk jeg muligheten til å rette opp i der og da. Denne misforståelsen kom til syne da et elevpar gikk i gang med å repetere definisjonene av stigningstall og konstantledd. Man oppfattet det som om eleven hadde et inntrykk av at konstantleddet var det samme som funksjonsuttrykket. Det kan tenkes at eleven har gjennomgått for lite pensum om temaet tidligere og derfor bare gjetter seg frem. På en annen side kan det tenkes at en misoppfatning hos eleven oppstår som et resultat av at i akkurat dette eksemplet er konstantleddet 0, og at eleven derfor ikke klarer å se noe annet enn selve funksjonsuttrykket som et alternativ. På grunn av at denne situasjonen oppsto i klasserommet og elevene valgte å be om hjelp fikk man mulighet til å rette opp i

misforståelsen relativt raskt og enkelt.

Undersøkelsene avdekket misforståelser, men takket være lydopptak ble de oppdaget og tatt tak i. Det er viktig å poengtere at dette var spesielt med denne undersøkelsen, og at dette kan være noe man bør være observant på når man tar datalogging inn i matematikkundervisningen. Ved å være til stede og ha en klar formening om hvilke misforståelser eller misoppfatninger som kan oppstå har man en mulighet til å oppdage dem tidlig, og få klarnet opp i dem. Dette kan knyttes til ”de 5 praksisene”, der én av dem, *anticipating*, handler om å ha en forventning om hvordan elevene griper an oppgaven (Smith & Stein, 2011). Her kan det være en fordel å notere vanlige misoppfatninger og å ha en plan for hvordan de kan utfordres. Dette gjør man allerede i planleggingsarbeidet. Dersom flere misforståelser med relativt likt innhold oppstår er det mulig ta dem i bruk for læring i felleskap. Det benytte denne måten å møte misforståelser og misoppfatninger på er viktig når elevene skal tilegne seg en dypere forståelse av matematikk. Tilegnelsen av en slik dypere forståelse av matematikk er det Ludvigsen-utvalget kaller for dybdelæring i faget (Ludvigsen, 2015).

5.3 Engasjement

Man har med tidligere forskning vist til at å arbeide med digitale verktøy både fører til økt motivasjon hos elever, er nyttig i læreprosessen og derfor gir mer lærelyst (Hatlevik & Kløvstad, 2009). Dette skinner også gjennom i dette forskningsprosjektet, for som elev 8 sier : «*Artigere å gjøre noe annet enn å skrive i boka*». Av dette kommer det tydelig frem at det er det å arbeide med et digitalt verktøy, eller å bevege seg i matematikkfaget som er ”artig”. Man ser også utsagn der elever mener det er vanskeligere å lage grafer ved å bruke datalogger enn i matematikkboka. Det er i følge elever utfordrende å benytte dataloggeren fordi man må være nøyaktig: «*Vi måtte være så nøye*». Men det er likevel gøy, og derfor motiverende. Elevene liker altså å arbeide med datalogging på denne måten til tross for at de ser på det som utfordrende eller vanskelig. Elevpar 1 ser at læringen er nyttig ved å ytre at dette «*kan brukes til mye*» og er «*noe man kan dra nytte av seinere*». Elevene ser på arbeidet som noe meningsfullt.

Feltnotatene beskriver klasseromssituasjonen og engasjementet blir svært tydelig. Aktiviteten foregår høyløst og med positive innslag av smil og latter. Elevene engasjerer seg i hverandres

gjennomføringer og kommer med tips og råd. Engasjementet rundt læringsaktiviteten og dens oppgaver bidrar her til å motivere elevene for å fortsette arbeidet og dermed til å lære.

5.4 Gestikulering for å beskrive hvordan man tenker

I eksemplet der elev 1 tar i bruk gestikuleringer for å bidra til å gi begrepet *jevn* mening ser man at det eleven sier ikke ville gitt mening uten håndbevegelsen. Her legger man merke til viktigheten av gestikulering når man skal kommunisere f.eks. en beskrivelse. Dette har både Goldin-Meadow (1999), Kita (2000) og McNeill (1995) fokusert på i sin forskning. Slik som McNeill (1995) presenterer det vil en slik gestikulering bli sett på som en ikonisk gestikulering. Dette viser at håndbevegelsen er mest betydningsfull for hvordan gestikuleringen kan tolkes. Selve håndbevegelsen er i størst grad beskrivende for begrepet *jevn* i dette utsagnet, men at den ikke kan gi mening uten det som sies. I eksemplet med gestikuleringen omkring beskrivelsen av begrepet *jevn* kan det tolkes slik at håndbevegelsen ble tatt i bruk for å bidra til å organisere informasjon og kunnskap kognitivt for elev 1, slik som Kita (2000) beskriver gestikuleringen. Dette for å gi begrepet mening uten å benytte unødvendig mange ord for å tilpasse det samtalen eleven har med elev 2.

Når elev 2 benytter gestikulering for å understreke hvor ivrig og engasjert den er tar eleven i følge Kita (2000) i bruk abstrakt deiksis gestikulering. Siden eleven beveger hendene ut i lufta og håndbevegelsen kan tolkes uten tale. Det samme gjelder i eksemplet der elev 4 er oppgitt og slår ut med armene.

6 Avslutning

Gjennom relevant teori og innsamlet datamateriale har oppgavens problemstilling blitt drøftet og belyst. Problemstillingen var som følger: «*På hvilken måte kan man dra nytte av dataloggere i arbeid med grafer og funksjoner i matematikkundervisning på 9.trinn?*». I oppgavens siste kapittel samles trådene og avsluttende refleksjoner presenteres. Annen, og videre, forskning innen fagfeltet gis også oppmerksomhet.

6.1 Bruken av programvaren

Ved å ta i bruk dataloggere og MatchGraph har jeg også gjort meg opp noen tanker angående bruken av dette i andre prosjekter enn mitt. Man ser for seg at feil bruk av MatchGraph kan gi elever inntrykk av at grafer kun uttrykker størrelser som posisjon/tid. Dette spesielt dersom læringsaktiviteten som er tatt i bruk i dette prosjektet blir benyttet blant yngre elever som kanskje ikke har gjort seg erfaringer med andre typer grafpresentasjoner. Yngre elever blir trolig ikke blir eksponert for ulike typer graffremstillinger på samme vis som eldre elever. Da eldre elever trolig bruker f.eks. internett og magasiner oftere. Man ser også for seg at elever kan knytte engasjement til aktivitetene siden grafene er ”deres egne”. Man engasjerer seg gjerne mer for noe man har laget selv fremfor noe som andre har laget.

Jeg har også gjort meg opp noen meninger angående hvilke årstrinn dataloggere kan tas i bruk, og det jeg har kommet frem til er at datalogging kan tilpasses alle klassetrinn. Jeg ser for meg at programmet kan brukes både på barne- og ungdomsskolen og på videregående. Forskning har også vist at datalogging kan tas i bruk allerede i barnehagen (Robutti, 2009). Det kan være et første møte med grafer, der barna eller elevene får knytte egne erfaringer opp mot grafer og funksjoner. Dette ser man både i Robutti (2009) sitt studie med barnehagebarn og i Sikko m.fl. (2017) sitt studie med elever på 6.trinn. MatchGraph kan også gi læringsutbytte for elever som allerede har arbeidet en del med funksjoner. Det er viktig med samtaler og evaluering i etterkant av aktiviteter med MatchGraph for å få mest mulig læring fra aktiviteter der programvare som dette og dataloggere tas i bruk. Programmet gir elever konkrete, direkte og praktiske erfaringer med ulike typer grafer som de muligens har mer teoretisk og formell kjennskap til fra tidligere undervisning. I videregående opplæring kan PASCO Capstone være en programvare som brukes i tillegg da dette gir elevene mulighet til å studere grafen de har laget nærmere.

6.2 Avsluttende refleksjoner

Vil det være fornuftig å ta i bruk dataloggere i større grad enn tidligere i norsk skole? Og vil norsk skole kunne dra nytte av dataloggere i matematikkfaget og matematikkundervisningen? I denne studien ønsket man å belyse hvilke tilnæringer til matematikk som finnes i arbeid med datalogging, og hvordan man kan dra nytte av det i undervisningen om grafer og funksjoner. Det har eksistert en hypotese fra starten av denne prosessen om at datalogging i matematikk kunne være med på å knytte grafer og funksjonsbegrepet til den virkelige verden, og dermed være med på å berike matematikkundervisningen. Ved å analysere oppgavens datamateriale og belyst dette med relevant teori har man funnet flere måter det å ta i bruk dataloggere i matematikkundervisningen kan ses på som nyttig. I oppgavens datamateriale har man funnet eksempler som viser at elevene gjennom arbeid med datalogging og tilhørende programvare har opplevd ulike tilnæringer til matematikk. Blant annet har elevene fått erfaring med matematisk resonnering og modellering. På grunn av MatchGraph sine innebygde muligheter til å lage og vise grafer umiddelbart, samt muligheter til å vise dette gjentatte ganger, har dette vist seg å være et veldig nyttig verktøy i arbeidet med grafer og funksjoner. Dette ga elevene muligheter til å utforske generelle mønstre og sammenhenger mellom situasjon og graf - noe som ikke er like enkelt med papir og blyant. Det er også flere eksempler i datamaterialet som viser at dataloggingen har hatt positive innvirkninger på elevenes engasjement i faget. Det kommer tydelig frem et engasjement og en mestringsfølelse hos elevene. Studien har vist at bruk av programvaren MatchGraph og datalogger i arbeid med grafer og funksjoner i matematikkundervisningen, ga rom for at elevene fikk oppleve både en skaperglede og en utforskertrang i øktene. Med disse funnene er meningen om at datalogging med fordel kan innføres og brukes som metode og verktøy i matematikkundervisningen styrket.

Med nye verktøy og undervisningsmåter, og nye kompetanser og ferdigheter som kommer til å være krav til fremtidige elever, oppstår også nye utfordringer som må tas hensyn til. I denne studien ser man funn på at misforståelser og misoppfatninger kan oppstå, og at det er viktig å være observant omkring dette for å kunne ta det i bruk for læring. Denne studien kan være med på å gi et innblikk i hvordan datalogging kan berike matematikkundervisningen, og hvordan man kan møte fremtidens nye krav om ferdigheter og kompetanser elevene vil oppleve som nødvendige.

Med studien har man fått et innblikk i hvordan man som fremtidig lærer kan ta i bruk

datalogging i matematikkundervisningen, og fått innblikk i studier som er gjort og som pågår innen dette feltet.

Matematikkfaget i skolen kan kritiseres for å kun benytte skifte i én retning av representasjonsformene, og at dette også er med på å vanskeliggjøre elevenes læringsprosess om temaet grafer og funksjoner. Man kan legge merke til at mange oppgaver og læringsaktiviteter i skolen i dag nyttiggjør bare ett skifte i retningen av representasjoner, dette kan komme av at ”tradisjonell” undervisning er lagt opp slik og at lærerne ikke er gjort oppmerksom på problematikken/ elevenes utfordring. Jeg har i mitt studie lagt opp til at det skal være mulig for elever å reflektere over begge retningene, både fra situasjon til graf og tilbake igjen.

Under transkribering og analyser av datamaterialet oppsto det flere ganger situasjoner der man som forsker hadde ønsket å få mulighet til å gjennomføre datainnsamlingen på nytt. Dette gjaldt spesielt ekstra spørsmål man kunne tenke seg å stille underveis i økta, og situasjoner der man legger merke til at det er forskerens tilstedeværelse som er grunnen til elevens distraksjoner og avbrytelser. Andre aktuelle aspekter man ville ha endret er utformingen av spørsmål. En tydeliggjøring kunne vært på sin plass ved enkelte anledninger.

En annen faktor er antall deltagere i studien. Mange av informantene har sagt mye av det samme og med flere informanter ville man fått et større omfang og et rikere datamateriale. Ved å møte opp personlig i klassene i god tid før datainnsamlingen, demonstrert datalogging med ulike sensorer og informert om studien ville man trolig fått flere godkjenninger for deltagelse. Dette på bakgrunn av elevenes alder og motiveringsfaktorer.

6.3 Forskning

I denne studien er det kun undersøkt noen av de mange mulighetene som åpner seg når man kombinerer matematikk og datalogging. Videre forskning på datalogging i norske klasserom vil være med på å definere hvilken plass datalogging får i fremtidens skole og undervisning, både nasjonalt og internasjonalt. Rapporten til Ludvigsen-utvalget om *Fremtidens skole* er et viktig bidrag til hvordan norsk skole kan bli og hvordan undervisning kan gjennomføres i fremtiden. Det har, samtidig som denne oppgaven ble skrevet, pågått forskning med fokus på

matematikk og datalogging i skolen med bidrag fra Norge. FaSMEd² (Raising Achievement through Formative Assessment in Science and Mathematics Education) er et forskningsprosjekt om naturfaglig og matematisk undervisning. Det fokuseres på å støtte lærere når man benytter formativ vurdering, og teknologi ved lite deltagende elever. Dette vil trolig publiseres innen rimelig tid.

Forhåpentligvis kan dette forskningsprosjektet bidra til å inspirere studenter til å skrive videre innen dette emnet slik at man får utvidet forskningen om benyttelse av dataloggere i norsk skole. Kanskje vil en bedre innsikt i hvordan datalogging fungerer berike og påvirke undervisningen. Jeg har nevnt tverrfaglige prosjekter mellom naturfag og matematikk. Det å ta i bruk dataloggere i slike tverrfaglige prosjekter kan være interessant å undersøke. Et eksempel kan være å se nærmere på logaritmiske funksjoner i matematikk og legemer i fritt fall i naturfag eller fysikk ved benyttelse av akselerasjonssensor. Et annet eksempel er å måle pH med pH-sensor i løsning som blandes ut. Begge disse eksemplene kan nok benyttes både i grunnskolen og i videregående opplæring, alt etter hvordan de tilpasses pensum og kompetansemål i fagene.

Det hadde også vært interessant å studere hvordan en datalogger kan bidra til en bedre læringsutbyttet og forståelsen av temaet funksjoner og grafer hos elever. Dette kan utføres ved å finne en måte å teste pre- og postkunnskap i forbindelse med dataloggingen, og deretter se om det finnes sammenhenger. Dette er nok et prosjekt av større art og krever både mange flere informanter og kontrollindivider.

Innledningsvis ble det nevnt at det faget der digitale verktøy ble minst brukt er matematikk (Hatlevik mfl., 2013; Hultin mfl., 2016; Waagene & Gjerudstad, 2015). Hvorfor er det slik og hvilke konsekvenser får dette for kompetanseoppnåelse og læringsutbytte, både i faglige og digitale kompetanser? Dette er interessante spørsmål som videre forskning bør kunne belyse.

² <https://microsites.ncl.ac.uk/fasmedtoolkit/>

Litteraturliste

- Alrø, H., & Skovsmose, O. (2002). *Dialogue and learning in mathematics education: intention, reflection, critique*. Dordrecht ; Boston: Kluwer Academic.
- Arzarello, F., Pezzi, G., & Robutti, O. (2007). Modelling Body Motion: an Approach to Functions Using Measuring Instruments. I W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Red.), *Modelling and Applications in Mathematics Education* (Bd. 10, s. 129–136). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_11
- Arzarello, F., & Robutti, O. (2004). Approaching functions through motion experiments. I R. Nemirovsky, M. Borba, & C. DiMattia (Red.), *Bodily Activity and Imagination in Mathematics Learning. PME Special Issue (CD-Rom, Chapter 1)*. *Educational Studies in Mathematics*, (Bd. 3, s. 305–308).
- Barton, R. (1997). Does data logging change the nature of children's thinking in experimental work in science? I B. Somekh & N. Davis (Red.), *Using information technology effectively in teaching and learning: studies in pre-service and in-service teacher education*. New York: Routledge.
- Bell, M. . (1979). Applied problem solving as a school emphasis: An assessment and some recommendations. I R. Lesh, D. Mierkiewicz, & M. Kantowski (Red.), *Applied Mathematical Problem Solving*. Columbus, Ohio: ERIC/SMEAC.
- Boaler, J. (2010). *The elephant in the classroom: helping children learn and love maths* (1. UK paperback ed., repr). London: Souvenir.
- Brekke, G. (1995). *Introduksjon til diagnostisk undervisning i matematikk*. Oslo: Nasjonalt læremiddelsenter.
- Brueningsen, C., & Gastineau, J. E. (2003). *Real-world math with the CBL 2 and LabPro: activities for TI-83 Plus, TI-83, and TI-73*. Dallas, TX: Texas Instruments Inc.
- Clement, J. (1989). The concept of variation and misconceptions in Cartesian graphing. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 11, 77–87.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in education* (7th ed). Oxon: Routledge.
- Creswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: choosing among five traditions*. Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (Red.). (2000). *Handbook of qualitative research* (2nd ed). Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.
- Duncan, A. G. (2010). Teachers' views on dynamically linked multiple representations,

- pedagogical practices and students' understanding of mathematics using TI-Nspire in Scottish secondary schools. *ZDM*, 42(7), 763–774.
- Dunn, R., Dunn, K., & Price, G. E. (1981). Learning styles: research vs. opinion. I *Phi Delta Kappan* (Bd. 62). Bloomington: Ind.
- Duval, R. (2006). A Cognitive Analysis of Problems of Comprehension in a Learning of Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 103–131.
- Elstad, E. (2016). *Digital expectations and experiences in education*. Dordrecht: Sense Publishers.
- Frederiksen. (2016). frederiksen.no. Hentet 12. desember 2016, fra <http://no.frederiksen.eu/inspirasjon/datalogging>
- Gardner, H. (1999). *Intelligence reframed: multiple intelligences for the 21st century*. New York, NY: Basic Books.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research* (4. paperback printing). New Brunswick: Aldine.
- Gold, R. (1958). Roles in sociological field observations. *Social forces*, 36(3), 217–223.
- Goldenberg, E. P. (2000). Thinking (And Talking) About Technology in Math Classrooms. *Education Development Center*.
- Goldin-Meadow, S. (1999). The role of gesture in communication and thinking. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(11), 419–429.
- Goldin-Meadow, S. (2005). *Hearing gesture: how our hands help us think* (1. Harvard Univ. Press pbk. ed). Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Gravemeijer, K. (1999). How Emergent Models May Foster the Constitution of Formal Mathematics. *Mathematical Thinking and Learning*, 1(2), 155–177.
- Gulbrandsen, J. E., & Melhus, A. (1995). *Mega: Matematikk for ungdomsstrinnet, grunnbok 8B*. NKS-Forlaget.
- Hatlevik, O. E., Egeberg, G., Guðmundsdóttir, G. B., Loftsgarden, M., & Loi, M. (2013). *Monitor skole 2013: Om digital kompetanse og erfaringer med bruk av IKT i skolen*. Oslo: Senter for IKT i utdanningen.
- Hatlevik, O. E., & Kløvstad, V. (2009). *Skolens digitale tilstand 2009* (Bd. 2009). Oslo: ITU.
- Hegedus, S. J., & Kaput, J. J. (2007). *Lessons from SimCalc: What research says, Research Note 6*. For Texas Instruments, Center for Research and Innovation in Mathematics Education, Dartmouth: University of Massachusetts.
- Hjardar, E., & Pedersen, J.-E. (2015). *Faktor : 10 : Grunnbok*. Oslo: Cappelen Damm.

- Hudson, B., & Borba, M. (1996). *The role of technology in the mathematics classroom*.
Presentert på International Congress on Mathematics Education (ICME 8), Seville.
- Hudson, T. (2014). Best Practices for Evaluating Digital Curricula. *DreamBox Learning, Inc.*
- Hultin, H., Egeberg, G., & Berge, G. B. (2016). *Monitor skole 2016: Skolens digitale tilstand*.
Oslo: Senter for IKT i utdanningen.
- Ihlen, Ø., & Robstad, P. (2009). *Informasjon & samfunnskontakt: perspektiver og praksis*.
Bergen: Fagbokforlaget.
- Iktsenteret. (2015). Hensiktsmessig bruk av IKT i klasserommet - en veileder. *Senter for IKT i utdanningen*. Hentet fra
https://iktsenteret.no/sites/iktsenteret.no/files/attachments/veileder_hensiktsmessig_bruk_bm_lav.pdf
- Janvier, C. (Red.). (1987). *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Johannessen, A., & Tufte, P. A. (2002). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt.
- Kaput, J. J. (1992). Technology and mathematics education. I D. Grouws (Red.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (s. 515–556). New York: Macmillan Publishing Company.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., Findell, B., & National Research Council (U.S.) (Red.). (2001). *Adding it up: helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- Kita, S. (2000). How representational gestures help speaking. I D. McNeill (Red.), *Language and gesture* (s. 162–185). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kvale, S., Rygge, J., Brinkmann, S., & Anderssen, T. M. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Leming, T. (2009). Hvor ble JEG av? I R. Jakhelln, T. Leming, & T. Tiller (Red.), *Emosjoner i forskning og læring* (Bd. 2, s. 35–51). Tromsø: Eureka Forlag.
- Lesh, R. (1981). Applied mathematical problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 12(2), 235–264.
- Ludvigsen, S. (2015). *Fremtidens skole: fornyelse av fag og kompetanser : utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 21. juni 2013 : avgitt til Kunnskapsdepartementet 15. juni 2015*. Oslo: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon, Informasjonsforvaltning.

- McNeill, D. (1995). *Hand and mind: what gestures reveal about thought*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Newton, L. R. (2000). Data-logging in practical science: research and reality. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1247–1259.
- Nilssen, V. L. (2012). *Analyse i kvalitative studier: den skrivende forskeren*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Papert, S. (1993). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas* (2nd ed). New York: Basic Books.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3 ed). Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.
- Pea, R. D. (1985). Beyond Amplification: Using the computer to Reorganize Mental Functioning. *Educational Psychologist*, 20(4), 167–182.
- Postholm, M. B. (2005). *Kvalitativ metode: en innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Robutti, O. (2006). Motion, Technology, Gestures in Interpreting Graphs. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 13(3), 117–125.
- Robutti, O. (2009). Space-time representations in young children. Thinking through gestures in motion experiments. I C. Andersen, N. Scheuer, M. P. Pérez Echeverria, & E. V. Teubal (Red.), *Representational systems and practices as learning tools* (s. 59–75). Rotterdam: Sense publishers.
- Røsseland, M. (2005). Hva er matematisk kompetanse? - del 2. *Matematikkenteret*. Hentet fra <http://www.matematikkenteret.no/multimedia/3991/rosseland--del-2>
- Selvik, B. K., Rinvold, R. A., & Høines, M. J. (2007). *Matematiske sammenhenger: Algebra og funksjonslære*. Bergen: Caspar.
- Sikko, S. A., Gjøvik, Ø., Cyvin, J., Febri, M. I. M., & Staberg, R. L. (2017). «Walking a graph» – primary school students' experimental session on functions and graphs. Presentert på 10th Congress of European Research in Mathematics Education, Institute of Education Dublin City University.
- Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. I *Mathematics Teaching in the Middle School* (Bd. 12, s. 88–95).
- Skott, J., Hansen, H. C., & Jess, K. (2008). *Matematik for lærerstuderende: delta : fagdidaktik*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Slavit, D. (1997). An alternate route to the reification of function. I *Educational Studies in*

- Mathematics* (Bd. 3, s. 259–281).
- Smith, M. S., & Stein, M. K. (2011). *5 practices for orchestrating productive mathematics discussions*. Reston, VA : Thousand Oaks, CA: National Council of Teachers of Mathematics ; Corwin.
- Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (1998). *Basics of qualitative research: techniques and procedures for developing grounded theory* (2nd ed). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Säljö, R. (2001). *Läring i praksis: et sosiokulturelt perspektiv*. Oslo: J. W. Cappelens forlag.
- Tan, K. C. D., Hedberg, J. G., Koh, T. S., & Seah, W. C. (2006). Datalogging in Singapore schools: supporting effective implementations. *Research in Science & Technological Education*, 24(1), 111–127.
- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse: en innføring i kvalitativ metode*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Tjora, A. (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Utdanningsdirektoratet. (2006). *Læreplanverket for kunnskapsløftet: Fag og læreplaner i grunnskolen*. Oslo: Utdanningsdirektoratet.
- Van de Walle, J. A., Karp, K., & Bay-Williams, J. M. (2013). *Elementary and middle school mathematics: teaching developmentally* (8th ed). Boston: Pearson.
- Waagene, E., & Gjerudstad, C. (2015). *Valg og bruk av læremidler. Innledende analyser av en spørreundersøkelse til lærere*. Oslo: NIFU.
- Aase, T. H., & Fossåskaret, E. (2007). *Skapte virkeligheter: kvalitativt orientert metode*. Oslo: Universitetsforlaget.

Vedlegg:

Vedlegg 1:

Tid	Hva skal jeg/vi gjøre (aktivitet)	Hvordan skal jeg/vi gjøre det? (metoder)	Hvorfor gjør jeg dette/ hva er det jeg vil at barna skal oppleve/lære/mestre (begrunnelser)
5-10 min	Introduksjon Demonstrasjon	Introdusere meg selv, snakke litt generelt om prosjektet og fortelle hva vi skal gjøre i økta. Demonstrere hvordan dataloggeren og sensoren fungerer.	Gjøre elvene kjent med hvorfor jeg er der og hva vi skal gjøre. Gjøre økta forutsigbar. Gi elevene et førsteinntrykk av dataloggeren.
10 min	Diskusjon i par, spørsmål på papir.	-Hva er det grafen viser? (Representasjon for avstanden man har fra sensoren oppgitt i meter vist i forhold til tiden i sekunder) -Hva kan vi si om stigningstall og konstantledd i de ulike intervallene? (Ift. maler med positivt, negativt og intet stigningstall, hva skjer med signingstallet når grafen blir brattere?) -Diskusjon om hva som kan være lurt å tenke på for den som har fått oppgaven(æren av?) å gå grafen. -Velge seg to av de 9 grafene.	La elevene få muligheten til å reflektere litt rundt representasjon, hvordan dataloggeren fungerer, lage seg en hypotese og repetere litt dersom det er lenge siden de har arbeidet med grafer og funksjoner. Også for å unngå at de går rett inn i ”prøve og feile”-metoden.
20 min	Gå en graf Arbeide med oppgaver	Setter opp to dataloggere med sensorer. Elevene går en graf hver. Mens man venter på at datalogger er ledig arbeider de andre parene med oppgaver, enten fra boka eller fra oppgavesett jeg har laget.	To dataloggere for å få gjennomført det med alle. Gi elevene erfaringer med å bruke en datalogger, danne sine egne grafer, se sammenhenger mellom situasjon og graf og

			knytte dette opp mot funksjonsbegreper.
20 min	<p>Etterarbeid med grafen, diskusjon i par.</p> <p>Får spørsmålene på papir.</p> <p>Tid til (noen) fremlegg?</p>	<p>Hva burde man gjort (rent praktisk) for å "treffe" malen bedre?</p> <p>Forberede et fremlegg om en av de tildelte malene og parets graf.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beskriv grafen/kurven, og relatér de ulike områdene på kurven til hva som fysisk skjer mens personen beveger seg. • Anta stigningstall og konstantledd i de ulike intervallene på malen, begrunn antagelsen. • Hvor store er forskjellene mellom mal og gruppas graf? Velg ut 3 spesifikke tider på x-aksen. • Hvilke tips ble gruppa enige på forhånd kunne være lurt for eleven som "går"? • Hva hadde gruppa gjort annerledes dersom de fikk gjenta aktiviteten? • Hva betyr det at avstanden øker mye på 1 sekund? Eller at den ikke øker i det hele tatt? (Kanskje kan elevene resonnerer seg fram til at avstandsøkningen pr sekund er farten til objektet (personen).) • Hvordan tror dere en graf av farten til objektet ville sett ut – i områder der avstanden stiger jevnt – i områder der avstanden er konstant? 	<p>La elevene få mulighet til å reflektere rundt det de nettopp har gjort, la meg få tilgang til tankene og meningene deres slik at jeg får innhold i mitt datamateriale.</p> <p>Funksjonar Mål for opplæringa er at eleven skal kunne - lage funksjonar som beskriv numeriske samanhengar og praktiske situasjonar, med og utan digitale verktøy, beskrive og tolke dei og omsetje mellom ulike representasjonar av funksjonar, som grafar, tabellar, formlar og tekstar - identifisere og utnytte eigenskapane til proporsjonale, omvendt proporsjonale, lineære og kvadratiske funksjonar og gje døme på praktiske situasjonar som kan beskrivast med desse funksjonane</p>

10 min	Samtale i plenum og avslutning	<p>Diskuter med sidemannen: Hva du kommer til å huske fra økta? Del med resten. Har du lært noe du ikke kunne fra før om grafer, fortell. Del med resten</p> <p>Tommelfinger, opp, ned eller midt i mellom. Lukk øynene. Påstander: ”Jeg har lært noe denne økta” ”Jeg synes å jobbe med en datalogger var spennende/gøy/kjedelig(usikker på hvordan jeg bør ordlegge meg)”.</p>	Få oppsummert og en tydelig slutt på økta.
--------	--------------------------------	---	--

Vedlegg 2:

De ulike elevparene

Elevpar 1

Består av to elever, elev 1 og elev 2. Begge elevene er utholdende og interesserte i matematikk i følge læreren deres. En elev som overskygger den andre tydelig, men samarbeidet godt til tider. Elevene jobber stort sett bra med alle typer oppgaver i matematikktimene. Elevene er begge svært positive til aktiviteten og tilhørende oppgaver.

Elevpar 2

Består av to elever, elev 3 og elev 4. De er veldig usikre elever, usikre på hverandre og på eget arbeid. Dette preger hele arbeidet deres. Læreren deres er enig i dette, det skinner tydelig gjennom at de ikke stoler på egen kunnskap og egne avgjørelser. Dette legges merke til i betydelig grad i lydopptaket av dem. En av elevene er dyktig på å komme i gang med arbeid,

men de blir begge lett distraherete. De er skeptiske til aktiviteten og ønsker nok aller helst å øve til prøven som skal finne sted førstkommende økt, dog i et annet fag. De blir mer positive etter hvert.

Elevpar 3

Bestod av to elever, elev 5 var én av dem, elevene ble ikke tatt lydopptak av da det ikke var nok lydopptakere. En feltsamtale ble med på et lydopptak på tur ut av klasserommet. Fikk tilsendt skriftlig arbeide av elev 5, derfor er eleven nummeret og blitt en del av datamaterialet på tross av mangel på lydopptak. Elevene er flittige i matematikktimene til vanlig. De er effektive og stoler på egen og hverandres kunnskap. De er positive til aktiviteten og pløyer ofte raskt gjennom oppgavene.

Elevgruppe 4

Bestod egentlig bare av to elever til å begynne med. Det fantes et elevpar 5 også, der elevene ikke ønsket å delta likevel om foresatte hadde gitt samtykke. Man kan ikke tvinge elevene til å delta i studien. Da en av elevene i elevpar 5 så hva aktiviteten gikk ut på ombestemte han/hun seg og ville delta likevel, jeg godkjente dette. Derfor er denne gruppen bestående av 3 elever, elev 6, elev 7 og elev 8. Elevene er lite utholdende til vanlig og får gjort svært lite i matematikktimene, dette i følge faglæreren. En av de skiller seg ut med å bruke lite tid på matematikk, men briljerer på tester, kartlegginger og prøver. Elevene er svært skeptiske til å begynne med, men stiller seg etter hvert veldig positive til å være med på og å fullføre aktiviteten og oppgavene.